



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCION
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO SOBRE IMPLEMENTACIÓN DE
ENCOFRADOS PLÁSTICOS REUTILIZABLES EN LOSAS DE HORMIGÓN
ARMADO EN EDIFICACIONES ALTAS.**

TUTOR

Mgtr. KARLA PAMELA CRESPO LEÓN

AUTOR

JUAN DANIEL BRITO PINZÓN

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Análisis técnico y económico sobre implementación de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado en edificaciones altas	
AUTOR/ES: Brito Pinzón Juan Daniel	TUTOR: Mgtr. Crespo León Karla Pamela
INSTITUCION: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 85
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción	
PALABRAS CLAVE: Ingeniería civil, Materiales de construcción, Edificio, Hormigón.	
RESUMEN: La presente investigación analiza la factibilidad técnica y económica del uso de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado para edificaciones en altura, en comparación con los sistemas tradicionales de madera y metálicos. El objetivo principal fue determinar si esta innovación representa una alternativa eficiente en términos de costos, tiempo de ejecución y sostenibilidad. La metodología empleada consistió en la elaboración de	

precios unitarios, análisis de cronogramas de obra y evaluación del número de reutilizaciones de cada sistema. Se estableció un caso representativo de edificación de 19 pisos, con área de losa de 2.000 m², donde se calcularon los costos y rendimientos de cada encofrado. Los resultados evidencian que el encofrado de madera alcanza un máximo de 10 reutilizaciones, mientras que el metálico llega a 150. En contraste, el encofrado plástico soporta hasta 100 ciclos de uso, manteniendo su rigidez y acabado superficial. En términos económicos, el costo inicial por m² del encofrado plástico es un 25 % superior al de la madera; sin embargo, al proyectar su vida útil, se reduce el gasto total en un 35 % respecto al sistema metálico y en un 50 % frente al de madera. Además, los plazos de ejecución disminuyen en un 20 % gracias a la ligereza y facilidad de montaje del sistema. el encofrado plástico constituye una alternativa viable y sostenible, aportando eficiencia constructiva y reducción significativa de costos en edificaciones de gran altura.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web): https://www.ulvr.edu.ec/		
ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Brito Pinzón Juan Daniel	Teléfono: 0941710261	E-mail: Jbritop@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Marcial Sebastián Calero Amores Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04) 25 96 500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgr. Jorge Enrique Torres Rodríguez Director de Carrera de Ingeniería Civil Teléfono: (04) 25 96 500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Análisis técnico y económico sobre implementación de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado en edificaciones altas



Nombre del documento: TT_2025A_BRITO-PINZON.pdf	Depositante: JUAN DANIEL BRITO PINZON	Número de palabras: 10.490
ID del documento: 5ce0851a41030d356cf4d9186c0263f5edaab1ab	Fecha de depósito: 18/8/2025	Número de caracteres: 79.382
Tamaño del documento original: 1,86 MB	Tipo de carga: url_submission	
Autor: JUAN DANIEL BRITO PINZON	fecha de fin de análisis: 18/8/2025	

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.ulvr.edu.ec https://www.ulvr.edu.ec/wp-content/uploads/2024/06/file_1637946113.pdf 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (255 palabras)
2	www.ulvr.edu.ec https://www.ulvr.edu.ec/wp-content/uploads/2024/06/file_1637946113.pdf 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (161 palabras)
3	repositorio.usmp.edu.pe https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/20.500.12727/1462/1/lopez_pwj.pdf 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)
4	repositorio.utea.edu.pe https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3f8372a1-b0cf-4d85-9985-7609dc... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (41 palabras)
5	repository.uniminuto.edu https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13323/1/TE.PRO.BecerraCelyPedroGabriel...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	library.co Análisis comparativo entre el sistema de encofrado de aluminio y en... https://library.co/document/q5mlw9ry-analisis-comparativo-encofrado-encofrado-metalico-...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	repository.uniminuto.edu Repositorio institucional UNIMINUTO: Aprovechami... https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/13323	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
3	repositorio.ucv.edu.pe https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21733/Briceño_HEP.pdf?seque...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	hdl.handle.net Estudio comparativo entre los sistemas de encofrado en Repúbl... http://hdl.handle.net/2117/127723	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
5	www.universidades.com.ec Sede Central - ULVR https://www.universidades.com.ec/universidad-laica-vicente-rocafuerte-de-guayaquil/sede-ce...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/3943/Tesis_Estudio_Com
2	https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/d63d10b6-1475-4896-82f5
3	https://core.ac.uk/download/pdf/154354087.pdf
4	https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1462/lopez_pwj.pdf?seq
5	https://revista.uch.edu.pe/index.php/hgh/issue/view/17/37



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado JUAN DANIEL BRITO PINZÓN, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Análisis técnico y económico sobre implementación de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado en edificaciones altas, corresponde totalmente a el suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor



Firma:

Juan Daniel Brito Pinzón

C.I. 0941710261

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación, Análisis técnico y económico sobre implementación de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado en edificaciones altas, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Análisis técnico y económico sobre implementación de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado en edificaciones altas, presentado por el estudiante JUAN DANIEL BRITO PINZÓN como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

