



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
ARQUITECTO**

**TEMA:**

**ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE COLUMNA MIXTA NO  
ESTRUCTURAL, A PARTIR DE LOS DESECHOS DE MADERAS  
DE ENCOFRADO, AGLOMERANTE Y PLÁSTICO PET 1**

**TUTOR:**

**MSC. GENARO RAYMUNDO GAIBOR ESPÍN.**

**AUTORES:**

**SR. ROBERTO DAVID MUÑOZ ROSADO.**

**SR. OSCAR ENRIQUE SUÁREZ POZO.**

**GUAYAQUIL**

**2022**



## REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Elaboración de un prototipo de columna mixta no estructural, a partir de los desechos de maderas de encofrado, aglomerante y plástico Pet1.

**AUTOR/ES:**

Muñoz Rosado Roberto David  
Suárez Pozo Oscar Enrique

**REVISORES O TUTORES:**

MsC. Gaibor Espín Genaro Raymundo

**INSTITUCIÓN:**

**Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil**

**Grado obtenido:**

Arquitecto.

**FACULTAD:**

Ingeniería, Industria y Construcción

**CARRERA:**

Arquitectura

**FECHA DE PUBLICACIÓN:** 2022

**N. DE PAGS:** 180

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Residuo, plástico, construcción de viviendas

**RESUMEN:**

Esta investigación aplicó y profundizó valores de conciencia ambiental en la elaboración de un prototipo de columna mixta no estructural, basándose, principalmente en la reutilización de los desechos sólidos, maderas de encofrado y plástico Pet 1; el procedimiento se dio, mediante experimentación con mezclas entre el yeso comercial, aserrín, plástico Pet1 triturado, resina vinil acrílica y agua, dicha masa eficazmente confinada conformó un elemento sustentable de columna con bambú, capaz de resistir esfuerzos comunes en soportales de cubierta para viviendas. Utilizando el Código de Práctica Ecuatoriana, estructuras de madera CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7, determinó la idoneidad del prototipo, que fue seleccionado de entre cinco muestras, mediante comparación de los esfuerzos de resistencia a la compresión y flexión, obtenidos de los ensayos de laboratorio, además, se observó por medio de pruebas empíricas, la resistencia física al fuego, contenido de humedad y la absorción de agua, que mostraron resultados superiores y aceptables para el cumplimiento de la propuesta. Por último, se realizaron comparaciones entre varias columnas de madera estructural y una metálica tabular de hierro con las mismas dimensiones, interpretando peso y un valor económico alto, entre 46 y 42% del modelo elaborado; entre otras propiedades, la relación peso - costo justificó su densidad, muy por encima del 40% que las maderas estructurales expuestas en este trabajo, en definitiva, se dio el cumplimiento eficaz de representar una columna mixta no estructural modular, estandarizada.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Muñoz Rosado Roberto David Suárez Pozo Oscar Enrique	<b>Teléfono:</b> 0962586888 0981128760	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:arq.robertodavid.90@gmail.com">arq.robertodavid.90@gmail.com</a> <a href="mailto:suarezoscar383@gmail.com">suarezoscar383@gmail.com</a>
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Mg. Ing. Civ. Milton Andrade Laborde <b>Cargo:</b> Decano Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 Ext. 241 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:mandradel@ulvr.edu.ec">mandradel@ulvr.edu.ec</a> <b>Nombre:</b> Mg. Dis. María Eugenia Dueñas Barberán <b>Cargo:</b> Directora de Arquitectura <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 Ext. 209 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:mduenasb@ulvr.edu.ec">mduenasb@ulvr.edu.ec</a>	

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

Tesis Muñoz-Suárez-Gaibor

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

2%

★ Submitted to Universidad Catolica De Cuenca

Trabajo del estudiante

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

  
Mgs. Genaro Gaibor.  
TUTOR

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIOMONIALES

Los estudiantes egresados *Muñoz Rosado Roberto David* y *Suárez Pozo Oscar Enrique*, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, *Elaboración de un prototipo de columna mixta no estructural, a partir de los desechos de maderas de encofrado, aglomerante y plástico Pet1*, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 

ROBERTO DAVID MUÑOZ ROSADO.

C.I. 0930462767

Firma: 

OSCAR ENRIQUE SUÁREZ POZO

C.I. 0921403606

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación: Elaboración de un prototipo de columna mixta no estructural, a partir de los desechos de maderas de encofrado, aglomerante y plástico Pet1, designada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Elaboración de un prototipo de columna mixta no estructural, a partir de los desechos de maderas de encofrado, aglomerante y plástico Pet1, presentado por los estudiantes **Muñoz Rosado Roberto David** y **Suárez Pozo Oscar Enrique**, como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTO, encontrándose aptos para su sustentación.

Firma: -----



MSC. GAIBOR ESPÍN GENARO RAYMUNDO

C.C. 0910498229

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por haberme permitido culminar exitosamente la etapa final de mi carrera universitaria, a mis padres y familiares que desde que empecé mis estudios en todo momento, estuvieron presentes para brindarme incondicionalmente su apoyo, también, a los prestigiosos catedráticos docentes de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, por todos aquellos conocimientos y aportes brindados, y a mi tutor, que con su dedicación y experiencia pudo encaminarme a la meta final. ¡A todos muchas gracias!

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis, se lo dedico a Dios, divinidad majestuosa que me dio la sabiduría y paciencia para poder llevar a cabo y finalizar sin mayores complicaciones mis estudios universitarios. También, dedico este logro a mi familia, que fueron los que me ayudaron, respaldaron y acompañaron incondicionalmente desde mis inicios, hasta los instantes en que pueda alcanzar mi tan anhelado, título académico.

**Suárez Pozo Oscar Enrique**

## **AGRADECIMIENTO**

Este nuevo logro es gran motivo de celebración por ello quiero agradecer A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, mis docentes y compañeros quienes fueron parte fundamental de este crecimiento profesional, que he logrado concluir con éxito.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado de manera especial a Dios, Mis padres pilar fundamental de cada una de las acciones de mi vida, quienes han forjado con sus enseñanzas y valores la persona que soy, permitiéndome alcanzar mis anhelos, a mi familia en general quienes han estado apoyándome en cada uno de mis pasos, metas y sueños.

Gracias a todos

**Muñoz Rosado Roberto David**

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	II
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIOMONIALES .	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVIII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Tema .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Sistematización del problema.....	5
1.5. Objetivo general de la investigación .....	5
1.6. Objetivos específicos.....	5
1.7. de la investigación.....	5
1.8. Delimitación o alcance de la investigación .....	6
1.9. Hipótesis de la investigación o ideas a defender .....	7
1.10. Líneas de investigación, dominio .....	7
CAPÍTULO II .....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Marco teórico referencial .....	8
2.1.1. Antecedentes sobre los desechos solidos .....	16

2.1.2.	Evolución y manejo de los residuos sólidos en el Ecuador.....	17
2.1.3.	Breve reseña de las maderas de encofrado en la construcción.....	20
2.1.4.	Maderas de encofrado en el Ecuador uso y resistencia .....	21
2.1.5.	Breve evolución histórica del yeso .....	24
2.1.6.	El yeso en el Ecuador .....	25
2.2.	Marco conceptual .....	26
2.2.1.	Columna .....	26
2.2.2.	Estructura. ....	31
2.2.3.	Aglomerante.....	31
2.2.4.	Resina Vinil Acrílica.....	32
2.2.5.	Tipos de desechos.....	33
2.2.6.	El yeso .....	34
2.2.7.	Plástico .....	37
2.2.8.	Tipos de plásticos .....	38
2.2.9.	Bambú .....	44
2.2.10.	Desarrollo Sostenible.....	51
2.3.	Marco legal.....	51
CAPÍTULO III .....		66
MARCO METODOLÓGICO .....		66
3.1.	Métodos. ....	66
3.1.1.	Método deductivo.....	66
3.1.2.	Método de experimentación científica. ....	66
3.2.	Tipos de investigación. ....	66
3.2.1.	Investigación experimental .....	66

3.2.2.	Investigación descriptiva.....	67
3.3.	Enfoque de la investigación.....	67
3.3.1.	Enfoque cualitativo, cuantitativo (mixto).....	67
3.4.	Técnicas e instrumentos de la investigación.....	67
3.4.1.	Observación.....	67
3.4.2.	Encuesta.....	67
3.5.	La población.....	68
3.6.	La muestra.....	70
3.7.	Análisis de Resultados.....	71
3.7.1.	Encuestas dirigidas a profesionales y obreros, del campo de la ingeniería y arquitectura (Provincia del Guayas).....	72
CAPÍTULO IV.....		82
INFORME FINAL.....		82
4.1.	La propuesta.....	82
4.2.	Fundamentación de la propuesta.....	83
4.3.	Requerimientos del proyecto.....	84
4.4.	Flujo de la propuesta.....	87
4.5.	Materiales, herramientas y equipos.....	88
4.5.1.	Herramientas y equipos.....	90
4.6.	Obtención de la materia prima.....	92
4.6.1.	Aserrín.....	92
4.6.2.	Preparación del aserrín.....	93
4.6.3.	Plástico PET1.....	95
4.6.4.	Preparación y limpieza del plástico PET1.....	95

4.6.5.	selección del bambú .....	97
4.7.	Preparación de las mezclas .....	98
4.7.1.	Obtención del prototipo 1 .....	98
4.7.2.	Observaciones del primer prototipo .....	101
4.7.3.	Obtención del prototipo 2.....	102
4.7.4.	Observaciones del segundo prototipo .....	103
4.7.5.	Obtención del prototipo 3.....	104
4.7.6.	Observaciones del tercer prototipo .....	105
4.7.7.	Obtención del prototipo 4.....	106
4.7.8.	Observaciones del cuarto prototipo .....	107
4.7.9.	Obtención del prototipo 5.....	108
4.7.10.	Observaciones del quinto prototipo .....	109
4.8.	Pruebas de laboratorio .....	110
4.8.1.	Prueba de resistencia a la compresión.....	110
4.8.2.	Prueba de resistencia a la flexión .....	116
4.9.	Pruebas empíricas .....	117
4.9.1.	Absorción de agua .....	117
4.9.2.	Contenido de humedad, determinación.....	121
4.9.3.	Ensayo de combustión.....	124
4.9.4.	Perforación (método taladro) .....	125
4.9.5.	Clavada de clavos .....	126
4.9.6.	Corte con sierra manual.....	127
4.9.7.	Ensamble y adherencia de elementos, prototipo (C.M.N.E).....	128
4.10.	Análisis comparativo de propiedades físicas y mecánicas.....	130

4.11.	Análisis comparativo de costos.....	133
4.12.	Discusión.....	135
4.13.	Utilidad de la propuesta .....	136
CONCLUSIONES .....		141
RECOMENDACIONES .....		144
BIBLIOGRAFÍA.....		146

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Probetas de yeso adicionados con corcho, caucho, polímero y celulosa .....	9
Figura 2. Experimento, compuesto plástico – madera (aserrín).....	10
Figura 3. Paneles prefabricados adicionados con Cáscara de maní y PET1 .....	11
Figura 4. Probetas de hormigón adicionados con PET1 .....	11
Figura 5. Análisis estructural caña guadua, bambú y acero .....	13
Figura 6. Prototipo de poste adicionado con PVC .....	15
Figura 7. Desechos orgánicos.....	16
Figura 8. Extracción petrolera, Santa Elena (Ecuador).....	18
Figura 9. Perfil H embebido de hormigón.....	29
Figura 10. Columnas tabulares rellenas de hormigón.....	30
Figura 11. Elementos estructurales .....	31
Figura 12. Yeso natural.....	34
Figura 13. Yeso mineral.....	35
Figura 14. Proceso de industrialización, materia prima “aljez” .....	37
Figura 15. Tipos de plásticos según clasificación.....	38
Figura 16. Tipos de plásticos simbología.....	39
Figura 17. Plástico tipo 1 PET .....	39
Figura 18. Plástico tipo 2 HDPE.....	40
Figura 19. Plástico tipo 3 PVC.....	41
Figura 20. Plástico tipo 4 LDPE.....	42
Figura 21. Plástico tipo 5 PP .....	43
Figura 22. Plástico tipo 6 PS .....	43
Figura 23. Plástico tipo 7 OTROS .....	44
Figura 24. Características físicas de la caña guadua angustifolia .....	46
Figura 25. Sobre la adherencia y homogeneidad entre el aserrín, plástico pet, yeso, resina y agua .....	72
Figura 26. Sobre el mejoramiento de propiedades en la (C.M.N.E) adicionando bambú	73
Figura 27. Sobre la dimensión estándar conforme al uso no estructural.....	74
Figura 28. Sobre la aplicación de (C.M.N.E) en diseños comunes de viviendas.....	75

Figura 29. Sobre la capacidad de resistencia en viviendas sencillas .....	76
Figura 30. Sobre la posibilidad de reutilizar el elemento propuesto (C.M..N.E).....	77
Figura 31. Sobre elaborar elementos con los desechos de maderas de encofrado .....	78
Figura 32. Sobre el desarrollo de proyectos innovadores con residuos perjudiciales.....	79
Figura 33. Sobre la importancia del uso y manejo del reciclaje en la construcción .....	80
Figura 34. Sobre programas gestionales de residuos sólidos en empresas .....	81
Figura 35. Molde metálico, 0.10 x 0.10 x 0.55 m. ....	85
Figura 36. Flujo de la propuesta.....	87
Figura 37. Aserrín fino (desechos de maderas de encofrado) .....	88
Figura 38. Yeso y resina vinil acrílica.....	88
Figura 39. Plástico pet1 triturado 0.01 m x 0.01 m. ....	89
Figura 40. Bambú inmunizado .....	89
Figura 41. Recolección de agua potable.....	90
Figura 42. Herramientas y equipos utilizados para la obtención de los materiales .....	91
Figura 43. Obtención del aserrín .....	92
Figura 44. Limpieza y lavado del aserrín.....	93
Figura 45. Secado del aserrín .....	94
Figura 46. Obtención del Plástico Pet1 .....	95
Figura 47. Lavado y secado del plástico PET 1 .....	96
Figura 48. Selección y recolección del bambú.....	97
Figura 49. Peso del aserrín .....	98
Figura 50. Visualización de proporciones, plástico, aserrín y yeso .....	99
Figura 51. Mezcla en seco proporción aserrín-yeso.....	99
Figura 52. Mezcla y fundación del prototipo .....	100
Figura 53. Primer prototipo elaborado .....	101
Figura 54. Representación del bambú en el molde .....	103
Figura 55. Segundo prototipo elaborado .....	104
Figura 56. Tercer prototipo elaborado.....	106
Figura 57. Cuarto prototipo elaborado .....	108
Figura 58. Quinto prototipo elaborado .....	110

Figura 59. Prototipos y probetas cubicas 3.5cm.....	110
Figura 60. Equipos de ensayos compresion y flexión.....	111
Figura 61. Visualización de rotura a los 28 días probeta 2 .....	112
Figura 62. Diagrama: resistencias de compresión a los 28 días, probeta 2 A-B-C.....	112
Figura 63. Visualización de rotura a los 28 días, Probeta 4 .....	113
Figura 64. Diagrama: resistencias de compresion a los 28 días, Probeta 4 A-B-C.....	114
Figura 65. Visualización de rotura a los 28 días, Probeta 5 .....	115
Figura 66. Diagrama: resistencias de compresion a los 28 días, Probeta 5 A-B-C.....	115
Figura 67. Visualización de roturas a los 28 días, prototipos 2-4-5.....	116
Figura 68. Diagrama: resistencias de flexión a los 28 días, Prototipo 2-4-5.....	117
Figura 69. Inmersión de probetas .....	118
Figura 70. Peso antes y después de sumergido al agua, probeta 2 .....	119
Figura 71. Peso antes y después de sumergido al agua, probeta 4 .....	120
Figura 72. Peso antes y después de sumergido al agua, probeta 5 .....	121
Figura 73. Absorción y contenido de humedad probeta # 2,4 y 5.....	122
Figura 74. Peso seco al horno probeta 2.....	123
Figura 75. Peso seco al horno probeta 4.....	123
Figura 76. Peso seco al horno probeta 5.....	123
Figura 77. Prototipo sometido al fuego .....	124
Figura 78. Hornilla semi industrial a gas .....	124
Figura 79. Aspecto del prototipo después del ensayo .....	125
Figura 80. Perforación (método taladro).....	126
Figura 81. Clavada de clavos, prototipo.....	126
Figura 82. Clavada de clavo, probeta .....	127
Figura 83. Corte del prototipo con sierra manual.....	127
Figura 84. Colocación del prototipo (C.M.N.E) en plinto 0.50x0.50x0.20m. ....	128
Figura 85. Encofrado de viga, prototipos (C.M.N.E).....	128
Figura 86. Hormigón 3/8 chispa 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	129
Figura 87. Colocación del hormigón 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	129
Figura 88. Viga de hormigón armado 0.07 x 0.18 x 0.65 m. ....	129

Figura 89. Viga de hormigón armado desencofrado. ....	130
Figura 90. Corte lateral columna mixta no estructural. ....	137
Figura 91. Isometría colocación de columna mixta en el plinto .....	138
Figura 92. Complementos utilizados en la columna mixta .....	139
Figura 93. Soportal de cubierta en vivienda con negocio, perspectiva 1 .....	139
Figura 94. Soportal de cubierta en vivienda con negocio, perspectiva 2 .....	140

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Esfuerzos admisibles maderas .....	20
<b>Tabla 2.</b> Densidad básica de las maderas .....	21
<b>Tabla 3.</b> Principales propiedades de la caña guadua ( <i>Angustifolia Kunth</i> ) .....	48
<b>Tabla 4.</b> Resistencia y requerimientos de las madera estructurales .....	55
<b>Tabla 5.</b> Fórmula para hallar el contenido de humedad (CH) maderas .....	57
<b>Tabla 6.</b> Esfuerzos admisibles de la madera categoría, A, B y C.....	64
<b>Tabla 7.</b> Módulo de elasticidad para las maderas categorías A, B y C .....	65
<b>Tabla 8.</b> Proyección población ecuatoriana (2010-2020) .....	69
<b>Tabla 9.</b> Empresas con plazas de empleos registrados promedio 2018 .....	69
<b>Tabla 10.</b> Cálculo del número de empresas/ 10.000 habitantes .....	70
<b>Tabla 11.</b> Cálculo para hallar las muestras .....	71
<b>Tabla 12.</b> Respuesta de la pregunta # 1 .....	72
<b>Tabla 13.</b> Respuesta de la pregunta # 2 .....	73
<b>Tabla 14.</b> Respuesta de la pregunta # 3 .....	74
<b>Tabla 15.</b> Respuesta de la pregunta # 4 .....	75
<b>Tabla 16.</b> Respuesta de la pregunta # 5 .....	76
<b>Tabla 17.</b> Respuesta de la pregunta # 6.....	77
<b>Tabla 18.</b> Respuesta de la pregunta # 7 .....	78
<b>Tabla 19.</b> Respuesta de la pregunta # 8 .....	79
<b>Tabla 20.</b> Respuesta de la pregunta # 9 .....	80
<b>Tabla 21.</b> Respuesta de la pregunta # 10 .....	81
<b>Tabla 22.</b> Dosificación prototipo 1 .....	98
<b>Tabla 23.</b> Características del prototipo 1- (0.10 x0.10 x 0.55 m) .....	101
<b>Tabla 24.</b> Dosificación de prototipo 2 .....	102
<b>Tabla 25.</b> Características del prototipo 2- (0.10 x0.10 x 0.55 m) .....	103
<b>Tabla 26.</b> Dosificación de prototipo 3 .....	104
<b>Tabla 27.</b> Características del prototipo 3- (0.10 x0.10 x 0.55 m) .....	105
<b>Tabla 28.</b> Dosificación de prototipo 4 .....	106
<b>Tabla 29.</b> Características del prototipo 4- (0.10 x0.10 x 0.55 m) .....	107

<b>Tabla 30.</b> Dosificación del prototipo 5 .....	108
<b>Tabla 31.</b> Características del prototipo 5- (0.10 x0.10 x 0.55 m) .....	109
<b>Tabla 32.</b> Control de resistencia a la compresiónProbeta 2 .....	111
<b>Tabla 33.</b> Control de resistencia a la compresiónProbeta 4 .....	113
<b>Tabla 34.</b> Control de resistencia a la compresiónProbeta 5 .....	114
<b>Tabla 35.</b> Control de resistencia a la flexión prototipos 2-4-5.....	116
<b>Tabla 36.</b> Control de absorción probeta 2 .....	118
<b>Tabla 37.</b> Control de absorción probeta 4 .....	119
<b>Tabla 38.</b> Control de absorción probeta 5 .....	120
<b>Tabla 39.</b> Contenidos de humedad (C.H) método seco al horno probetas 2, 4 y 5 .....	122
<b>Tabla 40.</b> Propiedades mecánicas entre la madera y el prototipo (C.M.N.E) .....	131
Tabla 41. Comparación de Densidades entre madera y probeta (C.M.N.E) .....	132
<b>Tabla 42.</b> Velocidad de combustión entre la madera y el prototipo (C.M.N.E).....	133
<b>Tabla 43.</b> Presupuesto referencial por unidad (C.M.N.E) .....	134
<b>Tabla 44.</b> Costos referenciales de columnas .....	134

## ÍNDICE DE ANEXOS

1. Resultados de ensayos a compresión .....	149
2. Resultados de ensayos a flexión.....	152
3. Control de ensayos digital .....	153
4. Planos de apoyo.....	154
5. Cálculos de cargas muertas distribuidas, diagrama (Kg) .....	155
6. Relación de esbeltez “ $\lambda$ ” (C.M.N.E) .....	156
7. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN- ISO 16983:2013.....	157

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación propone la fabricación de un prototipo de columna mixta no estructural, utilizando, desechos de maderas de encofrados, yeso comercial, plástico PET 1, bambú, resina vinil-acrítica y agua.

Este tipo de columna se la podrá incluir en los diseños arquitectónicos de soportales de cubierta para viviendas, pérgolas techadas, entre otros, que abrieran nuevos campos en la utilización de materiales innovadores para la construcción.

El estudio además se enfoca en la comparación con elementos existentes en medio arquitectónico de similares características, por consiguiente, se analizará y comprobará como la obtención de la materia prima y su manufacturación influye en el factor económico y competitividad entre las propiedades físicas y mecánicas, también se determinará los beneficios y oportunidades del nuevo producto.

En ese sentido, se resalta la importancia del uso y manejo responsable de los desechos sólidos tóxicos-reciclables (maderas de encofrado y plástico PET 1) que aumentan considerablemente con el transcurso del tiempo, debido a la poca información y el desinterés de las sociedades, es así que, este proyecto se involucra para contribuir con la determinación de conocimientos basados en experimentos, normas, hipótesis, encuestas y criterios sostenibles; en efecto, todo aquello se ve reflejado en la siguiente estructura de documento:

Para empezar, en el primer capítulo, es imprescindible puntualizar la problemática en el que se envuelve la investigación conforme a los residuos y la búsqueda de materiales nuevos para la construcción, por tanto, se plantea y formula el problema, además se determina el alcance del estudio y la sistematización, para lo cual se propone un objetivo general y otros específicos, se adiciona la justificación e hipótesis.

A continuación, en el segundo capítulo, se direcciona teóricamente a la propuesta por medio de trabajos relacionados con referencias bibliográficas, basadas en revistas, libros, así como contenido digital relevante al estudio; de esta forma se precisan conceptos, se añaden análisis de autores, se distinguen las normas o reglamentos vigentes que sean necesarios para el desarrollo del proyecto.

De manera que, en el tercer capítulo se indican los detalles del método investigativo, asimismo, se describen las herramientas de la experimentación científica, también, los tipos de investigación al cual se están rigiendo, al mismo tiempo se explica, cómo llegar al enfoque mixto, se agregan las encuestas dirigidas a la población, mismas que se recopilan y tabulan para finalmente, generar el análisis de los resultados.

Por último, en el cuarto capítulo se exponen los detalles de la propuesta, referente a la elaboración de los prototipos: columna mixta no estructural, que especifica, el grado de idoneidad, trabajabilidad, rigidez y funcionabilidad, además, se utilizan programas de perspectivas para dar mayor entendimiento al proceso de construcción, ensamble, materiales y mantenimiento; también, mediante estudios, se definen las dimensiones recomendadas, presupuesto referencial, conclusiones y recomendaciones, finalmente, se anexan los recursos de mayor importancia, tales como: documentos, imágenes, planos y otros.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Tema

*“Elaboración de un prototipo de columna mixta no estructural, a partir de los desechos de maderas de encofrado, aglomerante y plástico pet 1”.*

### 1.2. Planteamiento del problema

El auge industrial de la construcción y el descontrolado consumo de materiales sólidos no biodegradables de pet 1, han dado cabida a que se generen millones de toneladas anualmente, lo que repercute, en un déficit económico para el país y un gran problema medioambiental a nivel mundial. Paradójicamente autoridades competentes se desentienden y no dan o no quieren buscar soluciones concretas para dicha realidad, esto, debido a que probablemente existan procesos burocráticos o políticos que quieren evitar. Sin embargo, si bien es cierto que existen centros de acopios para dichos materiales, éstos no se abastecen debido a la gran demanda que representan.

Por las malas administraciones y el inevitable consumo de estos desechos y residuos sólidos tóxicos/reciclables, la naturaleza está cobrando factura, la biodiversidad del planeta desaparece en gran medida y a pasos agigantados, lo que representa como consecuencia: deshielos, incendios forestales, deforestación, migración de especies, liberaciones de emisiones CO<sub>2</sub> al ambiente, efecto invernadero, contaminación de los esteros, mares y ríos, peligro de extinción de la fauna terrestre-marina, agotamiento de los recursos no renovables, degradación de la tierra entre otros.

En la Ciudad de Guayaquil miles de residuos plásticos PET 1 se propagan cada día, lo que implica como causa, una gran afectación para el entorno. En las calles es muy común verlas tiradas en cunetas, acumuladas o mezcladas entre la basura, provocando taponamiento de alcantarillas y contaminación del Estero. En tanto que, recicladores con el afán de obtener más de estos, rompen las fundas de basura, ocasionando que los desechos orgánicos se derramen y causen: caos, proliferación de insectos, desorden y aumento de microorganismos. Además, por estas malas prácticas, se corre el riesgo de perjudicar el registro de vista para el sector turístico.

Los plásticos de un solo uso (PET 1), que están considerados como materiales sólidos tóxicos no biodegradables, son residuos que contienen unos de los compuestos más contaminantes del mundo, hidrógeno y carbono (petróleo), claros componentes que indican que para su proceso de extracción e industrialización repercute un grave impacto ambiental. También, estos plásticos por poseer propiedades resistentes a esfuerzos permanentes, desgaste de fricción, alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, hacen que tarden en degradarse cientos de años desde su inicio de elaboración, y otros que tienen la prioridad de mantenerse por mucho más tiempo.

Por otra parte, la falta de planes gestionales para con los desechos sólido en las empresas constructoras, que se dedican a proyectos habitacionales, hacen que miles de trozos de maderas se generen cada vez que remodelan o construyen edificaciones, ocasionando principalmente en las obras de carácter civil, pérdidas considerables de clavos, retrasos, entorpecimiento, accidentes, desorganización, quema de la misma y en épocas de invierno escondites de grillos y proliferación de microorganismos.

También, estos desechos de maderas por lo general, la mayoría de las veces se mezclan entre los escombros pétreos y otros materiales sólidos, haciendo que, grandes trozos de maderas obstaculicen e impidan que el llenado del desalojo fluya correctamente, provocando en obra considerable pérdida de tiempo. Con respecto a su disposición final, parte de ésta, causa una gran preocupación ya que moradores han evidenciado que los restos de escombros con desechos de maderas, las botan en las orillas de los esteros, y en terreno baldíos cercanos a los sectores rurales y periféricos de la ciudad de Guayaquil.

En consecuencia, a estas problemáticas que son irreversibles a corto plazo, surge la necesidad de crear o implementar nuevas técnicas de innovación; Guayaquil tiene infinidad de recursos escondidos que aún no se han podido explotar, debido al poco interés o falta de conocimientos. Por tal motivo, podrían crearse planes e iniciativas de concientización que tengan como principio fundamental ayudar a minimizar las grandes cantidades de residuos sólidos, contribuir con el medio ambiente y darles una dirección y un uso racional responsable, para que en bien común puedan aportar con técnicas y conocimientos de sostenibilidad en el área de la construcción.

### **1.3. Formulación del problema**

¿De qué manera los residuos urbanos, tales como el plástico PET 1 y los desechos de maderas de encofrado pueden ser utilizados en la construcción?

### **1.4. Sistematización del problema**

¿Se logrará incluir en el medio de la construcción un material elaborado con desechos de maderas de encofrado y plástico PET 1?

¿Cumplirá este prototipo con las exigencias de similitud expresadas en este proyecto?

¿Cuál será el formato definido en este material?

¿Podrá el producto final ser utilizado en función, con otros materiales?

### **1.5. Objetivo general de la investigación**

Elaborar un prototipo de columna mixta no estructural, a partir de los desechos de maderas de encofrado, aglomerante y plástico PET 1 para interior o exterior de viviendas.

### **1.6. Objetivos específicos**

1. Recopilar información de los materiales involucrados en el proyecto.
2. Elaborar un molde para el prototipo.
3. Definir las propiedades físicas y mecánicas del nuevo producto.
4. Obtener la mezcla aceptable para la fabricación de la columna mixta no estructural, en base a experimentación.

### **1.7. Justificación de la investigación**

Este proyecto de columna mixta no estructural se basa principalmente en la reutilización de los desechos sólidos, maderas de encofrado y plástico PET 1, también, se enmarca en demostrar que las mezclas de ambas pueden alcanzar propiedades óptimas e incluso, hasta podrían llegar a superar las de una columna tradicional de madera. Lo que quiere decir, que ésta podría tener grandes posibilidades de ser utilizada, tanto en interiores o exteriores, ya sea como un elemento único o mixto.

En tanto que, con la elaboración de ésta, podría ayudar con la iniciativa de uso y reciclaje responsable de los residuos sólidos, y con él, contemplar la idea de minimizar las contaminaciones originadas por los mismos, abrir el campo de nuevas técnicas y conocimientos en investigaciones futuras, e impulsar a las nuevas generaciones al desarrollo sustentable de nuevos proyectos. También, se dirige que el modelo sea industrializado para la construcción, considerando, la posibilidad de trabajar con otros materiales en similitud o individual, utilizando como propuesta, soportales de cubiertas para viviendas o pérgolas.

A si pues, esta investigación tiene como propósito final, elaborar un prototipo de columna mixta no estructural, utilizando desechos de maderas de encofrado y plástico PET 1, mismos que poseen altas propiedades, y que son encontradas dispersas, acumuladas en las obras de construcción, tiradas en las calles y mezcladas entre la basura de esta Ciudad. Por ello, es así, que lo que se pretende es contribuir, conocer y comprobar en base a estudios, hipótesis y experimentos, que la mezcla de estos podría ser factible para la utilización y aplicación de nuevos elementos de sostenibilidad, que bien podrían ser utilizadas en el campo de la arquitectura y la construcción.

Elementos que al ser utilizadas, en consecuencia, las constructoras podrían ahorrar tiempo, dinero y espacio, los pequeños micro empresarios darían cabida a un nuevo proceso de manufacturación, con el que se podría lograr una fuente de empleo y un posible rubro económico, el impacto ambiental sería mínimo ya que se trataría de evitar en lo posible la utilización de procesos industrializados. Con esta iniciativa se podría ayudar a minimizar la tala sin control de selvas vírgenes, efecto invernadero, entre otros, que son los principales responsables de causar, grandes cambios climáticos en la Ciudad de Guayaquil.

### **1.8. Delimitación o alcance de la investigación**

**Campo:** Educación superior

**Área:** Arquitectura

**Aspecto:** Investigación experimental

**Tema:** Elaboración de un prototipo de columna mixta no estructural, a partir de los desechos de maderas de encofrado, aglomerante y plástico PET 1.

**Delimitación espacial:** Guayaquil – Ecuador

**Delimitación temporal:** 2020-2021

### **1.9. Hipótesis de la investigación o ideas a defender**

Con los residuos urbanos, tales como el plástico PET 1 y los desechos maderas de encofrado se plantea la posibilidad de elaborar un prototipo de Columna mixta no estructural, que se implemente tanto en interiores como en exteriores de viviendas.

### **1.10. Líneas de investigación, dominio**

**Dominio:** Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.

**Línea institucional:** Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

**Línea de facultad:** Materiales de construcción.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Marco teórico referencial

Por el inevitable deterioro ambiental el mundo se ha visto en la necesidad de innovar, implementar, buscar y desarrollar nuevos proyectos viales de investigación, que estén basados principalmente en la sustentabilidad. La reutilización de los residuos sólidos es una buena alternativa, ya que incentiva y concientiza el uso responsable de la misma; es así, que diferentes países proponen varias opciones para con el uso de estos, debido a que poseen grandes propiedades que los hacen factibles para el desarrollo y elaboración de nuevos materiales, que podrían ser utilizados como elementos en el campo de la arquitectura y la construcción.

