

**CARACTERIZACION DE UN NUEVO MATERIAL COMPUESTO CON BASE
EN UN POLIMERO RECICLADO Y REFORZADO CON BIOMATERIALES
PARA LA APLICACIÓN EN CONSTRUCCION DE VIVIENDA**

ADRIANA RIVEROS VARGAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2012

**CARACTERIZACION DE UN NUEVO MATERIAL COMPUESTO CON BASE EN
UN POLIMERO RECICLADO Y REFORZADO CON BIOMATERIALES PARA LA
APLICACIÓN EN CONSTRUCCION DE VIVIENDA**

ADRIANA RIVEROS VARGAS

Proyecto de grado como requisito para optar al título de Diseñador Industrial

Director

M.D.I JULIO CESAR PINILLOS FONSECA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2012

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, **JORGE RIVEROS**, que mientras vivió fue un apoyo incondicional para mis estudios y hoy estaría muy orgulloso de mí, a mi madre **YOLANDA VARGAS**, quien estuvo pendiente de mis luchas diarias, a mis hermanas **MÓNICA RIVEROS Y LAURA RIVEROS** por su apoyo y comprensión y sobre todo agradecerles inmensamente por su infinita paciencia.

A mi director de proyecto **JULIO CESAR PINILLOS FONSECA**, por su asesoría y ser mi guía durante todo este camino.

A mis amigos y compañeros que de alguna u otra forma aportaron para la realización de este proyecto.

A la empresa **EXTRUCOL S.A**, los ingenieros **EDGAR CUADROS Y JORGE CASTELLANOS** quienes me permitieron el uso de los implementos de su laboratorio y en especial debo agradecer a **NELSON SANCHEZ** por su valiosa ayuda para la elaboración de probetas.

A la empresa **TORNOPLAST**, especialmente a **ALEXANDER Y DANNY OLIVEROS** por permitirme utilizar su maquinaria para el desarrollo de las probetas.

A los técnicos **EDUARDO Y WILSON** de la escuela de Ingeniería Química por su colaboración en cada etapa del proyecto.

A **JAIME CADENA** de la escuela de Ingeniería Civil por la contribución para la elaboración de este proyectos.

CONTENIDO

	Pág.
1. ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO	20
2. DESCRIPCION DEL PROYECTO	21
2.1 JUSTIFICACIÓN	21
2.2 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	23
3. OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GENERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	25
4. ALCANCES DEL PROYECTO	26
5. IMPACTO ESPERADO	27
6. MARCO CONCEPTUAL	28
6.1 RECICLAJE DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS SOLIDOS PLASTICOS (RSP)	28
6.1.1 Reciclado mecánico.	29
6.1.2 Reciclado químico.	33
6.1.3 Reciclado energético.	34
6.2 LA POBLACION DESPLAZADA EN COLOMBIA	35
6.3 VIVIENDA DE INTERES SOCIAL (VIS)	38
6.4 REGLAMENTACIÓN COLOMBIANA PARA LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL	40
6.5 VIVIENDA ECOLOGICA Y/O SUTENTABLE	46
6.6 VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL SOSTENIBLES Y SUS BENEFICIOS	49
6.7 VIVIENDA PREFABRICADA	50
7. ESTADO DEL ARTE	53
8. MATERIALES	58
8.1 TEREFTALATO DE POLIETILENO - PET	58

8.1.1	Propiedades del PET	59
8.1.2	Características del PET	60
8.1.3	Ventajas del PET	61
8.1.4	Desventajas del PET	61
8.1.5	Aplicaciones del PET	62
8.2	RECICLAJE DEL PET	63
8.2.1	Ventajas del reciclado mecánico para el PET	63
8.2.4	Hechos curiosos acerca del PET	66
8.3	FIBRAS NATURALES	66
8.3.1	Calceta de plátano.	68
8.3.2	La piña y su fibra.	71
8.3.3	La yuca y su fibra.	74
9.	METODOLOGIA EXPERIMENTAL	77
9.1	RECOLECCIÓN DE MATERIALES	78
9.2	OBTENCIÓN DE LA PASTA CELULOSA	79
9.3	PREPARACIÓN DE PROBETAS	85
9.3.1	Probetas de tracción.	87
9.3.2	Probetas de flexión.	89
9.3.3	Probetas de compresión.	90
9.4	CARACTERIZACION MECANICA	92
9.4.1	Ensayos de tracción.	93
9.4.2	Ensayos de flexión.	95
9.4.3	Ensayos de compresión	96
10.	ETAPA DE DISEÑO	99
10.1	REQUERIMIENTOS	100
10.1.1	Requerimientos de función	100
11.	ALTERNATIVAS	103
11.1	ALTERNATIVA 1	104
11.2	ALTERNATIVA 2	120
12.	QFD ALTERNATIVAS (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)	153

12.1 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN.	155
13. DISEÑO FINAL	157
13.1 CONSTRUCCION VIVIENDA PASO A PASO	158
13.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN	168
13.2.1 Maquinaria	168
13.2.2 Costos de producción	172
13.2.3 Acabados.	173
CONCLUSIONES	174
RECOMENDACIONES	176
BIBLIOGRAFIA	178
ANEXOS	183

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pacas	30
Figura 2. Cinta transportadora para clasificación y separación	31
Figura 3. Molino convencional para PET	32
Figura 4. Extrusoras de PET	33
Figura 5. Ladrillos de plástico reciclado	55
Figura 6. Paneles con botellas recicladas.	55
Figura 7. Casa elaborada con paneles de botellas	56
Figura 8. Panel para construcción	56
Figura 9. Símbolo identificativo del PET	63
Figura 10. Tallo planta de plátano.	69
Figura 11. Hoja seca de la calceta de plátano	70
Figura 12. Micrografía de la Calceta de Plátano	71
Figura 13. Cultivo de piña municipio de Lebrija	72
Figura 14. Micrografía de la Fibra de Piña.	74
Figura 15. Yuca molida	75
Figura 16. Micrografía fibra de yuca	76
Figura 17. Metodología experimental utilizada en el trabajo de investigación.	77
Figura 18. Hojuelas de PET	78
Figura 19. Proceso obtención de pasta celulosa.	79
Figura 20. Material cortado en trozos. (a) calceta de plátano, (b) hoja de piña	80
Figura 21. Fibras hinchadas. (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña	82
Figura 22. Fibras Molidas y maceradas. (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña	82
Figura 23. Textura viscosa de la fibra de yuca después de la primera etapa	83
Figura 24. Fibras Secas después de la segunda etapa. (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña.	84

Figura 25. Fibras molidas (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña, (c) fibra de yuca.	84
Figura 26. Inyectora Ray – Ran, Empresa Extrucol	85
Figura 27. Inyectora Empresa Tornoplast	86
Figura 28. Probetas de prueba	87
Figura 29. Medidas probetas ensayos de tracción	88
Figura 30. Molde final probeta de tracción (Acero 1020).	88
Figura 31. Probetas finalizadas	89
Figura 32. Medidas probetas ensayos de flexión	89
Figura 33. Molde Final probeta de flexión (Acero 1020).	90
Figura 34. Probetas finales.	90
Figura 35. Medidas probetas ensayos de compresión (Acero 1020)	91
Figura 36. Molde final probeta de compresión (Acero 1020).	91
Figura 37. Probetas finales	92
Figura 38. Máquina Universal ensayos MTC	93
Figura 39. Plano casa (1:50)	104
Figura 40. Boceto alternativa 1	105
Figura 41. Perfil columna 15 cm x 15 cm alternativa 1	106
Figura 42. Perfil columna 6 cm x 6 cm alternativa 1	106
Figura 43. Perfil del panel alternativa 1	107
Figura 44. Perfil unión paneles alternativa 1	109
Figura 45. Apoyos ventanas y puertas alternativa 1.	111
Figura 46. Perfil viga alternativa 1.	112
Figura 47. Perfil marcos puertas alternativa 1	113
Figura 48. Perfil molduras puertas y ventanas alternativa 1	114
Figura 49. Instalación vigas bases	115
Figura 50. Instalación columnas	116
Figura 51. Instalación paneles y columnas secundarias	117
Figura 52. Instalación marcos, paneles sobre puertas, apoyos para puertas y ventanas	117

Figura 53. Instalación de vigas superiores	118
Figura 54. Instalación paneles techo	118
Figura 55. Instalación vigas techo	119
Figura 56. Instalación de viguetas, puertas y ventanas	119
Figura 57. Instalación cubierta	120
Figura 58. Vivienda final	120
Figura 59. Boceto alternativa 2.	121
Figura 60. Perfil columnas estructurales 12 cm x 12 cm alternativa 2	122
Figura 61. Perfil columnas estructurales 12 cm x 7 cm alternativa 2	122
Figura 62. Perfil panel alternativa 2	124
Figura 63. Perfil refuerzo paneles alternativa 2	126
Figura 64. Apoyos ventanas y puertas alternativa 2	129
Figura 65. Perfil viga alternativa 2	129
Figura 66. Perfil marcos puertas alternativa 2	130
Figura 67. Perfil molduras puertas y ventanas alternativa 2	131
Figura 68. Instalación vigas bases	133
Figura 69. Instalación columnas	133
Figura 70. Armado de paneles e instalación	134
Figura 71. Instalación paneles	134
Figura 72. Instalación marcos, paneles sobre puertas , apoyos para puertas y ventanas	135
Figura 73. Instalación vigas superiores	135
Figura74. Instalación viguetas, molduras puertas, puertas y ventanas	136
Figura 75. Instalación cubierta	136
Figura 76. Vivienda Final	137
Figura 77. Boceto alternativa 3	138
Figura 78. Perfil columnas alternativa 3 (1:8)	139
Figura 79. Perfil panel alternativa 3 (1:100)	140
Figura 80. Perfil vigas alternativa 3 (1:7)	143
Figura 81. Piezas uniones paneles alternativa 3	144

Figura 82. Perfil marcos puertas (1:6)	145
Figura 83. Perfil molduras puertas alternativa 3 (1:3)	145
Figura 84. Instalación de vigas bases	147
Figura 85. Instalación uniones tipo A	147
Figura 86. Instalación paneles	148
Figura 87. Instalación de uniones tipo A sobre paneles	148
Figura 88. Instalación marcos, uniones tipo B, paneles sobre puertas	149
Figura 89. Instalación columnas, vigas superiores, puertas y ventanas	150
Figura 90. Instalación uniones tipo A sobre vigas	150
Figura 91. Instalación paneles techo	151
Figura 93. Instalación viguetas	151
Figura 94. Instalación cubierta	152
Figura 95. Vivienda final	152
Figura 96. QFD alternativa 1	153
Figura 97. QFD alternativa 2	154
Figura 98. QFD alternativa 3	155
Figura 99. Dimensiones - placas y canales.	159
Figura 100. Instalación de vigas base diseño final	159
Figura 101. Instalación uniones tipo A diseño final	160
Figura 102. Instalación de paneles diseño final	160
Figura 103. Ubicación paneles diseño final	161
Figura 104. Instalación tipo A sobre paneles diseño final	161
Figura 105. Instalación marcos puertas diseño final	161
Figura 106. Instalación uniones tipo B y paneles sobre puertas diseño final	162
Figura 107. Instalación molduras y columna tipo A diseño final.	162
Figura 108. Instalación vigas superiores diseño final	163
Figura 109. Instalación uniones tipo A sobre vigas superiores diseño final	163
Figura 110. Instalación paneles techo diseño final.	164
Figura 111. Instalación vigas del techo diseño final.	164
Figura 112. Instalación de viguetas diseño final.	165

Figura 113. Instalación cubierta diseño final.	165
Figura 114. Instalación detalles finales	166
Figura 115. Instalación eléctrica (1:50)	166
Figura 116. Instalación tubería	167
Figura 117. Casa Final	167
Figura 118. Máquina para fabricar madera plástica	168
Figura 119. Máquina extrusora para perfiles de madera plásticas en	170
Figura 120. Máquina de moldeo por inyección de plástico B.ZT-II	171

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de porcentajes de residuos	29
Tabla 2. Área mínima de lote para VIS Tipos, 1 y 2	42
Tabla 3. Propiedades del PET	59
Tabla 4. Factores para la selección del tipo de reciclado	65
Tabla 5. Composición química de algunas fibras naturales	67
Tabla 6. Composición química de la calceta de plátano.	70
Tabla 7. Propiedades mecánicas de tracción de la calceta de plátano	71
Tabla 8. Propiedades mecánicas de tracción de la fibra de piña	73
Tabla 9. Composición química y geometría de la fibra de piña.	73
Tabla 10. Composición química de la fibra de yuca.	75
Tabla 11. Proporciones aplicadas de NaOH y agua a las fibras en la primera etapa.	81
Tabla 12. Proporciones aplicadas de NaOH y agua a las fibras en la segunda etapa.	83
Tabla 13. Porcentajes mezclas realizadas para las probetas	86
Tabla 14. Condiciones proceso de inyección tracción.	88
Tabla 15. Condiciones proceso de inyección flexión.	90
Tabla 16. Condiciones proceso de inyección compresión.	91
Tabla 17. Datos tracción	95
Tabla 18. Datos compresión	98
Tabla 19. Clasificación columnas alternativa 1	107
Tabla 20. Clasificación paneles alternativa 1	108
Tabla 21. Clasificación unión paneles alternativa 1	110
Tabla 22. Dimensiones puertas y ventanas alternativa 1.	110
Tabla 23. Apoyos ventanas y puertas	112

Tabla 24. Clasificación vigas alternativa 1.	113
Tabla 25. Clasificación marcos puertas alternativa 1	113
Tabla 26. Clasificación molduras puertas y ventanas alternativa 1	114
Tabla 27. Clasificación viguetas alternativa 1	114
Tabla 28. Tejas alternativa 1.	115
Tabla 29. Caballetes alternativa 1.	115
Tabla 30. Clasificación columnas alternativa 2	123
Tabla 31. Clasificación paneles alternativa 2	124
Tabla 32. Clasificación refuerzo paneles alternativa 2	127
Tabla 33. Dimensiones puertas y ventanas alternativa 2.	128
Tabla 34. Apoyos ventanas y puertas alternativa 2	129
Tabla 35. Clasificación vigas alternativa 2	130
Tabla 36. Clasificación marcos puertas alternativa 2	131
Tabla 37. Clasificación molduras puertas y ventanas alternativa 2	131
Tabla 38. Clasificación viguetas alternativa 2	132
Tabla 39. Tejas alternativa 2	132
Tabla 40. Caballete alternativa 2	132
Tabla 41. Clasificación columnas alternativa 3	139
Tabla 42. Clasificación paneles alternativa 3	140
Tabla 43. Dimensiones puertas y ventanas alternativa 3.	142
Tabla 44. Clasificación vigas alternativa 3	143
Tabla 45. Clasificación piezas uniones paneles alternativa 3	144
Tabla 46. Clasificación marcos puertas alternativa 3	145
Tabla 47. Clasificación molduras puertas alternativa 3	146
Tabla 48. Clasificación viguetas alternativa 3	146
Tabla 49. Tejas alternativa 3	146
Tabla 50. Caballete alternativa 3	146
Tabla 51. Resultados QFD	156
Tabla 52. Costos producción	172

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfico 1. Departamentos expulsores y receptores del conflicto armado en Colombia	36
Gráfico 2. Comparación datos de los porcentajes a tracción, AnanaPPR	93
Gráfico 3. Comparación datos de los porcentajes a tracción, MalentaPPR	94
Gráfico 4. Comparación datos de los porcentajes a tracción, MusaPPR	94
Gráfico 5. Valores resistencia probeta flexión.	96
Gráfico 6. Comparación datos de los porcentajes a compresión, AnanaPPR	97
Gráfico 7. Comparación datos de los porcentajes a compresión, MalentaPPR	97
Gráfico 8. Comparación datos de los porcentajes a compresión, MusaPPR	98

LISTA ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Probetas dañadas en ensayos.	183
ANEXO 2. Gráficos ensayos.	184
ANEXO 3. Tornillería de ajuste.	190
ANEXO 4. Manual de instalación.	191
ANEXO 5. Esfuerzos	193
ANEXO 6. Planos.	198

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACION DE NUEVO MATERIAL COMPUESTO CON BASE EN UN POLIMERO RECICLADO Y REFORZADO CON BIOMATERIALES PARA LA APLICACIÓN EN CONSTRUCCION DE VIVIENDA*.

AUTOR: RIVEROS VARGAS, Adriana Lucía**

PALABRAS CLAVES: PET reciclado, fibras naturales, material compuesto, vivienda modular biosostenible.

DESCRIPCIÓN

El desarrollo del proyecto de investigación tuvo como objetivo dar nuevos aportes respecto a la implementación de nuevos materiales, partiendo de un polímero reciclado como el polietilentereftalato (PET), al cual se le adicionarán fibras de piña, yuca y calceta de plátano con el fin de proporcionar un nuevo material para la aplicación de construcción de vivienda y así minimizar el impacto que los desechos plásticos ocasionan al medio ambiente.

Para obtener este nuevo material se desarrollaron ensayos mecánicos de compresión, flexión y tracción de las probetas realizadas con las respectivas mezclas del polímero junto con cada una de las fibras de piña, yuca y plátano, las cuales dieron a conocer su comportamiento y resistencia, por consiguiente se propuso una aplicación social, la cual consistió en la elaboración de paneles modulares de vivienda de interés social enfocada en la población desplazada.

Este tipo de vivienda fue llevada a cabo con el material de mejores resultados a compresión ofreció, el cual fue la mezcla del PET con el plátano, fue necesario utilizar los resultados de compresión ya que es un requisito indispensable para la construcción de vivienda ofrecer resistencia y una estructura confiable a los usuarios, a su vez este tipo de vivienda ofrece confort y condiciones dignas, condiciones de las cuales fueron despojados.

* Proyecto de Grado

** Facultad de ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director de proyecto M.D.I Julio César Pinillos

ABSTRACT

TITLE: CHARACTERIZATION OF A NEW COMPOSITE MATERIAL BASED ON A RECYCLED POLYMER AND REINFORCED WITH BIOMATERIALS ASS APPLIED IN HOUSING CONTRUCTION.*

AUTHOR: RIVEROS VARGAS, Adriana Lucía**

KEYWORDS: Recycled PET, natural fibers, composite materials, sustainable modular housing.

DESCRIPTION

The goal of the research project was the development of fresh insights into the implementation of new materials based on recycled polymer as polyethylene terephthalate (PET), in which aggregated fibers of pineapple, cassava and plantain provided a new material for housing construction while minimizing the impact of plastic waste on the environment.

Compression, flexure and tensile stress tests were developed for this new material, with specimens made from respective polymer mixtures with each of the fibers. Based on the specimens' behavior and resistance, social application were proposed, which involved the development of modular panels of affordable housing focused on the displaced population.

This kind of housing was development with the better compression results material offered, which was the mixture of PET with the banana. It was necessary to use the results of compression because it is an essential requirement for home building to offer resistance and reliable structure for users, in turn this kind of housing offers comfort and dignity, conditions which the displaced people were deprived.

* Degree dissertation

** Faculty of Physical Mechanical engineering. Industrial design school. M.D.I Proyector manager Julio César Pinillos

1. ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Este proyecto está enfocado en la vinculación de la ingeniería Civil y el diseño industrial, llevando a cabo investigación es con el fin de dar nuevos aportes al estudio de nuevas aplicaciones y a la comunidad. Las nuevas tendencias del diseño hacen énfasis en la disciplina quieren como creadores y potenciales desarrolladores de soluciones a problemas de la comunidad

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

La conciencia ecológica en el diseño o Diseño Sostenible, es tomada en estos días como una obligación más, debido a que el diseño debe ser consecuente, la elaboración de productos no termina con el artículo en el mercado, diseñar no es solo plantearse la fabricación sino también las fases posteriores, el ciclo vital del mismo, planificar no solo su uso, sino su fin y su conversión en desecho y posible reutilización, o en su reciclaje, son soluciones de diseño integrales basadas en la innovación, la funcionalidad, la estética y la conservación del medio ambiente.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 JUSTIFICACIÓN

El aprovechamiento de los recursos naturales, la reutilización de los productos en desuso y los materiales biodegradables hacen parte de este nuevo estilo de vida. Los actuales patrones de consumo y producción son insostenibles, empresas y corporaciones ejecutan procesos de producción sin tener en cuenta el ciclo de vida del producto, sin elaborar un planteamiento del desarrollo de sus productos para el desarrollo de sus artículos. El modelo de vida consumista de los ochentas es un reto a superar por el modelo de Sostenibilidad, término acuñado por la Comisión Brundtland creada por la ONU, ya que de esta manera sería casi imposible llegar al siguiente siglo.

La posibilidad de usar la materia prima que está a nuestro alcance, mantener las zonas forestales y los ríos cerca a nuestras poblaciones, el compostaje, los cultivos hidropónicos en casa, la reutilización del agua, el aprovechamiento de la luz natural y las nuevas energías, son herramientas al alcance de todos, las cuales tiene como beneficios inversiones no muy altas y solucionables con tecnología local, para que no haya exceso o pérdida de energía en los procesos.

Las grandes cantidades de materiales de basura producidas en Colombia están alrededor de 23 millones de toneladas al día, estas cifras fueron dadas al periódico “El Pulso” por la UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos), dichas cifras han dado pie, para que algunas entidades tomen muy seriamente el problema de la gestión del manejo de residuos sólidos, donde, el 60% del volumen y 33% del peso de la bolsa de basura, lo constituyen envases y embalajes, en su mayoría de un sólo uso, normalmente fabricados a partir de materias primas no

renovables, o que aun siendo renovables se están explotando a un ritmo superior al de su regeneración y difícilmente reciclables una vez se han utilizado.¹

Esta problemática no es únicamente en nuestro país, esta es una pequeña muestra de lo que sucede a nivel mundial. Por lo que se han trazado como meta a nivel global la generación de conciencia ambiental, para aminorar el impacto ecológico causado por la inconsciencia del hombre en los procesos de fabricación de productos de manera indiscriminada, sin hacer uso del desarrollo limpio y sostenible, el aprovechamiento de materiales que tenemos cerca, el tipo de tecnología que se encuentra en la región de Santander, la inquietud acerca de nuevos materiales creados a partir de mezclas poliméricas y biomateriales hacen de esta iniciativa un verdadero compromiso con la investigación y un nuevo estilo que surge a raíz de la preocupación del medio ambiente.

Uno de los materiales más usados en la cotidianidad urbana es el Tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno Tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, Polyethylene Terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Este será el material base a experimentar para llevar a cabo este proyecto, adicionando biomateriales de la región para dar como resultado un nuevo material para la aplicación en la construcción de objetos de uso diario en el hogar.

Para el desarrollo y producción de este material se aprovecharán materiales encontrados y clasificados en el manual de Biomateriales como resultado del proyecto de grado de Rosa Milena Gómez, egresada de Diseño Industrial UIS, ya que facilita la selección de materiales a estudiar para la elaboración de las probetas que nos conducirán al resultado del nuevo material aplicado a viviendas. Tales muestras estarán expuestas a ensayos de laboratorio en pruebas de resistencia para analizar sus propiedades mecánicas y químicas. Desde el diseño

¹ Periódico El Pulso

industrial se analizarán las tecnologías de transformación como aplicación al diseño de objetos.

Lo expuesto anteriormente ratifica el hecho de que los materiales desechados como basura y la suma de biomateriales son materia prima altamente aprovechable y renovable, que no disminuyen el impacto ambiental.

2.2 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

La caracterización de un material consiste en describir las particularidades de un nuevo material como elemento de estudio y analizar sus propiedades físicas, químicas, estructurales, de acuerdo a las pruebas que se vayan a emplear para realizar los análisis del material a caracterizar. En este proyecto investigativo realizaremos el diseño de probetas aplicando diferentes cargas, con el fin de obtener esfuerzos, los cuales se van a mostrar a través de tablas los resultados de estos experimentos hechos en el laboratorio de Resistencia de Materiales.

Inclinadas por la necesidad de hacer un aporte al mundo del mañana, se tomó la decisión de caracterizar un material plástico mezclado con un biomaterial para reforzar su estructura interna y realizar pruebas de laboratorio dónde se muestre la viabilidad de este nuevo material, dándole aplicación en el diseño y construcción de elementos usados en la edificación de viviendas.

Ya que la oportunidad de escoger que tipo de material es el más adecuado y el más desechado por los consumidores, hará que este trabajo sea aún más sencillo y práctico. Como se explicó anteriormente se quiere dar un nuevo valor a lo que llamamos basura, un nuevo uso después de ser desechado por desuso, ayudando al equilibrio de la naturaleza en una mínima parte.

Contamos con el material base para el proyecto en nuestros hogares, la recolección es una tarea ardua, pero no imposible, además los laboratorios de la Universidad Industrial de Santander disponibles para diseñar y aplicar la diferente pruebas de Resistencia por las cuales van a pasar las probetas hechas del material recolectado y de los biomateriales que fortalecerá la estructura macro del polímero.

El objetivo es crear un producto a partir de este neomaterial de consumo, proponer productos usados en la estructura de viviendas sin importar condición socioeconómica ni tipo de construcción, es decir no es específicamente para vivienda sostenible, aunque es aplicable a cualquier tipo de edificación, creando un material verde o sustentable.

Se pretende no continuar en la concepción del diseño de los 80's, el consumismo no debe ser nuestro concepto de diseño, nuestra tarea es mejorar las condiciones de vida de la gente, no tenemos que viajar a otro planeta para darnos cuenta el deterioro físico que hemos causado al mundo, tanto como usuarios, como diseñadores.

En esta oportunidad que nos ofrece la Escuela de Diseño Industrial es una posibilidad para poder contribuir de una pequeña manera a nuestro entorno, no solo porque es diseño incluyente, sino porque los materiales que vayamos a emplear sean pensados a futuro, que los componentes que hagan parte de nuestro diseño sean de cierta manera rescatables, o sea que se puedan convertir en un elemento para una nueva aplicación. El diseño deberá ser de ahora en adelante y siempre, sostenible y responsable.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de materiales creados a partir de polímeros reciclados y reforzados con biomateriales de la región, para la aplicación en construcción de vivienda de interés social.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aplicar en el diseño de productos industriales el análisis de las propiedades físicas y mecánicas escogidas a partir de pruebas en laboratorio.
- Diseñar y ejecuta pruebas de tracción, compresión y flexión para probetas.
- Interpretar cálculos y tablas de resistencia de materiales para obtener los nuevos materiales.
- Desarrollar alternativas estructurales para la aplicación en vivienda.
- Plantear parámetros de diseño para la construcción de elementos estructurales.
- Desarrollar un panel estructural de vivienda.

4. ALCANCES DEL PROYECTO

- Diseñar y construir probetas para realizar pruebas de resistencia en el laboratorio, hechas con plástico para la caracterización y con biomateriales de la región.
- Elaborar tablas de datos basadas en los resultados de las pruebas de laboratorio aplicadas a las probetas hechas a partir de la caracterización del plástico y la mezcla de biomateriales.
- Construir un módulo estructural de acuerdo a los datos técnicos obtenidos.

5. IMPACTO ESPERADO

Al finalizar el proyecto se espera implementar una nueva alternativa para la construcción de vivienda de interés social (VIS), tanto por la innovación en el material como en sus costos, logrando una asequibilidad mayor a la población que se ha visto afectada por el conflicto armado del país.

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 RECICLAJE DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS (RSU) Y RESIDUOS SOLIDOS PLASTICOS (RSP)

Hoy, el mundo enfrenta un gran problema ante el aumento excesivo del volumen de residuos sólidos en vertederos debido al incremento de población y al avance en la tecnología de materiales, los cuales tienen tiempo de descomposición de muchos años.

Todos estos desechos acumulados en basureros conllevan a problemas ambientales, y desencadenan la contaminación del aire, el agua y el suelo; y como opción a este problema se plantea un método básico que reduzca la gran cantidad de montañas de desperdicios sólidos por medio del *reciclaje*. Para el aprovechamiento de residuos estos se clasifican según su beneficio, como los son los materiales orgánicos aprovechables por los cuales se obtiene abono orgánico que beneficia a granjas ecológicas y lombricultivos, a su vez también están los materiales inorgánicos reciclables y/o reutilizables como los son el papel, cartón, plástico, metal, vidrio los cuales terminaran siendo materiales recuperados.

Según estudios realizados por la EMAB (Empresa de Aseo de Bucaramanga) en el año 2001 en un período de muestreo de 35 días, los plásticos representan el segundo porcentaje más alto de residuos después de los materiales orgánicos (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Listado de porcentajes de residuos

COMPONENTE FISICO	TOTAL %
Orgánicos	62,9
Plásticos	14,9
Celulósico (Papel y Cartón)	7,2
Sanitario	4,4
Vidrio	3,5
Textiles	2,7
Cuero	1,97
Metales Totales	1,7
Escombros	0,46
Restos Hospitalarios	0,24
Pilas, baterías, etc.	0,08
Neumáticos	0,023
Fuente: Empresa de aseo de Bucaramanga (EMAB).	

Ya que el plástico es difícilmente biodegradable y por ser un producto altamente contaminante es necesaria su recuperación. Por lo que se han creado dos tipos de reciclaje de polímeros: Mecánico y químico.

6.1.1 Reciclado mecánico. El reciclado mecánico es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo es recuperado, permitiendo su posterior utilización. Es la técnica más empleada en la actualidad, consiste en la molienda, separación y lavado de los envases. Obteniendo al final de este proceso “escamas” o “Flakes”².

Estos se dividen a su vez en tres clases:

A) **Residuos plásticos de tipo simple:** han sido clasificados y separados entre sí los de distintas clases.

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Valladolid / Dpto. Química Orgánica.

B) **Residuos mixtos:** los diferentes tipos de plásticos se hallan mezclados entre sí.

C) **Residuos plásticos mixtos combinados con otros residuos:** papel, cartón, metales.

6.1.1.1 Etapas del reciclado mecánico: El proceso de reciclaje mecánico consiste en si en la separación y/o selección, limpieza y en algunos casos todavía el peletizado, aunque para el moldeado por inyección, por compresión o termoformación se puede realizar con el material limpio y molido.

- **Depósito de material**

Es importante puntualizar en un buen sistema de depósito ya que garantizará un buen suministro de materia prima para el resto de los procesos, por ello es necesario un lugar cerrado, libre de humedad y suciedad.

- **Pacado**

Con el fin de minimizar espacios las empresas compactan el material reciclado en pacas³ (Figura 1) con el fin de facilitar su transporte y almacenamientos. Esto se realiza por medio de una compactadora industrial.

Figura 1. Pacas



Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Valladolid

³ Material reciclado compactado de forma cuadrada con el fin de reducir su volumen

- **Separación**

La separación (Figura 2) tiene por finalidad liberar al plástico de interés de diferentes tipos de materiales especialmente de los otros tipos de polímeros que estén acompañando al material a usar y también de metales, algunas veces vidrio o papel. La importancia de la separación, radica en que si existiesen otros materiales presentes, éstos podrían perjudicar el proceso de reciclaje o afectar la calidad del producto final.

Figura 2. Cinta transportadora para clasificación y separación



Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Valladolid

- **Reducción de tamaño**

La reducción de tamaño no es otra cosa que el picado (molido Figura 3) del material recolectado, cuyo principal objetivo es facilitar la siguiente operación dentro el proceso de reciclado, la limpieza del material picado y la introducción en la cadena de producción (extrusión) como así también una agregación de valor en el caso de venta directa de los flakes.

Figura 3. Molino convencional para PET



Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Valladolid

- **Limpieza**

Los flakes están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser limpiados como primera medida en un baño que garantice la eliminación de contaminantes.

Después del proceso de limpieza, los plásticos reciben el nombre de hojuelas limpias o granulado limpio.

- **Secado**

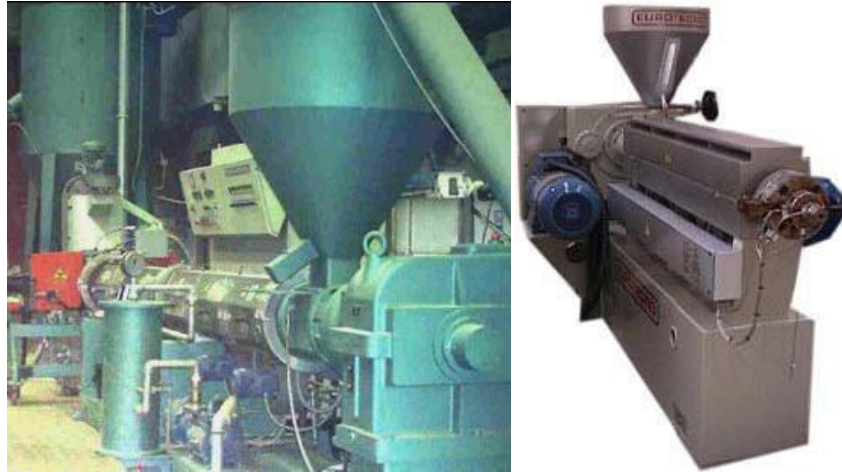
Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y procesado. Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores especialmente diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo.

O también pueden utilizarse secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circulando por entre el material picado, eliminen la humedad hasta límites permisibles.

- **Peletizado**

El flake limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en "pellet". Para esto, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un cabezal para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua (Figura 4).

Figura 4. Extrusoras de PET



Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Valladolid

Saliendo luego bajo presión por una matriz que define su forma, luego este es enfriado y cortado en pedazos llamados "pellets, ya solidificados y estabilizados evitara deformaciones posteriores.

6.1.2 Reciclado químico. Se trata de diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros se rompen dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos.

Principales procesos existentes:

- **Pirólisis:**

Es la rotura de las moléculas por calentamiento al vacío. Este proceso proporciona hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.

- **Hidrogenación:**

En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.

- **Gasificación:**

Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.

- **Chemolysis:**

Este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. Consiste en la aplicación de procesos solvolíticos⁴ como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.

- **Metanólisis:**

Es el proceso más avanzado de reciclado que consiste en aplicar metanol en el PET. Descomponiéndose sus moléculas básicas con las cuales más adelante se puede producir nuevamente resina virgen.

6.1.3 Reciclado energético. Aquellos productos y materiales que no pueden ser reciclados de una forma económica y medio ambientalmente viables son generalmente incinerados bajo condiciones controladas para la obtención de energía.

⁴ Viene del proceso químico solvólisis, reacción química que ocurre entre una sustancia disuelta y un disolvente para crear una nueva.

6.2 LA POBLACION DESPLAZADA EN COLOMBIA

A mediados de los años noventa, el desplazamiento forzoso ha generado unos resultados dramáticos de la violencia en Colombia. Las principales fuentes estadísticas en este campos el Sistema Único de Registro (SUR) de la Red de Solidaridad Social (RSS) y el Sistema de Información sobre Desplazamiento Forzado y Derechos Humanos en Colombia (SISDHES) de la Consultoría para los Derechos Humanos (CODHES) coinciden en señalar que el número de personas víctimas de la violencia y el desplazamiento forzoso creció considerablemente desde mediados de la década de los noventa.

En los años ochenta, la gran mayoría de la población desplazada provenía de Urabá, Córdoba, los Llanos Orientales, Arauca y Putumayo, pero actualmente se ha expandido a lo largo del país, afectando casi el 90% de la población colombiana ya sea como municipio expulsor o receptor de desplazados.

El desplazamiento individual es el patrón dominante de traslado en Colombia, representando el 89% de los desplazamientos.⁵ Sólo el 11% de los nuevos desplazados se movieron a consecuencia de incidentes masivos en 2008. Hubo 82 desplazamientos masivos en 19 Departamentos de Colombia, siendo los Departamentos de Nariño y el de Chocó los más afectados⁶.

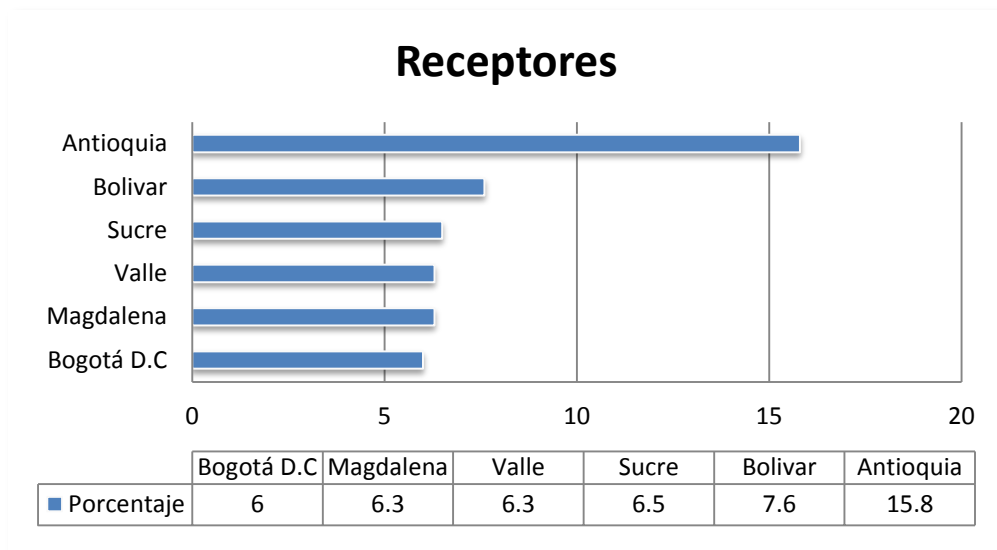
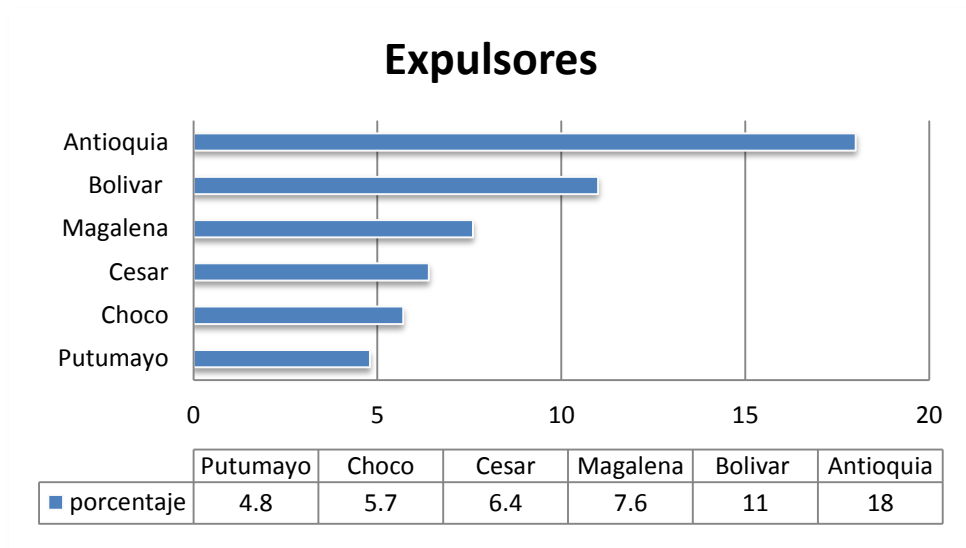
La recepción y expulsión se maneja en Colombia de la siguiente manera: El 57% de la expulsión proviene de 78 municipios mientras que sólo 44 municipios reciben el 66% de la población desplazada. De la misma manera, aunque todos los departamentos del país, incluido San Andrés y Providencia, son expulsores y receptores de población, el 51% de la población desplazada proviene de seis

⁵ Comisión de Seguimiento, 2009

⁶ Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento (CODHES), 2009

departamentos y 47,7% se ubica en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Sucre, Valle, Magdalena y Bogotá⁷.

Gráfico 1. Departamentos expulsores y receptores del conflicto armado en Colombia



Fuente: Red de Solidaridad Social (RSS).

⁷ Ibañez- Moya. 2007.

Como se puede ver claramente en las graficas anteriores Antioquia es el departamento que presenta hoy en día la situación mas delicada, ya que así como salen debido al conflicto armado, llegan personas desplazadas en la misma proporción.

Debido a este movimiento masivo de población se vive una seria intensidad y presión definiendo la intensidad como el número de desplazados en un municipio por cada cien mil habitantes y la presión como el número de desplazados en el municipio receptor.

Otra población que se encuentra también gravemente afectado por estos conflictos son las poblaciones indígenas y afro-colombianas las cuales presentan un impacto de desplazamiento. Cerca de 13.500 indígenas fueron desplazados en 2008, lo que representa el 3,5% del total de la población de desplazados.⁸ Actualmente, entre el 17 y el 23% de la población desplazada en Colombia es afrocolombiana. Con el transcurso del tiempo, han aumentado de manera constante las cifras de desplazamiento en ambos grupos. En febrero de 2009, 17 miembros del grupo indígena Awá fueron brutalmente asesinados en el Departamento de Nariño⁹, mientras que un informe publicado en Mayo puso de manifiesto la precaria situación de los grupos indígenas Embera en el Departamento del Chocó.

La vivienda sigue siendo el problema más crítico, aumentando el déficit habitacional, actualmente contando solo las trece aéreas metropolitanas del país asciende a unos 1.079.759 de hogares¹⁰ y es un problema al cual el gobierno ha logrado un menor progreso según lo indica la comisión de seguimiento. Según la comisión, dentro de este déficit la población desplazada es parte de un 5.5% de la población desplazada.

⁸ Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento (CODHES), 2009

⁹ La agencia de la ONU para los refugiados (ACNUR) 2009

¹⁰ <http://noticolombiapress.org>

A nivel regional, en Santander existen 468.648¹¹ hogares los cuales 162.842¹² presentan déficit en vivienda, un 49% en zona urbana y el 51% área rural.

Al analizar una situación socio política tan dramática que se vive en el país es de vital importancia tener en cuenta esta población tan vulnerable y pensar en soluciones asequibles para ellos para que puedan vivir acorde a su valor de humano en un espacio digno y con condiciones merecedoras, como lo expresa el artículo 51 de la Constitución Colombiana.

6.3 VIVIENDA DE INTERES SOCIAL (VIS)

Ante la grave situación descrita anteriormente y teniendo en cuenta que es una situación que afecta alarmantemente a todo el país, el gobierno Colombiano genera una política de vivienda de interés social (VIS) a partir de 1991.

La Vivienda de Interés Social (VIS) es aquella vivienda dirigida a las personas menos favorecidas de nuestro país y las cuales reciben menos de cuatro salarios mínimos mensuales legales vigentes, y que a su vez cuentan con un subsidio otorgado por cajas de compensación y del gobierno.

Este nuevo sistema fue implementado con la ley 03 de 1991, con el fin brindar apoyo y subsidio a personas de bajos ingresos económicos y acceder a una vivienda digna.

Una de las principales causas del funcionamiento del mercado VIS, es la demanda de la población desplazada, debido a que han perdido su fuente de ingresos y su vinculación a trabajos informales o formales, impidiendo que las familias generen

¹¹ Dato DANE proyectado a 2007 del Censo de Población

¹² Censo de Vivienda DANE 2005

ahorros suficientes para financiar la cuota inicial de una nueva vivienda, teniendo en cuenta su dificultad para el acceso de créditos.

Este nuevo sistema de vivienda de interés social está clasificado en tres tipos de programas:

1. Vivienda
2. Mejoramiento de Vivienda y entorno
3. Legalización de títulos

En cuanto a vivienda se han brindado subsidios para vivienda usada o nueva. En el caso de vivienda nueva, esta como mínimo debe tener habitaciones separadas, cocina, baño y lavadero. Para el mejoramiento de vivienda y entorno se trata de subsanar los problemas estructurales que se tengan, servicios públicos y saneamiento.

Al comienzo el gobierno destinaba los recursos en la compra de lotes de servicios y vivienda usada, pero con el paso del tiempo se destinaron al mejoramiento y vivienda nueva, como se hace actualmente. Aunque no esta última política no ha sido modificada se sabe que se tiene la intención de tan solo invertir los recursos en viviendas nuevas, sobre todo en “megaproyectos”.

El valor máximo de la vivienda de interés social (VIS) será de 135 SMLMV, es decir, \$62.302.500 con base en el SMLMV de 2008. De igual forma, y con el propósito de incorporar principios que incentiven mayor competencia y flexibilización en el mercado VIS, no se definirán tipos de vivienda.

