



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FASE II

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE ENCOFRADO DE PLÁSTICO
RECICLADO PARA CASTILLOS Y SOLERAS EN SAN PEDRO SULA, 2024”**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

21951015 BRENDA LUCIA PINEDA REYES

21851071 MAURICIO RAMÓN CANALES GÓMEZ

ASESOR TEMÁTICO: ING. ÁNGEL DAVID FÚNEZ CASTRO

ASESOR METODOLÓGICO: ING. ADA RODRÍGUEZ ZÚNIGA

CAMPUS SAN PEDRO SULA; ENERO 2025

DEDICATORIA

Mi amor y gratitud a mis padres son el motivo de este trabajo de investigación. He construido este logro gracias a su amor incondicional y a su apoyo constante. El apoyo y compañía de mis hermanos, hermanas han sido invaluable. Gracias por estar presente siempre, festejando mis logros y motivándome ante los desafíos. A mi sobrino Leo, quien me impulsa a no rendirme y ser mejor por que día a día me recuerda que mis acciones sirven como ejemplo para él. A Dios por darme la fuerza y guiarme en cada paso de este camino. Su presencia en mi vida me ha brindado consuelo e inspiración constantemente.

Mauricio Ramón Canales Gómez

Este trabajo está dedicado con todo mi cariño y gratitud a los seres que han sido mi pilar y mi inspiración a lo largo de este arduo pero gratificante camino: A Dios, quien ha sido mi fortaleza, guía y fuente de sabiduría. Sin su dirección este logro no habría sido posible. A mis padres, Jorge Pineda y Patricia Reyes, por su amor incondicional, su apoyo constante y por inculcarme los valores del esfuerzo y la perseverancia. A mis hermanos, Diana y Arturo Pineda, por siempre creer en mí. Y a mi familia en general por siempre motivarme y celebrar mis logros.

Brenda Lucia Pineda Reyes

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios, por brindarnos sabiduría, inteligencia y ánimo cada día, sin los cuales este logro no habría sido posible.

Agradecemos a la empresa SOLTEC (Soluciones Técnicas) y al Ingeniero Alejandro Fúnez (Gerente general de SOLTEC) y a la Ingeniera Carol Perdomo (Gerente general de Ingeniería y Ambiente), por brindarnos la inspiración y el apoyo necesario para el desarrollo del proyecto.

A la Ingeniera Ada Rodríguez, nuestra asesora metodológica, y al Ingeniero Ángel David Funez, nuestro asesor temático, por su apoyo y orientación en el desarrollo del proyecto. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para el avance y la culminación de este trabajo.

A todos ustedes, nuestro más sincero agradecimiento. Este trabajo es el resultado del esfuerzo y la colaboración de muchos, y estamos profundamente agradecidos por el apoyo recibido.



RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio propone un sistema alternativo de encofrado utilizando plástico reciclado para la construcción de castillos y soleras en San Pedro Sula. El propósito principal es desarrollar un sistema de encofrado más sostenible y eficiente, minimizando el uso de madera y optimizando los tiempos de montaje y desmontaje en la construcción de dichos elementos.

El encofrado tradicional, que depende en gran medida de la madera, enfrenta problemas relacionados con su corta vida útil, susceptibilidad a la humedad y ataques de plagas, así mismo representa un costo significativo a lo largo de los proyectos. El uso de plástico reciclado, por otro lado, ofrece una solución más duradera, resistente a la intemperie, reutilizable y una manera práctica de montar y desmontar los elementos.

El sistema de encofrado alternativo con plástico reciclado mostró un rendimiento óptimo, cumpliendo con los requisitos de resistencia y ensamblaje para castillos y soleras. La inclusión de una estructura metálica mejoró su robustez y redujo el desperdicio de material. Las pruebas confirmaron su baja porosidad e impermeabilidad, y su durabilidad en condiciones reales. En el análisis comparativo, se logró una reducción significativa en el consumo de madera, con un 89.53% en soleras y 93.08% en castillos. En cuanto al tiempo de encofrado, el sistema fue más eficiente en castillos, pero en soleras, el montaje fue similar al encofrado con sistema tradicional.

Este proyecto no solo presenta una alternativa más ecológica y rentable para la industria de la construcción en Honduras, sino que también responde a las necesidades de modernización del sector, promoviendo la reutilización de residuos plásticos para generar soluciones más sostenibles.

Palabras Claves: Madera, Encofrado, Castillos, Soleras, Aglomerados de Plástico.



ABSTRACT

This study proposes an alternative formwork system using recycled plastic for the construction of tie-beams and tie-columns in San Pedro Sula. The main purpose is to develop a more sustainable and efficient formwork system, minimising the use of wood and optimising assembly and disassembly times in the construction of these elements.

Traditional formwork, which relies heavily on timber, faces problems related to its short life span, susceptibility to moisture and pest attacks, as well as representing a significant cost over the course of projects. The use of recycled plastic, on the other hand, offers a more durable, weather-resistant, reusable solution and a practical way to assemble and dismantle the elements.

The alternative formwork system with recycled plastic showed optimal performance, meeting the strength and assembly requirements for castles and sills. The inclusion of a metal structure improved its robustness and reduced material waste. Tests confirmed its low porosity and impermeability, and its durability in real conditions. In the comparative analysis, a significant reduction in timber consumption was achieved, with 89.53% in sills and 93.08% in castles. In terms of formwork time, the system was more efficient in castles, but in sills, the assembly was similar to the traditional formwork system.

This project not only presents a more environmentally friendly and cost-effective alternative for the construction industry in Honduras, but also responds to the modernisation needs of the sector, promoting the reuse of plastic waste to generate more sustainable solutions.

Keywords: Formwork, Plastic agglomerates, Tie-columns, Tie-beams, Wood.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1.	PRECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
2.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	6
2.2.1	ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	6
2.2.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	6
2.4.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	7
2.5.	OBJETIVOS.....	8
2.5.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
2.5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
III.	ESTADO DEL ARTE.....	9
3.1	ENCOFRADOS.....	9
3.2	SISTEMAS DE ENCOFRADO.....	11
3.3	ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	12
3.4	ENCOFRADO DE CASTILLOS.....	13
3.5	ENCOFRADO DE SOLERAS.....	14
3.6	PLÁSTICO RECICLADO EN LA CONSTRUCCIÓN.....	16
3.7	AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	18
3.8	CUADRO DE LIMITANTES.....	20
3.9	TEORÍAS DE SUSTENTO.....	20
3.9.1	CODIGO HONDUREÑO DE LA CONSTRUCCIÓN (CHOC).....	20
3.9.2	ACI 347 04 GUIA PARA EL DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES DE CIMBRAS PARA CONCRETO.....	21
3.9.3	NORMA ISO 1183. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE PLÁSTICOS NO CELULARES.....	21
3.9.4	NORMAS NHLA PARA LA CLASIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE MADERA ASERRADA DE FRONDOSAS.....	22
3.9.5	ASTM D2842-06: MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA ABSORCIÓN DE AGUA EN PLÁSTICOS CELULARES RÍGIDOS.....	23

3.10	CONCEPTUALIZACIÓN	23
3.11	MARCO LEGAL	25
3.11.1	DECRETO NÚMERO 104-93 LEY GENERAL DEL AMBIENTE	25
3.11.2	LEY FORESTAL, ÁREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE DECRETO NO. 98-2007 EL CONGRESO NACIONAL	27
IV.	METODOLOGÍA	29
4.1	ENFOQUE.....	29
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	29
4.2.1	DIAGRAMA DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN.....	31
4.2.2	TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN.....	31
4.2.3	HIPÓTESIS.....	34
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	34
4.3.2	TÉCNICAS.....	39
4.4	MATERIALES.....	40
4.5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	42
4.5.1	TIPO DE DISEÑO.....	42
4.6	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	44
V.	ANÁLISIS Y RESULTADOS:	48
5.1	DISEÑO GEOMETRICO	48
5.1.1	PROPIEDADES FÍSICAS	48
5.1.2	PROPIEDADES MECÁNICAS	50
5.1.3	DISEÑO FINAL DEL SISTEMA DE ENCOFRADO	53
5.2	COMPARACIÓN DE CONSUMO DE MADERA	61
5.2.1	CANTIDAD DE MADERA UTILIZADA CON EL SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA ..	62
5.2.2	CANTIDAD DE MADERA UTILIZADA CON EL SISTEMA DE ENCOFRADO CON AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO	65
5.2.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CANTIDAD DE MADERA UTILIZADA CON EL SISTEMA DE ENCOFRADO TRADICIONAL DE MADERA Y CON AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO	68
5.3	TIEMPO REQUERIDO PARA EL PROCESO DE ENCOFRADO DE CASTILLOS Y SOLERAS CON LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENCOFRADO	69
5.3.1	PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO DE CASTILLOS Y SOLERAS CON EL SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA	69
5.3.2	PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO DE CASTILLOS Y SOLERAS CON EL SISTEMA DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO	70

5.3.3 ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPOS DE ENCOFRADO	71
VI. CONCLUSIONES	86
VII. RECOMENDACIONES	87
VIII. BIBLIOGRAFÍA	89
IX. ANEXOS	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 -PRINCIPALES USOS DE LA MADERA EN ROLLO Y ASERRADA (M ³) EN HONDURAS EN EL 2016	3
ILUSTRACIÓN 2 -CLASIFICACIÓN DE ENCOFRADOS EN LA CONSTRUCCIÓN	9
ILUSTRACIÓN 3 –ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ENCOFRADO TRADICIONAL.....	10
ILUSTRACIÓN 4 –CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO	11
ILUSTRACIÓN 5 – ELEMENTOS DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	12
ILUSTRACIÓN 6 – ENCOFRADO DE CASTILLOS CON BOLILLOS	13
ILUSTRACIÓN 7 -ENCOFRADO DE CASTILLO ESQUINERO.....	14
ILUSTRACIÓN 8 -CONSTRUCCIÓN DE SOLERA INFERIOR.....	15
ILUSTRACIÓN 9 – CONTRUCCIÓN DE SOLERA SUPERIOR.....	16
ILUSTRACIÓN 10 – PRODUCTOS DE POLIETILENO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN .	17
ILUSTRACIÓN 11 -BLOQUES DE PLÁSTICO RECICLADO.....	17
ILUSTRACIÓN 12 -PROCESO DE FABRICACIÓN DE TABLAS DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO.....	18
ILUSTRACIÓN 13 -PRODUCTOS FABRICADOS A PARTIR DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO.....	19
ILUSTRACIÓN 14 -DIAGRAMA DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	31
ILUSTRACIÓN 15 – DIAGRAMA DE METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	42
ILUSTRACIÓN 16 – CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO DE SEMANA #1 A SEMANA #6.....	47
ILUSTRACIÓN 17 -CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO DE SEMANA #7 A SEMANA #11	47
ILUSTRACIÓN 18 -VISTA FRONTAL Y LATERAL DE SISTEMA DE ENCOFRADO CON AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO Y ÁNGULO METÁLICO (UNIDADES EN METROS)	56
ILUSTRACIÓN 19 -DETALLE DE SEPARACIÓN DE AGUJEROS EN TABLA Y DE PERNOS DE FIJACIÓN (UNIDADES EN CENTÍMETROS).....	57
ILUSTRACIÓN 20 - DETALLE DE PERFORACIÓN EN ÁNGULOS METÁLICOS PARA COLOCACIÓN DE SEPARADORES CON VARILLA DE ¼"	58
ILUSTRACIÓN 21 – GRÁFICO DE ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPOS DE ENCOFRADOS PARA CASTILLOS (ENCOFRADO TRADICIONAL DE MADERA VS ENCOFRADO DE PLÁSTICO RECICLADO)	71

ILUSTRACIÓN 22 – GRÁFICO DE ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIEMPOS DE ENCOFRADOS PARA SOLERAS (ENCOFRADO TRADICIONAL DE MADERA VS ENCOFRADO DE PLÁSTICO RECICLADO)	72
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 – LIMITACIONES DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	20
TABLA 2 – TABLA DE VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN	30
TABLA 3 -TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN	32
TABLA 4 - TABLA DE INSTRUMENTOS	34
TABLA 5 -DATOS DE MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA DE DENSIDAD	48
TABLA 6 -DATOS DE PRUEBA SOMETIDA A PRUEBA DE POROSIDAD.....	49
TABLA 7 -DATOS DE PRUEBA DE EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE	50
TABLA 8 -ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRUEBA DE PERFORACIÓN	51
TABLA 9 -TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS DE PRUEBAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA VS AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO	53
TABLA 10 – DIMENSIONES DE TABLA PARA ENCOFRADO DE CASTILLO CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA.....	62
TABLA 11 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE CASTILLO CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA.....	63
TABLA 12 – DIMENSIONES DE TABLA PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA.....	63
TABLA 13 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA	64
TABLA 14 - DIMENSIONES DE SEPARADORES PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA.....	65
TABLA 15 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE CASTILLO CON SISTEMA DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO.....	66
TABLA 16 – DIMENSIONES DE TABLA DE MADERA PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO.....	67
TABLA 17 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE SOLERA	67
TABLA 18 - CUADRO COMPARATIVO DE PIE TABLARES (PT) UTILIZADOS EN CADA SISTEMA PARA EL ENCOFRADO DE LOS ELEMENTOS DETERMINADOS.	68

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 -FÓRMULA DE DENSIDAD	22
ECUACIÓN 2 – FÓRMULA DE PIE TABLAR.....	22

ECUACIÓN 3 -FÓRMULA PARA CÁLCULO DE ABSORCIÓN DE AGUA DE UN MATERIAL.....	23
ECUACIÓN 4 - FÓRMULA DE REDUCCIÓN PORCENTUAL.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 -PRUEBA DE CORTE CON CALADORA	94
ANEXO 2 -PRUEBA DE CORTE CON SEGUETA.....	94
ANEXO 3 -PRUEBA DE PERFORACIÓN CON TALADRO	95
ANEXO 4 -PRUEBA DE PERFORACIÓN CON CLAVOS.....	96
ANEXO 5 -PRUEBA DE IMPACTO CON MARTILLO Y ALMADANA.....	96
ANEXO 6 -PRUEBA DE EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE DE TABLAS EN POSICIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL	97
ANEXO 7 – MUESTRA SUMERGIDA PARA PRUEBA DE POROSIDAD	97
ANEXO 8 -CORTE DE ÁNGULO METÁLICO DE 1"x1"x1/8" PARA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ENCOFRADO PLÁSTICO.....	98
ANEXO 9 -ARMADO Y SOLDADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA.....	98
ANEXO 10 -PINTADO DE ESTRUCTURA CON PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA	99
ANEXO 11 -FIJACIÓN Y MARCADO DE TABLA PARA REALIZAR EL ENSAMBLE CON LA ESTRUCTURA METÁLICA	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 12 -PERFORACIÓN DE TABLA Y ÁNGULO PARA COLOCACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE DE 3/16" x 1 1/2"	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 13 -AJUSTE DE TUERCAS PARA ASEGURAR LA TABLA A LA ESTRUCTURA METÁLICA	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 14 -SELLADO DE HUECOS CON POLIETILENO RECICLADO	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 15 -EMPAREJADO DE LATERALES DEL SISTEMA DE ENCOFRADO.....	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 16 -PERFORACIÓN LATERAL DE ÁNGULOS METALICOS PARA SISTEMA DE ENSAMBLE DE SOLERA.....	102
ANEXO 17 -SISTEMA DE ENCOFRADO DE SOLERA CON VARILLAS DE 1/4" COMO SEPARADORES	102
ANEXO 18 -SISTEMA DE ENCOFRADO DE PLÁSTICO RECICLADO DE SOLERA EN SITIO AJUSTADO CON SEPARADORES DE VARILLA Y BOLILLOS	103
ANEXO 19 -VERTIDO DE CONCRETO EN ENCOFRADO DE PLÁSTICO PARA SOLERA.....	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 20 -DESENCOFRADO DE SOLERA	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 21 -ACABADO FINAL DE SOLERA SOBRE BLOQUE DE 4" CON 20CM DE ALTO..	Error! Bookmark not defined.
ANEXO 22 -COLOCACIÓN DE ENCOFRADO PARA CASTILLO DE 20CM DE ANCHO Y 220CM DE ALTO.....	Error! Bookmark not defined.

ANEXO 23 -ENCOFRADO DE CASTILLO COLOCADO Y SUJETO CON BOLILLOS**Error!**
Bookmark not defined.

ANEXO 24 -VERTIDO DE CONCRETO EN ENCOFRADO DE PLÁSTICO PARA CASTILLO**Error!**
Bookmark not defined.

ANEXO 25 -ACABADO FINAL DE CASTILLO Y PROCESO DE REPELLO..... **Error! Bookmark not defined.**

I. INTRODUCCIÓN

Los encofrados son estructuras temporales o permanentes que se utilizan en la construcción de diversos elementos estructurales para dar forma y soporte al concreto mientras esta fragua y adquiere resistencia. Históricamente, civilizaciones antiguas, como los egipcios y romanos, emplearon encofrados de madera para construir monumentos, templos y otras estructuras. Las técnicas han evolucionado a lo largo de los siglos, incorporando nuevos materiales y diseños con el propósito de optimizar la eficiencia y seguridad en las obras.

Actualmente, existen diferentes materiales utilizados para encofrar a parte de la madera, como el metal, ya que los encofrados metálicos son ideales para grandes estructuras por su resistencia y durabilidad. Otro material que se ha promovido para su uso en encofrados ha sido el plástico, ya que estos encofrados son más ligeros y fáciles de manipular, ideales para obras pequeñas. Sin embargo, en el ámbito de la construcción, la madera sigue siendo la opción más común debido a su disponibilidad, versatilidad y adaptabilidad para encofrar diversas estructuras. Este material, ofrece una solución adaptable a diversos proyectos, desde viviendas residenciales hasta estructuras comerciales.

Sin embargo, a pesar de sus ventajas, el creciente uso de la madera en la construcción puede llevar a prácticas de tala insostenible, lo que no solo compromete la salud de los bosques y el equilibrio ambiental, sino que también provoca la disminución de recursos forestales, dificultando su regeneración. Así mismo el mal manejo de este recurso, junto con condiciones inadecuadas de almacenamiento y uso contribuye a una mayor ineficiencia del material. Cabe destacar que el ciclo de vida relativamente corto de los encofrados de madera, que a menudo se descartan después de pocos usos y los tiempos prolongados de montaje y desmontaje incrementa el costo de los proyectos de construcción.

Bajo este contexto, el propósito de este proyecto de investigación es desarrollar un sistema de encofrado alternativo y funcional de plástico reciclado que reduzca el uso de madera y optimice los tiempos de montaje y desmontaje en la construcción de castillos y soleras en la ciudad de San Pedro Sula. Este enfoque busca proporcionar una solución más ecológica y eficiente, centrando la investigación en su aplicación a elementos estructurales secundarios como castillos y soleras.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente capítulo ofrece una visión clara de los precedentes del problema, proporcionando una base para comprender su origen. Asimismo, se define el problema de manera precisa, junto con la justificación la cual resalta la relevancia del estudio. Además, se plantean las preguntas de investigación, de las cuales surgen tanto el objetivo general como los objetivos específicos que orientarán el desarrollo del proyecto de investigación.

2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

La explotación de recursos naturales ha sido una práctica común a lo largo de la historia, impulsada por la creciente demanda de materias primas en diversos sectores. Actualmente son múltiples industrias las que se dedican a la explotación de recursos renovables tales como el agua, la energía solar, el viento, la biomasa, y principalmente la madera. Se sabe que “La sobreexplotación de los recursos naturales renovables sirve a un propósito económico de corto plazo, sin embargo, en el mediano y largo plazo tiene efectos directos y negativos sobre el bienestar social” (*De la Orden*, 2020). Por ejemplo, la explotación de la madera juega un papel clave en sectores como la construcción, la producción de papel y la fabricación de muebles, siendo uno de los recursos más demandados globalmente, pero esto ha provocado que esta se convierta en un recurso no renovable al ser extraído a un ritmo superior al de su regeneración.

El sector de la construcción es uno de los principales consumidores de madera a nivel mundial, el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible & ONF Andina (2016) afirma que “el gremio de la construcción continúa siendo uno de los principales consumidores de la madera aserrada y de otros productos de madera” utilizándola en una variedad de aplicaciones.

En Honduras, el uso de la madera se ha promovido en diversos sectores, particularmente en la construcción, la industria secundaria y las exportaciones. La demanda total (interna más externa) de productos de madera para Honduras es de aproximadamente 523 000 m³ anuales y se divide en cuatro grandes sectores: 114 000 m³ por la industria secundaria de muebles, puertas y otras manufacturas, 218 000 m³ por el sector de la construcción y vivienda, 14 000 m³ por el sector agroexportador (embalajes y tarimas), y 176 000 m³ por el mercado externo de exportaciones de madera y productos de madera. (FAO & Fundación Hondureña de Ambiente y Desarrollo Vida, 2018). Para comprender mejor los principales usos de la madera en el país, la Ilustración 1

presenta un desglose detallado de su producción, comercialización y demanda en el año 2016.

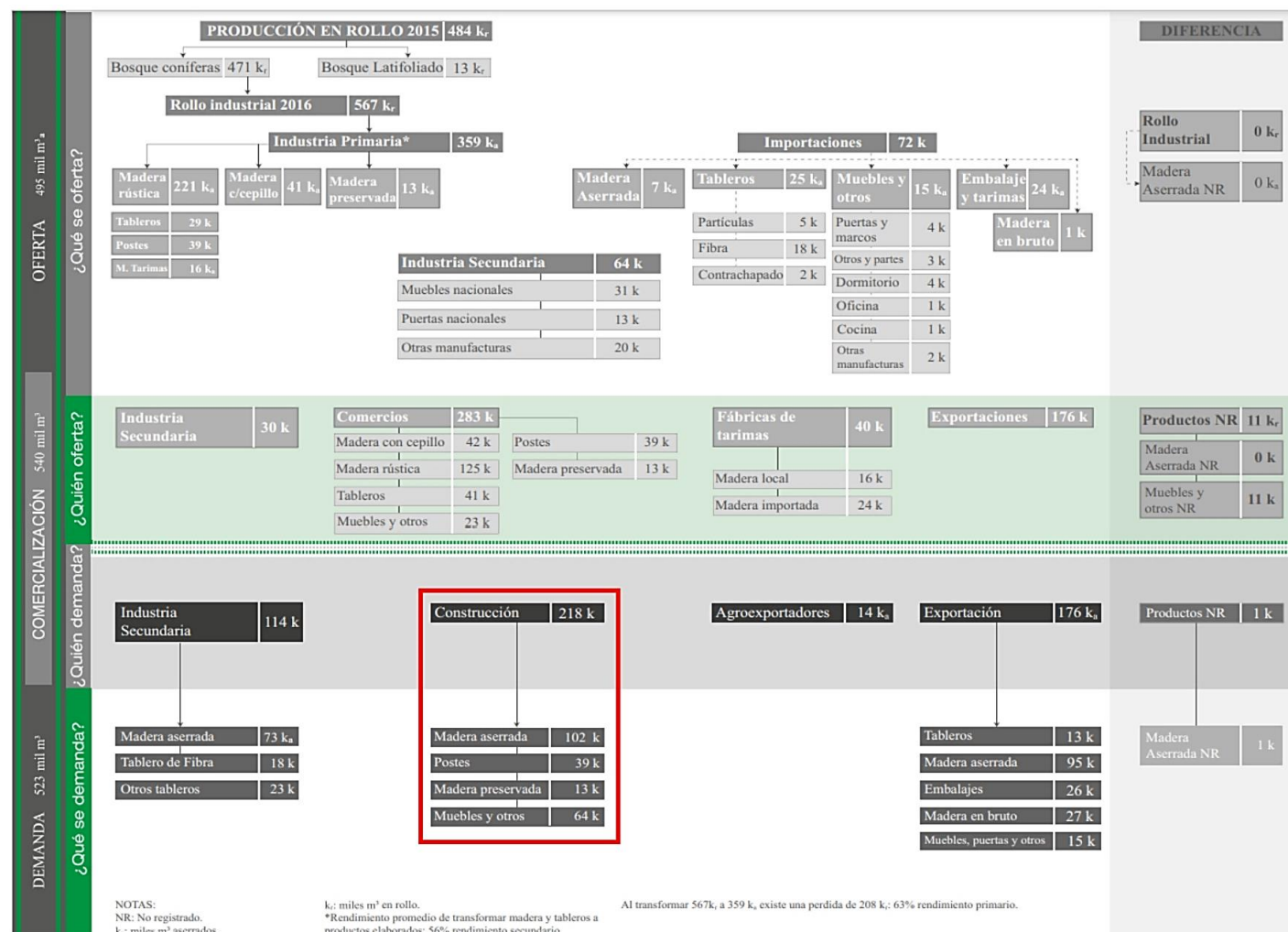


ILUSTRACIÓN 1 -PRINCIPALES USOS DE LA MADERA EN ROLLO Y ASERRADA (M³) EN HONDURAS EN EL 2016

Fuente: (FAO & Fundación Hondureña de Ambiente y Desarrollo Vida, 2018)

La alta demanda de madera se hace evidente en la construcción de edificaciones en Honduras, debido a su amplio uso en dos áreas fundamentales: acabados y como material estructural. En los acabados está orientado a mejorar la estética y funcionalidad de los proyectos. Se utiliza para revestimientos, puertas, ventanas, pisos, y otros elementos arquitectónicos decorativos. Y previo a la etapa de acabados estéticos, la madera se emplea como material estructural, ya sea como elementos permanentes o temporales. Para los elementos temporales no es necesario que la madera utilizada sea de alta calidad o con acabados finos, ya que "los usos principales son formaleas, andamios, estacas, entablados, encofrados, camillas o teleras, paralelas, travesaños, vigas temporales, cerramientos, campamentos y construcciones temporales" (Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible & ONF Andina 2016), lo que convierte a la madera en un recurso indispensable en la ejecución de obras.