En efecto, en Cuba, los investigadores, Martínez Y, Fernández R, Álvarez D, García M & Martínez E (2014), en su trabajo, *“Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales”*, determinaron que su tablero de madera plástica puede ser tan resistente como la madera, utilizados en ambientes de exteriores; ellos realizaron un prototipo a base de aserrín y aditivos químicos (termoplásticos), con dosis de 50, 20 y 30%, el proceso de moldeo fue a extrusión; ellos presentaron un modelo que supero la densidad, e igualo las propiedades mecánicas del modelo tradicional, en las pruebas de hinchamiento y absorción los resultados fueron inferiores.

Una propuesta de origen estructural en la misma Cuba es la investigación elaborada por Rodríguez (2017), titulada: *“El bambú como refuerzo en materiales compuestos para la construcción”*, él definió al bambú como un material de alta calidad para la construcción, según expreso tiene alta resistencia a la tracción de 82 hasta 297MPa, su compresión 27 y 46MPa la flexión 75 y 124MPa; también determino que la variación de éstas cantidades dependen de la edad, especie, culmos, contenido de humedad y sus fibras, la resistencia a la tensión estimo 50 y 769Mpa, y el módulo de elasticidad 8 y 46 GPa.

En el caso de los elementos estructurales tales como las vigas de concreto reforzado con tablillas de bambú, en comparación con el acero, su refuerzo no represento un valor menor o mayor que el 3 o 4% de la sección transversal del elemento. Cuando se trata de usar cables de bambú en el hormigón recalco, que esta es una solución viable para el problema de adherencia en las tablillas de bambú transversal, también acoto que la adición de fibras fue de 1 y 2% del peso de la mezcla, nunca del volumen. Por último, expresa que se pueden diseñar mezclas de concreto con adición, remplazando cemento por cenizas de hoja de bambú (Rodríguez Hernández, 2017).

En Perú, Delgado (2016), en su trabajo: *Evaluación comparativa de las propiedades mecánicas entre el yeso adicionado con materiales reciclados según norma UNE-13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso*, pudo comparar eficazmente las diferencias entre la relación agua/yeso, A/Y + caucho, A/Y + corcho, A/Y + polímero, A/Y + celulosa, donde la flexión 1.29 N/mm<sup>2</sup>, compresión 3.50 N/mm<sup>2</sup> y dureza 22.95 N/mm<sup>2</sup> fueron superiores, según la relación A/Y (1.05 N/mm<sup>2</sup>) - (2.58 N/mm<sup>2</sup>) y (9.89N/mm<sup>2</sup>). Su dosificación se dio con una relación del 90 al 10% de volumen, la probeta fue dada según norma 4 x 4 x 16 cm, que dio como resultado 256cm<sup>3</sup>, teniendo como un 10% para materiales reciclados y el 90% para yeso.



**Figura 1.** Probetas de yeso adicionados con corcho, caucho, polímero y celulosa  
**Fuente:** Delgado, 2016

Realizo un total de 75 probetas 5/c propiedad, los ensayos se los realizaron a los 7 días, se utilizaron moldes de madera las que se recubrieron internamente con acrílico. Para todo esto empleo el método de amasado y saturación, ella recomiendan elaborar probetas adicionado 2 o más materiales reciclados, en lo posible también, ampliar los tiempos de secado de 7 a 30 días (Delgado, 2016).

En el mismo territorio, ciudad de Lima, Polanco & Quispe (2019), en su desarrollo de investigación: *Aprovechamiento de tereftalato de polietileno PET 1 reciclado y residuo aserrín de madera para el desarrollo de un compuesto plástico- madera*. Obtuvieron materiales de buena consistencia física con propiedades morfológicas estructurales y mecánicas aceptables, para aplicaciones industriales y empleo de materiales de ingeniería. Ellos utilizaron tecnología de horno a temperaturas de 180,200 Y 220°C, concentraciones de arcilla bentonita 5, 10 y 15g y aserrín de madera 10,20 y 30g, también demostraron que las fibras vegetales presentaron buenas propiedades mecánicas y qué las partículas a menor tamaño obtienen una mayor resistencia.



**Figura 2.** Experimento, compuesto plástico – madera (aserrín)  
**Fuente:** Polanco & Quispe, 2019

El colombiano Piñeros (2018), en su trabajo: *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de viviendas*. Pudo definir la factibilidad de su producto ya que es ligero y económico con relación al tradicional, su proceso de elaboración concluyo con la fabricación de mezcla de hormigón, adicionando plástico PET 1 en porcentajes de 5,10 y 15% en sustitución de la arena, mientras que para el mortero su relación de dosificación

1:2, y agua 48% del volumen total del cemento, estableció un 10,20 y 25% en sustitución de la arena. Dosificaciones requeridas para estos tipos de mezclas, por último, concluye diciendo que solo serán idóneas para trabajos de obra civil menor.



**Figura 4.** Probetas de hormigón adicionados con PET1  
**Fuente:** Piñeros, 2018

Ecuador también están proponiendo la reutilización de este tipo de residuos según (Quiroz Vélez & García Rezabala, 2018) en su tesis, *Elaboración de paneles prefabricados a base de cascara de maní y polietileno reciclado PET1, para la aplicación en los procesos constructivos de proyectos arquitectónicos*. Comprobaron que la mezcla de maní, plástico PET reciclado y la resina como material de adherencia cumplieron con los parámetros requeridos, esfuerzos de compresión 241 Kg/cm<sup>2</sup> que represento un rango superior 210 Kg/cm<sup>2</sup>, absorción 10% favorable para ambientes interiores. Su dimensión fue 1.22 x 2.44 x 0.11m, y el costo según presupuesto 22,40 \$

<b>Paneles prefabricados de cáscara de maní y PET polietileno.</b>	
<p><b>Descripción del material:</b> Para su fabricación se requiere la cáscara de maní, PET polietileno reciclado y una pequeña cantidad de resina.</p>	
<p><b>Ventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su resistencia a la compresión es mayor que la de un panel de aglomerado convencional. Superando hasta la de un hormigón de 210kg.</li> <li>• Presenta un 10 % de absorción a la humedad, favorable para utilizarlo en espacios internos de edificaciones.</li> </ul>	

**Figura 3.** Paneles prefabricados adicionados con Cáscara de maní y PET1  
**Fuente:** Quiroz & García, 2018

En la ciudad de Quito destaca según Carrillo (S, F) en su trabajo: *Diseño de un material compuesto con matriz de resina poliéster y fibras de aserrín y PET*. Logro definir un compuesto con adiciones de materiales reciclados, proceso industrializado, y resultado de solidificación exotérmica. Para ello utilizo resina de PET (Granceado), aserrín de laurel tratado y tamizado, resina poliéster, estireno monómero, sal de cobalto (acelerador), MEK-peróxido (catalizador), y cera desmoldante. Su dosificación dada fue, 1500 g de resina poliéster, 150 g de estireno, 200 g de aserrín, 100 g de PET, 3 g de cobalto y 22 g de MEK- peróxido.

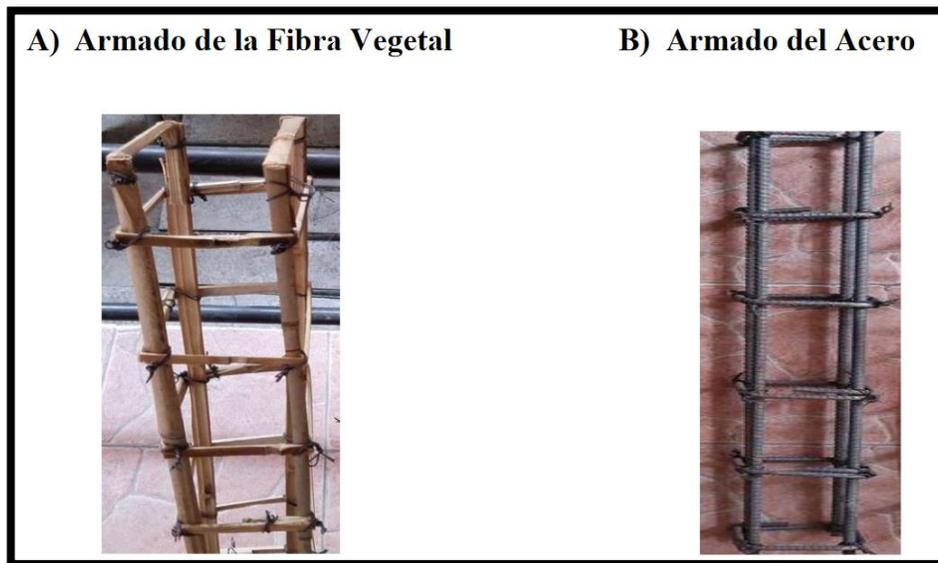
Las medidas de probetas definieron, 230x7x30mm. Para ello recomienda utilizar un molde de plancha acerada con dimensiones adaptada a la cantidad de probetas tanto a flexión como a tracción, utilizó máquina de corte a láser para obtener las muestras, el describió que la termofusión de estos materiales es altamente peligroso, por ultimo su resistencia a tracción expresó, fuerza máxima soportada 14,71 KN, fuerza de tracción 175,12 MPa, con promedio 8,03 KN y 95,60 Mpa, sus esfuerzos de flexión determinaron 0,78 KN, 118,75 MP, promediando 0,65 KN y 99,57 MPa. Carrillo, (s/f).

En la región sierra Provincia de Tungurahua según (Torres L. , 2017), en su trabajo: *Elaboración de un prototipo para la fabricación de eco-postes con plástico (PET) en el relleno sanitario romerillos del cantón mejía*. Determinó al Polietileno Tereftalato (PET) tipo 1 como materia prima apta para la elaboración de eco-postes. Sus propiedades fueron: Densidad 1,34 – 1.39 g/cm<sup>3</sup>, Dureza de Rockwell M94 – M101 y Temperatura de fusión de 244 y 254°C. El diseño del prototipo fue conformado por planos, con manoplas y tapa, para su elaboración utilizó materiales de hierro, la dimensiones de su mole fueron 2.40m de longitud y 0.104 m de ancho.

Los parámetros de resistencia a la compresión identificaron 76 – 128 MPa, también en su proyecto aplicaron pruebas de presión 20 y100 psi que corresponde a 92MPa, su producto fue resistente no mostro flexibilidad ni ruptura, mantuvo características y propiedades aceptables. Su proceso de elaboración fue industrializado por medio de inyección y moldeo sin adición de productos químicos, por último, sugiere Investigar o crear información para el diseño y elaboración del prototipo, molde y producto,

siguiendo parámetros indispensables ya que es muy escasa la información existente para obtener un producto de alta calidad (Torres L. , 2017).

En tanto, en la ciudad de Ambato (Cují, 2016) en su trabajo: “*Análisis de la caña guadua y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto*”, logró definir la comparación y análisis por flexión de cada viga, acero, caña guadua y bambú, utilizando materiales propios de la zona agregado fino, agregado grueso, caña guadua, bambú y acero, elaboro 66 vigas de 150x150x 750mm, utilizo para la armadura longitudinal y transversal  $\varnothing$  de 12 y de 10mm, colocaron 7 estribos c/100mm.



**Figura 5.** Análisis estructural caña guadua, bambú y acero  
**Fuente:** Cují, 2016

En el ensayo de flexión a los 28 días tanto la caña guadua como el bambú y el acero con ganchos, obtuvieron 18.18, 22,51, y 37,54 MPa. La deformación obtenida represento 4.469, 5. 37 y 5.99 mm, el expuso que el ensayo del acero coincide con la norma peruana referenciada en su trabajo, Cují (2016).

El método que utilizo para curar las fibras de guadua y bambú fue por inmersión, en consideración, el aconseja colocar maderol concentrado en las fibras de vegetal por un lapso de 12 a15 días y dejar al ambiente media hora antes de utilizarse como refuerzo, también recalca, que tanto la guadua como el bambú deben sujetarse a exigencia de corte

y selección, de tal forma aclara, que el gancho en la fibra vegetal utilizada como reforzamiento le permite tener adherencia dentro del hormigón incrementando la resistencia a flexión. Por último expresa que tanto la guadua como el bambú utilizado como material de refuerzo estructural a la flexión no presenta una adecuada resistencia con relación al acero de construcción, (Cují, 2016).

En la ciudad de Guayaquil, (Machado, 2018), en su trabajo de investigación, *Prototipo de tablero para paredes en base de mezcla de viruta de madera, yeso y plástico PET 1 reciclado para viviendas de interés social*. Desarrollo 2 prototipos de tableros armables para interiores y exteriores de viviendas con interés económico asequible, de medidas 0.30 x 0.30 y 0.30 x 0.60 m, sus propiedades fueron aceptables según norma INEN, absorción inferior al 10% y ensayos de laboratorio a compresión 31 kg/cm<sup>2</sup>; ella, recomienda aplicar a los tableros un tipo de resina para mejorar su resistencia y protegerlos de diversos agentes climáticos.

En la misma ciudad Guayaquil según, (Sudario, 2019) en su proyecto de investigación: *Elaboración de un tabique ecológico decorativo con viruta y PET para promover el reúse en la ciudad de Guayaquil*. Logro definir con medianidad un producto para viviendas de interiores. Los materiales utilizados fueron: resina poliéster, octoato de cobalto, estireno monómero y mek peróxido, estos materiales en fusión con el plástico formaron una masa vinílica que al secar repercutió un esfuerzo de corte, ella expuso que el tabique cumplió con medianidad la resistencia a la absorción y al fuego, mas no resistió los rayos (U.V), por último señala no aplicar pintura debido a que los elementos es de origen combustible.

Guayaquil según, (Torres F. , 2019) en su trabajo: *Elaboración de prototipos de tapas de alcantarillas y postes de alumbrado en base al PVC reciclado*, pudo determinar las propiedades físicas y mecánicas de estos elementos. Para ello desarrollo un proceso empírico, utilizando método de cocción manual con cocineta y sartén de hierro a una temperatura de 160°C, también realizo 3 tipos de ensayos todas con adición de PVC reciclado, la 1ra muestra con PVC, agua y resina vegetal, la 2da con PVC y agua, y la 3ra PVC, PET y agua. A esta última acreditaron valores promedios de dosificación aceptables, 680,4 g de PVC, 226,8 g de PET más 2 onzas de agua.

Utilizó procedimiento de hincado con varilla lisa, con golpes simultáneos en todo el molde 10 veces en 2 tiempos para ambos procedimientos (tapas de alcantarillas y postes), el contenido de humedad a los 28 días obtuvo un promedio aceptable 0,14% de absorción, el promedio a compresión fue tomado a los 3, 7, 14 y 28 días, este último obtuvo 303,33 kg/cm<sup>2</sup> y porcentaje de rotura 108,01%. Para las muestras aprobó 10cm de diámetro por 18,33cm de altura. Por ultimo recalca, que el presupuesto fue menor, en consideración a las tapas de plástico, postes de acero y hormigón, (Torres, 2019).



**Figura 6.** Prototipo de poste adicionado con PVC  
**Fuente:** Torres, 2019

### 2.1.1. Antecedentes sobre los desechos solidos

La producción globalizada que se ha desarrollado a lo largo de los años, ha acarreado a su vez un entorno de progresivo consumismo, cada vez de forma mucho más precipitada, con lo cual es difícil manejar sus efectos negativos; puesto que organismos internacionales consideran que la sociedad inmersa en este estilo de vida muestra poco interés en cambiar la manera de manejar sus desechos urbanos. Por tanto, hay residuos generados en todo el mundo que llevan un plan deficiente de tratamiento de basura, ocasionando un problema exponencial al afectar la biodiversidad.



*Figura 7.* Desechos orgánicos  
*Fuente:* La Noticia Charlotte, 2018

En la prehistoria, cuando los primeros habitantes nómadas surgieron, los desechos generados hasta ese momento eran orgánicos, y su descomposición se daba naturalmente; de igual forma, conforme éstas civilizaciones crecían, se desarrollaban y descubrían nuevas técnicas de supervivencia, las poblaciones y nuevos asentamientos se extendían y con ellos la generación de desechos que de apoco se fue convirtiendo en un grave problema, no obstante, la evolución siguió su curso y el desacelerado asentamiento urbano traería el desarrollo de nuevas tecnologías originadas por la

explotación del petróleo, que experimentaría en el transcurso del tiempo, trágicas consecuencias adversas que hoy se ven reflejados en el mundo actual.

No obstante, la denominada “Cumbre de Río” celebrada en 1992 en la ciudad de Rio de Janeiro, los países miembros de las Naciones Unidas dieron paso a un camino más sostenible para el planeta; debido a que se llegó a varios acuerdos en donde el medio ambiente se vería beneficiado dentro de un plan integral de acción global. Sus objetivos se puntualizaban en la reducción de los desechos, así como la implementación de esquemas de reciclado y reutilización de los mismos, también en la ampliación de los servicios que abarcan la recolección de los residuos urbanos (Rondón Toro, Szantó Narea, Pacheco, Contreras, & Gálvez, 2016).

Luego de veinte años, dichos planes fueron dando resultado progresivamente, empezando por la cultura de conciencia e importancia hacia el buen manejo de los desechos de las grandes ciudades, aunque en gran parte del continente americano aún persiste la falta de información para el reciclaje de residuos y la reducción de los mismos, cuya problemática se denota más en poblaciones de escasos recursos (financieros, humanos y tecnológicos), donde la implementación de dichos planes, aún no han llegado; sin embargo, este panorama puede cambiar con un plan sólido en el que abarque todos los aspectos del ciclo de los residuos (Rondón Toro, Szantó Narea, Pacheco, Contreras, & Gálvez, 2016).

### **2.1.2. Evolución y manejo de los residuos sólidos en el Ecuador**

Los siguientes antecedentes fueron extraídos de letras Verdes, Revista electrónica Latinoamericana de Estudios Socio ambientales, en complicitad. Según Solís (2015), relata que la evolución de los residuos sólidos en el Ecuador se remontó a fines del siglo XX, década de los 70 en el que el crecimiento exponencial de una población y el auge de la explotación petrolera dieran inicio al desarrollo y aumento de grandes cantidades de residuos, según antecedentes fue donde aparecieron los primeros indicios de los botaderos empíricos a cielo abierto, que serían captadas en su momento por las grandes ciudades, Guayaquil, Cuenca y Quito, esto en consecuencia de que en esa época no habían destinos fijos de acopio para la disposición final de estos residuos.

Entre los años de 1970-1975, todavía las poblaciones no tenían ni un rumbo ni una dirección clara de escape para el correcto manejo y depósito de estos residuos. La desorganización era tan común que ni las propias autoridades se inmutaban por buscar un plan de mitigación para este tipo de problemas, por el simple hecho de que a estas no se les daban mayor importancia. Se podría decir, que en esta época eran escasos o prácticamente nulos los entes controladores del ambiente. Por lo que La habitualidad de estas malas costumbres se tornaron tan naturales que la ciudadanía optaba por botar la basura en terrenos baldíos, calles, ríos, esteros, quebradas y hasta por las ventanas de sus propias casas. (Soliz, 2015).



**Figura 8.** Extracción petrolera, Santa Elena (Ecuador)  
**Fuente:** EP Petroecuador, 2013

Hasta entonces, autoridades competentes definirían lo que para ese momento se trataba de un tema crucialmente urgente, y optaron por autorizar formalmente los espacios de vertederos a cielo abierto para el depósito de cualquier tipo de residuos en todo el territorio nacional. Posteriormente de apoco la sociedad concientizaba y daba paso al correcto uso y el buen manejo, que paso primero de botar la basura de manera empírica a botarla en su lugar, hasta que afinales de los 90, todos los sistemas que hasta ese momento funcionaban como desfogue de auxilio inmediato colapsaron, poniendo en evidencia lo inevitable Soliz (2015).

Las partes involucradas llámense, industrias constructoras, agrónomas, comerciales, de extracción, y las ciudades de alta y mediana densidad poblacional fueron los principales corresponsables de dicha problemática que en su momento se presentaron pero en diferentes etapas, la alta contaminación que estos residuos habían originado era tal que se estaba perjudicando el bienestar de la salud y el patrimonio cultural, ambiental de la nación. Soliz, (2015).

Por el cual se dispuso como alternativa definitiva la implementación de los rellenos sanitarios que definió en su momento botar la basura en cada sitio, y con ello su eliminación parcial o total de los botaderos a cielo abierto. La nueva generación del siglo XXI traería consigo el desarrollo de nuevas estrategias tecnológicas que servirían de apoyo para la organización, control y buen manejo de los residuos sólidos en el Ecuador. Sin embargo, autoridades municipales seguirían recluidas por los monopolios del poder político privado que amas de recluir y dar soluciones a medias delimitaban y atrasaban el desarrollo de un país. Soliz, (2015).

Es así, que una sociedad con posibilidades a medias dirigidas y controladas por las grandes mafias de privatización en complicidad, consiguiera una estabilización momentánea dentro del organigrama nacional de residuos sólidos a nivel cantonal, estabilidad que no hubiese sido posible sin la ayuda de la opinión y respuesta de varias organizaciones públicas, privadas, que ayudaron y llevaron a cabo la recuperación y procesamiento de residuos sólidos a nivel nacional. Esto, pudo permitir la nivelación considerable de un sistema que en su momento habría visto afectado por el crecimiento exponencial de una población. Soliz, (2015).

Los índices de producción de residuos sólidos en esta investigación fueron obtenidos mediante Censo Nacional de Agua Potable, Alcantarillado y Residuos Sólidos, realizada por el MIDUVI-2009-2012, el cual determino en su estudio un promedio de 0,81 kg/hab/día, que represento una mediana, en consideración a la producción de otros países en vías de desarrollo. También, solo un 20% del promedio se encuentran en condiciones de función adecuada y el porcentaje restante es distribuido en botaderos clandestinos o empíricos. Soliz (2015).

### 2.1.3. Breve reseña de las maderas de encofrado en la construcción

En un estudio realizado por Álvarez, Martín & Casado (1995). Indicaron que los primeros indicios de haber utilizado los encofrados de madera a manera de moldes, data de la época neolítica donde los griegos, romanos y egipcios desarrollaron y utilizaron los morteros como materiales ligantes para la construcción, luego en el siglo XVIII con los avances tecnológicos se dio paso al surgimiento de los nuevos sistemas hidráulicos. Desde entonces, se ha venido dando la continuidad para la utilización de los encofrados de maderas que fueron y son utilizadas en pequeñas, medianas y grandes dimensiones en el campo de la ingeniería y la arquitectura.

Por tanto, estos elementos que tienen función estructural provisional (encofrados de maderas) han sido y seguirán siendo de mucha utilidad específicamente para el área de la construcción, ya que poseen propiedades físicas y características resistentes para soportar las fundaciones exigentes en obra. Por lo dicho, según Keenan & Tejada, (1987). La madera tiene características físicas y mecánicas importantes para las categorías A, B, C, D Y confiteras

**Tabla 1**

*Esfuerzos admisibles maderas*

<b>Grupo</b>	<b>Flexión</b>	<b>Tracción</b>	<b>Compresión paralela</b>	<b>Compresión perpendicular</b>	<b>Cizallamiento</b>	<b>MOE 0,05</b>	<b>MOE medio</b>
A	210	145	145	40	15	95000	130000
B	150	105	110	28	12	75000	100000
C	100	75	80	15	8	55000	90000

Fuente: Keenan & Tejada. (1987)

**Tabla 2***Densidad básica de las maderas g/cm<sup>3</sup>*

<b>Grupo</b>	<b>Rango de densidad básica g/cm<sup>3</sup></b>		<b>Número de especies</b>
A	0,70	0,90	
B	0,55	0,70	
C	0,40	0,55	95
D	0,21	0,40	
CONFITERA			
S	0,39	0,57	

Fuente: Keenan &amp; Tejada (1987).

**2.1.4. Maderas de encofrado en el Ecuador uso y resistencia**

En Ecuador las maderas de encofrado provienen de un tercer ciclo que se extraen de selvas amazónicas y costas, para el corte se seleccionan como primer paso las trozas o troncos de mayor diámetro que son los que sirven principalmente para maderas y paneles contrachapado, posteriormente se aplica el segundo paso que consiste en seleccionar los troncos de diámetro inferior que servirán para obtener maderas aserradas de diferentes diámetros, como último proceso se seleccionan del mismo corte los restantes que son destinados para elaborar elementos de construcción y otros. Jiménez, Ascencio & Barreto (s.f.).

Hablando de resistencia, según se refiere específicamente a los encofrados tradicionales con densidad baja, que oscilan entre 0,21 y 0,40 g/cm<sup>3</sup> de peso específico para maderas blancas, solo pueden ser utilizadas hasta 2 veces máximo. Los diámetros y

usos para estos elementos en el Ecuador no son estandarizadas debido a que no existen normas específicas que regularicen o controlen el expendio de la misma. Sin embargo, medidas internacionales de diferentes categorías se pueden adaptar como referencia. En Ecuador Región Costa, el promedio de medidas para tiras, tablas y cuarterones es de 4000mm de longitud y en la Región Sierra, el promedio estimado es de 2040mm. Jiménez, Ascencio & Barreto (s.f.).

En la lista para maderas semiduras de espesor, resistencia y densidad media (0,39-0,57) g/cm<sup>3</sup>, categoría confiteras, son elementos que cumplen funciones específicas en el área de la construcción, utilizando encofrados que soportan mayores esfuerzos de compresión y flexión, el número de veces que pueden ser utilizadas es hasta 5 a 10 veces según usos y cuidados. Sus medidas más comunes en tabloncillos son: 20\*250\*2040mm, 40\*250\*2040mm en cuarterones 40\*40\*2040mm y en tiras a manera de listones de 25x25x2040mm. Jiménez, Ascencio & Barreto (s.f.).

En la misma lista se destacan los tableros de encofrados machimbrado, que particularmente son utilizados para muros, columnas y losas, estos por lo general también cumplen con la densidad requerida para utilización y fabricación de elementos modulares, muebles, puertas u otros. Entre las maderas más comunes para estos fines está el Sande, Laurel costeño, bella María, lengua de vaca, sangre, eucalipto, simira, higuerón colorado y shora, especies amazónicas y costeñas. Jiménez, Ascencio & Barreto (s.f.).

Por último, están los encofrados de panel contrachapado, su utilización es especial ya que se las pueden utilizar como elementos para decoraciones en hormigones vistos, es decir, su acabado final no requiere de procedimientos adicionales. También son de gran importancia en trabajos de alta complejidad, escaleras helicoidales, losetas estilos cúpula, muros curvos o circulares entre otros. Sus dimensiones varían según requerimientos y puesta en obras 1020\*2044mm\*5 a 15mm, Las maderas utilizadas para estos fines también son de resistencia mediana y pueden ser utilizados según usos y cuidados, Jiménez, Ascencio & Barreto (s.f.).

Las maderas de encofrados con diferentes densidades, las mayorías se utilizan para realizar trabajos en ingeniería civil, sean estas edificaciones, urbanizaciones, remodelaciones entre otras. El armado se lo realiza en situ dependiendo del requerimiento y exigencia en obra, estos encofrados que tienen función estructural provisional, poseen la capacidad de resistir diferentes tipos de esfuerzos horizontales, verticales y transversales, por lo que son muy utilizadas en columnas, vigas, pilaretes, muros, zapatas, plintos, losas y otros.

Cabe destacar que en relación al tema “encofrados de maderas en la construcción”, en Ecuador este ha sido un tema de muy poco interés, en consecuencia, pocos trabajos de investigación que se refieran puntualmente al uso y manejo de encofrados de baja densidad, esto por ser considerado como un material relativamente barato, que no requiere de ningún tipo de normas para su elaboración. Para bien común las nuevas tendencias las han ido absorbiendo de apoco hasta tal punto de hacerlas perder protagonismo en obras de mayor jerarquía, sin embargo, estas se mantienen y probablemente se mantendrán por mucho más tiempo.

#### ***2.1.4.1. Requisitos para utilizar maderas de encofrados***

En las distintas obras de construcción, según criterios y experiencias documentadas, se enlistan algunos de los requerimientos básicos para encofrados de baja densidad, esto por considerar que en Ecuador, como se reiteró en los párrafos anteriores no existen normas para dichos encofrados.

- 1.- Se debe establecer un espacio de almacenamiento y corte que esté libre de humedad y en lo posible que tenga una ventilación adecuada.
- 2.- Se deberá utilizar en todos los casos aceites o grasas para encofrados ya sea este de cualquier tipo para garantizar su fácil desmontaje y vida útil.
- 3.- Se debe considerar la capacidad mínima para la utilización de clavos en los encofrados de todo tipo.
- 4.- Contratar personal calificado, (carpinteros con experiencia) para el manejo y correcto uso de los encofrados.

- 5.- Evitar las excesivas separaciones entre los elementos de encofrado que en obra perjudica en tiempo y mano de obra.
- 6.- Encofrados para elementos de gran magnitud como: losas, columnas, muros y vigas de luces y peraltes considerables, de preferencia utilizar maderas con densidades superiores a 40g/cm<sup>3</sup>.
- 7.- Sea el caso se requiere la supervisión de un profesional (Ingeniero o Arquitecto) para garantizar una buena dirección y manejo de los espacios que son considerados como puntos ciegos.
- 8.- Cálculo estimado de peso y volumen del hormigón armado, para el correcto metrado del material (encofrados).
- 9.- Verificar que los encofrados una vez colocados en situ contengan un porcentaje considerable de humedad antes de ejecutar la fundación, esto con el fin de no desequilibrar el proceso normal del fraguado.

#### **2.1.5. Breve evolución histórica del yeso**

Desde la evolución del hombre el yeso ha estado presente en todas las épocas sin lugar a duda ya sea de forma natural o procesada, sus usos varían según necesidades lugares y espacios, entre los más comunes se encuentran: los revestimientos con morteros en interiores o exteriores, decoraciones, jambas, molduras, esculturas, paneles, pinturas y otros. Estas aplicaciones han venido evolucionando con el transcurso de los años, girando en beneficio del bienestar común de las sociedades.

El yeso según investigaciones se originó hace 200 millones de años, mediante grandes depósitos marinos, conocidos con anterioridad como partes de los Continentes Oceánicos, que se secaron por diversos factores. Mismos que traerían consigo la aparición de los grandes lechos de yeso, que posteriormente serían descubiertas por el hombre. (Samper, 2020).

Según investigaciones en el siglo IV y V, A.C fueron encontrados los primeros vestigios de yeso que se descubrieron en decoraciones y revestimientos tanto en paredes, como en muros y pisos. Otro ejemplo de aquello es Siria que fue donde encontraron fragmentos de elementos destinados a la utilización de bases en frescos

decorados y estucos. Su utilización más relevante se remonta en la época prehistórica egipcia 2800 A.C donde los morteros de yeso con cal fueron materiales fundamentales para el revestimiento y construcción de las famosas pirámides de Keops, Reyes (1997).

A partir del siglo XV en adelante se empezó a demostrar la idoneidad y trabajabilidad del yeso en la construcción, esto en consecuencia por diversos estudios que lograron definir sus características y propiedades mecánicas, el aislamiento térmico y acústico, son unas de las principales propiedades que otorga este producto, catalogado como un material netamente industrial, utilizado especialmente para elaborar elementos de prefabricación en la construcción, insumos farmacéuticos medicinal y otros. Reyes (1997).

#### **2.1.6. El yeso en el Ecuador**

En Ecuador el yeso no tiene gran variabilidad en lo que se refiere a usos, elaboración y extracción, más bien, de cierta manera sigue los mismos lineamientos de otros países. Esto, a sabiendas que existen recursos **no metálicos** que son medianamente abundantes, en consideración a países de América latina y Europa que son potencia en este tipo de materiales (Cornejo, 2016).

Como se reiteró, Ecuador dispone de varios recursos **no metalíferos** en las que se encuentra la roca mineral yeso dihidratado ( **$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$** ), material considerado como uno de los más utilizados en las industrias. Su explotación principal se centra en Malacatos y Bramaderos Provincia de Loja, Parroquia Colonche Provincia de Santa Elena, también, existen pequeñas cuencas artesanales que se encuentran en Progreso (Parroquia rural de Guayaquil), este es el encargado de abastecer en gran parte las necesidades de la empresa cemento nacional (HOLCIN). Cornejo (2016).

En Morona Santiago se estima según estudios geológicos que existen capas de yeso que afloran en la parroquia Taisha, por lo que se calculan depósitos de 1280 000 ton, y reservas de más de 5000 000 toneladas posibles, su contenido ( **$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$** ) oscilan entre 64,5 y 98,9% de pureza. El yeso a modo de empleo es utilizado naturalmente, crudo o calcinado, este último es el más importante ya que de ello se extraen

diversidades de yesos utilizados en elementos prefabricados, placas, paneles, molduras y moldes para la medicina y la ortodoncia Cornejo (2016).

Sin lugar a duda el yeso es un material de origen renovable natural, capaz de satisfacer las grandes necesidades de la humanidad, que se centra principalmente en el mercado industrial.

## **2.2. Marco conceptual**

En esta sección se dispondrán los términos o conceptos de materiales que definen los componentes relevantes relacionados con la columna mixta no estructural, en efecto, se determinan las expresiones que puedan dar el mayor entendimiento y sentido de pertenencia al proyecto en los siguientes conjuntos:

### **2.2.1. Columna**

Según la Real Academia Española (2014), una columna es un “soporte vertical” que tiene una altura variable aunque mayor que su parte transversal, dichos elementos, como indica el Arq. Gómez (s.f), sirven para que sean capaces de transmitir las cargas que llegan a los cimientos. Entre conceptos más generales están los de Bloomer, Moore, & Yudell (s.f) que la describen como una pieza que representa la postura erguida humana antes de que sean utilizadas para sostener cubiertas protectoras y muros.