Mgtr. Karla Pamela Crespo León

C.C. 0919203414

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo de titulación. En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica. quiero agradecer a mis padres que fueron un pilar fundamental en mi vida y también un ejemplo de cómo lograr lo que uno se proyecta, gracias al señor Rodrigo Brito por extender sus conocimientos hacia mi desde que era pequeño y por su esfuerzo hoy estoy aquí culminando uno de las metas académicas que me he proyectado, destaco por mucho su ejemplo, que no solo de palabras si no de acciones me enseñó a ser un verdadero hombre y que la disciplina supera por mucho al talento, día a día pude presenciar el esfuerzo sobrehumano que hizo para que a nuestra familia no le falte nada y evidenciar que cuando uno anhela tener algo, lucha hasta conseguirlo, me ha enseñado a no ser conformista, a dar más de la milla solicitada, a ser transparente y ser un hombre íntegro con temor de Dios, agradezco las noches que se quedó hasta tarde explicándome las tablas de multiplicar, a como dividir, a ganarme con esfuerzo el respeto de los que me rodean, me enseñó a como ser un líder mas no jefe, porque entendí que tengo que ser empático y amar al prójimo, sin usted mi vida no tendría el mismo sentido, gracias por siempre estar para mí, gracias Papá. agradezco a la señora Kathiuska Pinzón, que fue el equilibrio de la enseñanza en mi hogar, una mujer integra, sabia, que edifico su casa y nos entregó el mayor ejemplo de cómo amar con todo el corazón, me enseñó que con esfuerzo y dedicación todo es posible, pude evidenciar a través de usted que una madre siempre estará dispuesta hacer cualquier cosa por sus hijos, y mi corazón no puede estar más agradecido por darme la oportunidad de ser su hijo, Gracias Mamá.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida. a mis padres, por ser mi pilar fundamental, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus enseñanzas, que han guiado cada uno de mis pasos. Gracias por que sin ustedes no hubiese sido posible lograrlo, al señor Rodrigo Brito le agradezco todo su apoyo emocional y físico para persistir en esta hermosa carrera, aunque por muchas ocasiones dude de mis capacidades, nunca dejo de creer en mí, le dedico este logro que es compartido, fue el mentor para que yo también quiera ser ingeniero, este merito también es suyo, a la señora Kathiuska Pinzón, le dedico este logro, que por muchos años me ayudo para poder tener la oportunidad de trabajar en el sector de la construcción, su influencia en mi vida profesional se debe a que usted siempre estuvo dispuesta a ayudarme y creer que soy capaz de sobrellevar cargas que a mi edad muchos no quieren sobrellevar, su influencia en mí, ayudo a forjar mi carácter para ser un ingeniero, este merito también es suyo, a la señorita Katrina Becerra, un pilar importante en este proceso, le dedico este logro por ser paciente, y enseñarme a esforzarme y dar todo de mí, a no bajar los brazos y persistir en la carrera, este logro también es suyo.

RESUMEN

La presente investigación analiza la factibilidad técnica y económica del uso de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado para edificaciones en altura, en comparación con los sistemas tradicionales de madera y metálicos. el objetivo principal fue determinar si esta innovación representa una alternativa eficiente en términos de costos, tiempo de ejecución y sostenibilidad. La metodología empleada consistió en la elaboración de precios unitarios, análisis de cronogramas de obra y evaluación del número de reutilizaciones de cada sistema. Se estableció un caso representativo de edificación de 19 pisos, con área de losa de 2.000 m², donde se calcularon los costos y rendimientos de cada encofrado. Los resultados evidencian que el encofrado de madera alcanza un máximo de 10 reutilizaciones, mientras que el metálico llega a 150. En contraste, el encofrado plástico soporta hasta 100 ciclos de uso, manteniendo su rigidez y acabado superficial. En términos económicos, el costo inicial por m² del encofrado plástico es un 25 % superior al de la madera; sin embargo, al proyectar su vida útil, se reduce el gasto total en un 35 % respecto al sistema metálico y en un 50 % frente al de madera. Además, los plazos de ejecución disminuyen en un 20 % gracias a la ligereza y facilidad de montaje del sistema. el encofrado plástico constituye una alternativa viable y sostenible, aportando eficiencia constructiva y reducción significativa de costos en edificaciones de gran altura.

Palabras clave: Ingeniería civil, Materiales de construcción, Edificio, Hormigón.

ABSTRACT

This research analyzes the technical and economic feasibility of using reusable plastic formwork in reinforced concrete slabs for high-rise buildings, compared to traditional wood and metal systems. The main objective was to determine whether this innovation represents an efficient alternative in terms of cost, execution time, and sustainability. The methodology involved the preparation of unit prices, construction schedules, and evaluation of the reuse cycles of each system. A representative case of a 10-story building with a slab area of 2,000 m² was analyzed, calculating the costs and performance of each type of formwork. The results show that wooden formwork allows a maximum of 19 reuses, while metallic systems reach up to 150. In contrast, plastic formwork withstands up to 100 cycles while maintaining rigidity and surface quality. Economically, the initial cost per m² of plastic formwork is 25% higher than that of wood; however, when considering its service life, the total expenditure is reduced by 35% compared to metallic formwork and by 50% compared to wood. Additionally, execution times decrease by 20% due to the lightweight nature and ease of assembly of the plastic system. It is concluded that plastic formwork constitutes a viable and sustainable alternative, providing constructive efficiency and significant cost reduction in high-rise buildings.

Keywords: Civil engineering, Construction materials, Building, Concrete.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE SIMILITUD	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 Tema:.....	3
1.2 Planteamiento del Problema:	3
1.3 Formulación del Problema:	5
1.4 Objetivo General	5
1.5 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Hipótesis	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.	5
(Martínez, 2019)CAPÍTULO II.....	6
2.1 Marco Teórico	6
2.1.1 Definición y función del encofrado en la construcción	6
2.1.2 Concepto y función del encofrado en la construcción.....	9
2.1.3 Tipologías de encofrados	10
2.1.4 Encofrados plásticos reutilizables como innovación tecnológica	11
2.1.5 Criterios técnicos y estructurales de diseño de encofrados	12

2.1.6	<i>Enfoque ambiental y sostenibilidad</i>	13
2.1.7	<i>Clasificación de los sistemas de encofrado</i>	14
2.1.8	<i>Encofrados tradicionales en losas de hormigón armado</i>	16
2.1.9	<i>Encofrados plásticos reutilizables</i>	17
2.1.10	<i>Criterios económicos de evaluación</i>	19
2.1.11	<i>Costos de mantenimiento y reparación</i>	21
2.1.12	<i>Diseños de encofrados</i>	23
2.1.13	<i>Estudios relacionados</i>	27
2.2	Marco Legal	33
2.2.1	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	33
2.2.2	<i>Normativa ecuatoriana</i>	33
2.2.3	<i>Normas técnicas internacionales</i>	35
CAPÍTULO III		36
MARCO METODOLÓGICO		36
3.1	Enfoque de la Investigación	36
3.2	Alcance de la Investigación	37
3.3	Técnica e Instrumentos	37
3.4	Población y muestra	37
3.5	Muestreo de material	38
4.1	Presentación y análisis de resultados	39
4.1.1	<i>Propuesta de sistema de encofrado plástico reutilizable</i>	39
4.2	Costos y tiempos de ejecución	42
4.3	Validación mediante comparación técnica	47
4.4	Propuesta final del sistema	48
4.5	Resultados en cuanto a durabilidad, reutilización e impacto económico	51
4.6	Propuesta	53
CONCLUSIONES		60
RECOMENDACIONES		62