En términos de encofrados, además de la madera aserrada, ya sea rústica o cepillada, se utilizan mucho los tableros contrachapados, de aglomerados de madera y fenólicos, los cuales son fabricados a partir de componentes de la misma madera junto con resinas, haciéndolos más duraderos, sin embargo, al igual que la madera común se deben de "Proteger los tableros contra el contacto directo del agua y el sol, guardarlos bajo techo o cubrirlos con una funda impermeable adecuada" (Asis Luciano, 2021) ya que la exposición prolongada a estos elementos puede comprometer su integridad estructural, provocar hinchazón, deformación y reducir su vida útil. A pesar de ser más resistentes que la madera aserrada, el cuidado adecuado sigue siendo esencial para procurar su durabilidad y funcionalidad en el ámbito constructivo.

La madera por naturaleza es higroscópica, lo que significa que "si absorbe humedad se hincha y si la expulsa se contrae" (Celebrand, 2019), esto implica que la madera seca absorbe agua del concreto durante el proceso de encofrado, lo que puede reducir la resistencia del elemento. Este comportamiento es particularmente problemático en proyectos donde se requiere precisión estructural, ya que la variación en el tamaño de la madera puede generar desajustes y deformaciones en las estructuras. Además, la absorción de agua no solo afecta la resistencia del concreto, sino que también puede deteriorar la madera con el tiempo, haciéndola más propensa a rajaduras, deformaciones y, eventualmente, reduciendo su durabilidad en la obra.

Los tiempos de construcción también son un factor importante que se debe considerar. El encofrado de madera requiere más tiempo para su construcción, ya que implica medir, cortar y ensamblar tablas individualmente, utilizando clavos, tornillos y/o alambre de amarre. Cabe

destacar que este método tradicional de ensamblaje suele deteriorar la madera en el proceso de desencofrado debido a la fuerza aplicada y al maltrato mismo que recibe la madera.

Sin importar su presentación, el mantenimiento regular de la madera es esencial para garantizar su durabilidad y resistencia, como el cepillado y la aplicación de desmoldantes, Jiménez Yábar et al. (s. f.) explican que: además, el acabado de las superficies, que generalmente son de tablas cepilladas o de triplay, debe ser lijado y protegido con aplicación de un producto especial que evite que el concreto se adhiera a la madera, pero sin manchar o teñir al concreto, teniendo cuidado, además, que no se contaminen las barras de refuerzo al aplicarse el producto, porque se perdería adherencia entre el acero y el concreto. La falta de un mantenimiento adecuado puede provocar problemas como la adherencia indeseada de la madera al concreto, dificultando el desencofrado y afectando la calidad superficial de la estructura.

Además, la madera es vulnerable a infestaciones de plagas, como termitas y escarabajos, lo que puede comprometer su integridad estructural si no se aplican tratamientos preventivos adecuados. Esta susceptibilidad, junto con la corta vida útil de los encofrados de madera, genera costos frecuentes de reemplazo, incrementando considerablemente el presupuesto total de la obra. Asimismo, las deformaciones y el desgaste pueden afectar la calidad del acabado del concreto, resultando en gastos adicionales por reparaciones. Se debe de tomar en cuenta que "en términos de costo, el encofrado representa entre el 40% y el 60% del total de la obra de concreto y aproximadamente el 10% de los costos totales de la construcción" (Aguilar Huerta et al., 2023). Teniendo esto en consideración, la evaluación económica de los diferentes materiales para encofrado debe ir más allá del costo inicial y analizar todos los aspectos que puedan incrementar los costos de cualquier proyecto.

Son múltiples los factores que contribuyen al uso excesivo de la madera en la construcción, como su disponibilidad, bajo costo inicial y la falta de alternativas ampliamente adoptadas. Sin embargo, la madera empleada en proyectos constructivos no está siendo debidamente tratada ni mantenida para garantizar un uso responsable y sostenible, además, la falta de protección adecuada reduce su durabilidad y aumenta la necesidad de reposición frecuente, lo que agrava el impacto ambiental y económico.

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Tras revisar los antecedentes sobre los encofrados de madera, se abordarán varios elementos clave que estructuran este estudio. En primer lugar, se presentará el enunciado y la formulación del problema, detallando los aspectos específicos que generan interés en esta investigación. Seguidamente, se expondrá la justificación que sustenta el análisis, enfatizando la relevancia y el impacto del tema en el ámbito constructivo. A continuación, se desarrollarán las preguntas de investigación que guiarán el proceso, para finalmente establecer los objetivos del estudio, los cuales orientarán la metodología y el alcance del trabajo.

2.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

“La demanda anual de madera aserrada y derivados en el sector de construcción y vivienda en Honduras se estima en 218,000 m³ (FAO & Fundación Hondureña de Ambiente y Desarrollo Vida, 2018), impulsada por el uso extensivo de la madera tanto en acabados como en estructuras temporales durante el proceso constructivo.”

2.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los parámetros y propiedades óptimas que debe cumplir un sistema de encofrado de plástico reciclado para su implementación en la construcción de castillos y soleras, a fin de minimizar el uso de madera como material estructural temporal?

2.3. JUSTIFICACIÓN

El uso de plástico reciclado en un sistema de encofrado para la construcción de soleras y castillos se presenta como una alternativa innovadora, ya que permite aprovechar residuos plásticos que, de otro modo, serían desechados. Esta propuesta busca reemplazar el encofrado tradicional de madera, disminuyendo la explotación de este recurso natural, tomando en cuenta que la producción de tablas fabricadas con aglomerados de plástico reciclado requiere menos tiempo, energía y agua que la producción de madera aserrada.

El presente estudio permitirá demostrar cómo el encofrado de plástico reciclado puede integrarse efectivamente en la construcción, ofreciendo ventajas sobre la madera. Uno de los principales

beneficios es que el plástico reciclado es resistente a la humedad y otros factores ambientales que suelen afectar a los encofrados tradicionales, como plagas o deformaciones. Esto significa que el material no solo tendrá una vida útil más prolongada, sino que también requerirá menos mantenimiento y que su rendimiento será más confiable en diversas condiciones. Además, el sistema de encofrado propuesto está diseñado con aglomerados de plástico reciclado reforzados con ángulos metálicos, lo que aumenta su durabilidad y resistencia, haciéndolo apto para condiciones exigentes en la construcción.

En términos de eficiencia, al ser encofrados prefabricados, se optimizan los tiempos de instalación, ya que llegan listos para su uso, lo que reduce el tiempo de montaje en comparación con los encofrados tradicionales que suelen construirse in situ. Esta facilidad de instalación también implica menos demanda de mano de obra, acelerando los procesos constructivos.

Desde el punto de vista económico, la durabilidad del plástico reciclado, junto con su capacidad de reutilización y menor necesidad de mantenimiento, este sistema puede reducir los costos generales del proyecto. Además, la disminución en la frecuencia de reemplazo y la rapidez en la instalación que este sistema prefabricado puede ofrecer contribuirá a menores gastos en mano de obra y tiempos de construcción.

La implementación de este sistema de encofrado no solo beneficiará a las empresas constructoras desde un punto de vista económico, sino que también responde a las demandas de sostenibilidad y modernización en el sector. Este estudio busca no solo aportar una alternativa más eficiente y sostenible, sino también impulsar un cambio en la industria de la construcción en San Pedro Sula, ofreciendo una solución replicable que promueva prácticas constructivas más responsables y optimice los recursos disponibles.

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es el diseño óptimo para un sistema de encofrado de plástico reciclado que mejore su resistencia, facilite su ensamble y aproveche sus propiedades físicas y mecánicas en la construcción de castillos y soleras?
2. ¿Cómo se compara la cantidad de madera utilizada en la construcción de estructuras secundarias al emplear un sistema de encofrado de plástico reciclado frente al sistema tradicional de encofrado de madera?

3. ¿Cuál es la diferencia en el tiempo de montaje y desmontaje del encofrado utilizando el sistema de plástico reciclado y el sistema tradicional de madera en estructuras secundarias?
4. ¿Cuál es el costo de un sistema de encofrado con aglomerado de plástico reciclado para su implementación en la construcción de castillos y soleras en San Pedro Sula?

2.5. OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

1. Desarrollar un sistema de encofrado alternativo y funcional de plástico reciclado que reduzca el uso de madera y optimice los tiempos de montaje y desmontaje en la construcción de castillos y soleras en la ciudad de San Pedro Sula, 2024.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Generar un diseño geométrico del sistema de encofrado alternativo, considerando el aumento de su resistencia, el modo de ensamble y las propiedades físicas y mecánicas del sistema para la construcción de castillos y soleras.
2. Cuantificar la reducción porcentual en el consumo de madera al implementar el sistema de encofrado de plástico reciclado, comparándolo con el sistema tradicional de encofrado de madera en la construcción de castillos y soleras.
3. Determinar el tiempo requerido para el proceso de encofrado de castillos y soleras al utilizar el sistema tradicional de madera en comparación con el sistema de encofrado de plástico reciclado.
4. Determinar el costo del sistema de encofrado con aglomerado de plástico reciclado para su implementación en la construcción de castillos y soleras en San Pedro Sula.

III. ESTADO DEL ARTE

3.1 ENCOFRADOS

El encofrado es un componente auxiliar o estructura temporal empleada para moldear y alojar el concreto u hormigón fresco, usualmente armado, en estructuras "in situ" hasta su endurecimiento. Teóricamente se define como molde formado con tableros o chapas de metal o de material análogo, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y que se desmonta después (ASALE & RAE, s. f.-a), lo que convierte al encofrado en un elemento fundamental para la construcción. Con el paso del tiempo, los métodos de encofrado se han adaptado a nuevos materiales e innovaciones, facilitando así el ahorro de tiempo en la realización de obras (Education, s. f.).

Los encofrados convencionales generalmente se producen con materiales rígidos como la madera y el metal para la edificación de estructuras de hormigón con geometrías consistentes (Aguilar Huerta et al., 2023). La clasificación de los encofrados puede realizarse desde distintas perspectivas, lo que facilita su selección adecuada según los requerimientos específicos de cada proyecto. En la Ilustración 2 se muestra una clasificación basada en tres criterios principales: por orientación, por material y por sistema de uso. Esta clasificación permite elegir el encofrado más apropiado en función de su aplicación y eficiencia en el proceso constructivo.

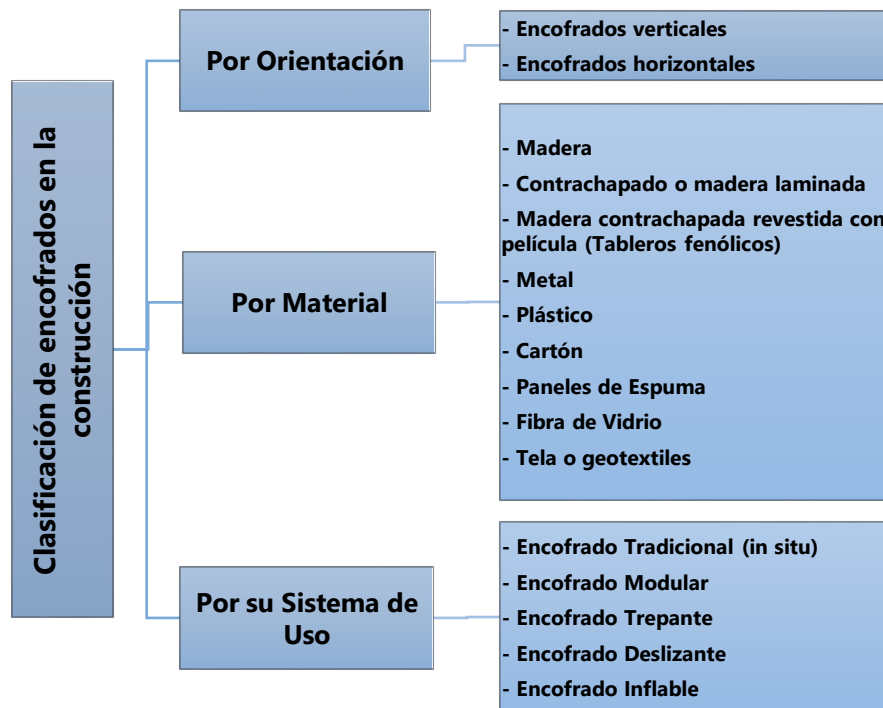


ILUSTRACIÓN 2 -CLASIFICACIÓN DE ENCOFRADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Fuente: (Propia, 2024)

Una de las características más relevantes del encofrado es su capacidad de adaptarse a diferentes geometrías y dimensiones, pero es importante destacar que el encofrado debe ser resistente a las cargas y a la abrasión del concreto, mantener su rigidez y forma bajo presión, y ser químicamente inerte para no alterar las propiedades del concreto. Además, debe ser estanco para evitar pérdidas de lechada, cumplir con los requisitos de seguridad y funcionalidad, ser económico y fácil de montar y desmontar, optimizando el tiempo y costos en la obra (Arrebola, 2018) Cabe destacar que el encofrado tradicional se compone de varios elementos fundamentales, como el fondo, los costados, refuerzos de barrotes y tornapuntas. Además, se incluyen las "T" de madera, los pies derechos o puntales y los cabezales que soportan la carga, junto con crucetas que refuerzan la estructura (Ferretería Aaron Center, 2021). En la Ilustración 3 se muestra la composición detallada de estos elementos.

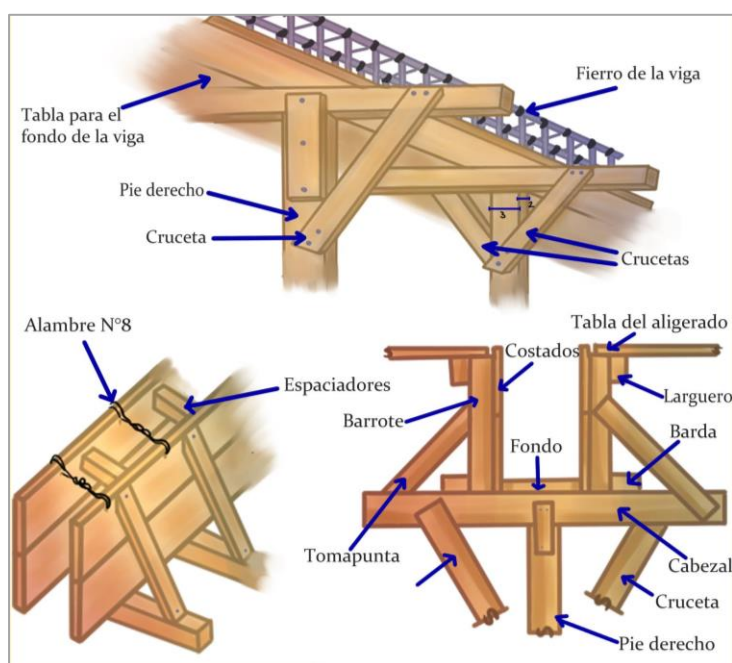


ILUSTRACIÓN 3 –ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ENCOFRADO TRADICIONAL

Fuente: (Propia, 2024)

Sin duda la correcta implementación y elección del encofrado es crucial, ya que influye directamente en la calidad final de la obra, la seguridad de los trabajadores y la eficiencia del proceso constructivo. Así, el encofrado no solo cumple una función estructural, sino que también es un elemento clave en la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

3.2 SISTEMAS DE ENCOFRADO

Un sistema se define como un conjunto de elementos relacionados entre sí que funciona como un todo (ASALE & RAE, s. f.-b), comprendiendo esto, se comprende que los sistemas de encofrados son conjuntos de elementos, en su mayoría prefabricados y accesorios que permiten la construcción rápida y eficiente de estructuras de hormigón. El sistema de encofrado se compone de dos elementos principales: el molde y el apuntalamiento (Asis Luciano, 2021), siendo el molde lo que da forma al hormigón o concreto fresco y puede estar hecho de los diversos materiales mencionados anteriormente; y el apuntalamiento es lo que proporciona estabilidad al molde, manteniéndolo en su lugar y soportando el peso del concreto húmedo para evitar deformaciones o colapsos.

Los sistemas de encofrados están compuestos por paneles, puntales, accesorios de unión y otros elementos complementarios. Los materiales más utilizados son el acero y el aluminio, debido a su resistencia y durabilidad, siendo ideales para proyectos que requieren un montaje rápido y un proceso de construcción eficiente (Cubero, s. f.). A continuación, en la ilustración 4 se presentan algunos de los sistemas de encofrado utilizados en la construcción de estructuras horizontales y verticales.



ILUSTRACIÓN 4 –CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO

Fuente: (Propia, 2024)

Los sistemas de encofrados se caracterizan por su rapidez de montaje y desmontaje, su alta precisión dimensional y su capacidad de adaptarse a geometrías complejas. Además, suelen ser reutilizables, lo que reduce los costos de construcción. Sin duda los sistemas de encofrados han revolucionado la construcción en hormigón, permitiendo la ejecución de proyectos de mayor envergadura y complejidad en plazos más cortos. La elección del sistema de encofrado adecuado depende de las características del proyecto y de los recursos disponibles.

3.3 ALBAÑILERÍA CONFINADA

La albañilería es una técnica de construcción que se emplea normalmente para la edificación de una vivienda (Aceros Arequipa, s. f.). Se puede comprender como un sistema constructivo que combina elementos de mampostería (bloques o ladrillos) con elementos de concreto u hormigón armado, y se le denomina de esa forma ya que los elementos de mampostería se confinan dentro de elementos de hormigón, lo que mejora significativamente la resistencia sísmica y la capacidad portante de las estructuras.

Cabe destacar que “los muros de ladrillo o bloques de otro material brindan una excelente resistencia a la compresión, mientras que el concreto y el acero proporcionan la resistencia a la tensión necesaria para los momentos de flexión y corte, optimizando el uso de cada material según sus fortalezas” (Inka, 2018), por lo que este sistema constructivo es muy efectivo. La ilustración 5 muestra los elementos de la albañilería confinada.

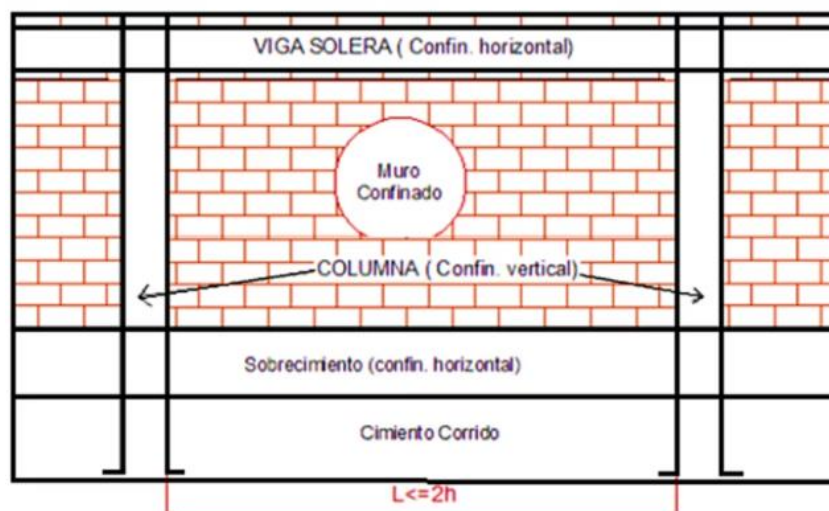


ILUSTRACIÓN 5 – ELEMENTOS DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA

Fuente: (*¿Qué es la Albañilería Confinada?*, 2023)

Los elementos de concreto armado construidos alrededor de los muros se denominan como vigas y columnas de confinamiento (*Albañilería Reforzada o Confinada y Albañilería Armada, s. f.*), popularmente se conocen como vigas soleras y castillos. Estos elementos deben de construirse de la manera correcta para poder brindarle el soporte requerido a la estructura.

La albañilería confinada es una alternativa muy interesante a los sistemas constructivos tradicionales, ya que combina las ventajas de la mampostería (aislamiento térmico y acústico) con las de la estructura de hormigón armado (resistencia y durabilidad).

3.4 ENCOFRADO DE CASTILLOS

En la construcción de castillos, además de un buen armado de varilla de refuerzo, se debe de procurar que el encofrado se lleve a cabo de forma adecuada. Esta estructura será fundida en cemento a fin de que sea lo suficientemente fuerte y estable para sostener los muros de la edificación, ya sea una vivienda personal o un edificio comercial (*Encofrado y fundido de castillos | Directorio Industrial, 2011*), por lo que su construcción no se debe de tomar a la ligera.

Este sistema está compuesto por moldes generalmente de madera. Por lo general el sistema necesita de elementos de apoyo o sujeción para poder mantenerse en su sitio, tal como lo muestra la ilustración 6. Para asegurar la cimbra, se realizan pequeños agujeros en las juntas del muro por donde se pasa alambre recocado de lado a lado para garantizar la dimensión del refuerzo del elemento (*¿Qué es un castillo en construcción y cuál es su funcionalidad?, 2022*)



ILUSTRACIÓN 6 – ENCOFRADO DE CASTILLOS CON BOLILLOS

Fuente: (Propia, 2024)

Los castillos también se colocan en las esquinas cuando se requiere construir columnas con ellos (Max Acero Monterrey, 2023). En estas ubicaciones, pueden demandar más madera para el encofrado y requieren refuerzos adicionales, ya que su fijación se realiza principalmente en un solo lado del muro de bloques, tal como se muestra en la ilustración 7. Esto incrementa la necesidad de una sujeción firme para evitar desplazamientos durante el vaciado del concreto, garantizando la alineación precisa y la estabilidad estructural del elemento.



ILUSTRACIÓN 7 -ENCOFRADO DE CASTILLO ESQUINERO

Fuente: (Propia, 2024)

Los encofrados de solera son fundamentales para garantizar una construcción precisa y eficiente. Su correcta instalación facilita la distribución uniforme de cargas y asegura la alineación estructural, evitando deformaciones durante el fraguado del concreto. Además, la elección adecuada del material influye en la sostenibilidad y en la optimización de los recursos en obra.

3.5 ENCOFRADO DE SOLERAS

Las soleras son las vigas que se colocan superior e inferior de los muros y entre los castillos para dar rigidez (Del Cielo, 2021). Las soleras proporcionan estabilidad y distribuyen las cargas a lo

largo de los muros, sirviendo como soporte fundamental para los cerramientos en la estructura. El encofrado de estas sostiene el concreto hasta que fragua y adquiere resistencia, construyéndose con cuidado y precisión ya que son las vigas horizontales o bordes inferiores de los muros. Las soleras proporcionan estabilidad y distribuyen las cargas a lo largo de los muros, sirviendo como soporte fundamental para los cerramientos en la estructura.

El encofrado de las soleras varía dependiendo de su ubicación, ya que pueden haber soleras inferiores y superiores, tal como lo muestra la ilustración 8 y 9. Algo que se debe de considerar es que las vigas de confinamiento o soleras se construyen en concreto reforzado, el refuerzo de las vigas de confinamiento se debe anclar en los extremos con ganchos de 90 grados, estas se vacían directamente sobre el muro que confinan (*Construcción y Diseño en VIS - 6 Elementos de Confinamiento*, s. f.).



ILUSTRACIÓN 8 -CONSTRUCCIÓN DE SOLERA INFERIOR

Fuente: (Propia, 2024)



ILUSTRACIÓN 9 – CONTRUCCIÓN DE SOLERA SUPERIOR

Fuente: (Propia, 2024)

El encofrado de soleras permite obtener acabados uniformes y facilita el moldeado de las vigas en distintas dimensiones, por lo que por ningún motivo se debe utilizar piedras, cartón o cualquier otro material débil, pues pueden fallar con el peso al que serán sometidos (Encofrado de vigas | Aceros Arequipa, s. f.). Además, un encofrado bien realizado no solo garantiza la integridad estructural, sino que también optimiza tiempos y recursos en obra, minimizando riesgos de fallas que podrían generar reparaciones costosas o comprometer la estabilidad del proyecto.

3.6 PLÁSTICO RECICLADO EN LA CONSTRUCCIÓN

El plástico reciclado en la construcción consiste en la reutilización de residuos plásticos para fabricar productos o materiales como paneles, bloques, elementos de refuerzo, entre otros destinados a la construcción. El plástico reciclado es un material imprescindible que ofrece beneficios múltiples para la construcción y para el medioambiente (Zivancevic, 2023), siendo ampliamente utilizados en la actualidad.

Se utilizan principalmente polímeros reciclados, como polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS). Estos se procesan y moldean en diferentes formatos, como tableros o perfiles estructurales, a menudo combinados con aditivos para aumentar su resistencia

y durabilidad. El HDPE destaca por su alta resistencia a la corrosión, lo que lo convierte en una opción confiable para sistemas de agua y alcantarillado, minimizando riesgos de filtración. Además, su durabilidad y flexibilidad le permiten soportar impactos y cargas pesadas, ideal para aplicaciones exigentes. Su bajo peso específico facilita el transporte, manejo y montaje en obra, en comparación con otros materiales como el PVC, lo que optimiza los tiempos y reduce costos en los proyectos de construcción (Norventas, 2023), la ilustración 10 muestra algunos productos hechos con polietileno reciclado utilizados en proyectos de construcción.



ILUSTRACIÓN 10 – PRODUCTOS DE POLIETILENO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN

Fuente: (Propia, 2024)

Es importante recordar que el plástico por sí solo demora entre 100 y 700 años en degradarse, este se va acumulando conforme va siendo desechado, y al no degradarse, ocasiona que aumente la cantidad de desperdicios de manera exponencial (*El plástico reciclado*, 2021). La ilustración 12 muestra bloques hechos de los residuos plásticos sin tener que pasar por un proceso tan estricto de fabricación pero que de igual forma resulta funcional y útil para la construcción.



ILUSTRACIÓN 11-BLOQUES DE PLÁSTICO RECICLADO

Fuente: (*Adiós a los bloques de hormigón en la construcción*, 2023)

Esta práctica no solo reduce la dependencia de materiales tradicionales como la madera y el concreto, sino que también contribuye a gestionar los residuos plásticos, dándoles una nueva vida al convertirlos en productos funcionales y sobre todo duraderos. Además, fomenta la innovación en el diseño de materiales y soluciones más eficientes para las edificaciones.