Ellos sostienen que las primeras columnas pudieron muy bien ser simples troncos de árboles, que después serían reemplazados por fustes de piedra, aislados como monumentos y agrupados como soportes. A lo largo de la historia se relatan a continuación algunos acontecimientos y facetas que involucraron de cierta manera a la columna. En Egipto los faraones las utilizaban como soportes de cubierta, que formaba en ellas un dosel o baldaquino ceremonial, también las casas de los súbditos tenían similitudes formas, hasta que después de varios milenios se la utilizó para colocar santos medievales característicos de esa época, en tal virtud esta tomó el nombre de edículos, o morada simbólica ceremonial.

En las antiguas ciudades griegas unas hileras de columnas daban lugar a un pórtico frontal de remate triangular (frontón) de similares características, otorgadas principalmente para los soberanos que eran los encargados de administrar y aplicar

justicia, varios siglos después la posición de este pórtico se convertiría de igual manera en un símbolo de poder que representaba principalmente la casa de los gobernantes, misma que era reservada para apariciones importantes y otras funciones de carácter cívico.

En otras culturas mediterráneas estos tipos de columnas servían como elementos de soporte principal caracterizadas por arcos y cúpulas de gran dominio, que se utilizaban principalmente para el cortinaje de la realeza, emulado tal vez por las tiendas de los conquistadores nómadas. En tanto que, países como China y Japón las tendencias se inclinarían fuertemente a las famosas pagodas, edificios religiosos budistas de gran realce, diferenciadas y definidas por cubiertas de tejado escalonadas de varios niveles, en cambio en la época del imperio Romano eran empotradas estratégicamente en muros, que daban tendencia para aludir al poder.

De cierta manera dichos acontecimientos seguramente serían los responsables de que se dieran paso al surgimiento de las columnas como tal. En la actualidad existen diversidades de columnas que abarcan desde lo más remoto hasta lo más actual de lo clásico a lo industrial con baja, mediana y alta resistencia cada una de ellas con un fin específico, las estructurales capaces de resistir su propio peso y cargas superiores sean estas vivas o muertas, las no estructurales se limitan y son utilizadas específicamente para elementos de decoración u otros que no impliquen cargas superiores a su propio peso. Dichas aclaraciones estas pueden servir como simples parantes, o hasta para construir grandes edificaciones entre otros.

#### **Algunos tipos de columnas según utilización y criterios se clasifican:**

- Hormigón armado
- Acero
- Madera
- Prefabricada
- Mixta

Se haría muy extenso hablar de cada una de ellas, por tanto, esta investigación solo analizara a manera de instrucción la de mayor interés.

### ***2.2.1.1. Columna mixta***

Según (Benet, 2017) hasta los años 50 las columnas mixtas eran perfiles metálicos recubiertos de hormigón de baja resistencia, que tenían como límite otorgar protección contra el fuego y la corrosión. Delimitando en ello las propiedades propias del hormigón en este tipo de columnas. Sería en Investigaciones posteriores que se diera a conocer la importancia del recubrimiento de hormigón, que incidía directamente en la reducción de la esbeltez, incrementando en ello su carga de pandeo en las caras paralelas.

Para estas columnas mixtas se utilizan normas ya establecidas que, aunque no son compartidas ni estandarizadas, cumplen con la ley reglamentaria para elementos de perfiles embebidas de hormigón simple u hormigón armado. En la que destaca, La norma europea, (Eurocódigo 4: Diseño de Estructuras Mixtas de Acero y Hormigón). Benet (2017).

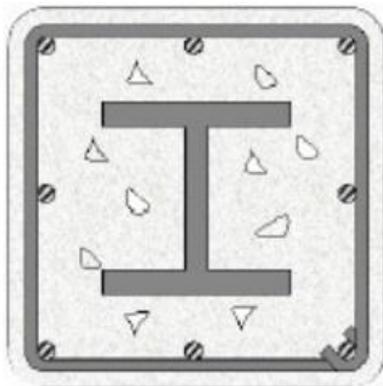
Otras de las principales normas que se registran, es la American Institute of Steel construction (AISC) que dictó en 1997 su primera versión en donde contempla la disposición sísmica para diseño de elementos y sistemas estructurales. Actualmente, países desarrollados y de alto riesgo sísmico avalan dichos procesos de combinación, tal es el caso de la American Concrete Institute (ACI), y la ya mencionada (AISC), normas y especificaciones americanas que hacen referencia para la aplicación de elementos de estructuras mixtas en América Latina. Herrera, (2013).

Las columnas mixtas son combinaciones que involucran principalmente al acero de perfil tabular y al hormigón común o estructural, que en función otorgan una mayor protección contra el fuego, rigidez, tenacidad y ductilidad. De fácil ensamble, permite mayor resistencia de carga en consideración si trabajara independientemente. Reaccionan favorablemente y con mayor eficacia en zonas de altas sismicidad, en columnas con mayor esbeltez estas pueden mejorar su capacidad de carga sin necesidad de aumentar sus dimensiones, contribuyen satisfactoriamente en la economía del constructor y realce en el diseño y la arquitectura. (Blasco, 2018).

### **2.2.1.2. Elementos mixtos estructurales sismo resistentes**

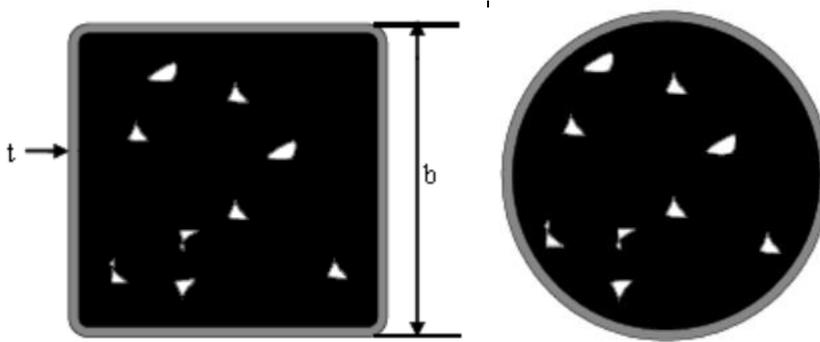
Según Navarrete, Herrera, Beltran & Massone (s.f.). Existen dos tipos principales de columnas mixtas la primera en base de perfiles de acero embebidos en hormigón, (“Steel Reinforced Concrete”, SRC) y la segunda corresponde a un sistema de perfil tabular de acero relleno de hormigón, (“Concrete Filled Tube”, CFT, o “Rectangular Concrete Filled Tube”RCFT). Ambos elementos obedecen estrictamente a las normas y especificaciones ya mencionadas en el párrafo anterior.

Uno de los requisitos para calificar como columna mixta, según Herrera (2013), define que el área del acero estructural debe ser por lo menos de un 1% del área total de la sección mixta, estas en consideración cambian dependiendo si estas columnas son parte de un sistema estructural común, intermedio o especial.



**Figura 9.** Perfil H embebido de hormigón  
**Fuente:** fdocuments, 2018

En tanto que, las columnas tabulares rellenas o embebidas de hormigón, el corte de un elemento toma la iniciativa de usar solo la capacidad de la sección tabular de acero, también, el hormigón a modo de relleno puede utilizar la resistencia si se anticipa un sistema con distribución de carga debidamente proporcionado, Herrera (2013).



**Figura 10.** Columnas tabulares rellenas de hormigón

**Fuente:** fdocuments, 2018

### **Ventajas**

- Columnas mixtas tabulares Contribuyen considerablemente en el factor económico.
- El hormigón embebido en el perfil tabular de acero, CFST, otorga mayor solidez y capacidad portante al elemento metálico.
- Estos tipos de columnas poseen la capacidad de soportar cargas elevadas sin tener que aumentar su esbeltez seccional.
- Previene el pandeo focalizado de las caras paralelas del elemento tabular.
- Por la misma capacidad de carga en ambos elementos metálicos menos sección de esbeltez en la columna, CFST.
- Otorgan mayor superficie de espacio en las construcciones de edificios.
- Repercute favorablemente en el factor económico.
- El encamisado del elemento compuesto proporciona el reemplazo de un encofrado común, permitiendo en ello mejoraras de propiedades y diseño.
- Columna mixta, CFST, en función otorgan mayor resistencia contra el fuego en consideración a la columna tabular común sin relleno, (Forcano, 2018).

### **Desventajas**

- Disputa de variedades de normas, en tal consecuencia la no estandarización.

- Para elementos internos adicionales (conectores), aumento considerable de costo, en efecto sin su utilización pérdida de adherencia.
- Según norma EC4, no contempla la utilización de hormigones superiores a 60 MPa en probetas cilíndricas por ello estos hormigones son expulsados del ámbito de aplicación de la misma
- En rellenos de alta resistencia el conocimiento es limitado, Forcano (2018).

### 2.2.2. Estructura.

En construcción, es el conjunto de elementos, unidos, ensamblados entre sí, que tienen la función de recibir cargas, soportar esfuerzos y transmitir esas cargas al suelo, garantizando así la función estático - resistente de la construcción (Ecured, 2015).



*Figura 11.* Elementos estructurales  
*Fuente:* Ecured, 2015

### 2.2.3. Aglomerante.

Son todos aquellos materiales, generalmente pétreos blandos, que mezclados con agua se hacen plásticos, formando pasta y que al secarse alcanzan resistencia mecánica, siendo los aglomerantes típicos, la arcilla, el yeso, la cal y el cemento (Ecured, 2015).

Se llaman materiales aglomerantes aquellos materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a

otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables. Estos materiales son de vital importancia en la construcción, para formar parte de casi todos los elementos de la misma.

#### **2.2.4. Resina Vinil Acrílica**

Las resinas son secreciones orgánicas, provenientes de diferentes plantas y árboles tipo conífero. A su vez, poseen propiedades químicas indispensables para la fabricación de adhesivos, barnices y aditivos alimenticios. Se encuentran dos grandes grupos de resinas: naturales y sintéticas. Dentro de estos grupos hay diversas resinas, tales como:

- Bálsamos
- Gomorresinas
- Acrílicos
- Poliéster
- Resina verdadera
- Resina epoxi, entre otras.

Mientras que las emulsiones son mezclas de líquidos no miscibles homogéneos. Compuestas por sustancias llamada fase dispersada y continua. El proceso de preparación de las emulsiones se le conoce como: emulsificación.

##### **2.2.4.1. Usos y aplicaciones de las emulsiones**

Emulsión Acrílica: es una mezcla homogénea y estable, la cual se forma de una resina acrílica mezclada con agua. Una resina acrílica posee una alta resistencia al ser expuesta a luz solar directa, es utilizada para la preparación de pinturas y barnices.

Emulsión Estiren-acrílica: las emulsiones estiren-acrílicas son utilizadas para la fabricación de impermeabilizantes, recubrimientos decorativos para interiores, para la formulación de esmaltes, selladores, y barnices.

Emulsión Vinílica: las emulsiones vinílicas son utilizadas para la formulación de adhesivos con diferentes viscosidades y para diferentes aplicaciones como: escolar,

industrial, madera, cartón, corrugado, papel y empaques flexibles. Además, para la formulación de adhesivos para madera.

**Emulsión Vinil-acrítica:** su aplicación más común está en la formulación de pinturas para interiores y exteriores, como: mates, semimates y semibrillantes con amplio desempeño en lavabilidad e intemperismo con resistencia a condiciones alcalinas y/o costa.

**Emulsión Vinil-versática:** es utilizada como aislante o solvente para las superficies, debido a su alta adhesión ideal para soportes minerales y acabados.

#### **2.2.5. Tipos de desechos**

**Agrícolas:** sobrantes de los procesos de siembra y cosecha, que complementa la crianza y la matanza de animales.

**Comerciales:** comúnmente originados por centros de abastos, tiendas, restaurantes, oficinas, mercados y hoteles.

**Industriales:** por lo general entes de instituciones privadas son los encargados de estos residuos que se generan en fábricas de toda índole.

**Barrido de calles:** recolección de todo tipo de basura que tiran o se acumulan principalmente en sumideros y alcantarillas.

**Municipal:** corresponde a una responsabilidad directa ejercida por un ente gubernamental que particularmente está encargada de una ciudad o Cantón y que le corresponde como competencia, los comerciales de origen institucional, objetos abandonados en la vía pública, chatarras barrido de calles, zonas residenciales, urbanas y rurales.

**Residenciales:** relación directa con las amas de casa que tienen la facultad de seleccionar o desechar directamente la basura.

**Desechos de construcción:** generalmente ocasionadas por todo tipo de remodelaciones y de diferentes obras de ingeniería como: elementos de origen pétreos, maderas, tuberías de PVC y otros. Medina (1997).

### 2.2.6. El yeso

Es un aglomerante de uso industrial que se define o constituye de diversas fases que las hacen idóneas para ser utilizadas en la construcción. De igual manera posee sulfato de calcio semihidratado que al entrar en contacto con el agua vuelve a su estado natural de procedencia ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$ ) Posee un grado de pureza menor que la escayola 70% pero en relación es la que más se utiliza para trabajos de revestimientos con mortero de agarre en las construcciones, también es utilizado como material básico para elementos de prefabricados, Reyes (1997).



*Figura 12.* Yeso natural

*Fuente:* La enciclopedia de materiales

Es una piedra natural de aljez o mineral de yeso, ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$ ) compuesto de sulfato de calcio hidratado, que, mediante deshidratación, puede añadirse determinadas adiciones o sustancias químicas con el cual modifican sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad. Al entrar en contacto con el agua se torna una reacción de fraguado natural, que puede ser controlada por medio de acelerantes o retardantes, utilizados en materiales de prefabricación, para uso industrial es sulfato de calcio hemihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2 \text{O}$ ), se lo encuentra molido o en forma de polvo, posee gran variabilidad de utilización. (Serna Jara, Pastor Pérez, & Flores Yepes, 2019).

### ***2.2.6.1. Yacimiento de yeso mineral***

Material de recurso renovable, que provienen de cuencas o yacimientos se forman mediante evaporación producidas por las sales de mares y lagos que precipitan formando grandes depósitos sedimentarios. Conocido como yeso cocido por lo general se lo encuentra en estado puro de color blanco e incoloro, aunque también suelen tornarse de tonos amarillentos, rojizos, grises o negros esto debido a sus impurezas de arcilla, óxido de hierro, sílice, caliza, vermiculita y otros. Utilizado desde hace miles de años, se adaptó a la era moderna de la medicina, odontología, farmacéutica, química y la construcción, Padilla (2016).



***Figura 13.*** Yeso mineral

***Fuente:*** La enciclopedia de materiales

### ***2.2.6.2. Tipos de yeso***

Existen en la actualidad infinidades de yesos unos y otros derivados que son utilizados para diversos fines específicos en la humanidad. Este proyecto se centrará en hablar brevemente de la escayola y el yeso común semihidratado mismo que son los que más se utilizan en el mercado industrializado laboral. Se recalca que esto no quiere decir que los demás tipos sean de menor importancia, sabiendo que cada una de ellas también cumple con determinadas funciones, pero que en esta investigación se limitan para no hacer un estudio muy extenso.

### **2.2.6.3. El yeso y la escayola**

Hay un ligero debate acerca de estos dos elementos que en realidad provienen de una misma roca (aljez) que una vez hidratados también contienen el mismo sulfato de calcio semihidratado, sin embargo, su diferencia radica en su estado de pureza que es el que define que ambas cumplan diferentes funciones.

### **2.2.6.4. La escayola**

Producto industrial caracterizada por tener mayor índice de pureza más del 90%, con calidad de finura muy alta posee resistencia flexo tracción superiores y cristalización homogénea, como se menciona es sulfato de calcio semihidratado (  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2 \text{O}$  ) los que hacen que determinen en ellas usos netamente específicos en este producto. Se emplea específicamente para elaborar elementos de prefabricado finos tales como: placas de escayola para techos y paredes de interiores, enlucidos de acabados, estucos, molduras, decoraciones de columnas y otros, Reyes (1997).

### **2.2.6.5. Proceso de producción**

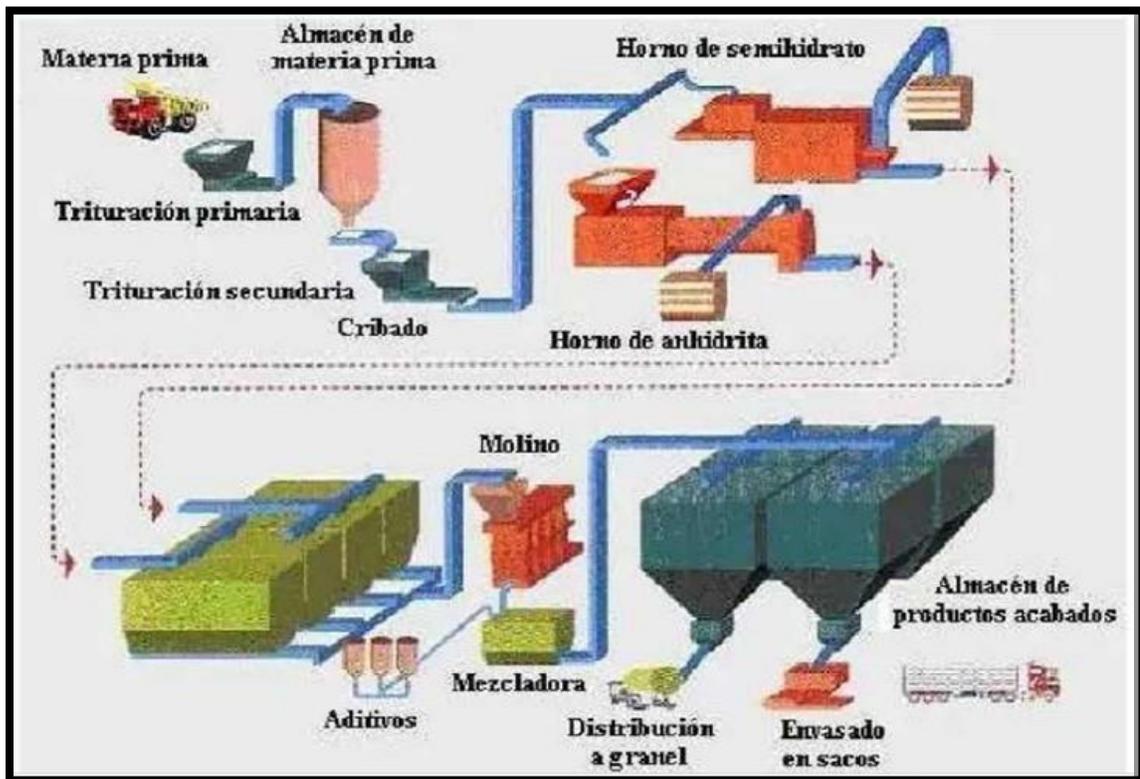
#### **Ventajas**

- Roca natural de gran adaptabilidad en los procesos industriales
- Amigable con el entorno natural
- Recurso renovable
- De gran manejo y Trabajabilidad
- De rápido fraguado inicial de 2 a 18 minutos
- Posee gran resistencia al fuego
- Material ligero
- Capacidad de adherencia

#### **Desventajas**

- El yeso sin aplicación de aditivos y componentes es muy frágil
- Es un material permeable
- Es propenso a las ralladuras
- No es habitual utilizarlo en exteriores
- Para trabajos determinantes pose impurezas
- Es quebradizo

- Proceso de fraguado limitado de 6 a 90 minutos



*Figura 14.* Proceso de industrialización, materia prima “aljez”  
*Fuente:* Samper (2020)

### 2.2.7. Plástico

El plástico es un material formado a partir de compuestos orgánicos, y también sintéticos o semi-sintéticos, y para obtenerlos es necesario someterlos a presión o calor debido a que se trata de un elemento altamente maleable y moldeable, dándole así grandes usos; su nombre se basa en una de sus principales propiedades mecánicas que es la plasticidad, que implica su deformación sin fragmentarse (Cáceres, 2020).

La producción del plástico es relativamente reciente, puesto que se fabricaron los productos de plástico de forma masiva a partir de la segunda Guerra Mundial, aunque el primero de ellos denominado la baquelita se obtuvo en 1907, de ahí este material ha sido uno de los elementos más usados en el planeta, puesto que los objetos obtenidos de él se

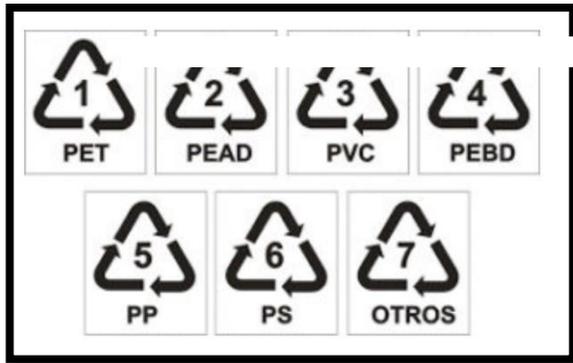
aplican en el ámbito cotidiano de los sistemas médicos, construcción, industria, entre otros (Cáceres, 2020).

### 2.2.8. Tipos de plásticos

Para identificar qué tipo de plástico es utilizado para los diferentes productos, la Sociedad de Industria de Plásticos en 1988, creó un código que consta de la serie del 1 al 7 acompañado de siglas que corresponden a dichos elementos, representados en triángulos, según procedencia se clasifican:



**Figura 15.** Tipos de plásticos según clasificación  
**Fuente:** Fundación El Árbol, 2018



**Figura 16.** Tipos de plásticos simbología  
**Fuente:** Fundación El Árbol, 2018

### **1-PET (Tereftalato de polietileno)**

Por sus siglas en inglés se lo conoce como PET, este es el plástico producido comúnmente para envases de líquidos y entre sus principales propiedades destaca su ligereza y capacidad de ser altamente reciclable, puesto que su uso regularmente es de sólo una vez, luego a partir de él se crean fibras con los que se componen productos textiles (Cáceres, 2020). Sus características más notorias son:

- Reciclable
- Ligero
- Impermeable
- Alta resistencia
- Factible en contacto alimentario
- Compatibilidad con otros materiales



**Figura 17.** Plástico tipo 1 PET  
**Fuente:** INOQUOS, 2018

## **2-HDPE o PEAD (Polietileno de alta densidad)**

También es conocido como PEAD, este plástico es flexible, con cierta dureza, debido a su resistencia a impactos y otros agentes externos del ambiente, por esta razón se lo emplea en botellas de productos químicos, de limpieza, líquidos aceitosos, entre otros. Después de su uso puede reciclarse para fabricar nuevos envases, juguetes e inclusive en parte de mobiliarios (Cáceres, 2020). Lo identifican por las siguientes particularidades:

- Alta resistencia química y térmica.
- Flexibilidad y rigidez a la vez
- Sólido
- Ligero
- Impermeable



*Figura 18.* Plástico tipo 2 HDPE  
*Fuente:* INOQUOS, 2018

## **3-PVC (Policloruro de vinilo)**

Este plástico es la combinación de cloro y carbono y se lo encuentra en innumerables objetos, la razón es que puede ser rígido o flexible, de acuerdo a su fabricación, también es resistente, ligero y dúctil. Se lo puede observar en revestimientos de cables, marcos de ventanas y puertas, tuberías, entre otros; no obstante, cuando se trata de reciclarlo, es un proceso no tan básico, aunque factible (Cáceres, 2020). A continuación, sus particularidades principales:

- Dúctil y tenaz
- Resistencia a la ignición
- Resistencia a la corrosión
- Flexibilidad o dureza
- Ligero
- Estabilidad
- Reciclable



*Figura 19.* Plástico tipo 3 PVC  
*Fuente:* INOQUOS, 2018

#### **4-LDPE o PEBD (Polietileno de baja densidad)**

El polietileno de baja densidad o LDPE tiene una alta resistencia, tanto a los impactos como a los químicos al igual que el HDPE o PEAD. Es bastante flexible y su transparencia depende del espesor. Es el material con el que se hace el papel film, el plástico de burbujas o las bolsas de la compras. El reciclado del polietileno de baja densidad es posible y con él se vuelven a hacer los mismos materiales. Es fundamental tratar estos objetos adecuadamente, devolviéndolos al ciclo de reciclado o al de residuos. Si se arrojan a la naturaleza pueden tardar hasta 150 años en descomponerse, y aun así, se desharía en pequeñas piezas de microplástico.

- Alta resistencia química y térmica
- Resistencia a los impactos
- Facilidad de procesar
- Flexibilidad, mayor que el PEAD

- Transparente u opaco, dependiendo de su espesor
- Tiene dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre su superficie



*Figura 20.* Plástico tipo 4 LDPE  
*Fuente:* INOQUOS, 2018

### **5-PP (Polipropileno)**

El polipropileno o PP es un polímero termoplástico obtenido gracias a la polimerización del propileno. Es muy resistente y fácil de moldear. Se emplea en tapones de botellas, fiambreras, neveras portátiles, fibras de tejidos y de alfombras, lonas y hasta pañales. El reciclado de este plástico también es posible. Propiedades:

- Resistente al uso
- Resistencia a los agentes químicos
- Resistente al agua hirviendo
- Resistencia a las cargas
- Resistencia a los detergentes
- Bajo coste, fácil de moldear y colorear
- Buena estabilidad térmica



*Figura 21.* Plástico tipo 5 PP  
*Fuente:* INOQUOS, 2018

## **6- PS (Poliestireno)**

El poliestireno o PS es un polímero termoplástico obtenido gracias a la polimerización del estireno. No es fácil de reciclar. El proceso es muy complicado, aunque técnicamente es posible. Se emplea para fabricar vasos térmicos, hueveras, bandejas de comida, relleno para embalaje, envases de yogur o aislantes.

Existen cuatro tipos principales de poliestireno:

El PS cristal, sólido y transparente, pero también frágil, El PS de alto impacto. Es fuerte y resistente; puede aguantar impactos sin romperse, El PS expandido, frágil y ligero. Es el corcho blanco que se usa en bandejas de comida, por ejemplo, en España se la conoce como polixpán, El PS extrusionado, que es similar al expandido, pero además es impermeable. Existen 4 tipos principales: el PS cristal, transparente, rígido y quebradizo, el PS de alto impacto, resistente, el PS expandido, muy ligero y el PS extrusionado, similar al PS expandido, pero más denso.



*Figura 22.* Plástico tipo 6 PS  
*Fuente:* INOQUOS, 2018

## 7-Otros (Plástico mezcla)

Cuando encontramos el número 7 en un producto plástico es porque se trata de una mezcla de varios materiales. Su reciclaje es difícil porque es difícil conocer qué resinas contiene exactamente y porque además habría que separarlas y tratarlas por separado. Se pueden encontrar plásticos mezclados en productos como biberones, discos compactos, envases para uso médico o piezas de coches.



*Figura 23.* Plástico tipo 7 OTROS  
*Fuente:* INOQUOS, 2018

### 2.2.9. Bambú

En un estudio realizado por (Martínez, 2015). Expresa que el vocablo bambú fue introducido por Carl Von Lineé en 1753 en una obra de su autoría “Species Plantarum”, en la que indica y da a conocer sus bondades. El bambú ha sido estudiado por tener buenas propiedades que benefician particularmente a la humanidad, pertenecen a la familia de plantas herbáceas (arroz, caña de azúcar, maíz y otros). Diferenciadas por poseer características morfológicas distintas, es decir, el bambú tiene la facilidad de prolongarse a un mayor rango de altura en un tiempo récord, variabilidad dimensional según espécimen, posee gran adaptabilidad y propiedades físicas-mecánicas que predominan en todo el mundo.

Sin embargo, la palabra bambú como se la llamo en sus inicios hasta la actualidad, ha tenido una gran variabilidad de seudónimos a escala mundial. Por ejemplo, en América latina, (Ecuador) específicamente en la Región Costa es conocida popularmente como caña guadua, brava, mansa, entre otros, considerando que si bien es cierto que pertenecen a la misma especie determinan una variabilidad de aspecto físico más no en

sus propiedades mecánicas, exceptuando solo las de otras regiones que se encuentran a más de 2000 msnm. Martínez, (2015).

#### **2.2.9.1. *Guadua angustifolia***

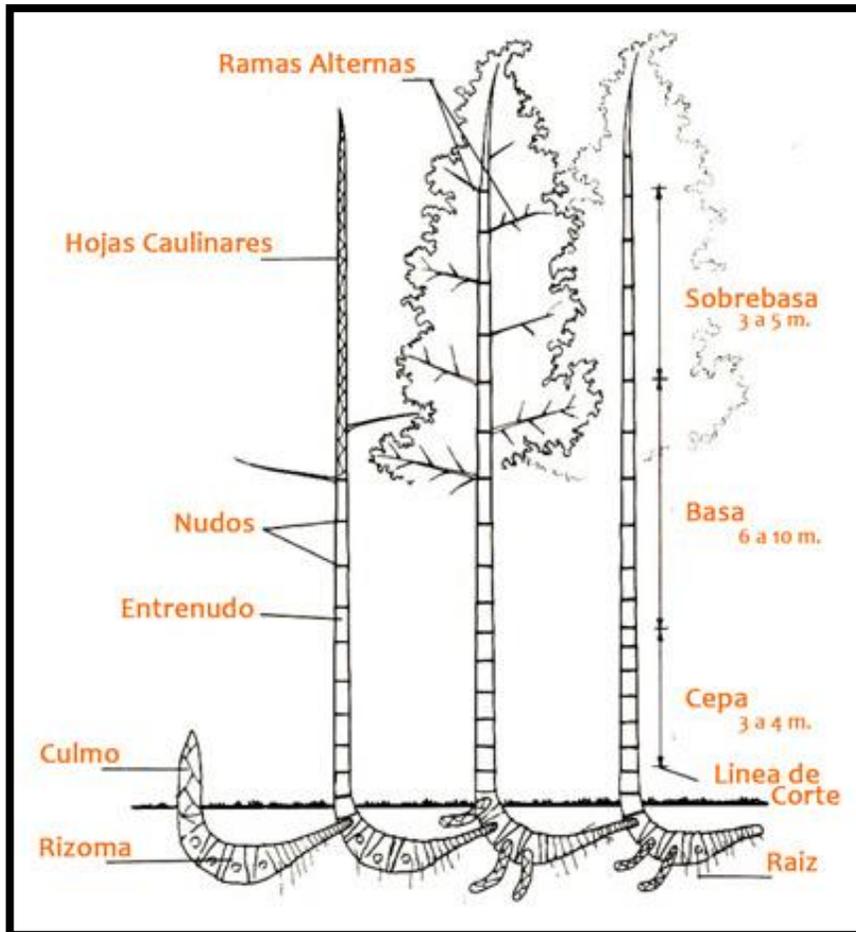
La especie *Guadua angustifolia* fue identificada en primera instancia como “*Bambusa guadua*” nombre científico que dieron los botánicos Alexander von Humbolt y Amadeo Bonpland en el año 1806, tiempo más tarde en 1822, el también botánico Karl S. Kunth acortaría el termino definiéndola solo con el nombre de “*guadua*” dialecto característico de los pueblos indígenas de Colombia y Ecuador. Hasta que finalmente el mismo Kunth se encargaría de llamarla “*Guadua angustifolia*” que dicho de otra manera significa “hoja angosta” nombre que es conocido mundialmente por los tratadistas de esta especie. Añazco, (2013).

#### **2.2.9.2. *La planta***

*Guadua angustifolia* Kunth, es una planta que ha llegado a extenderse hasta África, Asia y América latina, posee un alto grado de adaptabilidad en climas tropicales, subtropicales y templados hasta nivel medio, por ello capacidad de reproducción hasta una altura de más de 2000 msnm, que varía como preferencia entre los 200 y 1000 msnm, a temperaturas de 20 y 26<sup>o</sup>c, que refiere alojarse en terrenos cercanos a las orillas de ríos, cordilleras, selvas y bosques húmedos. Su método común de reproducción es asexual, determinadas por rizomas, órgano encargado de absorber los nutrientes esenciales para el desarrollo de esta especie Añazco, (2013).

Países latinoamericanos como Colombia, Ecuador, Venezuela y otros son los principales representantes de esta especie, gramínea leñosa de gran potencial alimentario, artesanal e industrial sustentable. Que tiene como prioridad captar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> del ambiente, generar continuas masas de oxígeno, proteger las cuencas hidrográficas, minimizar la erosión del suelo entre otros, sus dimensiones considerando la variabilidad pueden llegar a crecer hasta más de 25 m de altura, el diámetro partiendo del culmo, a más de 0.20 m, y su espesor varía según espécimen. En Ecuador habitualmente se lo encuentra en rangos de +, - 10mm. Añazco, (2013).

### 2.2.9.3. Partes principales de la caña guadua angustifolia



**Figura 24.** Características físicas de la caña guadua angustifolia  
**Fuente:** Banbusa.es

Considerada como el acero vegetal o madera de los pobres, es sin duda una de las especies de mayor renombre en todo el mundo, debido a su gran versatilidad en usos, tales como: elaboración de artesanías, material industrial, consumo alimenticio, medicamentos ancestrales, elementos en la aeronáutica, como prioridad principal en áreas destinadas para la construcción, ingeniería y arquitectura. Otras de sus características por el cual son reconocidas y utilizadas, es determinada por su alto grado de resistencia ante sismos, flexibilidad, dureza, ligereza y belleza natural, hacen de este, un material multiuso renovable que no contamina y que es amigable con el medio ambiente.