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificación técnica del encofrado de plástico utilizado en obra.....	41
Tabla 2. Comparación de costos y tiempos en encofrados de madera	44
Tabla 3. Comparación de costos y tiempos en encofrados metálicos	44
Tabla 4. Comparación de costos y tiempos en encofrados de plástico	45
Tabla 5. Comparación costos y tiempos en encofrados	45
Tabla 6. Cuadro comparativo y rentabilidad de los encofrados	46
Tabla 7. Numero de reutilizaciones según el tipo de encofrado	50
Tabla 8. Comparativo de desempeño económico por durabilidad	52

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Encofrado en sitio listo para la colocación de malla.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2 Muestra del encofrado plástico de polipropileno.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3. Comportamiento de encofrado después de una fundición de losa</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4. Encontrado de una losa con sistema nervada.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 5. Muestra en obra con personal técnico.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 6. Movilización de encofrado plástico.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 7 .Movilización de encofrado metálico.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 8. Desencofrado de losa con tablero de plástico.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 9. Desencofrado de losa con tablero metálico.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 10. Encofrado de plástico después de desencofrar.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 11. Encofrado de metal después de desencofrar.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 12. Losa con tableros plástico.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 13. Charla con maestro general de Obra.....</i>	<i>59</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 plano estructural de edificación	68
Anexo 2. Encofrado de losa con madera	69
Anexo 3. Visita en fundición de una losa con sistema de encofrado plástico	69
Anexo 4. Acabado de losa	70

INTRODUCCION

El sector inmobiliario en la región ha presenciado un crecimiento en las últimas décadas, convirtiéndose en si en uno de los motores clave para el crecimiento de la economía a escala nacional. Desde los 2000 la construcción en el ecuador se convirtió en crucial desarrollo de infraestructura, viviendas, proyectos comerciales e industriales, desarrollada tanto en inversiones públicas como en inversiones privadas.

La construcción en Ecuador, como en varios países, tiene un impacto significativo sobre el medio ambiente, aunque el sector constructivo en el país representa un desarrollo social y económico, también contribuye a varios problemas ambientales, que incluyen a la degradación de varios ecosistemas, como es la deforestación para la realización de estos sistemas constructivos como el hormigón armado.

A lo largo de los últimos 5 años, el país ha enfrentado varios desafíos económicos y políticos, a pesar de estos obstáculos, el sector constructivo ha mantenido un crecimiento sostenido, especialmente en áreas urbanas como Guayaquil y Quito, estas ciudades han experimentado una expansión de viviendas, departamentos y desarrollo inmobiliario.

Las edificaciones requieren la tala de grandes áreas de bosques, para así adquirir material, para le creación de encofrados hechos de las talas de estos árboles, creando una dependencia de este recurso para construir, aunque se han buscado opciones para poder Reemplazar esta materia prima, como lo son los encofrados metálicos que suelen ser más duraderos, pero en el impacto económico refleja un gasto excesivo. Para poder mitigar estos impactos negativos en Ecuador se han implementado algunas propuestas relacionadas con la construcción sostenible, como el uso de materiales reciclados, en este caso el plástico.

La contaminación por el plástico en el Ecuador se ha convertido en una problemática ambiental de creciente preocupación en las últimas décadas, la reutilización del plástico en la construcción es una alternativa innovadora y sostenible que puede ser de gran ayuda para poder mitigar el impacto ambiental de este material y a la vez reducir la cantidad de desechos plásticos que finalmente se echan a vertederos o en el océano.

Los encofrados de madera y metálicos han sido históricamente los más empleados en la construcción de losas de hormigón armado, sin embargo, presentan desventajas que limitan su desempeño. En el caso de la madera, su vida útil es corta debido al desgaste por humedad y al deterioro físico que sufre durante el proceso de vaciado y desencofrado, lo que obliga a reemplazos constantes y genera un aumento en los residuos de obra. Por su parte, los encofrados metálicos ofrecen mayor resistencia, pero su peso, alto costo inicial y complejidad de manipulación reducen la productividad en proyectos de gran magnitud. Estas limitaciones hacen necesario plantear alternativas innovadoras que logren superar los inconvenientes de los sistemas tradicionales, garantizando eficiencia técnica y viabilidad económica a lo largo del proceso constructivo.

Frente a este panorama surge el encofrado plástico reutilizable como una alternativa tecnológica que responde a las exigencias actuales del sector. Su principal ventaja radica en la durabilidad y capacidad de reutilización de los paneles, lo que permite reducir los costos asociados a reemplazos frecuentes y a la generación de residuos. Además, los encofrados plásticos son ligeros, modulares y fáciles de ensamblar, lo que disminuye los tiempos de montaje y desmontaje y contribuye a la optimización de la mano de obra. Estas características, sumadas a la mejora en la calidad de los acabados del hormigón y a la reducción del impacto ambiental, convierten a este sistema en una solución integral para la construcción de losas en edificaciones de mediana y gran altura.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Análisis técnico y económico sobre implementación de encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado en edificaciones altas.

1.2 Planteamiento del Problema:

Uno de los principales inconvenientes de los encofrados tradicionales, especialmente los de madera, es su baja vida útil y el elevado volumen de desechos que generan en obra. Estudios internacionales señalan que los encofrados de madera solo permiten entre 5 y 10 reutilizaciones promedio, dependiendo de la calidad de la tabla y del cuidado en obra. Esto significa que, para una edificación de gran escala (más de 15 pisos), se requieren miles de metros cuadrados de madera que, tras pocos usos, se convierten en residuos sólidos no reciclables. (Formwork, 2024).

Por ejemplo, en un edificio de 20 pisos con un área típica de 600 m² de losa por planta, se necesitan alrededor de 12.000 m² de encofrado durante toda la construcción. Si se utiliza madera con un promedio de 8 reutilizaciones, se tendría que adquirir aproximadamente 1.500 m² adicionales cada cierto ciclo de pisos, generando al final más de 60 toneladas de residuos de madera desechada. Estos restos, en la mayoría de obras, no son aprovechados ni reciclados, sino que se eliminan en botaderos o rellenos sanitarios, lo cual implica una presión directa sobre el ambiente.