3.7 AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Los aglomerados de plástico consiste en la compactación y fusión de desechos plásticos en gránulos o gránulos densos y fácilmente manejables (*Aglomerado plástico*, 2023), estos gránulos se pueden transformar en paneles fabricados mediante la compactación y unión de dichos residuos plásticos. Actualmente se emplean como alternativa sostenible a la madera y otros materiales en diversas aplicaciones de construcción.

El proceso es bastante simple, La materia prima se introduce en una máquina aglutinadora con cuchillas que generan fricción, elevando la temperatura entre 70 y 90°C para semiplastificar el material. Al enfriarse con agua, el material solidifica en formas irregulares, obteniendo un aglomerado que puede ser pelletizado o moldeado directamente en la siguiente fase del proceso (Wadel et al s.f), la ilustración 12 detalla el proceso de fabricación en 3 pasos: Recolección, corte y molienda.



ILUSTRACIÓN 12 -PROCESO DE FABRICACIÓN DE TABLAS DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

Fuente: (Green Plastic, s.f)

A partir de este proceso, se pueden obtener múltiples formas y tamaños de productos terminados de aglomerados de plástico, desde bloques hasta paneles dependiendo de la maquinaria que se

tenga. Estos paneles de plástico son fáciles de manejar, resistentes al agua y la humedad, y no requieren mantenimiento, ya que son imputrescibles y no se astillan. Además, ofrecen una larga vida útil y pueden procesarse igual que la madera, permitiendo operaciones como taladrado, fresado y aserrado, lo que los hace versátiles para diversas aplicaciones.(Alquienvas Plastic, s. f.) La ilustración 13 muestra algunas aplicaciones prácticas que se les puede dar a esta materia prima, dándole una nueva vida a los desechos plásticos.



ILUSTRACIÓN 13 -PRODUCTOS FABRICADOS A PARTIR DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

Fuente: (Green Plastic, s.f)

Los aglomerados de plástico reciclado representan una excelente opción para proyectos sostenibles, proporcionando una solución duradera, económica y ambientalmente responsable frente al uso excesivo de materiales convencionales.

3.8 CUADRO DE LIMITANTES

TABLA 1 – LIMITACIONES DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Limitación	Fuentes
Se presenta una falta de datos específicos sobre el rendimiento del aglomerado plástico en diferentes aplicaciones, lo que limita la capacidad de generalizar sus beneficios.	(Cubero, J. R., s. f.) (<i>Aglomerado plástico</i> , s. f.)
No se detallan las medidas estándar exactas de los castillos y soleras.	(<i>Construcción y Diseño en VIS - 6 Elementos de Confinamiento</i> , s. f.) (Aceros Arequipa, 13
No se encuentra mayor información de las propiedades de los aglomerados de plástico reciclado.	(Wadel et al s.f), (Alquienvas Plastic, s. f.)

Fuente: (Propia, 2024)

3.9 TEORÍAS DE SUSTENTO

Después de explorar la literatura sobre sistemas de encofrado y alternativas sostenibles en la construcción, se identificaron fundamentos teóricos relevantes para este proyecto. A continuación, se desarrollan los principios técnicos que sustentan el uso de plástico reciclado en encofrados, los cuales orientaron las pruebas y evaluaciones realizadas. Esta base teórica busca garantizar que el sistema propuesto cumpla con las exigencias necesarias para su aplicación efectiva en la construcción de castillos y soleras.

3.9.1 CODIGO HONDUREÑO DE LA CONSTRUCCIÓN (CHOC)

El Código Hondureño de la Construcción (CHOC) establece las normativas generales que regulan los procesos constructivos en el país, asegurando la seguridad, eficiencia y calidad en las obras. Dentro de estas regulaciones se abordan aspectos relacionados con los sistemas de encofrado, esenciales para la correcta conformación de elementos estructurales de concreto.

El CHOC establece criterios fundamentales para el diseño y uso de encofrados en la construcción, garantizando precisión, seguridad y eficiencia en el proceso. Entre los puntos clave, destaca la importancia de:

- Ajustarse a los planos y especificaciones del proyecto para obtener estructuras precisas.
- Evitar filtraciones de mortero mediante un sellado adecuado y mantener el encofrado firmemente sujeto.
- Considerar las cargas verticales, horizontales y de impacto durante el vaciado del concreto.
- Diseñar refuerzos y soportes que no dañen estructuras previas ni se deformen durante el proceso.
- Asegurar una remoción segura del encofrado, garantizando que el concreto haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar daños.

3.9.2 ACI 347 04 GUIA PARA EL DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES DE CIMBRAS PARA CONCRETO

Es una guía clave para el diseño, construcción y selección de materiales en sistemas de encofrado para concreto. Destaca los criterios para garantizar la seguridad estructural y eficiencia del encofrado, así como la importancia de la rigidez y estabilidad para soportar las cargas durante el proceso de vaciado. También aborda la facilidad de montaje y desmontaje, recomendaciones para reducir deformaciones, y cómo los materiales utilizados afectan el rendimiento del sistema. Estas directrices son esenciales para cualquier nuevo diseño de encofrado que busque ser práctico, seguro y eficiente.

3.9.3 NORMA ISO 1183. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE PLÁSTICOS NO CELULARES.

La NORMA ISO 1183 establece los procedimientos para medir la densidad de plásticos no celulares, aplicable a diversos formatos como objetos moldeados, gránulos o polvos. La

densidad se calcula mediante la relación entre la masa y el volumen de la muestra utilizando la fórmula:

ECUACIÓN 1 -FÓRMULA DE DENSIDAD

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}$$

La norma detalla tres métodos de ensayo: el método de inmersión, el picnómetro y el método de titulación, cada uno adaptado a diferentes formas de materiales plásticos. Estos métodos garantizan que las mediciones sean precisas y fiables, esenciales para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los plásticos. Además, la densidad es un indicador crucial para verificar la uniformidad del material, lo que es vital en aplicaciones industriales y de construcción.

3.9.4 NORMAS NHLA PARA LA CLASIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE MADERA ASERRADA DE FRONDOSAS

La NHLA (National Hardwood Lumber Association) establece normas específicas para la clasificación por calidades de la madera aserrada de frondosas, ampliamente adoptadas en Estados Unidos y reconocidas globalmente. Estas normas se basan en el sistema anglosajón de medida, usando como unidades la pulgada y el pie, en lugar del sistema métrico decimal, más familiar en mercados internacionales. El pie tablar es la unidad de medida estandarizada para calcular el volumen de madera aserrada. Se define como: 1 pie de largo × 1 pie de ancho × 1 pulgada de grosor (1 pie = 0.305 metros; 1 pulgada = 25.4 mm).

ECUACIÓN 2 – FÓRMULA DE PIE TABLAR

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W \times L \times D}{12}$$

- W= Ancho en pulgadas
- L= Largo en pies
- D= Grueso en pulgadas

Esta fórmula proporciona una medida precisa del volumen, fundamental para establecer los porcentajes de madera sin defectos que cada categoría de calidad requiere. La unidad base utilizada es el pie tablar, lo que facilita la estandarización del comercio y la comparación de productos en la industria.

3.9.5 ASTM D2842-06: MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA ABSORCIÓN DE AGUA EN PLÁSTICOS CELULARES RÍGIDOS.

La ASTM D2842 es una norma que describe el método para determinar la absorción de agua en plásticos celulares rígidos. El procedimiento mide el cambio en la fuerza de flotación después de sumergir el material bajo una columna de agua durante 96 horas. La fórmula general utilizada en la evaluación es:

ECUACIÓN 3 -FÓRMULA PARA CÁLCULO DE ABSORCIÓN DE AGUA DE UN MATERIAL

$$\text{Absorción de agua (\%)} = \frac{W_{\text{sumergido}} - W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}}} \times 100$$

Donde:

- W seco es el peso del material seco.
- W sumergido es el peso después de la inmersión.

Este ensayo permite evaluar la resistencia del material a la absorción y su durabilidad en condiciones húmedas, esto permite determinar el nivel de porosidad del material.

3.10 CONCEPTUALIZACIÓN

Tras exponer las diversas normativas que regirán el proyecto, el siguiente apartado se dedicará a delinear los conceptos que abarca el análisis.

- Albañilería confinada: Técnica constructiva que utiliza muros de carga de mampostería, reforzados con elementos estructurales (como vigas y columnas) para mejorar la resistencia y estabilidad del edificio (Aroquipa, 2020).
- Aglomerados: Material compuesto que se forma a partir de la unión de partículas o fibras de madera, aglutinadas con resinas o adhesivos, utilizado en la fabricación de tableros y mobiliario (RAE, 2022).
- Ángulo metálico: Elemento estructural de acero que tiene forma de "L", utilizado para proporcionar soporte y rigidez en diversas construcciones. (CREA, 2017).
- Aserradero: Instalación industrial donde se procesan troncos de madera para convertirlos en tablas y otros productos de madera. (RAE, 2022).

- Bolillos: Elementos estructurales que se utilizan en la construcción para conectar y reforzar muros de mampostería, generalmente en forma de varillas de acero. (RAE, 2022).
- Castillos: Estructuras verticales de concreto o mampostería que se colocan en las esquinas o a intervalos en los muros para aumentar la resistencia y estabilidad del edificio. (RAE, 2022).
- Encofrado: Sistema de moldes temporales utilizado para dar forma al hormigón mientras se endurece. (RAE, 2022).
- Encofrado Vertical: Tipo de encofrado utilizado para dar forma a estructuras verticales, como muros y columnas (Encofrados, 2021).
- Encofrado Horizontal: Sistema de moldes empleado para la construcción de elementos horizontales, como losas y techos. (Encofrados, 2021).
- Ensamble: Proceso de unir diferentes componentes de una estructura para formar un conjunto estructural coherente. (RAE, 2022).
- Fromaleta: Moldes de madera o metal utilizados para dar forma a los elementos de hormigón en la construcción. (RAE, 2022).
- Hormigón: Material de construcción compuesto por cemento, agua, agregados y aditivos, utilizado por su resistencia y durabilidad. (Encofrados, 2021).
- Laminas plásticas: Material flexible y resistente, utilizado en la construcción como barrera de humedad o en acabados. (panel, 2019).
- Lechada: Mezcla de cemento y agua, utilizada para rellenar juntas o como recubrimiento en superficies (Encofrados, 2021).
- Madera: Material orgánico obtenido de los troncos de árboles, utilizado ampliamente en la construcción y fabricación de muebles. (RAE, 2022).
- Madera aserrada: Madera que ha sido cortada en tablas o vigas a partir de troncos, lista para ser utilizada en construcción. (Sodimac, 2023).
- Madera cepillada: Madera que ha sido tratada y alisada mediante un cepillo, para mejorar su acabado y precisión en dimensiones (Sodimac, 2023).
- Madera en rollo: Madera que se presenta en forma de troncos enteros, sin procesar, que se utilizan para diversos fines en construcción. (Sodimac, 2023).
- Madera rustica: Madera que conserva su aspecto natural, con irregularidades y características propias del tronco, utilizada en decoración y construcción de estilo tradicional (Sodimac, 2023).

- Pie tablar: Es la unidad volumétrica más utilizada para medir la cantidad de madera. Es igual a un pie (12 pulgadas) x un pie (12 pulgadas) x una pulgada (1 pulgada) de espesor. (Gavilán, s.f).
- Plástico Reciclado: es aquél que ha sido procesado y transformado para su reutilización en lugar de ser desechado (Villalba, 2023).
- Poliestireno: Material que resulta de la polimerización del estireno, utilizado en la industria del plástico (RAE, 2022).
- Polietileno: Polímero preparado a partir de etileno, que se emplea en la fabricación de envases, tuberías, recubrimientos de cables, etc. (RAE, 2022).
- Polipropileno: es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en diversas industrias debido a sus numerosas propiedades y aplicaciones (Muñoz, 2023).
- Reciclaje: es la recolección y el procesamiento de desechos como el papel y cartón, vidrio o plástico (BBVA, 2024).
- Soleras: Una solera de hormigón es una capa gruesa de hormigón que se vierte y nivela sobre una superficie de suelo o grava compactada. Se utiliza principalmente para crear una base sólida y nivelada para pavimentos, cimientos de edificios, y otras estructuras como pistas de aeropuertos o plazas públicas (Holcim, 2022).
- Sostenibilidad: es la gestión eficiente de recursos naturales en la actividad productiva, permitiendo su preservación para las necesidades futuras (BBVA, 2024).
- Tablas: es una pieza plana de madera u otro material rígido (RAE, 2022)
- Triturado de plástico: Este es un proceso básico dentro de la cadena del reciclaje mecánico del plástico (Recytrans, 2015)

3.11 MARCO LEGAL

3.11.1 DECRETO NÚMERO 104-93 LEY GENERAL DEL AMBIENTE

Artículo 3.- Los recursos naturales no renovables deben aprovecharse de modo que se prevenga su agotamiento y la generación de efectos ambientales negativos en el entorno. Los recursos naturales renovables deben ser aprovechados de acuerdo a sus funciones ecológicas, económicas y sociales en forma sostenible

Artículo 4.- Es de interés público, el ordenamiento integral del territorio nacional considerando los aspectos ambientales y los factores económicos, demográficos y sociales. Los proyectos

públicos y privados que incidan en el ambiente, se diseñarán y ejecutarán teniendo en cuenta la interrelación de todos los recursos naturales y la interdependencia del hombre con su entorno.

Artículo 7.- El Estado adoptará cuantas medidas sean necesarias para prevenir o corregir la contaminación del ambiente. A estos efectos se entiende por contaminación toda alteración o modificación del ambiente que pueda perjudicar la salud humana, atentar contra los recursos naturales o afectar los recursos en general de la nación.

La descarga y emisión de contaminantes se ajustarán obligatoriamente a las regulaciones técnicas que al efecto se emitan, así como a las disposiciones de carácter internacional, establecidas en convenios o acuerdos bilaterales o multilaterales suscritos por Honduras

Artículo 9.- Son objetivos específicos de la presente Ley: a) Propiciar un marco adecuado que permita orientar las actividades agropecuarias, forestales e industriales hacia formas de explotación compatibles con la conservación y uso racional y sostenible de los recursos naturales y la protección del ambiente en general; b) Establecer los mecanismos necesarios para el mantenimiento del equilibrio ecológico, permitiendo la conservación de los recursos, la preservación de la diversidad genética y el aprovechamiento racional de las especies y los recursos naturales renovables y no renovables; c) Establecer los principios que orienten las actividades de la Administración Pública en materia ambiental, incluyendo los mecanismos de coordinación para una eficiente gestión; ch) Implantar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para la ejecución de proyectos públicos o privados potencialmente contaminantes o degradantes; d) Promover la participación de los ciudadanos en las actividades relacionadas con la protección conservación, restauración y manejo adecuado del ambiente y de los recursos naturales

Artículo 45.- El recurso forestal deberá ser manejado y utilizado bajo el principio de protección de la biodiversidad, rendimiento sostenible y el concepto de uso múltiple del recurso, atendiendo sus funciones económicas, ecológicas y sociales.

Artículo 46.- La Administración Forestal del Estado otorgará permisos o autorizaciones a personas naturales o jurídicas, para aprovechamiento forestal, siempre que se prepare un plan de manejo que asegure la utilización sostenible del recurso

Artículo 67.- Corresponde a las municipalidades en consulta con la Secretaría de Estado en el Despacho de Salud Pública u otros organismos técnicos, adoptar un sistema de recolección, tratamiento y disposición final de estos residuos, incluyendo las posibilidades de su reutilización o reciclaje.

3.11.2 LEY FORESTAL, ÁREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE DECRETO NO. 98-2007 EL CONGRESO NACIONAL

CONSIDERANDO: Que la diversidad de los ecosistemas, son un recurso estratégico para el desarrollo económico, social y ambiental de Honduras, ya que coadyuvan a satisfacer las necesidades de energía, turismo, vivienda, alimentos y a la protección a la vida humana y de infraestructura nacional.

CONSIDERANDO: Que el manejo de los Ecosistemas Forestales, Áreas Protegidas y Vida Silvestre son indispensables para la protección de la biodiversidad, el agua y el suelo, así como para garantizar la sostenibilidad de la inversión silvoagropecuaria nacional

CONSIDERANDO: Que el sector público debe promover y orientar las actividades forestales, para incrementar la producción sostenible de bienes y servicios del bosque; propiciar la participación de las comunidades rurales en las actividades para la gestión de áreas protegidas y vida silvestre, para el manejo de los bosques y mejorar la producción forestal teniendo en cuenta las características ecológicas de los bosques y sus productos, bienes y servicios.

CONSIDERANDO: Que la participación coordinada del sector privado y social, en el manejo sostenible de los bosques, y en la gestión de las áreas protegidas y la vida silvestre coadyuvará a mejorar la participación de la actividad forestal en el desarrollo económico, social y ambiental del país, a través de la generación de empleo, el incremento de la producción y la reducción de la vulnerabilidad ecológica, por lo que es indispensable la coordinación intersectorial, para aplicar con agilidad y eficacia las premisas estrategias de desarrollo sostenible de acuerdo con los convenios internacionales suscritos.

CONSIDERANDO: Que el Estado de Honduras, Organizaciones Ambientalistas, Organismos Internaciones, sectores y personas defensoras del ambiente y los recursos naturales desde hace más de siete (7) años vienen propugnando por la aprobación de una nueva Ley Forestal que de manera integral promueva la correcta administración y manejo de los recursos forestales, áreas protegidas y vida silvestre, incluyendo su protección, restauración, aprovechamiento, conservación y fomento.

ARTÍCULO 1.- FINALIDAD DE LA LEY.- La presente Ley establece el régimen legal a que se sujetará la administración y manejo de los Recursos Forestales, Áreas Protegidas y Vida Silvestre,

incluyendo su protección, restauración, aprovechamiento, conservación y fomento, propiciando el desarrollo sostenible, de acuerdo con el interés social, económico, ambiental y cultural del país.

ARTÍCULO 2.- PRINCIPIOS BÁSICOS.- Son principios básicos del Régimen Legal Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre:

1) La regularización, el respeto y la seguridad jurídica de la inversión de la propiedad forestal estatal y la propiedad privada forestal, garantizando la posesión de los grupos campesinos, comunidades, grupos étnicos y determinando sus derechos y sus obligaciones relacionadas con la protección y el manejo sostenible de los recursos forestales; 2) El manejo sostenible de los recursos forestales, hídricos, biodiversidad, genéticos, recreativos, paisajísticos y culturales, se gestionará a través de planes concebidos en función de su categoría y los objetivos de racionalidad, sostenibilidad, integralidad y funcionalidad; 3) El desarrollo sostenible de los recursos naturales fundamentado en la investigación científica aplicada; 4) La conservación y protección de las Áreas Protegidas y la Vida Silvestre, así como la protección de su potencial genético y los recursos hídricos; 5) El acceso y la participación de la población en el manejo sostenible de los recursos forestales públicos, de las áreas protegidas y de co-manejo, propiciando la generación de mayores beneficios económicos, sociales y ambientales bajo principios de equidad; 6) La obtención de bienes y servicios ambientales que se deriven del manejo sostenible de los recursos forestales y de las Áreas Protegidas y de la Vida Silvestre; 7) Declarar de prioridad nacional y facilitar el establecimiento de bosques a partir de métodos de regeneración natural, forestación y reforestación; y, 8) Declarar de prioridad nacional la transformación de la madera para generar valor agregado al bosque y potenciar la generación de riqueza a través de empleo y exportaciones de producto terminado.

IV. METODOLOGÍA

En el capítulo anterior se ofreció una visión general del proyecto, integrando diversas fuentes investigadas junto con imágenes y gráficos que respaldan el contexto. Además, se abordaron el marco legal y las teorías que fundamentarán el análisis en el capítulo siguiente. En este apartado se presenta el enfoque metodológico de la investigación, clave para orientar la recolección y análisis de datos. También se analizarán las variables dependientes e independientes, lo que permitirá comparar resultados y obtener una comprensión más detallada del impacto y la viabilidad del sistema de encofrado de plástico reciclado.

4.1 ENFOQUE

Para abordar la complejidad del desarrollo de un nuevo sistema de encofrado con materiales reciclados, se ha adoptado un enfoque metodológico mixto. Esta estrategia combina el rigor de la investigación cuantitativa con la riqueza de la cualitativa, permitiendo una comprensión integral del proyecto. Por un lado, se llevarán a cabo análisis cuantitativos detallados de pruebas y cálculos. Estos datos numéricos proporcionarán una base objetiva para evaluar el desempeño y aportación de los aglomerados de plástico reciclado en comparación con los tradicionales. Por otro lado, se utilizarán métodos cualitativos, como la observación directa de diversas pruebas y entrevistas a expertos, para comprender las percepciones y experiencias de los constructores en relación con el nuevo sistema, así como para identificar posibles desafíos y oportunidades de mejora.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Con el enfoque metodológico mixto previamente establecido, se hace fundamental identificar y definir las variables que guiarán el desarrollo de esta investigación. Las variables son elementos clave que permitirán medir y analizar los distintos aspectos del nuevo sistema de encofrado con materiales reciclados. A continuación, se presenta la tabla de variables de operacionalización que detalla el problema, el objetivo general y los específicos, así como las preguntas de investigación. En esta tabla, se identificarán las variables independientes y dependientes, proporcionando así un marco claro para el análisis y la interpretación de los datos.

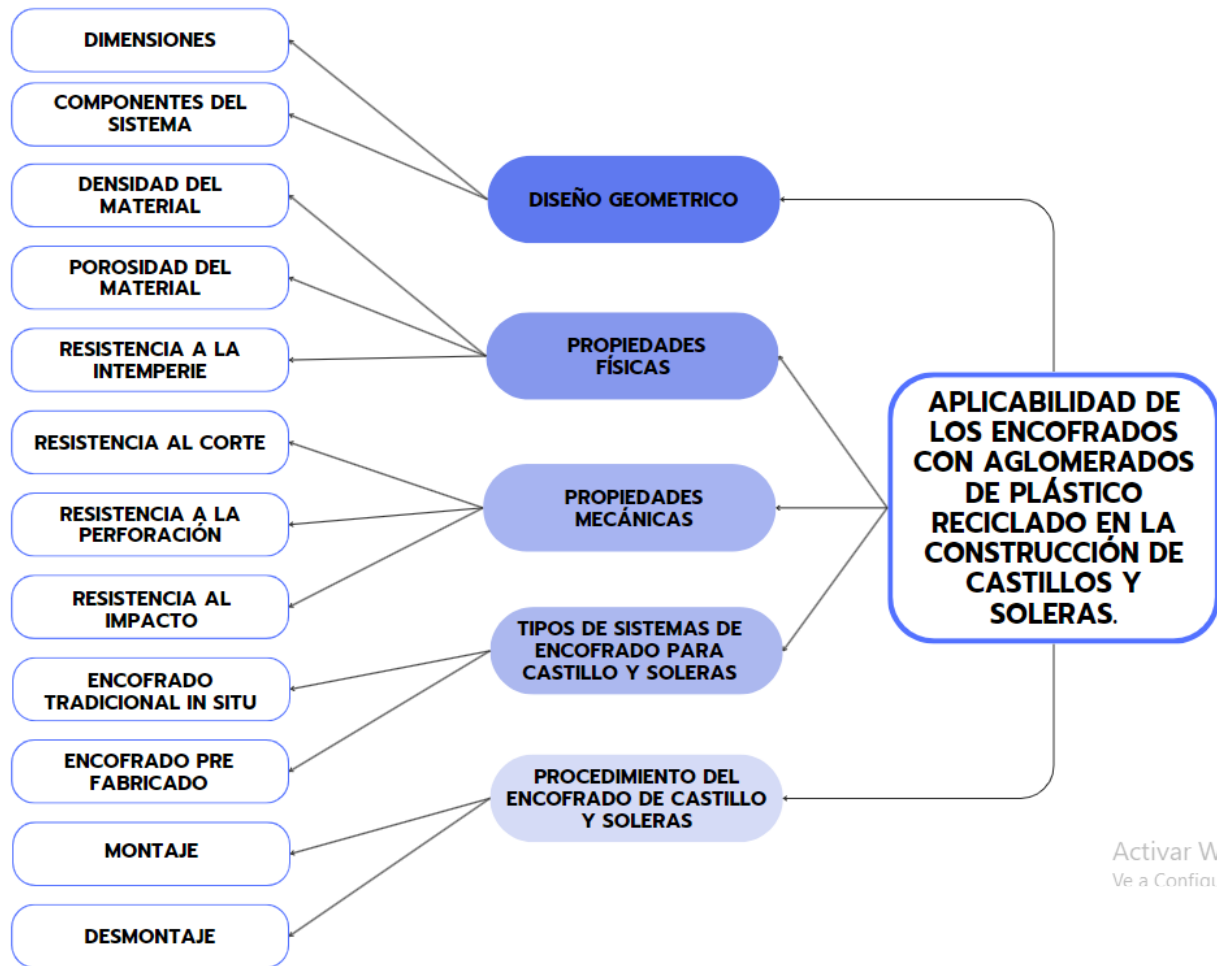
TABLA 2 – TABLA DE VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN

TÍTULO: PROPUESTA DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE ENCOFRADO DE PLÁSTICO REICLADO PARA CASTILLOS Y SOLERAS EN SAN PEDRO SULA, 2024					
Formulación del Problema	Objetivo General	Preguntas de investigación	Objetivos específicos	Variable Independiente	Variable Dependiente
¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de un sistema de encofrado compuesto de aglomerado de plástico reciclado, considerando su implementación como alternativa para reducir el uso de madera en la construcción de castillos y soleras?	Desarrollar un sistema de encofrado alternativo y funcional de plástico reciclado que reduzca el uso de madera y optimice los tiempos de montaje y desmontaje en la construcción de castillos y soleras en la ciudad de San Pedro Sula, 2024.	¿Cuál es el diseño óptimo para un sistema de encofrado de plástico reciclado que maximice su resistencia y eficiencia en el ensamble para la construcción de castillos y soleras?	Generar un diseño geométrico del sistema de encofrado alternativo, considerando el aumento de su resistencia, el modo de ensamble y las propiedades físicas y mecánicas del sistema para la construcción de castillos y soleras.	Diseño Geométrico	Aplicabilidad de los encofrados con aglomerados de plástico reciclado en la construcción de castillos y soleras.
				Propiedades Físicas	
				Propiedades Mecánicas	
		¿Cómo se compara la cantidad de madera utilizada en la construcción de estructuras secundarias al emplear un sistema de encofrado de plástico reciclado frente al sistema tradicional de encofrado de madera?	Cuantificar la reducción porcentual en el consumo de madera al implementar el sistema de encofrado de plástico reciclado, comparándolo con el sistema tradicional de encofrado de madera en la construcción de castillos y soleras.	Tipos de sistemas de encofrado para castillos y soleras.	
		¿Cuál es la diferencia en el tiempo de montaje y desmontaje del encofrado utilizando el sistema de plástico reciclado y el sistema tradicional de madera en estructuras secundarias?	Determinar el tiempo requerido para el proceso de encofrado de castillos y soleras al utilizar el sistema tradicional de madera en comparación con el sistema de encofrado de plástico reciclado.	Procedimiento del encofrado de castillos y soleras.	