#### **2.2.9.4. Crecimiento y corte**

El bambú o guadua *angustifolia kunth*, en la región costa (Ecuador) crece con su diámetro ya establecido de entre 8 y 13 cm, sin embargo, estas pueden variar de 22 a 25cm según usos de suelos y climas, su escaso o nulo contenido de tejido de cambium hacen, que no se desarrollen habitualmente como un árbol común. En los 6 primeros meses crecen con una capa protectora denominadas hojas caulinares que se extienden paulatinamente en el transcurso del año, llegando a crecer un promedio de 15cm/ día, hasta llegar a una altura de 20 y 30m, en esta altura ya se encuentran definidas sus ramificaciones y tallos, el florecimiento se da cada 30 y 120 años, el bambú en este período si no se aprovecha se pudre. Añazco, (2013).

#### **2.2.9.5. El corte**

Es una determinante imprescindible, ya que de ello dependen las bondades y propiedades físicas y mecánicas que caracterizan a esta especie. Según usos los entendidos aconsejan realizarlo en menguante lunar, de preferencia entre las 3 y 4:30am. En épocas de verano más no en invierno, esto con el fin de minimizar el contenido de humedad, no se recomienda utilizar caña seca del plantón, el corte se deberá hacer a una altura de entre el primero y segundo nudo al ras del mismo para evitar empozamientos y la pudrición del rizoma. Estos lineamientos se los realizan con el fin de asegurar las futuras cosechas.

Se recomienda que para una correcta cosecha se los realice a partir de los 3 años en adelante para fines constructivos, la persona encargada para la correcta cosecha deberán contar con una amplia experiencia en guaduales, ellos tienen la capacidad de elegir al tanteo, es decir, se guían por el color, brillo, textura, aspecto físico, dimensiones, estaciones del año y otros. Sistema muy utilizado ya que de ello depende una buena producción y uso responsable de este recurso renovable, que se aplica en todo Latinoamérica y el resto del mundo.

#### **2.2.9.6. Propiedades mecánicas**

Según la NEC-SE-GUADUA, en colaboración con la Norma Técnica E 100 de Perú Y la Norma Sismo Resistente NSR- 10 de Colombia Determino en el estudio Estructuras

de Guadua (GaK), principales propiedades relacionadas con la “Guadua Angustifolia” que fueron caracterizadas por la resistencia ultima a la compresión de la caña guadua  $\sigma_K$ =MPa. Módulo de elasticidad de compresión  $E_k$ = Gpa. Resistencia última a la tensión de la caña guadua  $\sigma_k$ =MPa. Módulo de elasticidad de tensión  $E_k$ =Gpa. Resistencia última a la flexión de la caña guadua  $\sigma_K$ =MPa. Módulo de elasticidad de flexión  $E_k$ =Gpa y la Resistencia última al esfuerzo cortante de la caña guadua  $TK$ =Mpa Tegola, Yepez, Mera & Córdova (2014).

A continuación, tabla de propiedades representadas en cantidades

**Tabla 3**

*Principales propiedades de la caña guadua (Angustifolia Kunth)*

$\sigma_K$ MPa	$E_k$ Gpa	$\sigma_k$ MPa	$E_k$ Gpa	$\sigma_K$ MPa	$E_k$ Gpa	$TK$ Mpa
37,76	14,35	117,60	8,31	54,85	12,16	7,17

Fuente: Tegola, Yepez, Mera & Córdova (2014).

### 2.2.9.7. Tratamientos

#### Preservación

En elementos destinados para la construcción es imprescindible darle un tratamiento al bambú, ya que de ello dependerá su vida útil que puede llegar hasta los 80 años según usos y cuidados. Está por poseer un alto contenido de azúcar y almidón (sabia) hacen que sean propensos a diversos ataques de insectos xilófagos, hongos y demás microorganismos por lo que la NEC-SE-GUADUA. Estructuras de guaduas (GaK) determina que en consideración se pueden utilizar los mismos preservantes hidrosolubles y oleo solubles descritos en el capítulo NEC-SE-MD, estructuras de madera.

Existen variedades de tratamientos que van desde lo rudimentario hasta lo más sofisticado. Sistemas como el preservado natural o avinagrado, ahumado y calentamiento son procedimientos ortodoxos (tradicionales) pocos utilizados en la industria, por lo que en la actualidad en combinación se utilizan procesos químicos

muchos más eficaces, destinados para el área de la construcción, artesanías y otros. Proceso que se encuentran respaldadas técnicamente por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en su capítulo anteriormente ya mencionado, en el cual define a los preservantes hidrosolubles (bórax, ácido bórico) como uno de los solventes más utilizados en el curado por impregnación, bajo inmersión, (García Navas & Philco Iñiguez, 2018).

### **Procedimiento de curado por inmersión**

- Se hace en piscinas previamente ya definidas de 6,50m de longitud con un diámetro y altura según requerimiento de capacidad.
- Se procede al corte a una altura mínima de 15cm a nivel del terreno, el corte se hará a ras del nudo con edades que determine dicho uso o propósito.
- Una vez cortado el producto se procede con la inmediata limpieza externa del bambú, para luego proceder a una perforación interna de los nudos, realizadas con varillas corrugadas de construcción 12 o 16mm de diámetro.
- Se procede a la preparación de los solubles químicos (bórax, ácido bórico) en dosificación de 96 litros de agua por cada 2Kg de ambos, a una temperatura de 50 Y 80°C esto con el fin de una correcta disolución de los químicos.
- Se sumergen los bambúes en la disolución de tal manera que queden sumergidas en su totalidad, ayudados con elementos horizontales y un contrapeso adicional (piedras).
- Deberán quedar sumergidas en un tiempo mínimo de 5 días en temperatura ambiente o reduciendo el tiempo a 6 horas, con temperaturas de 60 y 80°C.
- Posterior a estos tiempos ellos son extraídos parcialmente para su escurrido y posterior secado final.
- Se completa el proceso de escurrido colocándolos en soportes o caballetes previamente ya elaborados, estos son amontonados verticalmente a un ángulo de +, - 80° colocando siempre la parte de mayor diámetro hacia arriba.

- El proceso de secado al aire libre para el método de inmersión varia de 2 a 6 meses según clima y se lo realiza en la intemperie hasta alcanzar un contenido de humedad de al menos el 10 al 15%.
- El almacenamiento se lo realiza en bodegas de la zona, el cual se caracteriza por no tener paredes laterales, de varios niveles esto con el fin de que no se amontonen de manera excesivas.

Cabe recalcar que para el procedimiento por inmersión de químicos (bórax, ácido bórico) como en todo procedimiento químico es necesario utilizar las debidas protecciones de seguridad que contempla, mascarilla, guantes y gafas. También se recalca que este procedimiento de sales es económico, con capacidad de resistencia al fuego y de escasa o nula contaminación ambiental.

### **Ventajas y desventajas**

#### **Ventajas**

- Es ligera, y de fácil manejo cuando está en proporciones de humedad 10 a 15%
- De gran resistencia, acoplamiento y trabajabilidad,
- Posee propiedades iguales o superiores a la madera y solo superada pero también asemejada al acero en condiciones de flexión.
- Su color y naturalidad es visiblemente atractivo
- Beneficiadas por su bajo costo en las construcciones, y artesanías
- Alta competitividad de producción en latino América y países desarrollados
- Considerado como un material renovable sustentable
- La planta no requiere de procesos de siembra, o sistemas de riegos ni mucho menos de abonos a excepción de procedimientos especiales
- Material orgánico vegetal
- Posee buen comportamiento ante movimientos sísmicos.
- De gran adaptabilidad climática

#### **Desventajas**

- Es de fácil pudrimiento y ataques de xilófagos, hongos entre otros si no se cuida o trata adecuadamente

- Deben ser aisladas en lo posible del suelo natural, de prioridad realizar una sobre base.
- Escasa reproducción con semillas
- La caña no debe ser utilizada para la industria en un tiempo menor a lo estipulado, ni después de su florecimiento.

### **2.2.10. Desarrollo Sostenible**

Es aquel que satisface las necesidades cotidianas de la humanidad sin afectar o poner en riesgo las futuras, esto significa no agotar ni despilfarrar los recursos naturales, concientizar el uso y manejo responsable de las mismas, utilizando tecnologías limpias para no lesionar al medio ambiente ni a los seres humanos, definiendo con ello progreso económico que involucren las necesidades sociales medio ambientales de los individuos. Rivera, Blanco, Alcántara, Pascal & Pérez. (2017)

### **2.3. Marco legal**

En consideración al tipo de proyecto realizado en este apartado se requiere por obligatoriedad recurrir a los diferentes tipos de normas, mismas que deben encontrarse legalmente establecidas y certificadas por la ISO (Organización Internacional para la Normalización). Ente rector encargado para dichos fines a nivel mundial.

#### **2.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)**

##### **Derechos del buen vivir**

##### **Sección segunda**

##### **Ambiente sano**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, conservación de los ecosistemas, biodiversidad, integridad patrimonial genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

## **Sección sexta**

### **Habita y vivienda**

**Art. 30.-** las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada, y digna con independencia de su situación social y económica.

**Art. 31.-** las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de esta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

### **Capítulo séptimo**

#### **Derechos de la naturaleza**

**Art. 71.-** la naturaleza o pacha mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructuras, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observan los derechos establecidos en la constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art. 72.-** la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente a la obligación que tiene el estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados.

En el caso de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adaptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**Art. 73.-** el estado aplicara medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

### **Sección séptima**

#### **Biosfera, ecología urbana, y energías alternativas**

**Art. 414.-** el Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medida para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

**Art. 415.-** los Gobiernos autónomos descentralizados desarrollaran programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

#### **2.3.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción- NEC – HS-AU**

##### **Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)**

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda –MIDUVI, Y el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Indica en la Disposición General Décimo Quinta de la Ley Orgánica Reformativa al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), Registro Oficial N° 166, Artículo 63.

“Los procesos constructivos que inician a partir de la expedición de la presente reforma, deberán obligatoriamente cumplir con las normas ecuatorianas de la construcción que el ente rector en materia de hábitat y asentamientos humanos expedirá para el efecto. El alcance específico de su aplicación deberá ser detallado en los capítulos de la misma norma.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales o metropolitanos, en atención a consideraciones particulares del cantón, podrán desarrollar normativa técnica adicional y complementaria que regule los procesos constructivos, siempre que el contenido de estas no contravenga ni sea de menor exigibilidad y rigurosidad que los detallados en las normas ecuatorianas de la construcción.”

### **2.3.3. CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7 - Estructura de Madera.**

Como principio fundamental la idea principal del proyecto “Columna Mixta No Estructural”, (C.M.N.E) es de presentar cargas básicas que soporten pesos moderados tales como: elementos de pérgolas y soportal de cubierta en viviendas. Por tal, la misma se basará en un promedio de columna estructural tradicional de madera obtenida del, CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7 estructuras de madera. Esto debido a que, para el procedimiento y aplicación de la misma, no existe una norma directa.

## **Capítulo 7 estructuras de maderas**

### **MÉTODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **Consideraciones para el diseño**

En el análisis y diseño de las estructuras de madera deberán respetarse los principios básicos de la mecánica estructural. Se utilizarán procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico.

Los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas serán calculados considerando el material como homogéneo, isotrópico de comportamiento lineal, y con las hipótesis habituales de la teoría de vigas.

En el diseño de estructuras de madera todos los cálculos se harán con base en las dimensiones reales de los elementos utilizados, teniendo en cuenta las reducciones.

En ningún caso se deben utilizar estructuras de madera cuando la temperatura a la cual van a estar sometidas excede 65°C.

Se pueden usar piezas estructurales de madera laminada, a condición de disponer información consistente de los adhesivos y de la técnica para la elaboración de las piezas: vigas, columnas, pórticos etc. Debe ponerse énfasis en las uniones de las láminas que conformarán la pieza, a fin de garantizar la continuidad de su resistencia.

**Requisitos de diseño**

Todos los elementos de una estructura deberán ser diseñados, construidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas de servicio consignadas en la CPE INEN-NEC-SE-CG 26-1.

El diseño de los elementos de madera debe hacerse por el método de esfuerzos admisibles, que exige como mínimo que:

- Los elementos estructurales serán diseñados para que los esfuerzos resultantes de la aplicación de las cargas de servicio sean menores o iguales a los esfuerzos admisibles del material.
- Las deformaciones en los elementos con la aplicación de las cargas de servicio sean menores o iguales a las deformaciones admisibles. Sin embargo, debe tomarse en cuenta las deformaciones diferidas debido a cargas permanentes, para que la deformación total sea adecuada.

Se sintetizan los requisitos de diseño como sigue:

Requisitos de resistencia:

**Tabla 4**

*Resistencia y requerimiento de la madera estructural*

<b>Esfuerzos aplicados &lt; esfuerzos admisibles</b>	
	$FC \times FT$
Esfuerzo admisible=	$\frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times \text{Esfuerzo último}$
Dónde:	
FC	Factor de reducción por calidad

---

FT factor de reducción por tamaño

---

FS factor de servicio y seguridad

---

FDC factor de duración de carga

---

**Fuente:** CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7

Requisitos de rigidez

### **Deformaciones < deformaciones admisibles**

Las deformaciones deben evaluarse para cargas de servicios. Se debe considerar los incrementos de deformación con el tiempo (deformaciones deferidas), por acción de cargas aplicadas continuamente.

Que se precisa que el módulo de elasticidad es aplicable para elementos de madera en flexión, tracción o compresión paralela a la fibra.

### **Relación al agua**

Una de las especificidades de la madera es su comportamiento con respecto al agua.

La humedad influye:

Las condiciones de durabilidad de la madera (durabilidad natural o preservación y preservación por el diseño, en particular según el uso futuro de los elementos estructurales de madera.

Su comportamiento mecánico: variaciones de las propiedades mecánicas, variaciones dimensionales, facilidad de realización de ciertas uniones y otros.

## **Humedad**

### **Contenido de humedad**

#### **Definición y determinación**

El Contenido de Humedad (CH) es el porcentaje en peso que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto a la madera anhidra.

El contenido de humedad es un factor muy importante en el uso de la madera, puesto que de él depende una buena parte de sus propiedades físicas y mecánicas cuando se halla en servicio, así como su resistencia al ataque de hongos e insectos y su mayor o menor facilidad para ser trabajada.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

**Tabla 5**

*Fórmula para hallar el contenido de humedad (CH) maderas*

---

$$\text{C.H.\%} = \frac{\text{P.V} - \text{P.S}}{\text{P.S}} \times 100$$

---

Dónde:

C.H contenido de humedad de la madera (%).

P.V peso de la madera en estado verde o peso inicial (g).

P.S peso de la madera seca el horno o anhidro (g). Humedad de la madera en estado verde.

---

**Fuente:** CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7

Además, se destaca lo siguiente:

- Conviene construir con madera a la humedad de equilibrio, de forma a garantizar la estabilidad dimensional y disminuir los riesgos de ataque biológicos potenciales.
- La madera almacenada llega a tener generalmente un contenido de humedad uniforme, o sea que las piezas de mayor contenido disminuyen, mientras que las que están más cerca aumentan.
- La madera en servicio presenta variaciones de contenido de humedad causadas por los cambios climáticos a los que está expuesta.

### **Variación del porcentaje de humedad**

- En madera verde, la humedad de la madera varia del 30 al 200% o más, normalmente, la albura contiene más humedad que el duramen, pero de algunas frondosas puede ser también muy húmedo.
- En madera seca al aire, la variación de humedad se debe a factores tales como: diferencias de las condiciones climáticas, tiempo de su apilamiento, posición de la pila y especie maderable.

### **Humedad de equilibrio de la madera**

#### Definición

Por ser la madera higroscópica, trata siempre de encontrar el contenido de humedad de equilibrio del sitio o zona donde se encuentre en servicio.

El contenido de humedad de equilibrio de la madera (CHE) es el contenido de humedad que una madera alcanzara si se la deja indefinidamente bajo condiciones de temperatura y humedad relativa constantes.

Existe un equilibrio entre el agua ligada y el estado higrotérmico (humedad relativa más temperatura) del medio ambiente, llamado equilibrio higroscópico de la madera.

#### **Madera en servicio**

Se podrá considerar las siguientes condiciones para evaluar los riesgos relativos al uso de la madera, según sus características de durabilidad natural y su uso:

- El CHE es escasamente superior a 12% (madera protegida, en espacios poco húmedos, etc.).
- El CHE es escasamente superior a 20% (madera bajo techo, en espacios ventilados, etc.).
- El CHE puede superar 20% para duración largos.

### **Ataques biológicos**

La madera por ser un material orgánico y natural, constituido principalmente por lignina, si es sometida a ciertas condiciones de humedad, temperatura y oxígeno puede ser degradada.

A dichas condiciones ambientales pueden invadir ciertos sectores de la madera como:

- Ataque de hongos xilófagos (pudrición), mohos y hongos cromógenos (atacan la madera con contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras (27 a 32% de CH).
- Insectos xilófagos.

### **Agentes destructores de la madera**

Los agentes destructores de la madera son:

- Hongos xilófagos: son aquellos capaces de desintegrar las paredes celulares, y, por lo tanto, sus características físicas, químicas y mecánicas, ocasionando la pudrición de la madera.
- Mancha azul: no genera en si una pudrición, puesto que no ataca directamente las paredes celulares. Sin embargo, puede ser el inicio de una pudrición verdadera. La mancha azul o azulada como también se la conoce, propone la presencia de agua o humedad mayor al 24%.

### **Preservación**

Para evitar el ataque de organismos biológicos degradantes, la madera sin durabilidad natural puede ser tratada mediante la impregnación de sustancia preservantes, y mediante un buen diseño.

La durabilidad natural se puede aumentar mediante procedimientos artificiales, mediante, un simple secado o por tratamientos preservadores especiales.

### **Preservantes**

#### **Clasificación de los preservantes**

De acuerdo a su origen o naturaleza, los preservantes para madera se clasifican:

- Creosotas (ordinaria, líquida, mezclas).
- Oleosolubles u orgánicos (pentaclorofenato de sodio, naftenato de cobre o de zinc).
- Hidrosolubles inorgánicos (sal simple, sal doble, multisal tipo CCA o CCB).

#### **Clasificación de permeabilidad**

- Permeables
- Moderadamente permeables

- Escasamente permeable
- Impermeables

### **Clasificación de la madera por su tratamiento**

1. Fácil de tratar
2. Moderadamente tratable
3. Difícil de tratar
4. Imposible de tratar

### **Secado de la madera a preservar**

La madera que va a ser destinada a tratamientos de preservación, a través de procedimientos como: a presión, inmersión en frío, requiere de un previo secado hasta alcanzar el contenido de humedad de equilibrio, el que normalmente se encuentra entre el 11 y el 16% en nuestro medio. Contenidos mayores de 20% no son recomendables para este tipo de tratamientos.

Una de las prácticas más comunes que utiliza para secar madera que será destinada para la construcción (cuarterones, tablas, tiras, tablones etc.) consiste en armar pilas al aire libre para:

- Reducir al máximo los daños causados por hongos e insectos.
- Acelerar el proceso de reducción del contenido de humedad.

### **Resistencia a la corrosión**

Las uniones metálicas y otros ensamblajes estructurales deben, si necesario, tener un tratamiento anticorrosivo.

### **Secado de la madera**

#### **Consideraciones generales**

Antes de la construcción, la madera deberá secarse a un contenido de humedad apropiado y tan parecido como sea práctico al contenido de humedad en equilibrio promedio de la región en la cual estará la estructura.

Se debe secar la madera hasta un CH % lo más próximo posible al contenido de humedad de equilibrio con el medio ambiente (humedad de servicio). La madera

estructural debe tener un CH inferior a 19%. En madera laminadas un 12% antes de ser procesada.

El secado puede ser natural (con buenas prácticas de apilado, ventilación, etc.) o artificial, se aconseja hornos o cámaras de secado.

## **Bases para el diseño**

### **Consideraciones generales**

La madera estructural soporta algún tipo de esfuerzo en una construcción, es decir, forma la parte resistente de ciertos componentes como: muros, paredes, pies derechos, columnas, vigas, pisos, techos y otros.

Se debe pensar a las estructuras como un sistema desde la preparación hasta el montaje, considerando cada pieza y cada tarea como parte integrante del conjunto.

Las pautas de diseño arquitectónico propuestas deben tener en cuenta las especificidades del material y asegurar estabilidad, seguridad y durabilidad de las construcciones en madera. Las normas aquí propuestas no tienen carácter restrictivo del diseño y su criterio consiste en asegurar el buen comportamiento de aquellas.

**Características físicas.** En los diseños de madera estructural se deben tener en cuenta las especificidades debidas al origen orgánico del material: variabilidad natural y defectos, higroscopicidad y su influencia en la estabilidad dimensional, combustibilidad y riesgos de ataques biológicos (hongos, insectos...) y químicos (agentes atmosféricos, etc.).

**Características mecánicas.** Los diseñadores deben tener en cuenta en sus diseños las características propias del material en cuanto a resistencia y rigidez.

**Limitaciones dimensionales.** Las dimensiones y formas geométricas disponibles son limitadas, en particular por el tamaño de los troncos. Esto se puede superar, por ejemplo, en la madera laminada pegada, en que piezas de madera de pequeño espesor se unen con pegamentos de alta adhesión para obtener formas estructuralmente eficientes.

## **Elementos y sistemas constructivos**

**Sistemas constructivos.** Las características de la madera, tales como su densidad básica o su buena trabajabilidad, y la disponibilidad de diversos elementos de unión (ensambles, tornillos, grapas, etc.), facilitan el empleo de sistemas constructivos y de montaje tales como paneles pre-cortados y la prefabricación total y parcial, así como diversos grados de industrialización.

**Diseño modular.** La uniformidad de dimensiones de los elementos de madera disponibles para la construcción lleva por economía al uso de elementos modulares, y esto debe reflejarse en un diseño basado en sistemas constructivos coherentes. Se tendrán en cuenta las tolerancias del material para su uso adecuado. El diseño modular permite reducir el desperdicio del material.

## **Protección contra el fuego**

### **Clasificación de los materiales**

Los materiales de construcción se clasifican de acuerdo:

- A su reacción al fuego (capacidad de favorecer la propagación): se clasifica la madera como combustible.
- A su resistencia ante el fuego (representa el tiempo que pueden desempeñar su papel con toda seguridad).

De acuerdo a su resistencia ante el fuego es conveniente anotar que la resistencia mecánica de la madera cuando se quema disminuye solo en función de su destrucción progresiva, es decir, a menor dimensión de la pieza, menor resistencia.

Las grandes piezas de madera sufren una combustión lenta, debido a que su mala conductividad térmica impide expulsar rápidamente la mayor parte de sus gases combustibles, lo cual ocasiona una carbonización superficial. Esta capa de carbón, a su

vez, empieza a actuar como aislante, que protege térmicamente las capas interiores, retardando aún más su destrucción.

La velocidad de combustión de la madera vale en promedio 0,7 mm/min.

Para el diseño debe tenerse en cuenta que la madera es un elemento combustible que se inflama a una temperatura aproximada de 270°C, aunque algunas sustancias impregnantes o de recubrimiento pueden acelerar o retardar el proceso.

## **Diseño estructural**

### **Consideraciones generales de diseño**

#### **Condiciones de resistencia y de rigidez**

Se respetarán los requisitos, métodos de análisis y cálculo, bien como recomendaciones del Manual de Diseño de la JUNAC, en particular en sus capítulos 7 a 12. Además, el anexo D ilustra las sollicitaciones mecánicas a ser tomadas en cuenta, con referencias al Manual de Diseño de la JUNAC.

#### **Condiciones para madera estructural**

La madera empleada en estructuras reunirá las siguientes condiciones:

- Debe ser material clasificado como de calidad estructural.
- Debe provenir de especies maderables correspondientes a cualquiera de los tres Grupos Estructurales (A, B o C) definidos en la sección 8.3. Deben ser piezas de madera dimensionadas de acuerdo a las secciones más usuales.
- Usar madera seca con un contenido de humedad máxima del 19% o del 12% si se trata de madera laminada.
- La madera estructural debe ser de buena durabilidad natural, o, en su defecto, debe ser preservada adecuadamente.

- Los elementos metálicos de las uniones deberán llevar pintura anticorrosiva o en su defecto protección de zincado, si así se especifica en el diseño.

Por fin, salvo casos se puede demostrar lo contrario, el diseño reflejará la no rigidez de las uniones

### **Clasificación estructural de las maderas**

#### **Clasificación por densidad básica**

Se agruparon las 105 maderas tropicales estudiadas en tres grupos estructurales, dependiendo de su densidad básica (DB):

- “A”: DB entre 0,71 y 0,90.
- “B”: DB entre 0,56 y 0,70.
- “C”: DB entre 0,40 y 0,55.

#### **Esfuerzos admisibles**

Estos esfuerzos son indicados para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

**Tabla 6**

*Esfuerzos admisibles de la madera categoría A, B y C*

<b>ESFUERZOS ADMISIBLES<sup>4</sup> (MPa)</b>					
Grupo	Flexión	Tracción paralela	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo
	$f_m$	$f_t$	$f_c$	$f_{c\perp}$	$f_v$
A	21	14,5	14,5	4	1,5
B	15	10,5	11	2,8	1,2
C	10	7,5	8	1,5	0,8

**Fuente:** CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7

### **Módulo de elasticidad**

Serán los que se usarán para el dimensionamiento de elementos en flexión, y para elementos en compresión y tracción paralelos a las fibras.

Se incluyen dos valores para “E”:

- E min (E0.05): valor mínimo, que será válido para el cálculo de elementos individuales tales como vigas o columnas.
- E promedio: valor promedio, adecuado para el diseño de elementos en los que exista una acción de conjunto, por ejemplo, en viguetas para entablados y pies derechos en tabiques y/o entramados.

### **Tabla 7**

*Módulo de elasticidad para las maderas categorías A, B y C*

<b>MÓDULO DE ELASTICIDAD<sup>5</sup> (MPa)</b>		
Grupo	E <sub>min</sub> (E <sub>0.05</sub> )	E <sub>promedio</sub>
A	9.500	13.000
B	7.500	10.000
C	5.500	90.000

**Fuente:** CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO.**

#### **3.1. Métodos.**

##### **3.1.1. Método deductivo.**

El proyecto, columna mixta no estructural (C.M.N.E) se enmarcó en investigaciones generalizadas, de tal manera que define y deduce que hay puntos favorables con relación a este elemento, es decir, existe una gran probabilidad de éxito. Por esta razón, se aplica el método deductivo para establecer la idea principal de este tema, puesto que dicho procedimiento presume sus propias conclusiones sobre estudios similares y que han demostrado su éxito en tópicos particulares; en consecuencia, la investigación ha determinado la optimización de juntar los materiales propuestos para la creación de un modelo de columna mixta no estructural.

##### **3.1.2. Método de experimentación científica.**

Método que se utilizará con el propósito de evaluar hipótesis y experimentar científicamente con el plástico PET 1, bambú, aglomerante (yeso) y la madera de encofrado (aserrín). Procedimiento que se realizará mediante interacciones de pruebas empíricas y ensayos en laboratorios, donde se podrán determinar los comportamientos físicos y mecánicos.

#### **3.2. Tipos de investigación.**

##### **3.2.1. Investigación experimental**

Este trabajo utilizará materiales como: desechos de madera de encofrado( aserrín), aglomerante (yeso), bambú y plástico PET 1, los mismos que se utilizarán como pruebas de estudio, en la cual se podrá generalizar según hipótesis o ideas del investigador, en consecuencia, se manifiestan diferentes tipos de errores de la cuales se extraen conclusiones, definiciones, aciertos, desaciertos, experiencias, anécdotas y decepciones de las que se aprende favorablemente para definir un material de interés o de estudio real.

### **3.2.2. Investigación descriptiva.**

Implica y participa en este proyecto, el estudio de una base de datos previamente ya recolectada, la descripción y análisis del plástico PET y los desechos de maderas de encofrado antes de su elaboración, es decir, este tipo de investigación se involucra detenidamente para determinar color, forma, tamaño, dureza, flexión, textura y fragilidad. La misma, justificará una serie de hipótesis y datos reales de observación descriptiva, que darán las pautas para poder proceder con la propuesta, que se enfoca, en elaborar un nuevo prototipo.

### **3.3. Enfoque de la investigación.**

#### **3.3.1. Enfoque cualitativo, cuantitativo (mixto).**

Este proyecto (C.M.N.E) utilizará el enfoque mixto ya que este le permitirá evaluar, buscar, filtrar, estructurar y estudiar el razonamiento de los materiales, que mediante encuestas, hipótesis y datos estadísticos puedan definir si la utilización del plástico PET 1 y los desechos de maderas de encofrado (aserrín), podría adaptarse como propuesta para utilizarla como base en un elemento constructivo no estructural, esto según directrices y datos estandarizados de opinión y respuesta de una sociedad.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación**

#### **3.4.1. Observación**

Define la selección de los materiales a utilizarse antes y después de la elaboración, en el proceso de recolección se tomarán las más idóneas tanto en limpieza, pureza y tamaño. También, destaca la verificación y control de propiedades físicas y mecánicas en laboratorios, se observan las diferentes conductas de comportamiento tanto en el plástico PET 1 como en los desechos de madera de encofrado, mediante prototipos y probetas.

#### **3.4.2. Encuesta**

La Técnica a utilizar sería de tipo personal Likert necesaria para la elaboración de un cuestionario rápido y sencillo, que contempla la realización de 10 preguntas que serán

expuestas al público (Provincia del Guayas) mismas que se valoraran en promedio escala de 1 a 5, para determina si materiales como los desechos de maderas de encofrado y el plástico PET 1, podrían ser idóneos para el desarrollo sustentable de un nuevo material.

Escala de razonamiento.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

### **3.5. La población**

Se pudo hallar mediante: **Indicador Per cápita**. Número de empresas, empleados o ventas / 10.000 Habitantes, que se presentan en cada zona de planificación, provincia o a nivel nacional y por grupo de variable de cruces. (INEN, 2018-2019). Es decir, se relaciona la población total y el número de empresa general según provincias. Para encontrar el resultado poblacional de este proyecto, se tomaron datos del INEC, Proyección, Provincias, sexos y áreas 2010-2020. Región Costa Provincia del Guayas año calendario 2018.

**Tabla 8***Proyección población ecuatoriana (2010-2020).*

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA, POR AÑOS CALENDARIO, SEGÚN REGIONES, PROVINCIAS Y SEXO  
PERÍODO 2010 - 2020

**POBLACIÓN TOTAL**

REGIONES Y PROVINCIAS	AÑOS CALENDARIO										
	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020
TOTAL PAÍS	15.012.228	15.266.431	15.520.973	15.774.749	16.027.466	16.278.844	16.528.730	16.776.977	17.023.408	17.267.986	17.510.643
REGIÓN COSTA	7.499.401	7.616.555	7.733.291	7.849.237	7.964.269	8.078.285	8.191.269	8.303.168	8.413.888	8.523.453	8.631.859
EL ORO	624.860	634.481	644.000	653.400	662.671	671.817	680.845	689.760	698.545	707.204	715.751
ESMERALDAS	551.712	561.605	571.382	581.010	590.483	599.777	608.906	617.851	626.626	635.227	643.654
GUAYAS	3.778.720	3.840.319	3.901.981	3.963.541	4.024.929	4.086.089	4.146.996	4.207.610	4.267.893	4.327.845	4.387.434
LOS RÍOS	805.514	817.676	829.779	841.767	853.622	865.340	876.912	888.351	899.632	910.770	921.763
MANABÍ	1.420.348	1.436.259	1.451.873	1.467.111	1.481.940	1.496.366	1.510.375	1.523.950	1.537.090	1.549.796	1.562.079
SANTA ELENA	318.247	326.215	334.276	342.408	350.624	358.896	367.235	375.646	384.102	392.611	401.178

*Fuente:* INEC, 2010-2020.

Para el cálculo del tamaño de empresas se aplicó el método de REDATAM. Directorio de empresas y establecimientos-selección Redatam. Aquí se pueden procesar frecuencias de cada una de las variables. La información se puede desagregar hasta el nivel de parroquia y aplicar filtros personalizados. En este caso se tomó la variable: **Tamaño de empresas con plazas de empleo registrado promedio 2018**, Provincia del Guayas, con filtro de empresas activas que registran ventas y plazas de empleo del DIEE para el último año de publicación. (INEN, 2018-2019)

**Tabla 9***Empresas con plazas de empleos registrados promedio 2018*

DIRECTORIO DE EMPRESAS 2018 • ECUADOR CUENTA CON EL INEC •		
CEPAL/CELADE Redatan+SP 2/18/2020		
AREA # 09	Guayas	
<b>Tamaño de empresas con plazas de empleo registrado promedio 2018</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>
Microempresa	148779	87
Pequeña empresa	16201	10
Mediana empresa "A"	2304	1
Mediana empresa "B"	1661	1
Grande empresa	1418	1
<b>Total</b>	<b>170363</b>	<b>100</b>

*Fuente:* INEC, 2018

Aplicando per cápita a ambos procedimientos se concluye con una sencilla ecuación para definir la población (empresas/10.000 habitantes).