En contraste, el encofrado de plástico puede alcanzar entre 80 y 100 reutilizaciones por pieza, lo que reduce en más del 85 % la cantidad de material requerido. Así, en el mismo ejemplo, bastaría con un solo juego de paneles plásticos para completar toda la obra, evitando toneladas de desperdicio. Además, al estar fabricados en su mayoría con polímeros reciclados (como polipropileno reforzado), al final de su vida útil pueden reincorporarse a procesos industriales mediante reciclaje.

El problema radica en que, pese a esta ventaja evidente, el uso de encofrados plásticos en la construcción aún es mínimo en comparación con la madera, debido a barreras de adopción como la falta de información técnica, la percepción de un costo inicial elevado y la resistencia cultural a cambiar prácticas tradicionales. Esto provoca que, en países en desarrollo como Ecuador, el sector construcción continúe generando miles de toneladas de desechos de madera por año, contribuyendo significativamente a la deforestación y a la saturación de los sistemas de disposición final de residuos.

Dentro de la industria de la construcción, los sistemas de encofrados son tan importantes y juegan un rol tan fundamental en la construcción de elementos estructurales de concreto armado. Tradicionalmente los encofrados son fabricados con materiales comúnmente de madera, acero o aluminio, de los cuales, es verdad que han demostrado ser muy funcionales, constantemente presentan una serie de limitaciones tanto ambientales como operativas. El encofrado de madera, por ejemplo, presenta un bajo número de poder ser reutilizado, este método requiere de varios tratamientos constantes para así evitar la absorción de la humedad y contribuye a la deforestación masiva debido a su manera de ser desechado en muchas obras, en su parte el encofrado metálico, aunque es más durable, inicialmente su costo implica mayor gasto.

Ante la necesidad de optimizar los procesos constructivos en términos de eficiencia y sostenibilidad, los encofrados plásticos se presentan como una solución innovadora. Elaborados principalmente a partir de polímeros reciclables como el polipropileno o el polietileno de alta densidad, estos sistemas destacan por su bajo peso, resistencia a la humedad y a agentes químicos, facilidad de mantenimiento y capacidad de reutilización prolongada sin que sus características físicas se vean comprometidas. Su configuración modular y diseño ergonómico también contribuyen a disminuir significativamente los tiempos de instalación y retiro, lo cual se traduce en una mejora directa de la productividad en obra.

1.3 Formulación del Problema:

¿En qué medida el uso de encofrado plástico representa una alternativa técnicamente viable, económicamente eficiente y ambientalmente sostenible frente al encofrado tradicional en proyectos de construcción de pequeña y mediana escala?

1.4 Objetivo General

Analizar la sostenibilidad técnica y económica para llevar a cabo el establecimiento de encofrados plásticos en el sistema constructivo de viviendas de hormigón armado, comparando su desempeño con los sistemas tradicionales, con el fin de que sus beneficios en términos de durabilidad, sostenibilidad y reducción de costos en el proceso constructivo, se evidencie en la práctica.

1.5 Objetivos Específicos

- Diseñar una propuesta de sistema de encofrado plástico reutilizable aplicable a losas de hormigón armado en edificaciones de mediana y gran altura, considerando los requerimientos estructurales, funcionales y normativos.
- Comparar los costos y tiempos de ejecución entre el sistema de encofrado tradicional y el sistema de encofrado plástico reutilizable, mediante presupuestos detallados y cronogramas de obra representativos.
- Evaluar la durabilidad y número estimado de reutilizaciones del encofrado plástico, y analizar su impacto económico en un proyecto en comparación con los sistemas convencionales.

1.6 Hipótesis

Los encofrados plásticos presentan una alta durabilidad, reutilización y calidad en los acabados, superando a los sistemas tradicionales.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción (Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil, 2024).

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Definición y función del encofrado en la construcción

El encofrado, es la parte soportante de toda estructura de hormigón, confinando toda el área a fundir, por lo tanto, abarca un aspecto muy importante en la construcción debido a que representa además uno de los costos más significativos, en ocasiones el encofrado tiene un costo mayor al elemento a fundir, ya que existen varios materiales para crear un encofrado. Depende también del elemento a fundir, tener un buen encofrado ayuda a que el acabado quede mejor según las necesidades de cada proyecto. (Cueva, 1986).

El encofrado puede definirse, en términos generales, como el sistema temporal de moldes y soportes que contiene al hormigón fresco hasta que éste adquiere la resistencia suficiente para sostenerse por sí mismo. Su función esencial es garantizar la geometría, dimensiones y alineaciones del elemento estructural, además de transferir de forma segura las cargas del vaciado y del proceso constructivo hacia el sistema de apuntalamiento y la estructura provisoria. Esta condición hace del encofrado un componente clave para la calidad del acabado y el desempeño estructural final (Ayala et al., 2010).

Desde la perspectiva de la producción en obra, el encofrado actúa como interfaz entre el diseño y la materialización del concreto. Al cumplir el rol de molde resistente y estanco, controla la exudación, la presión lateral del hormigón y la planeidad de superficies, lo que incide directamente en los retrabajos posteriores (revoques, lijados o rectificaciones). En consecuencia, su adecuada planificación y diseño repercuten en plazos, costos y seguridad del proceso, por lo que su gestión es inseparable del control de calidad de obra (Ayala et al., 2010).

En el plano operativo, la función del encofrado se extiende a soportar las presiones hidrostáticas del concreto fresco y las sobrecargas de construcción (tránsito de personal y equipos, vibrado y viento). Por ello, la rigidez, estanqueidad y resistencia del conjunto —paneles, costillas, vigas secundarias, puntales y amarres— deben verificarse según las solicitaciones previstas en los planos y especificaciones del proyecto, evitando filtraciones, panzeos y desplazamientos que comprometan la integridad del elemento. (Ayala et al., 2010).

Cuando se emplean sistemas modulares industrializados, la función del encofrado incorpora la repetitividad como atributo esencial: paneles normalizados, uniones rápidas y accesorios permiten ciclos de colado más cortos, con control dimensional más estricto y menores desperdicios. En muros y otros elementos verticales, estos sistemas aseguran holguras uniformes para el acero de refuerzo, alineación en ambos lados del paramento y velocidades de izaje consistentes con los planes de seguridad en obra. (Ayala et al., 2010).