Fuente: (Propia, 2024)

4.2.1 DIAGRAMA DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

A continuación, se presenta un diagrama que ilustra la operacionalización de las variables involucradas en el proyecto. En este se destaca la variable dependiente principal de la investigación, que se desglosa en varias variables independientes, las cuales se subdividen en distintos componentes clave.



Activar Win
Ve a Configuración

ILUSTRACIÓN 14 -DIAGRAMA DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

Fuente: (Propia, 2024)

4.2.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

En el siguiente apartado se presenta una tabla de operacionalización en la que se detallan las variables independientes, los indicadores, las dimensiones y los métodos de medición empleados, con el fin de estructurar de manera clara y objetiva los criterios de evaluación del desempeño del material y su proceso de instalación.

TABLA 3 -TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

Variable Independiente	Definición		Dimensiones	Indicador	Ítem	Escala
	Conceptual	Operacional				
Diseño Geométrico	La forma y dimensiones que se le dará a una estructura o elemento determinado por planos y cálculos.	Se refiere a las características físicas (forma, tamaño, y distribución) de las tablas diseñadas para el encofrado, especificando su configuración para cumplir con los requerimientos estructurales.	Dimensiones físicas	Longitud, ancho y grosor de las tablas de encofrado	Medidas en centímetros	Centímetros (cm)
Propiedades Físicas	Las propiedades físicas son características intrínsecas de la materia que pueden ser observadas y medidas sin alterar la composición química de una sustancia.	Se refiere a la evaluación de propiedades físicas de las tablas de aglomerado de plástico reciclado, tales como la densidad y porosidad para determinar su capacidad estructural, mediante mediciones cuantitativas (Porosidad y densidad) y mediciones cualitativas (exposición a la intemperie)	Densidad	Peso volumétrico del material	Densidad (g/cm ³)	Gramos por centímetro cúbico (g/cm ³)
			Porosidad	Cantidad de espacios vacíos dentro del material que pueden afectar su resistencia	Porcentaje de porosidad	Porcentaje (%)
			Exposición a la intemperie	Resistencia del material al deterioro bajo condiciones ambientales adversas (sol y lluvia)	Cambios en apariencia, dureza y funcionalidad tras exposición prolongada	Categorización (Buena, Aceptable, Mala)

Propiedades Mecánicas	Las propiedades mecánicas son aquellas características de un material que describen su comportamiento cuando se somete a fuerzas externas.	Se refiere a la evaluación de las propiedades de resistencia al corte, perforación e impacto, con el fin de determinar su durabilidad y trabajabilidad de manera cualitativa, a través de la observación directa.	Resistencia al corte	Comportamiento del material al ser sometido a fuerzas cortantes	Observación de grietas, deformaciones	Categorización (Alta, Media, Baja)
			Resistencia a la perforación	Capacidad del material para soportar perforaciones	Observación de daños tras la perforación	Categorización (Alta, Media, Baja)
			Resistencia al impacto	Comportamiento del material al ser sometido a golpes o impactos	Observación de fracturas, abolladuras o deformaciones	Categorización (Alta, Media, Baja)
Tipos de sistemas de encofrado para castillos y soleras.	Son conjuntos de elementos diseñados para dar forma al hormigón fresco y contenerlo hasta que adquiera la resistencia suficiente.	Se enfoca en comparar el sistema de encofrado tradicional con el de plástico reciclado para evaluar la cantidad de madera requerida para su funcionamiento.	Reducción en el uso de madera	Reducción porcentual de madera utilizada	Consumo de madera en el sistema de encofrado plástico vs. tradicional	Porcentaje (%)
Procedimiento del encofrado de castillos y soleras	Secuencia de pasos necesarios para instalar el encofrado correctamente.	Descripción de los procedimientos para el uso de los sistemas de encofrado, incluyendo tiempos de instalación y desmontaje, y el impacto en la calidad del concreto.	Tiempo de Montaje	Duración del proceso de montaje del sistema de encofrado	Tiempo total del proceso de montaje	Minutos (min)
			Tiempo de desmontaje	Duración del proceso de desmontaje del sistema de encofrado	Tiempo total del proceso de desmontaje	Minutos (min)
			Calidad del acabado	Evaluación del acabado del concreto después de retirar el encofrado	Nivel de calidad del acabado final	Categorización (Buena, Aceptable, Mala)

Fuente: (Propia, 2024)

4.2.3 HIPÓTESIS

Una vez definidas las variables de operacionalización que sustentan el proyecto, resulta fundamental establecer las hipótesis de investigación y la hipótesis nula. Estas hipótesis servirán como base para validar el enfoque propuesto, alineándose con los resultados obtenidos en el análisis de las propiedades de los materiales y la comparación entre los sistemas de encofrado.

4.2.3.1 Hipótesis de Investigación (H1)

La implementación del sistema de encofrado de plástico reciclado para castillos y soleras permitirá una reducción del 50% en el consumo de madera en comparación con el sistema de encofrado tradicional.

4.2.3.2 Hipótesis Nula (H0)


La implementación del sistema de encofrado de plástico reciclado para castillos y soleras no reducirá el consumo de madera en comparación con el sistema de encofrado tradicional, manteniéndose en el mismo nivel o con una reducción menor al 50%.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Una vez definidas las variables de investigación y la hipótesis, es fundamental detallar las técnicas e instrumentos que se utilizarán para la recolección y análisis de datos. A continuación, se explorarán los instrumentos y las técnicas aplicadas en este estudio, las cuales permitirán evaluar la efectividad y viabilidad del nuevo enfoque propuesto en el contexto de la construcción de castillos y soleras. Estas herramientas y métodos serán cruciales para obtener información precisa y objetiva sobre el desempeño del sistema de encofrado de plástico reciclado.

4.3.1 INSTRUMENTOS

TABLA 4 - TABLA DE INSTRUMENTOS



Equipos	Definición	Uso	Limitantes
 Almádana	Herramienta compuesta por una cabeza pesada y un mango largo que permite aplicar fuerza. La cabeza suele ser de metal, y su diseño está pensado para soportar golpes fuertes.	Utilizada para realizar pruebas de impacto en muestra de aglomerado de plástico reciclado.	No hubo limitantes

<p>Balanza digital (con precisión de 0.01 g)</p> 	<p>Una balanza digital con precisión de al menos 0.01 gramos es un instrumento de medición que utiliza tecnología electrónica para pesar materiales con una precisión de hasta una centésima de gramo.</p>	<p>Se utilizó para medir con exactitud pequeñas muestras de los aglomerados de plásticos reciclado.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Broca 3/16"</p> 	<p>Herramienta de corte de acero utilizada en taladros para perforar agujeros de 3/16 de pulgada de diámetro en materiales como madera, metal o concreto.</p>	<p>Utilizada para perforar ángulo y tabla de aglomerados de plástico reciclado para fijación del sistema.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Broca 3/8"</p> 	<p>Herramienta de corte de acero utilizada en taladros para perforar agujeros de 3/8 de pulgada de diámetro en materiales como madera, metal o concreto.</p>	<p>Utilizada para avellanar puntos de fijación del sistema de encofrado plástico.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Brocha de 2"</p> 	<p>Herramienta manual de cerdas utilizada para aplicar pintura, barniz o adhesivos en superficies de tamaño mediano, favoreciendo una cobertura uniforme.</p>	<p>Utilizada para aplicar pintura anticorrosiva a la estructura del sistema de encofrado plástico.</p>	<p>Después de un par de usos es necesario su reemplazo.</p>
<p>Caladora</p> 	<p>La caladora es una herramienta eléctrica portátil que utiliza una hoja de sierra de vaivén para cortar materiales como madera, metal, plástico y otros</p>	<p>Utilizada para cortar tablas de aglomerados de plástico reciclado.</p>	<p>Se requiere precisión y manejo a una velocidad adecuada y constante.</p>
<p>Cronómetro</p> 	<p>Instrumento de medición de tiempo, utilizado para controlar la duración pruebas con una precisión fraccionada en minutos.</p>	<p>Utilizado para medir tiempos de montaje y desmontaje de los diferentes sistemas de encofrado.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Cubeta</p> 	<p>Recipiente plástico con una capacidad variable para contener, transportar y mezclar líquidos y materiales en la construcción.</p>	<p>Utilizado en prueba de porosidad.</p>	<p>No hubo limitantes</p>

<p>Dado 3/16"</p> 	<p>Pieza de acero utilizada en llaves de dado para apretar o aflojar tornillos o pernos de tamaño 3/16", proporcionando un torque controlado.</p>	<p>Utilizado para poder ajustar las tuercas del sistema de fijación del encofrado plástico.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Escuadras Imantadas</p> 	<p>Herramientas en forma de escuadra con imanes que sirven para sujetar piezas metálicas en ángulos precisos (comúnmente 90° o 45°) durante trabajos de soldadura.</p>	<p>Utilizadas para rigidizar la estructura metálica del encofrado previo a su requerimiento.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Espátula metálica</p> 	<p>Herramienta de mano con una hoja plana y delgada usada para extender o raspar materiales como masilla o pintura.</p>	<p>Se utilizó para sellar agujeros en las tablas con polietileno reciclado.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Hoja de sierra caladora</p> 	<p>La hoja de sierra para caladora es un accesorio intercambiable de la caladora que está diseñada para cortar diferentes tipos de materiales. Consiste en una delgada pieza de metal con dientes afilados dispuestos a lo largo de uno de sus bordes</p>	<p>Utilizada como accesorio de caladora para realizar el corte de las tablas de aglomerados de plástico reciclado.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Lijadora Orbital</p> 	<p>Herramienta eléctrica que suaviza o da acabado a superficies mediante un movimiento circular de una lija adherida a su base.</p>	<p>Utilizada para afinar el acabado lateral del sistema de encofrado.</p>	<p>Se necesita que la lija sea adaptable a la lijadora.</p>
<p>Marcador</p> 	<p>Herramienta que permite señalar y delinear ubicaciones, medidas o límites en múltiples superficies.</p>	<p>Marcado de componentes del sistema de encofrado.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Martillo</p> 	<p>Herramienta de mano compuesta por un mango y una cabeza pesada. Con una cara plana para golpear y una garra para remover clavos o realizar otras tareas.</p>	<p>Utilizado para realizar pruebas de impacto en tablas de aglomerados de plástico reciclado.</p>	<p>No hubo limitantes</p>

<p>Metro</p> 	<p>Un metro (también conocido como cinta métrica o regla de medición) es una herramienta utilizada para medir longitudes, distancias y dimensiones con precisión</p>	<p>Utilizado para tomar mediciones exactas.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Pie de Rey</p> 	<p>Instrumento de precisión para medir el peso de objetos o materiales en gramos o kilogramos.</p>	<p>Utilizado para medir espesores de tablas, tornillería, diámetros internos de perforaciones y muestras pequeñas con mayor precisión.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Prensa Sargento</p> 	<p>Herramienta de sujeción con un sistema de apriete para fijar piezas durante trabajos de ensamblado o pegado.</p>	<p>Utilizada para mantener la estructura metálica alineada a la tabla de plástico reciclado en el proceso de fijación.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Pulidora</p> 	<p>Máquina eléctrica usada para cortar, alisar o dar brillo a superficies mediante diferentes tipos de discos.</p>	<p>Utilizada para corte de varilla de 1/4" utilizada como separadores.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Segueta</p> 	<p>Herramienta de corte manual que consta de una hoja de sierra fina y flexible estirada entre dos mangos o un marco en forma de "U".</p>	<p>Utilizada para prueba de corte en tablas de aglomerados de plástico reciclado.</p>	<p>Esta herramienta de corte es menos estable que otras.</p>
<p>Soldadora</p> 	<p>Máquina que genera calor mediante electricidad o gas para fusionar piezas metálicas usando un material de relleno.</p>	<p>Utilizada para soldar la estructura de ángulo metálico.</p>	<p>No hubo limitantes</p>

<p>Soplete con tanque de gas</p> 	<p>Herramienta de soldadura que genera una llama a partir de la combustión de gas, utilizada para cortar, soldar metales o simplemente calentar.</p>	<p>Utilizado para derretir polietileno reciclado que se aplicaría a las cavidades de las tablas.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Taladro</p> 	<p>Herramienta eléctrica utilizada para perforar agujeros en diversos materiales, como madera, metal, y concreto, utilizando brocas.</p>	<p>Utilizado para perforar estructura metálica, tablas de aglomerado de plástico reciclado, y para ajustar tuercas de fijación.</p>	<p>Al ser inalámbrico se debe de verificar la carga de las baterías.</p>
<p>Tronzadora</p> 	<p>Herramienta eléctrica utilizada para cortar materiales duros como metal y plástico mediante un disco abrasivo de gran velocidad.</p>	<p>Utilizada para cortar el ángulo metálico que compone la estructura del sistema de encofrado de plástico.</p>	<p>Se necesita un espacio amplio y una superficie estable para poder utilizarlo de forma segura.</p>
<p>Word</p> 	<p>Es un procesador de texto que forma parte de la suite de Microsoft Office. Su función principal es permitir a los usuarios crear, editar, formatear y compartir documentos de texto.</p>	<p>Utilizado para el desarrollo del informe de investigación.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p>Ps Project</p> 	<p>Aplicación de gestión de proyectos que permite planificar, programar y administrar proyectos de manera eficiente. Es una herramienta diseñada para ayudar a los gerentes de proyectos a organizar tareas, asignar recursos y realizar un seguimiento del progreso.</p>	<p>Utilizado para la organización y planificación de tareas, ensayos, visitas requeridas para la investigación.</p>	<p>No hubo limitantes</p>

<p style="text-align: center;">Autocad</p> 	<p>Software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Autodesk. Se utiliza principalmente para crear planos y dibujos en 2D y 3D en diversas disciplinas, como arquitectura, ingeniería, diseño industrial y planificación urbana.</p>	<p>Utilizado para la elaboración de los planos del sistema de encofrado de aglomerados de plástico reciclado.</p>	<p>No hubo limitantes</p>
<p style="text-align: center;">Zotero</p> 	<p>Software de gestión bibliográfica y de investigación que permite a los usuarios recopilar, organizar, citar y compartir referencias y fuentes de información de manera eficiente.</p>	<p>Utilizado como apoyo para la transcripción de citas y bibliografías.</p>	<p>No hubo limitantes</p>

Fuente: (Propia, 2024)

4.3.2 TÉCNICAS

4.3.2.1 Pruebas empíricas

Esta técnica se empleó para realizar evaluaciones directas del sistema de encofrado de plástico reciclado con refuerzo metálico bajo condiciones prácticas. En este proyecto, se llevaron a cabo pruebas de resistencia al impacto, corte y perforación, así como pruebas de exposición al agua y al sol. Estas pruebas permitieron observar el comportamiento del material en situaciones similares a las que enfrentaría en el campo, proporcionando información valiosa sobre su durabilidad y viabilidad.

4.3.2.2 Observación directa

Durante las pruebas de campo, se realizó una observación directa del comportamiento del encofrado en condiciones reales de uso. Se evaluaron factores como la facilidad de montaje y desmontaje, la durabilidad, y la resistencia estructural, comparando estos aspectos con los sistemas tradicionales de encofrado.

4.3.2.3 Análisis comparativo

Se realizó un análisis comparativo entre los encofrados de plástico reciclado y los sistemas tradicionales de madera o metal, centrándose en dos aspectos clave: la cantidad de madera utilizada y los tiempos de montaje y desmontaje.

4.3.2.4 Asesorías

Durante el desarrollo y ejecución del proyecto, se realizaron varias reuniones de asesoría con expertos en construcción y materiales. Estas asesorías fueron clave para recibir orientación técnica sobre la fabricación, diseño y prueba del sistema de encofrado. Las recomendaciones obtenidas facilitaron la correcta ejecución de las pruebas y permitieron optimizar el análisis de los resultados.

4.3.2.5 Entrevistas

Las entrevistas se llevaron a cabo con albañiles, ingenieros y arquitectos para obtener información basada en la experiencia práctica en el uso de encofrados. Estas entrevistas permitieron recopilar opiniones y sugerencias sobre el desempeño y la percepción del sistema de encofrado de plástico reciclado, enriqueciendo los datos obtenidos a través de las pruebas empíricas.

4.4 MATERIALES

Agua:

Es un líquido transparente utilizado en la prueba de porosidad del sistema de encofrado de plástico reciclado. Se empleó para evaluar la capacidad del material para absorber agua y, por ende, su resistencia a la humedad. Esta prueba es fundamental para determinar la durabilidad del encofrado en condiciones ambientales adversas y su comportamiento a lo largo del tiempo.

Ángulo metálico de 1"x1"x1/8":

Es un perfil de acero estructural utilizado para reforzar las tablas de aglomerado de plástico reciclado. Los ángulos metálicos proporcionan soporte adicional y mantienen la forma del encofrado, asegurando su resistencia y estabilidad durante el colado del concreto.

Clavos:

Son elementos de fijación utilizados en la prueba de perforación para evaluar la resistencia de las

tablas de aglomerado de plástico reciclado. Se introdujeron clavos en el material para analizar su capacidad de soportar la penetración sin romperse ni deformarse. Esta prueba proporciona información sobre la integridad estructural del encofrado y su comportamiento en situaciones donde se requiere perforación para anclajes o fijaciones, lo que es crucial para su aplicación práctica en la construcción.

Electrodos:

Son componentes utilizados en el proceso de soldadura para unir los ángulos metálicos que conforman la estructura del sistema de encofrado. Durante el ensamblaje, los electrodos permiten crear una unión sólida y duradera entre las piezas metálicas, asegurando la estabilidad y resistencia de la estructura. Esta técnica es fundamental para garantizar la integridad del encofrado y su capacidad para soportar las cargas durante la construcción.

Elementos de fijación:

Como elementos de fijación se utilizaron pernos de 3/16 x 1 1/2 pulg y tuercas de 3/16 pulg para ensamblar las tablas de aglomerados de plástico reciclado a la estructura de ángulos metálicos. Estos pernos, junto con las tuercas, proporcionan una unión sólida asegurando estabilidad durante su uso.

Lija 80:

Es una lija de grano medio utilizada para el acabado de las superficies de las tablas de aglomerado de plástico reciclado. Su aplicación permite una superficie más uniforme y libre de imperfecciones.

Pintura anticorrosiva negra:

Es un recubrimiento a base de resinas y pigmentos protectores, utilizado para proteger las superficies metálicas de la estructura metálica compuesta por los ángulos de 1"x1"x1/8" contra la corrosión. Su aplicación garantiza que los componentes metálicos no se degraden con el tiempo ni con la exposición a la humedad.

Polietileno reciclado: Es un material plástico utilizado para derretir y sellar agujeros en las tablas de aglomerado de plástico reciclado. Este material permite mantener la impermeabilidad del encofrado, evitando la filtración de concreto a través de perforaciones accidentales o intencionadas en las tablas.

Tablas de aglomerado de plástico reciclado:

Las tablas de aglomerados de plástico reciclado se obtienen por medio de un proceso que incluye la recolección de desechos plásticos, su trituración y horneado. Están compuestas por plásticos de alta densidad (HDPE), baja densidad (LDPE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS), con dimensiones de 1.55 metros de ancho por 2.55 metros de largo y un espesor de 1.5 centímetros.

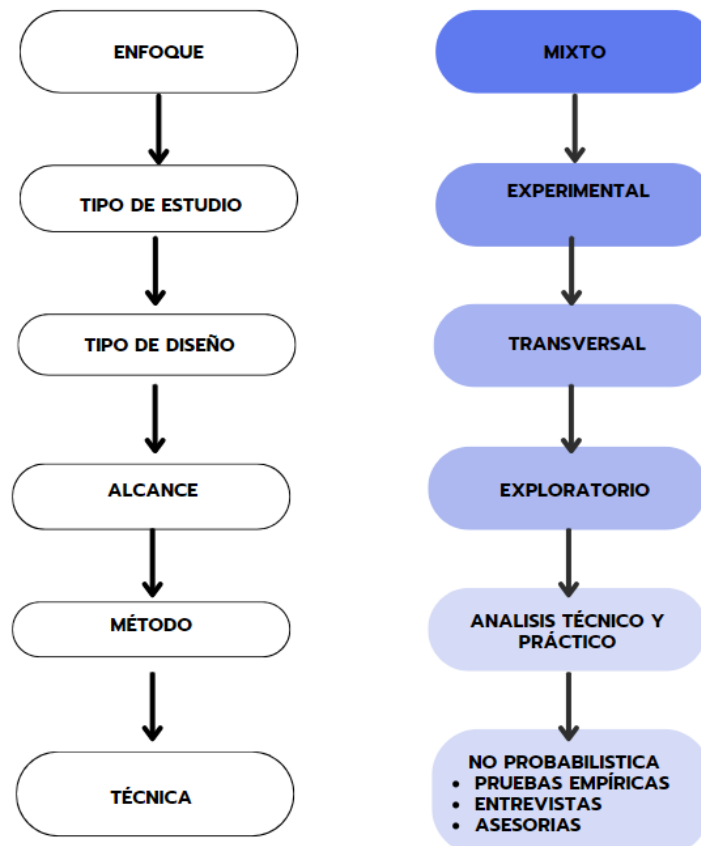
4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

A continuación, se plantea la metodología de estudio a emplear en el proyecto, definiendo el tipo de diseño para evaluar la viabilidad del encofrado alternativo de plástico reciclado en la construcción de soleras y castillos.

4.5.1 TIPO DE DISEÑO

Como siguiente punto, se presenta una ilustración que delimita el enfoque, tipo de estudio, diseño, método y técnica a utilizar en la metodología del estudio.

ILUSTRACIÓN 15 – DIAGRAMA DE METODOLOGÍA DE ESTUDIO



Fuente: (Propia, 2024)

Se determinó que la metodología de estudio a emplear contiene un enfoque mixto, estudio experimental, diseño transversal, alcance exploratorio, método de análisis técnico y práctico, y técnica no probabilística. Se seleccionaron cada uno de ellos por las siguientes razones:

El enfoque mixto se consideró adecuado ya que combina la recolección y análisis de datos cuantitativos, como las pruebas de resistencia del encofrado de plástico reciclado, con datos cualitativos obtenidos a través de la observación y entrevistas a expertos. Esto permitirá una visión integral que aborde tanto los aspectos técnicos como las percepciones del uso de este material en la construcción.

El estudio experimental es pertinente porque permite manipular las variables independientes, en este caso, las proporciones de plástico reciclado en el encofrado, y observar sus efectos sobre las propiedades estructurales del mismo, como la resistencia y durabilidad. Para evaluar la viabilidad y funcionalidad del encofrado en condiciones reales de uso, se llevó a cabo una fundición real, lo que permitió probar su desempeño y comportamiento durante el proceso de construcción.

El diseño transversal es útil porque facilita la comparación de los resultados en diferentes momentos del estudio, permitiendo obtener datos en tiempos específicos de las pruebas, como el comportamiento del encofrado durante la fase de fraguado del concreto y su desempeño en el proceso de desmontaje.

El alcance exploratorio es ideal debido a que el uso de plástico reciclado en encofrados es un área de estudio nueva en Honduras, con escasa información documentada. Este enfoque permitirá identificar posibles ventajas y desafíos en la aplicación de este material en la construcción de soleras y castillos.

El método de análisis técnico y práctico es aplicable al proyecto, ya que se realizarán pruebas empíricas para medir las propiedades mecánicas del encofrado de plástico reciclado, junto con un análisis teórico que permita interpretar los resultados de manera práctica. Además, se consultará a especialistas en el sector de la construcción para complementar los hallazgos.

La técnica no probabilística resulta adecuada, ya que el estudio no busca generalizar los resultados, sino centrarse en la evaluación específica de muestras de encofrado con diferentes proporciones de plástico reciclado. Las pruebas empíricas, entrevistas y asesorías permitirán obtener datos precisos sobre el comportamiento de este tipo de encofrado en condiciones específicas.

4.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En este apartado se presenta un cronograma detallado que desglosa las actividades ejecutadas durante el desarrollo del proyecto titulado "Aplicación de sistema de encofrado de plásticos reciclados". Este cronograma incluye un listado de las tareas realizadas cada semana, organizadas en orden cronológico. Para la elaboración de este cronograma, se utilizó el software MS Project, lo que permite visualizar claramente el progreso del proyecto y garantizar que se cumplan los plazos establecidos. Cada actividad se ha diseñado para contribuir al éxito del proyecto, asegurando la correcta implementación de un sistema funcional y sostenible.