Para la Vivienda de Interés Social Prioritaria (VIP), se definirá un tope indicativo de 70 SMLMV, es decir, \$32.305.000 con base en el SMLMV de 2008, el cual será

aplicable a las viviendas adquiridas con recursos del Programa de Subsidio Familiar de Vivienda del Gobierno Nacional.

Teniendo en cuenta estas ofertas del mercado, se puede ver a simple vista que para poder adquirirla debe tener ingresos superiores a los dos salarios mínimos, por cual excluye completamente las posibilidades de obtener una vivienda. Por esta razón se deben buscar nuevas y mejores soluciones para la construcción de vivienda de interés social (VIS), con el fin de reducir sus costos. Una manera podría ser por medio del uso de nuevas materias primas más económicas, y produciendo materiales prefabricado.

Actualmente el INURBE ha estandarizado diseños de casas y apartamentos, que ofrece gratuitamente a los constructores para desarrollar sus proyectos VIS. Por otra parte, las unidades de “Desarrollo Progresivo” constituyen programas de construcción gradual que permiten entregar soluciones habitables pero sin terminar, para que los dueños las completen posteriormente¹³.

Las normas de diseño con la creación de nuevos modelos por parte de los constructores, permite soluciones habitacionales de mejor calidad, apoyados en la utilización de materiales de construcción económicos, sostenibles y estandarizados que garanticen su eficiencia pero sin afectar la seguridad estructural de sus viviendas.

6.4 REGLAMENTACIÓN COLOMBIANA PARA LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

Para la elaboración de vivienda de interés social se debe tener siempre presente la normatividad ya establecida por el Gobierno Colombiano la cual define Vivienda

¹³ Chiappe de Villa, María Luisa; 1999.

Urbana, Vivienda de Interés Social (VIS) y Vivienda de Interés Social Nueva y decreta:

Vivienda urbana. Inmueble ubicado dentro del perímetro urbano y destinado a usos habitacionales, todo ello de conformidad con la definición de usos urbanos establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial de cada municipio y/o en los instrumentos que lo desarrollen y complementen.¹⁴

Vivienda de Interés Social, VIS. Aquella vivienda urbana cuyo valor, es inferior o igual al límite de precio establecido por la Ley para este tipo de viviendas; actualmente dicho límite está previsto en el artículo 104 de la Ley 812 de 2003 en ciento treinta y cinco (135) salarios mínimos legales mensuales vigentes.¹⁵

Vivienda de Interés Prioritario (VIP). Es la solución de vivienda cuyo valor máximo es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes 70 salarios mínimos legales mensuales vigentes.¹⁶

Vivienda de Interés Social Nueva. Es aquella vivienda de interés social cuya licencia de construcción ha sido expedida con posterioridad al 10 de julio de 2003.¹⁷

El gobierno colombiano a su vez creo derechos fundamentales como lo son el derecho a la vivienda digna los cuales ha acordado en el Capítulo II de los Derechos Sociales, Económicos y Culturales, Artículo 51, el cual pronuncia: “Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de

¹⁴ Decreto 1789 de 2004 (Junio 3) Artículo 1.

¹⁵ Decreto 1789 de 2004 (Junio 3) Artículo 1.

¹⁶ Decreto 4466 de 2007 (Noviembre 20) Artículo 1.

¹⁷ Constitución Política de Colombia de 1991.

vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda”.¹⁸

La construcción de VIS está regida por el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) y por el PND (Plan Nacional de Desarrollo) ya que son estos quienes destinan recursos y terrenos para llevar a cabo dichos Macroproyectos, además que son diferente en cada ciudad, esto va de acuerdo a las necesidades del casco urbano.

Al ser establecida dentro de la constitución nacional la vivienda como un derecho elemental para las personas, poco a poco se fueron creando decretos con el fin de brindar garantías a las poblaciones afectadas.

Comenzando con:

Decreto 2060 del 24 de junio de 2004.

Artículo 1°. El numeral 1 del artículo 1° del Decreto 2060 de 2 004 quedará así (Tabla 2):

Tabla 2. Área mínima de lote para VIS Tipos, 1 y 2

Tipo de vivienda (metros cuadrados)	Lote mínimo (metros lineales)	Frente mínimo posterior
Vivienda unifamiliar	35 m2	3.50 m
Vivienda bifamiliar	70 m2	7.00 m
Vivienda multifamiliar	120 m2	-

Fuente: Decreto 2060 del 24 de Junio de 2004.

Este Decreto creado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establece las normas mínimas para vivienda de interés social urbana.

¹⁸ Constitución Política de Colombia de 1991.

Se han expedidos nuevos decretos con el fin de optimizar el servicio, como:

Decreto 4260 de 2007, mediante el cual se implementa la figura de Macroproyectos de Interés Social Nacional, con la cual se busca promover la ejecución de operaciones urbanísticas integrales de gestión y provisión de suelo para vivienda, con especial énfasis en vivienda de interés social y vivienda de interés prioritario.

Decreto 4259 de 2007, mediante el cual se establece la obligatoriedad de generar suelo para Vivienda de Interés Social y Vivienda de Interés Prioritario en el marco de la adopción de los Planes Parciales en las ciudades con población mayor a cien mil habitantes del país y los municipios del área de influencia de algunas de éstas.

Actualmente se está llevando a cabo un proceso de asistencia técnica en las ciudades que se identificaron con mayor déficit de VIS y los municipios de su área de influencia, de acuerdo con lo concluido en el Plan Estratégico Nacional del Programa de Gestión del Suelo que elaboró la Dirección de Desarrollo Territorial en el 2007.¹⁹

Recientemente se ha establecido una nueva norma, Decreto 926 de 2010 (Marzo 19) la cual establece los requisitos de carácter técnico y científico para las construcciones sismorresistentes NSR-10. El cual fue fundamentada por la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes creada por medio de la Ley 400 de 1997 y empleada al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en su reunión del día 15 de diciembre de 2009, según consta en el Acta número 81 de esta comisión, y fue recomendada al señor Presidente de la República como favorable la actualización del

¹⁹ Ministerio de Medio Ambiente, convenio VIS para Colombia 2008 - 2010.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 anexo al presente decreto.²⁰

En este decreto se establecen una serie de requisitos que se encuentran dentro de la norma NSR-10 colombiana, los cuales se mencionan a continuación:

A.1.1 NORMAS SISMO RESISTENTES COLOMBIANAS

A.1.1.1 El diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones en el territorio de la República de Colombia debe someterse a los criterios y requisitos mínimos que se establecen en la Normas Sismo Resistentes Colombianas, las cuales comprenden:

- (a)** La Ley 400 de 1997, la cual adopta normas sobre Construcciones Sismo Resistentes,
- (b)** La Ley 1229 de 2008, la cual modifica y adiciona la ley 400 de 1997,
- (c)** El presente Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, NSR-10, y
- (d)** Las resoluciones expedidas por la “Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismoresistentes” del Gobierno Nacional, adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y creada por el Artículo 39 de la Ley 400 de 1997.

A.1.3.12 ASPECTOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO

En toda edificación del grupo de uso I (estructuras de ocupación normal), como viviendas definidas en el A.2.5.1, que tenga más de 3000 m² de área en conjunto, que forme parte de un programa de quince o más unidades de vivienda, en todas las edificaciones de los grupos de usos II (Estructuras de ocupación especial),

²⁰ Decreto 926 Marzo de 2010 Presidencia de la República. Ministerio de Medio Ambiente y de Desarrollo Territorial.

como edificios gubernamentales, estadios, edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas; **III** (Edificaciones de atención a la comunidad) como centros de policía, bomberos, colegios y **IV** (Edificaciones indispensables) los cuales hacen parte las edificaciones de atención a la comunidad como hospitales, aeropuertos definidos en A.2.5.1 y cuando con base en las características de la edificación o del lugar alguno de los diseñadores lo estime conveniente, deben considerarse los siguientes aspectos especiales en su diseño, construcción y supervisión técnica:

- (a)** Influencia del tipo de suelo en la amplificación de los movimientos sísmicos y la respuesta sísmica de las edificaciones que igualmente pueden verse afectadas por la similitud entre los períodos de la estructura y alguno de los períodos del depósito,
- (b)** Potencial de licuación del suelo en el lugar,
- (c)** Posibilidad de falla de taludes o remoción en masa debida al sismo,
- (d)** Comportamiento en grupo del conjunto ante sollicitaciones sísmicas, eólicas y térmicas de acuerdo con las juntas que tenga el proyecto,
- (e)** Especificaciones complementarias acerca de la calidad de los materiales a utilizar y del alcance de los ensayos de comprobación técnica de la calidad real de estos materiales, y
- (f)** Verificación de la concepción estructural de la edificación desde el punto de vista de cargas verticales y fuerzas horizontales.
- (g)** Obligatoriedad de una supervisión técnica, profesionalmente calificada, de la construcción, según lo requerido en A.1.3.9. ²¹

Además de cumplir con estos términos ya establecidos también debe cumplir con unos estándares mínimos, tales como el ajuste del diseño y la tecnología para prevenir todo tipo de accidentes y dificultar acceso a intrusos, sean animales o personas; A su vez esta debe tener como vida útil unos 30 años, los elementos de

²¹ NRS – 10.

la construcción deben conservar sus cualidades esenciales vinculadas con la seguridad y la habitabilidad.

6.5 VIVIENDA ECOLOGICA Y/O SUTENTABLE

Hoy en día los desechos de construcción producen el 40% de relleno sanitario²², razón por la cual la elaboración de casas ecológicas busca cumplir con su objetivo principal, aminorar el impacto ambiental y a su vez se busca mejorar la calidad de vida de los usuarios y reducir los costos de operación. Todo esto se debe por la correcta selección de materiales ya que en su preferencia deben ser naturales como fibras y también que sean ecológicos, pero en si es de gran importancia formularse tres importantes preguntas:

1. **¿Cuál es la dotación de recursos?** - Se debe tener en cuenta cual es la cantidad de material que se puede obtener y a su vez cada uno de los sitios donde se encuentren.
2. **¿Cuál es su impacto de uso?**- Debe saberse que efectos tiene al estar en contacto con las personas y que efectos genera al ambiente.
3. **¿Cuál es su destino final?** – Por último se debe pensar cuál será su uso al finalizar su vida útil.

Por lo general, no se encuentran respuestas definitivas a estas preguntas, y tampoco es que sean muy viables para la mayoría de los proyectos. Lo que vale realmente en estos proyectos es el compromiso para lograr un resultado netamente ecológico.

La construcción sostenible dentro de sus objetivos busca sustituir la mayoría de sus materiales comunes en la construcción, por materiales renovables que no tengan algún impacto ambiental, materiales los cuales poco se ven en la

²² HALLIDAY, Sandy; 2008.

actualidad. Al momento de la elección de estas nuevas opciones se deben tener en cuenta pautas como:

- Uso de materiales reutilizables o reciclados
- Los materiales deben tener preferencia sobre los no renovables
- El abastecimiento de su material debe ser suficiente para su continua producción, y no debe alterar su hábitat.

La mayoría de los elementos empleados en la construcción, son obtenidos por medio de la extracción minera, la cual es una de las mayores causantes de contaminación ya que por el uso de sus procesos mecánicos y químicos, afectan el hábitat, agua, fauna y flora de sus alrededores, motivo por el cual se están generando nuevas soluciones de materiales de construcción.

Con estas nuevas propuestas se busca reducir la contaminación y los costos, mejorando los procesos de producción del material y del producto.

Un aspecto muy importante del diseño sostenible es la maximización del confort de las personas, creando espacios dignos y habitables, esto se hace cumpliendo con los requisitos de ventilación, áreas suficientes; lo cual genera ambientes saludables para sus habitantes.

Debido a estas mejoras que se han ido realizando con la construcción sostenible hoy en día, se está viendo como estas son ofrecidas por gobiernos a personas con bajos ingresos, obteniendo así una vivienda digna y con las mejores condiciones.

Para comenzar un proyecto de vivienda sostenible los diseñadores disponen de cinco opciones llamadas las "5R: Rechazar, Reducir, Reutilizar, Reciclar, Reparación"²³.

Todas las personas involucradas en este tipo de proyectos, como arquitectos, ingenieros, diseñadores, deben ser conscientes de estas opciones. Al iniciar un proyecto sostenible es prudente desarrollar un estudio cuidadoso de este para conocer su viabilidad, en caso de no ser así, se debe rechazar la idea a desarrollar y buscar nuevos planes que beneficien de mayor manera el aspecto ecológico.

A su vez durante el estudio se debe analizar cómo poder reducir partes del material, así como espacios o quitando elementos poco necesarios, a esto se le conoce también como la desmaterialización y consiste en sustraer o quitar tanto procesos mecánicos en la elaboración del material como medidas o cantidades, el hecho que este procedimiento se realice no implica que se vaya obtener un mal diseño.

Es de gran importancia que al momento de escoger el material este sea un elemento que más adelante pueda ser reutilizado, ya que la reutilización implica con el paso del tiempo que el material desechado ofrezca un nuevo uso.

Muchos de estos elementos pueden ser reciclados pero se debe saber que algunos de ellos producen más gastos y toxicidad al momento de reciclarlos, las partes no contaminantes generando aun así desperdicios. Por eso al momento de escoger es mejor mirar elementos compuestos de materiales los cuales se puedan procesar fácilmente y no produzcan ningún tipo de contaminación.

²³ HALLIDAY, Sandy; 2008.

6.6 VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL SOSTENIBLES Y SUS BENEFICIOS

En viviendas sostenibles, y en particular la vivienda de interés social (VISS), los usuarios disfrutan de una mejor calidad de vida, logran una mayor capacidad de pago al reducirse el consumo de servicios públicos y pueden satisfacer otras necesidades de su hogar. Sobresale que una vivienda con criterios de sostenibilidad ofrece una mayor valorización de un activo que para muchas familias representa la totalidad de su patrimonio.

1. Beneficios ambientales

Al comparar el desempeño de una edificación sostenible con el de un proyecto tradicional, se han logrado identificar ahorros por:

- Menor generación de emisiones CO₂ en su vida útil (35%)
- Menor generación de escombros de construcción y reducción en el uso de nuevos materiales por reciclaje y reutilización (entre 50%-90%)

2. Beneficios económicos

La responsabilidad social empresarial de miles de empresas y estamentos públicos en el mundo está adoptando como eje operar en edificaciones sostenibles, puesto que las inversiones en estos bienes inmuebles se traducen en:

- Reducciones en los costos de operación (cerca de 10%)
- Incrementos en la valorización del inmueble (cerca de 7,5%)

Actualmente como respuesta al impacto ambiental que está el sector constructor, nace a nivel nacional movimientos de construcción sostenible, con el fin de reducir los impactos de las construcciones sobre el medio ambiente, mejora la calidad de

vida de las comunidades. Estas son “*Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)*” y “*Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible (CECODES)*”.

6.7 VIVIENDA PREFABRICADA

La prefabricación es un método industrial de producción de elementos o partes de una construcción en una fábrica y su posterior montaje o instalación en su ubicación final, tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa, razones por la cuales es una buena alternativa para obtener altos rendimientos en la construcción de edificaciones, ya que cumple este procedimiento con la gran necesidad de construir viviendas de una forma numerosa, sencilla, económica y rápida, fundamentales para necesidades originadas por olas de violencia y migraciones. Esta técnica ha tenido un enorme desarrollo al paso de los años a nivel mundial, la cual remota desde el siglo XVIII cuando comienza la revolución industrial dando paso a la producción en serie, a su vez para esa época aumento la población lo que necesito implementar un proceso de vivienda rápido que se solucione con la fabricación del acero y el vidrio.

La producción a gran escala de estos elementos llevaron a un proceso de industrialización lo que agilizó el sistema de construcción de prefabricado, por lo que se fueron agregando nuevos materiales como el hormigón armado, lo cual genero gran variedad de posibilidades formales en la arquitectura.

Ya terminada la primera guerra mundial, se comenzaron a crear escuelas de arquitectos los cuales realizaron grandes aportes a la vivienda como lo fue Walter Gropius, fundador de la Bauhaus, dando como propuesta la industrialización de casas, recomendando la producción repetitiva de partes iguales hechas a maquinas con dimensiones estándar. Posteriormente hizo su aporte Roger Coberra, quien elaboró la idea de construir una casa usando paneles de concreto

lo cual mostro en su libro “A histoy of Archicecture”. Ya más adelante se desarrollaron estudios más profundos por Albert Bermis los cuales fueron planteados en el libro “The Evolving House: Rational Design” donde se sugiere un módulo típico, con ensambles estándar. Luego, para el año de 194 aparece el Alfred Schwarz, desarrollando paneles de centros vacíos prearmados rellenos de “Antagonit” un material aislante muy práctico y barato, el cual se implementó durante los años siguientes creciendo rápidamente en Estados Unidos y Europa.

A nivel nacional se implementó este tipo de construcción gracias a Álvaro Ortega precursor de la vivienda sustentable, donde da como solución el uso de elementos tecnológicos, para el desarrollo de vivienda a bajos costos, encontrando soluciones económicas, tanto por tiempo y dinero, permitiendo generar viviendas rápidas y económicas.

Como se pudo ver la preocupación por la vivienda es una problemática que viene desde mucho tiempo atrás hasta hoy en día, pues aún se siguen buscando soluciones al problema habitacional planteando soluciones arquitectónicas funcionales prefabricando tantos elementos como sea posible, permitiendo mejorar los niveles de seguridad, durabilidad y acabados, comparada con la construcción tradicional.

VENTAJAS DE LA VIVIENDA PREFABRICADA

- Fabricación eficiente en planta
- Menores tiempos de fabricación
- La mayoría de los desperdicios en la planta se reciclan
- Rápido montaje en obra
- No desperdicios en obra
- Mejora seguridad en la obra

- Reduce niveles de ruido en obra
- Fácil mantenimiento y limpieza
- Puede tener un alto porcentaje de materiales reciclados
- Puede ser trasladado
- Ahorro de materiales
- En algunos casos la vivienda podría ser totalmente desmontada

7. ESTADO DEL ARTE

Actualmente existen algunas investigaciones del PET como a su vez otras soluciones a nivel comercial para elaboración de paneles para vivienda en base de polímeros reciclados los cuales algunas serán citados a continuación:

ELABORACIÓN DE TABIQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN UTILIZANDO EL RECICLAJE DEL PET; Vázquez Guardiola, Dinorah Alicia; Guerrero Montoya, Patricia; Ferrétiz Anguiano, Jorge Luis.

Este proyecto tiene como finalidad primordial la reutilización del PET (Polietilentereftalato) para la elaboración de ladrillos de alto impacto utilizados en la Construcción (Decoración de Exteriores), debido a sus propiedades físicas y químicas que el material posee, y así ofrecer una alternativa de reciclaje del PET, que actualmente es un material muy utilizado en la elaboración de envases desechables para productos alimenticios, y ofrecer al mercado una nueva alternativa en los materiales de construcción y con todo esto ayudar a colaborar a la preservación del medio ambiente.

Este proyecto fue ganador del segundo lugar nacional de impacto ambiental, en el XXIII Evento Nacional de Creatividad de los institutos Tecnológicos, en Veracruz, febrero de 2009.

LADRILLOS, BLOQUES Y PLACAS CON PLÁSTICO RECICLADO PARA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL, REVISTA INVI, AGOSTO, AÑO/VO.23 NUMERO 063, UNIVERSIDAD DE CHILE; GAGGIONO, ROSANA

En esta publicación presentada por Gaggino Rosana, se presenta la alternativa de fabricación de elementos constructivos donde se utiliza un procedimiento

similar al de un hormigón común, pero reemplazando por plásticos reciclados. Mostrando como esta investigación ha logrado cumplir con los siguientes factores: Tecnológicos: Ya que esta nueva propuesta es más liviana y presenta una buena aislación térmica y suficiente resistencia al cerramiento interno como externo de viviendas.

Ecológicos: Disminuye la contaminación al medio ambiente.

Económicos: Reduce los costos de producción para la vivienda.

Todo esto llevando a si a la conclusión que estas nuevas propuestas son tecnologías sustentables.

LADRILLOS DE POLIMERO RECICLADO

Investigadores del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) de Argentina han conseguido el desarrollo de ladrillos y paneles de plástico reciclado (proveniente de envoltorios triturados mezclados con cemento), obteniendo incluso la homologación (con resultados espléndidos en los ensayos de durabilidad, resistencia medioambiental, permeabilidad, para poder construir edificios de hasta dos pisos de altura y poder contribuir a reducir los costos de la vivienda en Argentina, así como encontrar un alojamiento útil a las toneladas de residuos que cada día se apilan en los vertederos.

Se trata pues, de una tecnología “limpia y limpiadora”, posibilitadora de la auto-construcción, y generadora de nuevas fuentes de trabajo, tanto para hombres como para mujeres cuya materia prima se basa en los envases descartables de bebidas, que pueden ser conseguidos en plantas de recolección, Fabricas Embotelladoras de Gaseosas y Jugos (Figura 5).

Figura 5. Ladrillos de plástico reciclado



Fuente: <http://www.edgargonzalez.com>

ENVASES DE BEBIDAS RECICLADOS

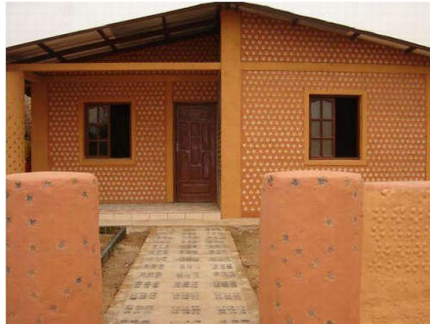
Con los envases plásticos (Figura 6) de bebidas que ya han sido desechados, se están reciclando en su forma original es decir no se está realizando ningún tipo de reciclado industrial. Estos envases solo funcionan a manera de relleno en columnas estructurales ya que por estar vacios en su interior no presentar la resistencia necesaria que para estos se requiere, como solución a esto los envases son rellenos con algún tipo de material, preferiblemente con materiales reciclados (Figura 7).

Figura 6. Paneles con botellas recicladas.



Fuente: <http://mioplanet.org>

Figura 7. Casa elaborada con paneles de botellas



Fuente: <http://humanityy.com/es/blog/ecologia>

En Cali, Colombia se está realizando una propuesta por el Alemán Andreas Froese, la cual consiste en la elaboración de este tipo de vivienda ecológica a partir de botellas plásticas.

DESARROLLO DE UN MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN CON DESECHOS PLÁSTICOS

Figura 8. Panel para construcción



Fuente: <http://www.enllave.es>

La Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Tecamachalco, logró crear paneles ecológicos para la construcción de muros y lozas mediante el procesamiento de envases de plástico.

El proyecto desarrollado por el egresado Cesar Moreno Sánchez, se basa en la reutilización del plástico mediante un procedimiento de termoformado, consistente en la aplicación de compresión y calor para dar origen a un panel plástico que se une por medio de alambres, soldado malla con malla (Figura 8).

El diseño es innovador y mejora las características de calidad no sólo en el factor ecológico, sino en aspectos como la termicidad, acústica, ligereza, rapidez de ejecución de obra y por consiguiente en el ahorro de recursos económicos, por lo que es apto para aplicarse en casi cualquier tipo de obra.

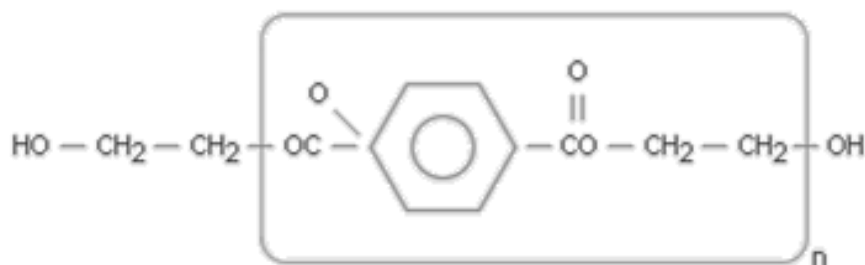
8. MATERIALES

8.1 TEREFTALATO DE POLIETILENO - PET

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno.

El PET (Poli Etilén Tereftalato) perteneciente al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres, fue descubierto por los científicos británicos Whinfield y Dickson, en el año 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. En 1952 se lo comenzó a emplear en forma de film para el envasamiento de alimentos. Pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976; pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para el embotellado de bebidas carbonatadas.

Su fórmula estructura lineal, es la siguiente:



Fuente: <http://www.evertis.com>

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y es una barrera contra los gases, y lo más importante **reciclable 100%** y

con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales como por ejemplo, el PVC.

El PET se obtiene a partir de dos materias primas derivadas del petróleo; etileno y paraxileno, presentándose en forma de pequeños cilindros o chips, los cuales, una vez secos se funden e inyectan a presión en máquinas de cavidades múltiples de las que salen las preformas, recipientes similares a tubos de ensayo pero con rosca para un tapón. Estas son sometidas a un proceso de calentamiento controlado y gradual y a un moldeado donde son estirados por medio de una varilla hasta el tamaño definitivo del envase. Por último son "soplados" inflados con aire a presión limpio hasta que toman la forma del molde.²⁴

8.1.1 Propiedades del PET

Tabla 3. Propiedades del PET

TEREFTALATO DE POLIETILENO - PET			
PROPIEDADES MECANICAS	UNIDAD	ASTM	VALORES
DENSIDAD	gr/cm ³		1.33-1.42
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	1.39
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA/ROTURA)	MPa	D-638	59
RESISTENCIA A LA COMPRESION	MPa	D-695	25.5 – 47.07
RESISITENCIA A LA FLEXION	MPa	D-790	142.2
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	MPa	D-638	15
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	MPa	D-638	2420
DUREZA		D-2240	85-87
RESISTENCIA AL DESGASTE POR ROCE			MUY BUENA
PROPIEDADES TERMICAS			
CALOR ESPECIFICO	kcal/kg.°C	C-351	0.25
TEMPERATURA DE FUSION (INYECCION)	°C		270-290

²⁴ Berho, Matías; Pisoni, Matías; 2007.

PROPIEDADES QUIMICAS	OBSERVACIONES
RESISTENCIA A ACIDOS DEBILES A TEMP. AMBIENTE	BUENA
EFFECTOS RAYOS SOLARES	ALGO LE AFECTAN
COMPORTAMIENTO A LA COMBUSTION	MANTIENE LA LLAMA
COMPORTAMIENTO AL QUEMARLO	GOTEA
COLOR DE LA LLAMA	AMARILLO ANARANJADO TIZNADO
OLOR AL QUEMARLO	AROMATICO DULCE
Fuente: Caracterización del PET. Universidad Politécnica de Cataluña	

8.1.2 Características del PET

- Procesable por soplado, inyección, extrusión. Apto para producir frascos, botellas, películas, láminas, planchas y piezas.
- Transparencia y brillo con efecto lupa.
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Barrera de los gases.
- Ranqueado N°1 en reciclado.
- Liviano
- Buena estabilidad dimensional.
- No tóxico.
- Fuerte.
- Durable.
- Excelente acabado superficial.
- Buena resistencia al impacto.
- Excelente dureza.

8.1.3 Ventajas del PET

- **Propiedades únicas**

Claridad, brillo, transparencia, barrera a gases u aromas, impacto, termoformabilidad, fácil de imprimir con tintas, permite cocción en microondas.

- **Costo/Performance**

El precio del PET ha sufrido menos fluctuaciones que el de otros polímeros como PVC-PP-LDPE (polietileno de baja densidad) - GPPS (Poliestireno de uso general) en los últimos 5 años.

- **Disponibilidad**

Hoy se produce PET en Suramérica, Norteamérica, Europa, Asia y Sudáfrica.

- **Reciclaje**

El PET puede ser reciclado dando lugar al material conocido como RPET, lamentablemente el RPET no puede emplearse para producir envases para la industria alimenticia debido a que las temperaturas implicadas en el proceso no son lo suficientemente altas como para asegurar la esterilización del producto.

8.1.4 Desventajas del PET

- **Secado**

Todo poliéster tiene que ser secado a fin de evitar pérdida de propiedades. La humedad del polímero al ingresar al proceso debe ser de máximo 0.005%

- **Costo de equipamiento**

Los equipos de inyección-soplado con biorientación suponen una buena amortización en función de gran producción. En extrusión-soplado se pueden

utilizar equipos convencionales de PVC, teniendo más versatilidad en la producción de diferentes tamaños y formas.

- **Temperatura**

Los poliésteres no mantienen buenas propiedades cuando se les somete a temperaturas superiores a los 70°C. Se han logrado mejoras modificando los equipos para permitir llenado en caliente. Excepción: el PET cristalizado (opaco) tiene buena resistencia a temperaturas de hasta 230 ° C.

8.1.5 Aplicaciones del PET

- **Envases**

Fabricados por inyección o soplado con biorientación, por extrusión o soplado.

Usos: gaseosas, dentífricos, lociones, polvos y talcos, aguas y jugos, champúes, vinos, aceites comestibles y medicinales, productos capilares, fármacos, industria de la alimentación y laboratorios de cosmética y farmacéuticos.

- **Láminas y películas**

Fabricadas por extrusión plana o coextrusión por burbuja. Películas biorientadas.

Usos: cajas, envasado de alimentos, medicamentos, cosméticos.

- **Otros**

Piezas de inyección, fabricación de plásticos de ingeniería usados para casos de alta exigencia térmica, mecánica.

Usos: Fabricación de carcasas de motores, envases resistentes a congelamiento, monofilamentos resistentes a temperatura en medio ácido.

8.2 RECICLAJE DEL PET

El reciclado de los envases de PET se consigue por dos métodos; **químico** y **mecánico** los cuales ya se nombraron anteriormente. Los plásticos se identifican por medio de una simbología internacional de reciclado, donde al PET se reconoce con el número 1 dentro de un triángulo como se puede observar en la figura 9.

Figura 9. Símbolo identificativo del PET



Fuente: <http://www.kalipedia.com>

8.2.1 Ventajas del reciclado mecánico para el PET

- El proceso de reciclado mecánico del PET no conlleva contaminación del medio ambiente, con el tratamiento de los elementos líquidos del proceso se puede controlar el proceso medioambiental.
- El reciclaje mecánico del PET genera un producto de mayor valor agregado y es materia prima para la producción de productos de uso final.
- Una de las razones fundamentales para la selección de reciclado mecánico, como alternativa viable para la recuperación de este material, es que existe mercado para material molido y limpio de este como insumo o materia prima para producir otros artículos de uso final.

8.2.2 Ventajas del reciclado químico

- Para una planta de producción de 30,000 toneladas al año, se estima el costo de producción de unos 500 dólares por tonelada debido a la utilización de aditivos de bajo costo y de baja consumo energético.
- No es necesario un lavado previo.
- No se eliminan tapas o etiquetas.
- Se produce a su vez un producto PHT (Polyhidroxilethilterephtalato) que puede ser utilizado directamente para la producción de botellas PET.
- Las plantas existentes convencionales de reciclaje PET pueden ser adaptadas para el proceso químico.

8.2.3 Ventajas del reciclado energético

El PET es un polímero que está formado sólo por átomos de Carbono, hidrógeno y oxígeno, por lo cual al ser quemado produce sólo dióxido de carbono y agua ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) con desprendimiento de 6,3 Kcal/Kg. Esto es posible ya que durante su fabricación no se emplean aditivos ni modificadores, por lo que su combustión no provoca las emisiones de ningún gas toxico.

El procedimiento a utilizar será analizado de manera cualitativa por lo cual se analizarán los siguientes factores (Tabla 4):

Tabla 4. Factores para la selección del tipo de reciclado

CRITERIO	RECICLADO MECANICO	RECICLADO QUIMICO	VALORACION ENERGETICA
Inversión	Baja	Alta	No hay
Tecnología	Accesible	Alta(accesible solo en Europa)	No hay
Costos Operativos	Bajo	Muy Alto	Muy Bajo
Uso del Producto	Materia Prima	Resina virgen	No aplica
Contaminación ambiental del proceso	Sin contaminación	Sin contaminación	Sin contaminación
Generador de fuentes de trabajo	Alto	Mediano	Bajo
El producto	Exportable (100%)	Exportable (100%)	No aplica
Fuente: Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, La paz, Bolivia; Proyecto 11 reciclaje de PET			

Criterios económicos

- El reciclado mecánico genera un producto de mayor valor agregado y materia prima para la producción de uso final, generando fuentes de trabajo en toda la cadena de reciclado.

Criterio ambiental

- El proceso de reciclado mecánico no conlleva contaminación ambiental, con el tratamiento de efluentes líquidos del proceso se llega a controlar el proceso ambientalmente.

Criterio del mercado

- Una de las razones primordiales para seleccionar el reciclado mecánico como la posibilidad más viable para la recuperación del material, es que existe mercado para el material molido y limpio de este, como insumo o como materia prima para el desarrollo de otros productos de uso final.

8.2.4 Hechos curiosos acerca del PET ²⁵

- La primera botella PET fue reciclado en 1977
- Desde 1978, los fabricantes han reducido el peso de una botella de dos litros por cerca de 29%, pasando de 68 gramos a 48 gramos.
- Reciclar una tonelada de envases de PET ahorra 6,76 metros cúbicos de espacio en los vertederos.
- Botellas personalizadas (que son botellas que se utilizan para productos distintos de las bebidas gaseosas) representan el 62% de todas las botellas de PET para reciclaje.

8.3 FIBRAS NATURALES

Dentro de las fibras de bajo coste se encuentran las de madera o de celulosa, por eso he ahí unas de las razones para su uso en investigación.

Para el desarrollo de un material compuesto debe de usarse fibras lignocelulosicas, las cuales contienen estructuras compuestas de celulosa, hemicelulosa y lignina. De la cual tan solo será necesaria la celulosa ya que es la que aporta gran resistencia.

Estas fibras son mezcladas con el polímero con el objetivo de mejorar las propiedades físicas como densidad, o mecánicas como tracción, flexión y compresión. Por esto este tipo de fibras es aplicado para la aplicación de muebles y tableros de diversos tipos. El polímero hará el papel de aglutinante o adhesivo.

²⁵ NAPCOR (National association for PET container resources)

Esencialmente tres categorías de plantas son usadas en la producción de fibras no madereras, aunque en teoría casi cualquier planta fibrosa puede ser utilizada; fibras procedentes de plantas tales como: hemp, kenaf, fibra de yuca, lino, yute, abacá; residuos agrícolas: paja de trigo, maíz, paja de arroz, bagazo de caña, calceta de plátano y sisal y hierbas silvestres: pastos, bambú, etc.

Recientemente, el interés por encontrar nuevos usos para fibras procedentes de cosechas ha ido aumentando debido a la sobreproducción de residuos agrícolas y del área alimenticia.

La composición química de las fibras depende de la fuente de la cual procedan, pero de una manera general se puede decir que existe una parte mayoritaria la cual tiene entre 40% y 50% de celulosa en su composición química.

Tabla 5. Composición química de algunas fibras naturales

TIPO DE FIBRA	CELULOSA (%)	LIGNINA (%)	HEMICELULOSAS (PENTOSAS) (%)	CENIZAS (%)	SILICE (%)
Fibras de pajas					
Arroz	28-36	12-16	(23-28)	15-20	9-14
Trigo	29-35	16-21	27 (26-32)	4.5-9	3-7
Avena	31-37	16-29	(27-38)	6-8	4-6.5
Centeno	33-35	16-19	(27-30)	2-5	0.5-4
Fibras de caña					
Azúcar	32-44	19-24	22(27-32)	1.5-5	0.7-3.5
Bambú	26-43	21-31	15(15-26)	1.7-5	0.7
Fibras de hiervas					
Esparto	33-38	17-19	(27-32)	6-8	-
Fibras de tallos	44.75	22.8	20(20)	3	2
Fibras peroliberianas					
Lino	43-47	21-23	16(24-26)	5	-
Kenaf	31-39	15-19	19(22-23)	2-5	-
Yute	45-53	21-26	15(18-21)	0.5-2	-
Fibras de hojas					
Abacá	60.8	8.8	20(15-17)	1.1	-
Sisal	43-56	7-8	12(21-24)	0.6-1	-
Henequén	77.6	13.1	4-8		

Fibra de granos	80-85	-	1-3	0.8-2	-
Linters de algodón					
Fibras de madera	40-45	26-34	(7-14)	<1	-
Coníferas	38-49	23-30	(19-26)	<1	-
Fronosasas					
Fuente: Fengel y Wegener, 1984					

8.3.1 Calceta de plátano. El plátano es un frutal cuyo origen se considera del Sureste Asiático, pertenecen a la misma familia botánica y los conforman las hojas, el seudotallo o falso tallo y el raquis o vástago. De la planta, solo el 12% se considera comercializable, que es el fruto. El otro porcentaje se convierte en un residuo agrícola.

Los cultivos de plátano generan casi 4 millones de toneladas métricas de residuos al año, adicionalmente tardan meses en degradarse, y al enterrarlos generan una presión muy alta en el suelo, malos olores y líquidos tóxicos que afectan considerablemente al medio ambiente.

Por lo cual, se plantea como solución hacer uso de la calceta de plátano, siendo estos unos de los desechos vegetales más comunes en los platanales.

La calceta de plátano hace parte del seudotallo de la planta (Figura 10), que va siendo desechada cada 20 días, la cual es debidamente extraída y procesada, convirtiéndose en la materia prima para todo tipo de artesanías²⁶.

Como se nombró anteriormente esta fibra proviene de la planta del plátano (*Musa sapientum*), la cual es muy reconocida por las propiedades mecánicas relativamente buenas.

²⁶ <http://artesaníaenguasca.blogspot.com/>

La planta cuenta con un tallo (correctamente seudotallo) que es un cilindro recubierto de vainas, alcanzando alturas de 6-6.5 m aunque en algunos casos alcanza los 7.5m.

Figura 10. Tallo planta de plátano.



Fuente: Autor

La calceta de plátano es un material abundante, resultado del residuo de la cosecha que en Colombia representa el 51%, lo que constituye 1`667.000 toneladas métricas al año²⁷; la versatilidad de sus formas permite que pueda ser usado como envoltorio. Extraer su fibra para trenzar o extraer su pulpa, además es un material de bajo impacto ambiental y máximo rendimiento.

El proceso de secado de las vainas de la planta de plátano (Figura 11) consiste en colgar al sol y luego almacenar en un lugar seco y nunca sobre el suelo; para luego realizar el tratamiento de transformación de la materia en el uso que se desee dar.

²⁷ <http://oportunidadesparalapaz.blogspot.com/>

Figura 11. Hoja seca de la calceta de plátano



Fuente: Autor

Estructuralmente la calceta de plátano es análoga al cartón corrugado lo que proyecta buenas características de resistencia, y a su vez es muy similar a la fibra natural del bambú.

Su composición química, esta principalmente compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina (Tabla 6).

Tabla 6. Composición química de la calceta de plátano.

Componentes de la calceta de plátano	
Celulosa	63-65 %
Hemicelulosa	19%
Lignina	5%
Humedad	10-11 %
Diámetro	8.5 μm
Longitud	35.96 μm
Aspecto del radio	4.36 μm

Fuente: Fengel y Wegener, 1984

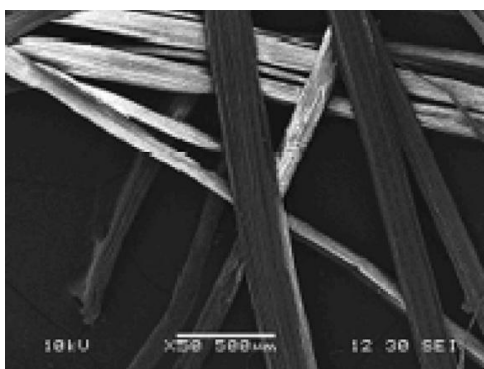
Las propiedades mecánicas de la calceta de plátano ya estudiados se presentan en la siguiente tabla

Tabla 7. Propiedades mecánicas de tracción de la calceta de plátano

Propiedades	Calceta de Plátano
Densidad (g/cm ³)	1.35
Diámetro (mm)	0.154
Resistencia a la tracción (MPa)	384
Módulo de elasticidad (MPa)	0.02–0.051
Elongación (%)	5.2

Fuente: REIS, J.M.L.

Figura 12. Micrografía de la Calceta de Plátano



Fuente: DEEPA B.; ABRAHAM, Eldho; CHERIAN, Bibin Mathew; BISMARCK, Alexander; BLAKER, Jonny J.; POTHAN, Laly A.; LOPES LEAO, Alcides, FERREIRA DE SOUZA, Sivoney; KOTTAISAMY M. 2010

8.3.2 La piña y su fibra. La piña (*Ananas Comosus Meer*), es un fruto tropical, de la familia de las Bromeliáceas, originario de Sur América. Se estima que en el mundo existen más de 1400 especies, específicamente de la zona tropical de Paraguay, Brasil y Argentina. En los últimos años, la piña así como otras frutas tropicales pueden ser encontradas en los mercados de Europa y Norteamérica²⁸

La piña y especialmente la variedad perolera, es el producto santandereano de mayor presencia en el resto del país (Figura 13). De las 46.103 toneladas de perolera, 45.370 (98%) provienen de Santander, convirtiendo a este departamento

²⁸ T.P, Roberta, 2003.

en la despensa nacional de este producto. Es de resaltar que la piña santandereana no sólo hace presencia nacional, sino que también se ubica en países vecinos, como lo evidencia el hecho de que todos los días de mercado, salen hacia Cúcuta con destino final Venezuela, camiones con carga completa del producto.²⁹

Figura 13. Cultivo de piña municipio de Lebrija



Fuente: Autor

La fibra de piña es rica en celulosa, relativamente económica y disponible en abundancia, así mismo tiene el potencial para ser utilizado como refuerzo en polímeros.

Esta fibra es contenida en las hojas de la mata de piña las cuales son largas y puntiagudas, las cuales después de recoger la cosecha de piña son desechadas y utilizadas tan solo como abono.

Sus propiedades mecánicas con respecto a la tracción se mantienen entre los valores mostrados en la siguiente tabla:

²⁹ La piña producto distintivo de Santander, La Corporación Colombiana Internacional (CCI)

Tabla 8. Propiedades mecánicas de tracción de la fibra de piña

Propiedades	Fibra de Piña
Densidad (gr/cm ³)	1.07
Resistencia a la tracción (MPa)	126.60
Módulo de Elasticidad (MPa)	4.4x10 ⁶
Elongación (%)	2.2

Fuente: R.M.N. Arib, S.M. Sapuan, M.M.H.M. Ahmad, M.T. Paridah, H.M.D. Khairul Zaman. 2004

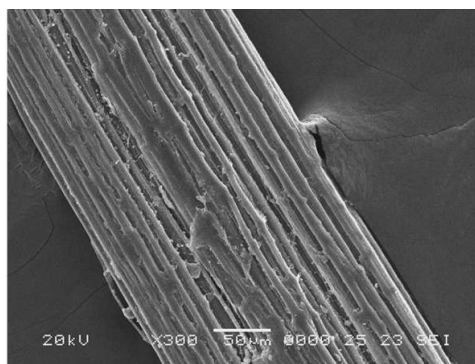
A nivel de sus microfibras se puede analizar su composición química y su geometría (Tabla 9)

Tabla 9. Composición química y geometría de la fibra de piña.

Componentes de la fibra de piña	
Celulosa	56-62 %
Hemicelulosa	16-19 %
Pectinas	2-2.5 %
Lignina	9-13 %
Materiales solubles en agua	1.15 %
Grasa y cera	4-7 %
Cenizas	2-3 %
Diámetro	10 µm
Longitud	4.5 mm
Aspecto del radio	450 mm

Fuente: CHONGWEN Y. 2001.

Figura 14. Micrografía de la Fibra de Piña.



Fuente: ABRAHAM, E.; DEEPA, B., POTHAN, L.A.; Jacob, M.; Thomas; S.; Cvelbar, U.; Anandjiwala, R. 2011

8.3.3 La yuca y su fibra. La yuca (*Manihot esculenta* Grantz) es una planta originaria de América del Sur usada principalmente para el consumo humano y en un pequeño porcentaje para la obtención de almidón. El uso de esta planta se caracteriza por el uso por el consumo de su raíz, en la que se acumulan gran cantidad de componentes.

Durante el proceso de la obtención del almidón se obtienen subproductos conocidos como el bagazo o flechillo, estos son conseguidos en el proceso de colado o extracción de la yuca ya molida.