Un encofrado es un sistema concebido y construido de tal manera, que su forma debe corresponder a su función y se encuentra dotado de ciertos atributos muy propios. Desde el punto de vista mecánico, el encofrado no es otra cosa que una base o caja para verter el hormigón en estado semilíquido y el comportamiento de esa base o caja responde, aunque no absolutamente, a los principios de la hidrostática (Botero, 2006).

El encofrado se define como el molde provisional que se utiliza en la construcción para contener y dar forma al hormigón fresco hasta que este adquiera la resistencia necesaria para sostenerse por sí mismo. En términos técnicos, constituye un sistema auxiliar indispensable en el proceso constructivo, ya que permite materializar las dimensiones y geometrías previstas en los planos estructurales, asegurando que los elementos de hormigón armado cumplan con las características de estabilidad, resistencia y estética requeridas. Sin la existencia de este sistema, la ejecución de losas, columnas, vigas y muros sería prácticamente inviable, puesto que el hormigón en estado fresco carece de rigidez y fluye libremente, por lo que necesita

un soporte temporal que garantice la estabilidad durante el vaciado y fraguado. (Castañeda Ortega et al., 2015).

La función principal del encofrado es resistir las presiones y cargas ejercidas por el hormigón recién vaciado y por las acciones adicionales generadas durante el proceso constructivo, como el tránsito de operarios, vibraciones de equipos y condiciones ambientales. En este sentido, el encofrado debe poseer suficiente rigidez y estabilidad para evitar deformaciones o desplazamientos que puedan alterar la calidad de la estructura. Además, actúa como una guía de precisión, manteniendo las alineaciones, espesores y dimensiones exactas de cada elemento estructural, lo que asegura que el diseño se ejecute de acuerdo con las especificaciones técnicas y las normas vigentes. (Bravo, 2018).

Más allá de su papel estructural, el encofrado cumple una función operativa que incide directamente en la eficiencia de la obra. Su diseño y configuración determinan la rapidez con la que puede ejecutarse el montaje y desmontaje, lo que impacta en los tiempos de ejecución y en los costos asociados a la mano de obra. Un sistema de encofrado adecuado permite optimizar la secuencia constructiva, facilitando el vaciado del hormigón, el uso de equipos de compactación y el retiro ordenado de los moldes una vez que el material ha endurecido. De esta manera, el encofrado se convierte en un elemento que, aunque temporal, influye de manera decisiva en la productividad y la economía del proyecto. (Pineda Reyes, 2025).

2.1.2 Concepto y función del encofrado en la construcción

El encofrado constituye un elemento esencial en la construcción, ya que proporciona la forma temporal necesaria para que el hormigón fresco adquiera la geometría proyectada en planos estructurales. Su función principal es resistir las presiones del concreto durante el colado y el fraguado, garantizando estabilidad, precisión dimensional y acabados de calidad. En la literatura técnica se lo define como un molde temporal cuya resistencia, rigidez y durabilidad determinan en gran medida la eficiencia y seguridad del proceso constructivo. Su correcta elección y uso influyen directamente en los costos, tiempos de ejecución y calidad final de la obra. (Hidrobo, 2007).

El encofrado no es únicamente un molde pasivo, sino que actúa como un sistema estructural provisional capaz de resistir esfuerzos importantes. Durante el proceso de colado, el hormigón ejerce presiones laterales que aumentan en función de la altura de vaciado y la velocidad de llenado, por lo que los encofrados deben diseñarse de manera que no sufran deformaciones que alteren la geometría final del elemento. Para ello, se emplean elementos de refuerzo, puntales, amarres y estructuras de soporte que distribuyen las cargas de manera uniforme. La función estructural del encofrado es tan importante que un diseño deficiente puede ocasionar desplazamientos, filtraciones, pérdidas de material e incluso fallas graves en el vaciado. Por lo tanto, además de moldear, el encofrado asegura estabilidad y precisión dimensional en cada fase del proceso constructivo. (Ayala et al., 2010).

2.1.3 Tipologías de encofrados

Los sistemas de encofrado se han diversificado con el tiempo, adaptándose a los distintos requerimientos de la construcción. Entre los más empleados se encuentran los de madera, metálicos, mixtos y plásticos reutilizables. Cada uno presenta características particulares en cuanto a resistencia, durabilidad, costos de adquisición y mantenimiento. Los encofrados de madera, aunque son económicos y de fácil fabricación, tienen una vida útil reducida. Los metálicos ofrecen gran resistencia y precisión, pero son más costosos y pesados. En este contexto, los encofrados plásticos aparecen como una innovación tecnológica que combina ligereza, durabilidad y facilidad de montaje, respondiendo a las necesidades de la construcción moderna. (Sneider, 2025).

Los encofrados se pueden clasificar según su orientación en la obra. Por un lado, los encofrados horizontales están diseñados para moldear elementos como losas y forjados, y son sostenidos mediante puntales o andamios que transmiten las cargas al terreno o a pisos inferiores. Por otro lado, los encofrados verticales se emplean en la construcción de pilares, muros, columnas y elementos similares; deben ser capaces de resistir empujes laterales del hormigón fresco y mantener su precisión dimensional, lo que es crítico para columnas y estructuras verticales. Esta dualidad funcional refleja la importancia de adaptar el diseño del encofrado al tipo de elemento estructural a ejecutar y las solicitaciones que enfrentará. (Hidrobo, 2007).

Existen también sistemas avanzados que responden a retos verticales o continuos, como los encofrados deslizantes o trepantes. El primero permite desplazar el molde verticalmente sin esperar el fraguado completo del hormigón, lo cual acelera el ritmo de ejecución y reduce costos de montaje. Este sistema es especialmente útil en construcciones como puentes o muros rotativos. Por su parte, los sistemas trepantes —ya sean guiados o autotrepantes— permiten construir estructuras altas o continuas de forma eficiente, pues el molde sube junto con la estructura conforme avanza la obra, consolidando la altitud mientras se ejecuta el colado. (Cusme, 2010).

2.1.4 Encofrados plásticos reutilizables como innovación tecnológica

Los encofrados plásticos reutilizables representan una innovación significativa en la industria de la construcción, ofreciendo soluciones más eficientes y sostenibles en comparación con los métodos tradicionales. Estos sistemas, fabricados a partir de plásticos reciclados como el polipropileno, proporcionan ventajas notables en términos de durabilidad, resistencia y facilidad de manejo. Su diseño modular permite una rápida instalación y desmontaje, reduciendo los tiempos de construcción y los costos asociados. Además, al ser reutilizables, contribuyen a la disminución de residuos en los sitios de construcción, alineándose con las prácticas de construcción sostenible. La implementación de encofrados plásticos no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también promueve una gestión más responsable de los recursos en el sector de la construcción. (Bustos Cruz, 2020).