Semana #1 (22/07/24 - 28/07/24)

Durante esta semana se llevó a cabo la reunión con el Ingeniero Alejandro Funez, gerente general de SOLTEC. El objetivo de esta reunión fue establecer una comunicación clara sobre las expectativas del proyecto y asegurar que todos los miembros del equipo estuvieran alineados. Además, se inició la aplicación del sistema de encofrado de plásticos reciclados, un proceso que durará 55 días. Esta fase inicial es fundamental, ya que establece las bases para el uso de materiales reciclados en la construcción, alineándose con los objetivos de sostenibilidad del proyecto.

Semana #2 (29/07/24 - 04/08/24)

En la segunda semana se completó la obtención de las tablas de aglomerado de plástico reciclado y se definieron las medidas para las tablas de solera de 20 cm. La correcta adquisición y especificación de los materiales son críticas para garantizar que el sistema de encofrado funcione adecuadamente. También se trabajó en la generación del primer diseño geométrico, un proceso que duró hasta el 02/08/24 y que fue esencial para la planificación visual del proyecto.

Semana #3 (05/08/24 - 11/08/24)

Esta semana se centró en la visita a una obra en construcción para recolectar datos fotográficos, lo cual es vital para documentar el progreso y aplicar buenas prácticas

observadas. Posteriormente, se procedió a la colocación de tablas para pruebas de exposición vertical y horizontal a la intemperie, tarea que se desarrolló hasta el 09/08/24. Estas pruebas permitirán evaluar el comportamiento de los materiales frente a diferentes condiciones climáticas, asegurando su viabilidad.

Semana #4 (12/08/24 - 18/08/24)

Se dedicó esta semana a la definición del sistema de encofrado con ángulos, que es un componente clave para la estabilidad estructural. Este proceso se llevó a cabo hasta el 26/08/24, donde se determinaron los detalles técnicos que guiarán la instalación del sistema.

Semana #5 (19/08/24 - 25/08/24)

La semana comenzó con la elaboración de los primeros planos del sistema de encofrado, un proceso que finalizó el 29/08/24. Estos planos son fundamentales para la ejecución correcta de la obra. Además, se llevaron a cabo las cotizaciones de materiales en diferentes ferreterías, incluyendo la primera y segunda cotización de fierros y la cotización en Tornifesar y Zumar, asegurando un abastecimiento adecuado para las etapas posteriores.

Semana #6 (26/08/24 - 01/09/24)

En esta semana se realizó la compra de materiales en Tornifesa y se completó la compra de los materiales restantes en ferretería, asegurando que se contara con todos los insumos necesarios para el avance del proyecto. La adquisición efectiva de estos materiales es esencial para mantener el cronograma.

Semana #7 (02/09/24 - 08/09/24)

Se llevó a cabo la aplicación de la encuesta, que tiene como objetivo evaluar el nivel de satisfacción y las expectativas del equipo con respecto al proyecto. Esta información es vital para realizar ajustes y mejorar el proceso. Además, se realizaron tareas de medición de cavidades en los laterales de las tablas, corte de ángulos según las especificaciones de los planos y soldadura de la estructura, asegurando que todos los componentes se alineen correctamente.

Semana #8 (09/09/24 - 15/09/24)

Durante esta semana, se continuó con la pintura con anticorrosivo negro, una medida importante para proteger los materiales de la corrosión. También se realizaron primeros intentos de ensamblaje, donde se probaron diferentes configuraciones para asegurar un ajuste adecuado. Finalmente, se llevaron a cabo visitas técnicas a un proyecto residencial en Santa Rita y a una agencia global para adquirir herramientas e insumos faltantes.

Semana #9 (16/09/24 - 22/09/24)

En esta semana se trabajó en la finalización del primer y segundo prototipo, un hito importante que marca la transición hacia la fase de pruebas y ajustes finales. Se realizaron también las perforaciones según el diseño para la solera, lo cual es esencial para la correcta instalación del sistema de encofrado.

Semana #10 (23/09/24 - 29/09/24)

La semana estuvo centrada en la implementación del sistema de trabe y varillas de U y en el reconocimiento del proyecto y revisión del encofrado, asegurando que todos los elementos se instalen correctamente. El vertido del hormigón y el desencofrado se llevaron a cabo, marcando avances significativos en la construcción.

Semana #11 (30/09/24 - 06/10/24)

La última semana del cronograma estuvo dedicada a la segunda tanda de encofrado usando ambos sistemas, donde se aplicaron las lecciones aprendidas en las fases anteriores. Esta actividad finalizó el 04/10/24, completando así el proceso de encofrado y permitiendo evaluar la eficacia del sistema implementado.

Mes	Semana	Personalizado				
julio 2024						
domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
21	22	23	24	25	26	27
	Reunión con el Ingeniero	Obtención de las tablas	Definición de las medidas	Generación del primer diseño geométrico basado en la estructura a encofrar;		
28	29	30	31	1 ago	2	3
Generación del primer diseño geométrico basado en la estructura a encofrar; 7 días						
4	5	6	7	8	9	10
	visita a una obra en curso	Colocación de tablas para pruebas de exposición vertical y horizontal a la intemperie; 5 días				
11	12	13	14	15	16	17
				Definición del sistema de encofrado con ángulos; 8 días		
18	19	20	21	22	23	24
Definición del sistema de encofrado con ángulos; 8 días						
25	26	27	28	29	30	31
Definición del sistema de encofrado con ángulos; 8 días		Elaboración de los primeros planos del sistema de encofrado; 3 días			Segunda cotización de Cotización en Tomfesa	
1 sep	2	3	4	5	6	7
				Primera cotización de m		

ILUSTRACIÓN 16 – CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO DE SEMANA #1 A SEMANA #6

Mes	Semana	Personalizado				
septiembre 2024						
domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
8	9	10	11	12	13	14
	Compra de materiales	Compra de los materiales				
15	16	17	18	19	20	21
Aplicación de la encues	Medición de cavidades	Soldadura de la estructura	visita técnica a proyecto	Visita a agencia global	Finalización del primer	Compra de materiales
	Corte de ángulos según	Pintura con anticorrosiv				
22	23	24	25	26	27	28
	Perforación según el di	Vertido del hormigón; 1	Desencofrado; 1 día			
	Implementación del sist					
29	30	1 oct	2	3	4	5
				segunda tanda de encofradon usando ambos sistemas; 3 días		
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19

ILUSTRACIÓN 17 -CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO DE SEMANA #7 A SEMANA #11

V. ANALISIS Y RESULTADOS:

Tras haber detallado la metodología de estudio de este proyecto de investigación, que incluye la definición de las variables de operacionalización, las técnicas, los instrumentos, los materiales y las hipótesis abordadas, se presentan a continuación los análisis y resultados relacionados con el desarrollo del sistema de encofrado alternativo utilizando plástico reciclado. En esta sección, se explorarán los hallazgos obtenidos en relación con el diseño geométrico del sistema, la cuantificación de la reducción en el consumo de madera y la comparación del tiempo requerido para el proceso de encofrado. Los resultados se analizan en función de los objetivos establecidos, proporcionando una visión clara del impacto de este enfoque en la construcción de castillos y soleras.

5.1 DISEÑO GEOMETRICO

5.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Dentro de esta sección se evaluaron las propiedades físicas del material utilizado para el sistema de encofrado de plástico reciclado, considerando su comportamiento ante factores externos. Las pruebas realizadas fueron de densidad, porosidad y exposición a la intemperie.

Prueba de Densidad

Se determinó la densidad del material midiendo su masa y calculando su volumen. La prueba permitió identificar la relación entre la masa del encofrado y su capacidad de manejo en campo, garantizando que el material fuera lo suficientemente liviano para facilitar su manipulación, pero sin comprometer su resistencia estructural.

TABLA 5 -DATOS DE MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA DE DENSIDAD

MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA DE DENSIDAD	
Material	Aglomerados de plástico reciclado
Ancho	15 cm
Largo	15 cm
Espesor	1.5 cm
Masa	320.5 g
Volumen	337.5 cm ³

Fuente: (Propia, 2024)

Aplicando la formula:

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}$$

$$Densidad = \frac{320.5g}{337.5 \text{ cm}^3}$$

$$Densidad = 0.95 \text{ g/cm}^3$$

Obtenemos que la densidad aproximada de las tablas de aglomerado de plástico reciclado es de: 0.95 g/cm³

Prueba de Porosidad

Para evaluar la porosidad, se sumergió una muestra del material en agua durante un período específico y se registró la variación en su peso. Esta prueba permitió verificar si el material presentaba absorción significativa de agua, lo cual podría influir en su durabilidad y comportamiento a largo plazo.

TABLA 6 -DATOS DE PRUEBA SOMETIDA A PRUEBA DE POROSIDAD

MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA DE POROSIDAD	
Material	Aglomerados de plástico reciclado
Ancho	15 cm
Largo	15 cm
Espesor	1.5 cm
Tiempo de inmersión	96 hrs
Peso Seco	320.5 g
Peso Sumergido	320.7 g

Fuente: (Propia, 2024)

Aplicando la formula:

$$Absorción \text{ de agua (\%)} = \frac{W_{Sumergido} - W_{Seco}}{W_{Seco}} \times 100$$

$$Absorción \text{ de agua (\%)} = \frac{320.7 \text{ g} - 320.5 \text{ g}}{320.5 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Absorción de agua (\%)} = \frac{320.7 \text{ g} - 320.5 \text{ g}}{320.5 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Absorción de agua (\%)} = 0.0624\%$$

El porcentaje de absorción de agua del material es aproximadamente 0.0624%. Esto indica una muy baja absorción de agua, lo que sugiere que el material es bastante impermeable o tiene una baja porosidad.

Exposición a la intemperie

Las muestras fueron expuestas de manera continua a la radiación solar para evaluar su resistencia a la degradación por rayos UV y la lluvia. Esta prueba permitió observar cualquier alteración en su color, textura o rigidez, garantizando que el material mantenga sus propiedades físicas bajo condiciones de uso real en exteriores.

TABLA 7 -DATOS DE PRUEBA DE EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE

MUESTRAS EXPUESTAS A LA INTEMPERIE	
Material	Aglomerados de plástico reciclado
Cantidad	2
Posición	Vertical y horizontal
Dimensiones	244 cm x 25 cm x 1.5 cm
Periodo de Exposición	30 días

Fuente: (Propia, 2024)

Tras someter las muestras de aglomerado de plástico reciclado a un periodo de exposición de 30 días bajo las condiciones descritas en la Tabla 7, se observó que las mismas no presentaron signos visibles de daño, deformación ni decoloración. Las tablas permanecieron en perfecto estado tanto en su posición vertical como horizontal, demostrando una excelente resistencia a la intemperie.

5.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

En esta sección se evaluaron las propiedades mecánicas del sistema de encofrado alternativo, utilizando aglomerados de plástico reciclado. Las pruebas fueron cualitativas y se basaron en la observación directa del comportamiento del material bajo diferentes

condiciones de corte, perforación e impacto. A continuación, se detallan los resultados:

Prueba de Corte

Para la prueba de corte, se utilizaron una caladora y una segueta, herramientas comunes en la construcción que son utilizadas también para cortar madera. Estas herramientas fueron seleccionadas debido a que no generan suficiente calor como para derretir el plástico, permitiendo así una evaluación precisa de la facilidad de trabajo del material.

Resultados:

- Las tablas fueron fácilmente manipulables, sin presentar ningún tipo de derretimiento o deformación durante el proceso de corte.
- Los daños en la estructura interna del material fueron mínimos, manteniéndose intacta después del corte.
- En términos generales, el material se comportó de manera adecuada para trabajos en obra, siendo sencillo de cortar y de trabajar con herramientas convencionales.

Prueba de Perforación

Se realizaron perforaciones controladas para analizar cómo el material responde a la inserción de clavos y tornillos. Para esta prueba se utilizó un taladro eléctrico y clavos de acero, permitiendo comparar el comportamiento del material frente a distintos métodos de anclaje.

TABLA 8 -ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRUEBA DE PERFORACIÓN

Método de perforación	Tiempo de perforación	Resultado
Taladro	Rápido	Perforación limpia y sin grietas o deformaciones
Martillo y clavos	Lento	Difícil de penetrar, sin fracturas, pero con esfuerzo extra y desprendimiento leve de partícula en la salida del clavo.

Fuente: (Propia, 2024)

Resultados

- Con el taladro, las perforaciones fueron rápidas, precisas y no generaron deformaciones en el material, garantizando un ajuste firme y sin complicaciones.
- Sin embargo, la introducción de clavos presentó mayor dificultad debido a la dureza del material, lo cual requería más fuerza y tiempo en comparación con los taladros.

Impacto

En esta prueba se evaluó la resistencia del material mediante golpes controlados con martillo y almádana, simulando las condiciones de impacto que podrían ocurrir durante el montaje en obra.

- El material mostró una excelente resistencia al impacto, no presentando fracturas, grietas ni deformaciones graves.
- Tras los golpes con la almádana y el martillo, sólo se observaron leves abolladuras superficiales que no afectaron la integridad estructural de las tablas.
- El material demostró ser lo suficientemente robusto como para soportar las condiciones típicas de manejo en obra.

Después de realizar todas las pruebas necesarias para determinar y analizar las propiedades mecánicas y físicas de las tablas de aglomerado de plástico reciclado, se llevó a cabo una evaluación comparativa aplicando los mismos procedimientos a la madera rústica sin cepillar de 1 pulgada de espesor, un material ampliamente utilizado en los encofrados para construcción en San Pedro Sula debido a su disponibilidad y costo accesible.

Estas pruebas permitieron identificar las principales diferencias en el comportamiento de ambos materiales bajo diversas condiciones, incluyendo densidad, absorción de agua, exposición a la intemperie, y resistencia a esfuerzos mecánicos como corte, impacto y perforación. Los resultados obtenidos destacan las ventajas y limitaciones de cada material, proporcionando una base para evaluar la viabilidad del aglomerado de plástico reciclado como alternativa sostenible y funcional a la madera tradicional.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que sintetiza dichas diferencias, resaltando las propiedades físicas y mecánicas más relevantes de cada material.

TABLA 9 -TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS DE PRUEBAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA VS AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

Prueba	Material	Resultado	Categorización
Densidad	Madera	0.47 g/cm ³	Baja
	Aglomerado de plástico	0.96 g/cm ³	Media
Porosidad (Absorción de agua)	Madera	39.5%	alto
	Aglomerado de plástico	0.064%	Bajo
Exposición a la Intemperie	Madera	Deformaciones, leve presencia de grietas y hongos	Mala
	Aglomerado de plástico	Perfecto estado, sin deformaciones ni deterioro	Buena
Resistencia al Corte	Madera	Fácil de cortar; bordes irregulares y astillas	Baja
	Aglomerado de plástico	Mayor esfuerzo; bordes uniformes, sin astillas	Media
Resistencia al Impacto	Madera	Fracturas y astillamiento visibles.	Baja
	Aglomerado de plástico	Deformaciones leves; sin fracturas	Alta
Resistencia a la Perforación	Madera	Fácil de perforar con materiales y equipo; bordes irregulares con astillas.	Baja
	Aglomerado de plástico	Mayor presión requerida con materiales (clavos); bordes definidos.	Alta

Fuente: (Propia, 2024)

5.1.3 DISEÑO FINAL DEL SISTEMA DE ENCOFRADO

Para obtener una comprensión más clara sobre el diseño geométrico del sistema de encofrado de plástico reciclado, se llevaron a cabo una serie de entrevistas con profesionales

del sector de la construcción. Estas entrevistas tuvieron como objetivo obtener información detallada sobre las medidas estándar, los métodos de ensamble y otros aspectos críticos que influyen en la funcionalidad y resistencia del sistema. A continuación, se presentan los resultados de las entrevistas.

- ¿Cuáles son las medidas estándar que considera al diseñar encofrados para castillos y soleras?

R: Los entrevistados coincidieron en que las medidas estándar para los castillos son 15x15 cm y 20x20 cm, mientras que, para las soleras, la medida más común es de 10x20 cm.

- ¿Qué dimensiones específicas recomendaría para las tablas de encofrado de plástico reciclado?

R: Se sugirieron tablas de 2.20 m de largo por 20 cm de ancho para los castillos y 3.0 m de largo por 30 cm de ancho para la solera, ambos con 1.5 cm a 2cm de espesor para garantizar resistencia y facilidad de manejo en el sitio de construcción.

- ¿Qué características considera más importantes en el diseño del sistema de ensamble para asegurar la estabilidad del encofrado?

Resultados: La mayoría coincidió en que la facilidad de ensamblaje y la capacidad de reutilización del sistema son clave. Se enfatizó la importancia de los sistemas de anclaje rápido que no requieran herramientas complejas ni mayor mano de obra.

- ¿Qué tipo de accesorios o elementos de anclaje considera esenciales para un sistema de encofrado eficaz?

Resultados: La opinión general fue que los separadores y los sistemas de sujeción con alambre de amarre son fundamentales para mantener la alineación y estabilidad del encofrado durante el vertido del concreto, además de ser el método más utilizado y conocido por los albañiles.

- ¿Considera que los ángulos metálicos son necesarios para aumentar la rigidez del encofrado de plástico reciclado?

Resultados: La mayoría coincidió de que era una buena opción para reforzar las tablas de plástico, aumentando su rigidez y evitando deformaciones. Así mismo se evitaría el corte

de las mismas en obra reduciendo a 0 el desperdicio.

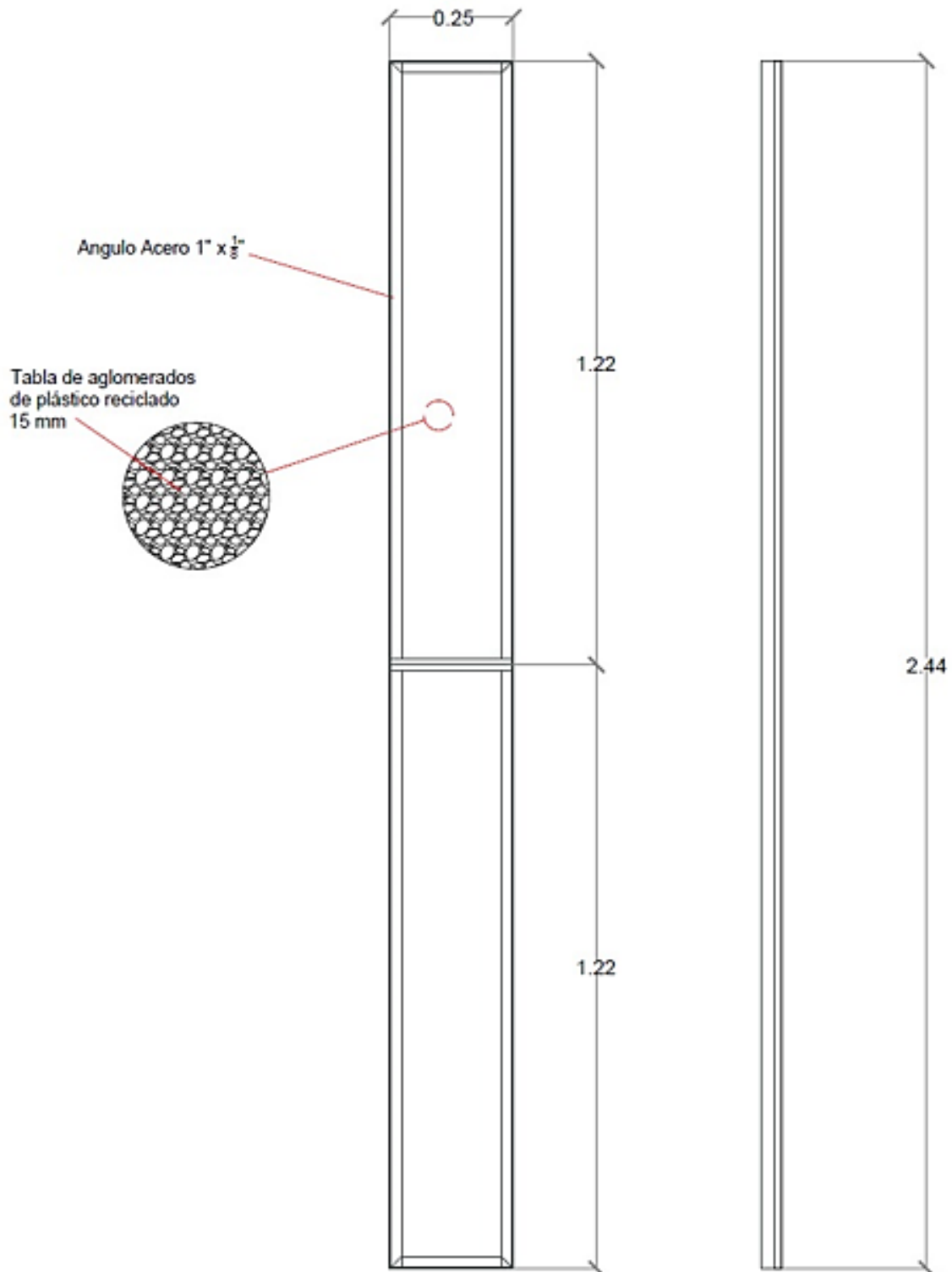
En general Los resultados de las entrevistas resaltan la necesidad de mantener ciertas dimensiones y métodos de ensamblaje similares a los del sistema tradicional de encofrado de madera, aunque con la incorporación de elementos de refuerzo como el ángulo metálico para asegurar la rigidez del plástico reciclado. Los profesionales consultados coincidieron en que el éxito del sistema dependerá de su facilidad de montaje y desmontaje, así como de la durabilidad de los materiales.

PLANOS

El diseño geométrico del sistema se desarrolló considerando las propiedades físicas y mecánicas evaluadas, los comentarios realizados por los entrevistados, así como los requerimientos específicos para la construcción de castillos y soleras. Se definió que las tablas del encofrado tuvieran un ancho de 25 cm, aunque las estructuras a encofrar solo requirieran 20 cm de ancho. Este sobreaño de 5 cm se incluyó para mejorar la sujeción del encofrado, proporcionando un ensamblaje más seguro y evitando desplazamientos durante el vaciado del concreto.

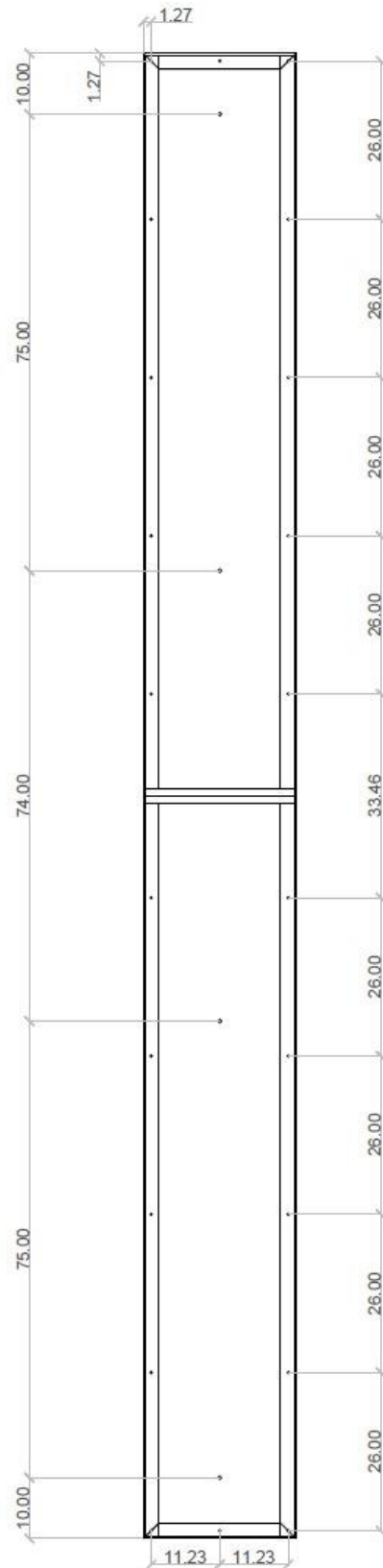
El diseño final combina así las propiedades del material reciclado y de los ángulos metálicos con un enfoque práctico, garantizando un sistema eficiente tanto en su rendimiento mecánico como en su montaje y desmontaje. En la ilustración 15 se muestran los planos del sistema de encofrado alternativo.