**Tabla 10**

*Cálculo del número de empresas/ 10.000 habitantes*

Datos:			Ecuación:		
I.P.C	Indicador Per Cápita	?	I.P.C =	170,363	= 399
N.E	Número de empresas	170,363		42,679	
P.T	Población Total	4,267.893			
			I.P.C =	399 Empresas	

*Elaborado por: Muñoz & Suárez (2021)*

Esta población estará dirigida principalmente a las Empresa constructoras de la Provincia del Guayas, se eligió este sector de la construcción porque es el que tiene mayor relación con este proyecto, también porque permitirá manejar y desarrollar las encuestas y entrevistas de manera más claras y precisas. Las mismas que serán evaluadas mediante muestreos aleatorios. Este proyecto logró presentar 196 muestras las mismas que se distribuirán según, empresas constructoras, profesionales de interés y obreros de la construcción.

### 3.6. La muestra

Es la representación de un determinado grupo de elementos que se extraen específicamente de una población o universo, que tiene como finalidad simplificar tiempo dinero y esfuerzo. Zapata (2020)

**Tabla 10***Cálculo para hallar las muestras*

Datos:			Fórmula población finita	
			n =	$Z^2 * N * P * q$
				$e^2(n-1) + Z^2 * P * q$
<b>N =</b>	Población o Universo	399		
			n =	$1,96^2(399)(0,5)(0,5)$
<b>n =</b>	Muestra	?		$0,05^2(399-1) + 1,96^2(0,5)(0,5)$
<b>p =</b>	Probabilidad de éxito	0,50%		
			n =	$(3,84)(99,75)$
<b>q =</b>	Probabilidad de fracaso	0,50%		$0,0025(398) + (3,8416)(0,25)$
<b>Z =</b>	Nivel de confianza	95% (1,96 <sup>2</sup> )	n =	383,04
				$(0,99) + (0,9604)$
<b>e =</b>	Margen de error	0,05%		
			n =	383,04
				1,95
			n =	196,43
			<b>n =</b>	<b>196 muestras</b>

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Este número de muestras permitirá que el proceso de investigación que se realizara mediante encuestas, sondeos y entrevistas se lleve a cabo de una manera mucho más acertada, elocuente y segura, debido a que este posee un alto grado de confiabilidad, que está representado por un 95%, lo que significa para el investigador grandes probabilidades de obtener resultados concretos. Además de generar expectativas para con la elaboración de este nuevo material.

### 3.7. Análisis de Resultados

Las preguntas fueron elaboradas con relación al tema propuesto, en ellas se abarcan algunos de los problemas importantes de la sociedad. Temas como el medio ambiente, reciclaje, innovación y sustentabilidad, todos con el objetivo principal de dar a conocer y concientizar la importancia del uso y manejo responsable de los residuos sólidos en la provincia del Guayas.

Los resultados recopilados fueron obtenidos mediante diferentes entrevistas, realizadas en campo, vía online, zoom, a diferentes sectores de la industria de la construcción, profesionales y obreros involucrados en la rama de la ingeniería y la arquitectura.

### 3.7.1. Encuestas dirigidas a profesionales y obreros, del campo de la ingeniería y arquitectura (Provincia del Guayas).

**Pregunta 1.** ¿Cree Ud. que el aserrín, plástico PET 1, yeso, resina y agua podrían adherirse y conformar una masa homogénea?

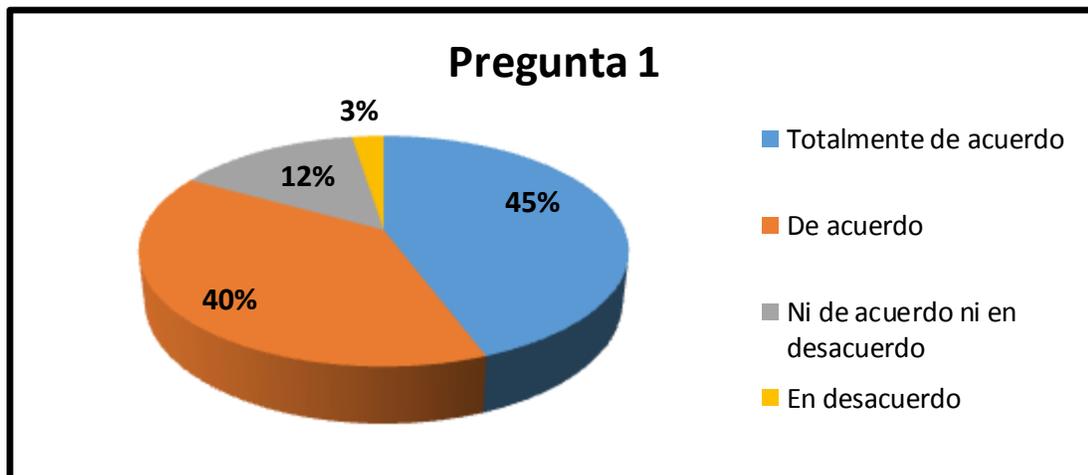
**Tabla 11**

*Sobre la adherencia y homogeneidad entre el aserrín, plástico pet, yeso, resina y agua*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	88	45%
De acuerdo	78	40%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	24	12%
En desacuerdo	6	3%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 25.** Sobre la adherencia y homogeneidad entre el aserrín, plástico pet, yeso, resina y agua

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### Análisis

Un 40% contestó que si hubiera un buen manejo de proporciones en la dosificación esta si podría conseguir una considerable adherencia y por ende homogeneidad, por ello, un 45% manifestó estar de acuerdo con esta teoría, en tanto que, un 12% considero no estar de acuerdo ni en desacuerdo, solo un 3% estuvo en desacuerdo.

**Pregunta 2.** La adición de bambú en la mezcla. ¿Usted cree que ayudaría a mejorar las propiedades en esta (C.M.N.E) propuesta?

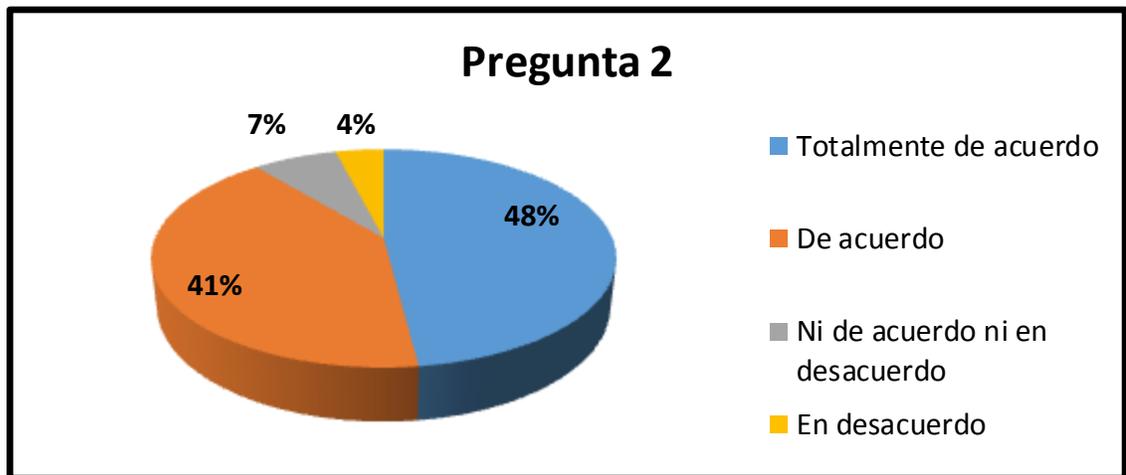
**Tabla 12**

*Sobre el mejoramiento de propiedades en la (C.M.N.E) adicionando bambú*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	94	48%
De acuerdo	80	41%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	14	7%
En desacuerdo	8	4%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



*Figura 26.* Sobre el mejoramiento de propiedades en la (C.M.N.E) adicionando bambú

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

Un 89% respondió que el bambú (caña guadua), tiene grandes propiedades físicas, pero no tiene suficiente capacidad mecánica para resistir los esfuerzos externos de gran envergadura. Sin embargo, ellos manifestaron que tratándose de elementos no estructurales, este sí podría tener buen comportamiento con esta adición, en tanto que, un 7% desentendió el tema, otro 4% estuvo en desacuerdo definiéndolo de poco probable dicho reemplazo.

**Pregunta 3** ¿Está Ud. de acuerdo en que la (C.M.N.E) propuesta, tenga una medida estándar conforme al uso no estructural?

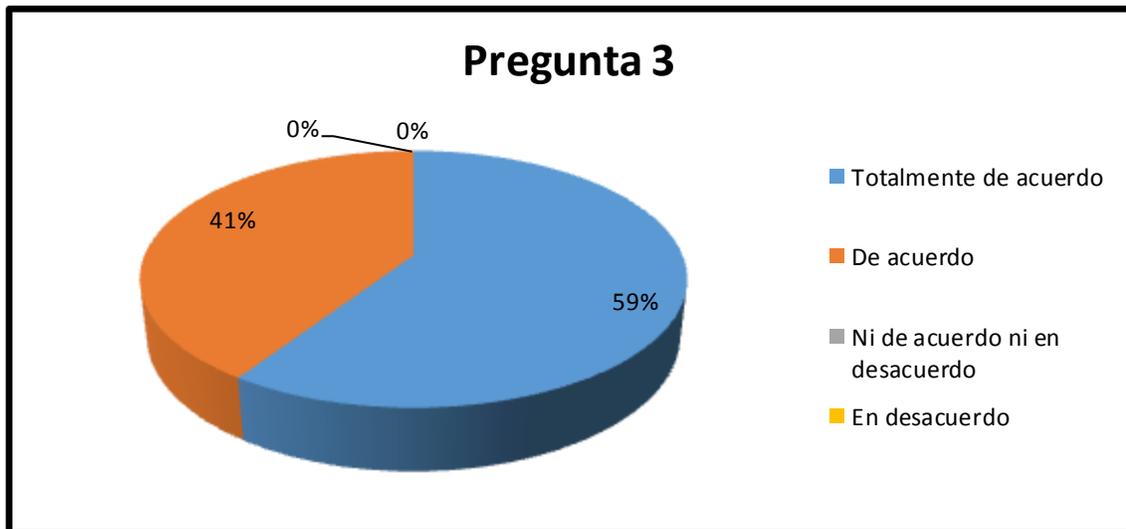
**Tabla 13**

*Sobre la dimensión estándar conforme al uso no estructural*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	116	59%
De acuerdo	78	40%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	1%
En desacuerdo	0	0%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 27.** Sobre la dimensión estándar conforme al uso no estructural

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

Un 59% respondió estar totalmente de acuerdo, considerando que esta columna será de carácter no estructural las dimensiones se pueden adaptar siempre y cuando se respeten los estándares, también un 40% estuvo de acuerdo y opino que es importante elaborar elementos con dimensiones modulares para evitar desperdicios innecesarios.

**Pregunta 4** ¿Cree Ud. que la (C.M.N.E) propuesta, podría complementarse y aplicarse en los diseños comunes de viviendas?

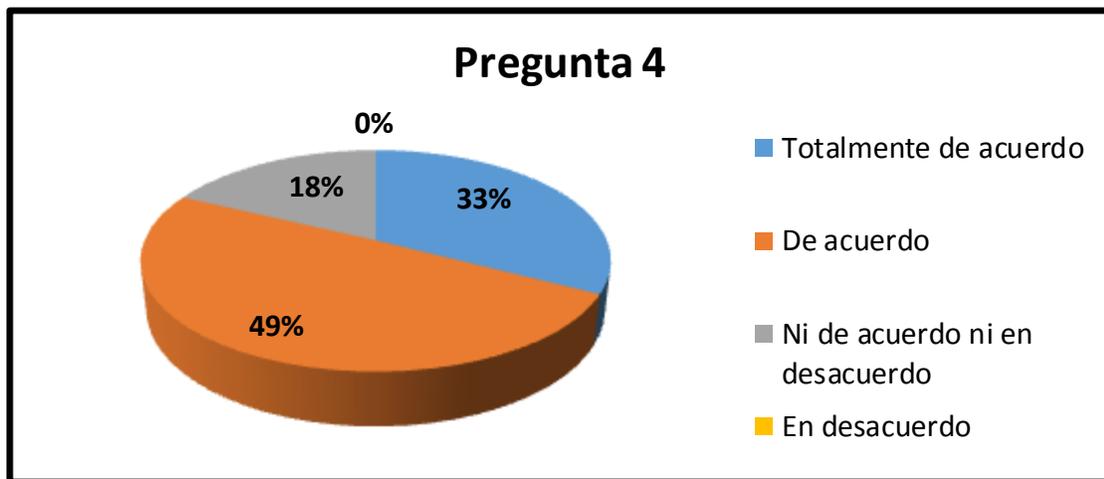
**Tabla 14**

*Sobre la aplicación de (C.M.N.E) en diseños comunes de viviendas*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	65	33%
De acuerdo	96	49%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	35	18%
En desacuerdo	0	0%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 28.** Sobre la aplicación de (C.M.N.E) en diseños comunes de viviendas

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

El 33% considero que dependiendo de las dimensiones, esta sí podría ser utilizada en lugares estratégicos que no involucre un sistema estructural, en cambio un 49% respondió estar de acuerdo en aplicarlo independientemente, siempre que se especifique su resistencia, en tanto que, el 18% restante lo consideró de poco interés pero no de menos importancia.

**Pregunta 5** ¿Cree Ud. que la propuesta, (C.M.N.E) tendría capacidad de resistir los esfuerzos comunes de una vivienda sencilla?

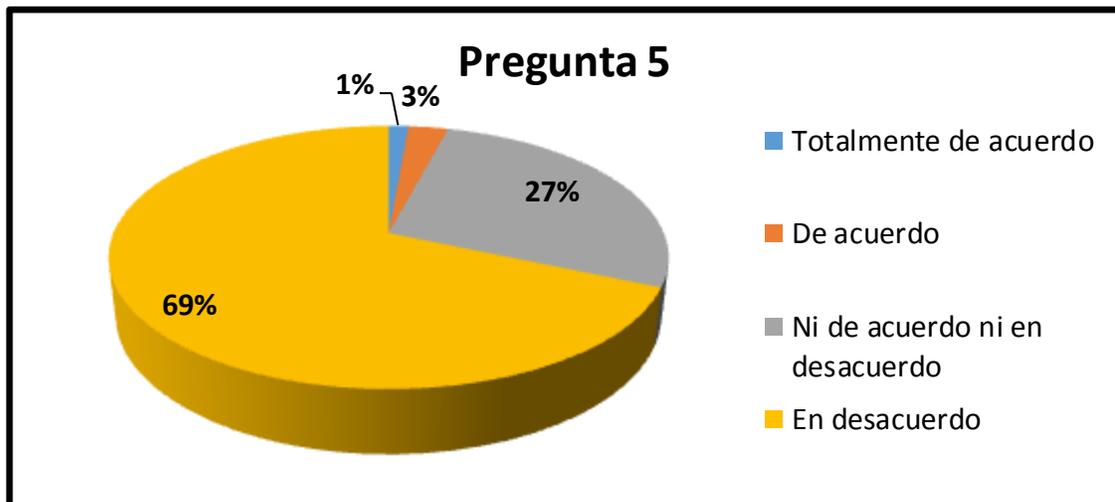
**Tabla 15**

*Sobre la capacidad de resistencia en viviendas sencillas*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	2	1%
De acuerdo	6	3%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	53	27%
En desacuerdo	135	69%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 29.** Sobre la capacidad de resistencia en viviendas sencillas

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

Respuesta compartida en porcentajes desfavorable debido a la gran incertidumbre que ocasiono, en consecuencia, solo el 1 y 3% apoyaron esta noción, mientras que el 69 y el 27% de los entrevistados consideró que esta columna puede ser capaz de resistir esfuerzos moderados no estructurales, pero no para viviendas ya que ello implica una serie de normas y estándares de construcción.

**Pregunta 6.** ¿Considera Ud. que la propuesta (C.M.N.E) elaborada con residuos sólidos, podría ser reutilizable?

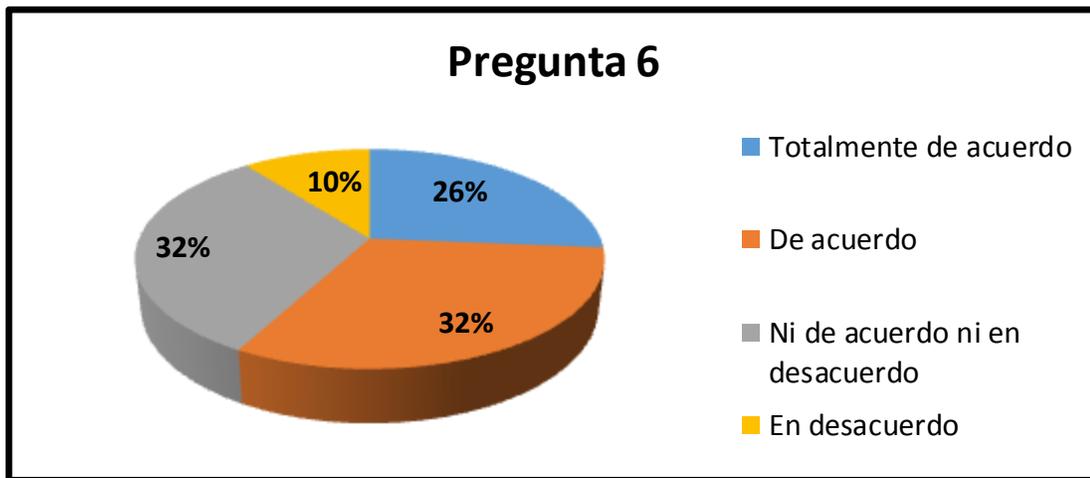
**Tabla 16**

*Sobre la posibilidad de reutilizar el elemento propuesto (C.M.N.E)*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	50	26%
De acuerdo	63	32%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	63	32%
En desacuerdo	20	10%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



*Figura 30.* Sobre la posibilidad de reutilizar el elemento propuesto (C.M.N.E)

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

Un 26% respondió estar totalmente de acuerdo considerando sus limitaciones de resistencia, otro 32% expresó una similar teoría y manifestó su rotundo respaldo, mientras el 32% estuvo ni de acuerdo ni en desacuerdo ya que fue un tema poco conocido por estos entrevistados, en tanto que, solo el 10% opino estar en desacuerdo catalogándolo de poco probable dicha reutilización.

**Pregunta 7** ¿Considera Ud. posible que los desechos maderas de encofrado, podrían ser utilizados para elaborar nuevos elementos constructivos de sostenibilidad?

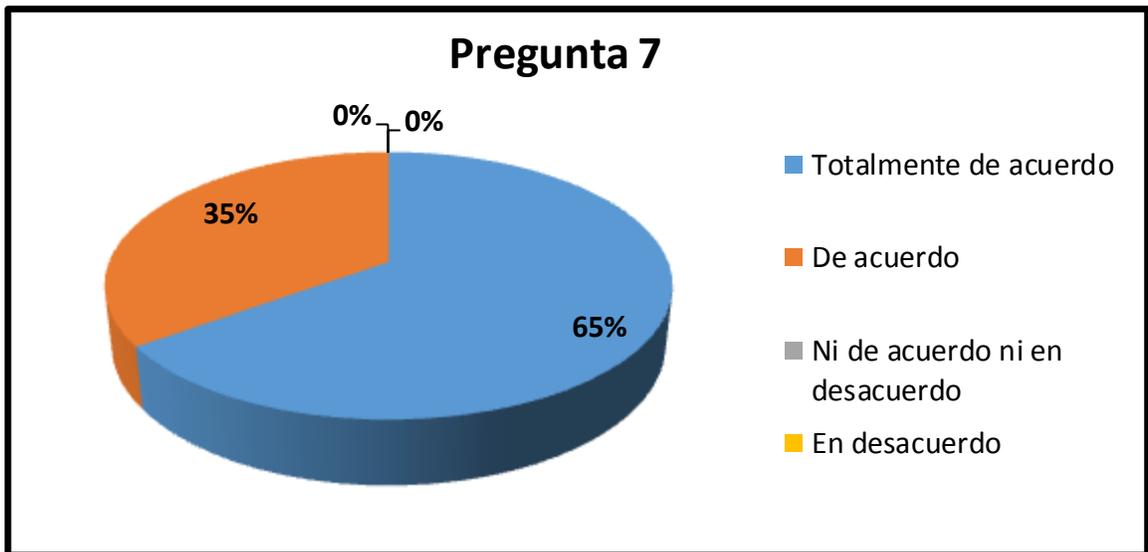
**Tabla 17**

*Sobre elaborar elementos con los desechos de maderas de encofrado*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	127	65%
De acuerdo	69	35%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 31.** Sobre elaborar elementos con los desechos de maderas de encofrado

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

El 65% contestó que si los desechos en mención son debidamente tratados y procesados se podrían obtener elementos destinados para la construcción, un 35% en cambio manifestó que la madera por ser material comercial, todo derivado de él es considerado reutilizable, por ello, estuvo de acuerdo en esta posibilidad.

**Preguntas 8** ¿Se involucraría Ud. en el desarrollo de proyectos innovadores utilizando los residuos que son perjudiciales para el medio ambiente?

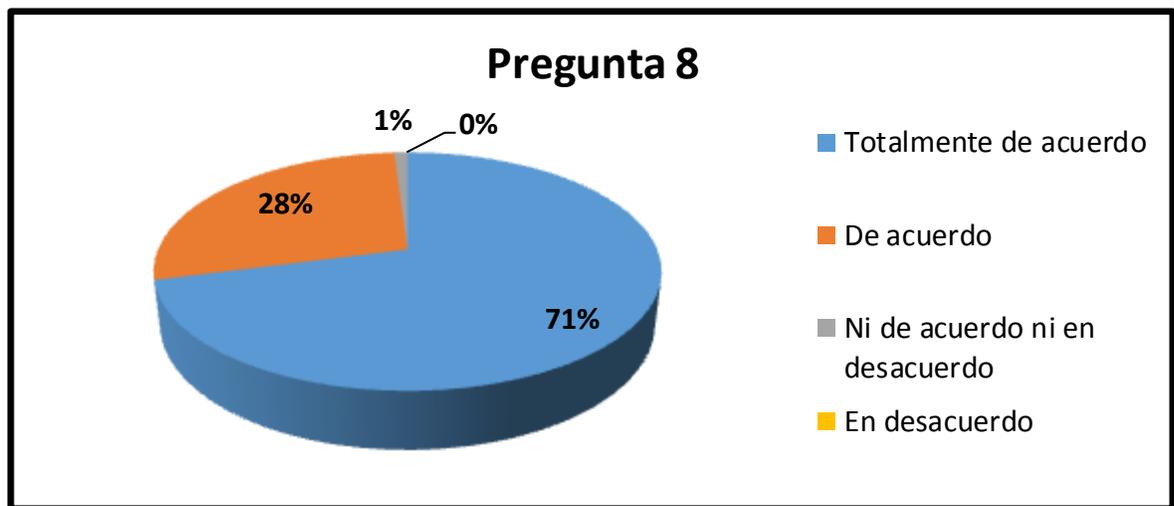
**Tabla 18**

*Sobre el desarrollo de proyectos innovadores con residuos perjudiciales*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	139	71%
De acuerdo	55	28%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	1%
En desacuerdo	0	0%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 32.** Sobre el desarrollo de proyectos innovadores con residuos perjudiciales

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### **Análisis**

Es de conocimiento mundial según el 70% de encuestados que la tecnología y la innovación se encuentra en constante evolución, por ende proyectos experimentales desarrollándose y otros aún por desarrollar, es el claro ejemplo de cientos de países buscando la estrecha línea de sostenibilidad. Por lo que un 28% más estuvo de acuerdo y solo el 1% desentendió esta iniciativa.

**Pregunta 9** ¿Considera usted importante el uso y manejo del reciclaje de materiales sólidos en la construcción?

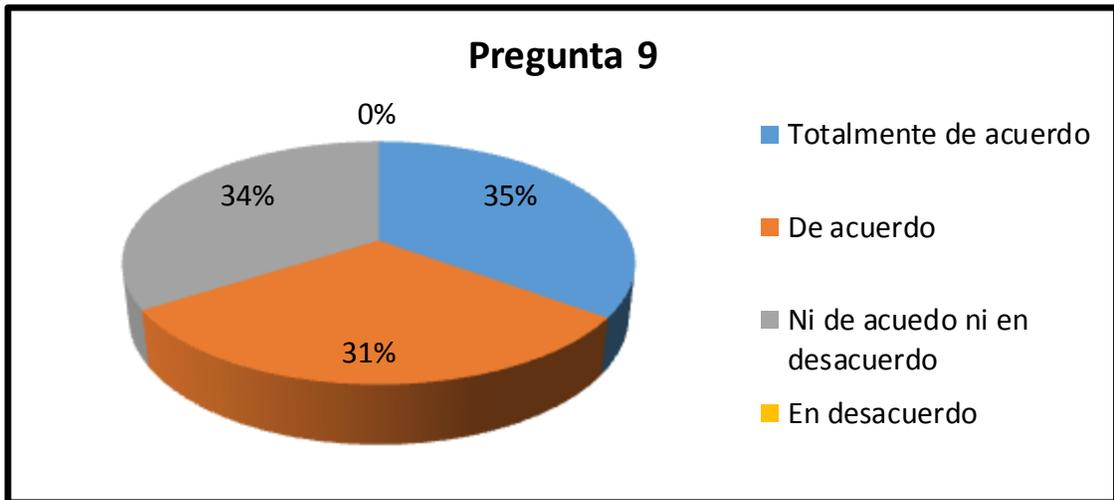
**Tabla 19**

*Sobre la importancia del uso y manejo del reciclaje en la construcción*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	68	35%
De acuerdo	61	31%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	67	34%
En desacuerdo	0	0%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



*Figura 33.* Sobre la importancia del uso y manejo del reciclaje en la construcción

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

El 35% respondió que el mal uso y manejo del reciclaje en las construcciones, es debido a que existe poco interés por parte de las constructoras, por lo que considerarán que es importante dicho propósito. En tanto que un 31% manifestó estar de acuerdo dado que este sistema ya se aplica, pero no la cubre en su totalidad, por ello, solo el 34% expresó no estar de acuerdo ni en desacuerdo, recalcando que no es menos importante.

**Pregunta 10** ¿Estaría Ud. de acuerdo en que empresas y compañías constructoras incrementen programas gestionales de residuos sólidos en sus proyectos?

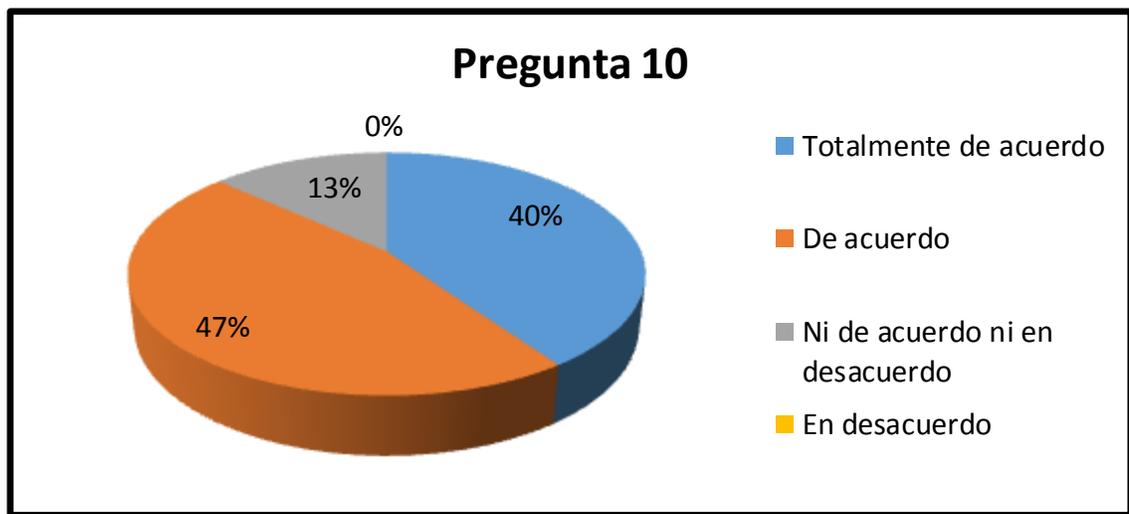
**Tabla 20**

*Sobre Programas gestionales de residuos sólidos en empresas*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	78	40%
De acuerdo	92	47%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	26	13%
En desacuerdo	0	0%
Total	196	100%

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 34.** Sobre programas gestionales de residuos sólidos en empresas

*Fuente:* Encuestas vía online, Zoom, de campo

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### Análisis

Si bien es cierto que este sistema ya se aplica, aún existen gran números de empresas y compañías la mayoría clandestinas, que no acatan las disposiciones en cuanto a programas o manejos de residuos sólidos, por ello, un 40% de los encuestados manifestó estar totalmente de acuerdo, mientras que un 47% opinó estar de acuerdo, otro 13% expreso estar, ni de acuerdo ni en desacuerdo.

## CAPITULO IV

### INFORME FINAL

#### 4.1. La propuesta

La idea principal, este proyecto se basa en la elaboración de un nuevo material que se representará en un prototipo de Columna Mixta No Estructural (C.M.N.E), en el cual, se utilizarán diferentes tipos de materiales provenientes de los desechos de las maderas de encofrados y el plástico PET1, residuo sólido no biodegradable que están considerado como de alto riesgo ambiental. En consecuencia, se propuso la reutilización de ellos en combinación con materiales de origen comercial, (yeso y resina), que en proporciones previamente establecidas se definirá y será presentada como una masa homogénea de resistencia moderada.

Cabe señalar, que también se utilizará un material adicional de origen orgánico (bambú), que actuará como un elemento de confinamiento estructural; éste último, en conjunto con la masa homogénea formará el material definitivo que será implementado al nuevo prototipo propuesto en esta investigación. Por otra parte, es importante recalcar que los estándares técnicos del elemento propuesto se fundamentaron en la norma **CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7 estructuras de madera**, la misma que servirá como guía principal para determinar similitudes de propiedades entre la madera estructural y el prototipo (C.M.N.E).

Una vez determinados los elementos, se realizaron los ensayos mecánicos correspondientes con muestras ya elaboradas, las mismas que fueron llevadas posteriormente al laboratorio de análisis de propiedades, donde se realizaron las pruebas a compresión y flexión.

También se procedió a efectuar un segundo tipo de ensayo de carácter físico (empírico) en el que se demostró, el contenido de humedad, la resistencia a gientes externos, la capacidad de resistencia al fuego, y la densidad demostrada en g/cm<sup>3</sup>.

Con esta iniciativa se pretende dar alcance e incentivar al desarrollo de columnas modulares mixtas 0.10 x 0.10m que tengan resistencias básicas y una altura establecida, es decir, según lo requiera el consumidor, esto para evitar los desperdicios innecesarios

que se generarían en la construcción de pérgolas o soportales de cubiertas que se han propuesto en este proyecto. En tanto que, también se plantea la posibilidad de que sean utilizadas en conjunto con otros materiales que son destinados para el mismo propósito.

Por otro lado, como fin específico se mantiene la ley reglamentaria de sustentabilidad para este proyecto, por tanto, esta columna mixta no estructural tiene como principio fundamental la reutilización de residuos sólidos, utilizar procesos que minimicen la contaminación ambiental, fomentar la conciencia social y activar el intelecto al desarrollo de la innovación; con el cual se pretende dejar asentado un precedente para que se promueva el conocimiento a las futuras generaciones.

#### **4.2. Fundamentación de la propuesta**

A continuación, causas principales en las que el proyecto se fundamenta conforme a la opinión de los individuos involucrados en la rama de ingeniería, arquitectura y construcción, aquí destacaron temas como: reutilización del plástico PET1, su introducción en la construcción, uso e implementación de los desechos maderas de encofrado en materiales innovadores, el bambú como elemento de refuerzo entre otras temáticas que recopilaron los motivos para incentivar la propuesta.

Desde la parte técnica se presentaron varias ponencias en cuanto a la posibilidad de crear una mezcla eficiente y homogénea fundamentadas por el Pet 1, yeso comercial, resina vinil acrílica y el aserrín, varios de los arquitectos y constructores opinaron que es factible, siempre y cuando se den las proporciones idóneas de los materiales, otro pequeño grupo en cambio indicó que es poco probable obtener un material con esas características.

En cuanto adicionar el bambú a la mezcla antes mencionada, por sus propiedades físicas indicaron, que podría ser un gran elemento que contribuya al desarrollo de un nuevo material, no obstante, otros individuos señalaron que por su capacidad mecánica en elementos de gran envergadura sus propiedades limitarían, pero tratándose de un elemento con características de resistencia básica, éste tendría comportamiento aceptable; en cuanto a las dimensiones conforme al uso no estructural (C.M.N.E) ellos consideraron que se pueden adaptar medidas siempre y cuando se respeten los

estándares locales, también en lo posible que se elaboren con dimensiones modulares esto con la finalidad de no realizar cortes innecesarios, evitando con ellos desperdicios.

Ya en la versatilidad de uso, este proyecto tiende a grandes expectativas sea como elemento de apoyo para soportales de cubiertas o pérgolas decorativas entre otros. En opinión algunos individuos no definieron en cuál de sus proyecciones encajaría eficazmente dicho elemento, a pesar de ello, cuando la aplicación de esta columna mixta es dirigida a viviendas, el criterio es dividido, hay quienes se inclinaron por espacios internos y otros externos, posteriores o frontales; además, si puede volver a reutilizarse o no este material fue un punto de controversia, manifestando respaldo siempre que se consideren sus limitaciones de resistencia, área o lugar específico.