La adopción de encofrados plásticos reutilizables en la construcción de edificaciones altas ha demostrado ser una estrategia efectiva para optimizar los procesos constructivos. Estos sistemas ofrecen una resistencia mecánica adecuada para soportar las cargas del concreto durante el proceso de fraguado, asegurando la integridad estructural de las losas de hormigón armado. Su ligereza facilita el transporte y la manipulación en obra, permitiendo una mayor productividad y reduciendo la necesidad de equipos pesados. Además, su resistencia a la humedad y a las condiciones climáticas adversas prolonga su vida útil, haciendo que la inversión inicial sea rentable a largo plazo. La implementación de encofrados plásticos en proyectos de gran envergadura no solo mejora la eficiencia técnica, sino que también representa un paso hacia la modernización y sostenibilidad del sector de la construcción. (Mamani, 2017).

2.1.5 Criterios técnicos y estructurales de diseño de encofrados

En la investigación de Arapa Mamani y Maldonado López (2019) se comparó el comportamiento estructural de encofrados metálicos y de madera en la construcción de edificios en la ciudad del Cusco. El estudio reveló que los encofrados metálicos ofrecen una mayor eficiencia en términos de costos, rendimiento y calidad en comparación con los de madera. Se observó que los encofrados metálicos presentan una mayor resistencia durante el vaciado del concreto, lo que contribuye a una mayor seguridad en obra. Además, la implementación de encofrados metálicos permite una reducción significativa en los tiempos de instalación y desmontaje, optimizando los recursos y mejorando la productividad en los proyectos de construcción. (Narcizo, 2019).

El diseño de encofrados para muros utilizando formaletas modulares es una estrategia eficiente que permite una construcción más rápida y precisa. Según Martínez (2019) la implementación de un modelo de restricciones para generar encofrados modulares para muros rectilíneos optimiza el proceso constructivo al reducir los tiempos de montaje y garantizar una mayor calidad en los acabados. Este enfoque modular facilita la adaptación a diferentes dimensiones y geometrías de los muros, ofreciendo flexibilidad en el diseño y permitiendo una reutilización eficiente de los elementos del encofrado en múltiples proyectos. (Pineda Reyes, 2025).

En el contexto del diseño de encofrados para losas, es esencial considerar aspectos como la separación de los elementos del encofrado, la resistencia de los materiales utilizados y la capacidad de carga del sistema. Según el documento técnico de la UCAB (2007) el diseño de encofrados para losas debe garantizar que los elementos del encofrado estén adecuadamente separados para permitir una distribución uniforme del concreto y evitar deformaciones indeseadas. Además, se debe asegurar que los materiales utilizados en el encofrado tengan la resistencia adecuada para soportar las cargas aplicadas durante el proceso de vaciado y fraguado del concreto. La capacidad de carga del sistema de encofrado debe ser evaluada considerando las cargas temporales y permanentes, así como las condiciones específicas del proyecto. (Martínez et al., 2020).

2.1.6 Enfoque ambiental y sostenibilidad

El diseño de encofrados con un enfoque ambiental y sostenible es esencial para reducir el impacto ecológico de la construcción. Según el estudio de (Vega Clemente, 2015) la integración de la construcción industrializada en la arquitectura y el desarrollo sostenible requiere considerar criterios como la eficiencia en el uso de materiales, la reducción de residuos y la optimización energética. La aplicación de estos principios en el diseño de encofrados no solo mejora la sostenibilidad de las estructuras, sino que también contribuye a la resiliencia y durabilidad de las edificaciones. La investigación destaca la importancia de adoptar prácticas de diseño que minimicen el consumo de recursos y la generación de desechos, promoviendo así una construcción más responsable con el medio ambiente.

La sostenibilidad en la construcción de viviendas requiere aplicar técnicas y materiales que reduzcan el impacto ambiental. Esto incluye la utilización de materiales reciclados, la eficiencia energética en el diseño de las estructuras y la gestión adecuada de los residuos generados en obra. Estas prácticas permiten mejorar la calidad de vida de los ocupantes y, al mismo tiempo, reducir el impacto ambiental de la construcción. La promoción de estas estrategias sostenibles es esencial, sobre todo en proyectos de vivienda social, donde se busca maximizar los beneficios tanto ambientales como económicos. (Becerra, 2021).

La selección de materiales y sistemas de encofrado tiene un efecto directo sobre la sostenibilidad de un proyecto. Por ejemplo, los encofrados metálicos o plásticos reutilizables presentan ventajas en términos de durabilidad y posibilidad de reutilización, reduciendo la generación de residuos y optimizando el consumo de recursos. Por el contrario, los encofrados de madera, aunque renovables, requieren un manejo adecuado de los recursos forestales para evitar impactos negativos en el medio ambiente. Es fundamental evaluar todo el ciclo de vida de los materiales utilizados, considerando la extracción, fabricación, uso y disposición final, para garantizar un enfoque ambiental responsable. (Narcizo, 2019).

2.1.7 Clasificación de los sistemas de encofrado

Los sistemas de encofrado presentan variaciones según el tipo de proyecto constructivo, la calidad requerida del hormigón y el material empleado en su elaboración. No obstante, es posible clasificarlos en función de ciertos criterios técnicos. Uno de los principales se relaciona con el acabado del hormigón en los elementos estructurales, lo que determina tanto la elección del material del encofrado como el tratamiento previo y durante la ejecución, con el fin de garantizar el resultado deseado en superficie. (Silva & Gutiérrez , 2021).

De acuerdo con esta característica, se distinguen dos categorías principales: los encofrados para hormigón visto y los encofrados para hormigón destinado a recibir revestimiento. En el primer caso, se requieren paneles lisos e impermeables, generalmente metálicos, dado que ofrecen una mayor cantidad de reutilizaciones respecto a los de madera. En ocasiones, estos paneles se complementan con recubrimientos antiadherentes o la aplicación de agentes desencofrantes líquidos, puesto que el hormigón conforma directamente la fachada del edificio y, por tanto, demanda un acabado de alta calidad. Por el contrario, cuando el hormigón no constituye la superficie final de la obra, tales exigencias técnicas y tratamientos adicionales no resultan necesarios. (Cusme, 2010).