ILUSTRACIÓN 18 -VISTA FRONTAL Y LATERAL DE SISTEMA DE ENCOFRADO CON AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO Y ÁNGULO METÁLICO (UNIDADES EN METROS)



Fuente: (Propia, 2024)

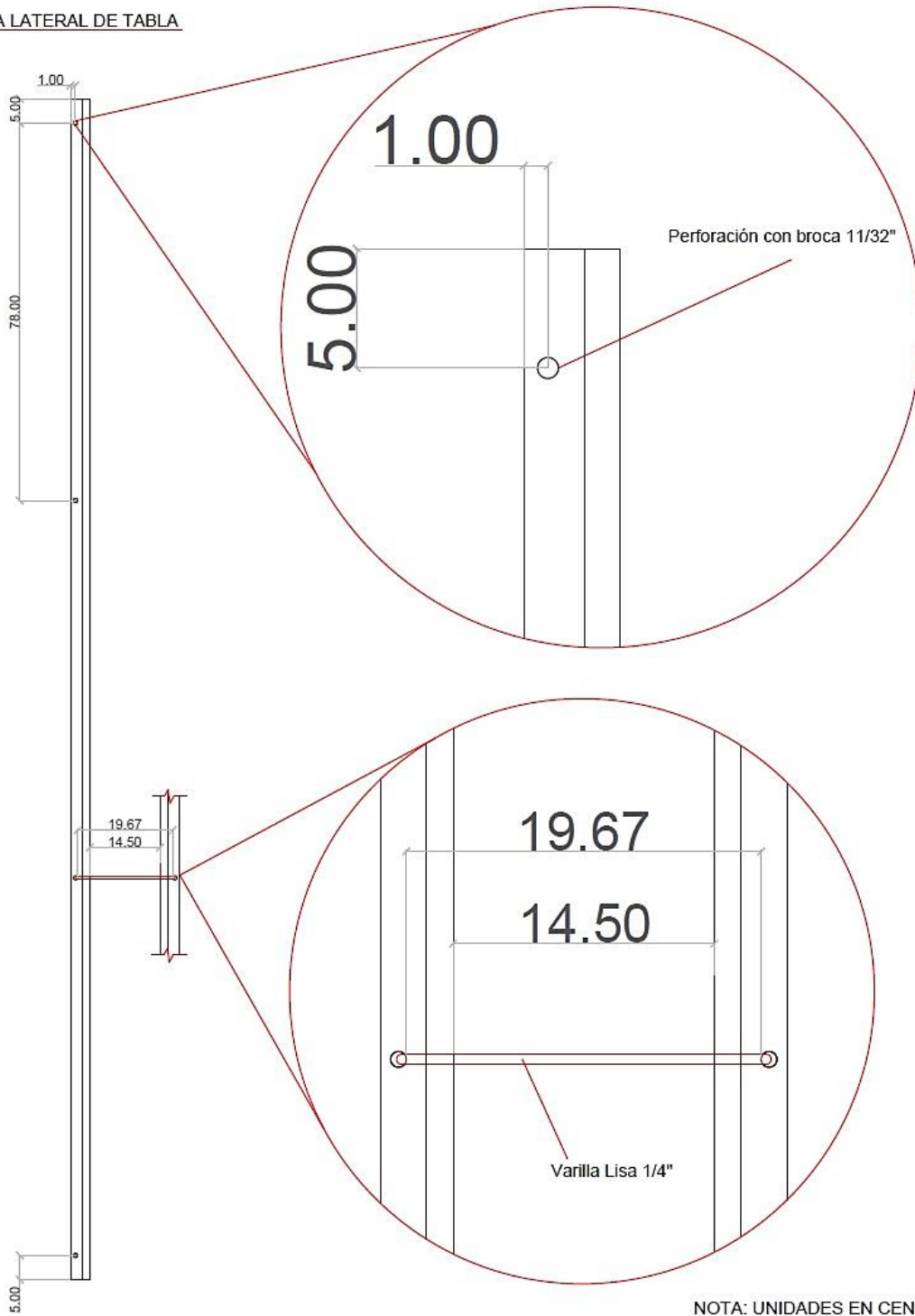
ILUSTRACIÓN 19 -DETALLE DE SEPARACIÓN DE AGUJEROS EN TABLA Y DE PERNOS DE FIJACIÓN (UNIDADES EN CENTÍMETROS)



Fuente: (Propia, 2024)

ILUSTRACIÓN 20- DETALLE DE PERFORACIÓN EN ÁNGULOS METÁLICOS PARA COLOCACIÓN DE SEPARADORES CON VARILLA DE 1/4"

VISTA LATERAL DE TABLA



NOTA: UNIDADES EN CENTIMETROS

Fuente: (Propia, 2024)

DESARROLLO DE PROTOTIPO

El prototipo se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en los planos, se realizaron dos tablas para poder realizar el encofrado correctamente. El prototipo del sistema de encofrado debe ser capaz de cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por el Colegio Hondureño de la Construcción (CHOC). Esto incluye ajustarse a las formas, líneas y dimensiones requeridas según los planos de diseño, asegurando una estructura final precisa. Además, debe ser lo suficientemente resistente para prevenir filtraciones de mortero, estar adecuadamente fijado para mantener su posición durante el proceso de construcción, y ser diseñado para no dañar la estructura una vez colocada. A continuación, se detalla el proceso de elaboración del sistema de encofrado compuesto por aglomerados de plástico reciclado y ángulos metálicos:

- a. Corte de los perfiles angulares:** Se realizó el corte preciso de los perfiles angulares de 1"x1"x 1/8" utilizando una amoladora o una cortadora de precisión (tronzadora). El objetivo fue obtener secciones exactas según las dimensiones requeridas para el marco del encofrado, asegurando cortes limpios y rectos para facilitar el ensamblaje posterior.
- b. Alineación de los perfiles:** Los perfiles cortados fueron alineados utilizando escuadras magnéticas para garantizar la perpendicularidad de los ángulos en cada esquina. Este paso es crucial para mantener la precisión geométrica de la estructura y evitar deformaciones.
- c. Puntos de soldadura provisionales:** Con los perfiles alineados, se ejecutaron puntos de soldadura en los extremos de las uniones. Estos puntos sirven para fijar temporalmente la estructura mientras se verifican las dimensiones y se asegura que no haya desviaciones antes de completar la soldadura definitiva.
- d. Soldadura completa de las uniones:** Posteriormente, se completó el proceso de soldadura en todas las uniones, asegurando una conexión sólida y uniforme. Se utilizó soldadura continua para reforzar las uniones, garantizando la rigidez y estabilidad de la estructura.
- e. Aplicación de recubrimiento anticorrosivo:** Una vez finalizada la soldadura, se

aplicó un recubrimiento anticorrosivo en todas las superficies expuestas. Este paso es fundamental para proteger la estructura metálica de la oxidación y prolongar su durabilidad en condiciones de obra

- f. Corte del tablero:** Se tomaron medidas precisas para el corte del tablero utilizando una sierra caladora o circular. Se verificó que el corte fuera exacto según las dimensiones del encofrado, garantizando un ajuste perfecto con la estructura metálica.
- g. Alineación del tablero con los perfiles:** El tablero fue alineado con los perfiles angulares utilizando prensas tipo sargento. Este paso permitió garantizar que el tablero se ajustara con precisión al marco metálico, evitando desplazamientos durante el ensamblaje.
- h. Marcado de puntos de fijación:** En el tablero, se marcaron los puntos donde se realizarían los orificios para la inserción de los pernos. Este proceso asegura que los pernos queden bien distribuidos y alineados con los perfiles metálicos para una fijación firme.
- i. Realización de avellanados:** Se ejecutaron avellanados en los puntos marcados usando una broca específica, lo que permitió alojar las cabezas de los pernos sin que sobresalieran de la superficie del tablero, logrando una fijación limpia y sin interferencias.
- j. Perforación de orificios:** Se perforaron los orificios con una broca de 3/16", asegurándose que estuvieran perfectamente alineados con los puntos de fijación establecidos. Esto facilitó la inserción de los pernos de manera precisa.
- k. Fijación de pernos y tuercas:** Los pernos y tuercas fueron colocados en los orificios, ajustándolos con la herramienta adecuada para garantizar una fijación sólida del tablero a la estructura metálica. Este paso es clave para asegurar que no haya movimientos o desplazamientos durante el uso del encofrado.
- l. Sellado de orificios y cavidades:** Se aplicó polietileno reciclado para sellar los orificios y cavidades en el tablero, lo que mejoró la estanqueidad del encofrado, evitando la filtración de mortero durante el proceso de colado de concreto.
- m. Canteado de bordes:** Los bordes del tablero fueron suavizados mediante canteado, evitando astillas o superficies ásperas que pudieran dañar el encofrado o el concreto durante su manipulación en obra.

- n. Lijado de superficies:** Finalmente, se lijaron las superficies del tablero utilizando una lijadora orbital, lo que permitió obtener un acabado uniforme y suave, mejorando la calidad del encofrado y su desempeño en la construcción.

El prototipo de encofrado funcionó de manera satisfactoria, logrando contener adecuadamente el concreto y permitiendo un montaje y desmontaje sin dificultades. El resultado final fue aceptable, con un acabado funcional que cumple con los requisitos básicos de la obra. Sin embargo, se identificaron varias oportunidades de mejora. Entre ellas, se destaca la falta de uniformidad de la tabla, que provocó pequeñas variaciones de hasta medio centímetro en la solera, y la rugosidad de las tablas, que, aunque útil para el repello, no permitió un acabado completamente liso. Estas observaciones indican que, aunque el prototipo es funcional, aún existen aspectos técnicos que pueden ser optimizados para mejorar su rendimiento y calidad en futuras aplicaciones.

5.2 COMPARACIÓN DE CONSUMO DE MADERA

En esta sección se presenta el análisis comparativo en el consumo de madera al utilizar el sistema de encofrado de plástico reciclado y el sistema tradicional de encofrado de madera. El análisis se basa en los dos elementos fundamentales establecidos en esta investigación: castillos y soleras. Las dimensiones seleccionadas para este estudio son las mismas que se encofraron en la obra:

- Castillo: 20 cm x 15 cm x 2.20 m de altura.
- Solera: 20 cm x 10cm x 2.60 m de largo.

A continuación, se detalla la cantidad de madera utilizada en ambos sistemas, seguida de un análisis comparativo con el cálculo del porcentaje de reducción de madera logrado con el encofrado de plástico reciclado.

5.2.1 CANTIDAD DE MADERA UTILIZADA CON EL SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA

El cálculo del consumo de madera en pie tablar (pt) para el sistema tradicional de encofrado se realizó considerando las dimensiones necesarias para formar las estructuras.

ENCOFRADO DE CASTILLO

DIMENSIONES: 20 cm x 15 cm x 2.20 m de altura (Para el encofrado se necesitan tablas, bolillos y cuñas)

Considerando una tabla de 2.2 m de largo x 25 cm de ancho con un espesor de 1 pulg, el cálculo se llevaría a cabo de la siguiente manera:

TABLA 10 – DIMENSIONES DE TABLA PARA ENCOFRADO DE CASTILLO CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA

Dimensiones de tabla para encofrado de castillo			
W (Ancho)	25 cm	9.84 pulg	0.82 pies
L (Largo)	220 cm	86.61 pulg	7.22 pies
D (espesor)	2.54 cm	1 pulg	0.0833 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies\ Tablares\ (PT) = \frac{W(pulg) \times L(pies) \times D(pulg)}{12}$$

$$Pies\ Tablares\ (PT) = \frac{9.84" \times 7.22' \times 1"}{12}$$

$$Pies\ Tablares\ (PT) = 5.92$$

Ese valor se debe multiplicar por 2 considerando que se necesitan 2 tablas para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies\ Tablares\ (PT) = 5.92 \times 2$$

$$Pies\ Tablares\ (PT) = 11.84$$

Ahora se debe de considerar la madera necesaria para los bolillos y cuñas:

TABLA 11 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE CASTILLO CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA

Dimensiones aproximadas de bolillos y cuñas para encofrado de castillo			
W (Ancho)	2.54 cm	1 pulg	0.82 pies
L (Largo)	20 cm	7.87 pulg	0.66 pies
D (espesor)	2.54 cm	1 pulg	0.0833 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W(pulg) \times L(pies) \times D(pulg)}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = \frac{1" \times 0.66' \times 1"}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.055$$

Ese valor se debe multiplicar por 16 considerando que se necesitan 8 bolillos y 8 cuñas para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies Tablares (PT) = 0.055 \times 16$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.88$$

$$Pies Tablares Totales (PT) = 11.84 + 0.88 = 18.44 PT$$

ENCOFRADO DE SOLERA

DIMENSIONES: 10 cm x 20 cm x 2.60 m de altura (Para el encofrado necesita tablas, separadores, bolillos y cuñas)

Considerando una tabla de 2.60 m de largo x 25 cm de ancho con un espesor de 1 pulg, el cálculo se llevaría a cabo de la siguiente manera:

TABLA 12 – DIMENSIONES DE TABLA PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA

Dimensiones de tabla para encofrado de solera			
W (Ancho)	25 cm	9.84 pulg	0.82 pies

L (Largo)	260 cm	102.36 pulg	8.53 pies
D (espesor)	2.54 cm	1 pulg	0.0833 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W(pulg) \times L(pies) \times D(pulg)}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = \frac{9.84'' \times 8.53' \times 1''}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = 6.99$$

Ese valor se debe multiplicar por 2 considerando que se necesitan 2 tablas para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies Tablares (PT) = 6.99 \times 2$$

$$Pies Tablares (PT) = 13.98$$

Ahora se debe de considerar la madera necesaria para los bolillos y cuñas:

TABLA 13 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA

Dimensiones aproximadas de bolillos y cuñas para encofrado de solera			
W (Ancho)	2.54 cm	1 pulg	0.82 pies
L (Largo)	20 cm	7.87 pulg	0.66 pies
D (espesor)	2.54 cm	1 pulg	0.0833 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W(pulg) \times L(pies) \times D(pulg)}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = \frac{1'' \times 0.66' \times 1''}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.055$$

Ese valor se debe multiplicar por 16 considerando que se necesitan 8 bolillos y 8 cuñas para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies Tablares (PT) = 0.055 \times 16$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.88$$

Ahora se debe de considerar la madera necesaria para los separadores:

TABLA 14 - DIMENSIONES DE SEPARADORES PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA

Dimensiones de separadores para encofrado de solera			
W (Ancho)	10.16 cm	4 pulg	0.33 pies
L (Largo)	20 cm	7.87 pulg	0.66 pies
D (espesor)	5.08 cm	2 pulg	0.167 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W(\text{pulg}) \times L(\text{pies}) \times D(\text{pulg})}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = \frac{4'' \times 0.66' \times 2''}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.44$$

Ese valor se debe multiplicar por 4 considerando que se necesitan 4 separadores para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies Tablares (PT) = 0.44 \times 4$$

$$Pies Tablares (PT) = 1.76$$

$$Pies Tablares Totales (PT) = 13.98 + 0.88 + 1.76 = 16.62 PT$$

5.2.2 CANTIDAD DE MADERA UTILIZADA CON EL SISTEMA DE ENCOFRADO CON AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

El cálculo del consumo de madera en pie tablar (pt) para el sistema de encofrado con aglomerados de plástico reciclado se realizó considerando las dimensiones necesarias para formar las estructuras.

ENCOFRADO DE CASTILLO

DIMENSIONES: 20 cm x 15 cm x 2.20 m de altura (Para el encofrado se necesitan bolillos y cuñas)

Considerando que el encofrado de aglomerados de plástico reciclado tiene una longitud de 2.44mts, solo se necesita calcular la cantidad de cuñas y bolillos necesarios.

TABLA 15 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE CASTILLO CON SISTEMA DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

Dimensiones aproximadas de bolillos y cuñas para encofrado de castillo			
W (Ancho)	2.54 cm	1 pulg	0.82 pies
L (Largo)	20 cm	7.87 pulg	0.66 pies
D (espesor)	2.54 cm	1 pulg	0.0833 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W(\text{pulg}) \times L(\text{pies}) \times D(\text{pulg})}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = \frac{1" \times 0.66' \times 1"}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.055$$

Ese valor se debe multiplicar por 16 considerando que se necesitan 8 bolillos y 8 cuñas para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies Tablares (PT) = 0.055 \times 16$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.88$$

$$Pies Tablares Totales (PT) = 0.88$$

ENCOFRADO DE SOLERA

DIMENSIONES: 10 cm x 20 cm x 2.60 m de altura (Para el encofrado se necesitan bolillos y cuñas)

Considerando que el encofrado de aglomerados de plástico reciclado tiene una longitud de

2.44mts, hace falta una sección de encofrado de 16 cm, el cálculo se llevaría a cabo de la siguiente manera:

TABLA 16 – DIMENSIONES DE TABLA DE MADERA PARA ENCOFRADO DE SOLERA CON SISTEMA DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

Dimensiones de tabla de madera para encofrado de solera			
W (Ancho)	25 cm	9.84 pulg	0.82 pies
L (Largo)	16 cm	6.29 pulg	0.52 pies
D (espesor)	2.54 cm	1 pulg	0.0833 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W(pulg) \times L(pies) \times D(pulg)}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = \frac{9.84" \times 0.52' \times 1"}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.43$$

Ese valor se debe multiplicar por 2 considerando que se necesitan 2 tablas para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies Tablares (PT) = 0.43 \times 2$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.86$$

Ahora se debe de considerar la madera necesaria para los bolillos y cuñas:

TABLA 17 - DIMENSIONES APROXIMADAS DE BOLILLOS Y CUÑAS PARA ENCOFRADO DE SOLERA

Dimensiones aproximadas de bolillos y cuñas para encofrado de solera			
W (Ancho)	2.54 cm	1 pulg	0.82 pies
L (Largo)	20 cm	7.87 pulg	0.66 pies
D (espesor)	2.54 cm	1 pulg	0.0833 pies

Fuente: (Propia, 2024)

$$Pies Tablares (PT) = \frac{W(pulg) \times L(pies) \times D(pulg)}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = \frac{1" \times 0.66' \times 1"}{12}$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.055$$

Ese valor se debe multiplicar por 16 considerando que se necesitan 8 bolillos y 8 cuñas para llevar a cabo el encofrado:

$$Pies Tablares (PT) = 0.055 \times 16$$

$$Pies Tablares (PT) = 0.88$$

$$Pies Tablares Totales (PT) = 0.86 + 0.88 = 1.74 PT$$

5.2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CANTIDAD DE MADERA UTILIZADA CON EL SISTEMA DE ENCOFRADO TRADICIONAL DE MADERA Y CON AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

En esta sección se compara la cantidad de madera utilizada en ambos sistemas, calculando el porcentaje de reducción alcanzado al implementar el encofrado de plástico reciclado. La tabla 18 refleja los datos de forma resumida:

TABLA 18- CUADRO COMPARATIVO DE PIE TABLARES (PT) UTILIZADOS EN CADA SISTEMA PARA EL ENCOFRADO DE LOS ELEMENTOS DETERMINADOS.

	Sistema Tradicional de Madera	Sistema de Encofrado con Aglomerados de Plástico Reciclado
Solera	16.62 PT	1.74 PT
Castillo	12.72 PT	0.88 PT

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, el cálculo de reducción porcentual:

ECUACIÓN 4- FÓRMULA DE REDUCCIÓN PORCENTUAL

$$\text{Reducción Porcentual} = \left(\frac{\text{Encofrado de Madera} - \text{Encofrado de Plástico}}{\text{Encofrado de Madera}} \right) \times 100$$

REDUCCIÓN PORCENTUAL DE SOLERA

$$\text{Reducción Porcentual} = \left(\frac{16.62 - 1.74}{16.62} \right) \times 100$$

$$\text{Reducción Porcentual} = 89.53\%$$

REDUCCIÓN PORCENTUAL DE CASTILLO

$$\text{Reducción Porcentual} = \left(\frac{12.72 - 0.88}{12.72} \right) \times 100$$

$$\text{Reducción Porcentual} = 93.08\%$$

5.3 TIEMPO REQUERIDO PARA EL PROCESO DE ENCOFRADO DE CASTILLOS Y SOLERAS CON LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENCOFRADO

En esta sección se determina el tiempo necesario para realizar el proceso de encofrado de castillos y soleras utilizando dos sistemas distintos: el sistema tradicional de madera y el sistema de encofrado de plástico reciclado. El objetivo es evaluar la eficiencia en los tiempos de montaje y desmontaje para ambos métodos, proporcionando información útil para tomar decisiones sobre la adopción del sistema alternativo en futuras obras.

A continuación, se presenta el procedimiento para cada sistema, seguido de un análisis comparativo de los tiempos registrados.

5.3.1 PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO DE CASTILLOS Y SOLERAS CON EL SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA

El sistema de encofrado de madera implica los siguientes pasos tanto para la construcción de soleras como de castillos:

- a. Corte y preparación de la madera: Las tablas se cortan según las dimensiones requeridas para el castillo o la solera, utilizando herramientas de corte como sierras eléctricas o ingletadoras para asegurar precisión en los ángulos y tamaños. Durante

esta etapa, se aplica desmoldante sobre la superficie interna de las tablas, facilitando su desprendimiento posterior y evitando daños al retirar el encofrado, lo que prolonga la vida útil de la madera.

- b. Ensamble: Las piezas de madera se clavan o atornillan entre sí, formando la estructura del encofrado. El ensamble demanda personal especializado para garantizar que las uniones sean firmes y precisas. Durante este proceso, se colocan bolillos de madera, que se refuerzan con alambre trenzado, asegurando que el encofrado mantenga su forma y no se desplace durante el vertido del concreto.
- c. Refuerzos: Se añaden diagonales y amarres para brindar estabilidad adicional al sistema. Las cuñas de madera se colocan estratégicamente en los bolillos, ajustando y tensionando las uniones para minimizar cualquier movimiento o deformación. Este paso es crítico para evitar el colapso del encofrado o fugas de concreto.
- d. Montaje: La estructura completa del encofrado se transporta e instala en el sitio de la obra, alineando cada componente según los niveles y medidas requeridas. Se realiza una inspección final para asegurar que el encofrado esté firme y bien sujeto antes del vertido del concreto.
- e. Desmontaje: Una vez que el concreto ha fraguado y alcanzado su resistencia inicial, el encofrado se retira con cuidado para evitar que las tablas sufran daños. Las piezas desmontadas se limpian y almacenan para futuros usos.

5.3.2 PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO DE CASTILLOS Y SOLERAS CON EL SISTEMA DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

El encofrado con plástico reciclado presenta un proceso más simplificado:

- a. Preparación: Las tablas de plástico reciclado ya vienen cortadas y listas para ser usadas, lo que reduce el tiempo de preparación. Son un sistema prefabricado y no necesitan desmoldante.
- b. Ensamble sencillo: Las piezas se ensamblan mediante un sistema de sujeción simple, sin necesidad de clavos o tornillos, solo requiere el uso de bolillos y separadores de varilla en el caso de las soleras, las cuales se colocan de manera rápida.

- c. Refuerzos mínimos: Gracias a la rigidez del plástico con refuerzo metálico, se requieren menos refuerzos adicionales.
- d. Montaje: El sistema se instala de la misma manera que el sistema tradicional en el caso de los castillos. Cuando se trata de soleras requiere instalarse con bolillos para que el alambre de amarre sea el que sostenga el sistema, lo cual podría ser un poco impreciso si no se hace con cuidado.
- e. Desmontaje: El proceso de desmontaje es significativamente más rápido que en los sistemas tradicionales, ya que las piezas de plástico no se adhieren al concreto ni se deforman durante su uso.

5.3.3 ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPOS DE ENCOFRADO

Después de haber analizado el proceso constructivo de cada sistema de encofrado, este apartado muestra el análisis comparativo de tiempos entre el encofrado tradicional y el de plástico reciclado tanto para castillos como para soleras. Con el fin de conocer cuál es el sistema más eficiente en términos de montaje y desmontaje.

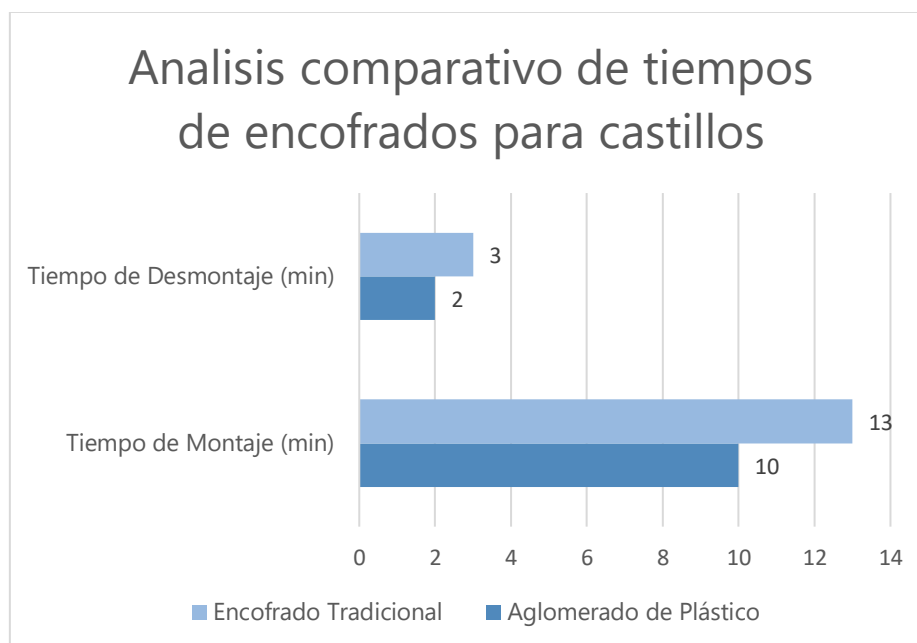


ILUSTRACIÓN 21 – GRÁFICO DE ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPOS DE ENCOFRADOS PARA CASTILLOS (ENCOFRADO TRADICIONAL DE MADERA VS ENCOFRADO DE PLÁSTICO RECICLADO)

Fuente: (Propia, 2024)

El gráfico demuestra que el encofrado de aglomerado de plástico es más eficiente que el encofrado tradicional en términos de tiempos de montaje y desmontaje. Con una reducción de 1 minuto en el desmontaje y 3 minutos en el montaje, el uso del encofrado de plástico no solo optimiza el proceso constructivo, sino que también puede generar ahorros significativos de tiempo, lo que lo convierte en una opción más favorable en términos de productividad en obra.