En definitiva, la idea de darle un nuevo uso a los desechos y residuos plásticos de PET ha tenido muy buena acogida por parte de los involucrados, el sector constructivo aplaude estas iniciativas ya que los planes habitacionales han sido vistas como industrias que perjudican el entorno laboral, ambiental, y proyectos como estos aportan en cuanto a reducción de la huella ecológica, por otra parte la importancia del uso y manejo de los residuos sólidos, absorbe la tecnología y se innova constantemente, por ende proyectos experimentales desarrollándose, claro ejemplo de ello es la ingeniería, arquitectura y construcción que buscan la estrecha línea de sustentabilidad.

#### **4.3. Requerimientos del proyecto**

Consideraciones generales: La columna mixta no estructural soporta algún tipo de esfuerzo en una determinada construcción.

Para esto, es necesario considerar el sistema de producción hasta su respectivo montaje en conjunto a las piezas que conllevan perfeccionar esta acción.

Las especificaciones que se deben considerar para este tipo de estructuras dependiendo el lugar y los materiales son: la seguridad, estabilidad y durabilidad.

Características físicas: como condición física se debe determinar el origen orgánico del elemento, los defectos de higroscopicidad, la estabilidad de su dimensión, riesgos de ataque contaminantes de agentes externos, así como la combustión.

Características mecánicas: Es importante definir su resistencia y rigidez.

Limitaciones dimensionales: regularmente las formas de las columnas son limitadas, aunque sus espesores definen también la carga a resistir, no obstante, con estos criterios se determinan dichas secciones.

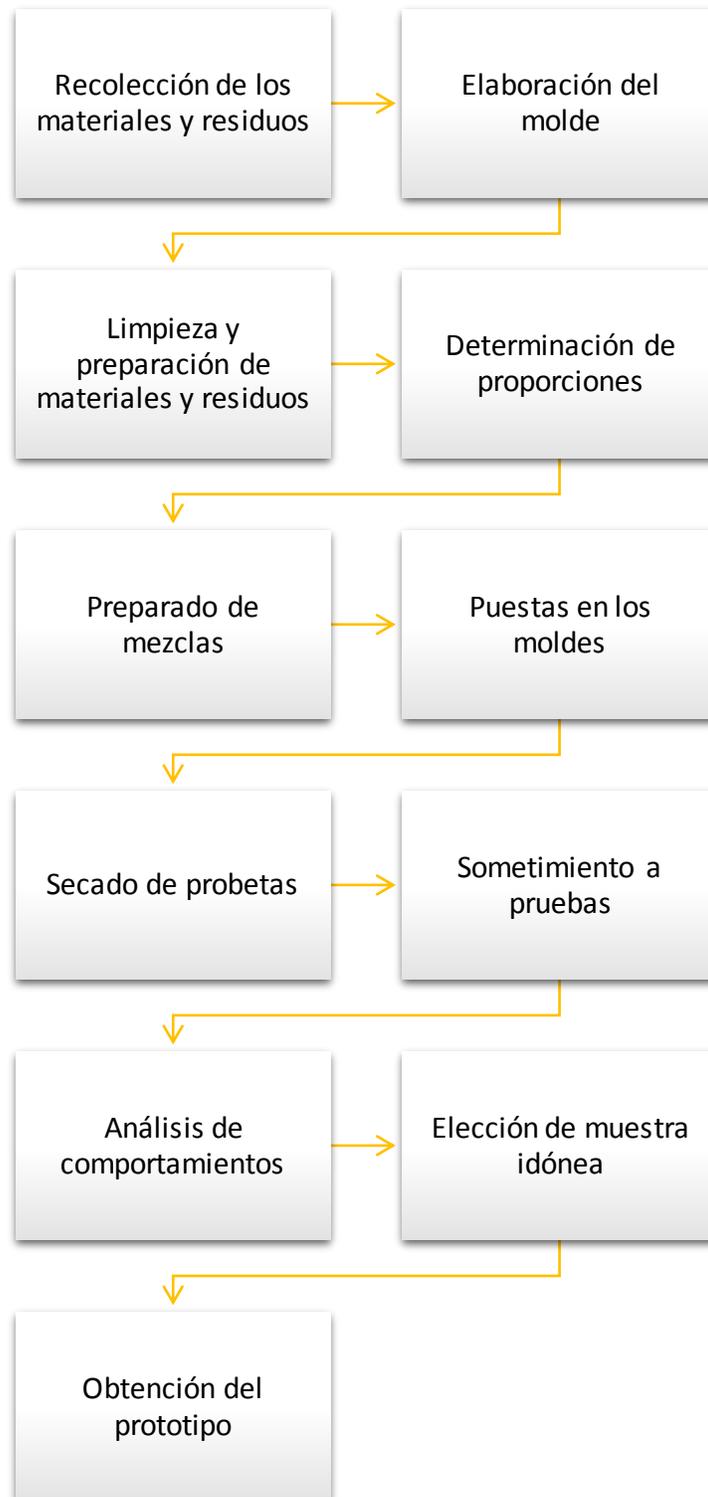
Uno de los principales requerimientos del prototipo es determinar las medidas con las que pueda ser factible la realización de los ensayos, por ende, la dimensión estándar que se ha determinado según la manejabilidad en esta investigación para columnas de tipo no estructural es de a: 0.10 x b: 0.10 y h: 3.00m, conforme a ello se dispuso a realizar un molde metálico para encofrado con escala próximo al estándar de 0.10 x 0.10 x 0.55m.



*Figura 35.* Molde metálico, 0.10 x 0.10 x 0.55 m.  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Esta determinación define un sistema modular numerado, compuesto por 5 piezas que se empalman unas con otras utilizando para su fijación pernos galvanizados de  $\frac{3}{4}$ " x  $1 \frac{1}{4}$ ", las medidas de cada módulo fueron expresadas según numeración. Base principal (0), 0.15 x 0.55 m, caras laterales principales (1) y (2), 0.10 x 0.50m, caras laterales secundarias (3) y (4), 0.15 x 0.10m.

#### 4.4. Flujo de la propuesta



*Figura 36.* Flujo de la propuesta  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.5. Materiales, herramientas y equipos

##### Desechos de madera de encofrado

Se utilizó aserrín fino obtenido de la trituración de tablas, cuarterones y tablillas que fueron usadas como maderas de encofrado, dicho aserrín fue tamizado con el propósito de eliminar estillas y clasificar el agregado fino, utilizando malla reticulada de 1.68 mm.



*Figura 37.* Aserrín fino (desechos de maderas de encofrado)  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

##### Aglomerante

El aglomerante utilizado es el yeso que se complementó con la resina vinil acrílica, el primer producto se trata del yeso blanco grueso resistente, de muy buena adherencia se lo utiliza para obras de acabados como; revestimientos, moldes, empaste o placas de yeso entre otros; el segundo producto es la resina vinil acrílica cuyo fin también es la



*Figura 38.* Yeso y resina vinil acrílica  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

adherencia, pero con factor de impermeabilidad y resistencia a la abrasión, este material se lo utiliza principalmente en la fabricación de pinturas.

### **Plástico pet1**

Para elaborar el prototipo se ha usado el plástico Pet1 triturado obtenido de botellas plásticas de un solo uso, que en su categoría son los más reciclados en la actualidad.



*Figura 39.* Plástico pet1 triturado 0.01m x 0.01m.  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### **Bambú**

En esta ocasión se empleó un tipo de caña guadua conocido como “angustifolia kunth”, que pertenece a una de las subfamilias de las gramíneas bambusoideae, crecen en climas tropicales como en la costa ecuatoriana; es muy utilizado para construir,



*Figura 40.* Bambú inmunizado  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

decorar, fabricar muebles o proteger riberas, ríos o quebradas, su diámetro más común se encuentra entre 0.08, 0.13m y su altura 15 m.

### **Agua**

El agua tomada para la realización de las mezclas es el agua potable, tal y como se presenta en el vaciado del suministro

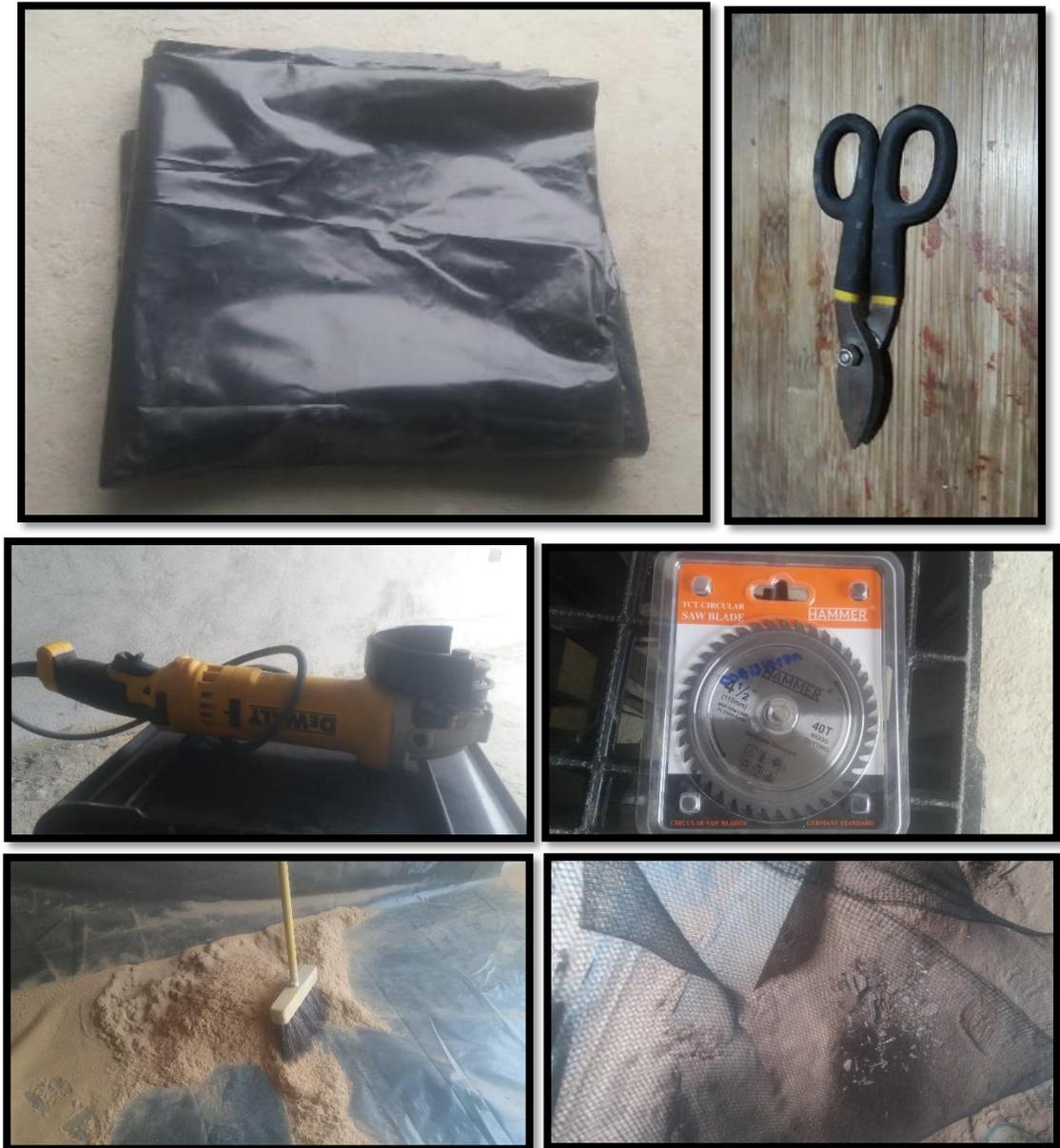


*Figura 41. Recolección de agua potable  
Elaborado por: Muñoz & Suárez (2021)*

#### **4.5.1. Herramientas y equipos**

- Aceite quemado
- Amoladora pequeña circular de mano
- Disco de corte para madera de 4<sup>1/2</sup> “
- Forro plástico negro
- Tijera para metal
- Escoba
- Pala
- Espátula

- Molde metálico 0.10x0.10x0.55 m
- Malla metálica reticulada 1.68 mm



**Figura 42.** Herramientas y equipos utilizados para la obtención de los materiales  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## 4.6. Obtención de la materia prima

### 4.6.1. Aserrín

Para la obtención del aserrín se recolectaron tablas, cuarterones y tiras que han servido como madera de encofrado en diferentes obras de la ciudad de Guayaquil; el proceso de extracción fue mediante, sierra eléctrica de mano, éste polvillo fue puesto en una cobertura plástica, posterior se la tamizó con una malla reticulada metálica de 1.68 mm.



*Figura 43.* Obtención del aserrín  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.6.2. Preparación del aserrín

Una vez recolectado el aserrín se procede con su tamizado y lavado de partículas en una tina plástica con agua, se cuela los residuos y se lo extiende en el plástico para que puedan secar al ambiente, este proceso de secado duró una semana.



*Figura 44.* Limpieza y lavado del aserrín  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 45.** Secado del aserrín  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.6.3. Plástico PET1

Se recolectaron botellas plásticas de bebidas gaseosas, a continuación, se procedió a cortar la parte del pico quedando solo el cuerpo útil, una vez cortadas cierta cantidad nuevamente se procedió a cortar esta vez en tiras cuadradas de  $\pm 0.01 \times 0.01\text{m}$ .



*Figura 46.* Obtención del Plástico Pet1  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.6.4. Preparación y limpieza del plástico PET 1

En una tina plástica con detergente y agua se humedece el plástico Pet1, se enjuaga varias veces con agua hasta que disminuya y quede libre de espuma; luego se extiende con el propósito de que seque naturalmente sobre el plástico negro, se dejó reposar por un lapso de 7 días.



**Figura 47.** Lavado y secado del plástico PET 1  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.6.5. Selección del bambú

La caña con las características deseadas, fue obtenida en un bosque de la provincia de Santa Elena, para esto se talaron algunos troncos, retirando cuidadosamente las hojas de su alrededor, así como las protuberancias presentadas en los distintos nudos a lo largo del bambú; una vez limpios se los reservó para su posterior inmunización dado por sales de bórax y ácido bórico, finalmente Procede con su secado natural.



*Figura 48.* Selección y recolección del bambú  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## 4.7. Preparación de las mezclas

### 4.7.1. Obtención del prototipo 1

Se comienza el experimento apartando las porciones de cada elemento, en consecuencia, se colocan las raciones de las sustancias en unos recipientes, luego se los pesa en una balanza digital con el fin de considerar su dosificación; a continuación, se presenta una tabla con las respectivas cantidades:

**Tabla 21**

*Dosificación del prototipo 1*

Material	Cantidad	Unidad
PET 1	700	Gramos
Aserrín fino	1000	Gramos
Yeso comercial	3500	Gramos
Resina vinil acrílica	2	Kilogramos
Agua	4	litros

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 49.** Peso del aserrín

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 50.** Visualización de proporciones, plástico, aserrín y yeso  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)

Se realizaron los siguientes pasos para elaborar la primera probeta:

1. Se engrasa el molde.
2. En una tinaja se colocó el gramaje de aserrín.
3. Junto al aserrín, se añadió el yeso y mezclo uniforme mente
4. Ambos elementos se mezclan, formando una composición de color grisácea.



**Figura 51.** Mezcla en seco proporción aserrín-yeso  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)

5. Se agrega el plástico triturado, y se procede a mezclar nuevamente.
6. En otro recipiente, se disuelve la resina con el agua.
7. Este fluido se vierte gradualmente en la tinaja con los demás elementos.
8. Una vez preparada la mezcla, se coloca en el molde que debe estar previamente engrasado.
9. El vaciado se lo hizo en dos tiempos, en el primero se introdujo la caña de bambú inmunizada, luego se procedió con el llenado final, este proceso se lo hace de forma rápida procurando que la mezcla se distribuya uniformemente, ayudándose con una vara metálica lisa.
10. Se rasa la mezcla, se deja fraguar por un lapso de 24 h y se desencofra.



**Figura 52.** Mezcla y fundación del prototipo  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.7.2. Observaciones del primer prototipo

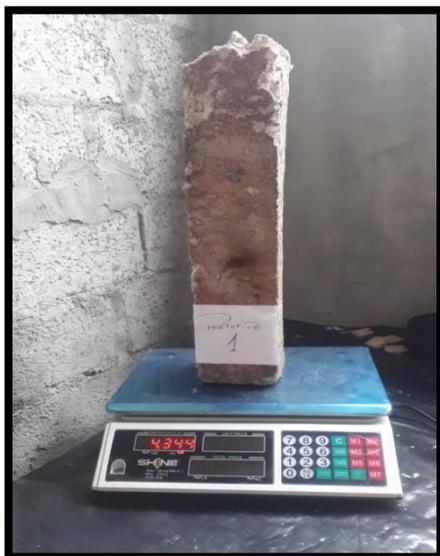
Se distinguió que la primera dosificación obtuvo baja consistencia, trabajabilidad y poca adherencia, con proceso de fraguado acelerado de entre 5 a 6 min, por otro lado, el desencofrado presento cierta dificultad, debido a que presentó una deformación parcial; se asume que este comportamiento fue dado por el escaso material de yeso y resina. En consecuencia, se ha presentado su aspecto físico a los 28 días conforme a las partículas del aserrín y por ende su color fue asemejado al mismo; el material resulto ligero (4,344 Kg) pero de poca resistencia y grandes imperfecciones tanto internas como externas.

**Tabla 22**

*Características del prototipo 1- (0.10 x 0.10 x 0.55 m)*

<b>Características del Prototipo 1</b>	
Aspecto	Poroso
Color	castaño
Peso	4.34 Kg
Fraguado	Acelerado
Consistencia	Baja

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 53.** Primer prototipo elaborado  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### 4.7.3. Obtención del prototipo 2

**Tabla 23**

*Dosificación del prototipo 2*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
PET 1	400	Gramos
Aserrín fino	800	Gramos
Yeso comercial	7000	Gramos
Resina vinil acrílica	4	Kilogramos
Agua	3	litros

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Se realizó los siguientes pasos para elaborar la segunda probeta:

1. Se engrasa el molde.
2. En una tinaja se coloca el gramaje de aserrín.
3. Junto al aserrín, se añadió el yeso
4. Ambos elementos se mezclan, formando una composición de color grisácea.
5. Se agrega el plástico triturado, y se procede nuevamente a mezclar.
6. En otro recipiente, se disuelve la resina con el agua.
7. Este fluido se vierte gradualmente en la tinaja con los demás elementos.
8. Una vez preparada la mezcla, se coloca en el molde que debe estar previamente engrasado
9. El vaciado se lo hizo en dos tiempos, en el primero se introdujo la caña de bambú tratada, luego se procedió con el llenado final, este proceso se lo hace de forma rápida procurando que la mezcla quede distribuida uniformemente ayudándose con una vara metálica lisa.
10. Se rasa la mezcla, se deja fraguar por un lapso de 24 h y se desencofra.



*Figura 54.* Representación del bambú en el molde  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### **4.7.4. Observaciones del segundo prototipo**

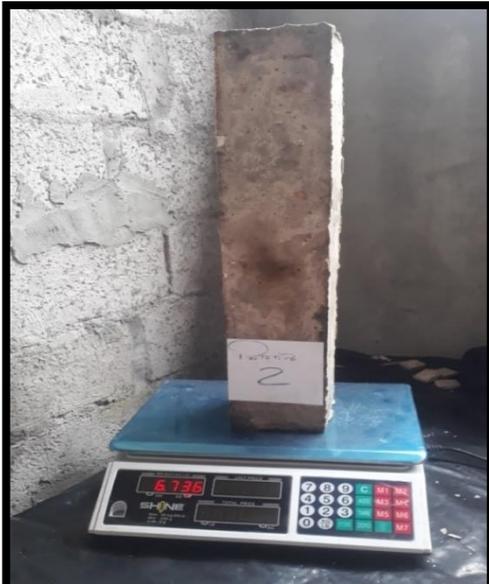
En la segunda dosificación de ensayo la mezcla arrojó resultados alentadores mejorando su consistencia, adherencia y trabajabilidad; el proceso de fraguado también fue de tiempo limitado de entre 5 a 6 min, el desencofrado se realizó sin mayor problema en 24 h. El tono obtenido a los 28 días varió a un color blanquecino con aspecto semejante a la madera, su peso dado fue de (6,763 Kg) de gran estabilidad y resistencia al tacto.

**Tabla 24**

*Características del prototipo 2- (0.10 x 0.10 x 0.55 m)*

<b>Características del Prototipo 2</b>	
Aspecto	Uniforme
Color	Blanquecino
Peso	6.46 Kg
Fraguado	Acelerado
Consistencia	Alta

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 55.** Segundo prototipo elaborado  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.7.5. Obtención del prototipo 3

**Tabla 25**

*Dosificación del prototipo 3*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
PET 1	1200	Gramos
Aserrín fino	800	Gramos
Yeso comercial	7000	Gramos
Resina vinil acrílica	4	Kilogramos
Agua	3	litros

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Se realizó los siguientes pasos para elaborar la tercera probeta:

1. Se engrasa el molde.
2. En una tinaja se coloca el gramaje de aserrín.
3. Junto al aserrín, se añadió el yeso
4. Ambos elementos se mezclan, formando una composición de color grisácea.
5. Se agrega el plástico triturado, y se procede nuevamente a la mezclar.

6. En otro recipiente, se disuelve la resina con el agua.
7. Este fluido se vierte gradualmente en la tinaja con los demás elementos.
8. Una vez preparada la mezcla, se coloca en el molde que debe estar previamente engrasado
9. El vaciado se lo hizo en dos tiempos, en el primero se introdujo la caña de bambú tratada, luego se procedió con el llenado final, este proceso se lo hace de forma rápida procurando que la mezcla quede distribuida uniformemente ayudándose con una vara metálica lisa.
10. Se rasa la mezcla, se deja fraguar por un lapso de 24 h y se desencoфра.

#### **4.7.6. Observaciones del tercer prototipo**

En esta dosificación se dio preferencia al plástico PET, manteniendo las mismas dosificaciones del prototipo 2; en consecuencia, se definió una ligera dificultad de trabajabilidad dada por el exceso de PET, sin embargo, tuvo buena consistencia y adherencia. El tiempo de fraguado fue de entre 5 a 6 min, en el caso del desencoфrado, fue en las 24 h, este no tuvo mayores inconvenientes, en cuanto a su apariencia a los 28 días tuvo las mismas características de aspecto y tonalidad que el segundo prototipo; por último, su peso fue de 7,584 Kg, de gran estabilidad y resistencia al tacto.

**Tabla 26**

*Características del prototipo 3- (0.10 x 0.10 x 0.55 m)*

<b>Características del Prototipo 3</b>	
Aspecto	Uniforme
Color	Gris claro con manchas marrones
Peso	7.58 Kg
Fraguado	Acelerado
Consistencia	Alta

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 56.** Tercer prototipo elaborado  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.7.7. Obtención del prototipo 4

**Tabla 28**

*Dosificación del prototipo 4*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
PET 1	700	Gramos
Aserrín fino	150	Gramos
Yeso comercial	4000	Gramos
Resina vinil acrílica	2 1/2	Kilogramos
Agua	1.5	litros

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Se realizó los siguientes pasos para elaborar la tercera probeta:

1. Se engrasa el molde.
2. En una tinaja se coloca el gramaje de aserrín.
3. Junto al aserrín, se añadió el yeso

4. Ambos elementos se mezclan, formando una composición de color grisácea.
5. Se agrega el plástico triturado, y se procede nuevamente a mezclar.
6. En otro recipiente, se disuelve la resina con el agua.
7. Este fluido se vierte gradualmente en la tinaja con los demás elementos.
8. Una vez preparada la mezcla, se coloca en el molde que debe estar previamente engrasado
9. El vaciado se lo hizo en dos tiempos, en el primero se introdujo la caña de bambú tratada, luego se procedió con el llenado final, este proceso se lo hace de forma rápida procurando que la mezcla quede distribuida uniformemente ayudándose con una vara metálica lisa.
10. Se rasa la mezcla, se deja fraguar por un lapso de 24 h y se desencofra.

#### **4.7.8. Observaciones del cuarto prototipo**

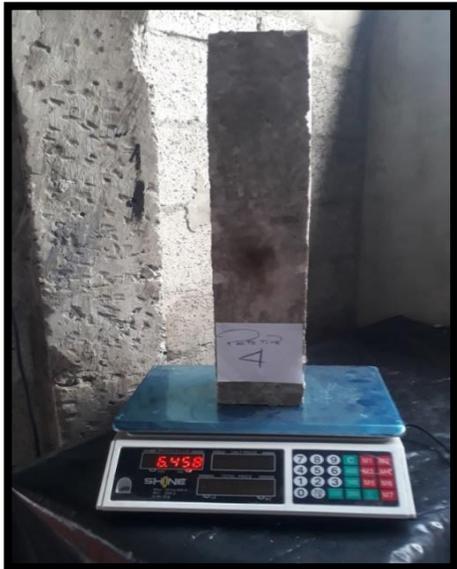
La cuarta dosificación se la hizo referenciado al peso del tercer prototipo, por el que se decidió reducir un 58% menos de yeso y un porcentaje considerable de los demás materiales, dando como resultado una masa homogénea de fácil moldeo, pero de fraguado acelerado 5 a 6 min, el desencofrado siguió la misma secuencia de 24 h. Por otra parte, su tonalidad a los 28 días, resultó también blanquecino con similitud a la madera, el peso representado en la balanza fue de 6,462 Kg, de gran estabilidad y resistencia al tacto.

#### **Tabla 27**

*Características del prototipo 4- (0.10 x 0.10 x 0.55 m)*

<b>Características del Prototipo 4</b>	
Aspecto	Uniforme
Color	Blanquecino
Peso	6.46 Kg
Fraguado	Acelerado
Consistencia	Alta

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



*Figura 57.* Cuarto prototipo elaborado  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.7.9. Obtención del prototipo 5

**Tabla 28**

*Dosificación del prototipo 5*

Material	Cantidad	Unidad
PET 1	700	Gramos
Aserrín fino	200	Gramos
Yeso comercial	6000	Gramos
Resina vinil acrílica	4	Kilogramos
Agua	1	litros

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Se realizó los siguientes pasos para elaborar la tercera probeta:

1. Se engrasa el molde.
2. En una tinaja se coloca el gramaje de aserrín.
3. Junto al aserrín, se añadió el yeso
4. Ambos elementos se mezclan, formando una composición de color grisácea.

5. Se agrega el plástico triturado, y se procede nuevamente a mezclar.
6. En otro recipiente, se disuelve la resina con el agua.
7. Este fluido se vierte gradualmente en la tinaja con los demás elementos.
8. Una vez preparada la mezcla, se coloca en el molde que debe estar previamente engrasado
9. El vaciado se lo hizo en dos tiempos, en el primero se introdujo la caña de bambú tratada, luego se procedió con el llenado final, este proceso se lo hace de forma rápida procurando que la mezcla quede distribuida uniformemente ayudándose con una vara metálica lisa.
10. Se rasa la mezcla, se deja fraguar por un lapso de 24 h y se desencofra.

#### **4.7.10. Observaciones del quinto prototipo**

La última dosificación presentó buena consistencia, trabajabilidad y adherencia entre los materiales, también obtuvo como en todos los prototipos, un acelerado fraguado con proceso de desmolde 24 h. Este último prototipo a los 28 días mantuvo las mismas características de tonalidad que el aserrín, pero con aspecto blanquecino, su peso fue de 7,162 Kg, de gran estabilidad y resistencia al tacto.

**Tabla 29**

*Características del prototipo 5- (0.10 x 0.10 x 0.55 m)*

<b>Características del Prototipo 5</b>	
Aspecto	Uniforme
Color	Blanquecino
Peso	7.16 Kg
Fraguado	Acelerado
Consistencia	Alta

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 58.** Quinto prototipo elaborado  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### **4.8. Pruebas de laboratorio**

##### **4.8.1. Prueba de resistencia a la compresión**



**Figura 59.** Prototipos y probetas cubicas 3.5cm  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Estas pruebas determinaron los resultados de resistencia a la compresión, las muestras fueron ensayadas en LEMCO, laboratorio de ensayos de materiales y construcciones, ubicado en Costanera 1209 y Laureles (Urdesa). Para la realización de esta prueba fue necesario cortar probetas cubicas de 3.5 cm, mismas que fueron extraídas de probetas previamente ya elaboradas, la norma aplicada para este ensayo fue dada por la ASTM C109.



*Figura 60.* Equipos de ensayos compresion y flexión  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### **4.8.1.1. Resultados: pruebas de resistencia a la compresión probeta cubica # 2**

**Tabla 30**

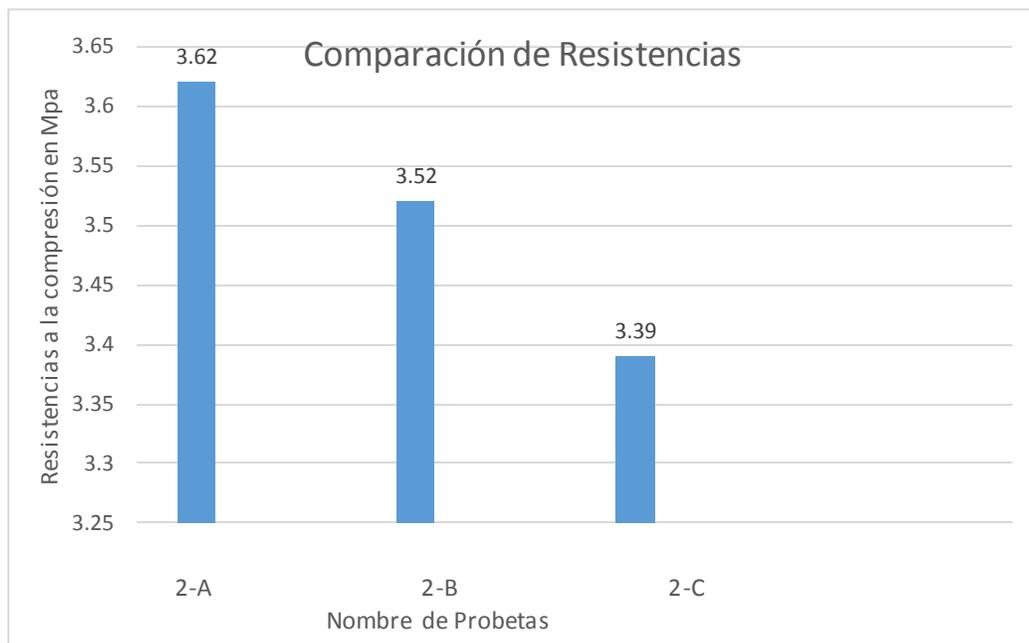
*Control de resistencia a la compresión Probeta 2*

<b>Cubo N°</b>	<b>Fecha de Toma</b>	<b>Fecha de Rotura</b>	<b>Rotura a los días</b>	<b>Carga KN</b>	<b>Resistencia MPa</b>	<b>Referencia</b>
P2 - A	16-07-2021	13-08-2021	28	4.56	3.62	Elemento Prototipo de columna Mixta No Estructural
P2 - B	16-07-2021	13-08-2021	28	4.58	3.52	
P2 - C	16-07-2021	13-08-2021	28	4.39	3.39	

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 61.** Visualización de rotura a los 28 días probeta 2  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 62.** Diagrama: resistencias de compresión a los 28 días, probeta 2 A-B-C  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)

**4.8.1.2. Resultados: pruebas de resistencia a la compresión probeta cubica # 4**

**Tabla 31**

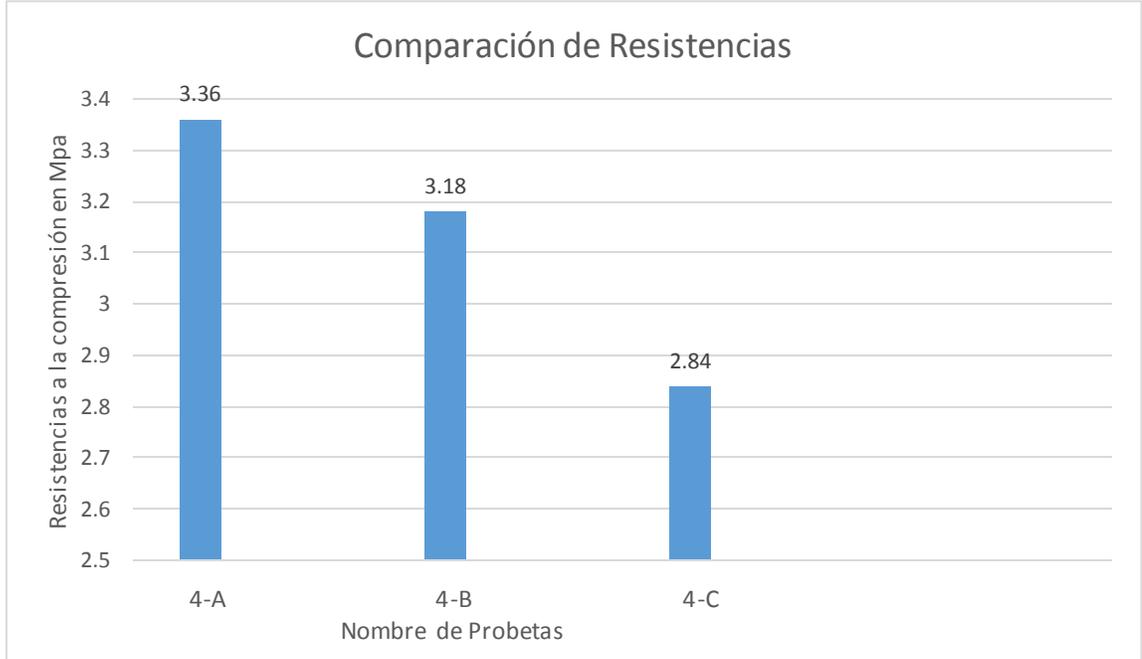
*Control de resistencia a la compresión Probeta 4*

<b>Cubo N°</b>	<b>Fecha de Toma</b>	<b>Fecha de Rotura</b>	<b>Rotura a los días</b>	<b>Carga KN</b>	<b>Resistencia MPa</b>	<b>Referencia</b>
P4 - A	16-07-2021	13-08-2021	28	4.35	3.36	Elemento Prototipo
P4 - B	16-07-2021	13-08-2021	28	4.12	3.18	de columna Mixta No
P4 - C	16-07-2021	13-08-2021	28	4.70	2.84	Estructural

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 63.** Visualización de rotura a los 28 días, Probeta 4  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 64.** Diagrama: resistencias de compresion a los 28 días, Probeta 4 A-B-C  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

**4.8.1.3. Resultados: pruebas de resistencia a la compresión, probeta cubica # 5**

**Tabla 32**

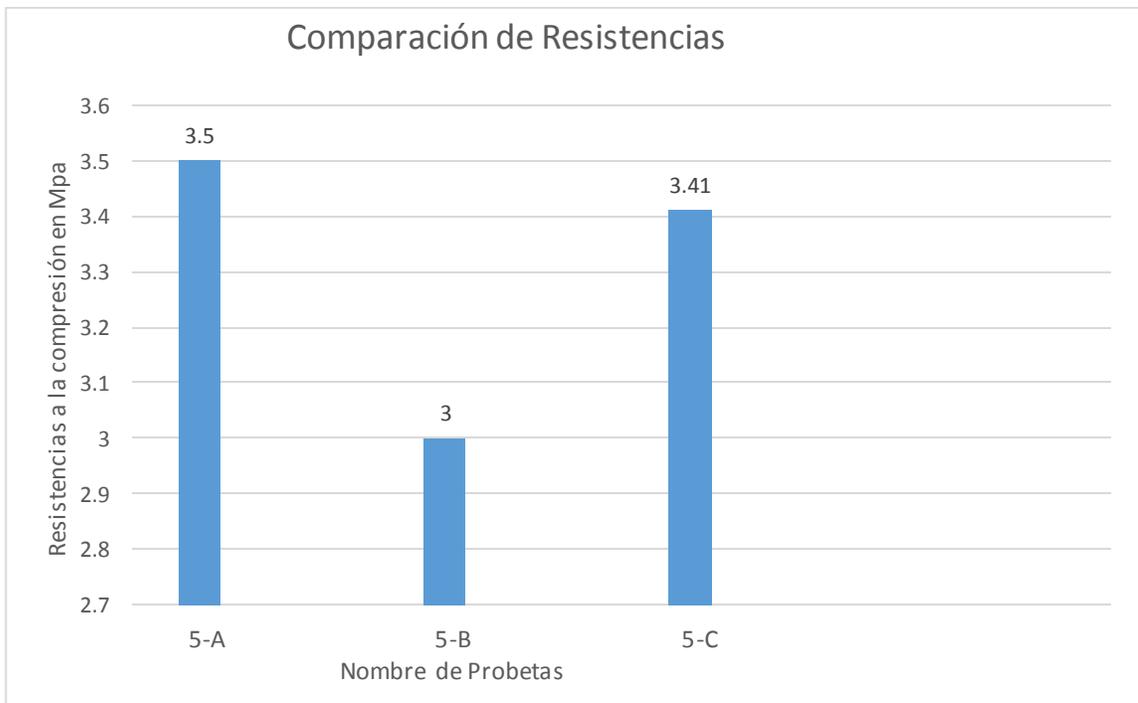
*Control de resistencia a la compresión Probeta 5*

Cubo N°	Fecha de Toma	Fecha de Rotura	Rotura a los días	Carga KN	Resistencia MPa	Referencia
P5 - A	16-07-2021	13-08-2021	28	4.53	3.50	Elemento Prototipo de columna Mixta No Estructural
P5 - B	16-07-2021	13-08-2021	28	3.91	3.00	
P5 - C	16-07-2021	13-08-2021	28	4.44	3.41	

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 65.** Visualización de rotura a los 28 días, Probeta 5  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 66.** Diagrama: resistencias de compresión a los 28 días, Probeta 5 A-B-C  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.8.2. Prueba de resistencia a la flexión

En esta prueba se determinaron los resultados de resistencia a la flexión las muestras fueron ensayados en LEMCO, laboratorio de materiales y construcciones, Costanera 1209 y Laureles (Urdesa). Para su realización se seleccionaron 3 de los 5 prototipos elaborados, las medidas de los prototipos seleccionados fueron de 0.10 x 0.10 x 0.55 m, la norma aplicada para este ensayo fue dada por la ASTM C78 – AASHTO T97.