En esta etapa se separa la pulpa o material fibroso (Figura 15) de la lechada por medio de tamizado obteniendo en su totalidad en almidón. El material restante son desperdicios los cuales son comercializados como alimentación para ganado por su contenido en proteínas.

La yuca contiene cerca del 17.5 % de fibras lignocelulosas y un 82.5% de almidón.

Figura 15. Yuca molida



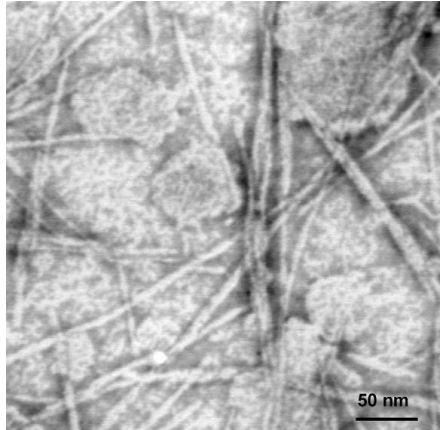
Fuente: Autor

Tabla 10. Composición química de la fibra de yuca.

Componentes de la fibra de yuca	
Hemicelulosa	1.6 %
Fibra (celulosa, lignina y sílice)	4,68%
Carbohidratos	83.80%
Grasa	0.4%
Cenizas	2.45 %
Diámetro	1115 nm
Longitud	15 nm
Aspecto del radio	76 mm

Fuente: Buitrago, 1990

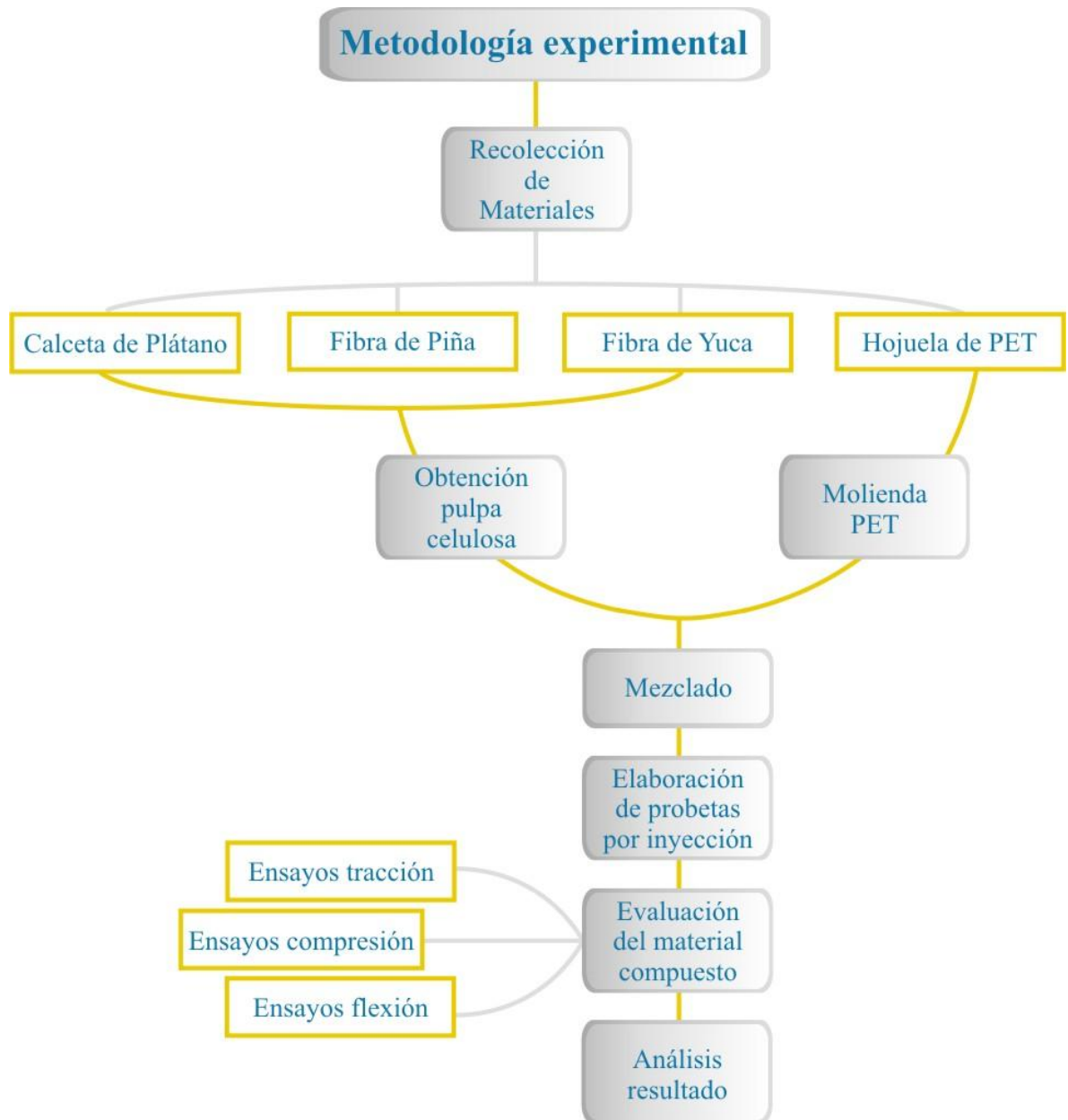
Figura 16. Micrografía fibra de yuca



Fuente: TEIXEIRA, Eliangela de M.; PASQUINI, Daniel; Curvelo, Antônio A.S.; CORRADINI Elisângela; BELGACEM, Mohamed N.; DUFRESNE, Alain. 2009

9. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Figura 17. Metodología experimental utilizada en el trabajo de investigación.



Fuente: Autor

9.1 RECOLECCIÓN DE MATERIALES

Para la obtención de las hojuelas de PET reciclado (Figura 18) es necesario cumplir con pasos establecidos anteriormente en el reciclaje mecánico (ver numeral 8.1.1.) Actualmente en Bucaramanga existen varias empresas que reciclan materiales plásticos, las cuales poseen molinos para triturar las botellas con capacidades desde 200 kg/hora hasta 5 tn/hora.

El material fue adquirido gracias a la colaboración del Ingeniero Ricardo Cruz ya que el compartió el material PET, el cual ya ha sido reciclado y triturado. Al adquirir el material se hizo previa confirmación del proceso del reciclado con el fin de cumplir con el objetivo propuesto en el proyecto.

Figura 18. Hojuelas de PET

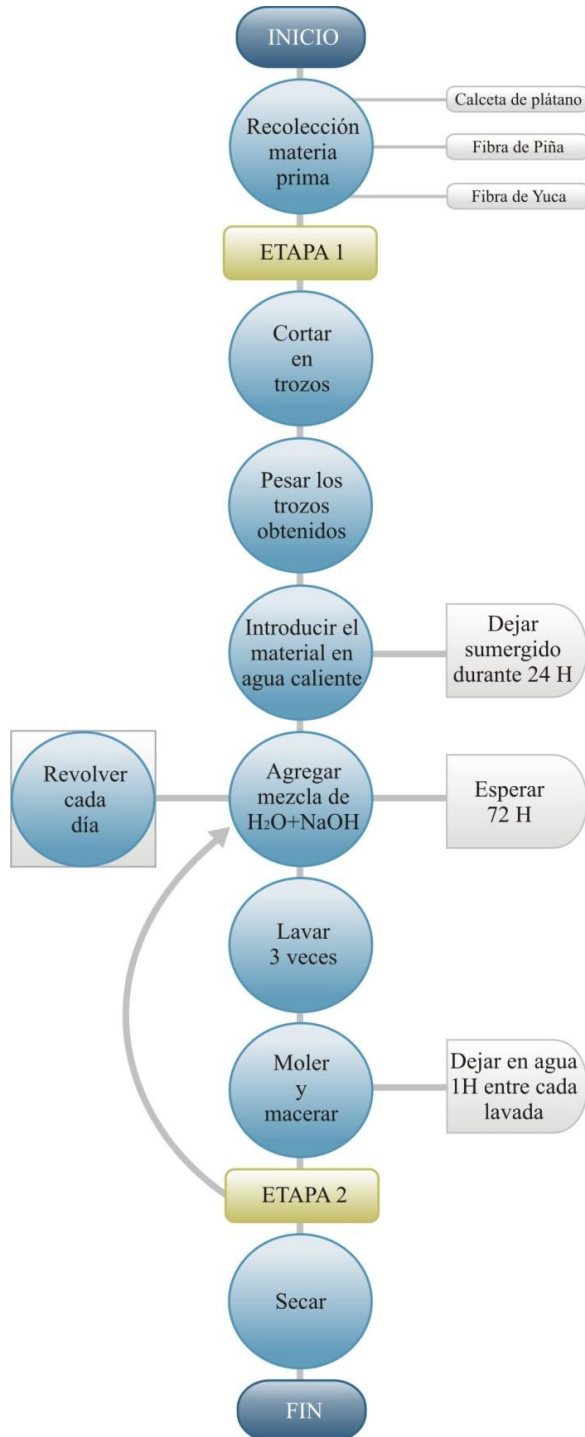


Fuente: Autor

A su vez las fibras naturales fueron recolectadas de zonas aledañas a Bucaramanga, como Lebrija y Floridablanca.

9.2 OBTENCIÓN DE LA PASTA CELULOSA

Figura 19. Proceso obtención de pasta celulosa.



Fuente: **CICELPA**. Centro de investigación para el estudio de la celulosa y el papel.

Ya con todo el material listo se comienza con la preparación de cada uno de los vegetales por medio de una técnica química llamada proceso kraft, el cual inicio cortando el material de la calceta de plátano y la hoja de piña en pequeños trozos (5x2cm) como se muestra en la figura 20, con la fibra de la yuca no se tuvo que realizar este proceso ya que esta se encontraba ya molida. Posteriormente se pesan lo obtenido.

Figura 20. Material cortado en trozos. (a) calceta de plátano, (b) hoja de piña



Fuente: Autor

Luego estos se introdujeron en un recipiente plástico con agua caliente y se dejaron reposar por 24 horas, con el fin de limpiar el material y ablandarlo.

A continuación se realiza con la lixiviación con el fin de extraer la lignina que es la que encargada de la rigidez de la fibra, la cual abarca el 30% de esta, a su vez con este procedimiento se eliminan otros materiales no fibrosos como gomas, pectinas, almidones, clorofila y demás elementos que repelen el agua y resisten al ligamento de las cadenas celulares debilitando así el producto final. Este es un proceso químico alcalino desintegrante se realiza con NaOH (Hidróxido de Sodio) conocido como soda caustica.

Este proceso consta de dos etapas:

1 ETAPA

En la primera etapa se introdujeron las fibras en un recipiente con la mezcla de Soda caustica al 5% con respecto al peso más agua. Para el agua se manejó por cada 100 gr se utiliza 1 litro (Tabla 11).

Tabla 11. Proporciones aplicadas de NaOH y agua a las fibras en la primera etapa.

FIBRAS	PESO	NaOH	AGUA
Calceta de plátano	228 gr	11,4 gr	2,28 Lts
Fibra de Piña	1286 gr	64,3 gr	12,86 Lts
Fibra de Yuca	1124 gr	56,2 gr	11, 24 Lts
Fuente: Autor			

Las fibras estuvieron en esta mezcla durante 72 horas, agitándolas diariamente, al transcurrir este lapso de tiempo la soda caustica ya ha desaparecido, para comprobar esto se aplica una gota de fenolftaleína, la cual si se torna roja es la muestra de que aun contiene soda, pero si no sucede nada quiere decir que se puede continuar con el proceso.

En seguida se sacaron las fibras de la mezcla y se procedió a lavar agregando agua y dejando una hora en reposo entre cada lavada, este proceso se realizó tres veces.

En esta parte del proceso las fibras se hincharon (Figura 21), lo cual las suavizo y permitió realizar el siguiente paso, el cual consistió en triturar y macerar las fibras (Figura 22).

Figura 21. Fibras hinchadas. (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña

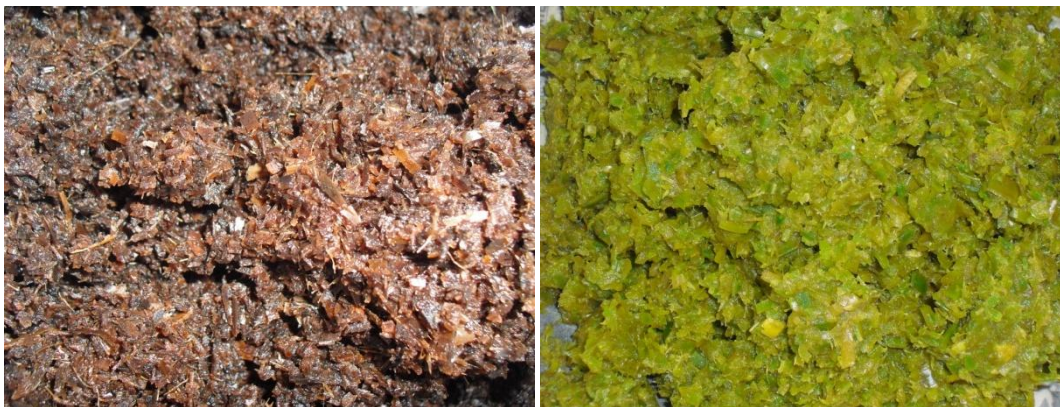


(a)

(b)

Fuente: Autor

Figura 22. Fibras Molidas y maceradas. (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña



(a)

(b)

Fuente: Autor

Para la fibra de yuca fue diferente ya que previamente se realizó un proceso de colado para la extracción del almidón, con el fin de proceder con la primera etapa, y al término de esta, al término de esta, no se pudo realizar un colado debido a la consistencia que obtuvo, y se procedió a un secado al sol durante 2 semanas (Figura 23).

Figura 23. Textura viscosa de la fibra de yuca después de la primera etapa



Fuente: Autor

2 ETAPA

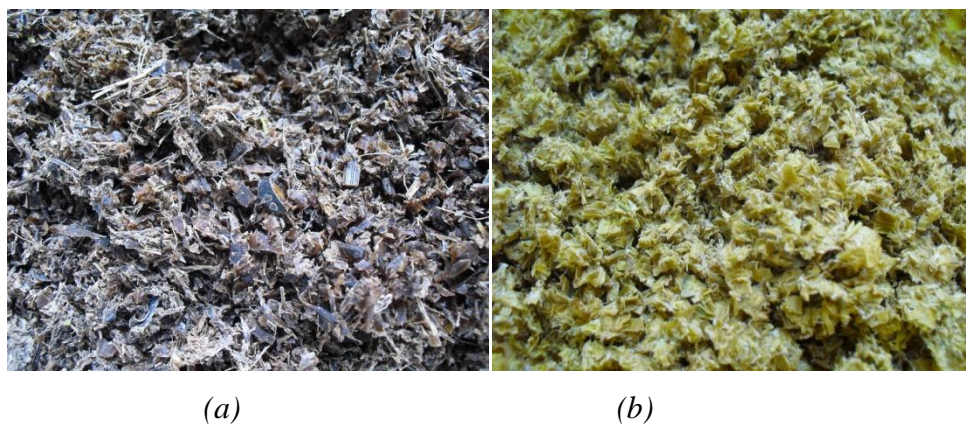
La pulpa obtenida se pesa de nuevo y se sacan nuevas cantidades para preparar una nueva mezcla de NaOH + Agua final. Pero esta vez se utilizó el 4% del peso del material.

Tabla 12. Proporciones aplicadas de NaOH y agua a las fibras en la segunda etapa.

FIBRAS	PESO	NaOH	AGUA
Calceta de plátano	1932 gr	77,28 gr	19,32 Lts
Fibra de Piña	1570 gr	62,8 gr	15,7 Lts
Fuente: Autor			

De nuevo las composiciones se dejaron por 72 horas y se procedió al lavado, los cuales se realizaron 3 veces dejando reposar por una hora en agua. Después de colar la pulpa se procedió a su secado. (Figura 24).

Figura 24. Fibras Secas después de la segunda etapa. (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña.

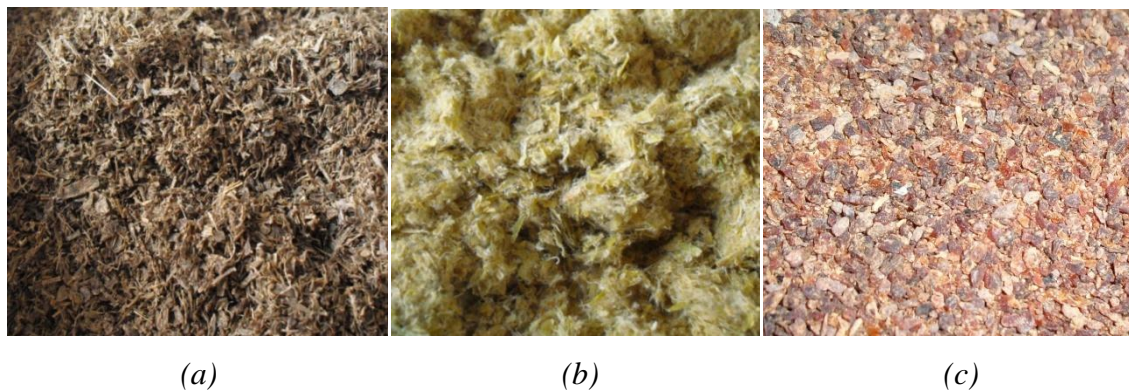


Fuente: Autor

Con esta técnica se obtuvo el 95-96% de celulosa.

Ya concluido el proceso químico de kraft se procedió a la molienda de las fibras (Figura 25).

Figura 25. Fibras molidas (a) Calceta de plátano, (b) hoja de piña, (c) fibra de yuca.



Fuente: Autor

9.3 PREPARACIÓN DE PROBETAS

Las probetas de flexión y tracción fueron realizadas por medio de una inyectora manual Ray-Ran (Figura 26), la cual fue facilitada por la empresa EXTRUCOL S.A.; las probetas de compresión fueron realizadas por otro tipo de inyectora (Figura 27), la cual prestaba una mejor opción para la realización de estas, maquina con la cual la empresa TORNOPLAST prestó el servicio.

El moldeo normalizado de las probetas fue realizado de acuerdo a respectiva norma ASTM para ensayos en plásticos reforzados.

Figura 26. Inyectora Ray – Ran, Empresa Extrucol



Figura 27. Inyectora Empresa Tornoplast



Fuente: Autor

Para este proceso se elaboraron probetas en los siguientes porcentajes de combinación (Tabla 13):

Tabla 13. Porcentajes mezclas realizadas para las probetas

Mezclas		Cal. Plátano	PET	Fibra Piña	PET	Fibra Yuca	PET
TRACCION	%	10	90	20	80	30	70
FLEXION	%	10	90	20	80	30	70
COMPRESION	%	10	90	20	80	30	70

Fuente: Autor

La elección de los porcentajes se hicieron basados en experimentos de prueba y error ya que se comenzó utilizando porcentajes altos de fibra, pero se tuvieron que ir disminuyendo poco a poco, para quedar con mayores porcentajes del polímero debido a con mayor cantidad de fibra la mezcla no fluía y no permitía que el material fuera inyectado. Así llegando a las nombradas anteriormente (Tabla13)

Figura28. Probetas de prueba



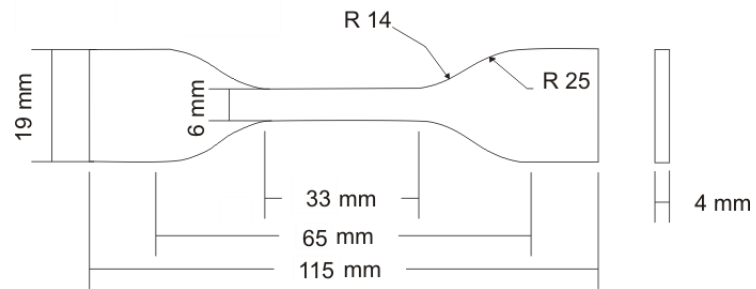
Fuente: Autor

Debido a que se están proponiendo unos nuevos materiales a estudiar, se les designará la una nomenclatura específica, con el fin de tener un fácil reconocimiento de estos:

- Mezcla: Pet + calceta plátano: MusaPPR
- Mezcla: Pet + Piña: AnanasPPR
- Mezcla: Pet + Yuca: MalentaPPR

9.3.1 Probetas de tracción. Para la elaboración de ensayos de tracción se deben tener en cuenta para la elaboración de moldes y probetas según la norma ASTM D 638 (Método estándar para las propiedades de plásticos a tracción) (Figura 29, Figura30), la cual a su vez es equivalente de la norma ISO 527 es la norma ISO 3167, y tiene una forma básica de hueso de perro. En la ASTM existen 5 tipos de probetas de la cual se elaborara la tipo IV ya que en esta investigación se realizara una comparación entre la rigidez de los materiales propuestos y este tipo de muestra es la más indicada según sus recomendaciones.

Figura 29. Medidas probetas ensayos de tracción



Fuente: Autor

Figura 30. Molde final probeta de tracción (Acero 1020).



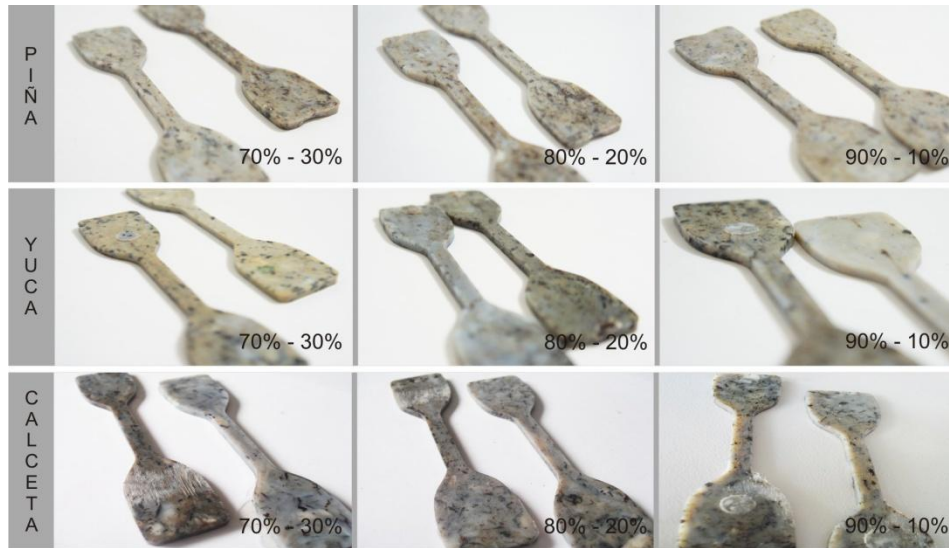
Fuente: Autor

Cada una de las mezclas de materiales fueron depositadas dentro del husillo de la inyectora bajo las siguientes condiciones

Tabla 14. Condiciones proceso de inyección tracción.

CONDICIONES INYECTORA	
TEMPERATURA HUSILLO	250°C
TEMPERATURA MOLDE	50°C
TIEMPO PRECALENTAMIENTO	10 MIN
Fuente: Autor	

Figura 31. Probetas finalizadas



Fuente: Autor

9.3.2 Probetas de flexión. Para la preparación de muestras de flexión se empleara la ASTM D 690 (Método estándar para propiedades de flexión de plásticos sin refuerzo y reforzados y materiales aislantes eléctricos), la cual recomienda para la elaboración de las probetas medidas de 127mm * 12.7mm * 3,2mm. De la cual resulta una geometría y dimensión como se muestra en la figura 32 y 33.

Figura 32. Medidas probetas ensayos de flexión



Fuente: Autor

Figura 33. Molde Final probeta de flexión (Acero 1020).

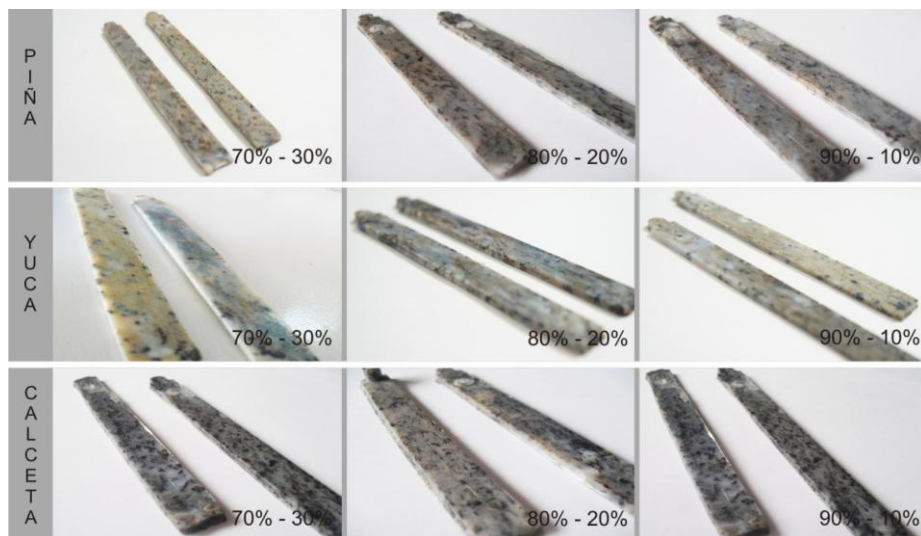


Fuente: Autor

Tabla 15. Condiciones proceso de inyección flexión.

CONDICIONES INYECTORA	
TEMPERATURA HUSILLO	250°
TEMPERATURA MOLDE	50°
TIEMPO PRECALENTAMIENTO	10 MIN
Fuente: Autor	

Figura 34. Probetas finales.

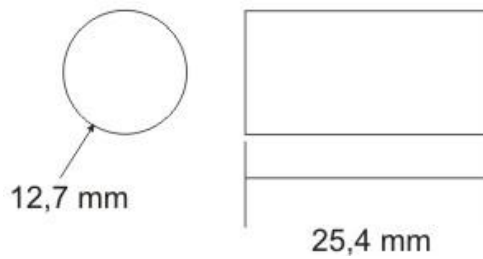


Fuente: Autor

9.3.3 Probetas de compresión. Para los ensayos de compresión fue utilizada la norma ASTM D 695 (Método estándar para propiedades a compresión de plásticos rígidos) (Figura 35 y 36) la cual permite el desarrollo de cilindros o bloques, en este caso se optó por realizarlos en bloques ya que se facilita más por

el tipo de molde que requería la maquina inyectora. Estos bloques están predeterminados por medidas de 12,7mm de diámetro por 25,4mm de largo.

Figura 35. Medidas probetas ensayos de compresión (Acero 1020)



Fuente: Autor

Figura 36. Molde final probeta de compresión (Acero 1020).

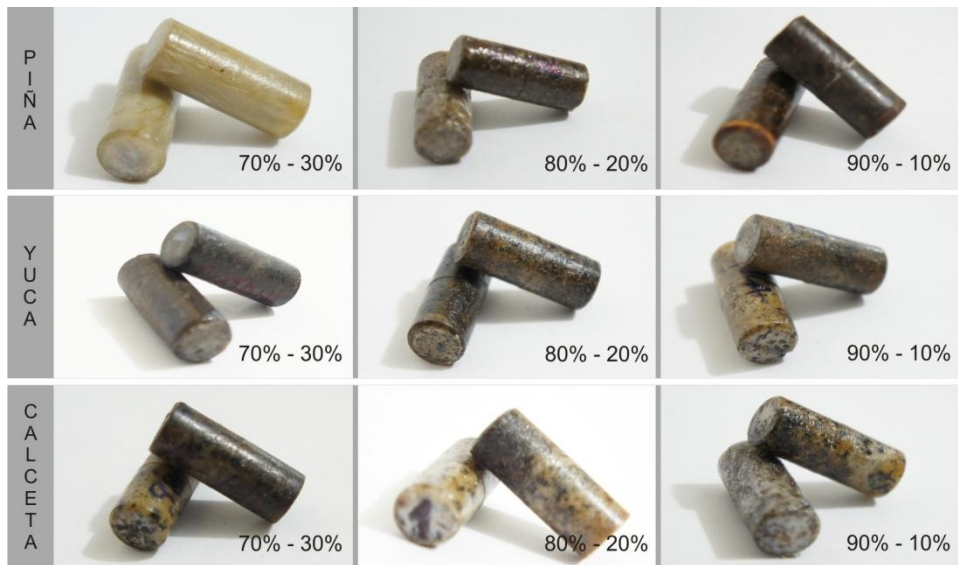


Fuente: Autor

Tabla 16. Condiciones proceso de inyección compresión.

CONDICIONES INYECTORA	
TEMPERATURA HUSILLO	250°C
TIEMPO PRECALENTAMIENTO	5 MIN
Fuente: Autor	

Figura 37. Probetas finales



Fuente: Autor

9.4 CARACTERIZACION MECANICA

Para la elaboración de ensayos se ha utilizado el equipo UNIVERSAL ENSAYOS MTC con capacidad de 10 toneladas (Figura 38) en el laboratorio de resistencia de materiales de la escuela de Ingeniería Civil, con la cual fue con la cual se elaboraron ensayos de tracción, flexión y compresión.

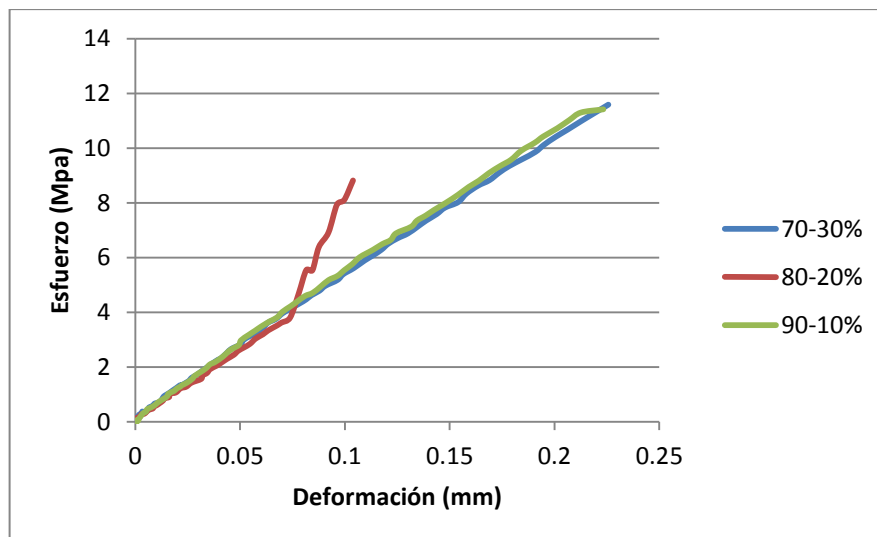
Figura38. Máquina Universal ensayos MTC



Fuente: Autor

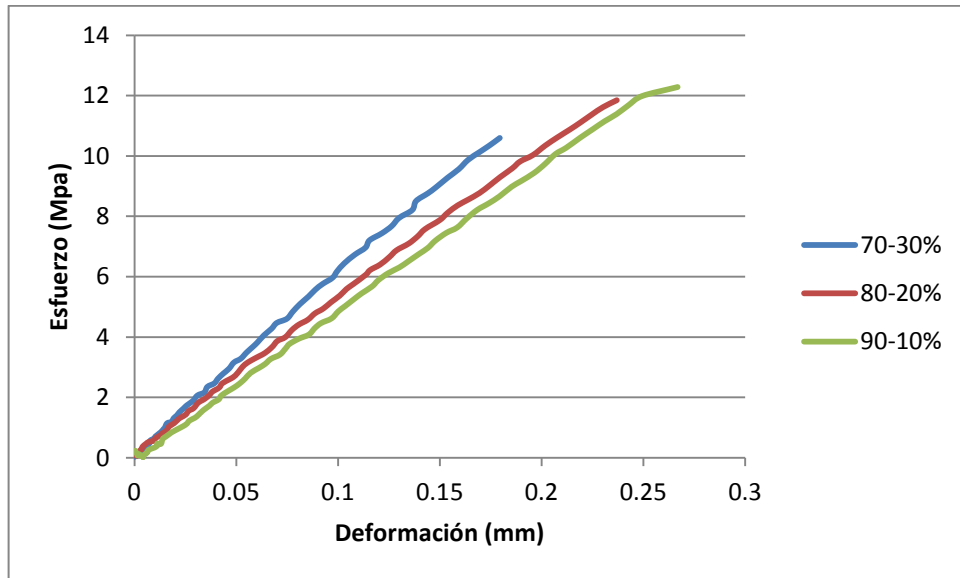
9.4.1 Ensayos de tracción. Continuando con los parámetros establecidos por la norma ASTM D638 se procede a obtener resultados mediante ensayos, con los cuales se mide la fuerza requerida para romper una muestra, punto de fluencia y lograr una gráfica de esfuerzo vs deformación.

Gráfico 2. Comparación datos de los porcentajes a tracción, AnanaPPR



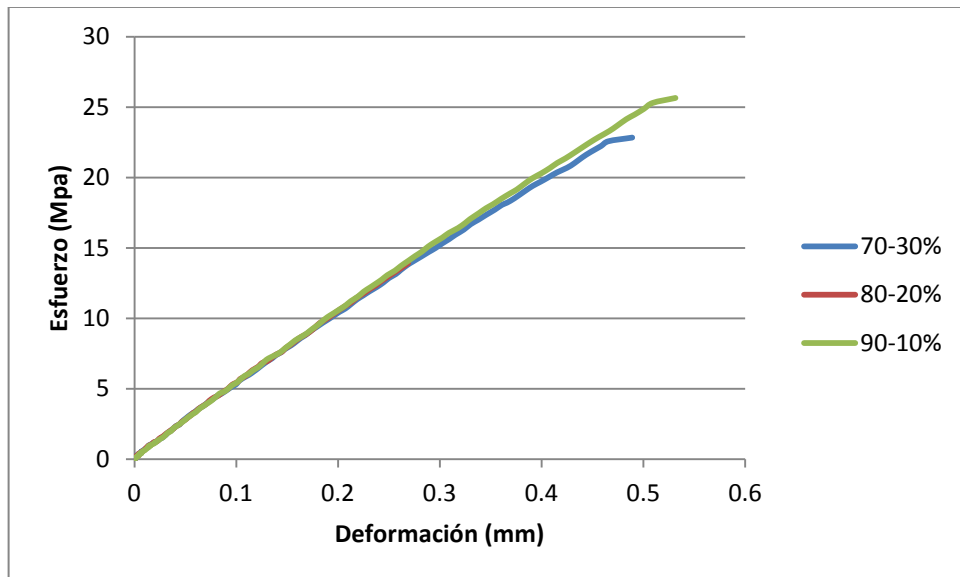
Fuente: Autor

Gráfico 3. Comparación datos de los porcentajes a tracción, MalentaPPR



Fuente: Autor

Gráfico 4. Comparación datos de los porcentajes a tracción, MusaPPR



Fuente: Autor

Con los resultados obtenidos de esta prueba se calculó (Tabla 17):

Tabla 17. Datos tracción

Material		Máxima carga (N)	Esfuerzo máximo(Mpa)	Deformación unitaria (mm) ϵ	Módulo de elasticidad (Mpa)	Densidad (gr/cm ³)	ΔL	Longitud natural
AnanasPPR	70%-30%	213.2	11.58556	0.006839371	1693.951193	1.47	0.225699	33
	80%-20%	211.56453	8.81518	0.003148064	2800.190632	1.51	0.103886	
	90%-10%	171.76453	11.41522	0.004487879	2543.566914	1.56	0.1481	
MalentaPPR	70%-30%	254.30736	10.59614	0.005436364	1949.122742	1.56	0.1794	
	80%-20%	289.35802	12.05658	0.007661145	1573.730851	1.6	0.252818	
	90%-10%	294.79089	12.28295	0.008083239	1519.557979	1.66	0.266747	
MusaPPR	70%-30%	547.97274	22.83219	0.014816006	1541.048911	1.33	0.488928	
	80%-20%	263.23798	13.932203	0.006859161	2031.181739	1.37	0.226352	
	90%-10%	615.49509	25.64562	0.016102558	1592.642622	1.39	0.531384	

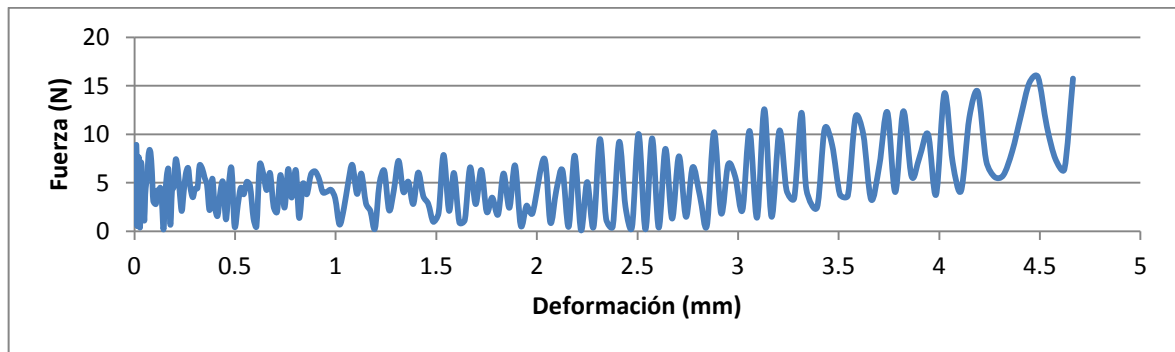
Fuente: Autor

Los datos de la tabla 17 han sido calculados por las tabulaciones obtenidos de la prueba y adecuados en tablas de esfuerzo vs deformación. Obteniendo así entre ellos el mejor material compuesto con las mejores características para este tipo de ensayos, el cual es MUSAPPR 90%-10% con un valor de 25.645 MPa.

9.4.2 Ensayos de flexión. Para este tipo de ensayo la muestra se ubica en medio de dos apoyada sobre dos apoyos, y posteriormente se le ejerce una carga central la cual producirá su flexión. Obteniendo datos tales como la fuerza requerida para doblar la probeta y la deformación de la pieza.

Al realizar los ensayos a las piezas, se pudo observar en cada uno de ellas que por las características del material no es posible obtener resultados de estas, ya que las muestras lograron deformarse pero oponían resistencia muy bajas (Gráfico5), haciendo estos resultados insignificantes, razón por la se descartan estos resultados y se concluye que este tipo de materiales no son aptos para aplicaciones que requieran de este tipo de esfuerzos.

Gráfico 5. Valores resistencia probeta flexión.



Fuente: Autor.

9.4.3 Ensayos de compresión. En este tipo de ensayo se analizó el comportamiento de los materiales al ser sometidos a cargas de compresión.

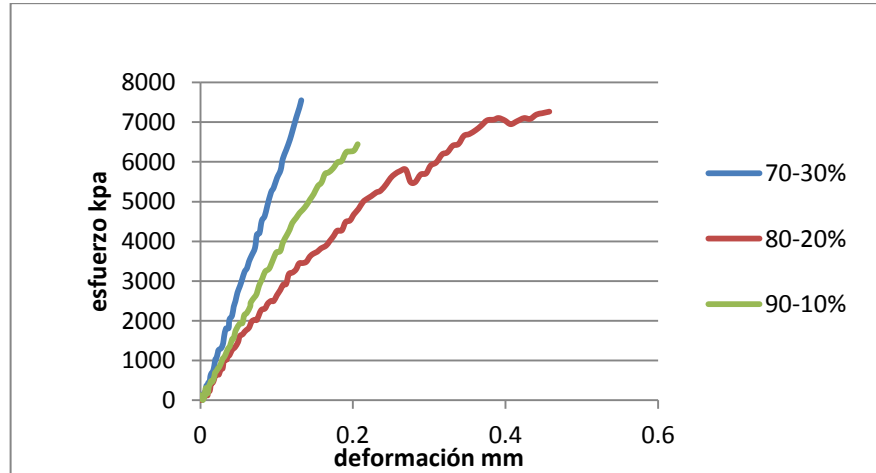
El procedimiento ubicando las muestras entre las placas paralelas a la superficie, donde poco a poco la muestra se comprime de manera uniforme. Los cuáles serán calculados con la siguiente ecuación:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{La carga máxima de compresión}}{\text{área mínima de sección transversal}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Fuente: ASTM D 695

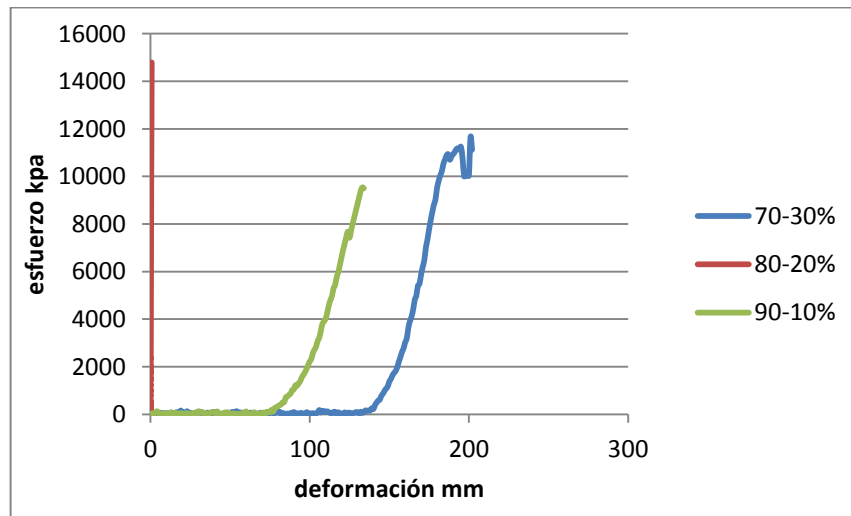
Al finalizar las pruebas se pueden obtener valores tales como:

Gráfico 6. Comparación datos de los porcentajes a compresión, AnanaPPR



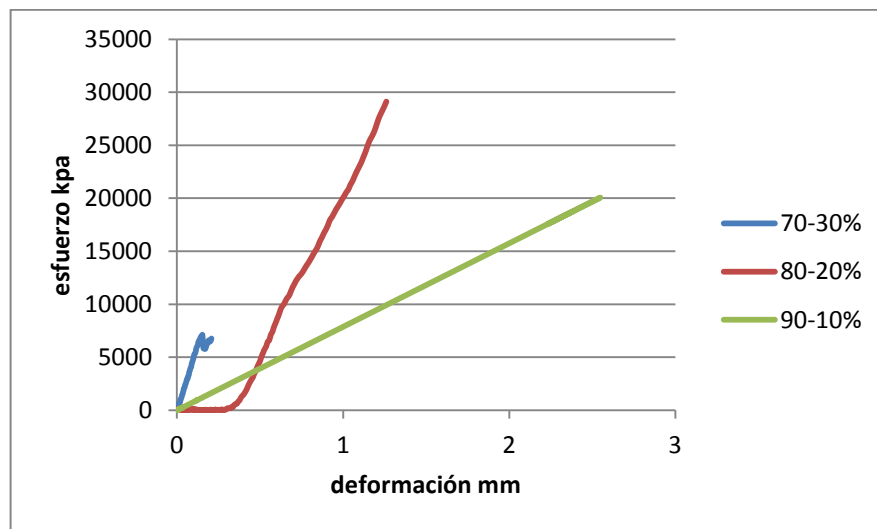
Fuente: Autor

Gráfico 7. Comparación datos de los porcentajes a compresión, MalentaPPR



Fuente: Autor

Gráfico 8. Comparación datos de los porcentajes a compresión, MusaPPR



Fuente: Autor

Tabla 18. Datos compresión

MATERIAL		CARGA MAXIMA (N)	ESFUERZO (Mpa)	Densidad (Kg/cm)
AnanasPPR	70%-30%	959.0565	7.55.62	1.47
	80%-20%	922.72502	7.26555	1.51
	90%-10%	818.55178	6.44528	1.56
MalentaPPR	70%-30%	1412.64465	11.12318	1.56
	80%-20%	1878.8483	14.79408	1.6
	90%-10%	1206.3925	9.49915	1.66
MusaPPR	70%-30%	859.33715	6.76643	1.33
	80%-20%	1260.3717	29.11904	1.37
	90%-10%	2380.9564	18.7477	1.39

Fuente: Autor

Nuevamente basándose en los datos obtenidos y comparándolos en tablas de esfuerzos vs deformación se obtuvo como resultado que el mejor material en desempeñarse en esfuerzos sometidos a compresión fue el MUSAPPR 80%-20%.