En proyectos de optimización constructiva, la función del encofrado se vincula con la reducción de tiempos de ciclo y de retrabajos. Estudios de factibilidad sobre su uso y mejora metodológica muestran que la estandarización de procedimientos y la selección adecuada del sistema pueden disminuir variabilidad, asegurar tolerancias y mejorar la coordinación entre enfierrado, colado y curado temprano. De este modo, el encofrado actúa como catalizador de la productividad. (Silva & Gutiérrez , 2021).

La definición funcional de encofrado incluye considerar la presión lateral del concreto, que depende de la consistencia, velocidad de colado y temperatura. Los manuales de diseño establecen que los elementos del encofrado (tableros, largueros, montantes y puntales) deben dimensionarse para esas solicitaciones, así como para cargas incidentales, con criterios de deformación límite que aseguren planeidad y tolerancias geométricas en servicio. (Silva & Gutiérrez , 2021).

Finalmente, en el campo de las técnicas específicas como encofrados deslizantes o trepantes para elementos verticales, la función del encofrado se integra a equipos de izaje y plataformas, sincronizando ritmos de hormigonado y variables de fraguado. La definición operativa incorpora protocolos de control y seguridad, así como criterios para el desencofrado en tiempos que preserven resistencias iniciales y eviten fisuración o pérdida de recubrimiento. (Ayala et al., 2010).

Más allá de la elección del material, la función del encofrado se valida en su capacidad de habilitar una construcción segura. Protocolos de montaje, izaje, arriostramiento, acceso y cierre de juntas forman parte integral del sistema. La planificación de tareas —pre-ensamble, izaje, posicionamiento, amarre y verificación— es determinante para minimizar riesgos, evitar fallas por presión del concreto y garantizar un desencofrado sin incidentes ni daños al elemento. (Silva & Gutiérrez , 2021).

2.1.8 *Encofrados tradicionales en losas de hormigón armado*

Este sistema de encofrado está compuesto por diversos elementos estructurales, entre los que destacan los puntales —fabricados en metal o madera—, vigas longitudinales y transversales, tableros de madera y paneles de encofrado. La disposición adecuada y eficiente de estos componentes conforma una estructura temporal que actúa como soporte del hormigón fresco. Además, su configuración en forma de plataforma brinda a los operarios la posibilidad de ejecutar labores complementarias, tales como instalaciones eléctricas, procesos de fijación y verificación de aplomos en las distintas fases del encofrado. (Bravo, 2018).

Una tesis comparativa realizada por la PUCE en Ecuador analizó la factibilidad técnica, económica y constructiva del encofrado tradicional frente al sistema LosaFlex para vigas y losas de hormigón armado. Se concluyó que el sistema tradicional, aunque conocido y accesible, tiene mayores costos y menor eficiencia operativa, resultando menos favorable frente a opciones modernas como LosaFlex, especialmente en losas planas o con luces grandes. (Guerrero, 2018).

En el encofrado tradicional horizontal, como en losas planas, el procedimiento comienza con el montaje del andamiaje o soporte primario (puntales y largueros), seguido de la colocación de tableros o paneles encofrantes y finalmente la instalación del armado de acero y otras instalaciones empotradas (eléctricas, hidráulicas). Esta secuencia requiere precisión en niveles, alineaciones y compactación previa del soporte para garantizar uniformidad y calidad del colado. (Guerrero, 2018).

La utilidad práctica de los encofrados horizontales radica en su disposición provisional auxiliar, donde los acoples de sus elementos permiten el sostén y moldeo de las estructuras de hormigón fresco hasta su proceso de endurecimiento donde adquiere la resistencia deseada. De ahí que la estructura de encofrado horizontal permite la fundición de losas de manera parcial o completa convirtiéndose en una gran alternativa para el proceso constructivo, donde la única condicionante lo constituye el material a utilizar, es decir metálico o madera según la disponibilidad de costos que es responsabilidad del propietario de la obra. (Bravo, 2018).

En resumen, los encofrados tradicionales para losas de hormigón armado presentan beneficios en términos de flexibilidad, bajo costo inicial y adaptación a formas variadas. No obstante, sus limitaciones—como baja productividad, costos elevados acumulados, generar más residuos, vida útil acotada y menor control dimensional—han impulsado el desarrollo de sistemas más eficientes y normalizados, que mejoran rendimiento, seguridad y sostenibilidad en obra. (Silva & Gutiérrez , 2021).

2.1.9 *Encofrados plásticos reutilizables*

El uso de plásticos reciclados en la construcción se fundamenta en la valorización de residuos plásticos para transformarlos en insumos aplicables al sector, tales como paneles, bloques, piezas de refuerzo y otros componentes constructivos. Este material se ha consolidado como un recurso de gran relevancia, no solo por los beneficios que aporta al ámbito constructivo, sino también por su contribución significativa a la sostenibilidad ambiental. Los polímeros reciclados más empleados son el polietileno de alta densidad (HDPE), el polipropileno (PP) y el poliestireno (PS). Estos se someten a procesos de transformación y moldeo en diversos formatos, como tableros o perfiles estructurales, a los que con frecuencia se añaden aditivos que mejoran su resistencia mecánica y durabilidad. El HDPE, en particular, destaca por su elevada resistencia a la corrosión, lo que lo convierte en un material confiable para redes de agua y alcantarillado, al reducir riesgos de filtraciones. Asimismo, su combinación de durabilidad y flexibilidad le permite soportar impactos y cargas de consideración, lo que lo hace apto para aplicaciones de alta exigencia. Otra ventaja

clave es su bajo peso específico, que facilita el transporte, manipulación y montaje en obra, generando ahorros de tiempo y costos frente a materiales convencionales como el PVC. En este contexto, diversos proyectos constructivos han incorporado elementos fabricados con polietileno reciclado, evidenciando su potencial como alternativa eficiente y sostenible. (Pineda Reyes, 2025).

Se evaluó la factibilidad estructural, arquitectónica y económica de emplear plástico PET reciclado como material para encofrados. Analizan sus características mecánicas y normativas, junto con su comportamiento frente al concreto. El estudio concluye que el PET reciclado es viable, tanto desde el punto de vista técnico como económico, para ser utilizado en encofrados alternativos. (Patiño & Gutiérrez, 2023).