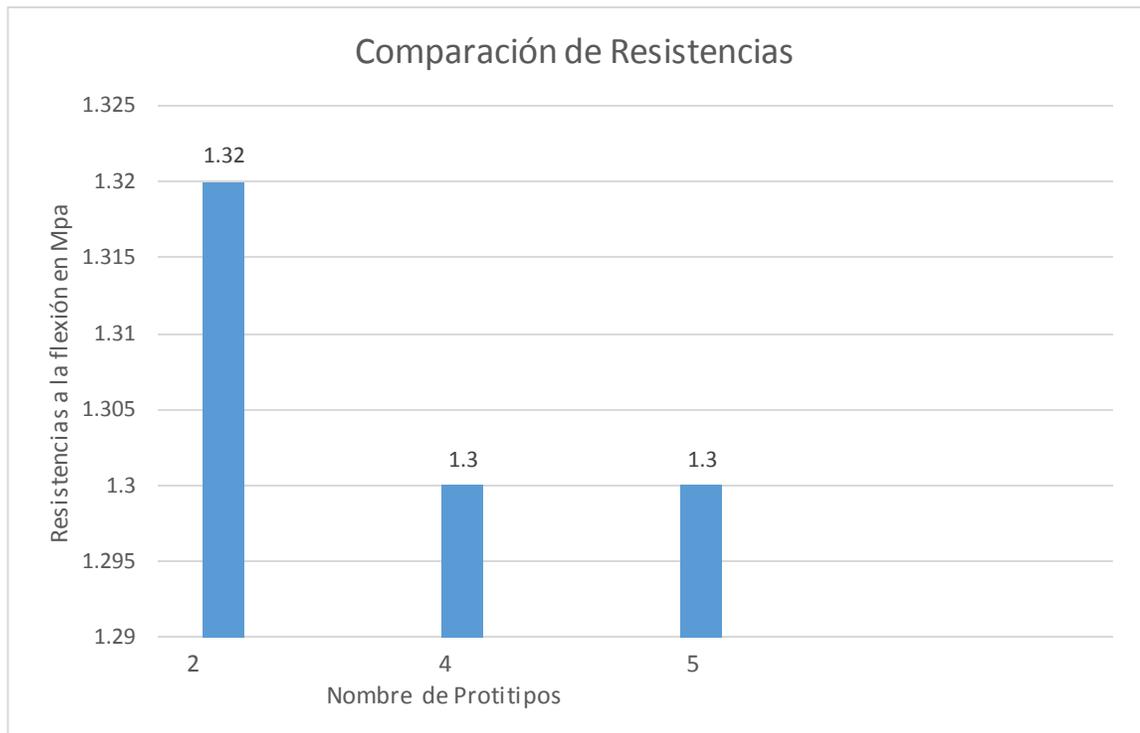
*Figura 67.* Visualización de roturas a los 28 días, prototipos 2-4-5  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

**Tabla 33**

*Control de resistencia a la flexión prototipos 2-4-5*

Vigas N°	Fecha de Toma	Fecha de Rotura	Rotura a los días	Carga KN	Resistencia MPa	Deformación Mm	Referencia
2	16-07-2021	13-08-2021	28	4.67	1.32	5.2	Elemento Prototipo de columna
4	16-07-2021	13-08-2021	28	4.62	1.30	4.2	Mixta No Estructural
5	16-07-2021	13-08-2021	28	4.56	1.30	4.5	

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 68.** Diagrama: resistencias de flexión a los 28 días, Prototipo 2-4-5  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## 4.9. Pruebas empíricas

### 4.9.1. Absorción de agua

Esta prueba determina el porcentaje mínimo y máximo que una probeta puede absorber después de haber sido sumergida 24 h al agua, antes de comenzar la prueba se toman datos de espesor y peso para su posterior comparación. En este ensayo empírico se utilizaron probetas cilíndricas, rectangulares y cubicas, 20 mm Ra x 35 mm, 35 x 35 x 70 mm y 35 x 35 x 35 mm, se tomó como referencia NTE INEN- ISO 16983, tableros de maderas, que mide la hinchazón en espesor después de las 24 h.

*Control de absorción probetas 2, 4 y 5*



*Figura 69.* Inmersión de probetas  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

**Tabla 34**

*Control de absorción probeta 2*

---

<b>Prototipo # 2</b>			
<b>columna mixta no estructural</b>			
<b>Probeta cúbica 35mm</b>			
Ensayo empírico: absorción de agua			
tiempo	0 horas	3 horas	24 horas
Peso (g)	42	48	54
Espesor (mm)	35	35	36
Resistencia (%)	100	85	71

---

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## Análisis

Para el ensayo empírico de absorción, la probeta 2 obtuvo resultados regulares, en consecuencia, se demostró que su peso a las 24h aumento 12 gr, su esponjamiento 1mm y su resistencia solo disminuyó un 29% referente al inicial.



*Figura 70.* Peso antes y después de sumergido al agua, probeta 2  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## Tabla 35

*Control de absorción probeta 4*

<b>Prototipo # 4</b>			
<b>columna mixta no estructural</b>			
<b>Probeta 35 x 35 x 75mm</b>			
Ensayo empírico: absorción de agua			
Tiempo	0 horas	3 horas	24 horas
Peso (gr)	96	96	98
Espesor mm	15	15	16
Resistencia (%)	100	100	98

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## Análisis

El ensayo empírico de absorción, la probeta 4 obtuvo resultados satisfactorios, en consecuencia, se demostró que el peso a las 24h aumentó 2 gr, su esponjamiento 1mm y la resistencia solo disminuyó un 2% referente al inicial.



*Figura 71.* Peso antes y después de sumergido al agua, probeta 4  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## Tabla 36

*Control de absorción probeta 5*

<b>Prototipo # 5</b>			
<b>columna mixta no estructural</b>			
<b>Probeta cilíndrica 35 x 20mm (Ra)</b>			
Ensayo empírico: absorción de agua			
tiempo	0 horas	3 horas	24 horas
Peso (gr)	62	64	64
Espesor mm( Ra)	20	20	21
Resistencia (%)	100	97	97

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## Análisis

El ensayo empírico de absorción, la probeta 5 también obtuvo resultados satisfactorios, en consecuencia, se demostró que el peso a las 24h aumentó 2 gr, su esponjamiento 1mm y la resistencia solo disminuyó un 3% referente al inicial.



*Figura 72.* Peso antes y después de sumergido al agua, probeta 5  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### 4.9.2. Contenido de humedad, determinación

La determinación del contenido de humedad es un método para definir la capacidad que tiene un material en contener el agua, esto influye en la calidad y conservación de los sólidos. Para hallar el contenido de humedad (C.H) al horno, se realizaron los ensayos correspondientes con los siguientes datos:

- Determinar que el ambiente contenga una humedad relativa media de (65+, -5) % y una temperatura de (20 +, - 2) °C.
- Determinar las probetas con un C.H en 24h, peso húmedo (P.H).
- Determinar las probetas con peso seco (P.S), constante en horno que no sobrepasen el 1% de dos masas pesadas.
- Realizar el cálculo  $C.H = (P.H - P.S / P.S \times 100)$ .

- Obtener el (C, H) que se encuentra en rango inferior al 19% para maderas estructurales, según norma, CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7.

**Tabla 37**

*Contenido de humedad (C.H) método seco al horno probetas 2, 4 y 5*

<b>Contenido de humedad ( método seco al horno)</b>				
Probeta	Día	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	CH (%)
2	28	54	46	17
4	28	98	90	9
5	28	64	56	14

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### **Análisis**

La representación determino la vialidad de los ensayos, con límites de 9, 17 y 14% optando para el proyecto la más idónea, probeta # 4, con CH 9%



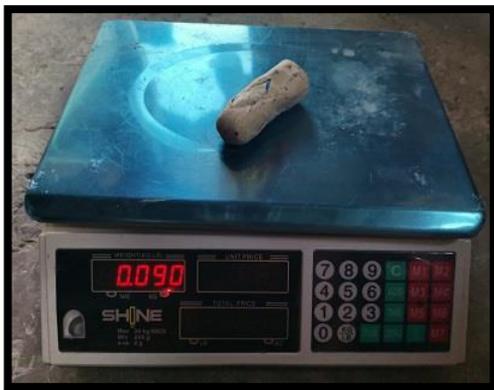
**Figura 73.** Absorción y contenido de humedad probeta # 2,4 y 5

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

**Presentación de resultados (C.H) probeta # 2,4 y 5**



*Figura 74. Peso seco al horno probeta 2  
Elaborado por: Muñoz & Suárez (2021)*



*Figura 75. Peso seco al horno probeta 4  
Elaborado por: Muñoz & Suárez (2021)*



*Figura 76. Peso seco al horno probeta 5  
Elaborado por: S Muñoz & Suárez (2021)*

### 4.9.3. Ensayo de combustión

Este ensayo determina la reacción de combustión directa en los prototipos, para esto se usó una hornilla semindustrial a gas, cada uno se dispuso al fuego 20 minutos, se observó la combustión, tonalidad, y aspecto físico después de su exposición al fuego.



*Figura 78.* Hornilla semi industrial a gas  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



*Figura 77.* Prototipo sometido al fuego  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## **Análisis**

En la prueba empírica, el ensayo de resistencia a la combustión inició con una temperatura intermedia subiendo paulatinamente de 100 a 500 °C, su promedio de exposición al fuego fue de 20 min, el material se quema gradual o parcialmente pero no logro encenderse, por otro lado, se percibieron olores en el transcurso de la prueba, y no se evidencio presencia de humo abundante. Este ensayo fue referenciado por la norma CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7 maderas estructurales.



*Figura 79.* Aspecto del prototipo después del ensayo  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### **4.9.4. Perforación (método taladro)**

La prueba de perforación se determina mediante la observación, con ella se identifica la posibilidad de que el elemento pueda ser perforado sin la necesidad de que el mismo presente mayor complicación o deformación en la superficie; para ello se procedió a perforar el elemento con taladro, la medida de broca y taco fischer que se utilizó fue de 8mm.



**Figura 80.** Perforación (método taladro)  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### **Análisis**

El método empírico con taladro, no tuvo mayores complicaciones al momento de su perforación y colocación de taco Fisher, tampoco, en la colocación de varillas corrugadas de 10 mm.

#### **4.9.5. Clavada de clavos**

Al igual que la prueba anterior, este ensayo se realizó con el fin de determinar la complejidad en introducir clavos en los prototipos, y su efecto en la superficie.



**Figura 81.** Clavada de clavos, prototipo  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## Análisis

En la prueba empírica con clavos, el prototipo y la probeta no tuvieron mayores complicaciones al momento de introducir estos elementos punzantes.



*Figura 82.* Clavada de clavo, probeta  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

### 4.9.6. Corte con sierra manual

El corte con sierra manual se lo realizó para obtener mediante observación, la respuesta del prototipo ante cortes focalizados, con ello, se puede verificar si el elemento es adaptable a nuevas formas según el diseño; en este caso, para la comprobación se utilizó uno de los mismos prototipos ensillados, al que se le realizó un corte perpendicular, mostrando ligera dificultad controlada y desprendimientos mínimos de partículas ocasionadas por la misma fricción.



*Figura 83.* Corte del prototipo con sierra manual  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## Análisis

Para este ensayo con sierra manual el corte se lo realizó sin mayores problemas, sin embargo, se recalca que lo más acertado es utilizar sierras eléctricas (amoladoras), nunca serrucho, ya que este debido al plástico que posee dificulta el mismo.

### 4.9.7. Ensamble y adherencia de elementos, prototipo (C.M.N.E)



*Figura 85.* Encofrado de viga, prototipos (C.M.N.E)  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



*Figura 84.* Colocación del prototipo (C.M.N.E) en plinto 0.50x0.50x0.20m.  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 86.** Hormigón 3/8 chispa 210 kg/cm<sup>2</sup>.  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 87.** Colocación del hormigón 210 kg/cm<sup>2</sup>  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 88.** Viga de hormigón armado 0.07 x 0.18 x 0.65 m.  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



*Figura 89.* Viga de hormigón armado desencofrado.  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

## **Análisis**

Dado que el material pudo clavarse y cortarse, no hubo mayores complicaciones en el proceso de encofrado, en cuanto al sistema de ensamble, la caña guadua jugó un rol fundamental ya que por medio de ésta se pudo anclar las varillas longitudinales y por consiguiente las transversales; el diámetro de ellas en función fue de 12 a 8mm, para la fundación se utilizó hormigón de 210kg/cm<sup>2</sup>. El desencofrado de este ensayo empírico se realizó a los 3 días, los resultados tal como se aprecia en las imágenes, los elementos se adhirieron perfectamente sin presentar cuarteaduras ni desprendimientos.

### **4.10. Análisis comparativo de propiedades físicas y mecánicas**

En la siguiente tabla se presentan las comparaciones entre la madera estructural y el prototipo (C.M.N.E) elaborado, en cuanto a sus propiedades mecánicas expresadas en mega pascales (Mpa) respectivamente; para la madera estructural se reflejan tres tipos de ellas, A, B y C, que se clasifican conforme densidad, siendo A el más denso; éstos valores se analizan entre los resultados que presenta la propuesta, se verifican propiedades de similitudes tanto a compresión perpendicular como a flexión en ambos elementos.

**Tabla 38**

*Propiedades mecánicas entre la madera y el prototipo (C.M.N.E)*

---

**Comparación de propiedades mecánicas (Mpa)**

---

Madera estructural Categoría A, B, C CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7		Prototipo 4 (C.M.N.E) Resultados de ensayos	
			
Compresión perpendicular	Flexión	Compresión perpendicular	Flexión
A	4		
B	2.8	3.18	
C	1.5		1.30

---

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

Para la densidad, en la siguiente tabla se compara a la madera estructural con una probeta (C.M.N.E) empírica de 3.5 x 3.5 x 7 cm. Su expresión de similitud en este proyecto fue dado en g/cm<sup>3</sup>, tal como lo indica el CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7 madera estructural.

**Tabla 39**

*Comparación de Densidades entre madera y probeta (C.M.N.E)*

---

<b>Comparaciones de Densidades expresada en g/cm<sup>3</sup></b>	
Madera estructural (densidad básica)	Columna mixta no estructural Probeta 3.5 x 3.5 x 7 cm
CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7	
	Probeta # 4
0,40 g/cm <sup>3</sup>	D= M/V (96 g), (3.5x3.5x7cm) D= 1,12 g/cm <sup>3</sup>

---

**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)

La siguiente comparación se trata de la combustión que puede llegar a tener el prototipo (C.M.N.E), frente al material involucrado madera estructural, este análisis fue respaldado y asimilado por el CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7 donde indica, la velocidad de combustión por minuto que se presenta en la madera estructural.

**Tabla 40**

*Velocidad de combustión entre la madera y el prototipo (C.M.N.E)*

---

<b>Comparación de combustión (mm)</b>	
Madera estructural	Elemento de columna mixta no estructural
	Prototipo # 4
CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7	
Velocidad de combustión al minuto	Velocidad de combustión a los 5 min
7mm	5mm

---

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### **4.11. Análisis comparativo de costos**

Parte de gran relevancia en esta investigación es el presupuesto con el que se debe contar para elaborar la propuesta (C.M.N.E), verificando y analizando con ello, si presenta algún valor que pueden llegar a competir con los elementos propuestos que existen en los catálogos de materiales de construcción, en función de este mecanismo. En la primera tabla se destacan los componentes que fueron usados para representar la propuesta y el costo total, en la segunda se reflejan los precios referenciales de las columnas de diferentes maderas comerciales comparadas con la propuesta.

**Tabla 41***Presupuesto referencial por unidad (C.M.N.E)*

<b>Presupuesto referencial por unidad (0.10 x 0.10 x 3m)</b>				
descripción	cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total
Plástico pet	1.91	kg	0.50	0.95
Aserrín fino	0.409	kg	0.16	0.06
Yeso comercial	10.92	kg	2.22	24.24
Agua	4.08	L	0.02	0.08
Resina vinil acrílica resaflex	6.84	kg	3.50	23.94
Bambú inmunizado D = 0.04 m	1	U	1.50	1.5
Mano de obra	2	Global	3.75	7.5
Herramienta menor 5%	1	Global	0.18	0.18
<b>Total</b>				<b>58.45</b>

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)**Tabla 42***Costos referenciales de columnas*

<b>Dimensión, densidades, pesos y costos referenciales de columnas</b>					
Descripción	Dimensiones (m)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Unidad	Precio \$
Elemento mixto no estructural	0.10 x 0.10 x 3	1.12	35.2	1	58.45
Tubo cuadrado metálico	0.10 x 3 x 0.002	7.85	18.84	1	33.83
Cedro colorado	0.10 x 0.10 x 3	0.54	16.2	1	48
Guayacán	0.10 x 0.10 x 3	0.87	26.1	1	42.85

Eucalipto	0.10 x0.10 x 3	0.55	16.5	1	36
Seike	0.10 x0.10 x 3	0.69	20.7	1	25
pino	0.10 x0.10 x 3	0.51	15.3	1	14.27

*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

#### 4.12. Discusión

Este proyecto (C.M.N.E) respaldado por la norma CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7 estructuras de madera, comparó en similitudes con la madera estructural, en ello, se logró determinar que el elemento propuesto alcanzó y superó las resistencias permitidas para un elemento no estructural, que estima densidades menores a 0,40 g/cm<sup>3</sup>, y resistencias de compresión y flexión inferiores a 1.5 y 10 Mpa respectivamente.

Para la propuesta, se eligieron los resultados de mayor aceptación, compresión que fue de 3.18 Mpa, esta resistencia represento un rango intermedio en la tabla para maderas estructurales categoría A, B y C, en el caso de la flexión obtuvo 1.30 Mpa, que si bien es cierto tiene un resultado bajo a 10 Mpa, este no represento impedimento alguno para la ejecución del proyecto ya que el elemento propuesto específicamente se lo diseñó a compresión. La densidad presentó 1,12 g/cm<sup>3</sup>, en comparación a los 0,40 g/cm<sup>3</sup> básicos en maderas estructurales, este resultado aumento su peso e interpreta, a mayor densidad, mayor dureza y dificultad de penetración para xilófagos.

Este material en similitud, tuvo una velocidad a la combustión de 1mm x min cuyo similar obtiene una ligera diferencia en consideración a los 7mm x min que representa la madera estructural, en consecuencia, tienen el mismo riesgo de quedar propenso al fuego. También se define que este material puede ser clavado, taladrado y cortado con sierra manual o amoladoras, mas no con serrucho, debido al plástico interno que posee.

Otro análisis importante es la prueba de absorción empírica, que determinó que el porcentaje de mayor aceptación dada por la probeta #4 tuvo un ligero esponjamiento de 1 mm, y aumento de 2g en 24 h, en consecuencia su resistencia solo disminuyó un 2%, con respecto a la probeta inicial; mientras que, el contenido de humedad obtuvo 17, 14 y 9% con relación al 19% exigido por el CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7.

Por último, los cálculos de cargas muertas expresaron que el material tiene la resistencia necesaria para suplir las exigencias requeridas en este proyecto.

Los resultados en peso (Kg) y las similitudes entre la madera y la columna mixta no estructural propuesta, determinaron la hipótesis y el alcance de este proyecto, que concluye y define que el elemento en mención puede trabajar, individual o en conjunto con la madera y el hormigón, llegando a soportar elementos climáticos de la zona, esfuerzos físicos moderados, y mecánicos externos protegidos.

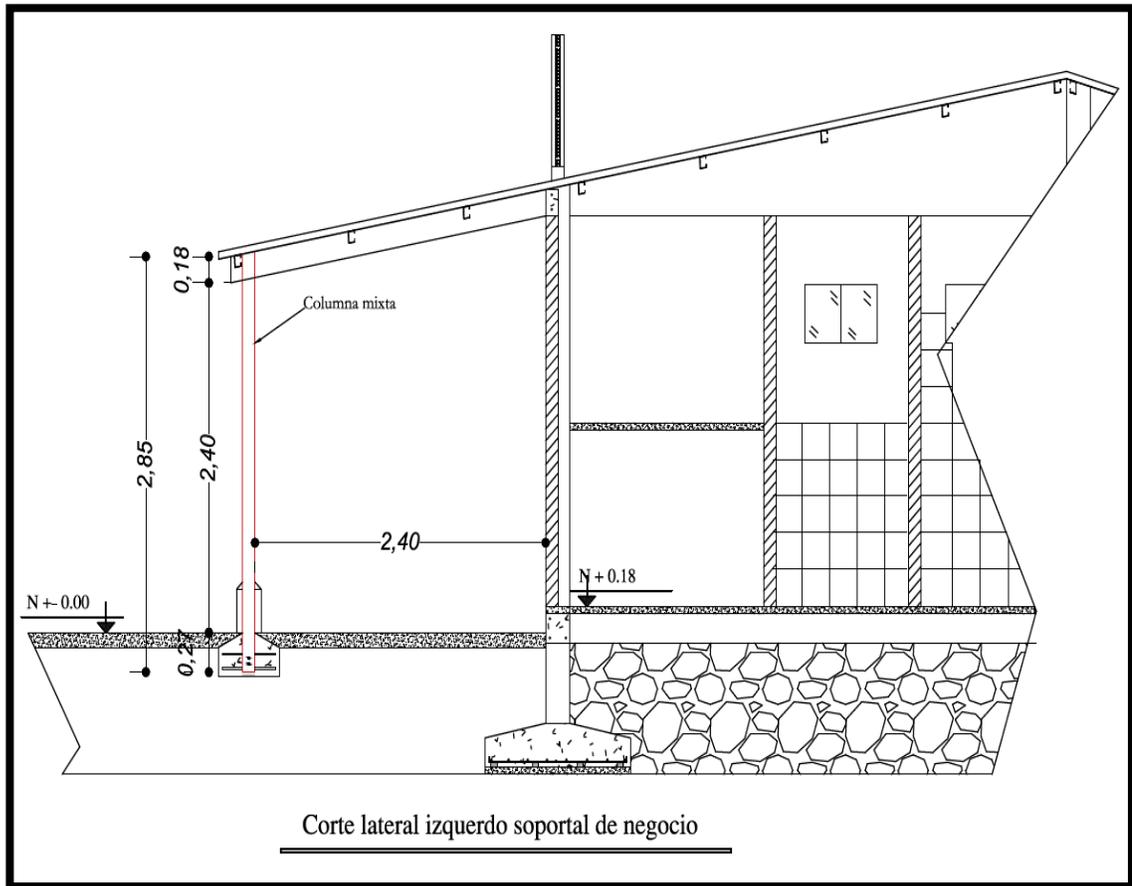
En consecuencia, se da la pauta para su elaboración e implementación de columnas mixtas modulares, requeridas y estandarizadas de 0.10 x 0.10 x 2.85m y 0.10 x 0.10 x 3m de longitud, estas medidas se definieron con el propósito de implementar diseño en pérgolas y soportales de cubiertas para viviendas. Además, se propone como una nueva alternativa de sostenibilidad en el área de la arquitectura y la construcción, cuyas características se limitan a utilizarlo como elemento decorativo, puesto que su función específica es soportar cargas básicas, que complementan esfuerzo y decoración.

#### **4.13. Utilidad de la propuesta**

##### **Implementación (C.M.N.E), propuesto en un soportal de cubierta para viviendas**

##### **Aplicación (C.M.N.E) en soportal de cubierta**

Para implementar el elemento propuesto (C.M.N.E) en un soportal de cubierta se utiliza un sistema de construcción mixta, con vigas de HA, 0.07 x 0.18 x 2.60 m, correas G metálicas de 80 x 40 x 15 x 2 mm, zapatas aisladas de hormigón 0.50 x 0.50 x 0.20 m y columnas mixtas de 0.10 x 0.10 x 2.85 m, en todos los casos se utilizan hormigones de 210Kg/cm<sup>2</sup> con varillas de 12, 10 y 8 mm.

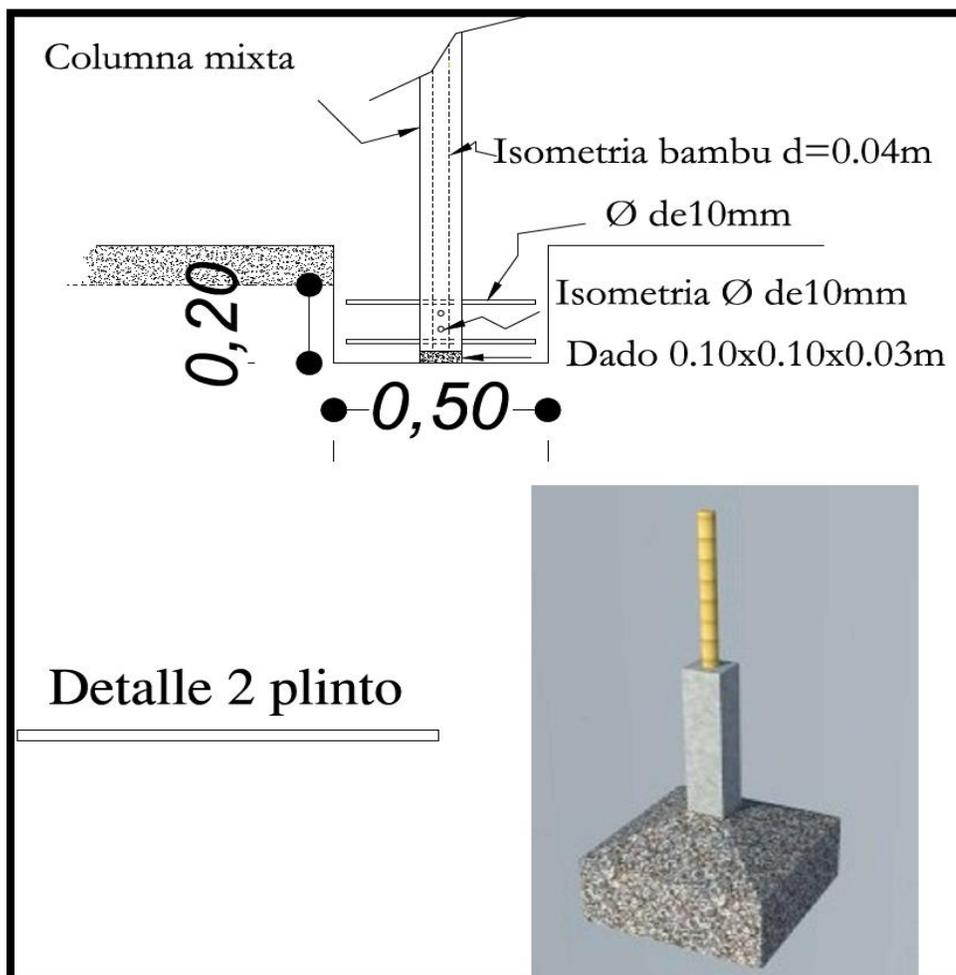


**Figura 90.** Corte lateral columna mixta no estructural.  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)

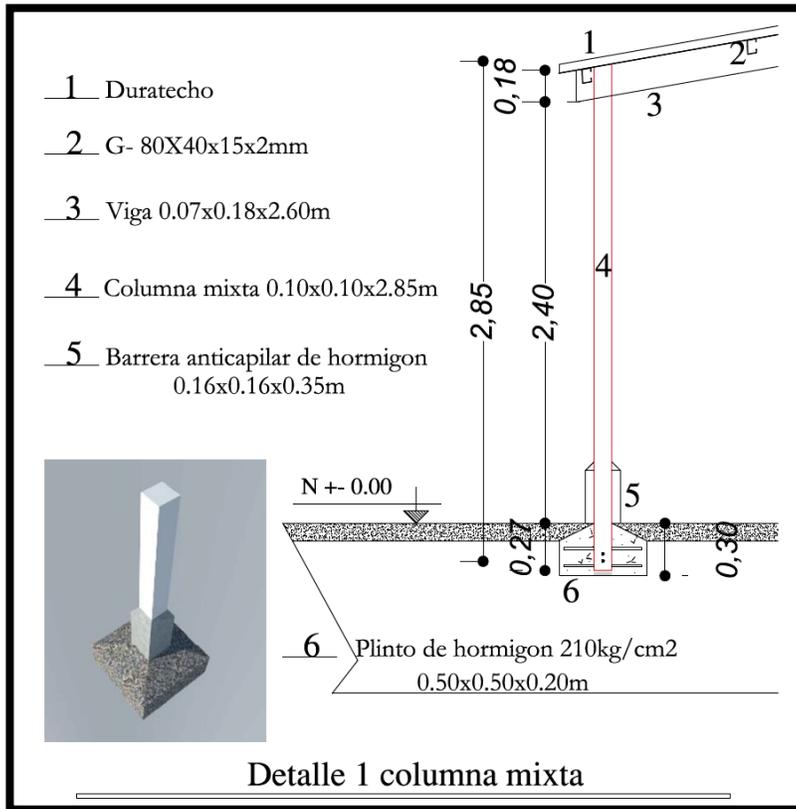
## Procedimiento

Se hace un corte, en el extremo superior del elemento propuesto (C.M.N.E) y se descubre hasta encontrar parte del bambú (caña guadua), en su extremo inferior se perforan huecos intercalados en sentido contrario horizontal, a una distancia de más 0.05, 0.15, 0.08 y 0.12 m del nivel de piso, se introducen varillas de 10mm cortadas a 0.45m, posterior a ello, se excava para las zapatas de hormigón 0.50x0.50x 0.20 m, se compacta, coloca plástico y un dado 0.10x0.10x0.03m para evitar que los elementos queden expuesto directamente con el suelo, se encofra si es necesario, se instalan las columnas, apuntalan y se aploman, dejando la fundación para el final.