10. ETAPA DE DISEÑO

Finalizado el análisis de los materiales en estudio y habiendo seleccionado ya el material que cumple con mayor efectividad los requisitos de calidad y resistencia de materiales, se propondrá una aplicación social la cual corresponde a la elaboración de paneles para construcción de viviendas de interés social. Una vivienda en la cual se innovará en sus materiales por lo que poseerá cualidades bioambientales y económicas puesto que sus materiales son de materias primas desechadas, las cuales reducen costos de producción. Es importante para la creación de este tipo de vivienda reducir estos costos también a través de simplificación de procesos y número de elementos para su elaboración.

Este tipo de vivienda irá enfocada a la población desplazada con lo cual se ofrecerá la comodidad de habitar en una vivienda digna al momento de llegar a las ciudades receptoras, mientras ellos consiguen un sitio donde radicarse permanentemente, y así hacer más llevadero su proceso de transición. Siendo así uno de los objetivos de este diseño es ofrecer el servicio temporal a las personas desplazadas, por lo cual se plantearán casas desmontables. De esta manera se logrará ubicar las viviendas en diferentes locaciones o almacenarlas en bodegas cuando estas no se encuentren prestando servicio.

Lo ideal para este tipo de vivienda es que de sea sólida, simétrica, uniforme y continua para evitar colapsos de la edificación

Del mismo modo esta vivienda debe brindarles las funciones básicas y condiciones a las cuales estaban acostumbrados en su anterior domicilio.

Al mismo tiempo se piensa generar un tipo de vivienda biosostenible que afecte al mínimo el ambiente y a sus habitantes, además de ser producida con costos más bajos.

10.1 REQUERIMIENTOS

Para poder cumplir con cada una de las necesidades generadas se plantean los siguientes requerimientos.

10.1.1 Requerimientos de función

10.1.1.1 Requerimientos de Uso

Prácticos:

- Posibilidad de reparación de piezas
- Aislar de cambios climáticos, temperaturas y ruido.
- Es importante que los componentes tengan dimensiones adecuadas para que sea posible su transportación y manipulación al instalarlos.
- Proporcionar espacios luminosos y frescos
- Los componentes deben presentar bordes y esquinas redondeadas para asegurar al usuario.
- Piezas livianas para permitir cómodamente la instalación por personas
- Permitir el uso de herramientas manuales en el lugar de instalación en caso de necesitar modificaciones.

Percepción

- Sensación de vivienda digna
- Su apariencia debe brindar al usuario espacios cómodos generando confort
- Originar espacios saludables e higiénicos
- Locación flexible, con capacidad de integrar o aislar áreas

- Materiales ambientalmente saludables

12.1.1.2 Requerimientos Técnicos

- Los componentes deben soportar a esfuerzos mejor o de igual manera existentes en el mercado.
- El diseño de ensambles debe ser resistentes para ofrecer estabilidad estructural.
- La unión entre paneles deber realizarse por medio de ensambles de ajuste permitiendo una construcción solida pero a su vez desmontable.
- Los elementos han de ser realizados en su mayoría en la fábrica para que luego solo requiera desplazarlos e instalarlos.
- Simplicidad en las formas, relación entre componentes, repetición de módulos con el fin de reducir costos.
- Los materiales que se utilizarán serán reciclados y/o mantendrán una línea ecológica.
- Simplicidad de instalación utilizando mano de obra poco calificada.
- Contar con la menor cantidad de piezas
- Mínimo número de procesos de fabricación
- Innovar en materias primas para construcción de vivienda
- Los elementos al terminar su ciclo de vida deben permitir su reutilización
- Uso de materiales renovables para generar vivienda sostenible
- Analizar las medidas de las piezas para tener un mínimo de desperdicios
- Rapidez de montaje y producción.
- Se debe enfocar a estratos 1 y 2 donde el porcentaje de población desplazada es significativo.

10.1.2 Requerimientos formales

Estéticos

- Estéticamente agradable con acabados lisos y brillantes.
- Posibilidad de integrar variedad de colores a las piezas
- Interrelación de formas para obtener un diseño visual llamativo.

Simbólicos

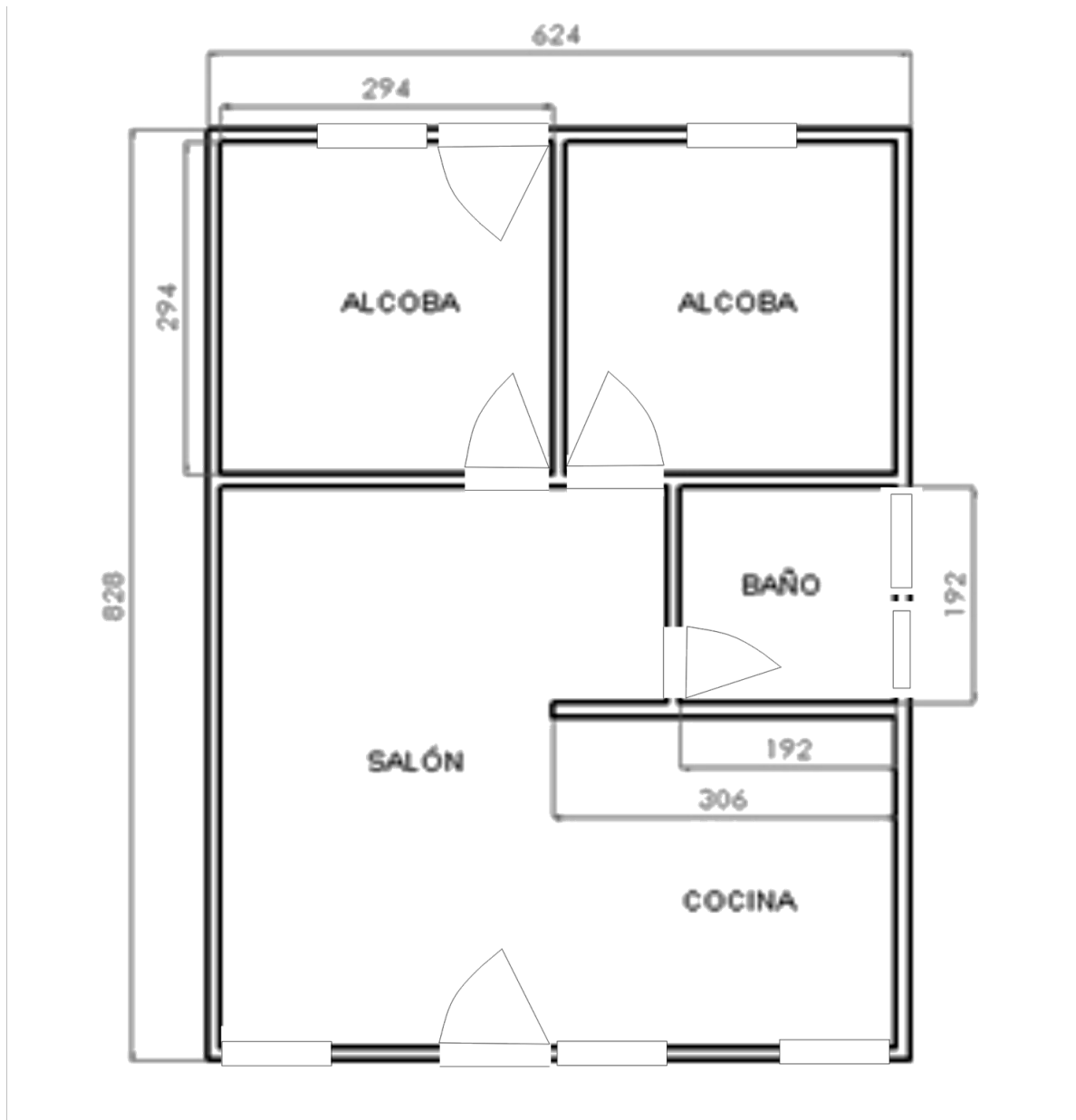
- Simbolizar al usuario temporabilidad de vivienda
- Proporcionar espacios atractivos y agradables a costos bajos
- Generar la sensación tranquilidad y bienestar

11. ALTERNATIVAS

Cada una de las alternativas partirá de una tipología básica de vivienda de interés social cuya construcción será tipo modular y (Figura 39) con el fin de brindar comodidad y espacios acogedores constará de:

- 48 mts² de área
- 1 sola planta
- 2 alcobas
- 1 Salón
- 1 baño
- 1 cocina
- 5 ventanas (1 para el salón, 2 para cocina, 1 para cada habitación y 2 para el baño)

Figura 39. Plano casa (1:50)



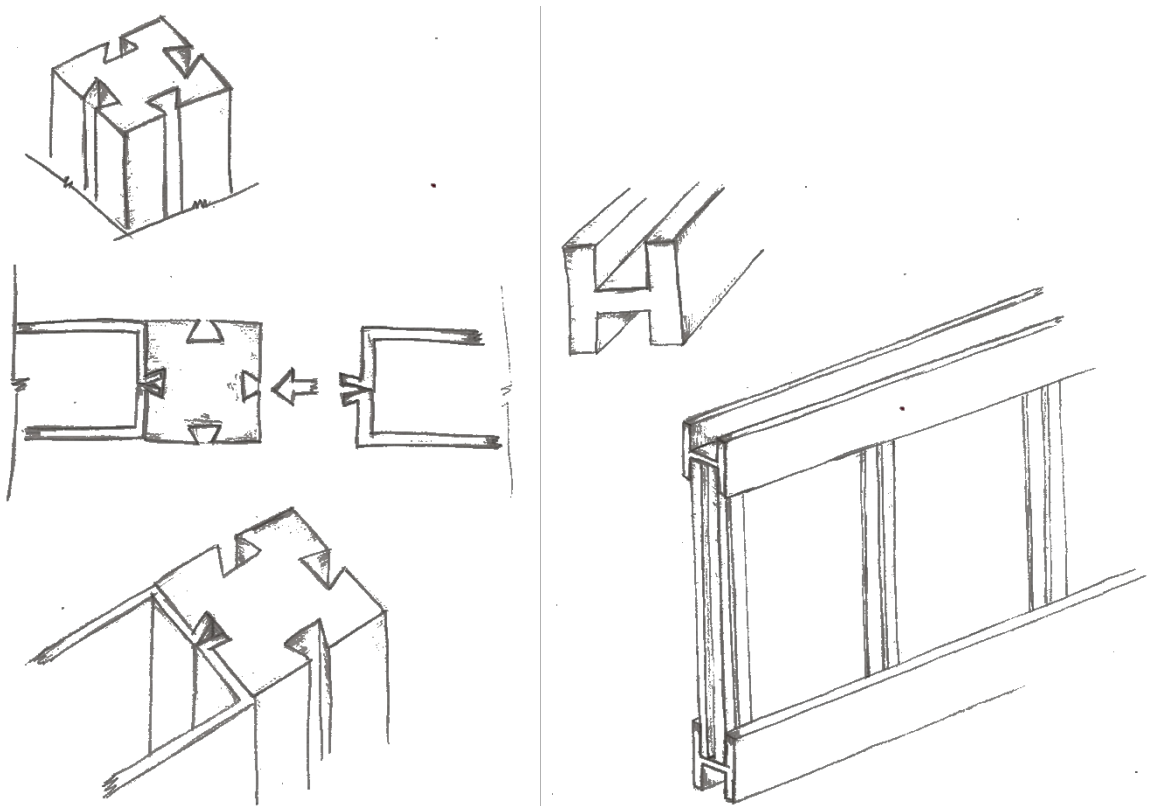
Fuente: Autor

11.1 ALTERNATIVA 1

Esta alternativa (Figura 40) consiste en la unión de paneles mediante un sistema de acoplamiento a presión donde sus uniones serán por medio de colas de milano,

los cuales presentan ángulos que dan un mejor agarre al panel dentro de la columna y no permite que este se suelte.

Figura 40. Boceto alternativa 1



Fuente: Autor

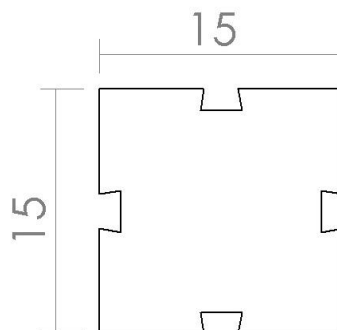
De acuerdo a lo anterior la alternativa constará de las siguientes piezas:

Inicialmente se proponen dos tipos de columnas con las siguientes dimensiones:

- *15 cm x 15 cm*, la cual hará el papel estructural y tendrá el siguiente perfil (Figura 41).

De esta columna se producirán tramos de 700 cm los cuales posteriormente se cortarán y clasificarán según su largo (Tabla 19)

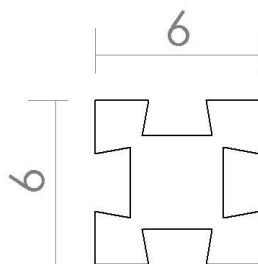
Figura 41. Perfil columna 15 cm x 15 cm alternativa 1



Fuente: Autor

- 6 cm x 6 cm, la cual sujetará únicamente los paneles entre sí y tendrá el siguiente perfil (Figura 42). De esta columna se producirán tramos de 500 cm los cuales posteriormente se cortaran y clasificarán según su largo

Figura 42. Perfil columna 6 cm x 6 cm alternativa 1



Fuente: Autor

Tabla 19. Clasificación columnas alternativa 1

NOMBRE	GEOMETRÍA A (cm)	LONGITUD D (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A (Estructural)	Cuadrado 15 x 15	377	Propuesto	Extrusión	3
TIPO A1 (Estructural)	Cuadrado 15 x 15	324	Propuesto	Extrusión Corte en α	2
TIPO A2 (Estructural)	Cuadrado 15 x 15	245,4	Propuesto	Extrusión	8
TIPO B (Secundarias)	Cuadrado 6 x 6	235	Propuesto	Extrusión	26
TOTAL					39
Fuente: Autor					

Los paneles (Figura 43) serán láminas de 1cm de espesor producidas por extrusión, las cuales después serán sometidas a un proceso de termoformado con el fin de crear las pestañas que irán dentro de las colas de milano que se encuentran en las columnas. Estos paneles se empalmarán con las columnas introduciéndolas desde su parte superior con el fin de deslizarse a través de ellas (entre columnas se instalará un par de paneles).

Los paneles tendrán un ancho de 90 cm con el fin de mantener una distribución pareja en los muros a construir.

Figura 43. Perfil del panel alternativa 1



Fuente: Autor

La altura del panel debe reducirse con el fin de permitir la instalación de ventanas y puertas. Para adecuarlos a estas alturas los paneles serán cortados y serán distinguidos de la siguiente forma (Tabla 20):

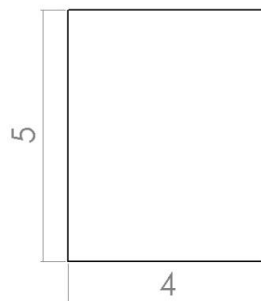
Tabla 20. Clasificación paneles alternativa 1

NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A (General)					
Ancho del panel	992	Extrusión Termoformado	Propuesto	Perforaciones	58
Largo del panel	235				
Espesor	1				
TIPO B (Pequeño)					
Ancho del panel	822	Extrusión Termoformado	Propuesto	Perforaciones	2
Largo del panel	235				
Espesor	1				
TIPO C (Ventanas)					
Ancho del panel ventana	992	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte Perforaciones	5
Largo del panel ventana	118,5				
Espesor	1				
TIPO D (Ventanas baños)					
Ancho del panel ventana	992	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte Perforaciones	4
Largo del panel ventana	178,5				
Espesor	1				
TIPO E (Paneles sobre las puertas)					
Ancho del panel	992	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte Perforaciones	4
Largo del panel	28				
Espesor	1				
TIPO F (Puerta principal)					
Ancho del panel	116	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte Perforaciones	2
Largo del panel	28				
Espesor	1				
TIPO G (Techo adelante)					
Ancho del panel	123	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte \approx 13,13° Perforaciones	2
Largo del panel	517				
Espesor	1				
TIPO H(Techo adelante)					
Ancho del panel	123	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte \approx 13,13° Perforaciones	4
Largo del panel	195				
Espesor	1				

NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO I (Techo adelante)					
Ancho del panel	76,6	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte \approx 13,13° Perforaciones	2
Largo del panel	316				
Espesor	1				
TIPO J (Techo detrás)					
Ancho del panel	123	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte \approx 21,3° Perforaciones	6
Largo del panel ventana	314				
Espesor	1				
TIPO K					
Ancho del panel	123	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte Perforaciones	4
Largo del panel ventana	291				
Espesor	1				
TIPO L					
Ancho del panel	70,7	Extrusión Termoformado	Propuesto	Corte Perforaciones	2
Largo del panel ventana	291				
Espesor	1				
TOTAL					98
Fuente: Autor					

Los paneles llevarán unas molduras (Figura 44, Tabla 21) en los extremos superiores e inferiores, los cuales reforzaran el panel y le darán más estabilidad y rigidez.

Figura 44. Perfil unión paneles alternativa 1



Fuente: Autor

Tabla 21. Clasificación unión paneles alternativa 1

NOMBRE	LONGITUD	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	508,8 cm	Propuesto	Extrusión	Perforaciones	4
TIPO B	307,4 cm				1
TIPO D	304,6 cm				6
TIPO E	186 cm				2
TIPO F	123 cm				6
TIPO G	90 cm				56
TIPO H	80 cm				2
TIPO I	76,6 cm				1
TOTAL					78
Fuente: Autor					

Las puertas y ventanas requieren medidas específicas (Tabla 22) con el fin de ocupar los espacios propuestos para estas.

Tabla22. Dimensiones puertas y ventanas alternativa 1.

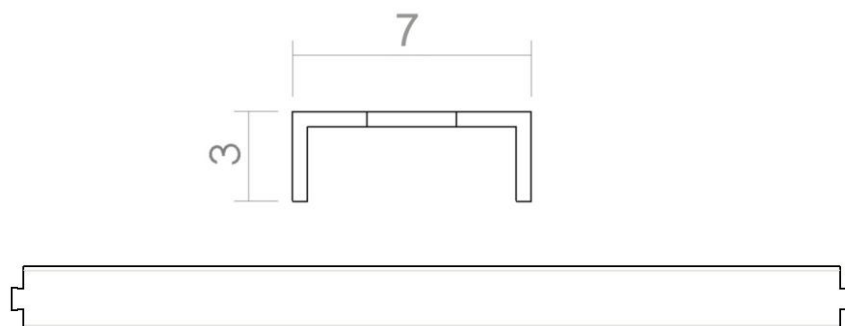
PUERTA PRINCIPAL		Material	Proceso	Cantidad
Ancho marco	60 cm	Madera	Carpintería	1
Alto marco	200 cm			
Profundidad marco	6 cm			
Ancho puerta	1000 cm			
Alto puerta	200 cm			
Profundidad puerta	4 cm			
PUERTA INTERIOR				
Ancho puerta	83 cm	Madera	Carpintería	4
Alto puerta	200 cm			
Profundidad puerta	4 cm			
TOTAL				5

VENTANA		Material		Cantidad
Ancho	90 cm	Aluminio	Vidrierías	5
Largo	109,5 cm			
Profundidad	6 cm			
VENTANA BAÑOS				
Ancho	90 cm	Aluminio	Vidrierías	2
Largo	49,5 cm			
Profundidad	6 cm			
TOTAL				7
Fuente: Autor				

Para la instalación y soporte de ventanas y paneles sobre las puertas se requiere de piezas de apoyo (Figura 45) las cuales serán elaboradas por extrusión con el mismo material propuesto y posteriormente se someterán a un mecanizado en sus extremos en forma de colas de milano las cuales encajarán dentro de las columnas. Existirán dos tipos, variando tan sólo en su largo ya que la puerta principal es más grande que las puertas interiores.

Se elaboraran tramos de 500 cms y se cortarán según las características que se requieran (Tabla 23)

Figura 45. Apoyos ventanas y puertas alternativa 1.



Fuente: Autor

Tabla 23. Apoyos ventanas y puertas

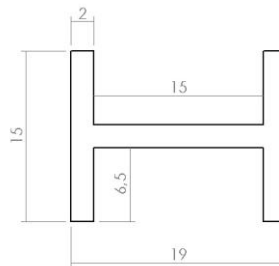
NOMBRE	UBICACIÓN	LONGITUD	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	Ventanas, puertas internas	90 cm	Propuesto	Extrusión	Corte en los extremos	11
TIPO B	Puerta principal	107 cm	Propuesto	Extrusión	Corte en los extremos	1
TOTAL						12
Fuente: Autor						

Debido a que los muros propuestos no llevarán ningún refuerzo de hormigón y serán y un poco más débiles a los impactos horizontales perpendiculares, se propondrán soluciones simples de estabilización mediante formas angulares (L, T, U, X, Y, H o Z) que gracias a su forma proveen resistencia al volcamiento.

Debido a esto los paneles junto con las columnas irán apoyados y serán soportados por una viga en forma de “H” (Figura 46) la cual se adecua a los requerimientos de la propuesta.

Este perfil será extruido en tramo de 500 cms los cuales se cortaran según sus especificaciones (Tabla 24):

Figura 46. Perfil viga alternativa 1.



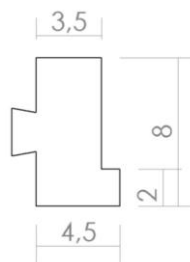
Fuente: Autor

Tabla 24. Clasificación vigas alternativa 1.

NOMBRE	LONGITUD	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	281,8 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	12
TIPO A1	281,8 cm	Propuesto	Extrusión	-	10
TIPO B	186 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	2
TIPO B1	186 cm	Propuesto	Extrusión	-	2
TIPO C	85,6cm	Propuesto	Extrusión	Corte	2
TIPO C1	85,6cm	Propuesto	Extrusión	-	2
TIPO D	575 cm	Propuesto	Extrusión	Corte \sphericalangle 13,13° 2 Canales cada 233cm	3
TIPO E	182 cm	Propuesto	Extrusión	Corte \sphericalangle 21,3° Canal a los 233cm	3
TOTAL					41
Fuente: Autor					

Para el instalación de las puertas se requiere de piezas adicionales las cuales harán el papel de marcos (Figura 47, Tabla 25) estas serán propuestas en madera ya que este material se deteriora menos ante la montaje y desmontaje de tornillos.

Figura 47. Perfil marcos puertas alternativa 1



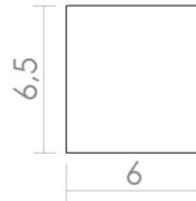
Fuente: Autor

Tabla 25. Clasificación marcos puertas alternativa 1

NOMBRE	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A	206,5	Madera	Carpintería	10
TOTAL				10
Fuente: Autor				

En la parte inferior de los espacios de las puertas y superior del espacio de las ventanas, se requieren de piezas de madera (Figura 48, Tabla 26) las cuales encajaran en los canales de las vigas, permitiendo estos el paso a nivel con el suelo y el ajuste adecuado de la ventana.

Figura 48. Perfil molduras puertas y ventanas alternativa 1



Fuente: Autor

Tabla 26. Clasificación molduras puertas y ventanas alternativa 1

NOMBRE	UBICACIÓN	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A	Ventanas y puertas	90	Madera	Carpintería	11
TIPO B	Puerta principal	107	Madera	Carpintería	1
TOTAL					12
Fuente: Autor					

Según lo definido en las alternativas 1 y 2, esta alternativa también contempla el uso de viguetas que actualmente existen en el mercado, las cuales presentan un perfil rectangular de 3'' x ½'', calibre 18 (Tabla 27) y se encargarán de soportar y ajustar las tejas.

A su vez su cubierta también estará compuesta por tejas de zinc corrugado calibre 0.35 (Tabla 28) y caballetes (Tabla 29).

Tabla 27. Clasificación viguetas alternativa 1

NOMBRE	LONGITUD (cm)	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	600	Aluminio	3
TIPO B	282	Aluminio	2
TOTAL			5
Fuente: Autor			

Tabla 28. Tejas alternativa 1.

NOMBRE	LARGO	ANCHO	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	244 cm	100 cm	Zinc	22
TIPO B	122 cm	100 cm	Zinc	8
TOTAL				30
Fuente: Autor				

Tabla 29. Caballetes alternativa 1.

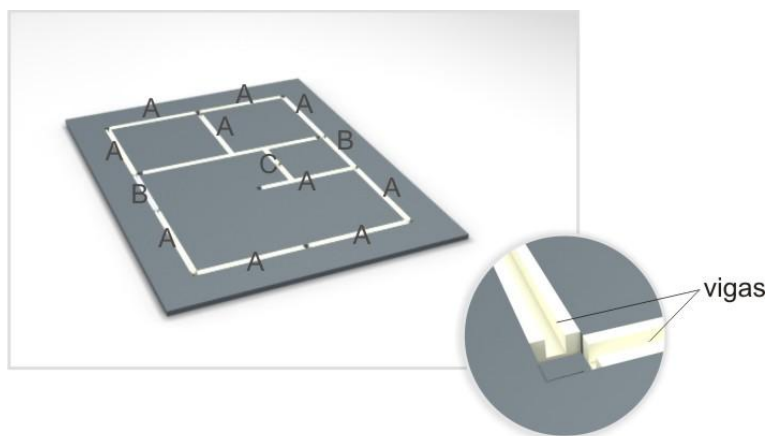
NOMBRE	LARGO	ANCHO	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	90 cm	50 cm	Zinc	7
TOTAL				7
Fuente: Autor				

INSTALACIÓN

Para comenzar se funde una placa de cemento nivelada, teniendo en cuenta que se debe dejar el espacio para la ubicación de las vigas base.

Luego se instalan las vigas los cuales estarán sujetas al suelo por medio de chazos de concreto. Al instalar estas vigas se debe dejar un espacio entre ellas de 15 cm para la ubicación de las columnas estructurales ya que están sujetas también por la placa de cemento (Figura 49).

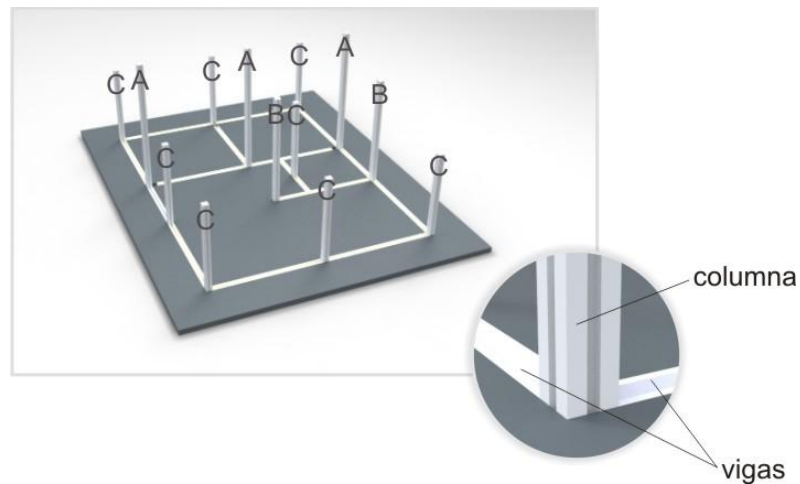
Figura 49. Instalación vigas bases



Se continúa con la instalación de las columnas estructurales, según su tipología tienen una ubicación específica (Figura 50). Estas columnas son empotradas dentro de la placa y las vigas a sus lados brindan la presión y ajuste que ser estables.

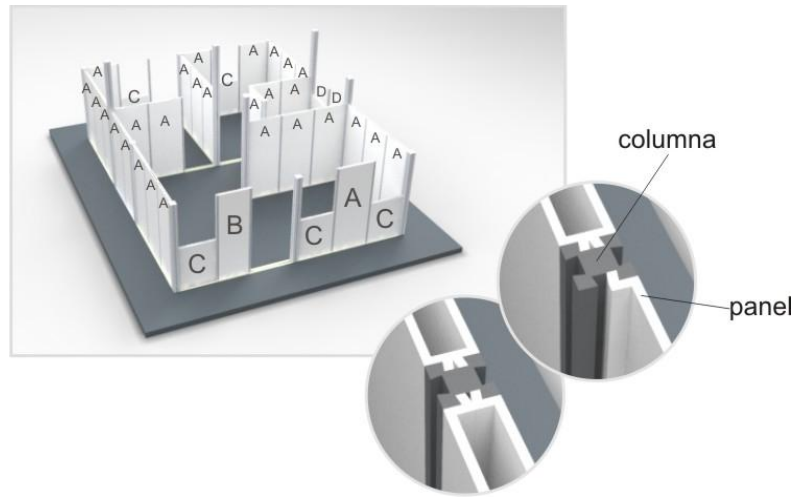
Como siguiente paso se instalan los paneles y columnas secundarias. Se inicia introduciendo de uno por uno las laminas que conforman el panel desde la parte superior de las columnas, posteriormente y de la misma manera que los paneles se deslizan las columnas secundarias hasta que finalmente se van creando los muro.

Figura 50. Instalación columnas



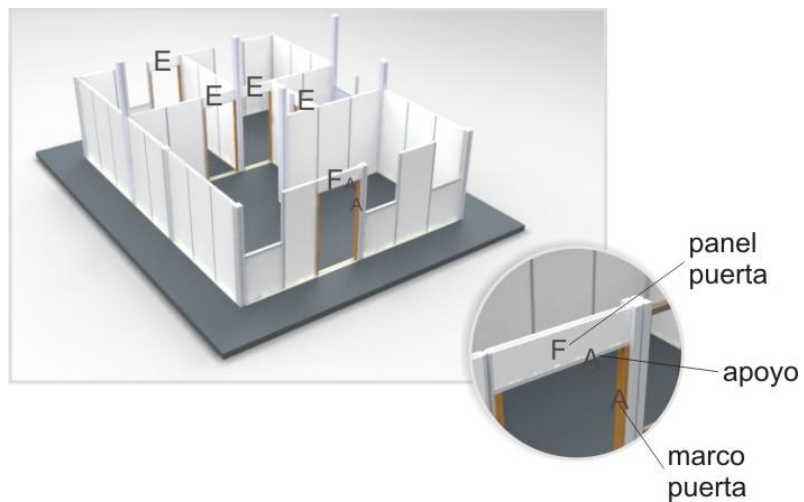
Dentro de las dos láminas que conforman el panel se crea un espacio vacío, el cual se puede utilizar un relleno biodegradable y que permita el aislamiento térmico y acústico, por lo que se propone al aserrín, ya que es un material esta dentro de la misma línea ecológica que se ha venido planteando. La elección para usar este tipo de material depende de el clima de la zona donde se piensa utilizar la vivienda, ya que el uso de este puede ocasionar calores extremos o por lo contrario fríos extremos sin su uso (Figura 51).

Figura 51. Instalación paneles y columnas secundarias



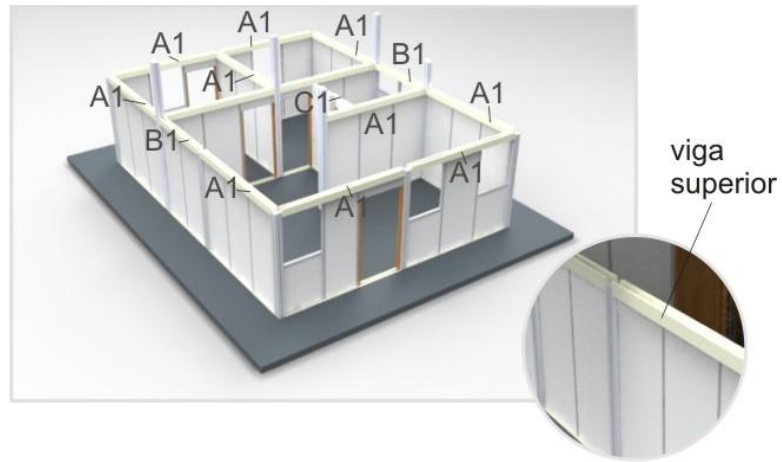
Luego se procede a instalar los marcos en la puertas, estos entraran nuevamente deslizando entre el canal de las columnanas. En seguida se deslizan sobre los marcos el apoyo que soportará el panel sobre esta. Concluida esta tarea se instalan los paneles sobre las puertas. Al mismo tiempo que se realizan estos pasos se pueden ir instalando los apoyos sobre los espacios destinados para las ventanas (Figura 52).

Figura 52. Instalación marcos, paneles sobre puertas, apoyos para puertas y ventanas



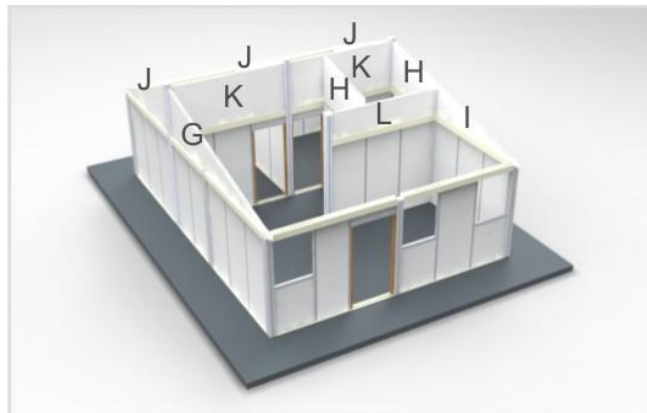
Finalizados los pasos anteriores se continua con ubicación de las vigas sobre los paneles, formando una estructura más compacta (Figura 53).

Figura 53. Instalación de vigas superiores



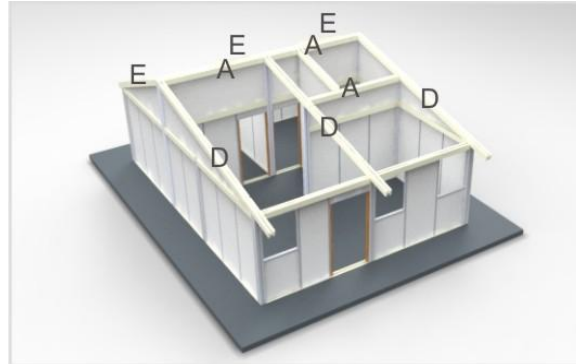
Sobre las vigas se encajan los paneles correspondientes para el techo en sus respectivas ubicación según su tipo (Figura 54).

Figura 54. Instalación paneles techo



Ya para cerrar la casa como un conjunto solido se ubican las vigas que encajarán con los paneles situados anteriormente. Cada una de las vigas inclinadas de la deben ir ajustadas con tornilleria a la viga ubicada en el centro de la vivienda para evitar desplazamientos y logrando un mayor ajuste (Figura 55).

Figura 55. Instalación vigas techo



Cada una de estas vigas finales presenta unos canales los cuales estan destinados para la ubicación de las viguetas que soportarán las tejas.

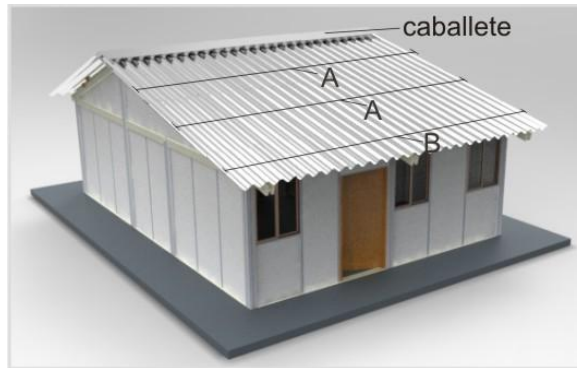
De igual manera se pueden ir instalando las molduras de puertas y ventanas en los canales de las vigas concluyendo con la montaje de puertas y ventanas (Figura 56).

Figura 56. Instalación de viguetas, puertas y ventanas



Para finalizar la vivienda se ubican las tejas, las cuales serán ajustadas a la viguetas con la tornillería, la cual se encuentra en el mercado y es especial para este tipo de instalación. Por último se instala el caballete para cerrar por completo las posibles entradas de agua a la vivienda (Figura 57).

Figura 57. Instalación cubierta



Teniendo como resultado ya una vivienda lista para habitar (Figura 58).

Figura 58. Vivienda final



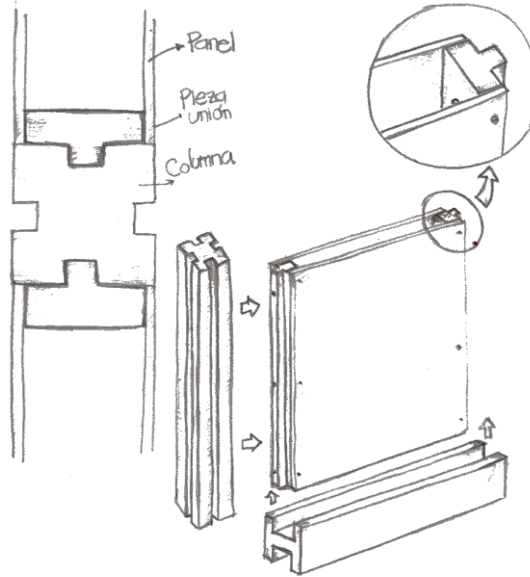
11.2 ALTERNATIVA 2

En esta propuesta (Figura 59) se desarrollaron nuevamente uniones de acoplamiento a presión con la diferencia en que los paneles serán láminas rectas

y estarán unidos a las columnas por medio una nueva pieza (Refuerzo) la cual deberá ir unida previamente al panel.

Esta propuesta será conformada de las siguientes piezas:

Figura 59. Boceto alternativa 2.



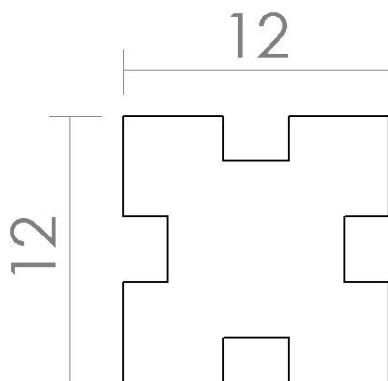
Fuente: Autor

A diferencia de la anterior alternativa, las columnas tendrán las siguientes dimensiones (Tabla 30):

- Estructurales (Figura 60): 12 x12 cm con canales en sus cuatro lados y perforaciones.

Se fabricarán tramos de 700 cms y se cortarán según las especificaciones requeridas.

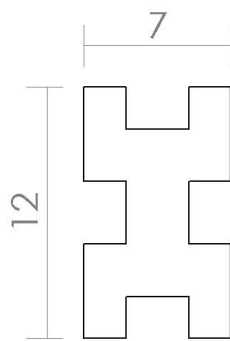
Figura 60. Perfil columnas estructurales 12 cm x 12 cm alternativa 2



Fuente: Autor

- Secundarias (Figura 61): 12 cm x 7 cm con canales en sus cuatro lados y perforaciones. las cuales tendrán nuevamente como función ajustar y soportar los paneles entre ellos. Se producirán en tramos de 400 cms y se cortarán según sea necesaria su longitud.

Figura 61. Perfil columnas estructurales 12 cm x 7 cm alternativa 2



Fuente: Autor

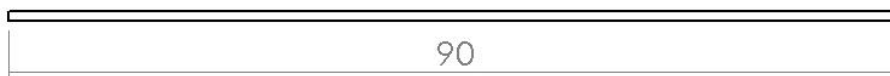
Tabla 30. Clasificación columnas alternativa 2

NOMBRE	GEOMETRÍA (cm)	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A (Estructural)	Cuadrado 12 x 12	380	Propuesto	Extrusión Perforaciones	3
TIPO A1 (Estructural)	Cuadrado 12 x 12	316,6	Propuesto	Extrusión Corte en \sphericalangle 13,13° Perforaciones	2
TIPO A2 (Estructural)	Cuadrado 12 x 12	246,5	Propuesto	Extrusión Perforaciones	6
TIPO B (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	366,5		Extrusión Corte en \sphericalangle 21,3° Perforaciones	3
TIPO B1 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	361,5	Propuesto	Extrusión Perforaciones	4
TIPO B2 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	340,5	Propuesto	Extrusión Corte en \sphericalangle 13,13° Perforaciones	1

NOMBRE	GEOMETRÍA (cm)	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO B3 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	316,5	Propuesto	Extrusión Corte en \sphericalangle 13,13° Perforaciones	1
TIPO B4 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	313,7	Propuesto	Extrusión Perforaciones	2
TIPO B5 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	293	Propuesto	Extrusión Corte en \sphericalangle 13,13° Perforaciones	2
TIPO B6 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	286,8	Propuesto	Extrusión Corte en \sphericalangle 21,3° Perforaciones	3
TIPO B7 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	269	Propuesto	Extrusión Corte en \sphericalangle 13,13° Perforaciones	2
TIPO B7 (Entre paneles)	Cuadrado 12 x 7	233	Propuesto	Extrusión Perforaciones	10
TOTAL					39
Fuente: Autor					

Cómo se mencionó anteriormente los paneles serán láminas (Figura 62) las cuales tendrán las siguientes características (Tabla 31):

Figura 62. Perfil panel alternativa 2



Fuente: Autor

Tabla 31. Clasificación paneles alternativa 2

NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADOS	CANTIDAD
TIPO A (General)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Perforaciones	14
Largo del panel	233				
Espesor	1				
TIPO B (Pequeño)					
Ancho del panel	73	Extrusión	Propuesto	Perforaciones	2
Largo del panel	233				
Espesor	1				
TIPO C (Ventanas)					
Ancho del panel ventana	90	Extrusión	Propuesto	Corte Perforaciones	5
Largo del panel ventana	116,5				
Espesor	1				
TIPO D (Ventanas baños)					
Ancho del panel ventana	90	Extrusión	Propuesto	Corte Perforaciones	4
Largo del panel ventana	176,5				
Espesor	1				
TIPO E (Paneles sobre las dos puertas centrales)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte Perforaciones	4
Largo del panel	154,5				
Espesor	1				
TIPO F (Paneles sobre las puerta del baño y trasera)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte Perforaciones	4
Largo del panel	26				
Espesor	1				
TIPO G (Puerta principal)					
Ancho del panel	1070	Extrusión	Propuesto	Corte Perforaciones	2
Largo del panel	26				
Espesor	1				
TIPO H (delantero)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte α 13,13° Perforaciones	2
Largo del panel	361,5				
Espesor	1				

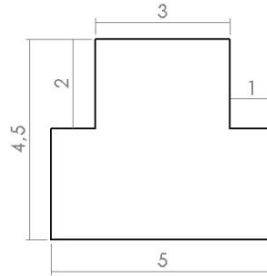
NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADOS	CANTIDAD
TIPO I (delantero)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte \approx 13,13° Perforaciones	2
Largo del panel	337,7				
Espesor	1				
TIPO J (delantero)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte \approx 13,13° Perforaciones	4
Largo del panel	313,7				
Espesor	1				
TIPO K (delantero)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte \approx 13,13° Perforaciones	4
Largo del panel	290				
Espesor	1				
TIPO L (delantero)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte \approx 13,13° Perforaciones	4
Largo del panel	266				
Espesor	1				
TIPO M (detrás)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte \approx 21,3° Perforaciones	6
Largo del panel	361,5				
Espesor	1				
TIPO N (detrás)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte \approx 21,3° Perforaciones	6
Largo del panel	321				
Espesor	1				
TIPO O (detrás)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Corte \approx 21,3° Perforaciones	6
Largo del panel	282,4				
Espesor	1				
TIPO P (centrales)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Perforaciones	8
Largo del panel	361,5				
Espesor	1				
TIPO Q (central pequeño)					
Ancho del panel	90	Extrusión	Propuesto	Perforaciones	6
Largo del panel	313,5				
Espesor	1				

NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADOS	CANTIDAD
TIPO R (pared superior baño)					
Ancho del panel	192	Extrusión	Propuesto	Perforaciones	4
Largo del panel	192				
Espesor	1				
TOTAL					67
Fuente: Autor					

Así mismo los refuerzos son piezas que se encargaran de unir el conjunto de paneles que conformaran el muro y de esta manera poder ensamblarlo a la columna (Figura 63).