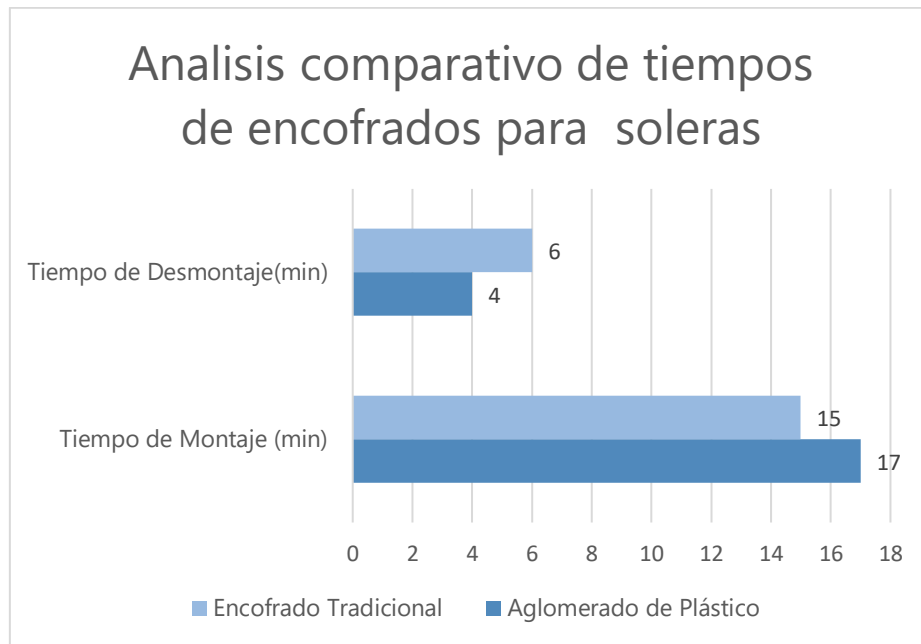


ILUSTRACIÓN 22 – GRÁFICO DE ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPOS DE ENCOFRADOS PARA SOLERAS (ENCOFRADO TRADICIONAL DE MADERA VS ENCOFRADO DE PLÁSTICO RECICLADO)

Fuente: (Propia, 2024)

En el encofrado de soleras, el gráfico demuestra que el encofrado de aglomerado de plástico es más eficiente que el encofrado tradicional en términos de tiempos de desmontaje, con una reducción de 2 minutos. Sin embargo, en cuanto al tiempo de montaje, el encofrado de plástico toma 2 minutos más que el tradicional. Esto sugiere que, aunque el uso del encofrado de plástico puede optimizar la fase de desmontaje y generar ciertos ahorros en esa etapa, no necesariamente representa una ventaja en el montaje, por lo que su implementación debe evaluarse en función de las prioridades del proyecto.

5.4 ANALISIS DE COSTO DE FABRICACIÓN DE SISTEMA DE ENCOFRADO

El análisis de costos que se presenta a continuación tiene como objetivo principal evaluar la viabilidad económica del sistema de encofrado de plástico reciclado en comparación con el tradicional de madera. La evaluación se centra en los costos de fabricación inicial, el impacto de la reutilización, y el costo por uso de ambos sistemas. Estos factores permitirán determinar si el sistema propuesto puede competir en términos económicos y operativos, además de aportar beneficios ambientales. Para determinar la viabilidad económica del sistema de encofrado de plástico reciclado, se realizarán fichas de costo considerando los siguientes factores:

5.4.1 Costos del Prototipo de Encofrado de Plástico Reciclado

- **Materiales;**

Para el cálculo de los costos de los materiales empleados en el análisis, se consideraron los precios actuales del mercado mediante cotizaciones realizadas a proveedores locales. Cabe destacar que la única cotización realizada de forma internacional corresponde a la tabla de aglomerados de plástico, dado que se seleccionó un proveedor en México con mayor capacidad instalada y una producción más eficiente. Esto permitió incluir un costo realista, considerando además los gastos de importación asociados. El costo de las tablas de aglomerado de plástico se calculó en base al precio del proveedor en México, incrementado con un 35% por concepto de importación. Este incremento incluye costos de transporte, aranceles e impuestos relacionados. Los otros materiales secundarios empleados en la fabricación, serán incluidos según su precio local.

- **Mano de Obra**

El costo de la mano de obra se basó en la jornada laboral de un operario técnico de SOLTEC. La duración total del proceso de fabricación se calculó en base a todas las actividades que se llevaron a cabo para completar la fabricación del prototipo.

- **Herramientas y Equipos:**

Se incluyó un costo entre el 5% y el 10% del costo total de fabricación como parte del desgaste y mantenimiento de las herramientas y equipo empleado en la fabricación del prototipo. A continuación, se presenta la ficha de costo del prototipo de encofrado de plástico reciclado:

FICHA DE COSTO DE FABRICACIÓN

DESCRIPCIÓN: ELABORACIÓN DE MOLDE/ENCOFRADO DE PLÁSTICO RECICLADO CON DIMENSIONES DE 2.44M X 25 CM PARA COLUMNA DE 20 CM

Item	1.00	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Lamina de 15 mm de espesor de aglomerados de plástico reciclado	Lamina	0.20	0%	L. 2,727.23	L. 558.86
1.02	Angulo 1/8" x 1" X 20'	Lance	0.94	1%	L. 178.00	L. 168.69
1.03	Pintura Anticorrosiva	Galón	0.13	0%	L. 997.92	L. 124.74
1.04	Perno 3/16 x 1 1/2"	Caja (100 pcs)	0.22	0%	L. 122.61	L. 26.97
1.05	Tuerca 3/16"	Caja (600 pcs)	0.04	0%	L. 162.61	L. 5.96
1.06	Electrodo 6013	KG	0.50	0%	L. 78.26	L. 39.13
					Subtotal Mat	L. 924.36
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	Operario Técnico	JDR		0.625	1,000.00	L. 625.00
				0.000		L. 0.00
						L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 625.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas menores	%	10%		L. 625.00	L. 62.50
3.02				1.0000		L. 0.00
					Subtotal H.E.	L. 62.50
					Costo Directo Total	L. 1,611.86
					% Indirectos	0.00%
					Costo Final	L. 1,611.86

5.4.1 COMPARACIÓN DE FICHAS DE COSTO

Se elaborarán dos fichas de costo para evaluar el uso de encofrados de plástico reciclado en comparación con el sistema tradicional de madera. Previo a la presentación de las fichas de costo, es importante mencionar que los cálculos realizados han considerado los rendimientos establecidos por el Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS). Esto garantiza que los valores reflejados en las fichas se ajusten a estándares locales y a prácticas comúnmente utilizadas en proyectos de construcción, proporcionando una base confiable para la comparación entre los sistemas de encofrado de madera y plástico reciclado.

Esta comparación se aplicará a los siguientes elementos: Solera y Castillo de concreto armado.

- **Solera:** Metro lineal de solera de 10X20 Cms, 2#3, #2@20 Cms: CONCRETO 1:2:2

Fondo Hondureño de Inversión Social				
Unidad de Control de Costos				
Dirección de Proyectos				
Fichas x Actividad				
Actividad	F031006	SOLERA 10X20 Cms, 2#3, #2@20 Cms: CONCRETO 1:2:2		
Unidad	M.L.			
Materiales		Unidad	Rendimiento	Desperdicio
MN-F0101001	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	BOLSA	0.197	3
MN-F0201002	ARENA DE RIO	M3	0.011	7
MN-F0301001	GRAVA DE RIO	M3	0.011	7
MN-F0601001	AGUA	M3	0.006	25
MN-F1801001	ALAMBRE DE AMARRE	LB	0.143	
MN-F1902002	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	LANCE	0.219	5
MN-F1902008	VARILLA DE HIERRO LISA DE 1/4"X30' LEGITIMA	LANCE	0.082	5
MN-F2301001	CLAVOS	LB	0.050	
MN-F2901001	MADERA RUSTICA DE PINO	PIE T	1.260	
Mano de Obra		Unidad	Rendimiento	
OC-F01001	ALBAÑIL	JDR	0.062	
OC-F01002	ARMADOR DE HIERRO	JDR	0.015	
OC-F01004	CARPINTERO	JDR	0.190	
ON-F01001	AYUDANTE	JDR	0.062	
Herramienta y Equipo		Unidad	Rendimiento	
HM-F06002	HERRAMIENTA MENOR	%	5.000	

ILUSTRACIÓN 23 -FICHA DE RENDIMIENTO SOLERA DE 10X20CM, 2#3, #2@20 Cms: CONCRETO 1:2:2

Fuente: (Manual de Rendimientos de FHIS, 2003)

A continuación, se presenta la ficha de costo #1 de la solera considerando un encofrado tradicional de madera:

FICHA DE COSTO #1

DESCRIPCIÓN: SOLERA 10X20 Cms, 2#3, #2@20 Cms: CONCRETO 1:2:2

		Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	BOLSA	0.197	3%	L. 223.57	L. 45.36
1.02	ARENA DE RIO	M3	0.011	7%	L. 419.75	L. 4.94
1.03	GRAVA DE RIO	M3	0.011	7%	L. 402.50	L. 4.74
1.04	AGUA	M3	0.006	25%	L. 132.09	L. 0.99
1.05	ALAMBRE DE AMARRE	LB	0.143		L. 33.00	L. 4.72
1.06	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	LANCE	0.219	5%	L. 154.85	L. 35.61
1.07	VARILLA DE HIERRO LISA DE 1/4"X30' LEGITIMA	LANCE	0.082	5%	L. 47.33	L. 4.08
1.08	CLAVOS	LB	0.050		L. 25.00	L. 1.25
1.09	MADERA RUSTICA DE PINO	PIE TABLAR	1.260		L. 35.65	L. 44.92
					Subtotal Mat	L. 146.60
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	ALBAÑIL	JDR	0.062		600.00	L. 37.20
2.02	ARMADOR DE HIERRO	JDR	0.015		300.00	L. 4.50
2.03	CARPINTERO	JDR	0.190		300.00	L. 57.00
2.04	AYUDANTE	JDR	0.06		400.00	L. 24.80
					Subtotal M.O.	L. 123.50
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	%	5%		L. 123.50	L. 6.18
					Subtotal H.E.	L. 6.18
					Costo Directo Total	L. 276.28
					% Indirectos	25.00%

Costo Final	L. 345.35
Costo Unitario Final	345.35

Se elaboró una segunda ficha de costo para el mismo elemento, sustituyendo la madera por encofrado de plástico reciclado. Para el cálculo del rendimiento, se consideró una reutilización de hasta 50 veces, optimizando su costo por uso. A continuación, se presenta la Ficha de Costo #2.

FICHA DE COSTO #2

DESCRIPCIÓN: SOLERA 10X20 Cms, 2#3, #2@20 Cms: CONCRETO 1:2:2

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Unidad CANT. / RENDIMIENTO	ML DESPERDICIO	Cantidad P.U.	1.00 SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	BOLSA	0.197	3%	L. 223.57	L. 45.36
1.02	ARENA DE RIO	M3	0.011	7%	L. 419.75	L. 4.94
1.03	GRAVA DE RIO	M3	0.011	7%	L. 402.50	L. 4.74
1.04	AGUA	M3	0.006	25%	L. 132.09	L. 0.99
1.05	ALAMBRE DE AMARRE	LB	0.143		L. 33.00	L. 4.72
1.06	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	LANCE	0.219	5%	L. 154.85	L. 35.61
1.07	VARILLA DE HIERRO LISA DE ¼"X30' LEGITIMA	LANCE	0.082	5%	L. 47.33	L. 4.08
1.08	CLAVOS	LB	0.050		L. 25.00	L. 1.25
1.09	ENCOFRADO PLÁSTICO DE 2.44M X 25 CM	UND	2.000		L. 12.99	L. 25.99
					Subtotal Mat	L. 127.67
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	ALBAÑIL	JDR	0.062		600.00	L. 37.20
2.02	ARMADOR DE HIERRO	JDR	0.015		300.00	L. 4.50
2.04	AYUDANTE	JDR	0.06		400.00	L. 24.80
					Subtotal M.O.	L. 66.50
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	%	5%		L. 66.50	L. 3.33
					Subtotal H.E.	L. 3.33
					Costo Directo Total	L. 197.50
					% Indirectos	25.00%
					Costo Final	L. 246.87

Costo Unitario Final	246.87
-----------------------------	---------------

El mismo análisis comparativo con ambos sistemas de encofrado se realizó para el castillo:

- **Castillo:** Metro lineal de castillo de 20X15 Cms, 4#3, #2@20 Cms CONCRETO 1:2:2

Fondo Hondureño de Inversión Social				
Unidad de Control de Costos				
Dirección de Proyectos				
Fichas x Actividad				
Actividad	F032008	CASTILLO 20X15 4#3, #2@20 CONCRETO 1:2:2		
Unidad	M.L.			
Materiales		Unidad	Rendimiento	Desperdicio
MN-F0101001	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	BOLSA	0.295	3
MN-F0201001	ARENA DE RIO LAVADA	M3	0.017	7
MN-F0301001	GRAVA DE RIO	M3	0.017	7
MN-F0601001	AGUA	M3	0.009	25
MN-F1801001	ALAMBRE DE AMARRE	LB	0.286	
MN-F1902001	VARILLA DE HIERRO CORRUGADA DE 1/4"X30' LEG	LANCE	0.328	5
MN-F1902002	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	LANCE	0.437	5
MN-F2301001	CLAVOS	LB	0.052	
MN-F2901001	MADERA RUSTICA DE PINO	PIE T	1.302	
Mano de Obra		Unidad	Rendimiento	
OC-F01001	ALBAÑIL	JDR	0.050	
OC-F01002	ARMADOR DE HIERRO	JDR	0.034	
OC-F01004	CARPINTERO	JDR	0.150	
ON-F01001	AYUDANTE	JDR	0.050	
Herramienta y Equipo		Unidad	Rendimiento	
HM-F06002	HERRAMIENTA MENOR	%	5.000	

ILUSTRACIÓN 24 -FICHA DE RENDIMIENTO CASTILLO DE 10X15 CM, 4#3, #2@20 Cms:
CONCRETO 1:2:2

Fuente: (Manual de Rendimientos de FHIS, 2003)

A continuación, se presenta la ficha de costo #3 que detalla el costo del castillo considerando un encofrado tradicional de madera y la ficha #4 que detalla el costo considerando el encofrado de plástico reciclado:

FICHA DE COSTO #3

DESCRIPCIÓN: CASTILLO 20X15 Cms, 4#3, #2@20 Cms CONCRETO 1:2:2

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	ML DESPERDICIO	Cantidad P.U.	1.00 SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	BOLSA	0.295	3%	L. 223.57	L. 67.93
1.02	ARENA DE RIO	M3	0.017	7%	L. 419.75	L. 7.64
1.03	GRAVA DE RIO	M3	0.017	7%	L. 402.50	L. 7.32
1.04	AGUA	M3	0.009	25%	L. 132.09	L. 1.49
1.05	ALAMBRE DE AMARRE	LB	0.286		L. 33.00	L. 9.44
1.06	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	LANCE	0.328	5%	L. 154.85	L. 53.33
1.07	VARILLA DE HIERRO LISA DE 1/4"X30' LEGITIMA	LANCE	0.437	5%	L. 47.33	L. 21.72
1.08	CLAVOS	LB	0.052		L. 25.00	L. 1.30
1.09	MADERA RUSTICA DE PINO	PIE TABLAR	1.302		L. 34.80	L. 45.31
				Subtotal Mat		L. 215.47
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	ALBAÑIL	JDR	0.050		600.00	L. 30.00
2.02	ARMADOR DE HIERRO	JDR	0.034		300.00	L. 10.20
2.03	CARPINTERO	JDR	0.150		300.00	L. 45.00
2.04	AYUDANTE	JDR	0.05		400.00	L. 20.00
				Subtotal M.O.		L. 105.20
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	%	5%		L. 105.20	L. 5.26
				Subtotal H.E.		L. 5.26
				Costo Directo Total		L. 325.93

% Indirectos	25.00%
Costo Final	L. 407.41
Costo Unitario Final	407.41

FICHA DE COSTO #4

DESCRIPCIÓN: SOLERA 10X20 Cms, 2#3, #2@20 Cms: CONCRETO 1:2:2

		Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	CEMENTO GRIS TIPO PORTLAND	BOLSA	0.295	3%	L. 223.57	L. 67.93
1.02	ARENA DE RIO	M3	0.017	7%	L. 419.75	L. 7.64
1.03	GRAVA DE RIO	M3	0.017	7%	L. 402.50	L. 7.32
1.04	AGUA	M3	0.009	25%	L. 132.09	L. 1.49
1.05	ALAMBRE DE AMARRE	LB	0.286		L. 33.00	L. 9.44
1.06	VARILLA DE HIER. CORRUG. DE 3/8"X30' LEG	LANCE	0.328	5%	L. 154.85	L. 53.33
1.07	VARILLA DE HIERRO LISA DE 1/4"X30' LEGITIMA	LANCE	0.437	5%	L. 47.33	L. 21.72
1.08	CLAVOS	LB	0.052		L. 25.00	L. 1.30
1.09	ENCOFRADO PLÁSTICO DE 2.44M X 25 CM	UND	2.000		L. 12.99	L. 25.99
				Subtotal Mat		L. 196.15
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	ALBAÑIL	JDR	0.062		600.00	L. 37.20
2.02	ARMADOR DE HIERRO	JDR	0.015		700.00	L. 10.50
2.03	AYUDANTE	JDR	0.06		400.00	L. 24.80
				Subtotal M.O.		L. 72.50
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	%	5%		L. 72.50	L. 3.63
				Subtotal H.E.		L. 3.63
				Costo Directo Total		L. 272.27
				% Indirectos		25.00%
				Costo Final		L. 340.34

Costo Unitario Final	340.34
-----------------------------	---------------

3. Factores de Comparación

1. **Costo Inicial:** Se realizará un desglose de materiales, mano de obra y herramientas para cada ficha.
2. **Reutilización:** Considerando que el encofrado de plástico puede ser reutilizado hasta 50 veces, mientras que el de madera tiene un promedio de 3 usos reales.
3. **Costo por Uso:** El costo inicial será dividido por la cantidad de usos estimados para calcular el costo por uso de cada sistema.

VI. CONCLUSIONES

6.1 El diseño del sistema de encofrado de plástico reciclado con dimensiones de 2.44m x 25 cm para una columna o castillo de 20 cm demostró óptimos resultados, cumpliendo con los requisitos de resistencia y ensamblaje para castillos y soleras. Comparado con el encofrado de madera, el sistema de plástico reciclado mostró una mayor durabilidad debido a su baja porosidad (0.0624%) e impermeabilidad, características que superan ampliamente las propiedades de la madera, especialmente en condiciones de intemperie y exposición prolongada.

6.2 El análisis comparativo indicó una significativa reducción del uso de madera, alcanzando un 89.53% en soleras y 93.08% en castillos, sin comprometer la funcionalidad estructural. Esta eficiencia, junto con la capacidad del plástico reciclado para resistir deformaciones y hongos presentes en la madera, lo posiciona como una opción superior para proyectos sostenibles que priorizan la conservación de recursos.

6.3 En términos de tiempos de encofrado, el sistema de plástico reciclado resultó más eficiente que el de madera en la construcción de castillos, reduciendo 3 minutos en el montaje y 1 minuto en el desmontaje. En soleras, aunque el desmontaje fue más rápido, el montaje requirió 2 minutos adicionales debido a ajustes específicos. Sin embargo, su resistencia a deformaciones y facilidad de limpieza compensan esta desventaja frente al sistema tradicional de madera.

6.4 El análisis de costos comparativo muestra que la fabricación del encofrado de plástico reciclado para castillos y soleras de 2.44 x 25 cm asciende a L 1,611.86, mientras que la

madera utilizada actualmente cuesta L 35.65 por pie. Sin embargo, al reutilizarse hasta 50 veces, el costo por uso se reduce significativamente. En la solera, el costo con madera es de L 345.35 por metro lineal, mientras que con el encofrado de plástico baja a L 246.87 (28.5% de ahorro). Para el castillo, el costo con madera es de L 407.41, reduciéndose a L 340.34 con el sistema de plástico (16.5% de ahorro). Además del beneficio económico, el encofrado de plástico reciclado ofrece mayor durabilidad, menor desperdicio y resistencia a la humedad y plagas, posicionándolo como una alternativa sostenible y rentable para la construcción.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Para optimizar el diseño del sistema de encofrado, se recomienda que, en la construcción de castillos, los agujeros para los bolillos tengan menor separación, garantizando un acabado más uniforme y preciso. Asimismo, se sugiere reforzar la estructura metálica incrementando los ángulos de refuerzo de uno a dos en la parte media, mejorando la rigidez y estabilidad general del sistema. En las soleras, se propone sustituir los separadores de varilla de 1/4" por varilla de 3/8", incrementando así la resistencia a las cargas y prolongando la vida útil del encofrado.

7.2 Realizar pruebas adicionales es esencial para evaluar la durabilidad del sistema y determinar la cantidad de ciclos de uso bajo condiciones de obra reales. Estas pruebas deben incluir simulaciones intensivas que permitan calcular con mayor precisión la vida útil y confirmar los beneficios económicos a largo plazo. Este enfoque permitirá validar el ahorro significativo de madera y justificar el costo inicial del sistema frente al encofrado tradicional, consolidando su viabilidad como alternativa sostenible.

7.3 Se recomienda investigar y desarrollar sistemas de sujeción alternativos para el encofrado de plástico reciclado, eliminando o minimizando la dependencia de bolillos. El diseño de mecanismos de fijación innovadores, como sistemas de anclaje rápido o conexiones integradas, podría simplificar y acelerar el montaje. Esta mejora no solo optimizaría los tiempos de instalación y desmontaje, sino que también reduciría los costos operativos y mejoraría la competitividad del sistema en obras de gran escala.

7.4 Se recomienda considerar la implementación del encofrado de plástico reciclado en proyectos de construcción en serie o de gran escala, como viviendas masivas o edificaciones con una alta repetitividad de elementos estructurales menores (castillos, soleras, vigas y columnas). En este tipo de obras, la reutilización del encofrado se maximiza, permitiendo obtener el mayor beneficio del costo-beneficio y evidenciar de manera más significativa el ahorro en el uso de madera. La aplicación en estos proyectos facilitaría la reducción de costos operativos, optimizaría tiempos de ejecución y contribuiría a la sostenibilidad en la construcción.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ACI (2004). Guía para el diseño, construcción y materiales de cimbras para concreto (ACI 347-04). American Concrete Institute. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-mexicano-de-estudios-superiores-y-de-posgrado/recursos-humanos-i/aci-347-04-guia-para-el-diseno-construccion-y-materiales-de-cimbras-para-concreto/67787708>
- ASTM International. (2006). ASTM D2842-06: Método de ensayo estándar para la absorción de agua en plásticos celulares rígidos. West Conshohocken, PA: ASTM International. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/50259/0c5d9bf7b40d47cf928f003cf81f83fe/ASTM-D2842-06.pdf>
- Código Hondureño de la Construcción (CHOC). (2008). Normativa técnica para la construcción en Honduras. Tegucigalpa: Gobierno de Honduras.
- International Organization for Standardization. (2019). ISO 1183: Método de ensayo para determinar la densidad de plásticos no celulares. Ginebra: ISO. <https://industrialphysics.com/es/normas/iso-1183-es/?srsltid=AfmBOopXYd-qcH6bhZJCwLtOCO5AVeshs3dPcBVm0sxKny1p4BRZGf23>
- National Hardwood Lumber Association. (s.f.). Normas para la clasificación y medición de madera aserrada de frondosas. Memphis, TN: NHLA. <https://www.americanhardwood.org/index.php/es/american-hardwood/grading-sawn-lumber/medicion>
- De la Orden, E. A. (2020) *Los recursos naturales: Degradación de ecosistemas*. Área Ecología, Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca. (P. 1-24) ISSN: 1852-3013. Recuperado 18 de septiembre de 2024, de <https://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/ecologia%202/Los%20RRNN.pdf>
- Jiménez Yábar, H. M., Ascencio Sanabria, R. H., & Barreto La Torre, L. V. (s. f.). Uso de la madera en encofrados. Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción (SENCICO). Recuperado 15 de septiembre de 2024, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4768972/Uso%20de%20la%20madera%20en%20encofrados.pdf?v=1687890047>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & ONF Andina. (2016). *Estudio de estimación y caracterización del consumo de madera en los sectores de vivienda y grandes obras de infraestructura*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (P. 1-42) ISBN: 978-958-8901-19-0. Recuperado 27 de septiembre de 2024, de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Estudio-de-Estimacion-y-caracterizacion-del-consumo-de-madera.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), & Fundación Hondureña de Ambiente y Desarrollo Vida. (2018). *Mercado de los productos forestales en Honduras: Oferta, demanda, barreras y plan para incrementar el uso de madera legal*. FAO. (P.1-188), ISBN 978-92-5-130331-3. Recuperado 24 de septiembre de 2024, de [https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Honduras/docs/Mercado de los Productos Forestales en Honduras.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Honduras/docs/Mercado_de_los_Productos_Forestales_en_Honduras.pdf)

Aceros Arequipa: 1.1 ¿QUÉ ES ALBAÑILERÍA CONFINADA? (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2024, de <https://acerosarequipa.com//manual-para-maestro-de-obra/albanileria-confinada/que-es-albanileria-confinada-2.html>

Adiós a los bloques de hormigón en la construcción: Llegan los ladrillos de plástico reciclado – Portal CDT. (2023). Recuperado 11 de octubre de 2024, de <https://www.cdt.cl/adios-a-los-bloques-de-hormigon-en-la-construccion-llegan-los-ladrillos-de-plastico-reciclado/>

INKA (2018, febrero 9). Guía completa de albañilería confinada. *Inka*.