A continuación: se anclan los elementos estructurales de la viga, en el bambú antes descubierto, y en los chicotes de la columna HA, este sistema se aplica, para ambos lados de la cubierta, se colocan las correas metálicas dentro de las estructuras, con el propósito de que, queden empotradas en el hormigón y formen un solo elemento, se arma, coloca y apuntalan los encofrados, finalmente, se funden tanto las zapatas como las vigas, el techo (duratecho) se coloca al siguiente día, el desencofrado general, se lo realiza a los 28 días. Por último, según requerimientos puede cubrir el contorno inferior del elemento con una sobre base de mortero falso, a manera de: zócalo, anti capilar.



**Figura 91.** Isometría colocación de columna mixta en el plinto  
*Elaborado por:* Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 92.** Complementos utilizados en la columna mixta  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 93.** Soportal de cubierta en vivienda con negocio, perspectiva 1  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)



**Figura 94.** Soportal de cubierta en vivienda con negocio, perspectiva 2  
**Elaborado por:** Muñoz & Suárez (2021)

## CONCLUSIONES

Se ha cumplido con los objetivos y la hipótesis del trabajo experimental, determinando: que es factible reutilizar los desechos de maderas de encofrado y el plástico Pet 1 debidamente procesados, en tal virtud, se obtuvo un material representado en una columna mixta no estructural, apta para la construcción de soportales de cubiertas en viviendas. Este sistema utiliza zapatas aisladas de hormigón 0.50 x 0.50 x 0.20 m para darle mayor estabilidad, y evitar que se desplomen o causen accidentes, el elemento propuesto se lo considera combustible de resistencia intermedia al impacto, se priorizó la dureza dada la densidad g/cm<sup>3</sup>, por tal, el material no es liviano ni económico.

Según la norma **CPE-INEN-NEC-SE-MD 26-7** madera estructural, el elemento propuesto (C.M.N.E) tiene resistencia a la compresión 3.18 Mpa, en similitud de diferencia entre las maderas estructurales categorías A - 4, B - 2.8 y C -1.5 Mpa, el elemento no tiene resistencia estructural a la flexión, 1.30 Mpa en referencia 21, 15 y 10 Mpa, esto en consideración no representó impedimento alguno para la ejecución del proyecto ya que la propuesta, con relación a la esbeltez ( $\lambda = Le/r$ ), netamente se diseñó a compresión, ratificando mediante ello, su idoneidad.

Se hicieron ensayos, pruebas de ensambles y adherencias con otros materiales aglomerantes, cemento portland y varillas de 10mm, con la finalidad de comprobar si el elemento propuesto puede adherirse a ellos, dada su funcionalidad se dio la pauta para trabajar con el hormigón estructural y la madera, debido a que el elemento fue capaz de clavarse, aserrarse, taladrarse, empernarse, y soportar golpes moderados, en conclusión, el material puede trabajar en combinación con la madera y el hormigón.

La caña guadua resulta, una buena alternativa para utilizarlo como elemento de confinamiento estructural, debido a que, se empalma y se adhiere estratégicamente al hierro con el hormigón, mediante nudos del mismo, también, puede actuar como sujeción adicional para clavos, tornillos, pernos y varillas. El materia propuesto, tiene textura de agarre ya sea para bondex, morteros u hormigones, la mezcla de experimento tuvo proceso de fraguado 5 y 6 minutos; se logró definir en el proyecto un molde de 0.10 x 0,10 x 0,55 m, columnas mixtas modulares, estandarizadas de 0.10 x0.10 x 2.85 y 3.00 m, el armado y desencofrado duro entre 5 y 6 minutos.

El resultado de mayor aceptación para la absorción empírica de agua, fue dado por el prototipo 4, que obtuvo resultados satisfactorios, en ello, se demostró que el peso en 24h aumento 2 g, su esponjamiento 1mm y la resistencia solo disminuyó un 2%. En la prueba empírica de combustión al fuego se utilizó una hornilla semi-industrial con temperatura intermedia que aumentaba paulatinamente de 100 a 500°C, el prototipo se quemó a un grado diferencial mínimo 1mm por min, esto significo, ligera diferencia en consideración a los 7mm x min que representa la madera estructural, se percibieron olores en el transcurso de la prueba, y no se evidenció presencia de humo abundante.

Para la densidad se realizaron comparaciones del elemento propuesto (C.M.N.E) 1.12 g/cm<sup>3</sup> con diferentes tipos de maderas estructurales, guayacán 0,87, seike, 0,69, eucalipto, 0,55, cedro colorado, 0,54 y pino 0,51 g/cm<sup>3</sup>. Éstos resultados, ratifican una dureza superior según la media, 40% más que las ya mencionadas maderas, determinando, que el material es capaz de resistir ataques de insectos xilófagos y hongos, también, se recalca que es un elemento inerte que no contiene células vivas ni lignina, por ende, estos insectos no repercuten mayor amenaza, eliminando con ello, procesos de preservación, fumigación y mantenimientos exhaustuosos.

Se determinó que el contenido de humedad para la columna mixta tuvo un porcentaje del 9%, en consideración al 19% en equilibrio que se exigen para maderas estructurales categorías A, B y C, por tal, este elemento contiene resistencia contra la humedad y escasa posibilidad de pudrición sea en interiores o exteriores. En cuanto a la resistencia a los rayos UVE, se expuso a la intemperie por un lapso de 60 días sin presentar cambios ni decoloraciones extremas, en consideración a la madera, que no se la puede exponer directamente por que se reseca y fisura, en consecuencia se debe considerar su cubrimiento y alejamiento de la humedad.

El elemento propuesto (C.M.N.E) aun teniendo peso, costo elevado y resistencia a la flexión limitada, es auto suficiente para trabajar independiente o proporcionalmente, ya sea en soportales de cubiertas u otros, que se han propuestos en este proyecto.

También se realizó una evaluación aleatoria comparando al elemento propuesto con una columna de metal, que tiene un costo de 50% menos que la (C.M.N.E), pero que se compensa con la oxidación y los arreglos continuos que deja el perfil tabular metálico,

ahorrando de tal forma tiempo y dinero; por ello, este material encajaría estratégicamente utilizándolo en obras como: soportales de cubierta, pérgolas y otros.

Sin embargo, si bien es cierto que el costo de esta columna es mayor que si se utilizaran diferentes elementos con otros materiales, es importante recalcar que el aprovechamiento de los residuos urbanos tiene un valor único.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda en la tabla de informe de ensayos a compresión y flexión elegir los resultados de escala intermedia menor, de lo contrario el estudio de los materiales no tendrían resultados válidos ni confiables. También, se debe coordinar con anticipación las cantidades de probetas que de preferencia deberían elaborarse 5 por cada prototipo, en lo posible se debe utilizar las mismas mezclas originales para no distorsionar los resultados del laboratorio.

De preferencia se recomienda utilizar cañas de mayor diámetro para alivianar pesos, amenorar materiales y abaratar costos, estas deben ser inmunizadas en todos los casos antes de que sean utilizadas en proyectos que involucren decoraciones o hasta construcciones de gran envergadura, este procedimiento se logra mediante sales de bórax, ácido bórico y agua potable, ellos actúan en función para impedir o repeler el ataque de xilófagos.

Se recomienda profundizar las dosificaciones de materiales tales como: el yeso y la resina, con el propósito de abaratar costos, priorizando amenorar las proporciones del yeso, ya que este repercutió en el elemento un gran porcentaje de carga muerta, también, en lo posible utilizar algún tipo de aditivo, esto, para retrasar el proceso de fraguado en este aglomerante, que una vez entrando en contacto con el agua se endurece en un lapso de entre 5 a 6 minutos.

Las probetas recomendadas según el laboratorio de ensayos de materiales y construcciones LENCO determina, realizar cubos de 50 mm para ensayos a compresión, en tanto que, para la flexión según escala del prototipo 0.10 x 0.10 x 0.55 m esta fue una medida aceptable, sin embargo, esta expreso su inconformidad y determinó que sean elaboradas de 0.10 x 0.10 x 0.60 m.

De preferencia utilizar elementos de protección: guantes, mascarillas, gafas y cascos de soldadura para este tipo de proyecto experimental, que utiliza herramientas y materiales de alta peligrosidad, tales como: amoladora de mano, máquina de soldar, diluyentes, pinturas de esmalte, sales repelentes para insectos entre otros.

Dado que el yeso es un material frágil y dúctil, según criterio, no se recomienda utilizarlo en elementos de alta resistencia estructural, pero si, como elementos mixtos de apoyo, que soporten cargas moderadas tales como: soportales de cubiertas o pérgolas techadas, esto, siempre y cuando adicione a manera de confinamiento estructural caña guadua (bambú), o algún otro elemento que cumpla la misma función. Se recomienda, almacenar el material en lugares abiertos, cubiertos, libres de humedad, separados a una altura que no quede en contacto directo con el suelo, amontonar los elementos entre 10 o 12 unidades en tarimas de madera, utilizando filas de 10 como máximo.

Se recomienda utilizar por obligatoriedad un desmoldante para encofrado metálico, de ninguna manera, puede aplicar aditivos tóxicos o explosivos en el elemento propuesto, en lo posible se debe utilizar algún tipo de sellador orgánico para dar un mayor realce y protección al material.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benet, S. (2017). *Análisis teórico y experimental de pilares mixtos tipo CFST empleando hormigón de alta resistencia y agua como material de relleno*. Castellón: Universitat Jaume. I.
- Blasco, L. (2018). *Análisis experimental de diferentes soluciones estructurales a base de pilares mixtos de tipo Acero-Hormigón*. Castellón: Universitat Jaume. I.
- Cáceres, P. (17 de 07 de 2020). *Ágora* . Obtenido de El diario del agua: <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/economia-circular/cuantos-tipos-de-plastico-hay-aprende-a-distinguirlos/>
- Cornejo, P. (2016). *Depósitos minerales no metálicos del Ecuador*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Cuji, I. (2016). *Análisis de la caña guadua y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Delgado, D. (2016). *Evaluación comparativa de las propiedades mecánicas entre el yeso adicionado con materiales reciclados según norma UNE-13279-2 para su uso en la fabricación de placas de yeso*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Forcano, D. (2018). *Análisis numérico-experimental de pilares mixtos con hormigón de ultra-alta resistencia*. Castellón: Universitat Jaume. I.
- García Navas, I., & Philco Iñiguez, P. (2018). *Análisis y diseño estructural de viviendas sismo resistentes, construidas con caña guadúa, sustentado en la NEC-SE Guadúa y la NRS-10 Título G*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Machado, I. (2018). *Prototipo de tablero para paredes en base de mezcla de viruta de madera, yeso y plástico PET 1 reciclado para viviendas de interés social*. Guayaquil: Universidad laica Vicente Rocafuerte.

- Martínez López, Y., Fernández Concepción, R., Álvarez Lazo, D., García González, M., & Martínez Rodríguez, E. (2014). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales*. Guantánamo: Revista Chapingo.
- Martínez, S. (2015). *Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Piñeros Moreno, M., & Herrera Muriel, R. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de viviendas*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Polanco Ramírez, S., & Quisphe Baldeón, L. (2019). *Aprovechamiento de tereftalato de polietileno (PET) reciclado y residuo aserrín de madera para el desarrollo de un compuesto plástico-madera*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Quiroz Vélez, R., & García Rezabala, Á. (2018). *Arquitectura y tecnología constructiva: Análisis de caso, Elaboración de paneles pre-fabricados a base de cascara de maní y polietileno reciclado PET, para la aplicación en los procesos constructivos de proyectos arquitectónicos*. Portoviejo: Universidad San Gregorio de Portoviejo.
- Real Academia Española. (2014). *Columna*. Madrid: RAE.
- Rodríguez Hernández, R. (2017). *El bambú como refuerzo en materiales compuestos para la construcción*. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago: Naciones Unidas.

- Samper, D. (2020). *Estado del arte de los recubrimientos en yeso para acabados en construcción para clasificar aspectos diferenciadores en su aplicación*. Bucaramanga: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Serna Jara, L., Pastor Pérez, J., & Flores Yepes, J. (2019). *Estado actual de la producción de yeso en España*. Universidad Miguel Hernández.
- Soliz, M. (2015). Ecología política y geografía crítica de la basura en el Ecuador. *Letras verdes*, 4-28. Obtenido de <http://200.41.82.22/bitstream/10469/6807/1/RFLACSO-LV17-02-Soliz.pdf>
- Sudario, S. (2019). *Elaboración de un tabique ecológico decorativo con viruta y PET para promover el reúse en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte.
- Torres, F. (2019). *Elaboración de prototipos de tapas de alcantarillas y postes de alumbrado en base al PVC reciclado*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte.
- Torres, L. (2017). *Elaboración de un prototipo para la fabricación de eco-postes con plástico (PET) en el relleno sanitario romerillos del cantón Mejía*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.

## ANEXOS

### Anexo 1.- Resultados de ensayos a compresión

	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES &amp; CONSTRUCCIONES</b> Especializados en Mecánica de Suelos					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CUBOS 30,5 mm</b>						
Obra: Prototipo Columna Mixta No Estructural Ordena: Oscar Suárez & Roberto Muñoz / carrera Arquitectura Fecha: 13 de Agosto del 2021 Lugar: Guayaquil						
<u>Resultados: pruebas de resistencia a compresión prototipo # 2</u>						
Norma Aplicada: ASTM C 109						
Cubo N°	Fecha de Toma	Fecha de Rotura	Rotura a los días	Carga KN	Resistencia MPa	Referencia
P2 - A	16-07-2021	13-08-2021	28	4.56	3.62	Elemento Prototipo de Columna Mixta No Estructural
P2 - B	16-07-2021	13-08-2021	28	4.58	3.52	
P2 - C	16-07-2021	13-08-2021	28	4.39	3.39	
 Luis E. Figueroa R. Ingeniero Civil						
Guayaquil: Costanera 1209 y Laureles (Urdesa) Tel/Fax: 2886360 - 2882086 - 0991210963 E-mail: lab_lem@hotmail.com				Sta Elena: Cda. Brisas de Ballenita CA 5 s/n CA 61 (Ballenita) Tel/Fax: 2953686 - 0990642991 E-mail: lem.co.jp@gmail.com		



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CUBOS 30,5 mm**

Obra: Prototipo Columna Mixta No Estructural  
Ordena: Oscar Suárez & Roberto Muñoz / carrera Arquitectura  
Fecha: 13 de Agosto del 2021  
Lugar: Guayaquil

Resultados: pruebas de resistencia a compresión prototipo # 4

Norma Aplicada: ASTM C 109

Cubo N°	Fecha de Toma	Fecha de Rotura	Rotura a los días	Carga KN	Resistencia MPa	Referencia
P4 - A	16-07-2021	13-08-2021	28	4.35	3.36	Elemento Prototipo de Columna Mixta No Estructural
P4 - B	16-07-2021	13-08-2021	28	4.12	3.18	
P4 - C	16-07-2021	13-08-2021	28	4.70	2.84	

Luis E. Figueroa R.  
Ingeniero Civil



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CUBOS 30,5 mm**

Obra: Prototipo Columna Mixta No Estructural  
Ordena: Oscar Suárez & Roberto Muñoz / carrera Arquitectura  
Fecha: 13 de Agosto del 2021  
Lugar: Guayaquil

Resultados: pruebas de resistencia a compresión prototipo # 5

Norma Aplicada: ASTM C109

Cubo N°	Fecha de Toma	Fecha de Rotura	Rotura a los días	Carga KN	Resistencia MPa	Referencia
P5 - A	16-07-2021	13-08-2021	28	4.53	3.50	Elemento Prototipo de Columna Mixta No Estructural
P5 - B	16-07-2021	13-08-2021	28	3.91	3.00	
P5 - C	16-07-2021	13-08-2021	28	4.44	3.41	

Luis E. Figueroa R.  
Ingeniero Civil

Guayaquil: Costanera 1209 y Laureles (Urdesa)  
Tel/Fax: 2886360 - 2882086 - 0991210963  
E-mail: lab\_lem@hotmail.com

Sta Elena: Cdia. Brisas de Ballenita CA 5 s/n  
CA 61 (Ballenita) Tel/Fax: 2953686 - 0990642991  
E-mail: lem.co.jp@gmail.com

## Anexo 2.-Resultados de ensayos a flexión



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES & CONSTRUCCIONES**  
Especializados en Mecánica de Suelos

### RESISTENCIA A FLEXIÓN PROTOTIPOS 100 X 100 X 550mm

Obra: Prototipo Columna Mixta No Estructural  
Ordena: Oscar Suárez & Roberto Muñoz / carrera Arquitectura  
Fecha: 13 de Agosto del 2021  
Lugar: Guayaquil

Resultados: pruebas de resistencia a flexión

Norma Aplicada: ASTM C78 – AASHTO T97

Vigas N°	Fecha de Toma	Fecha de Rotura	Rotura a los días	Carga KN	Resistencia MPa	Deformación mm	Referencia
2	16-07-2021	13-08-2021	28	4.67	1.32	5.2	Elemento Prototipo de Columna Mixta No Estructural
4	16-07-2021	13-08-2021	28	4.62	1.30	4.2	
5	16-07-2021	13-08-2021	28	4.56	1.30	4.5	

Luis E. Figueró R.  
Ingeniero Civil

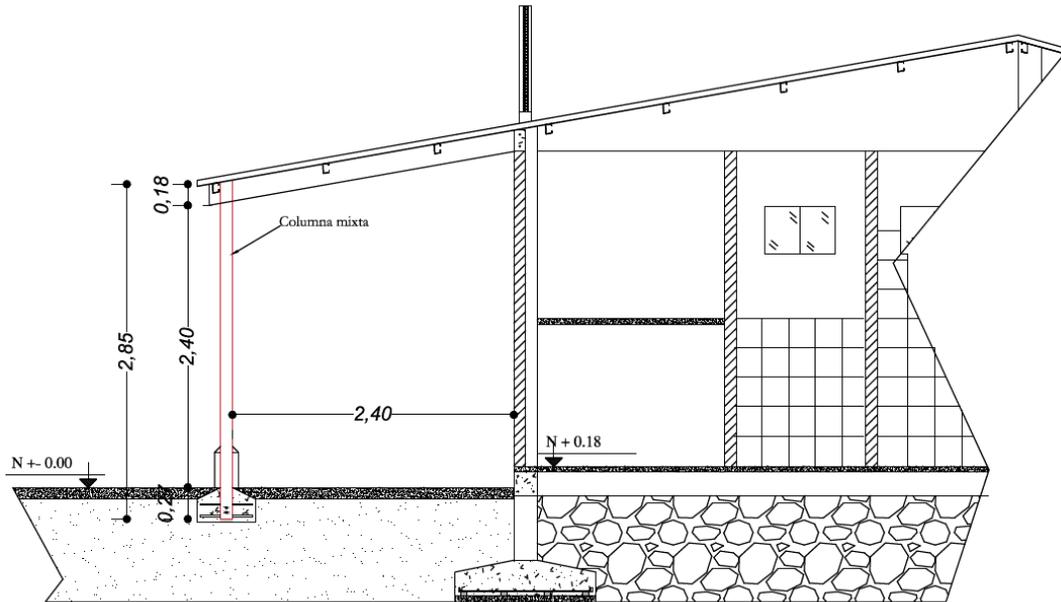
Guayaquil: Costanera 1209 y Laureles (Urdesa)  
Tel/Fax: 2886360 - 2882086 - 0991210963  
E-mail: lab\_lem@hotmail.com

Sta Elena: Cda. Brisas de Ballenita CA 5 s/n  
CA 51 (Ballenita) Tel/Fax: 2963686 - 0990642991  
E-mail: lemco.jp@gmail.com

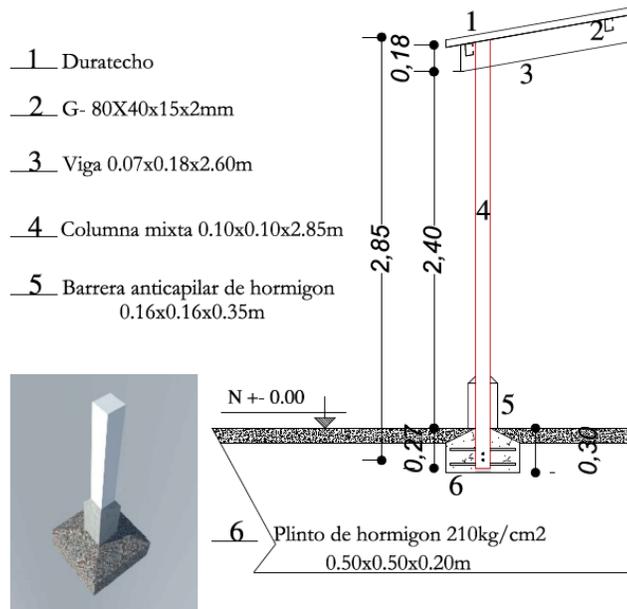
### Anexo 3.- Control de ensayos digital



## Anexo 4.- Planos de apoyo



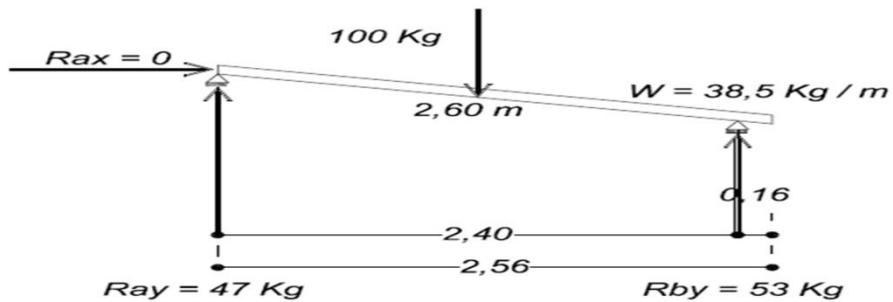
Corte lateral izquierdo soportal de negocio



Detalle 1 columna mixta

Anexo 5.- Cálculos de cargas muertas distribuidas, diagrama (Kg)

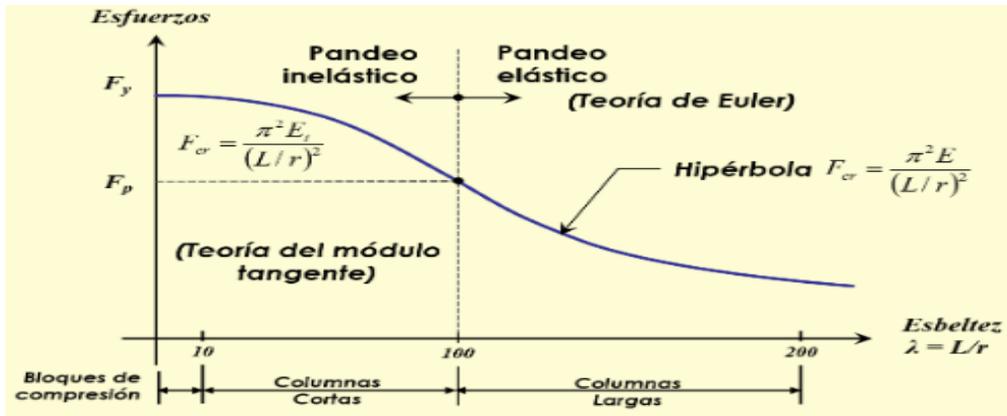
Cargas distribuidas en una dirección $\longleftrightarrow$						
Viga HA Dimensiones (m) ACI 318 S -9,5	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso especifico Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Total kg	Total Kg/cm <sup>2</sup>
0.07x 0.18 x 2.60	0.18	0.032	2400	1	76.8	
Correa G (mm)	(mm)					
80x40x15x6000	1.5	1.728	7850	1	13.56	
Dura techo			Kg/m			
1027x3000	0.25		2.13	1.5	9.58	
Total					99.8	
Suma total					100	
REFERENCIA: probeta 4- B						
Resistencia compresión: 3.18 Mpa						32.43
CARGA: 4.12 KN					420.12	



Reacciones:

$$\begin{aligned}
 R_{ax} &= -100 + 53 = 0, \quad -47 = 0, \quad = 47 \text{ Kg} \\
 R_{by} &= -94(1,22) + R_{by} - 6(2,52) = 0 \\
 &= -114,68 + R_{by}(2,44) - 15,12 = 0 \\
 &= -129,8 + R_{by}(2,44) = 0 \\
 R_{by} &= 129,8 / 2,44 \\
 R_{by} &= 53 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

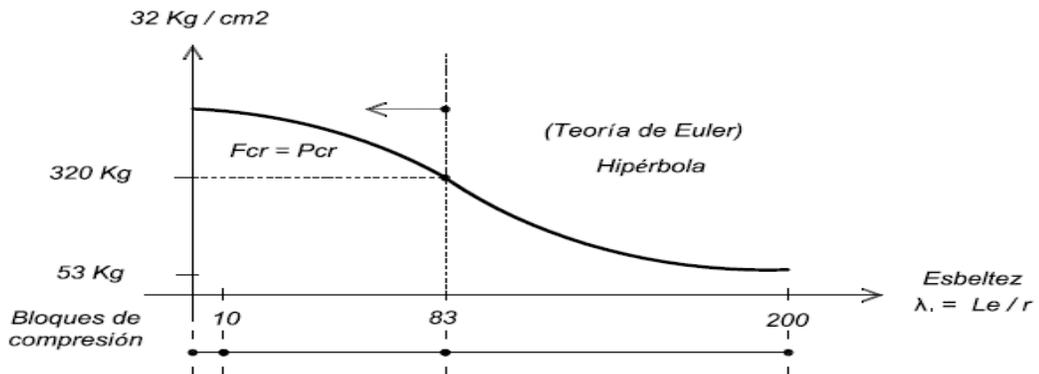
## Anexo 6.- Relación de esbeltez “λ” (C.M.N.E)



Dónde:

- $A$  = Área
- $I$  = Inercia
- $R$  = Radio de giro
- $\lambda$  = Lambda
- $Le$  = Longitud efectiva

- $A$  .  $10 \times 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$
- $I$  .  $1 / 12 (10 \text{ cm}) (10 \text{ cm})^3 = 833.33 \text{ cm}^4$
- $R$  .  $\sqrt{I/A} = \sqrt{833.33 \text{ cm}^4 / 100 \text{ cm}^2} = 2.88 \text{ cm}$
- $\lambda$  .  $Le / r = 240 \text{ cm} / 2.88 \text{ cm} = 83.3$



Método de esfuerzo

Donde :

- $F$  = Esfuerzo
- $P$  = Carga
- $F_{cr}$  = Esfuerzo crítico
- $P_{cr}$  = Carga crítica
- $F = P/A = P = F \times A$
- $P_{cr} = 32 \text{ Kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm}^2 = 3,200 \text{ Kg}$

**Anexo 7.- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN- ISO 16983:2013**

Tableros de madera – Determinación de Hinchazón en espesor después de la inmersión en agua.



Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 16983:2013**

---

**NÚMERO DE REFERENCIA ISO 16983:2003 (E)**

**TABLEROS DE MADERA - DETERMINACIÓN DE HINCHAZÓN EN ESPESOR DESPUÉS DE LA INMERSIÓN EN AGUA**

**Primera Edición**

**WOOD - BASED PANELS - DETERMINATION OF SWELLING IN THICKNESS AFTER IMMERSION IN WATER**

**First Edition**

---

**DESCRIPTORES:** Maderas, tableros, madera, determinación de hinchazón, espesor.  
**ICS:** 79.060.01

## Prólogo

ISO (la Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las Normas Internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las Normas Internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de Normas Internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para su votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros con derecho a voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de esta norma internacional puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma ISO 16983 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 89, a base de madera. ISO 16983 se basa en la norma europea en 317.

## Prólogo nacional

Esta norma nacional NTE INEN-ISO 16983 es una traducción idéntica de la norma internacional ISO 16983:2003 "Wood based panels - Determination of swelling in thickness" primera edición.

Esta norma reemplaza a la NTE INEN 899:1982 Tableros de madera aglomerada. Determinación de la hinchazón y de la absorción de agua por inmersión total, que se considera obsoleta técnicamente debido a los desarrollos internacionales.

Para el propósito de esta norma, se han hecho los siguientes cambios editoriales

- a) Las palabras "esta norma internacional" han sido reemplazadas por esta "norma nacional"

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	TABLEROS DE MADERA DETERMINACIÓN LA HINCHAZÓN EN ESPESOR DESPUÉS DE LA INMERSIÓN EN AGUA	NTE INEN-ISO 16983:2013 2013-06
<p><b>1 Alcance</b></p> <p>Esta norma nacional especifica un método para la determinación de la hinchazón en espesor de tableros de partículas de madera aglomerada por prensado liso o prensado tambor, tableros de fibras, OSB, y tableros de partículas aglutinadas con cemento, después de la inmersión en agua.</p> <p><b>2 Referencias normativas</b></p> <p>Los documentos de las siguientes referencias son indispensables para la aplicación de este documento. Por fecha, las referencias sólo aplican la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la referencia o documento (Incluyendo cualquier modificación).</p> <p>ISO 9424, Tableros de madera - Determinación de las dimensiones de las piezas de ensayo.</p> <p>ISO 16999, Tableros de madera - Muestreo y corte de piezas de ensayo.</p> <p><b>3 Principio</b></p> <p>La hinchazón en grosor se determina midiendo el incremento en el espesor de la pieza de ensayo después de una completa inmersión en agua.</p> <p><b>4 Aparatos</b></p> <p>4.1 <b>Micrómetro</b>, tal como se especifica en la norma ISO 9424.</p> <p>4.2 <b>Baño de agua controlado termostáticamente</b>, capaz de mantener una temperatura de <math>(20 \pm 1)</math> °C y en que las piezas de ensayo se puede mantener en las condiciones especificadas en 6,2.</p> <p><b>5 Piezas de ensayo</b></p> <p>5.1 <b>Muestreo</b></p> <p>El muestreo y corte de las piezas de ensayo se llevará a cabo de acuerdo con la norma ISO 16999.</p> <p>5.2 <b>Dimensiones</b></p> <p>Las piezas de ensayo deben ser cuadrados con una longitud lateral de <math>(50 \pm 1)</math> mm.</p> <p>5.3 <b>Acondicionamiento</b></p> <p>Las piezas de ensayo se acondicionarán a una masa constante en un ambiente con una humedad relativa media de <math>(65 \pm 5)</math> % y una temperatura de <math>(20 \pm 2)</math> °C. Se considerará la masa constante que se ha alcanzado cuando los resultados de dos masas pesadas sucesivas llevadas a cabo en un intervalo de 24 h, no difieren en más de 0,1% de la masa de la pieza de ensayo.</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Maderas, tableros, madera, determinación de hinchazón, espesor.</p>		

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

<b>Documento:</b> NTE INEN-ISO 16983	<b>TÍTULO: TABLEROS DE MADERA - DETERMINACIÓN DE HINCHAZÓN EN ESPESOR DESPUES DE LA INMERSION EN AGUA</b>	<b>Código:</b> 79.060.01
--	---	-----------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2012-07-18	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No.                    de publicado en el Registro Oficial No.                    de  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de                    a

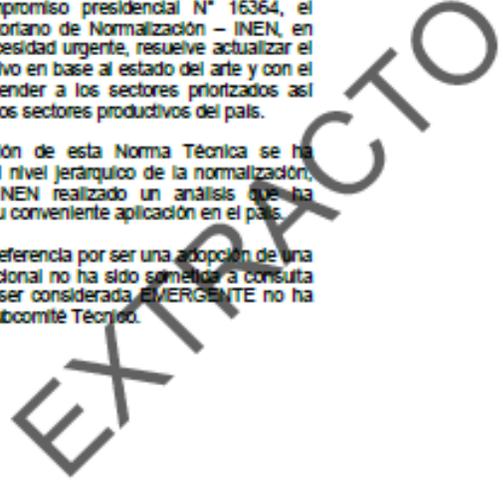
**Subcomité Técnico:**  
Fecha de iniciación:                    Fecha de aprobación:  
Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**                    **INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia por ser una adopción de una norma Internacional no ha sido sometida a consulta pública y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.



Otros trámites: : Esta NTE INEN-ISO 16983:2013 (Primera edición), reemplaza a la NTE INEN 899:1983

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria                    Por Resolución No. 13230 de 2013-06-05  
Registro Oficial No. 23 de 2013-06-26