Se harán tramos de 400 cms y se realizarán cortes según sus longitudes (Tabla 32)

Figura 63. Perfil refuerzo paneles alternativa 2



Fuente: Autor

Tabla 32. Clasificación refuerzo paneles alternativa 2

NOMBRE	LONGITUD	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	361,5 cm	Propuesto	Extrusión	Perforaciones	11
TIPO B	340,5 cm				1
TIPO D	337,7 cm				1
TIPO E	326,5 cm				3
TIPO F	321,8 cm				3
TIPO G	313,7 cm				9
TIPO H	292,9 cm				2
TIPO I	290 cm				2
TIPO J	286,8 cm				3
TIPO K	281,2 cm				3
TIPO L	269,1 cm				2
TIPO M	263,3 cm				2
TIPO N	247,1 cm				2
TIPO O	245,3 cm				5
TIPO P	233 cm				10
TIPO Q	192 cm				4
TIPO R	176,5 cm				10
TIPO S	154,5 cm				4
TIPO T	124,5 cm				2
TIPO U	100 cm				2
TIPO V	85 cm	90			
TIPO W	78,3 cm	2			
TIPO X	73 cm	2			
TIPO Y	26 cm	6			
TOTAL					195
Fuente: Autor					

Los espacios para la ubicación de puertas y ventanas están determinados por las dimensiones del panel (TIPO C y TIPO D). De esta manera para asegurar que ajusten correctamente deben tener las siguientes dimensiones (Tabla 33).

Tabla 33. Dimensiones puertas y ventanas alternativa 2.

PUERTA PRINCIPAL		Material	Proceso	Cantidad
Ancho marco	60 cm	Madera	Carpintería	1
Alto marco	200 cm			
Profundidad marco	6 cm			
Ancho puerta	1000 cm			
Alto puerta	200 cm			
Profundidad puerta	40 mm			
PUERTA INTERIOR				
Ancho puerta	83 cm	Madera	Carpintería	4
Alto puerta	200 cm			
Profundidad puerta	4 cm			
TOTAL				5

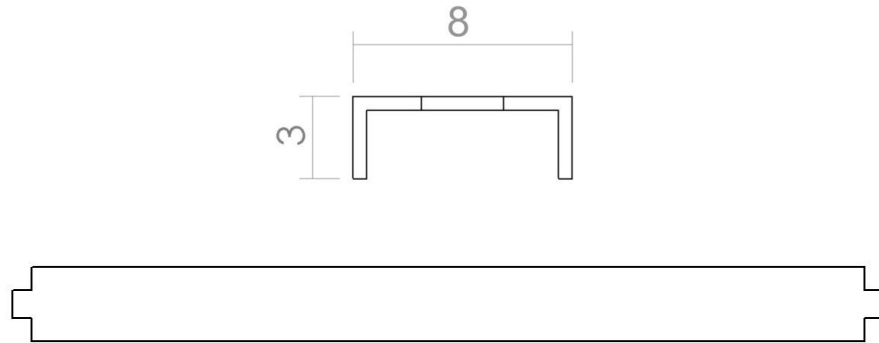
VENTANA		Material		Cantidad
Ancho	90 cm	Aluminio	Vidrierías	5
Largo	109,5 cm			
Profundidad	6 cm			
VENTANA BAÑOS		Material		Cantidad
Ancho	90 cm	Aluminio	Vidrierías	2
Largo	49,5 cm			
Profundidad	6 cm			
TOTAL				7
Fuente: Autor				

Para el ajuste de las ventanas en los paneles y soporte de los paneles sobre las puertas, se propone elementos en forma de “u” los cuales encajarán dentro de los paneles y los cerrará como una sola estructura (Figura 64).

Estarán sujetas en las columnas ya que en sus canales encajan con la forma diseñada en los extremos de estos apoyos.

Se producirán tramos de 500 cms de los cuales se cortarán según su clasificación (Tabla 34).

Figura 64. Apoyos ventanas y puertas alternativa 2



Fuente: Autor

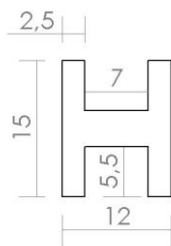
Tabla 34. Apoyos ventanas y puertas alternativa 2

NOMBRE	UBICACIÓN	LONGITUD	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	Ventanas, puertas internas	90 cm	Propuesto	Extrusión	Corte en los extremos	10
TIPO B	Puerta principal	107 cm	Propuesto	Extrusión	Corte en los extremos	1
TOTAL						
Fuente: Autor						

Para mantener estabilidad en los paneles se utilizará también vigas en forma de “H” además que estas se adecuan favorablemente a lo pretendido en esta propuesta (Figura 65).

Para la obtención de ellos se producirán tramos de 500 cms los cuales tendrán dividirá por las especificaciones de sus largos (Tabla 35).

Figura 65. Perfil viga alternativa 2



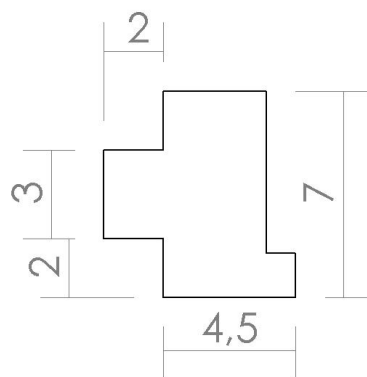
Fuente: Autor

Tabla 35. Clasificación vigas alternativa 2

NOMBRE	LONGITUD	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	498 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	1
TIPO A1	498 cm	Propuesto	Extrusión	-	1
TIPO B	294 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	11
TIPO B1	294 cm	Propuesto	Extrusión	-	7
TIPO C	192 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	2
TIPO C1	192 cm	Propuesto	Extrusión	-	2
techo				-	
TIPO D	580	Propuesto	Extrusión	Corte \sphericalangle 13,13° Canales a 233 cm	3
TIPO E	345	Propuesto	Extrusión	Corte \sphericalangle 23,3° Canales a 233 cm	3
TOTAL					30
Fuente: Autor					

Para ubicación de las puertas requerirá primeramente de marcos los cuales se propondrán en madera (Figura 66, Tabla 36).

Figura 66. Perfil marcos puertas alternativa 2



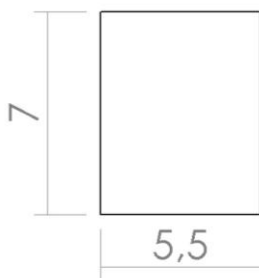
Fuente: Autor

Tabla 36. Clasificación marcos puertas alternativa 2

NOMBRE	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A	200	Madera	Carpintería	10
TOTAL				10
Fuente: Autor				

En la parte inferior de los espacios de las puertas y superior del espacio de las ventanas, se requieren de piezas de madera las cuales encajaran en los canales de las vigas, permitiendo estos el paso a nivel con el suelo y el ajuste adecuado de la ventana (Figura 67, Tabla 37).

Figura 67. Perfil molduras puertas y ventanas alternativa 2



Fuente: Autor

Tabla 37. Clasificación molduras puertas y ventanas alternativa 2

NOMBRE	UBICACIÓN	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A	Ventanas y puertas	90	Madera	Carpintería	11
TIPO B	Puerta principal	107	Madera	Carpintería	1
TOTAL					12
Fuente: Autor					

Según lo definido en las alternativas 1, esta alternativa también contempla el uso de viguetas que actualmente existen en el mercado, las cuales presentan un perfil rectangular de 3'' x ½'', calibre 18 y se encargarán de soportar y ajustar las tejas (Tabla 38).

A su vez su cubierta también estará compuesta por tejas de zinc corrugado calibre 0.35 (Tabla 39) y caballetes (Tabla 40).

Tabla 38. Clasificación viguetas alternativa 2

NOMBRE	LONGITUD (cm)	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	600	Aluminio	3
TIPO B	294	Aluminio	2
TOTAL			5
Fuente: Autor			

Tabla 39. Tejas alternativa 2

NOMBRE	LARGO	ANCHO	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	244 cm	100 cm	Zinc	22
TIPO B	122 cm	100 cm	Zinc	8
TOTAL				30
Fuente: Autor				

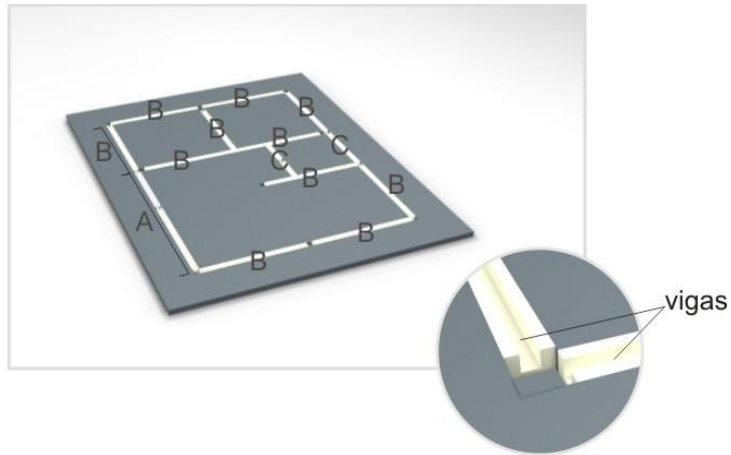
Tabla 40. Caballete alternativa 2

NOMBRE	LARGO	ANCHO	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	90 cm	50 cm	Zinc	7
TOTAL				7
Fuente: Autor				

INSTALACIÓN

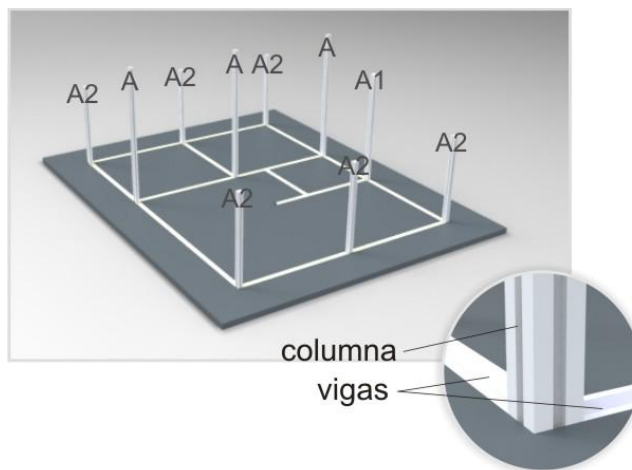
Se comienza fundiendo una placa de cemento, en la cual estarán demarcados los canales los cuales se introducirán las vigas según sus características en el orden establecido en la imagen, estas serán unidas a la placa por medio de chazos. Al ubicar estas vigas se debe dejar espacios de 12 cm entre ellas y en cada una de las esquinas para la ubicación de las columnas estructurales (Figura 68).

Figura 68. Instalación vigas bases



Ya previsto anteriormente el espacio dentro de los canales para las columnas estructurales se prosigue a instalarlas según su posición establecida. Estas quedan empotradas en la placa y ajustadas entre las vigas (Figura 69).

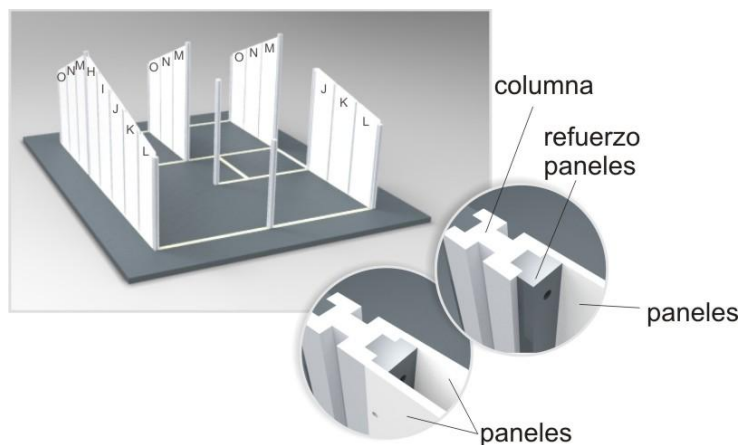
Figura 69. Instalación columnas



Como siguiente paso se instalan los paneles pero se debe tener en cuenta con anterioridad crear su estructura interior con los refuerzos, los cuales se encargan de dar mayor estabilidad y resistencia a los paneles.

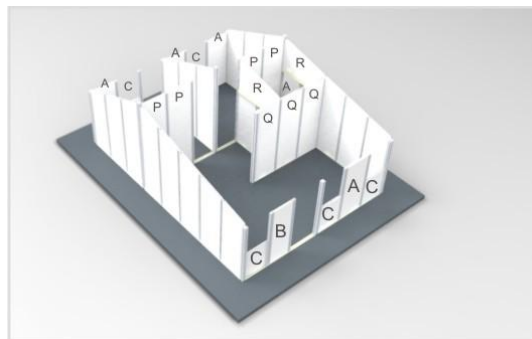
Durante el armado del panel debe tenerse en cuenta la posibilidad del uso del relleno dentro de los paneles. Finalizado el panel estructurado, se prosigue a introducir dentro de las perforaciones de los refuerzos los tarugos, los que a su vez se introducirán en las perforaciones de las columnas con el fin de dar un agarre entre ellos (Figura 70).

Figura 70. Armado de paneles e instalación



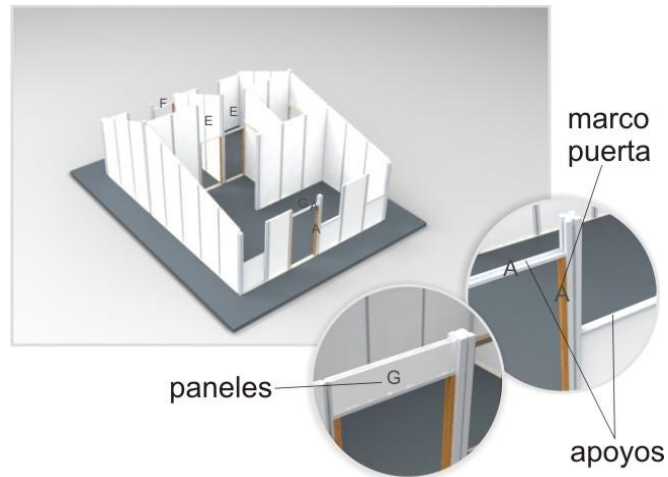
Para su orden de instalación es necesario instalar primero el panel siguiente a una columna estructural, continuando con las columnas secundarias (Figura71).

Figura 71. Instalación paneles



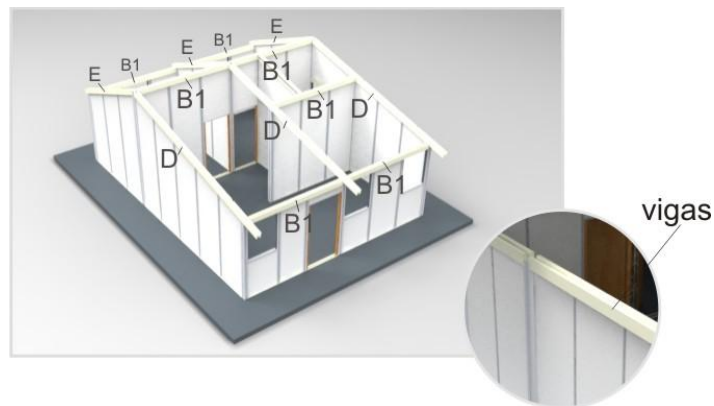
Concluida la instalación de los paneles inferiores, se continúa situando los apoyos sobre los paneles donde se ubicarán las ventanas, al mismo tiempo se disponen los marcos para las puertas y sobre estos los apoyos de los paneles que irán sobre cada una de las puertas (Figura 72).

Figura 72. Instalación marcos, paneles sobre puertas , apoyos para puertas y ventanas



Para terminar con la estructura de la vivienda se instalan las vigas finales, estas serán encajadas dentro sobre los paneles y serán ajustadas por sus tarugos y refuerzos de tornillería que necesitarán para dar más estabilidad y evitar que se deslicen (Figura 73).

Figura 73. Instalación vigas superiores



Ahora se continúa con la instalación de las viguetas las cuales encajaron en los canales previamente mecanizados en las vigas superiores.

Figura74. Instalación viguetas, molduras puertas, puertas y ventanas

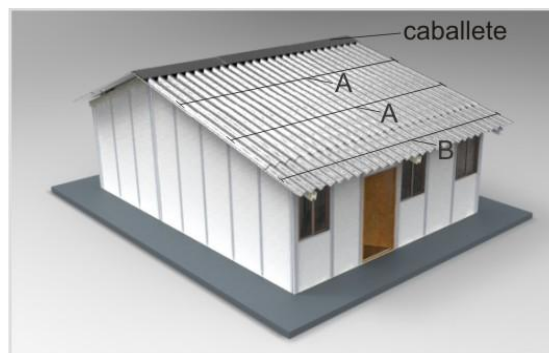


Conjuntamente se instalan las molduras en los espacios descubiertos por las vigas debajo de las puertas y sobre el espacio de las ventanas para continuar así con la instalación de puertas y ventanas (Figura 74)

Por último se instalan las tejas sobre las viguetas ajustándolas a ellas por medio de tornillería ya existente en el mercado especializada para estos tipos de instalación.

Sobre el ángulo que se forma entre las tejas se ubican los caballetes para dar cierre completo al techo (Figura 75).

Figura 75. Instalación cubierta



Realizados todos estos pasos se obtiene como resultado final este ejemplo de vivienda (Figura 76).

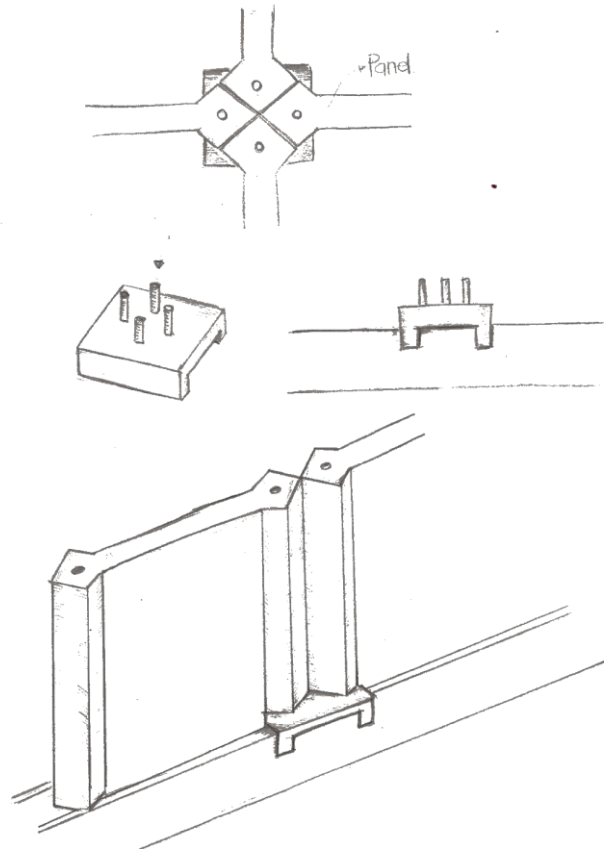
Figura 76. Vivienda Final



11.3 ALTERNATIVA 3

La propuesta 3 (Figura 77) se plantea una forma diferente para el panel ya que este es más grueso y en sus extremos tiene una forma triangular la cual al coincidir con los paneles próximos encajan y crean una estructura la cual hará se encargara de soportar los esfuerzos y cargas como lo haría una columna estructural.

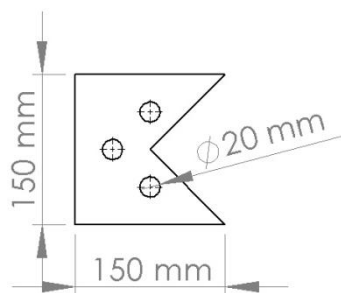
Figura 77. Boceto alternativa 3



Fuente: Autor

Para esta idea solo se plantean columnas pero con el fin de dar terminaciones a paredes (Figura 78, Tabla 41).

Figura 78. Perfil columnas alternativa 3 (1:8)



Tipo A – A1

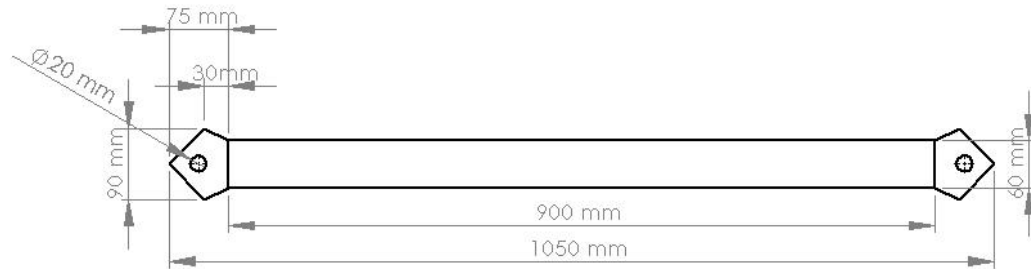
Fuente: Autor

Tabla 41. Clasificación columnas alternativa 3

NOMBRE	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	235	Propuesto	Extrusión	Perforaciones	1
TIPO A1	69	Propuesto	Extrusión	Perforaciones	1
TOTAL					2
Fuente: Autor					

Ya que los paneles se elaborarán por moldeo con un tipo de maquinaria diferente a las alternativas anteriores, se la posibilidad de generar diferentes formas y tipos de ensamblajes (Figura 79). Los paneles variaran según sus alturas por lo cual serán clasificados (Tabla 42).

Figura 79. Perfil panel alternativa 3 (1:100)



Fuente: Autor

Tabla 42. Clasificación paneles alternativa 3

NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADOS	CANTIDAD
TIPO A (General)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	25
Largo del panel	250				
Espesor	6				
TIPO B (Pequeño)					
Ancho del panel	95	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	1
Largo del panel	250				
Espesor	6				
TIPO C (Ventanas)					
Ancho del panel ventana	105	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	5
Largo del panel ventana	250				
Espesor	6				
TIPO D (Ventanas baños)					
Ancho del panel ventana	105	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	2
Largo del panel ventana	250				
Espesor	6				
TIPO E (Paneles sobre puertas interiores)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	4
Largo del panel	44,8				
Espesor	6				
TIPO F (Puerta principal)					
Ancho del panel	115	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	1
Largo del panel	44,8				
Espesor	6				
NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADOS	CANTIDAD

TIPO G (delantero)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte \sphericalangle 13,13° Perforaciones	3
Largo del panel	135				
Espesor	6				
TIPO H (delantero)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte \sphericalangle 13,13° Perforaciones	3
Largo del panel	109				
Espesor	6				
TIPO I (delantero)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte \sphericalangle 13,13° Perforaciones	2
Largo del panel	83				
Espesor	6				
TIPO J (delantero)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte \sphericalangle 13,13° Perforaciones	2
Largo del panel	57				
Espesor	6				
TIPO K (delantero)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte \sphericalangle 13,13° Perforaciones	2
Largo del panel	31				
Espesor	6				
TIPO L (detrás)					
Ancho del panel	105	Extrusión	Propuesto	Corte \sphericalangle 21,3° Perforaciones	3
Largo del panel	135				
Espesor	6				
TIPO M (detrás)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte \sphericalangle 21,3° Perforaciones	3
Largo del panel	91				
Espesor	6				
TIPO N (detrás)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte \sphericalangle 21,3° Perforaciones	3
Largo del panel	48				
Espesor	6				
TIPO O (centrales)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	6
Largo del panel	135				
Espesor	6				

NOMBRE	cm	PROCESOS	MATERIAL	MECANIZADOS	CANTIDAD
TIPO P (central pequeño)					
Ancho del panel	105	Moldeo	Propuesto	Corte Perforaciones	3
Largo del panel	87				
Espesor	6				
TOTAL					68
Fuente: Autor					

Teniendo en cuenta que ya se han destinado unos paneles para situar ventanas (Tipo D y Tipo E), paneles a los cuales se les realizo un mecanizado para permitir la ubicación de estas, es necesario que las ventanas tengan unas dimensiones específicas, igualmente que las puertas que este requiere (Tabla 45).

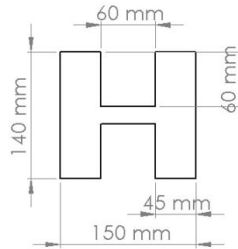
Tabla 43. Dimensiones puertas y ventanas alternativa 3.

PUERTA PRINCIPAL		Material	Proceso	Cantidad
Ancho marco	60 cm	Madera	Carpintería	1
Alto marco	200 cm			
Profundidad marco	6 cm			
Ancho puerta	1000 cm			
Alto puerta	200 cm			
Profundidad puerta	40 mm			
PUERTA INTERIOR				
Ancho puerta	90 cm	Madera	Carpintería	4
Alto puerta	200 cm			
Profundidad puerta	4 cm			
TOTAL				5

VENTANA		Material	Proceso	Cantidad
Ancho	60 cm	Aluminio	Vidriería	5
Largo	104 cm			
Profundidad	6 cm			
VENTANA BAÑOS				
Ancho	60 cm	Aluminio	Vidriería	2
Largo	49,5 cm			
Profundidad	6 cm			
TOTAL				7
Fuente: Autor				

Como se propuso en las alternativas anteriores, se seguirá manejando vigas de forma en “H” por sus buenos beneficios a este tipo de construcción, además de adecuarse efectivamente a los planteamientos de la alternativa (Figura 80).

Figura 80. Perfil vigas alternativa 3 (1:7)



Fuente: Autor

Se catalogarán según sus largos y sus modificaciones realizadas para la adecuación de la vivienda (Tabla 44).

Tabla 44. Clasificación vigas alternativa 3

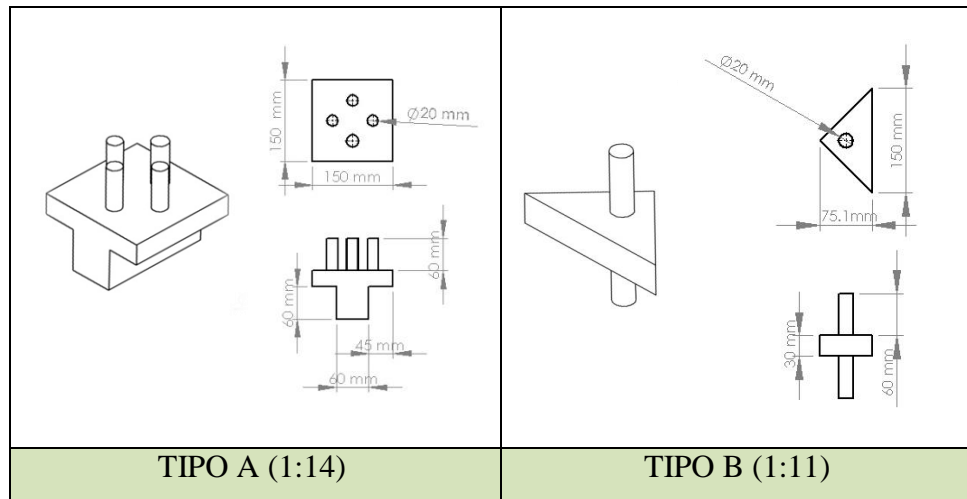
NOMBRE	LONGITUD	MATERIAL	PROCESO	MECANIZADO	CANTIDAD
TIPO A	855 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	2
TIPO A1	855 cm	Propuesto	Extrusión	-	2
TIPO B	645 cm	Propuesto	Extrusión	-	1
TIPO C	615 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	3
TIPO C1	615 cm	Propuesto	Extrusión	-	3
TIPO D	588 cm	Propuesto	Extrusión	Corte \sphericalangle 13,13° Canales a 233 cm	3
TIPO E	355 cm	Propuesto	Extrusión	Corte \sphericalangle 23,3° Canales a 233 cm	3
TIPO F	315 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	2
TIPO F1	315 cm	Propuesto	Extrusión	-	2
TIPO F2	315 cm	Propuesto	Extrusión	Corte \sphericalangle 13,13°	1
TIPO G	200 cm	Propuesto	Extrusión	Dos Cortes \sphericalangle 13,13° a cada extremo	1
TIPO H	195 cm	Propuesto	Extrusión	Corte	1
TIPO H1	195 cm	Propuesto	Extrusión	-	1
TOTAL					20
Fuente: Autor					

Con el fin de brindar mayor estabilidad estructural se implementará elementos de unión en los que los agujeros ubicados en los extremos de los paneles coincidirán con los cilindros que sobresalen de dichos elementos.

Las uniones se clasificarán en dos tipos según su forma (Figura 81, Tabla 45)

- Tipo A, las cuales funcionarán como unión entre los paneles.
- Tipo B, las cuales funcionarán como unión entre los marcos y los paneles sobre ellos.

Figura 81. Piezas uniones paneles alternativa 3



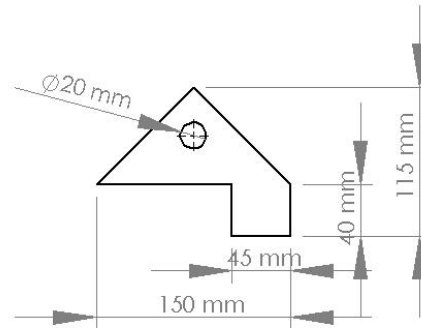
Fuente: Autor

Tabla 45. Clasificación piezas uniones paneles alternativa 3

NOMBRE	UBICACIÓN	GEOMETRIA (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A	Puertas	15 X 15	Propuesto	Moldeo	10
TIPO B	Paneles	15 X 15	Propuesto	Moldeo	111
TOTAL					121
Fuente: Autor					

Para la instalación de las puertas es indispensable ubicar previamente los cuales se encargarán de sujetar la puerta (Figura 82, Tabla 46)

Figura 82. Perfil marcos puertas (1:6)



Fuente: Autor

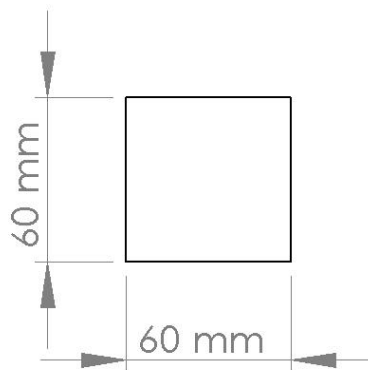
Tabla 46. Clasificación marcos puertas alternativa 3

NOMBRE	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A	200	Madera	Carpintería	10
TOTAL				10

Fuente: Autor

En la parte inferior de los espacios de las puertas, se requieren de piezas de las cuales encajaran en los canales de las vigas, permitiendo estos el paso a nivel con el suelo (Figura 83, Tabla 47)

Figura 83. Perfil molduras puertas alternativa 3 (1:3)



Fuente: Autor

Tabla 47. Clasificación molduras puertas alternativa 3

NOMBRE	UBICACIÓN	LONGITUD (cm)	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD
TIPO A	Puertas	90	Madera	Carpintería	5
TIPO B	Puerta principal	100	Madera	Carpintería	1
TOTAL					6
Fuente: Autor					

Según lo definido en las alternativas 1 y 2, esta alternativa también contempla el uso de viguetas que actualmente existen en el mercado, las cuales presentan un perfil rectangular de 3'' x ½'', calibre 18 y se encargarán de soportar y ajustar las tejas (Tabla 48).

A su vez su cubierta también estará compuesta por tejas de zinc corrugado calibre 0.35 (Tabla 49) y caballetes (Tabla 50).

Tabla 48. Clasificación viguetas alternativa 3

NOMBRE	LONGITUD (cm)	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	600	Aluminio	5
TOTAL			5
Fuente: Autor			

Tabla 49. Tejas alternativa 3

NOMBRE	LARGO	ANCHO	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	244 cm	100 cm	Zinc	22
TIPO B	122 cm	100 cm	Zinc	8
TOTAL				30
Fuente: Autor				

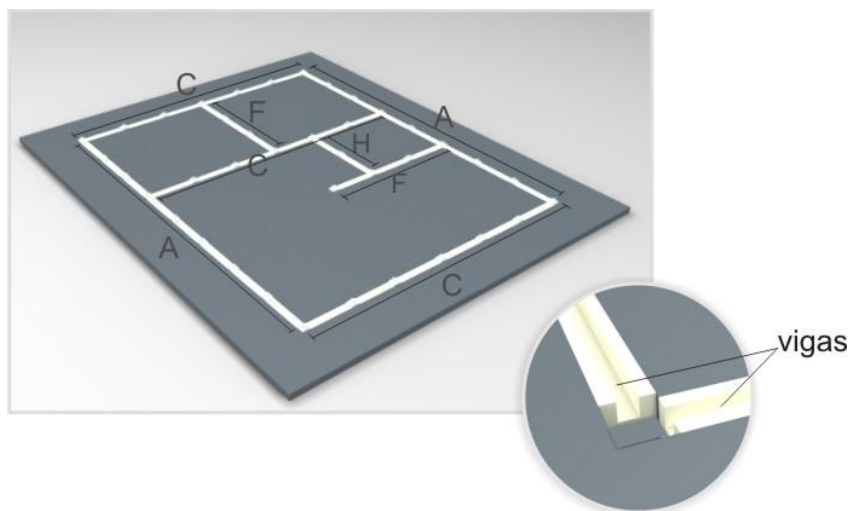
Tabla 50. Caballete alternativa 3

NOMBRE	LARGO	ANCHO	MATERIAL	CANTIDAD
TIPO A	90 cm	50 cm	Zinc	7
TOTAL				7
Fuente: Autor				

INSTALACIÓN

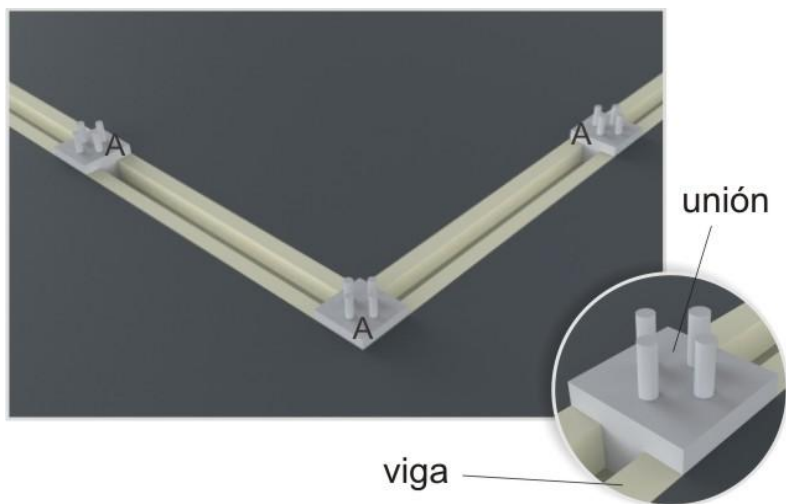
La instalación inicia con la fundición de la placa de cemento de 14 cm de alto, en la cual se anclarán las vigas que se ajustarán al suelo por medio de tornillería (Figura 84).

Figura 84. Instalación de vigas bases



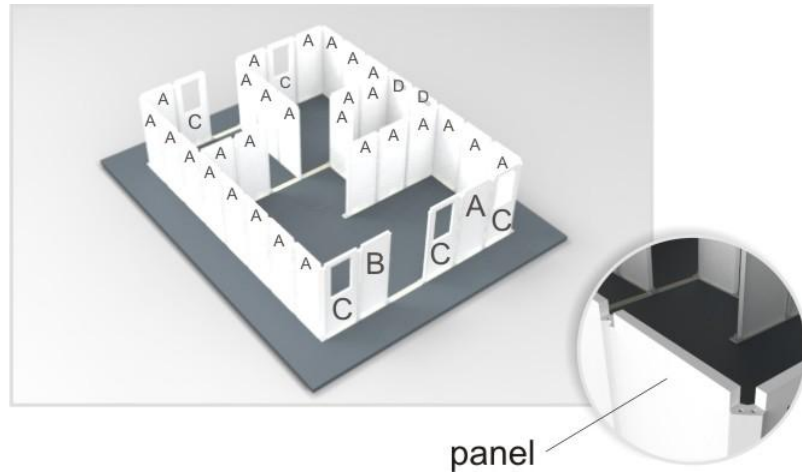
Posteriormente se introducen las uniones Tipo A dentro de los canales de las vigas mencionadas anteriormente (Figura 85).

Figura 85. Instalación uniones tipo A



Estas uniones irán ubicadas en esquinas y dejando entre ellas 90 cm de distancia.

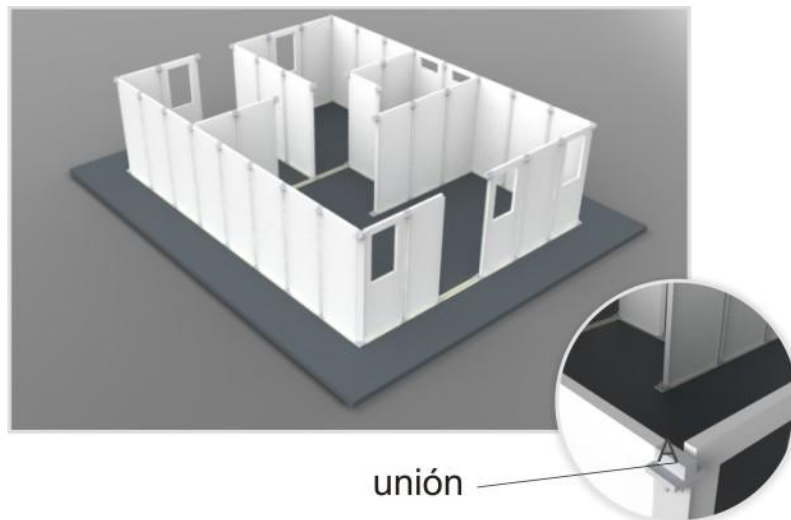
Figura 86. Instalación paneles



Una vez se han instalado las uniones se montarán los paneles, los cuales encajarán en las canales vigas y en las uniones instaladas anteriormente (Figura 86).

Las uniones Tipo A se ubicarán sobre la parte superior de los paneles con el propósito de ajustar y crear que permite el ensamblaje adecuado para la pared de la vivienda (Figura 87).

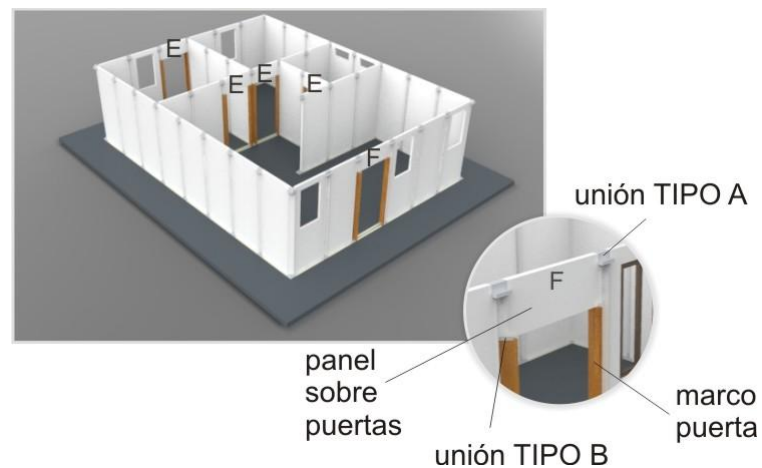
Figura 87. Instalación de uniones tipo A sobre paneles



Los siguientes pasos de la instalación serán (Figura 88):

1. La fijación de los marcos en los espacios establecidos para las puertas
2. Sobre cada uno de los marcos de madera se situarán las uniones tipo B, con el fin de dar agarre al panel que se ubicará consecutivamente sobre estos.
3. Montaje de los paneles sobre las puertas
4. Arriba de los paneles se sitúan las uniones tipo A.

Figura 88. Instalación marcos, uniones tipo B, paneles sobre puertas

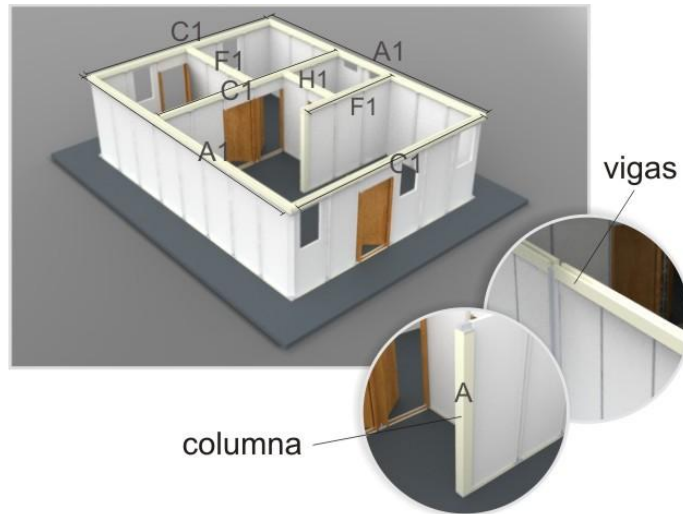


Para dar una mayor estabilidad a la estructura creada hasta el momento de se ubicarán sobre las paredes vigas, las cuales encajarán en los paneles y en las uniones Tipo A.

Para dar terminaciones a las columnas se ubicaran las columnas mencionadas anteriormente en el listado de piezas.

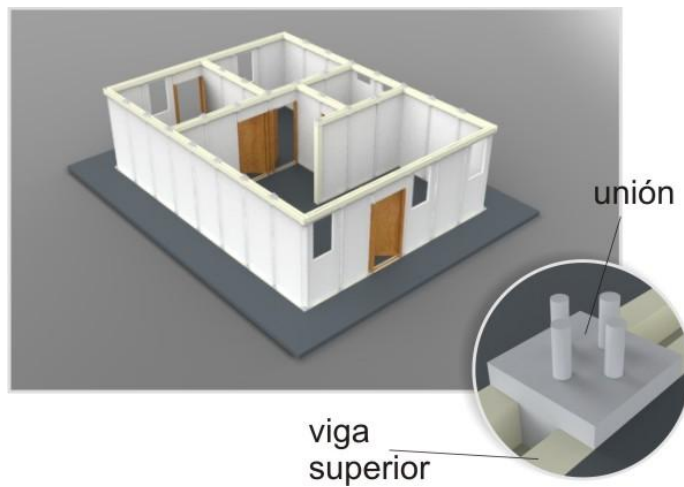
Conjuntamente se instalan las puertas y ventanas en los espacios dispuestos (Figura 89).

Figura 89. Instalación columnas, vigas superiores, puertas y ventanas



Nuevamente se requiere de las uniones tipo A para ser introducidas dentro de los canales de las vigas (Figura 90).

Figura 90. Instalación uniones tipo A sobre vigas



Listo las bases para iniciar a armar el techo se insertan los paneles sobre vigas y uniones, en el orden respectivo de la figura (Figura 91).

Figura 91. Instalación paneles techo



Luego se casan sobre los paneles las vigas finales, las cuales requerirán tornillería en las superficies donde se apoyen con el fin de dar mejor sujeción y firmeza a la vivienda (Figura 92).

Cada una de estas vigas finales presenta unos canales los cuales estan destinados para la ubicación de las viguetas que soportarán las tejas (Figura 93).

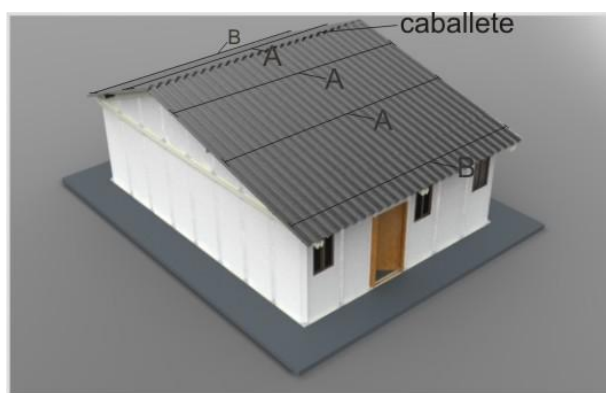
Figura 93. Instalación viguetas



Por último se instalan las tejas sobre las viguetas ajustándolas a ellas por medio de tornillería ya existente en el mercado especializada para estos tipos de instalación.

Sobre el ángulo que se forma entre las tejas se ubican los caballetes para dar cierre completo al techo (Figura 94).

Figura 94. Instalación cubierta



Cumplidos todas estas fases se consigue como resultado final este tipo de vivienda (Figura 95).