<https://www.cementosinka.com.pe/blog/todo-sobre-la-albanileria-confinada/>

Aglomerado plástico: Una solución sostenible para el reciclaje de residuos plásticos -

Aglomerador plástico - Noticias. (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2024, de <https://www.plasrecycling.com/news/plastic-agglomerate-a-sustainable-solution-fo-69182354.html>

Aguilar Huerta, J. R., Barreto Rivera, U., Berrio Atapuaccar, L., Aguilar Huerta, J. R., Barreto Rivera, U., & Berrio Atapuaccar, L. (2023). Encofrados de madera y metálicos en muros de corte y su desempeño respecto al número de usos y costo. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(119), 89-98. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i119.710>

Albañilería Reforzada o Confinada y Albañilería Armada. (s. f.). chilecubica. Recuperado 12 de octubre de 2024, de <http://www.chilecubica.com/vocabularios-definiciones/albañilería-reforzada-o-confinada-y-albañilería-armada/>

Arrebola, A. (2018, septiembre 20). *Sistemas de encofrados en la construcción* | INCYE Ibérica. INCYE. <https://www.incye.com/sistemas-de-encofrado/>

ASALE, R.-, & RAE. (s. f.-a). *Encofrado* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 4 de octubre de 2024, de <https://dle.rae.es/encofrado>

ASALE, R.-, & RAE. (s. f.-b). *Sistema* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 6 de octubre de 2024, de <https://dle.rae.es/sistema>

Asis Luciano, G. A. (2021). *Encofrados*. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/22044>

Celebrand. (2019, junio 17). Palés de madera vs. Palés de plástico. *Blog de TradePallet*. <https://tradepallet.com/es/pales-de-madera-vs-pales-de-plastico/>

Construcción y Diseño en VIS - 6 Elementos de Confinamiento. (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2024, de <https://sites.google.com/site/cydenvis/6-elementos-de-confinamiento>

Cubero, J. R. (s. f.). *Encofrado—Qué es, paso a paso, para qué sirve, tipos...* <https://www.raipintores.com/>. Recuperado 7 de octubre de 2024, de <https://www.raipintores.com/blog/encofrado/>

Education, E. I. O. (s. f.). *7 tipos de encofrado usados en la construcción* | Euroinnova. Euroinnova International Online Education. Recuperado 4 de octubre de 2024, de <https://www.euroinnova.com/blog/7-tipos-de-enconfrado-usados-en-la-construccion>

El plástico reciclado: Eficiente como material de construcción – Portal CDT. (2021). Recuperado 13 de octubre de 2024, de <https://www.cdt.cl/el-plastico-reciclado-eficiente-como-material-de-construccion/>

Encofrado de vigas | Aceros Arequipa. (s. f.). Recuperado 12 de octubre de 2024, de <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra/encofrado-de-vigas>

Encofrado y fundido de castillos | Directorio Industrial. (2011). Recuperado 12 de octubre de 2024, de <https://www.directorio-logistico.com.mx/encofrado-y-fundido-de-castillos-en-construccion/>

Ferretería Aaron Center. (2021, 23 de junio). *Encofrado de vigas. [Imagen]. Facebook.*
https://web.facebook.com/photo.php?fbid=115702957408438&id=104475015197899&set=a.115702977408436&_rdc=1&_rdr

Monterrey, M. A. (2023). *La Función de los Castillos en Construcción y todos sus Tipos.*
<https://maxacero.com/>. Recuperado 12 de octubre de 2024, de
<https://maxacero.com/blog/tipos-de-castillos-en-construccion-y-su-funcion/>

Norventas, B. (2023, octubre 6). Polietileno de alta densidad y usos en construcción.
Norventas. <https://www.norventas.com/blog/infraestructura/polietileno/>

Panel tipo aglomerado en plástico reciclado – Alquienvas Plastic. (s. f.). Recuperado 13 de octubre de 2024, de <https://alquienvasplastic.com/catalogo/panel-19-cm-en-plastico-reciclado/>

¿Qué es la Albañilería Confinada? | Encofrados.org. (2023, agosto 4).
<https://encofrados.org/que-es-la-albanileria-confinada/>

¿Qué es un castillo en construcción y cuál es su funcionalidad? (2022). Recuperado 12 de octubre de 2024, de <https://blog.deacero.com/que-es-un-castillo-en-construccion-y-cual-es-su-funcion>

Del Cielo, M. (2021). *prezi.com.* Recuperado 12 de octubre de 2024, de
<https://prezi.com/p/qleniuomqt1i/soleras-y-vigas/>

Zivancevic, J. (2023, mayo 31). Las ventajas de usar el plástico reciclado como material de construcción. *Geoplast.* <https://www.geoplastglobal.com/es/blog/las-ventajas-de-usar-el-plastico-reciclado-como-material-de-construccion/>

Aroquipa. (2020). Manual de Construcción para Maestros de Obra. *Aceros Arequipa.*

BBVA. (2024). *¿Qué es el reciclaje y por qué es importante reciclar?*

CREA. (2017). *¿Qué es el ángulo de acero? Medidas y clasificación. acero crea.*

Cunñachi, G. (2015). *Manual práctico de cubicacion de madero rolliza-aserrada.* Lima.

- Encofrados. (2021). *Encofrados*. Retrieved from Encofrados:
https://encofrados.org/encofrados-horizontales-y-verticales/#google_vignette
- Española, R. A. (n.d.).
- Holcim. (2022). *Solera de Hormigón: La Base Sólida en la Construcción*.
- Muñoz, D. (2023). *Polipropileno: qué es y sus características*.
- panel. (2019). *Láminas de plástico: 5 datos interesantes que debes conocer para elegir la más adecuada* . Retrieved from <https://panelyacanalados.com/blog/laminas-de-plastico-5-datos-interesantes-que-debes-conocer/#:~:text=Las%20l%C3%A1minas%20de%20pl%C3%A1stico%20son,o%20las%20especificaciones%20propias%20de>
- RAE. (2022).
- Recytrans. (2015). *Trituración de plástico*.
- Sodimac. (2023). *Clasificaciones y características de las maderas aserradas*. Retrieved from <https://sodimac.falabella.com/sodimac-cl/page/clasificaciones-y-caracteristicas-de-las-maderas-aserradas>
- Villalba, E. (2023). *¿Existe el plástico reciclado? Conoce esta alternativa ambiental*.

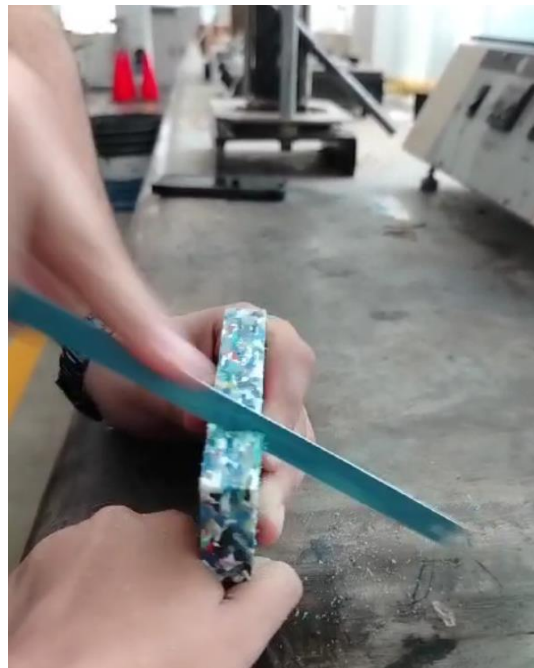
IX. ANEXOS

A continuación, se muestran imágenes de las pruebas y los procesos constructivos realizados a lo largo de la investigación:



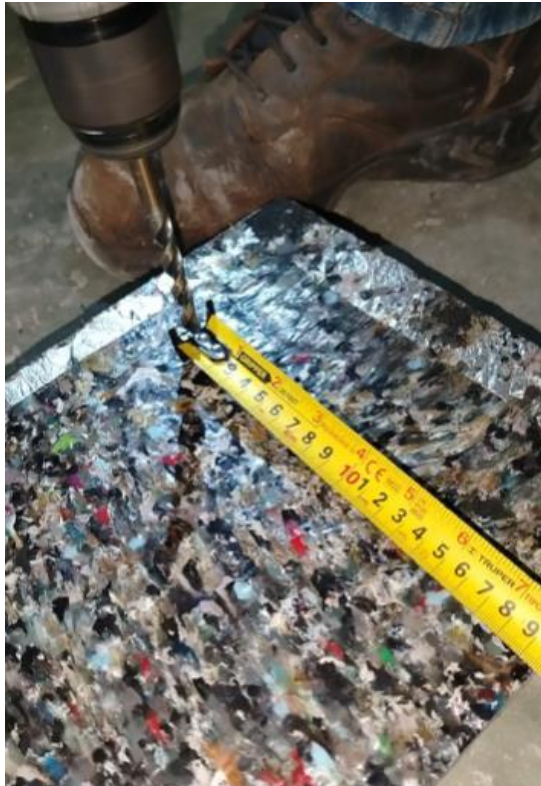
ANEXO 1 -PRUEBA DE CORTE CON CALADORA

Fuente: (Propia, 2024)



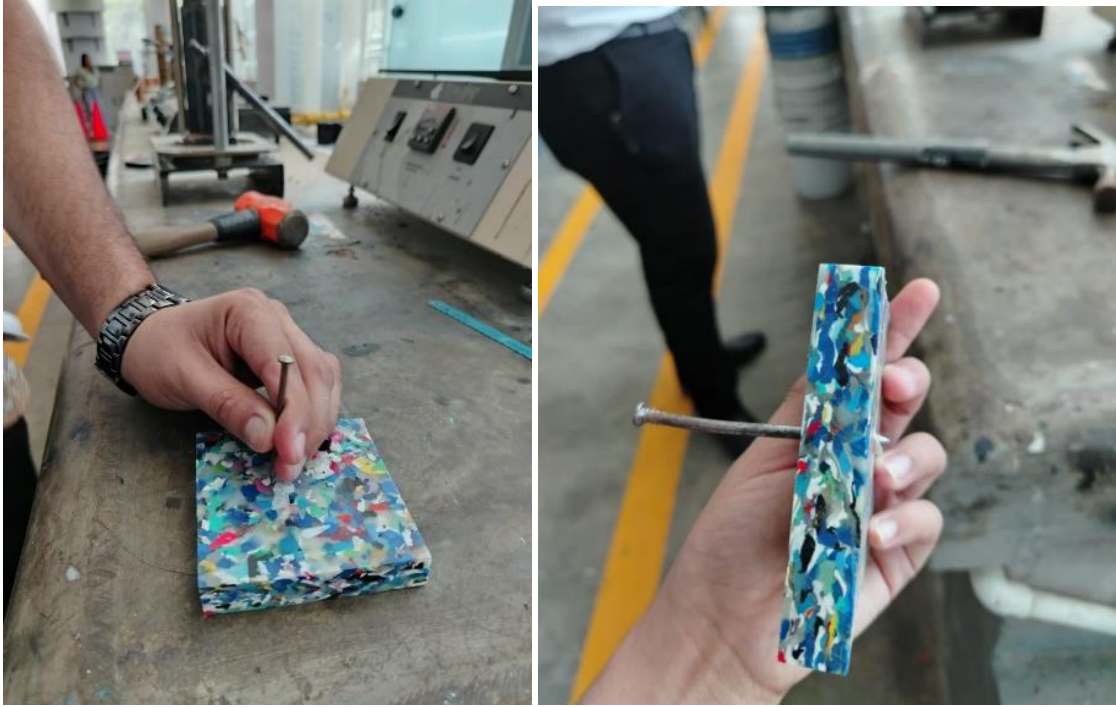
ANEXO 2 -PRUEBA DE CORTE CON SEGUETA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 3 -PRUEBA DE PERFORACIÓN CON TALADRO

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 4 -PRUEBA DE PERFORACIÓN CON CLAVOS

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 5 -PRUEBA DE IMPACTO CON MARTILLO Y ALMADANA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 6 -PRUEBA DE EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE DE TABLAS EN POSICIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

Fuente: (Propia, 2024)



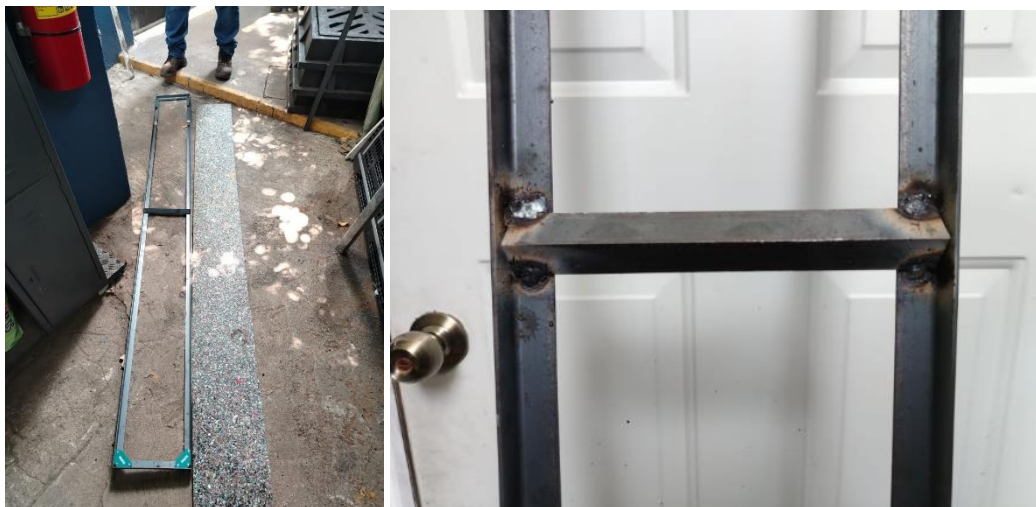
ANEXO 7 – MUESTRA SUMERGIDA PARA PRUEBA DE POROSIDAD

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 8 -CORTE DE ÁNGULO METÁLICO DE 1"x1"x1/8" PARA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ENCOFRADO PLÁSTICO

Fuente: (Propia, 2024)



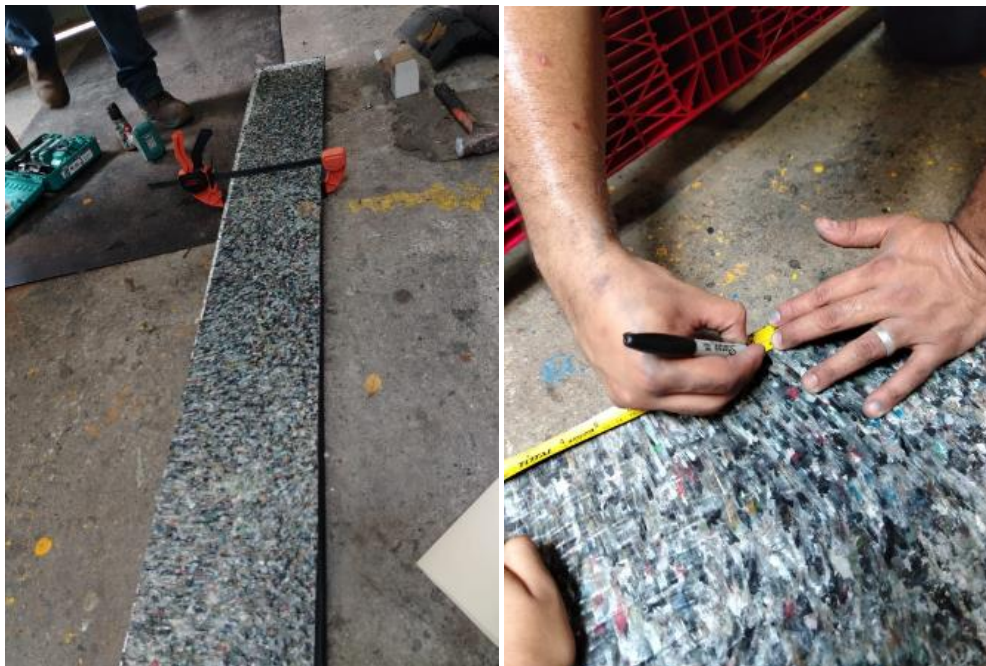
ANEXO 9 -ARMADO Y SOLDADURA DE ESTRUCTURA METÁLICA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 10 -PINTADO DE ESTRUCTURA CON PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 11 -FIJACIÓN Y MARCADO DE TABLA PARA REALIZAR EL ENSAMBLE CON LA ESTRUCTURA METÁLICA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 12 -PERFORACIÓN DE TABLA Y ÁNGULO PARA COLOCACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE DE 3/16" x 1 1/2"

Fuente: (Propia, 2024)



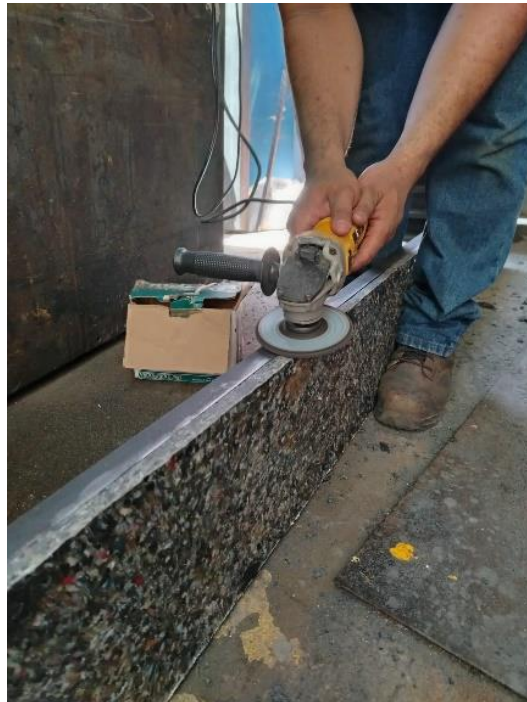
ANEXO 13 -AJUSTE DE TUERCAS PARA ASEGURAR LA TABLA A LA ESTRUCTURA METÁLICA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 14 -SELLADO DE HUECOS CON POLIETILENO RECICLADO

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 15 -EMPAREJADO DE LATERALES DEL SISTEMA DE ENCOFRADO

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 16 -PERFORACIÓN LATERAL DE ÁNGULOS METALICOS PARA SISTEMA DE ENSAMBLE DE SOLERA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 17 -SISTEMA DE ENCOFRADO DE SOLERA CON VARILLAS DE ¼" COMO SEPARADORES

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 18 -SISTEMA DE ENCOFRADO DE PLÁSTICO RECICLADO DE SOLERA EN SITIO
AJUSTADO CON SEPARADORES DE VARILLA Y BOLILLOS

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 19 -VERTIDO DE CONCRETO EN ENCOFRADO DE PLÁSTICO PARA SOLERA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 20 -DESENCOFRADO DE SOLERA

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 21 -ACABADO FINAL DE SOLERA SOBRE BLOQUE DE 4" CON 20CM DE ALTO

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 22 -COLOCACIÓN DE ENCOFRADO PARA CASTILLO DE 20CM DE ANCHO Y 220CM DE ALTO

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 23 -ENCOFRADO DE CASTILLO COLOCADO Y SUJETO CON BOLILLOS

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 24 -VERTIDO DE CONCRETO EN ENCOFRADO DE PLÁSTICO PARA CASTILLO

Fuente: (Propia, 2024)



ANEXO 25 -ACABADO FINAL DE CASTILLO Y PROCESO DE REPELLO

Fuente: (Propia, 2024)

CENTRO FERRETERO TORNIFESA

CENTRO FERRETERO TORNIFESA S. de R.L. de C.V.

Bo. Morazan, 10 Ave. N.E. 8-9 Calle, Ave. Juan Pablo II,
San Pedro Sula, Cortés
Tel.: (504)2545-6500, (504)2545-6500
gerencia@tornifesa.com
R.T.N.: 05019999179219

**COTIZACION NO
00163510**

Referencia:
Fecha 28/08/2024

CLIENTE C02037 - SOLTEC

RTN 05019005011990

Dirección Bo. Paz Barahona Avenida Circunvalacion 15 y 16 calle S.O.

TELEFONO (504)2552-6545 (504)2550-4182

FORMA PAGO CRÉDITO A 30 DÍAS

VENDEDOR CARMEN ENAMORADO

No	Código	Descripción	Bodega Ubicación	Cantidad	Precio Unitario	Descuentos y Rebajas	Total
1	0400151	ANGULO 1/8 X 1 X 20	01-MAYO	2	178.00	0.00	356.00
2	0400153	ANGULO 1/8 X 1 1/2 X 20	01-MAYO	1	301.92	0.00	301.92
3	1403061	VARILLA ROSCADA GALV 1/2X1 METRO	01-MAYO	2	44.00	0.00	88.00
4	1401754	TUERCA GALV UNC HEX 1/2	R1.C8.P2 - B	10	1.30	0.00	13.00
5	1402889	ARANDELA PLANA GALV 1/2	R1.C8.P6/R2.	10	1.70	0.00	17.00

ANEXO 26 -COTIZACIÓN DE ÁNGULO METÁLICO EN TORNIFESA

Fuente : (Centro Ferretero Tornifesa, 2024)



Cotización de precios

Pag. 1 / 1

No.	153540	Vendedor	LESBY CRISTINA CACERES BENITES
Para	SOLTEC con RTN: 05019005011990		
Sucursal	CLIENTE CONTADO		
Atencion	50493939565		
Fecha cotización	22/10/2024	Días de vigencia:	15
Proyecto		Fecha vencimiento:	06/11/2024

De acuerdo a su requerimiento, le detallo los precios de venta de los siguientes productos :

No.	Cantidad	Producto	Descripción	Precio	Monto
1	1	Y24BSA1-1/4	KEM ANTICOR ULTRA FAST DRY HS MATE NEGRO	249.48	249.48
				Total sin	249.48
				Impuesto	37.42
				Total	286.90

Los precios estan sujetos a cambios por variaciones de costos de materia prima, para validez de esta oferta confirmar antes de finalizar las proximas 24 horas.

ANEXO 27 - COTIZACIÓN PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA

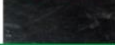
Fuente : (Sherwin-Williams Honduras, 2024)

Medida única 122 x 244 cm.

MULTICOLOR
RECTIFICADO



ACABADO ESPEJO
RECTIFICADO
PREMIUM



Producto	Espesor	Peso	Menudeo. Menos de 30 Pzs.	Mayoreo 30 Pzs. o más	Color Negro
Triplay Plástico	9 mm	22 kg	\$1,282.00 MXN	\$1,218.00 MXN	10 MM ESPESOR UNICO
	12 mm	28 kg	\$1,588.00 MXN	\$1,509.00 MXN	\$2,063.00 M.N.
	15 mm	36 kg	\$1,725.00 MXN	\$1,640.00 MXN	Precio Mayoreo (Mas de 100 piezas)
	18 mm	43 kg	\$2,063.00 MXN	\$1,960.00 MXN	\$1,998.00 M.N.



Condiciones:

- Precio en MXN por lámina + IVA + Envío.
- 50% anticipo 50% para envío.
- L.A.B. Planta y libre de maniobra.
- Pedidos en Monterrey llevan costo de envío.
- Precios sujetos a cambio sin previo aviso.
- Tiempo de entrega 10 - 15 días.

Especificaciones adicionales:

Las piezas vienen escuadradas y sin variaciones en espesor

Solo Materiales Ecológicos



Larralde 265 Col. Chepevera
Monterrey NL 64030
+52 81 8280 0859
www.tpmonterrey.com

TRIPLAY			10-30 PIEZAS	31-100	101-250	250 O MAS	DISTRIBUIDOR
122 X 250 CMS SR			-5%	-7%	-10%	-12%	-15%
TRIPLAY MULTICOLOR DE 7 MM	TM7	\$1,008.00	\$1,197.00	\$1,171.80	\$1,134.00	\$1,108.80	\$1,071.00
TRIPLAY MULTICOLOR DE 9 MM	TM9	\$1,093.00	\$1,297.94	\$1,270.61	\$1,229.63	\$1,202.30	\$1,161.31
TRIPLAY MULTICOLOR DE 12 MM	TM12	\$1,315.00	\$1,561.56	\$1,528.69	\$1,479.38	\$1,446.50	\$1,397.19
TRIPLAY MULTICOLOR DE 15 MM	TM15	\$1,509.00	\$1,791.94	\$1,754.21	\$1,697.63	\$1,659.90	\$1,603.31
TRIPLAY MULTICOLOR DE 18MM	TM18	\$1,725.00	\$2,048.44	\$2,005.31	\$1,940.63	\$1,897.50	\$1,832.81
TRIPLAY MULTICOLOR DE 25 MM	TM25	\$2,360.00	\$2,802.50	\$2,743.50	\$2,655.00	\$2,596.00	\$2,507.50
TRIPLAY GRANITO DE 7 MM	TG7	\$1,089.00	\$1,293.19	\$1,265.96	\$1,225.13	\$1,197.90	\$1,157.06
TRIPLAY GRANITO DE 9 MM	TG9	\$1,177.00	\$1,397.69	\$1,368.26	\$1,324.13	\$1,294.70	\$1,250.56
TRIPLAY GRANITO DE 12 MM	TG12	\$1,426.00	\$1,693.38	\$1,657.73	\$1,604.25	\$1,568.60	\$1,515.13
TRIPLAY GRANITO DE 15 MM	TG15	\$1,641.00	\$1,948.69	\$1,907.66	\$1,846.13	\$1,805.10	\$1,743.56
TRIPLAY GRANITO DE 18 MM	TG18	\$1,875.00	\$2,226.56	\$2,179.69	\$2,109.38	\$2,062.50	\$1,992.19
TRIPLAY GRANITO DE 25 MM	TG25	\$2,582.00	\$3,066.13	\$3,001.58	\$2,904.75	\$2,840.20	\$2,743.38

ANEXO 28 - COTIZACIÓN DE TABLAS DE AGLOMERADOS DE PLÁSTICO RECICLADO

Fuente: (TekProducts, Monterrey, 2024)

Cliente

Código: FF01-003415

Correo:

Nombre: SOLTEC

RTN: 05019005011990

Teléfono: 0

Cotización #1107237

Fecha: 04/01/2025 - 09:11:23AM

Vendedor: CRISTIAN FUNES 211

Imagen	Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	ISV	Subtotal
	028984	TORNILLO GOLOSO H 1-1/2X 8	30	L 0.30	15%	L 9.13
	022350	TACO PLAST S- 6 DE 6MM GRANEL C/MARCA 6 RECT	30	L 0.13	15%	L 3.91
	046790	TUERCA P/PERNO HEXAG PLANA 3/16 FIERO 600-PCS 44555	1	L 162.61	15%	L 162.61
	047192	PERNO CABEZA REDONDA 3/16X2 FIERO 100-PCS 44620	1	L 122.61	15%	L 122.61
	026631	ELECTRODO TRUPER 6013 1/8 1-KG P/SOLDAR 14361	1	L 78.26	15%	L 78.26

Artículos:	5	Sub Total:	L 376.52
		Impuesto:	L 56.48
		Descuento:	L 0.00
		Total:	L 433.00

ANEXO 29 - COTIZACIÓN FIERROS FERRETERIA