Figura 95. Vivienda final

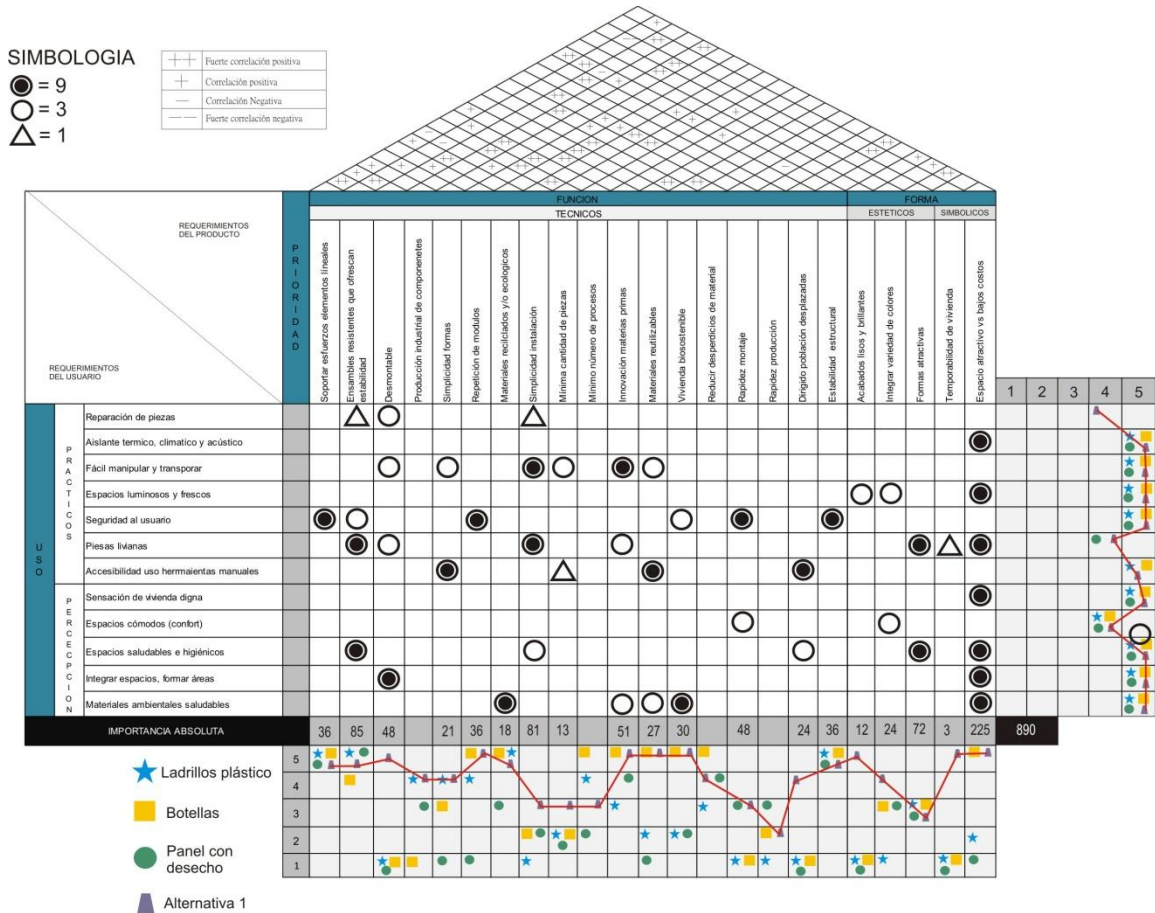


12. QFD ALTERNATIVAS (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)

Para la elección de la alternativa más apropiada según los requerimientos establecidos se realizarán el método cualitativo de calidad QFD. Estas serán planteadas y analizadas en las siguientes figuras:

ALTERNATIVA 1

Figura 96. QFD alternativa 1



Fuente: Autor

ubicación de los paneles dentro de las columnas se requeriría de otros tipos de maquinaria de elevación que facilite su montaje debido a su tamaño y tipo de ensamble.

Alternativa 2.

Esta alternativa presenta debilidades al momento de transporte y manipulación de piezas por sus tamaños, a su vez cuenta con una considerable cantidad de piezas los cuales aumenta sus procesos de producción, costos, instalación y mano de obra.

De igual manera requiere de mucho trabajo la instalación por la forma de anclaje de los mismos ya que estos deberían ser deslizados a través de las columnas.

Alternativa 3.

Para esta alternativa el proceso de instalación es más cómodo para las personas que lo deben realizar debido al tipo de elementos que este maneja. Además de proporcionar variedad de formas en las superficies de las paredes, generando un valor agregado estéticamente. Al ser propuesto un panel más ancho gracias al tipo de maquinaria que se propone, proporciona más resistencia y protección, además de no requerir ningún tipo de relleno. Una ventaja adicional es la maquinaria que permite adicionar otros tipos de materiales de desechos a las mezclas.

De acuerdo a los puntos estudiados anteriormente y tomando los valores obtenidos en el QFD (Tabla 51) se puede concluir y sustentar que la alternativa 3 es aquella la cual cumple más fuertemente, satisfaciendo así las necesidades de una vivienda digna, resistente y agradable para el usuario.

Tabla 51. Resultados QFD

Alternativa 1	890
Alternativa 2	796
Alternativa 3	941
Fuente: Autor	

13. DISEÑO FINAL

Ya selecciona la propuesta que más se adapta a los requerimientos establecidos se realizará una descripción más profunda y detallada de la elaboración de piezas y construcción (Ver anexo 5), los cuales fueron referenciados brevemente en la alternativa número 3 (Nº 14.3).

Este sistema de construcción el cual se nombrará “ecoDomus”, cuenta con elementos livianos por lo que no requiere de mano de obra especializada para su construcción, gracias a su diseño que opera por encaje y ensamble, logrando así que todas sus piezas se acoplan con facilidad.

Una ventaja para este tipo de sistema es que no se requiere de adherentes, lo cual genera otro valor agregado al producto comparados con los otros que se ofrecen en el sector de la construcción.

Sus piezas son livianas permitiendo su transporte a cualquier distancia sin dificultad, facilitando ubicarlas en lugares apartados.

Otro punto a favor es que al almacenarse no existe el temor de que estos se deterioren.

La instalación de los componentes no genera contaminación, ni impacto ambiental negativo siendo esta una alternativa de protección medioambiental, dado a que la materia prima para su fabricación se obtiene de residuos industriales, comerciales, agrícolas.

Las piezas son completamente reutilizables y la casa puede armarse y desarmarse sin pérdida alguna.

Este tipo de vivienda no es solo resistente sino también de alta durabilidad ya que soporta corrosión de factores climáticos como viento, sol y agua.

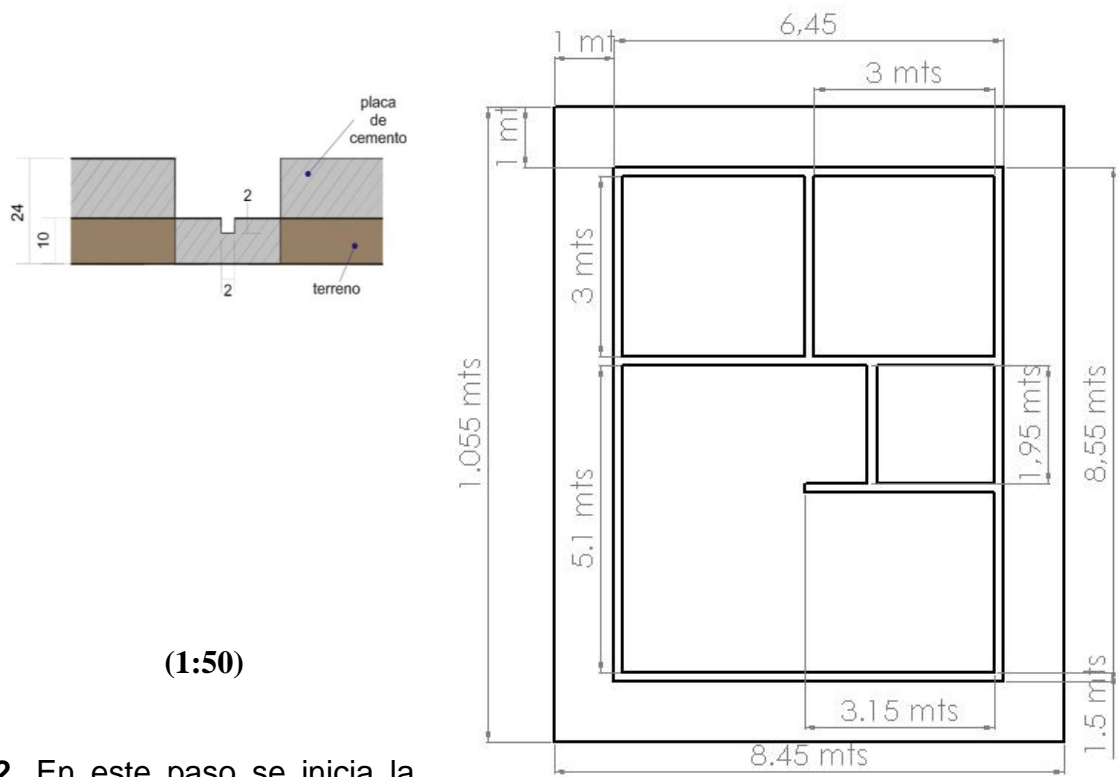
Gracias a la composición química del Pet la casa ofrece un aislante del frío o del calor, manteniendo temperaturas internas agradables para los habitantes.

13.1 CONSTRUCCION VIVIENDA PASO A PASO

1. Como primer paso, se procede a limpiar el terreno y aplanarlo, para así comenzar a crear unas zanjas de 10 cm x 15 cm en la tierra para aplicar dentro de estas la primera capa de cemento. Esta porción de la placa contiene una moldura a través de ella, la cual se encargará de dar el agarre entre la viga y suelo por medio de la tornillería a utilizar (Anexo 3).

Al terminar este paso se aplica una nueva capa de cemento de 14 cm sobre el terreno, cuyas medidas están especificadas. Se debe tener en cuenta al aplicar esta segunda superficie de no cubrir los canales elaborados anteriormente ya que este espacio es destinado para la ubicación de las vigas base de la casa, las cuales crean un sistema reticular de vigas cerradas y continuas.

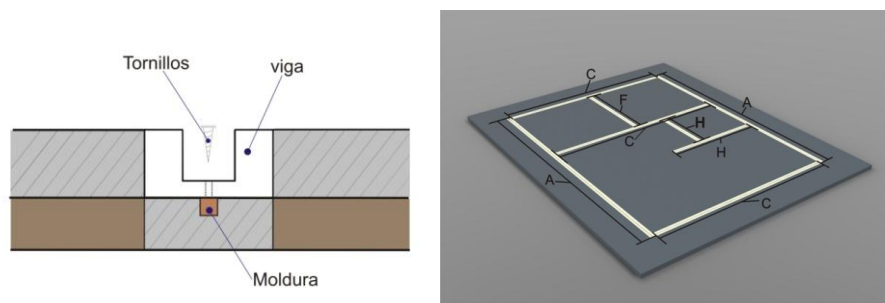
Figura 99. Dimensiones - placas y canales.



(1:50)

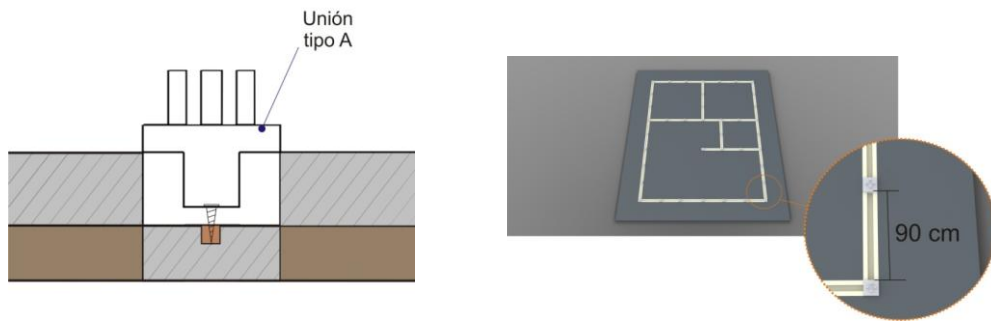
2. En este paso se inicia la instalación de las vigas sobre los canales elaborados en el paso anterior, tales vigas tienen una respectiva ubicación dependiendo de sus características y son especificadas. Para dar un mejor ajuste y resistencia a la vivienda, las vigas están unidas a la placa de concreto por medio de tornillos drywall (Anexo 3).

Figura 100. Instalación de vigas base diseño final



3. Posteriormente se montan las piezas de unión tipo A, estas piezas son ubicadas primeramente en esquinas para luego ubicar las siguientes uniones cada 90 cm entre sí.

Figura 101. Instalación uniones tipo A diseño final



4. Ya armada las bases de la vivienda se prosigue con la instalación de los paneles. El ensamble de estos consiste en encajar el panel por medio de sus agujeros en sus extremos laterales dentro de los cilindros de la pieza “unión tipo A”. Los paneles tienen una ubicación dependiendo de las ubicaciones de puertas y ventanas, las cuales están especificadas.

Figura 102. Instalación de paneles diseño final

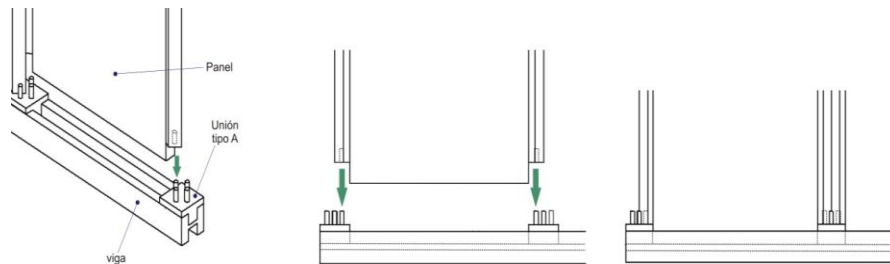
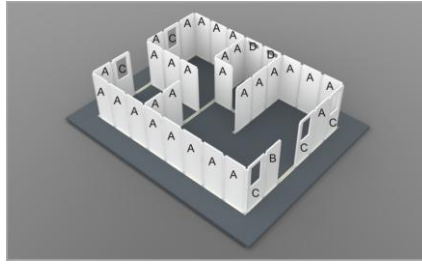


Figura 103. Ubicación paneles diseño final



5. Finalizada la instalación de los paneles es necesario nuevamente utilizar la unión tipo A para unir los paneles entre ellos su extremo superior.

Figura104. Instalación tipo A sobre paneles diseño final



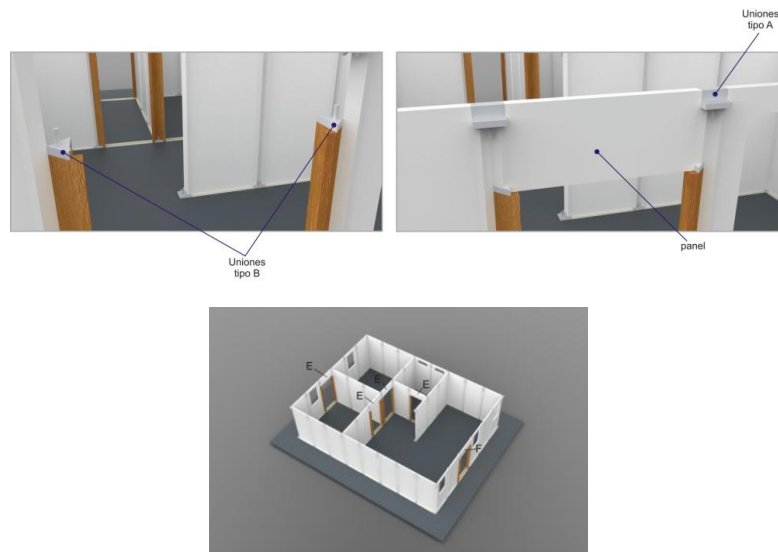
6. Seguidamente se ubican los marcos encajándolos dentro de las uniones tipo A. Cada uno de estos marcos son ubicados en los espacios establecidos para los lugares de las puertas.

Figura 105. Instalación marcos puertas diseño final



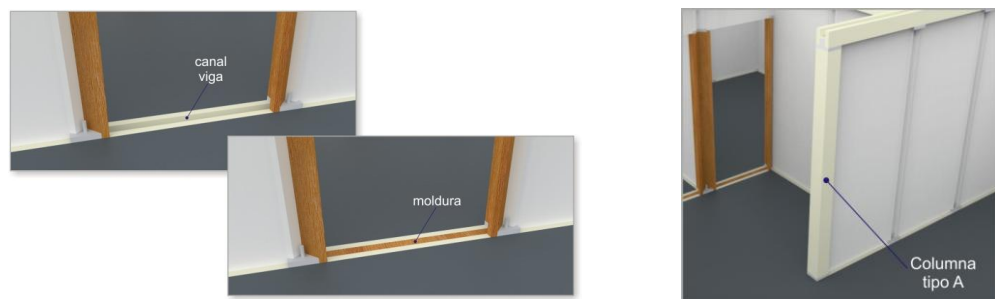
7. Continuando sobre estos marcos se encaja la union tipo B, la cual es la encargada de ensamblar el panel sobre puertas que va sobre estos con el fin de unirlo al resto de la estructura armada anteriormente.

Figura 106. Instalación uniones tipo B y paneles sobre puertas diseño final



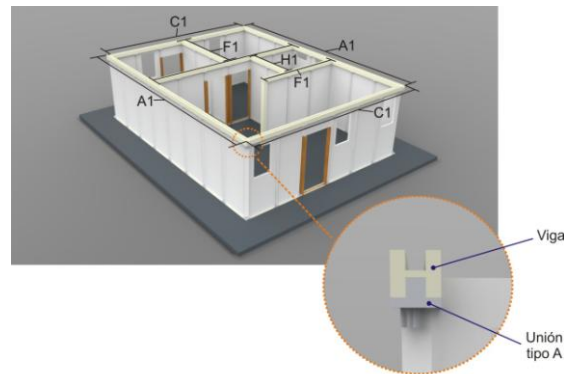
8. Dentro del canal que queda expuesto en el arco de las puertas y poder permitir un paso sin tropiezos se ubican unas molduras en madera de chingalé. También se adecua la columna tipo A para cerrar la pared divisoria de la cocina.

Figura 107. Instalación molduras y columna tipo A diseño final.



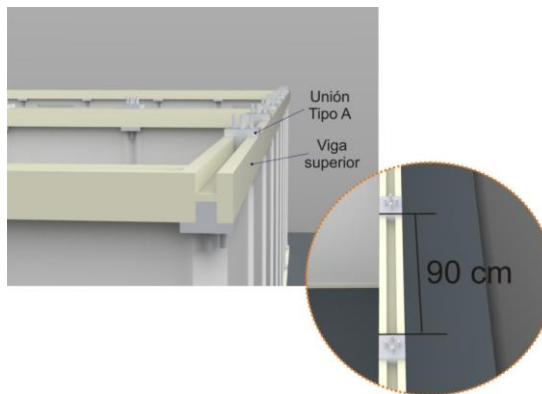
9. Sobre la estructura de los paneles se ubican vigas las cuales hacen más compactos los muros y permitirán el amarre a nivel del enrrese de cubierta, las cuales serán ubicadas según su tipología de la forma como lo muestra en la figura.

Figura 108. Instalación vigas superiores diseño final



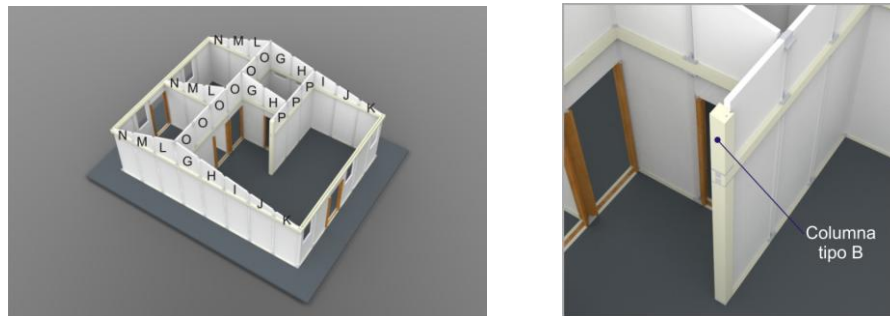
10. Para encajar adecuadamente los paneles sobre las vigas superiores es necesario el uso de uniones tipo A, las que están ubicadas cada 90 cm entre ellas. Esta vez no es necesario ubicar estas uniones en las vigas frontal y posterior.

Figura 109. Instalación uniones tipo A sobre vigas superiores diseño final



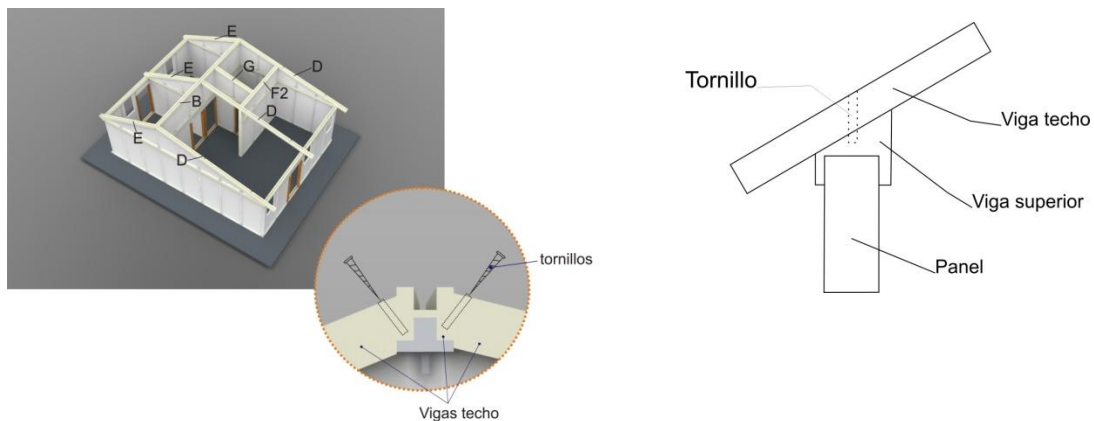
11. Se continúa con el montaje de los paneles del techo, estos están dispuestos según la ubicación que se muestra, a su vez se instala la columna tipo B sobre la columna tipo B ubicada en pasos anteriores

Figura 110. Instalación paneles techo diseño final.



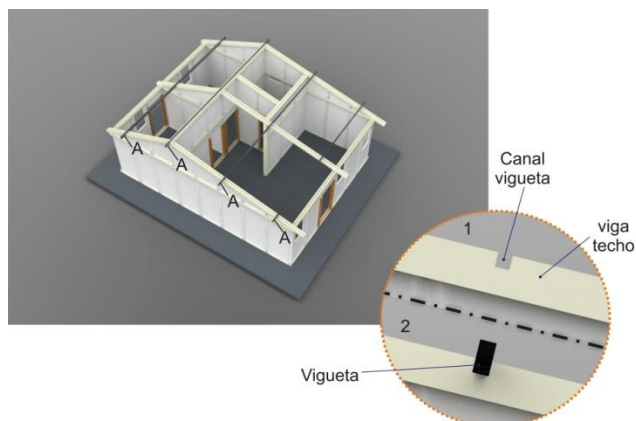
12. Con los paneles del techo en su lugar se procede a la instalación de las últimas vigas las cuales se encargan de soportar la cubierta, estas se ubican según sus características como lo muestra. Para evitar el deslizamiento de estas es necesario ajustar con tornillería (Anexo 3) las vigas inclinadas con la viga central del techo y junto con sus apoyos con la columna B, y las vigas C1 frontal y posterior.

Figura 111. Instalación vigas del techo diseño final.



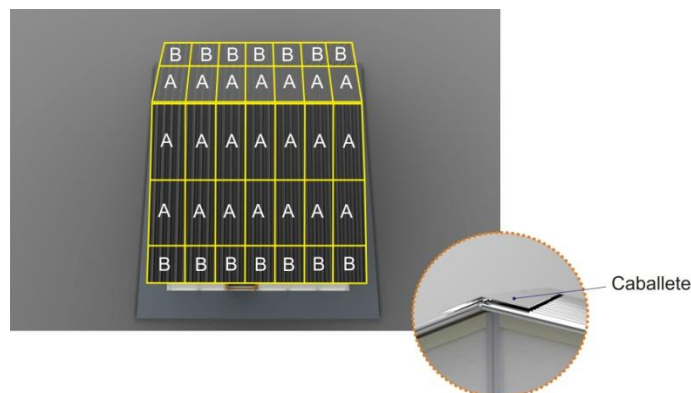
13. Otras piezas importantes para soportar la cubierta son las viguetas las cuales se ubican en los canales que se encuentran en las vigas del techo, estas viguetas van ajustadas a su vez por medio de tornillería (Anexo 3).

Figura 112. Instalación de viguetas diseño final.



14. Finalizando se comienza la ubicación de tejas sobre la estructura ya armada, adecuándose las tejas de la manera como se indica. Ya en su sitio se instala en ángulo generado por la casa, los caballetes para así cerrar la cubierta completamente.

Figura 113. Instalación cubierta diseño final.



15. Como ultimos detalles se instalan

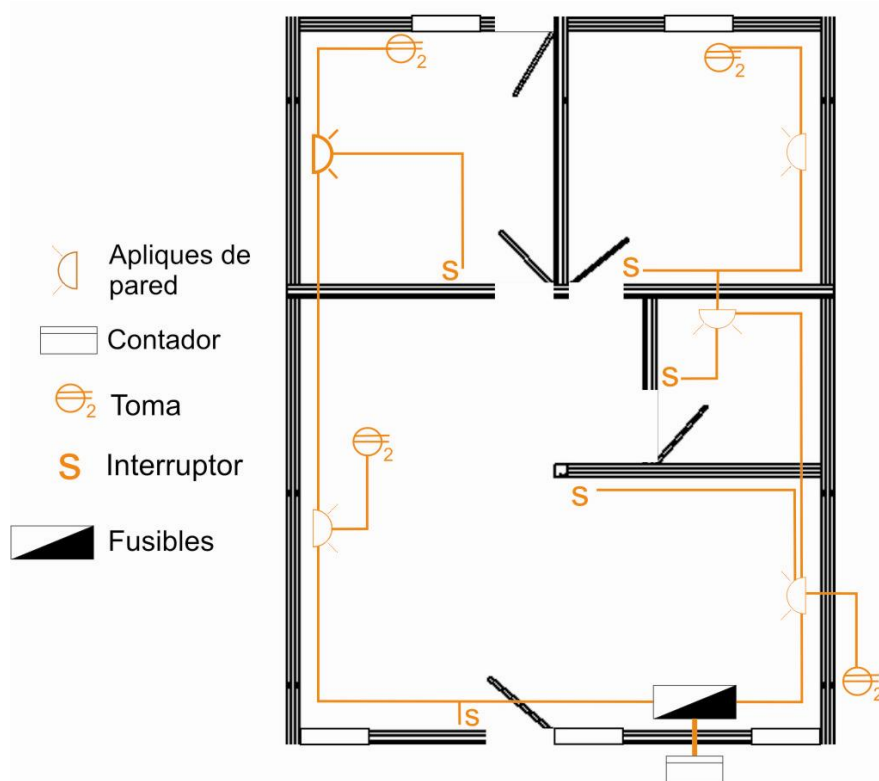
- Puertas entamboradas con medidas las cuales ya se citaron anteriormente.
- Ventanas corredizas Ref. 5020, con medidas ya establecidas
- Lámina metálica detrás de la estufa para proteger el panel del calor.

Figura 114. Instalación detalles finales



16. Para ofrecer mejores condiciones en la vivienda, en esta se instalará un sistema eléctrico básico, el cual estará distribuido en las vigas superiores de los costados y la viga superior central. Para proporcionar estética y protección los cables estarán revestidos con canaletas plásticas. Su instalación será realizada por personal especializado.

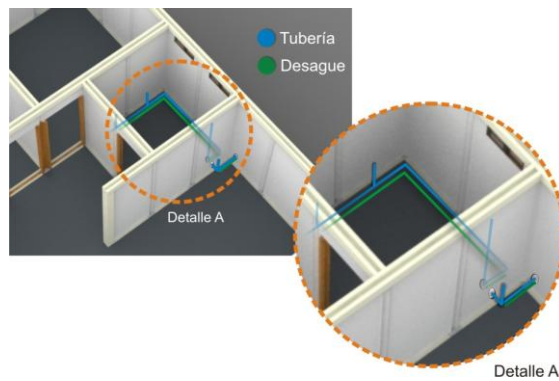
Figura 115. Instalación eléctrica (1:50)



A sí mismo la red de distribución para el agua ingresará por el costado de la casa, el comunica con la cocina y conecta directamente con el lavaplatos pasando de ahí a la ducha y los demás servicios del baño.

La instalación de estos dos servicios será realizada por personal especializado.

Figura 116. Instalación tubería



Concluidos cada uno de los pasos anteriores se obtiene una vivienda digna para los usuarios y lista para habitar (Figura 117)

Figura 117. Casa Final



13.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

13.2.1 Maquinaria

1. HEATmx4.8/1C

Para la elaboración de los paneles se requerirá un tipo de maquinaria especial llamada **HEATmx**, la cual permite un proceso plástico sencillo y versátil que permite usar termoplásticos para convertirlos en placas o tableros. La máquina cuenta con un proceso estático, es decir, no existe una mezcla homogénea del plástico; este se funde tal como se coloca en el molde. Dicha cualidad permite usar materias primas post consumo (basura plástica) aún con residuos, tierra, etiquetas de papel, grapas metálicas, astillas de madera etc. También es factible procesar los desechos plásticos sin necesidad de separar por tipos, ni de lavarse. Esta última característica hace al proceso HEATmx altamente ecológico.

Figura 118. Máquina para fabricar madera plástica



Fuente: <http://www.maderaplasicamx.com>

FICHA TECNICA HEATmx4.8/1C

Máquina para elaborar madera plástica con un horno para producir tableros plásticos con dimensiones de 1,250 mm x 2,500 mm (4' x 8'), gruesos de 15 mm hasta 90 mm.

Producción de madera plástica

60/70 kg/hr según dureza. En 8 horas se obtienen 560 kg ó nueve tableros de 20 mm de grueso. Con grueso menor a 15 mm, produce 46 kg/hr.

Calefacción

Por medio eléctrico, dos zonas con control de temperatura electrónico de hasta 300 ° Celsius.

Prensa

Una estación de prensa con sistema hidráulico de 70 toneladas con fuente de poder de 3 hp.

Enfriamiento

Enfriamiento incorporado a prensa, mediante un enfriador industrial de agua de 5 toneladas.

Moldes

Se incluyen 4 moldes de acero, cada uno con 16 ruedas a 45° y suspensión de resorte. Los moldes corren sobre rieles a través del sistema; dentro del horno el movimiento es motorizado. Para el desarrollo del panel propuesto es necesario el uso de moldes especiales los cuales proporcionen la forma planteada.

Consumo eléctrico

Consume 45 kwh. Se requiere corriente eléctrica trifásica de 220 v ó 440 v a 60 hz; transformador de 112 kva (soporta periféricos como molino, sierra y herramientas diversas).

Peso

Peso aproximado de 6,000 kg

Precio

229'320.000 pesos colombianos

Proveedor

HEATmx

2. Máquina extrusora para perfiles de madera plásticas en PVC/PE/PP

Para la elaboración de las piezas tales como las vigas y columnas se manejará una máquina extrusora para perfiles de madera plásticas en PVC/PE/PP.

Figura 119. Máquina extrusora para perfiles de madera plásticas en PVC/PE/PP



Fuente: <http://www.directindustry.es>

Este tipo de maquinaria cuenta con las siguientes características:

Especificaciones técnicas

Modelo		JG-MSX51/195	JG.MSX65/132
Diámetro de Tornillo	mm	Ø51/Ø105	Ø65/Ø132
Numero de tornillos	Pieza	2	2
Velocidad del tornillo	r/min	1-40	1-38
Potencia de extrusión	KW	15	37
Calefacción(Aproximada)	KW	8	34
Peso de extrusiones	Kg/h	50-150	80-200

Precio

93'600.000 pesos colombianos

Proveedor

Qingdao shunde plastic machine Co. Ltda, Shandang, China

3. Máquina de moldeo por inyección de plástico B.ZT-II

Otra máquina indispensable para la elaboración de las piezas es la Máquina de moldeo por inyección de plástico, la cual producirá las piezas de unión tipo A y tipo B.

Figura 120. Máquina de moldeo por inyección de plástico B.ZT-II



Fuente: <http://www.packagingmachine.es>

Parámetros técnicos de la máquina de moldeo por inyección de plástico

Potencia de la máquina principal	5.5KW
Potencia de calefacción	3.5KW
Cantidad de fundición	63cm ³
Presión de fundición	136MPa
Potencia de cierre del molde	400KN
Potencia de apertura del molde	100KN
Capacidad de producción	22-24pcs/min
Dimensiones	2300×1700×2800mm
Peso	1300kg

Precio

46'800.000 pesos colombianos

Proveedor

Senzhen plastics machinery industrial Co. Ltda, Guangdong, china

13.2.2 Costos de producción

Tabla 52. Costos producción

PIEZAS	LARGO cmS	PESO (Kg)	PRECIO (Pesos)	CANTIDAD	TOTAL
Columna	305	71.5	144,000	1	144,001
Base	855	164	330,000	8	2,640,000
Unión tipo A	-	1.9	30,000	111	3,330,000
Unión tipo B	-	0.33	15,000	10	150,000
Panel	250	217	422,200	40	16,888,000
Marcos	200	-	32,400	10	324000
Puerta interiores	200	-	60,000	4	240000
Puerta principal	200	-	65,000	1	65000
Ventanas Grandes	-	-	100,000	5	500,000
Ventanas	-	-	60,000	2	120000

Baños					
Molduras	300	-	6,000	2	12000
Viguetas	620	-	37,000	5	185000
Tejas	244	-	12,000	30	360000
Caballetes	90	-	20,600	7	144200
Costos variables	-	-	1,000,000	-	2,000,000
TOTAL FINAL					27,102,201
Fuente: Autor					

Se debe tener en cuenta que estos costos son por valor unitario, y en cuanto sea mayor la cantidad producidas sus costos se reducirán notablemente.

13.2.3 Acabados. Las capas exteriores del panel mantendrán texturas lisas y blancas para permitir la limpieza e higiene del lugar.

Si se desea implementar otro tipos de colores es recomendable el uso colores según la sicología del color para poder crear sensaciones de tranquilidad y de confort en el ambiente. Principalmente colores cálidos los cuales generan sensación de actividad, alegría, dinamismo, confianza y amistad. Estos colores son el amarillo, el rojo, el naranja y el púrpura en menor medida.

CONCLUSIONES

- Ya que para la construcción del tipo de vivienda que se piensa proponer solo será sometida a esfuerzos de compresión se escogerá como mejor material a proponer el MUSAPPR con un porcentaje de 80%-20%.
- Durante la preparación de las probetas de compresión se presentaron varias porosidades y vacíos generados por fallas en el proceso de inyección, lo cual no garantizo homogeneidad en el material, razón por la cual muchas de estas probetas representaron unos comportamientos irregulares, pero a pesar de esto las probetas soportaron favorablemente ante las elevadas (desde 818.55178 N hasta 6719.46.62 N).
- De acuerdo a los gráficos correspondientes a la tracción los materiales no presentan interface elástica-plástica, lo cual se concluye que el límite elástico coincide con el punto de rotura manifestando un comportamiento lineal propio de materiales frágiles.
- Es de esperarse que en el proceso de transformación térmica el PET sufra una disminución es su resistencia, manifestada en la fragilidad pero se refuerza con la fibra obtenida de la calceta de plátano para darle aproximarlos a las propiedades originales.
- Los refuerzos con los que se reforzó el PET no proporciono aumento en sus propiedades en cuanto a las probetas de flexión, ya que en el desarrollo de los respectivos ensayos se registraron valores muy bajos y oscilantes en la fuerza ejercida y a su vez presento una pequeña deformación. Con este tipo de comportamiento se puede concluir que es un material frágil y no apto para aplicaciones sometidas a este tipo de esfuerzo.

- Para efectos de tracción el material idóneo dentro del diseño estructural corresponde al material MusaPPR 90%-10%. Este mismo refleja los mejores resultados en la compresión para una composición de 80%-20%, por esta razón dicho material compuesto es acertado para la construcción y ensayos de prototipos estructurales, donde el efecto de compresión prevalece sobre la tracción, la flexión y la torsión.
- El diseño de vivienda ofrece las ventajas de facilidad y eficiencia a la hora de gestionar la puesta en obra, economizando recursos para la producción y humanos. Además de considerar que este tipo de construcción ofrece un menor impacto ambiental con la utilización de materiales reutilizables disminuyendo así la huella ecológica
- Este tipo de vivienda cumple las expectativas del fácil acceso de vivienda a través de la reducción de costos, a diferencia de las casas tradicionales, debido a los beneficios con respecto a la construcción, diseño y materiales de la misma.

RECOMENDACIONES

- Para que el material tenga mejor aceptación y no sea vetada es indispensable el uso de cargas ignífugas con el fin de reducir el riesgo de incendios y aminorar la velocidad de propagación del fuego. Existen numerosos compuestos químicos que cumplen con disminuir la inflamabilidad, entre los que encontramos diferentes elementos como: fósforo, bromo, cloro, nitrógeno o boro, también el hidróxido de aluminio o magnesio. Por lo cual se recomienda añadir a la mezcla el Fosfinato metálico como excelente alternativa para disminuir este posible peligro.

Actualmente la empresa Clariant ofrece esta excelente alternativa de ignífugos basada en fosfinato metálico el cual se llama Exolit OP.

Las sustancias ignífugas basadas en fosfinatos representan una alternativa sobresaliente frente a las variantes convencionales, no sólo en el marco de un desarrollo sostenible. Entre otras ventajas importantes:

- Buenas propiedades físicas incluso con piezas de bajos espesores, además de su buena procesabilidad.
- Buenos parámetros eléctricos.
- Facilidad de coloración del compuesto, inclusive en tonalidades claras.
- Buena valoración ecológica y toxicológica.

Además, estas sustancias ignífugas cumplen con las regulaciones legales correspondientes. Como consecuencia de este perfil de propiedades tan positivo y de la amplia gama de posibilidades que brinda, los productos de la gama Exolit OP tienen un futuro prometedor en este tipo de aplicaciones.

- Se recomienda estudios posteriores con de las mezclas con refuerzos de otros materiales de desecho como el polietileno, empleado para la elaboración de tubería de alto impacto, con el fin de crear un material con mejores propiedades mecánicas.
- La fragilidad conseguida durante la formación de este nuevo material descarta la posibilidad de obtener resultados obtenidos en la prueba de flexión, por lo cual se es indispensable distribuir una buena cantidad de apoyos cuando se emplee el PET en configuración horizontal.

BIBLIOGRAFIA

ABRAHAM, E.; DEEPA, B., POTHAN, L.A.; Jacob, M.; Thomas; S.; Cvelbar, U.; Anandjiwala, R. Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulosic fibres: A novel approach. Carbohydrate Polymers (2011).

CHERIAN, Bibin Mathew; LOPES LEÃO, Alcides; FERREIRA DE SOUZA, Sivoney; THOMAS, Sabu; POTHAN,Laly A.; KOTTAISAMY,M. Isolation of nanocellulose from pineapple leaf fibres by steam explosi3n. Carbohydrate Polymers 81 (2010). P3ginas 720–725

BUENO, Juan Jos3. Proyecto de grado. Reciclaje del PET. Universidad Mayor de San Andr3s. La Paz Bolivia. 2009

BÜRDEK, Bernhard; Diseño: historia, teor3a y pr3ctica del diseño industrial, Editorial Gustavo Gili, 1994.

CHIAPPE DE VILLA, Mar3a Luisa. La pol3tica de vivienda de inter3s social en Colombia en los noventa, 1999. P3gina 41

CHERIAN, Bibin Mathew; LOPES LEÃO, Alcides; FERREIRA DE SOUZA, Sivoney; THOMAS, Sabu; POTHAN,Laly A.; KOTTAISAMY,M. Isolation of nanocellulose from pineapple leaf fibres by steam explosi3n. Carbohydrate Polymers 81 (2010). P3ginas 720–725

CHONGWEN Y. Proprieties and Processing of Plant Fiber. New Frontiers in Fiber Science. The Fiber Society. 2001.

Decreto 1789 de 2004, Artículo 1; Decreto 4466 de 2007, Artículo 1; Decreto 2060 y 20 83 del 24 de Junio de 2004, Decreto 926 Marzo de 2010

DEEPA B.; ABRAHAM, Eldho; CHERIAN, Bibin Mathew; BISMARCK, Alexander; BLAKER, Jonny J.; POTHAN, Laly A.; LOPES LEAO, Alcides, FERREIRA DE SOUZA, Sivoney; KOTTAISAMY M. Structure, morphology and thermal characteristics of banana nano fibers obtained by steam explosion. *Bioresource Technology* 102 (2011). Páginas 1988–1997

TEIXEIRA, Eliangela de M.; PASQUINI, Daniel; Curvelo, Antônio A.S.; CORRADINI Elisângela; BELGACEM, Mohamed N.; DUFRESNE, Alain. Cassava bagasse cellulose nanofibrils reinforced thermoplastic cassava starch. *Carbohydrate Polymers* 78 (2009). Páginas 422–431

FENGEL; WEGENER. *Wood: Chemistry, ultrastructure and reactions*". Berlin/New York. Walter de Gruyter, 1984. Páginas 268-278.

GOMEZ CABALLERO, Rosa Milena; GUEVARA MELO, EDUARDO SERAFIN, DIR.; UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL; TESIS (PREGRADO); Diseño y fabricación de un sistema de empaque para café tostado y molido a partir de resultados obtenidos del análisis de características físicas y organolépticas de materiales de origen natural de las veredas: helechales, la judía, casino; Bucaramanga; UIS; 2005. Página 16-74.

GOTTRET, María Verónica; ESCOBAR, Zully y PÉREZ, Salomón. El sector yuquero en Colombia: desarrollo y competitividad. En: OSPINA, Bernardo y CEBALLOS, Hernán. *La yuca en el tercer milenio*, 2002. Páginas 340-377.

HALLIDAY, Sandy. *Sustainable Construction (Construcción Sostenible)*. Editorial ELSERVIER. 2008. Páginas 113-139.

IBAÑEZ, Ana María; MOYA, Andrés. La población desplazada en Colombia: Examen de sus condiciones socio económicas y análisis de sus políticas actuales. Departamento Nacional de Planeación. Editorial xpress estudio gráfico y digital Ltda. 2007. Capítulo 1, Página 27

IBRAHIM, Maha M.; DUFRESNE, Alain; EL-ZAWAWY, Waleed K.; AGBLEVOR, Foster A. Banana fibers and microfibrils as lignocellulosic reinforcements in polymer Composites. Carbohydrate Polymers 81 (2010). Páginas 811–819

JOSEPH, Seena; SREEKALA, M.S.; OOMMEN, Z.; Koshy, P.; THOMAS, Sabu. A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibres and glass fibres. Composites Science and Technology 62 (2002). Páginas 1857–1868

MAITI MAITI, Ratikanta; Fibras vegetales del mundo aspecto botánicos, calidad y utilidad; Editorial Trillas, 1995. Páginas 13-105-188-210.

NSR-10. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Requisitos generales y construcción sismo resistente. Título A – Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Ministerio de Medio Ambiente y de Desarrollo Territorial. Enero 2010.

OSPINA, Bernardo, I.A, M.Sc; CEBALLOS, Hernan, Ph.D; La yuca en el tercer milenio, Sistemas modernos de producción y procesamiento, utilización y comercialización, Capítulo 2, Taxonomía y Morfología de la yuca, Mayo 2002. Página 27.

PASQUINI, Daniel; MORAIS TEIXEIRA, Eliângela de; DA SILVA CURVELO, Antônio Aprígio Mohamed Naceur Belgacem, DUFRESNE, Alain. Extraction of cellulose whiskers from cassava bagasse and their applications as reinforcing

agent in natural rubber. *Industrial Crops and Products* 32 (2010). Páginas 486–490

REIS, J.M.L. Fracture and flexural characterization of natural fiber-reinforced polymer concrete. *Construction and Building Materials* 20 (2006). Páginas 673–678.

R.M.N. Arib, S.M. Sapuan, M.M.H.M. Ahmad, M.T. Paridah, H.M.D. Khairul Zaman. Mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced polypropylene composites. *Materials and Design* 27 (2006). Páginas 391–396

POTHAN, Laly A.; OOMMEN, Zachariah; THOMAS, Sabu. Dynamic mechanical analysis of banana fiber reinforced polyester composites. *Composites Science and Technology* 63 (2003). Páginas 283–293

SALGADO, Pablo R.; SCHMIDT, Vivian C.; MOLINA ORTIZ, Sara E., MAURI, Adriana N.; LAURINDO, João B. Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. *Journal of Food Engineering* 85 (2008). Páginas 435–443

SALVADOR, M.D.; NUEZ, V. Amigó, A.; SAHUQUILLO, O.; LLORENS, R.; MARTÍ, F. Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticas. Instituto de Tecnología de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia, España; Instituto Tecnológico del Plástico - AIMPLAS, Valencia, España.

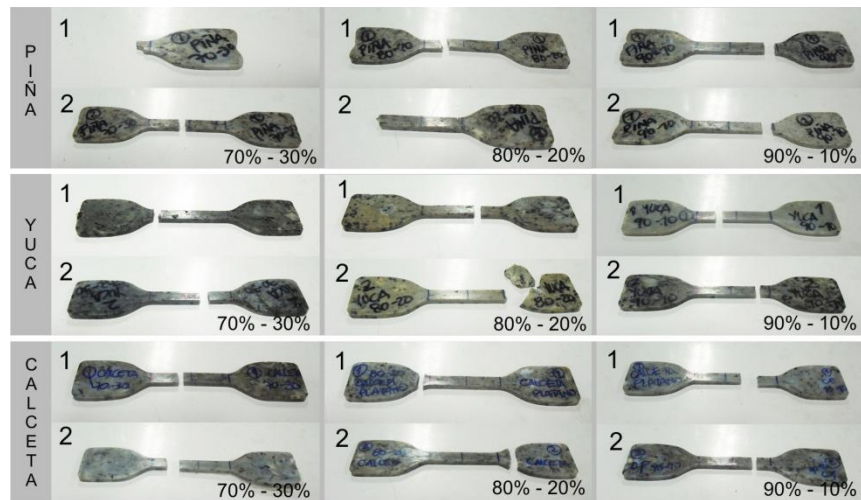
SEGRE, Roberto. *Historia de la Arquitectura y el Urbanismo moderno*. 1988. Páginas 113- 150

SOTO SANCHEZ, Miguel; Tesis Doctoral, Comportamiento mecánico y fractura de mezclas de poliestireno y microesferas de vidrio; Departamento de ciencias de los materiales, ingeniería Metalúrgica, Universidad Politécnica de Cataluña. 2000. Páginas 115-118.

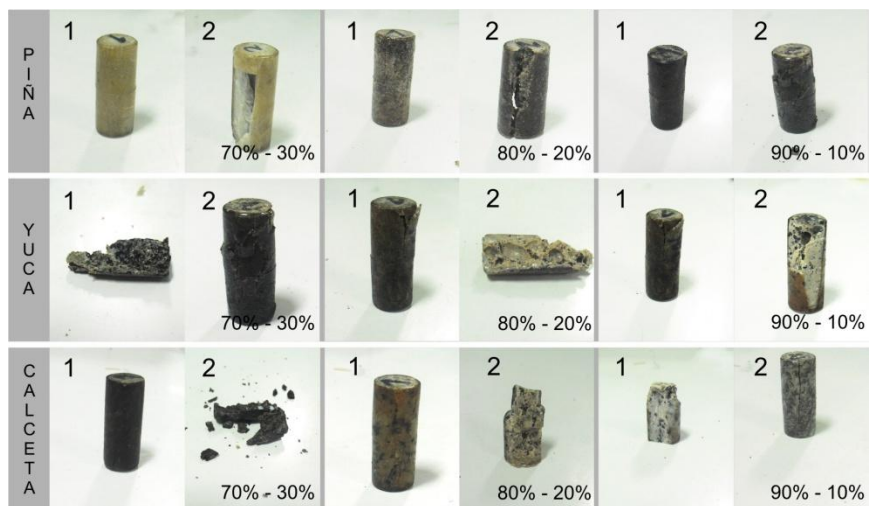
ANEXOS

ANEXO 1. Probetas dañadas en ensayos.

Probetas después de ensayo de tracción



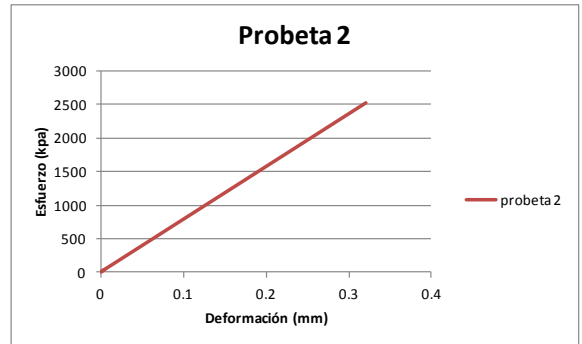
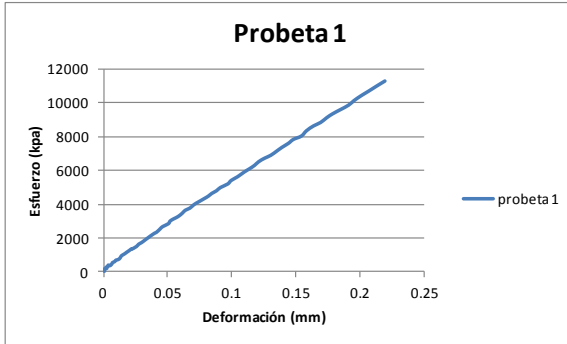
Probetas después de ensayo de compresión



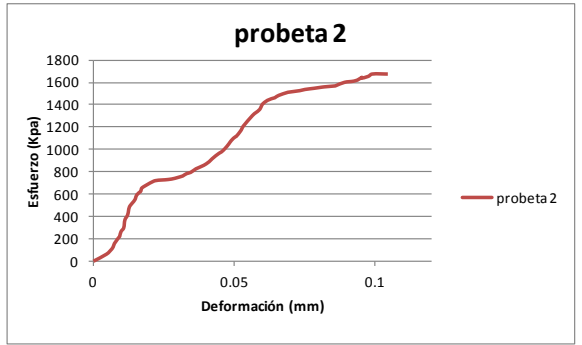
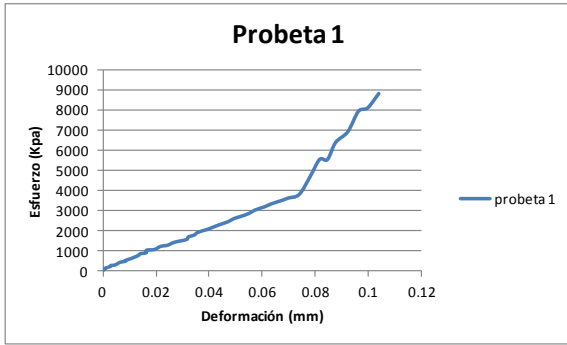
ANEXO 2. Gráficos ensayos.

Tracción

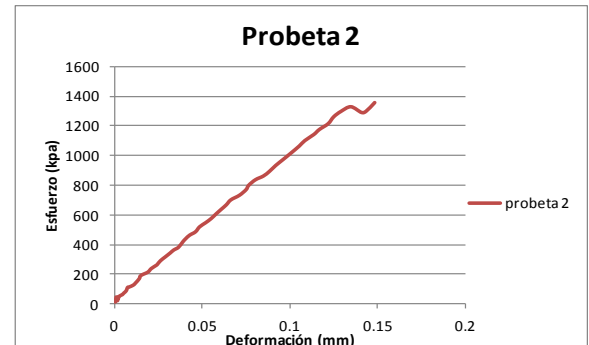
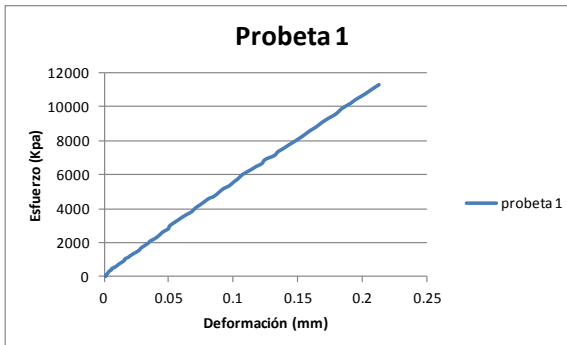
AnanaPPR 70%-30%



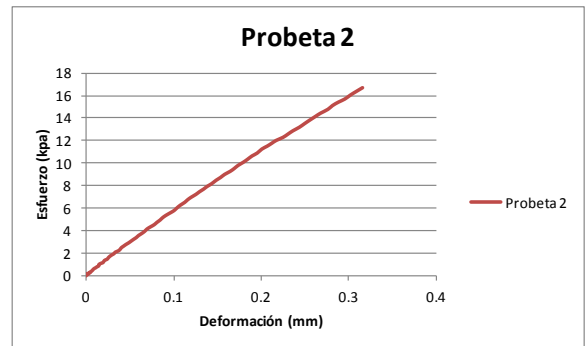
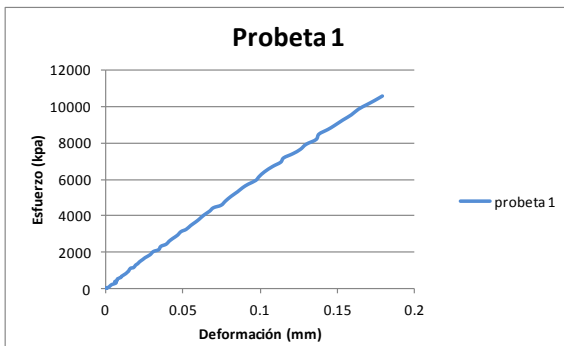
AnanaPPR 80%-20%



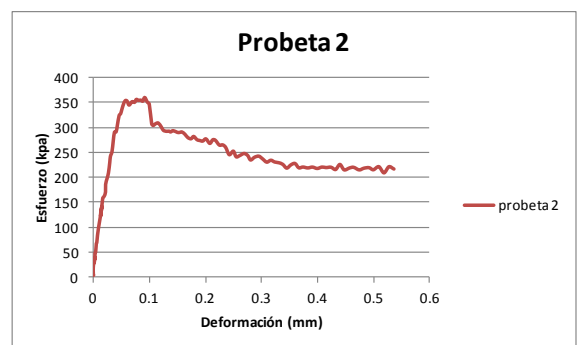
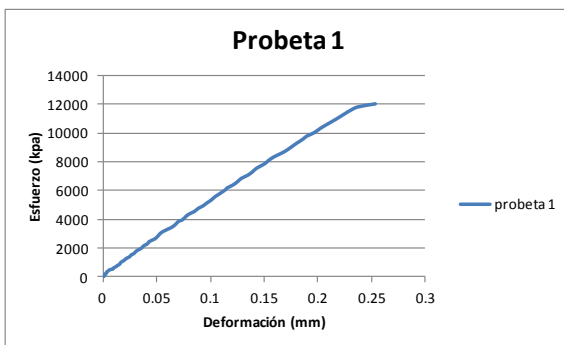
AnanaPPR 90%-10%



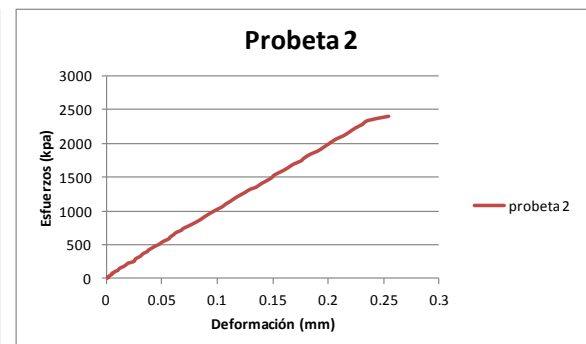
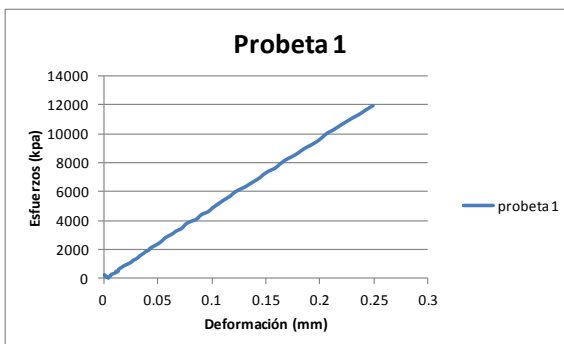
MalentaPPR 70%-30



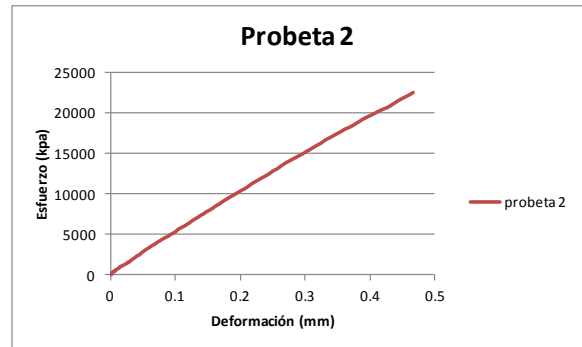
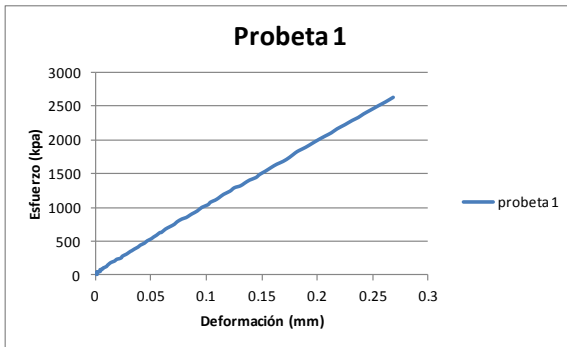
MalentaPPR 80%-20%



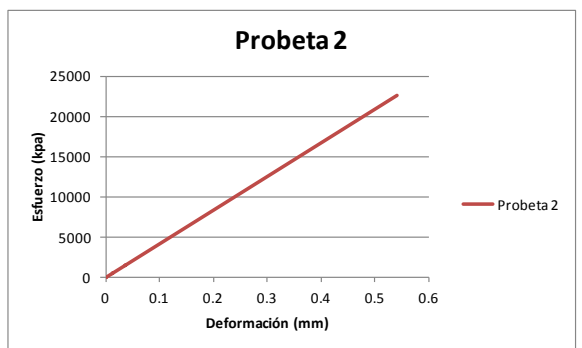
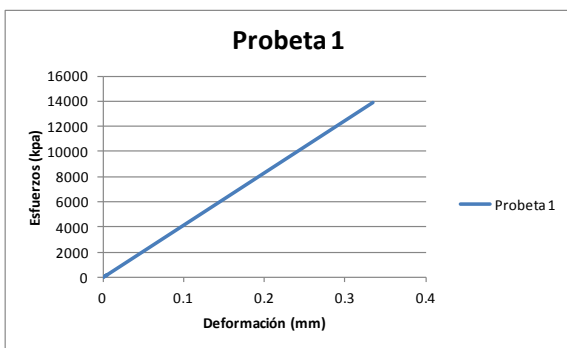
MalentaPPR 90%-10%



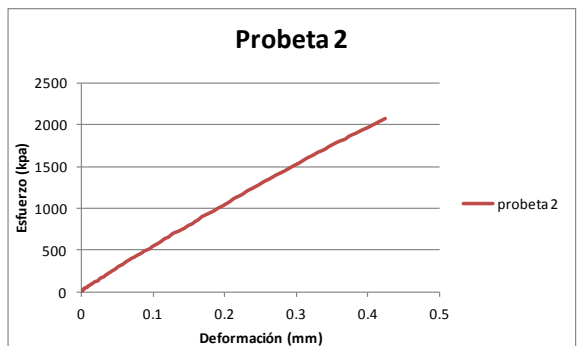
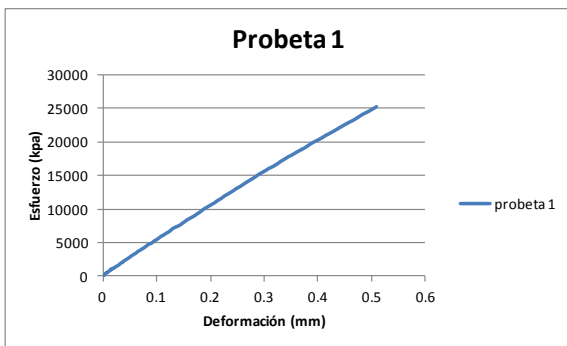
MusaPPR 70%-30



MusaPPR 80%-20%

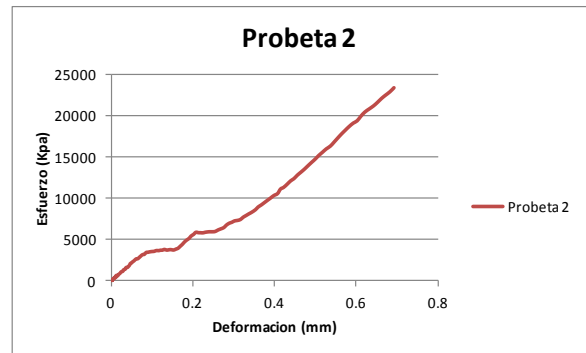
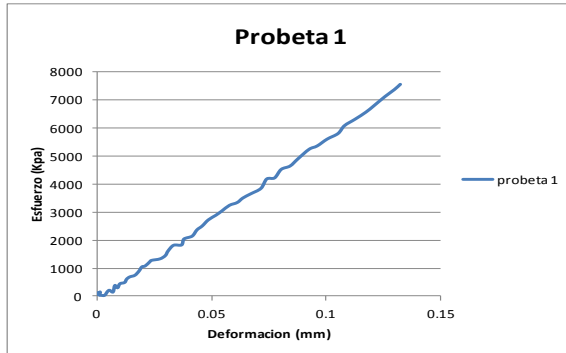


MusaPPR 90%-10%

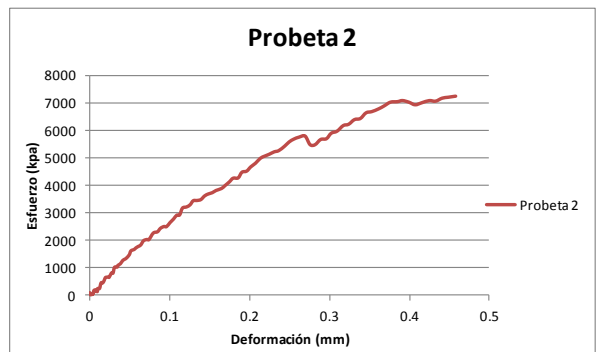
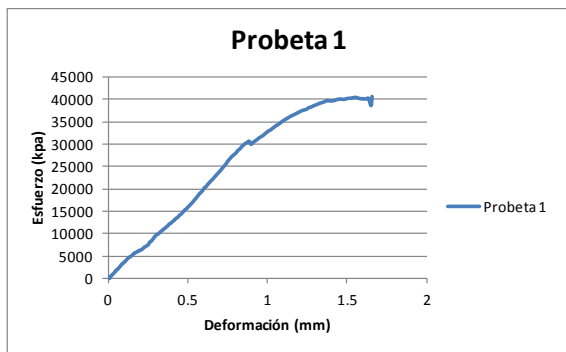


Compresión

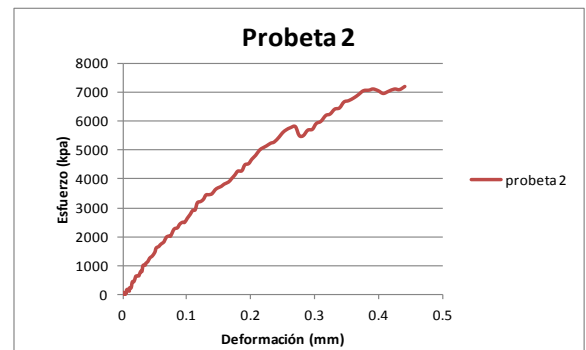
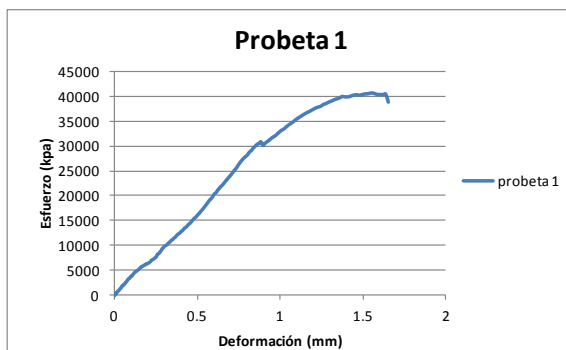
AnanaPPR 70%-30%



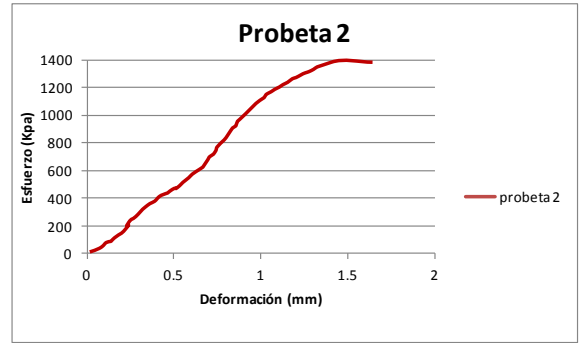
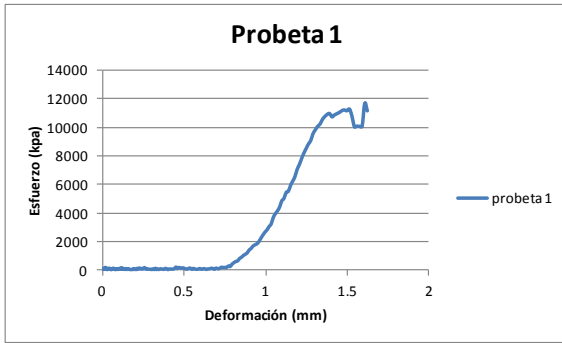
AnanaPPR 80%-20%



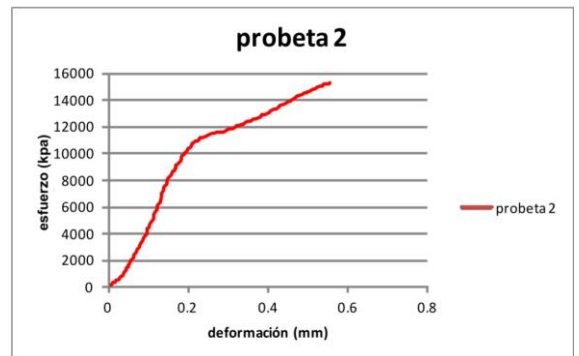
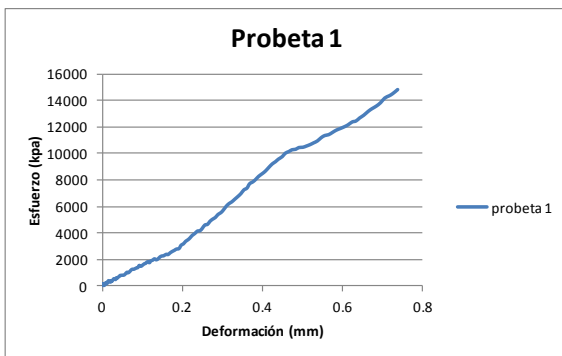
AnanaPPR 90%-10%



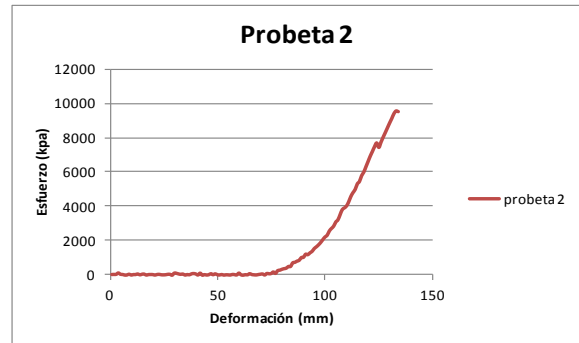
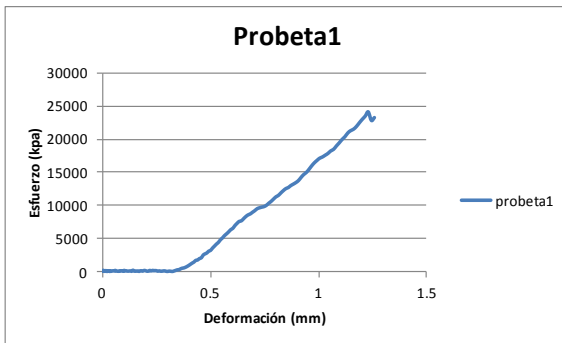
MalentaPPR 70%-30



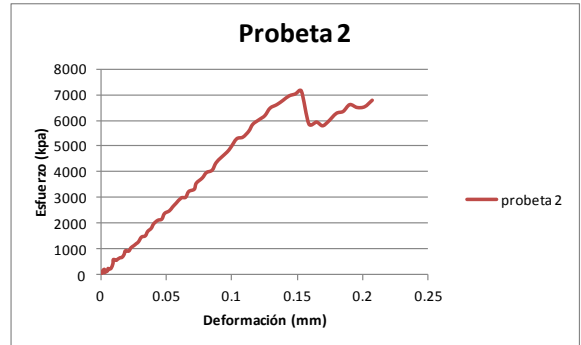
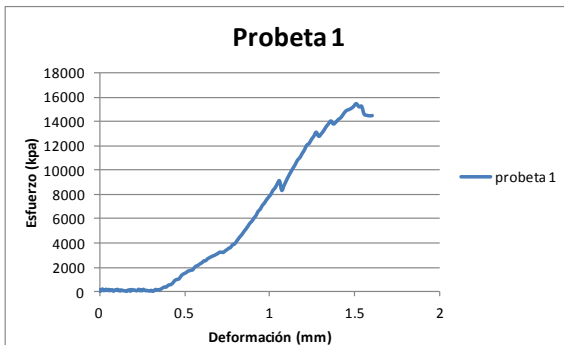
MalentaPPR 80%-20%



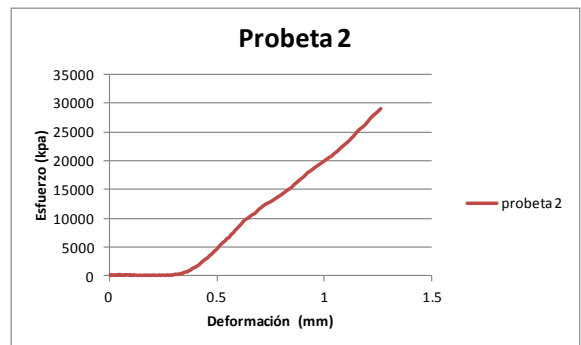
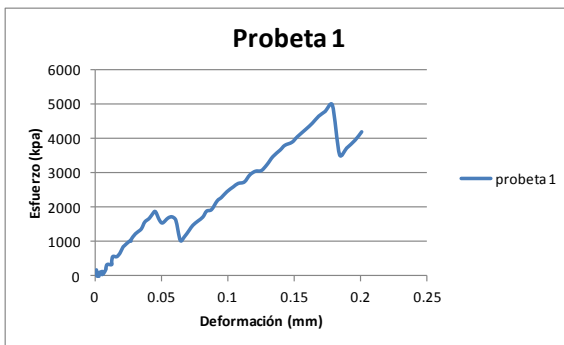
MalentaPPR 90%-10%



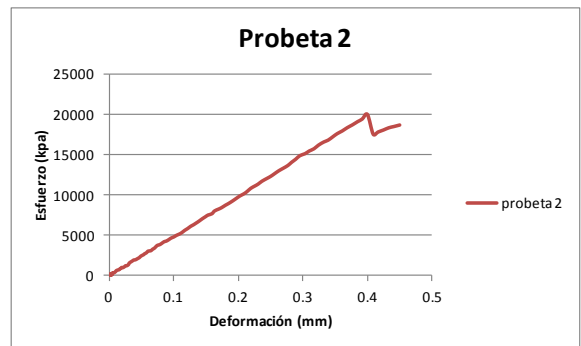
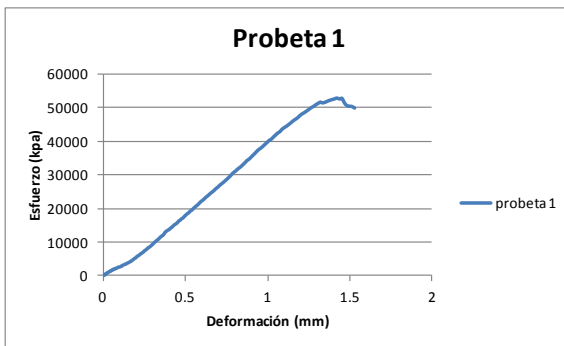
MusaPPR 70%-30



MusaPPR 80%-20%

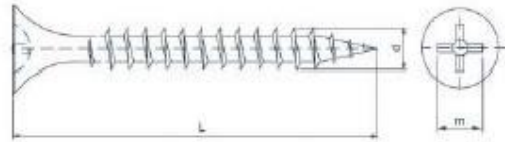


MusaPPR 90%-10%



ANEXO 3. Tornillería de ajuste.

Tornillos drywall o tornillería autopercorante punta aguja para madera



Se ha tornado una fijación muy requerida por los fabricantes y constructores, debido a su estructura resistente y anticorrosiva, siendo su principal cualidad la capacidad de perforado directo.

Especificaciones:

Punta Aguja	Dimensiones
t2 madera	6 x 1
t2 madera	6 x 1-1/4
t3 madera	6 x 1-1/2
t3 madera	6 x 1-5/8
t4 madera	6 x 2
t5 madera	7 x 2-1/2
t6 madera	8 x 3

ANEXO 4. Manual de instalación.




Manual de Instalación
Vivienda Biosostenible



INSTALACIÓN



1. FUNDICIÓN PLACA DE CEMENTO

Elaboración de zanjas 10cm x 15cm en el terreno.
Fundición de placas de cemento con las dimensiones especificadas.



2. INSTALACIÓN VIGAS BASE

Ubicación y ensamblaje de vigas para la cimentación de la vivienda en sus respectivos puntos según la tipología de la viga.



3. INSTALACIÓN UNIONES TIPO A

Anclaje de uniones tipo B sobre los canales de las vigas inferiores.
Distancia entre las piezas: 90 cm.



4. INSTALACIÓN PANELES

Montaje de paneles en los puntos establecidos según tipología.

INSTALACIÓN

INSTALACIÓN



5. INSTALACIÓN UNIONES TIPO A

Ajuste de uniones tipo A sobre los extremos superiores de los paneles.



9. INSTALACIÓN VIGAS SUPERIORES

Ubicación de vigas superiores es sus respectivos lugares por tipología para dar amarre al nivel de la cubierta.
Ubicación de columna tipo A en el panel divisorio de la cocina.



6. INSTALACIÓN MARCOS PUERTAS

Adecuación de los marcos de las puertas en cada uno de los espacios destinados.



10. INSTALACIÓN UNIONES TIPO A

Ajuste de uniones tipo A sobre las vigas superiores.
Omitiendo su ubicación en las vigas frontal y posterior.
Distancia entre las piezas: 90 cm.



7. INSTALACIÓN UNIONES TIPO B Y PANELES SOBRE PUERTAS

Sobre los marcos ubicar las uniones tipo B, continuando con los paneles sobre puertas según su tipología.



11. INSTALACIÓN PANELES TECHO

Montaje de los paneles del techo en el orden dispuesto, conforme a su tipología.
Ubicación columna tipo B sobre columna tipo A.



8. INSTALACIÓN MOLDURAS BASES PUERTAS

Encaje de molduras de madera dentro de los canales de las vigas inferiores ubicados en los arcos de las puertas.



12. INSTALACIÓN VIGAS TECHO

Posicionamiento de vigas del techo, las cuales se adaptan como su tipología lo indica. Se aseguran entre sí y con sus apoyos por medio de tornillos.

INSTALACIÓN		INSTALACIÓN	
<p>13. INSTALACIÓN VIGUETAS</p>	<p>Sobre los canales de las vigas del techo se adecuan las 5 viguetas, ajustadas por tornillos.</p>	<p>17. INSTALACIÓN ELÉCTRICA</p>	<p>Instalación de sistema eléctrico básico de vivienda de acuerdo al plano.</p>
<p>14. INSTALACIÓN CUBIERTA</p>	<p>Adecuación de las tejas de acuerdo a la tipología. Acondicionamiento del caballete sobre el ángulo de las tejas.</p>	<p>18. INSTALACIÓN TUBERÍA</p>	<p>Instalación de sistema de tubería básico de vivienda de acuerdo al esquema.</p>
<p>15. INSTALACIÓN LÁMINA COCINA</p>	<p>Atornillar lámina metálica sobre el panel trasero al de la cocina donde se situará posteriormente la estufa.</p>	<p>VISTA AÉREA VISTA FRONTAL</p>	
<p>16. INSTALACIÓN PUERTAS Y VENTANAS</p>	<p>Adaptación de puertas y ventanas en espacios establecidos.</p>		

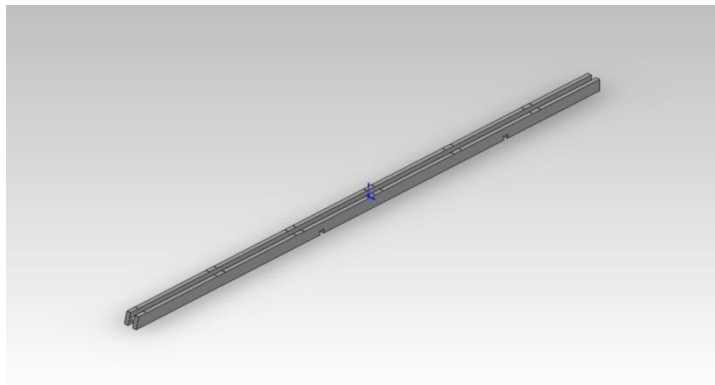
RECOMENDACIONES

	<p>No clavar clavos o puntillas en los paneles</p>
	<p>Mantener alejado de materiales combustibles.</p>
	<p>Evite recostar los muebles sobre la superficie de los paneles.</p>
	<p>Use agua para limpieza de los paneles.</p>

ANEXO 5. Esfuerzos

Para el análisis de esfuerzos en vigas empleadas en la construcción de la vivienda se usó la herramienta CAE, de SolidWorks 2011, para estimar la deformación, o la máxima flecha dada la fuerza distribuida sobre cada uno de los dos tipos de vigas realizando con los datos obtenidos de las pruebas del material AnanaPPR 80%-20%

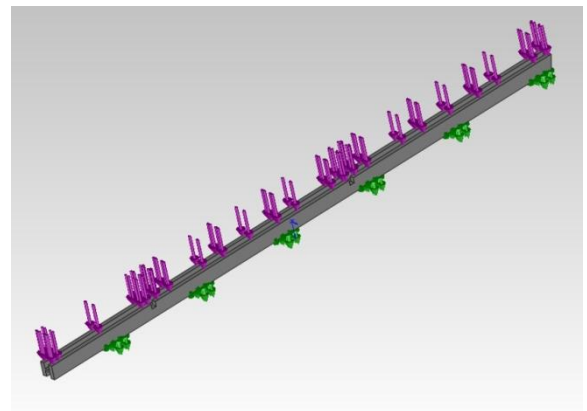
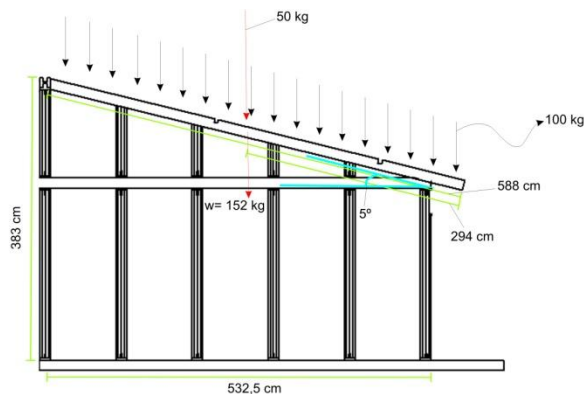
VIGA TIPO D



Viga tipo D

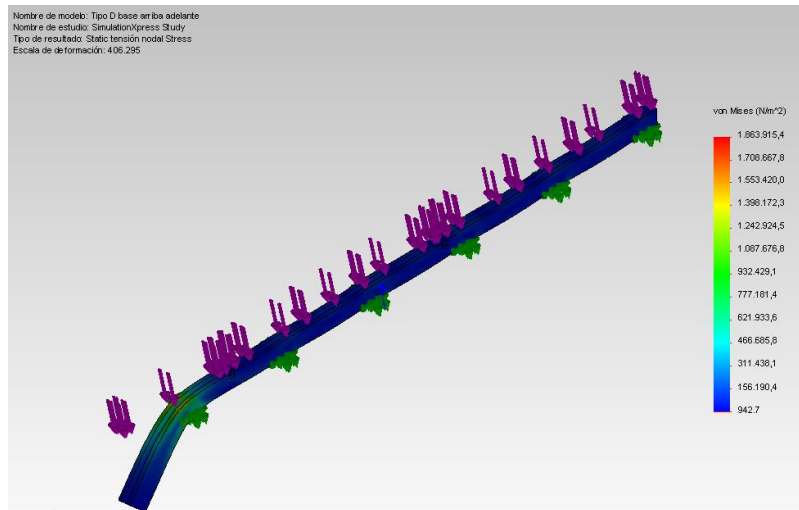
DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Fuerza a aplicar: 1050N



Distribución de cargas viga tipo D

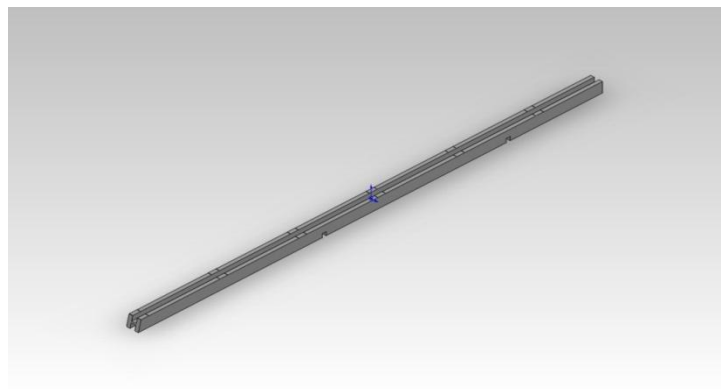
ANÁLISIS DE ESFUERZOS



Análisis de esfuerzos

	Máximo	Mínimo
Esfuerzo (MPa)	1.86392 N /mm ²	0.000942.667 N/mm ²
Desplazamiento (mm)	1.46	0
Fuente: Autor		

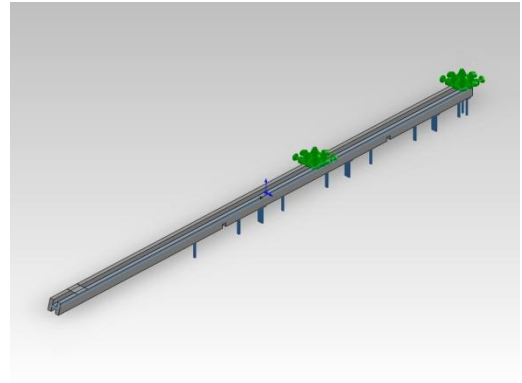
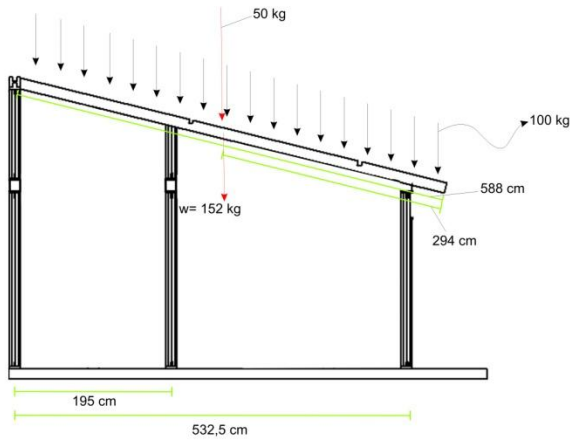
VIGA TIPO D EN TRES APOYOS



Viga Tipo D

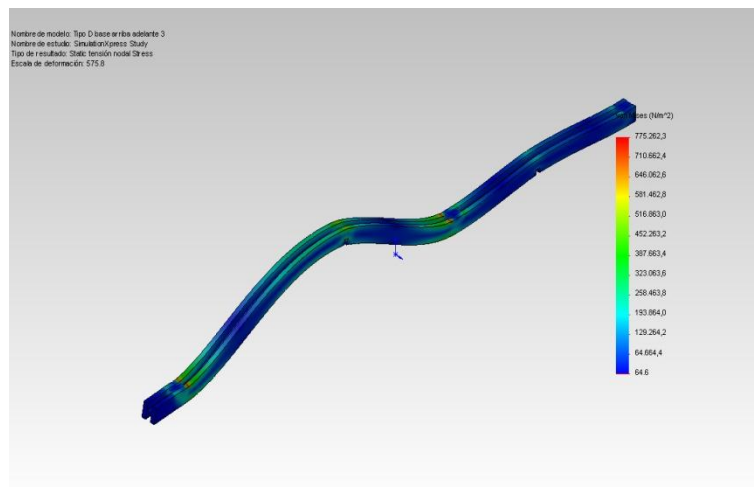
DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Fuerza a aplicar: 1050N



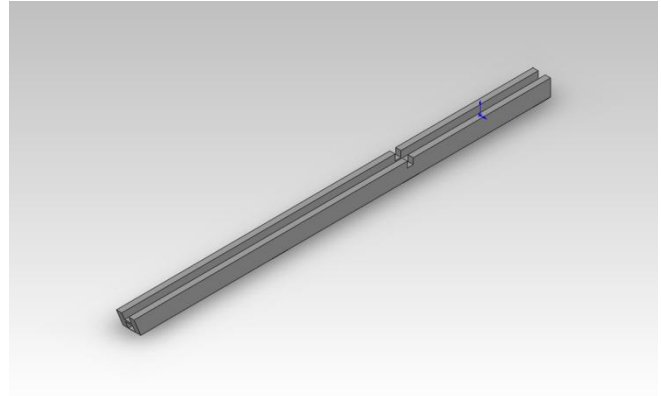
Distribución de cargas viga tipo D tres apoyos

ANÁLISIS DE ESFUERZOS



	Máximo	Mínimo
Esfuerzo (MPa)	0.775262 N/mm ²	0.0000645538 N/mm ²
Desplazamiento (mm)	1.02121	0
Fuente: Autor		

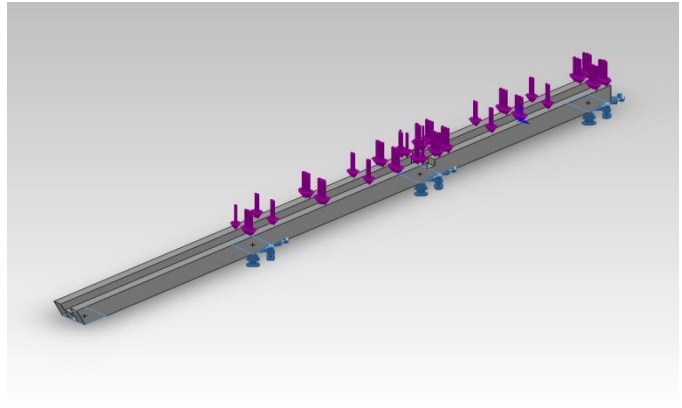
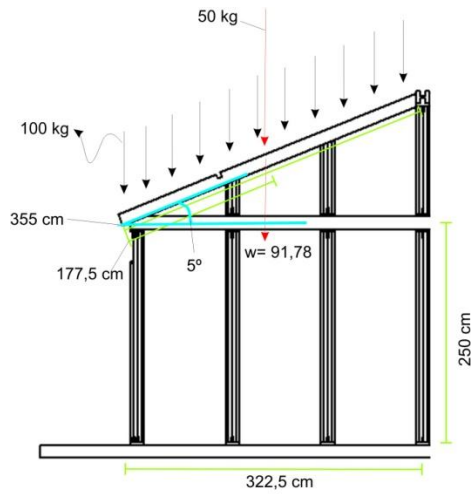
VIGA TIPO E



Viga Tipo E

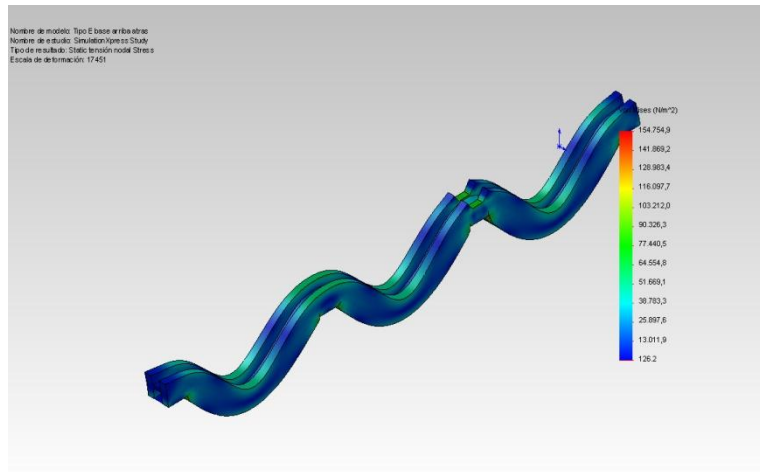
DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Fuerza a aplicar: 1050N



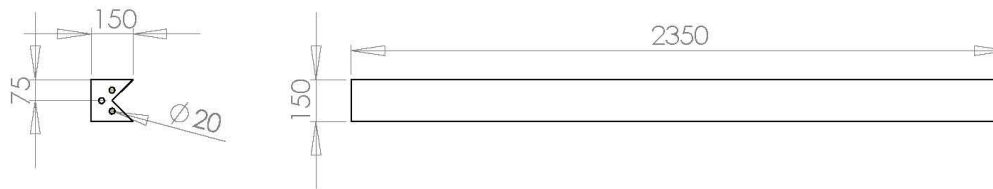
Distribución de cargas viga tipo E

ANALISIS DE ESFUERZOS

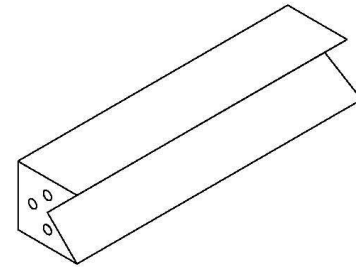
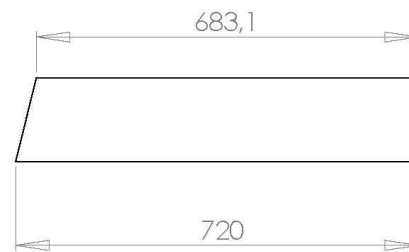
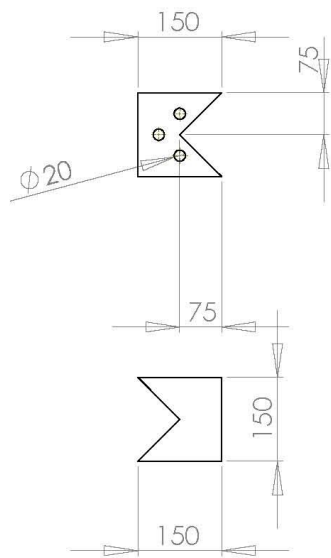


	Máximo	Mínimo
Esfuerzo (MPa)	0.154755 N/mm ²	0.000126164 N/mm ²
Desplazamiento (mm)	0.0203437 mm	0
Fuente: Autor		

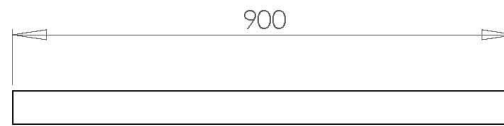
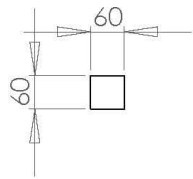
ANEXO 6. Planos.



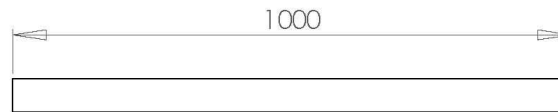
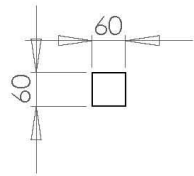
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.J Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Columna tipo A	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:50		



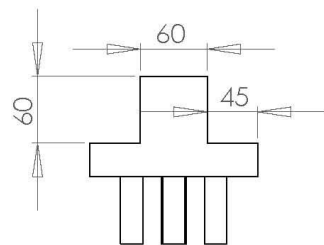
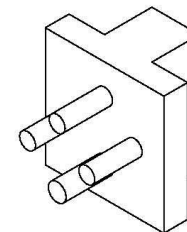
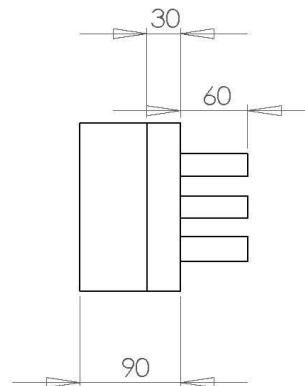
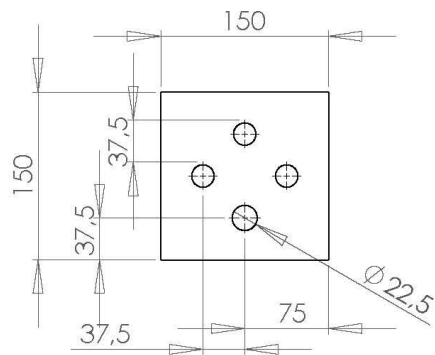
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Columna tipo B</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10		



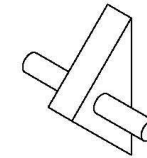
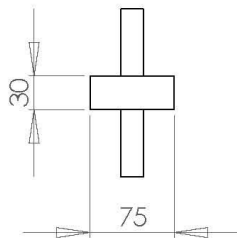
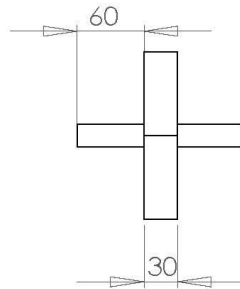
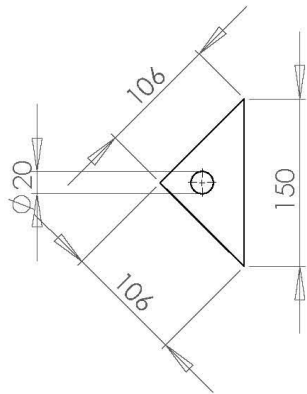
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.J Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Moldura tipo A	
MATERIAL: Madera	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10		



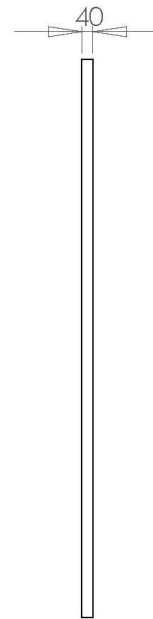
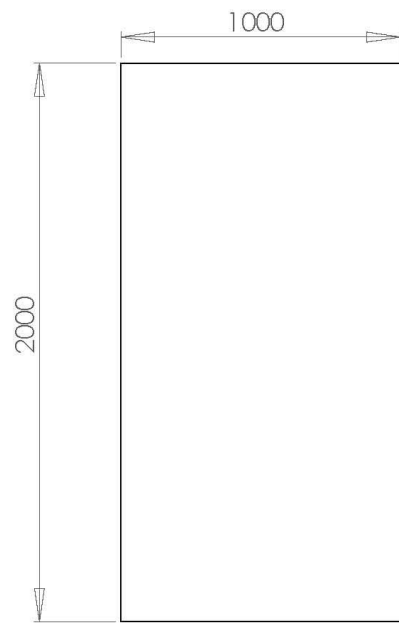
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.J Julio Cesar Pinillos		TÍTULO: Moldura tipo B	
MATERIAL: Madera		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10			



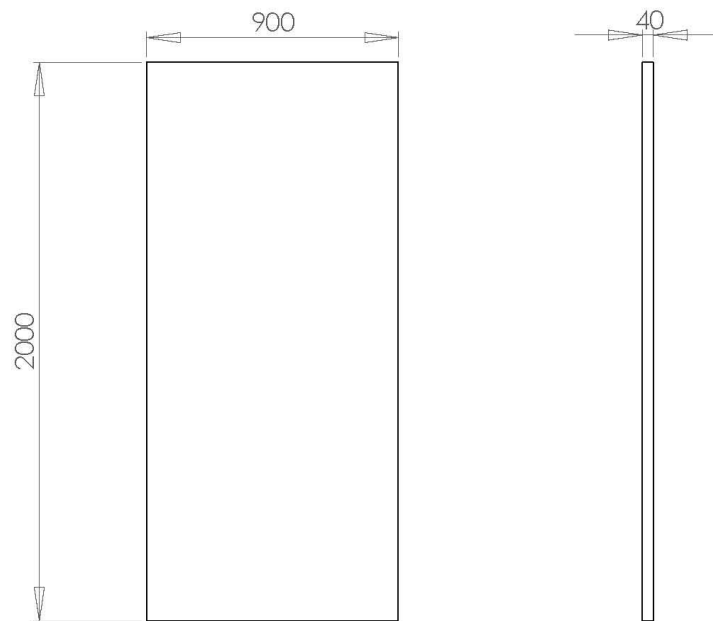
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.J Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Unión tipo B</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:5		



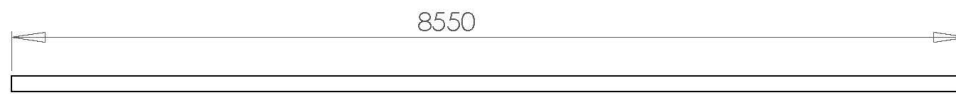
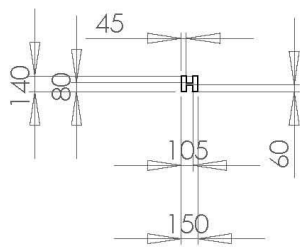
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Unión tipo B	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:5		



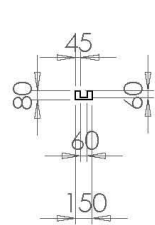
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Puerta principal	
MATERIAL: Madera	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:20		



DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Puertas interiores	
MATERIAL: <i>Madera</i>	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:20		

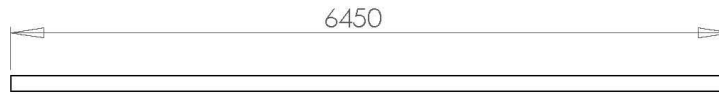
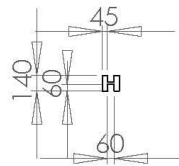


DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Viga tipo A	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:100		

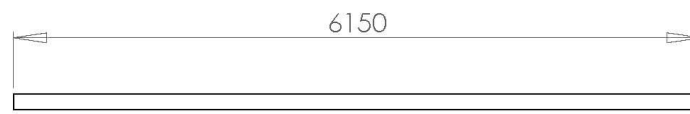
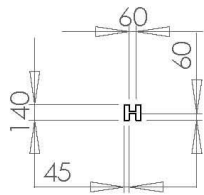


DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Viga tipo A1
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
ESCALA:1:100	

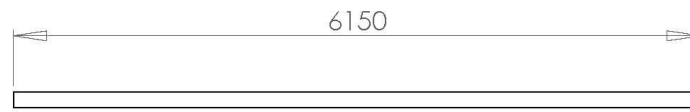
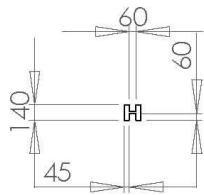
A4



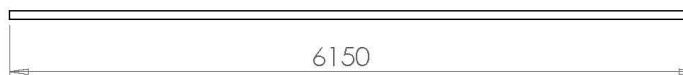
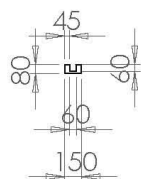
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Viga tipo B</h1>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:100		



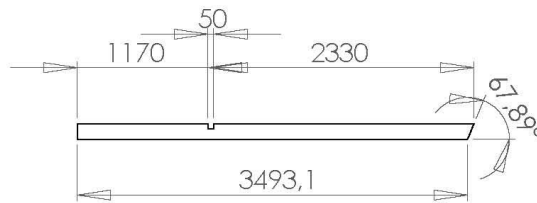
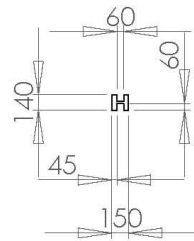
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: viga tipo C
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
ESCALA:1:100	
	A4



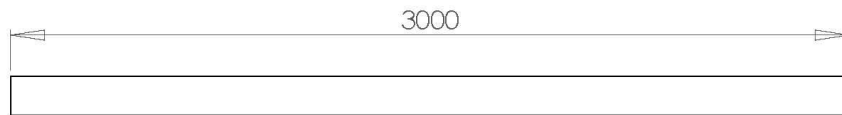
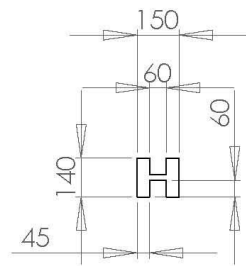
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: viga tipo C
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
ESCALA:1:100	
	A4



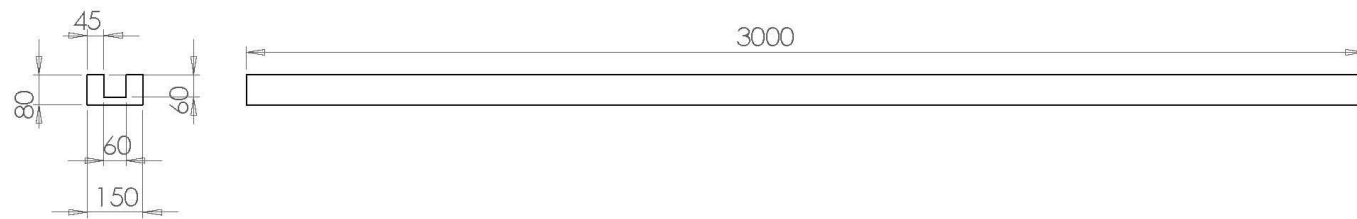
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Viga tipo C1	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:100		



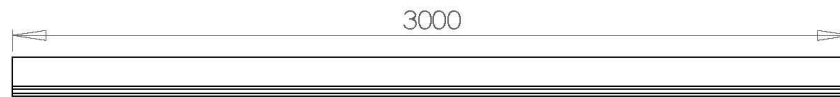
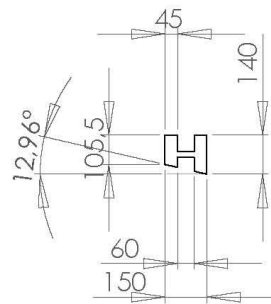
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Viga tipo E</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:50		



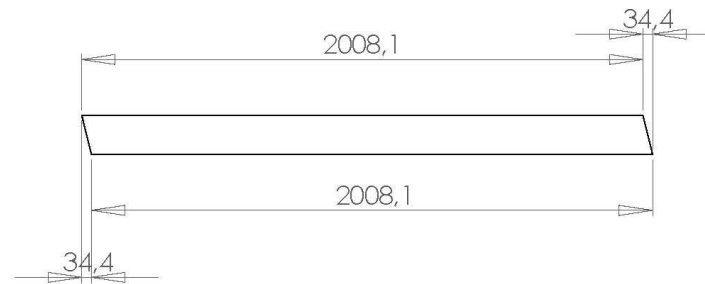
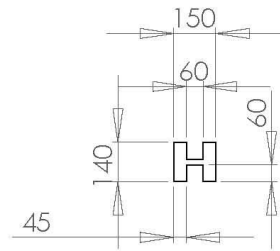
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Viga tipo F</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:50		



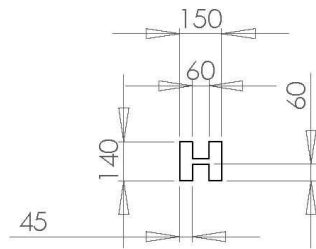
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Viga tipo F1
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
	ESCALA:1:50
	A4



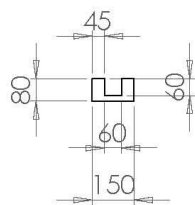
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: viga tipo F2	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:50		



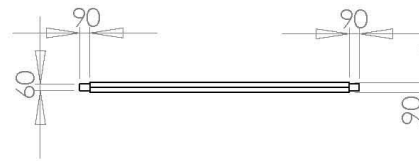
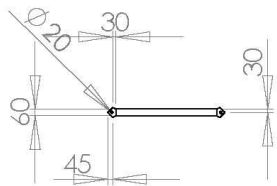
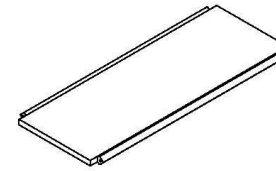
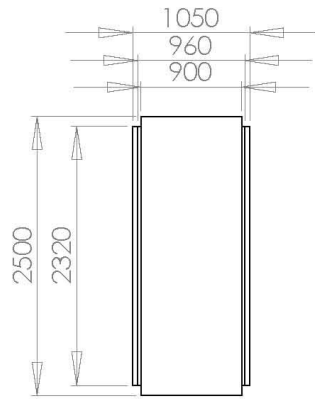
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Viga tipoG	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:20		



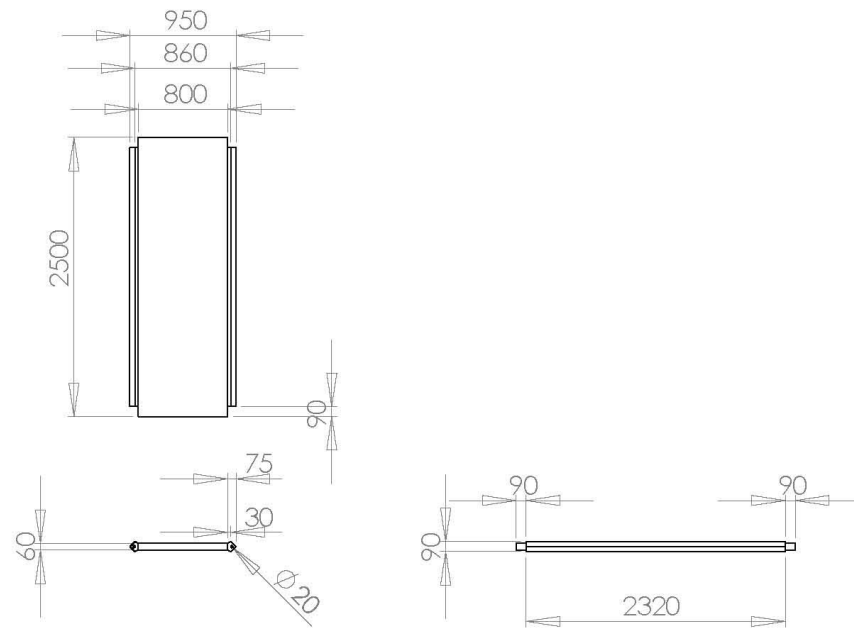
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Viga tipo H</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:20		



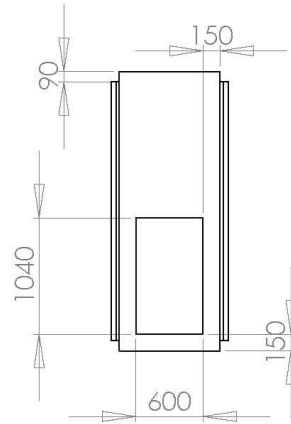
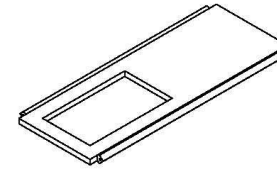
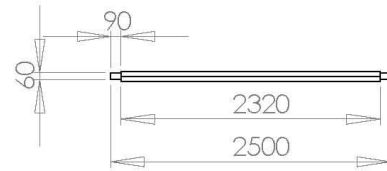
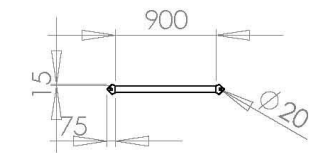
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: viga tipo H1
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
ESCALA:1:20	
	A4



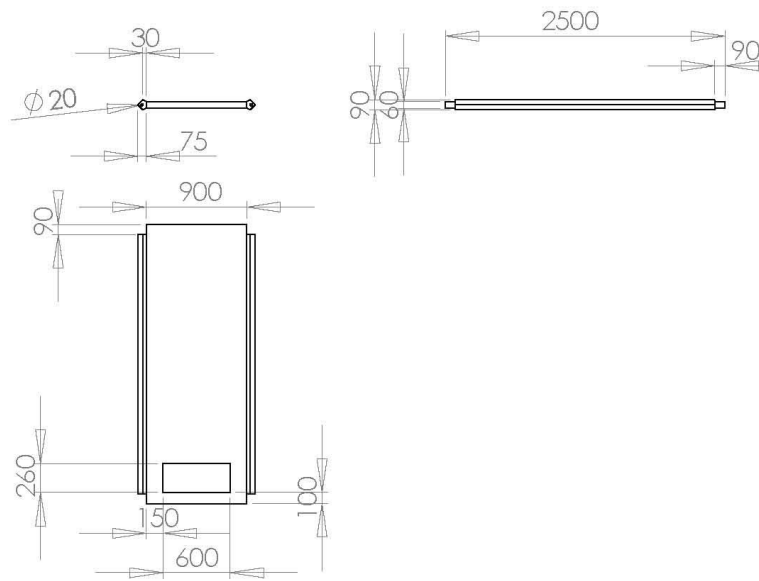
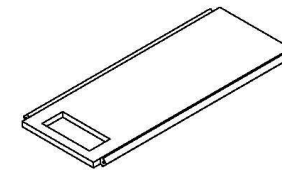
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Panel tipo A</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:50		



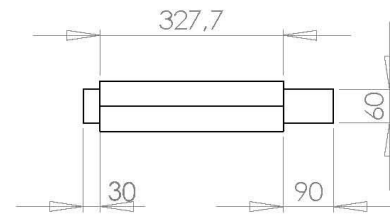
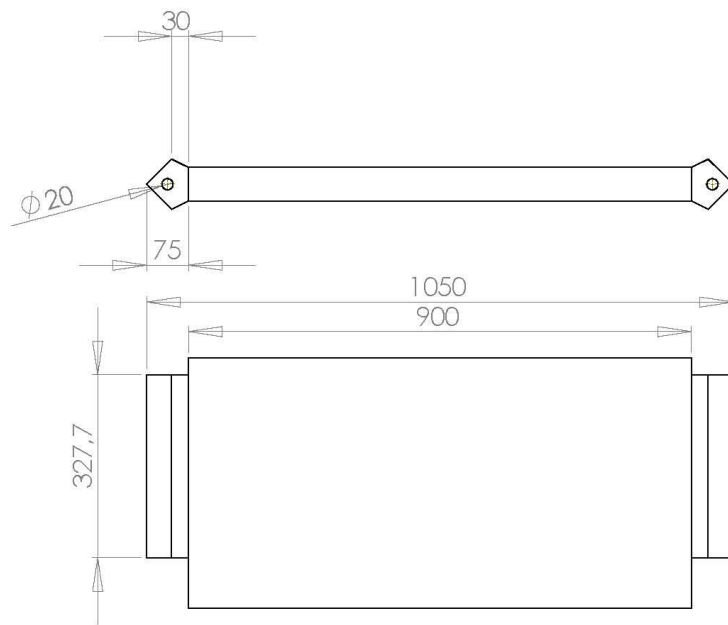
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo B
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
ESCALA:1:50	
	A4



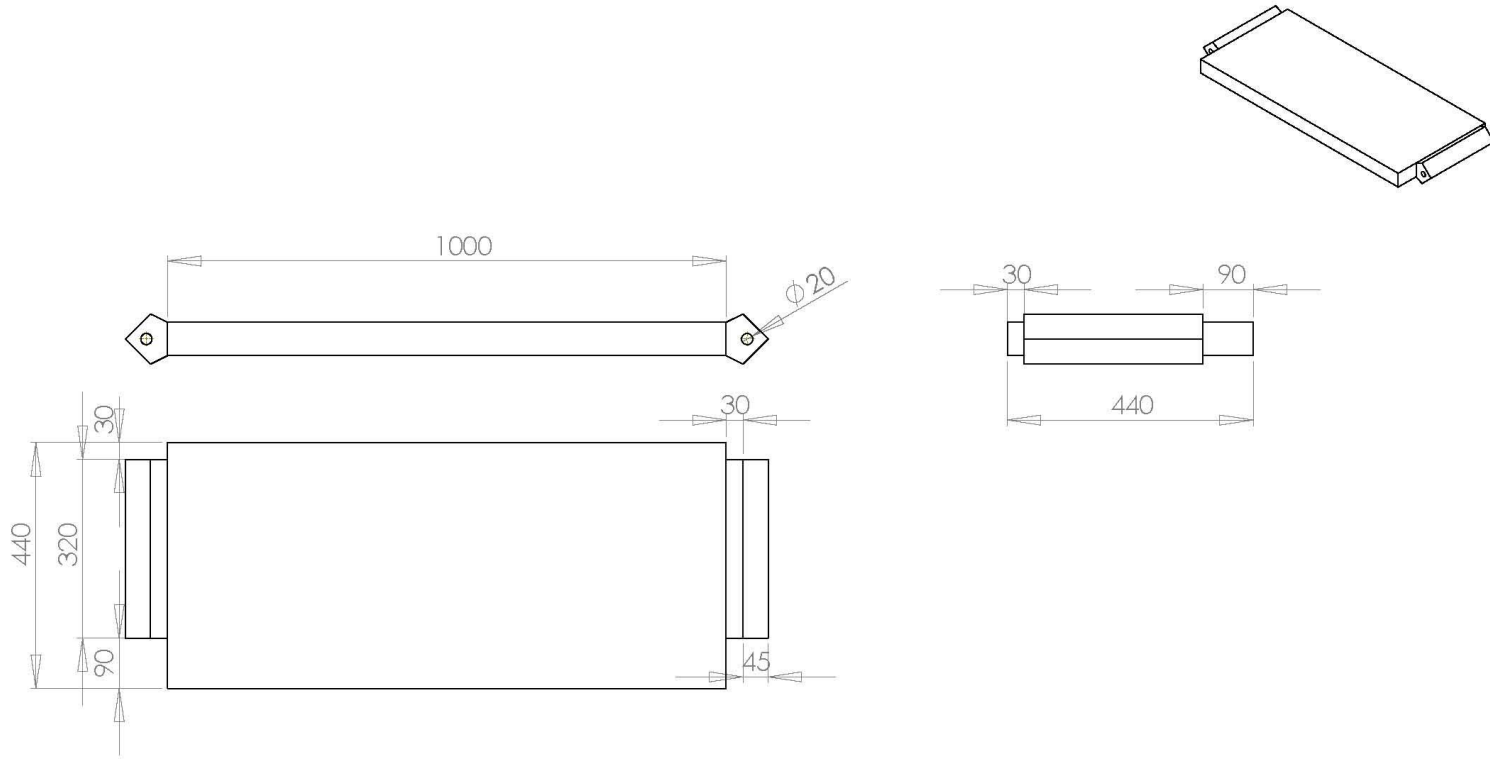
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Panel tipo C</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:50		



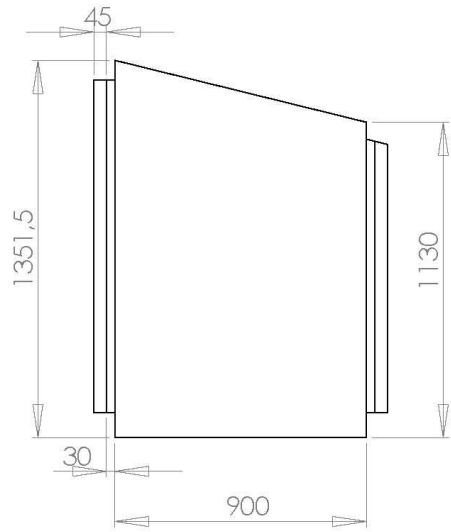
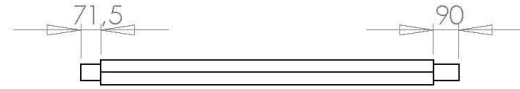
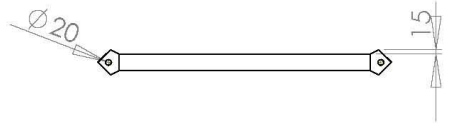
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo D	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:50		



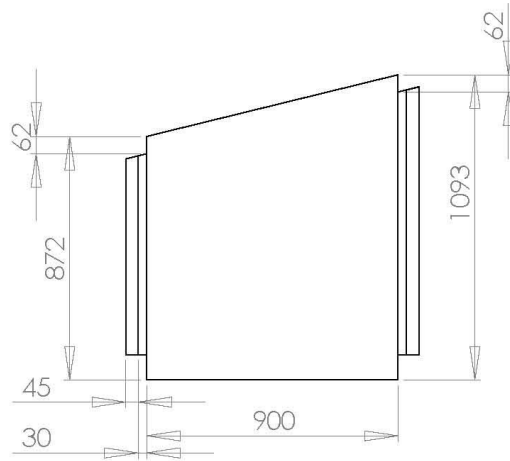
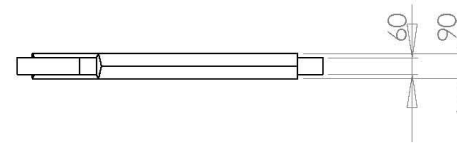
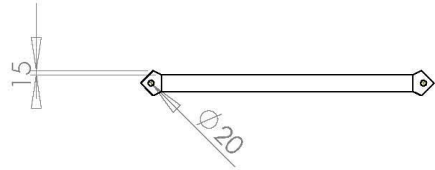
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo E	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10		



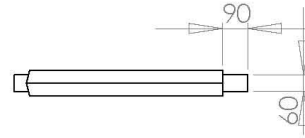
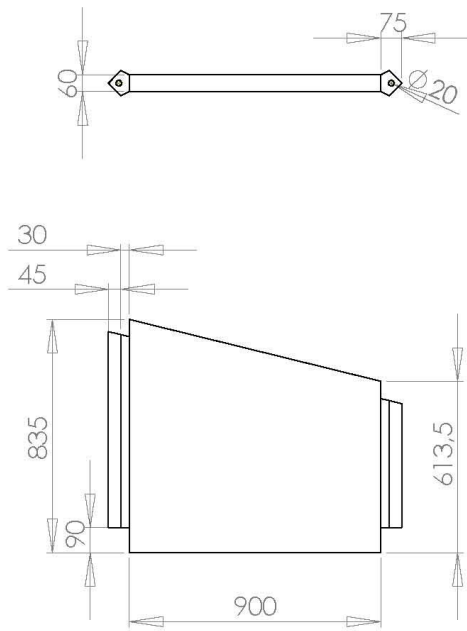
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Panel tipo F</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10		



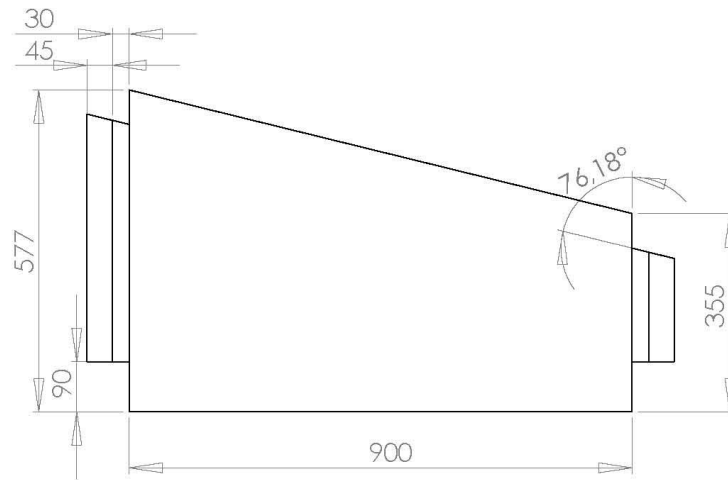
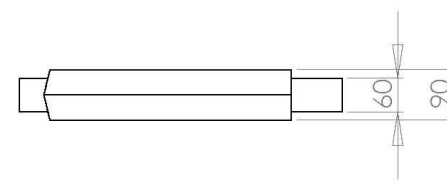
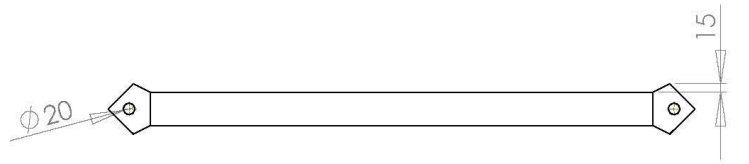
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo G	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:20		



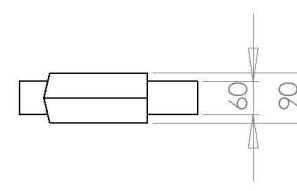
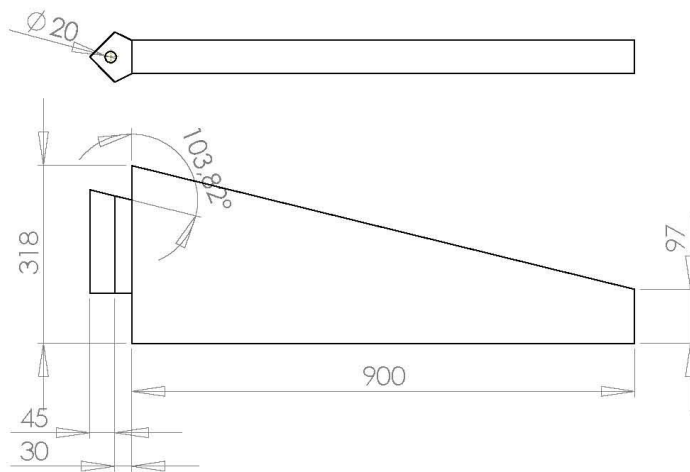
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo H
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
ESCALA:1:20	
	A4



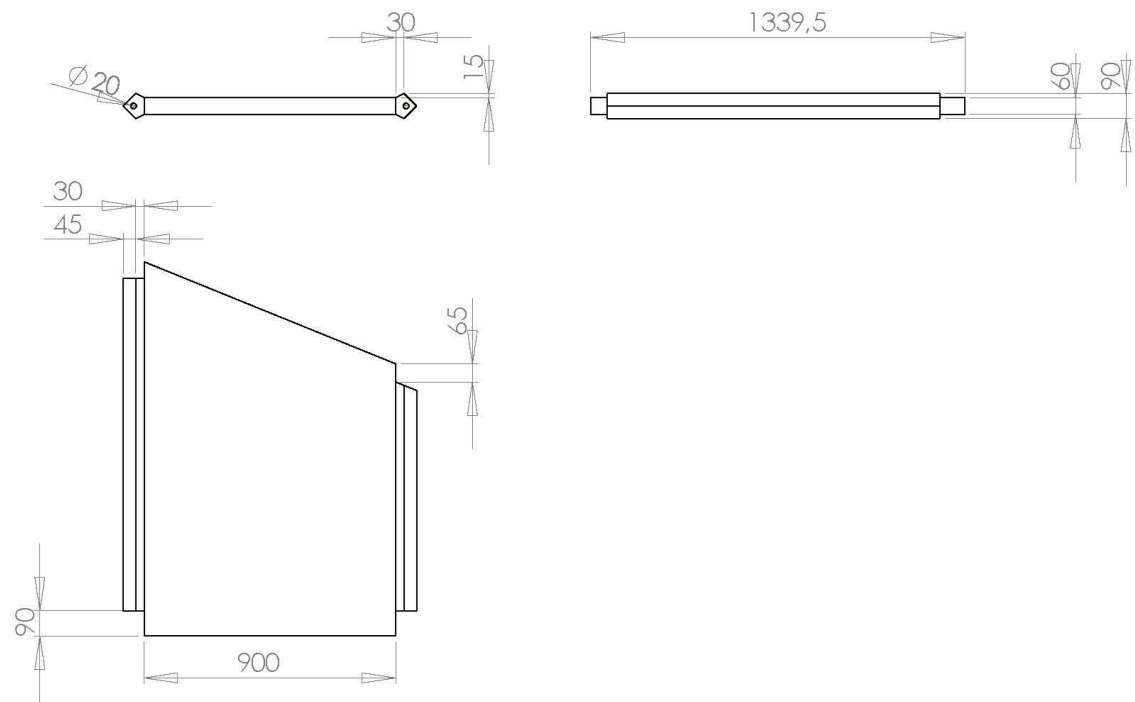
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo I	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:20		



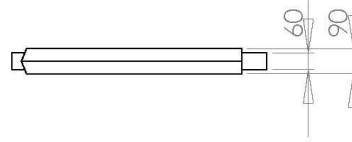
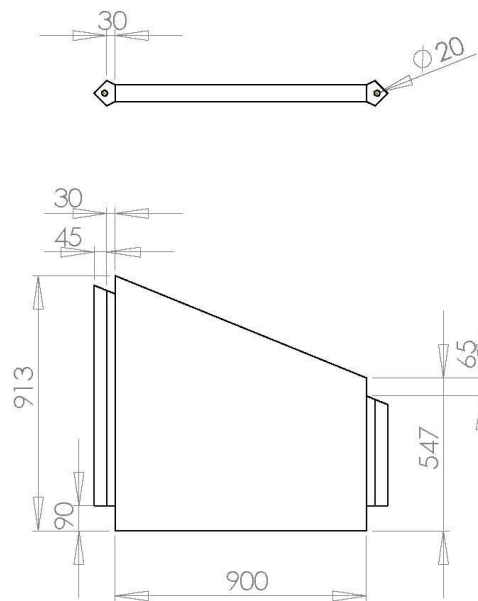
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo J	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10		



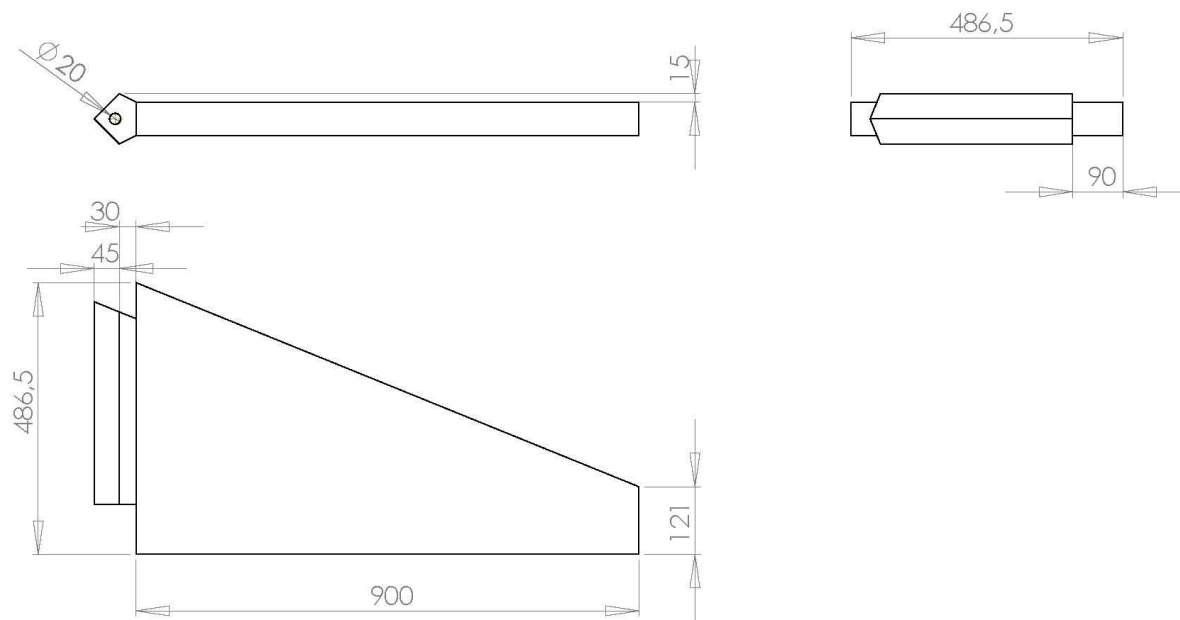
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo K	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10		



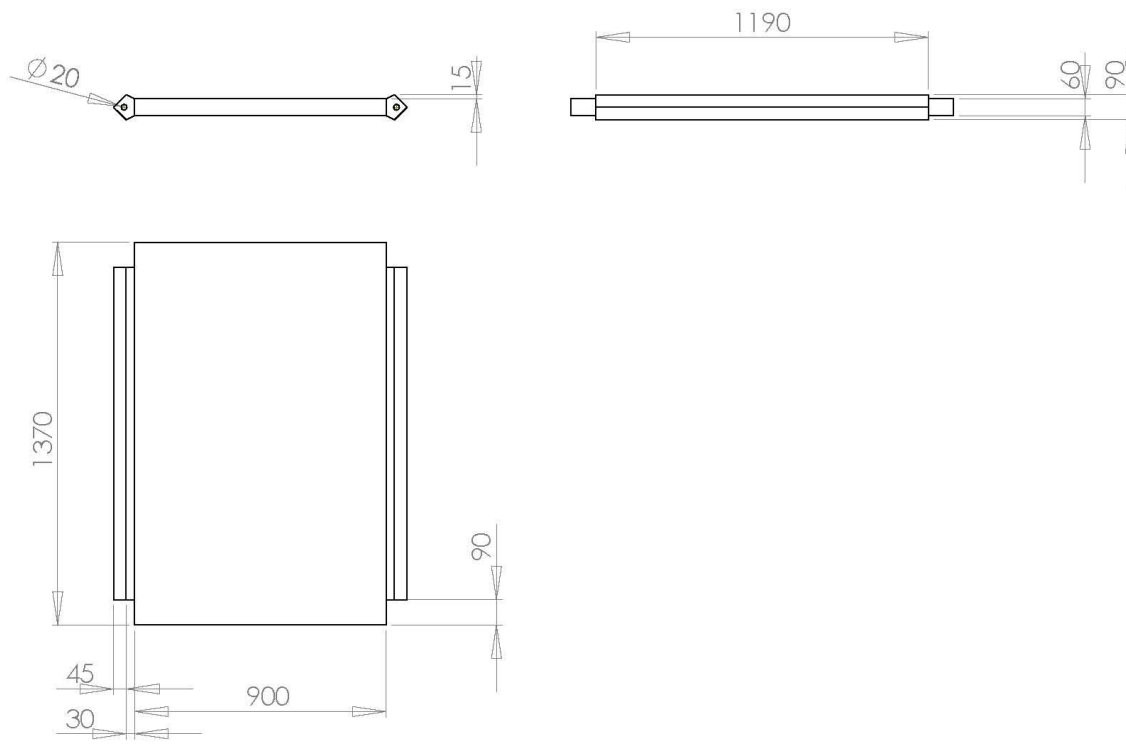
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Panel tipo L</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:20		



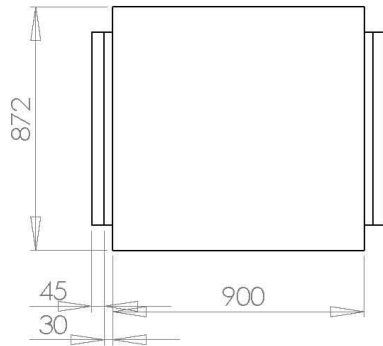
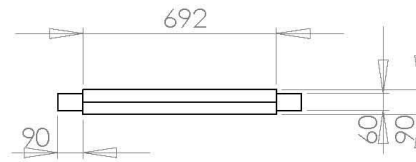
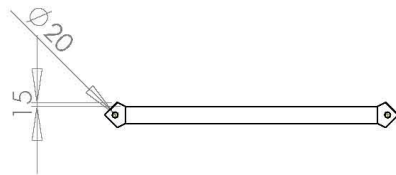
DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Panel tipo M</h2>	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA: 1:20		



DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo N	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:10		



DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo O	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:20		



DIRECTOR DE PROYECTO M.D.I Julio Cesar Pinillos	TÍTULO: Panel tipo P	
MATERIAL: MusaPPR 80%-20%	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	A4
ESCALA:1:20		