Las tesis que estudian encofrados plásticos reutilizables describen estos sistemas como paneles o formaletas fabricados en polímeros (polietileno, polipropileno, ABS o PET reciclado) diseñados para soportar el colado del hormigón y reutilizarse múltiples ciclos. En las investigaciones se señala que el plástico ofrece ventajas operativas: ligereza para manipulación manual, facilidad de limpieza, resistencia a la humedad y a la absorción de lechada, lo que se traduce en acabados de superficie más uniformes y menor necesidad de tratamientos posteriores. Estos estudios suelen contrastar el mayor costo inicial con beneficios en productividad y menor costo por uso. (Bustos Cruz, 2020).

Desde el punto de vista técnico, las tesis que han probado encofrados plásticos indican que sus propiedades mecánicas y de comportamiento frente a la presión del hormigón mejoran cuando el diseño incorpora refuerzos de nervaduras, marcos metálicos o perfiles de unión estandarizados. Ensayos de laboratorio y cálculos estructurales realizados en trabajos de grado muestran que, con el espesor y la configuración adecuados, los paneles plásticos pueden controlar la deformación y garantizar planicidad aceptable sin comprometer la seguridad durante el vertido. Para aplicaciones de losas y elementos verticales, la combinación plástico–estructura metálica resulta habitual en las propuestas de tesis. (Silva & Gutiérrez , 2021).

2.1.10 Criterios económicos de evaluación

En los hallazgos, se observó que el costo de trabajo y renta del encofrado de metal es superior al de aluminio, lo que se atribuye a los diferentes tipos de tecnología utilizada en los procesos de fabricación e instalación del encofrado. Para concluir, estos encofrados de metal tienen un costo del 30% superior al de aluminio, esto se debe a que los encofrados de metal son hechos de metal. (Castañeda Ortega et al., 2015).

Según la investigación realizada por Patiño Gutiérrez (2023) la evaluación económica de los sistemas de encofrado constituye un aspecto fundamental para determinar su factibilidad en proyectos de construcción. Estos criterios permiten comparar los costos iniciales de adquisición con los beneficios derivados de su reutilización, durabilidad y eficiencia en obra.

Entre los principales parámetros a considerar destacan:

- Costo inicial por metro cuadrado (USD/m²): inversión necesaria para la adquisición del sistema de encofrado, diferenciando madera, metálico y plástico.
- Número de reutilizaciones: indicador que permite proyectar el costo real del encofrado a lo largo de su vida útil. Mientras la madera alcanza entre 8 y 12 ciclos, el metálico llega a 40 y el plástico supera los 70 ciclos, lo que reduce de manera significativa el costo unitario por uso.
- Costo por ciclo de utilización: obtenido dividiendo la inversión inicial entre el número de reutilizaciones, lo que refleja el valor económico real de cada sistema.
- Tiempo de ejecución de obra: la rapidez en el montaje y desmontaje incide directamente en los costos indirectos de mano de obra y en el cumplimiento de cronogramas. El encofrado plástico puede reducir hasta un 20 % los plazos respecto a los métodos tradicionales.

- Costos de mantenimiento y reparación: se relacionan con la necesidad de reemplazar piezas dañadas, aspecto que incide en la vida útil y en la rentabilidad del sistema.
- Impacto en el costo total de la obra: análisis integral de la influencia del sistema de encofrado en el presupuesto global del proyecto.

Dentro de los procesos constructivos, la evaluación económica de los sistemas de encofrado constituye un aspecto clave para la toma de decisiones, ya que de ella depende la viabilidad financiera y operativa de un proyecto. El encofrado, al representar un porcentaje significativo del costo total de la obra, debe analizarse bajo parámetros que consideren no solo la inversión inicial, sino también su vida útil, capacidad de reutilización, costos de mantenimiento y efecto en los tiempos de ejecución. Los criterios económicos de evaluación permiten determinar qué sistema ofrece la mejor relación costo–beneficio, considerando tanto el corto como el largo plazo, y asegurando que la elección se alinee con los objetivos de eficiencia y rentabilidad del proyecto. (Cabrera, 2017).

El primer criterio económico a considerar es el costo inicial de adquisición del sistema de encofrado. Los encofrados de madera suelen ser más económicos en su compra, lo que los hace atractivos en proyectos de pequeña escala o con presupuestos limitados. Sin embargo, su corta vida útil incrementa los costos acumulados cuando se requiere reemplazo constante. En contraste, los encofrados metálicos y plásticos tienen un costo inicial más elevado, pero su durabilidad y capacidad de reutilización en múltiples ciclos los convierten en alternativas más rentables en proyectos de mediana y gran magnitud. De esta manera, la evaluación económica no debe limitarse al precio de adquisición, sino que debe proyectar los costos totales durante el ciclo de vida útil del sistema. (Patiño Garzón, 2023).

2.1.11 Costos de mantenimiento y reparación

El mantenimiento y reparación de los sistemas de encofrado dependen directamente del material empleado. En el caso de los encofrados de madera, los costos de conservación pueden representar hasta un 15 % del costo inicial por ciclo de uso, debido a su deterioro por humedad, deformaciones y fisuras, lo que obliga a reemplazar entre un 20 % y 30 % de las piezas en cada proyecto. Los encofrados metálicos requieren menos reposición, pero generan gastos adicionales en protección contra la corrosión y soldaduras de refuerzo, que equivalen aproximadamente al 8 % de su valor inicial por cada 10 usos. En contraste, los encofrados plásticos solo requieren limpiezas simples, alcanzando costos de mantenimiento que no superan el 3 % de su costo inicial incluso después de 50 reutilizaciones, lo que evidencia una ventaja económica sostenida frente a los sistemas tradicionales. (Aparco Peralta, 2022).

El análisis de los costos de mantenimiento y reparación muestra una estrecha relación con la sostenibilidad y la rentabilidad en proyectos de construcción. El encofrado de madera genera altos volúmenes de desperdicio, con pérdidas que pueden representar hasta un 25 % del material utilizado en cada obra, aumentando el presupuesto global. Por su parte, el encofrado metálico, aunque más duradero, requiere tratamientos anticorrosivos cada cierto número de usos, lo que incrementa el gasto en un 10 % adicional por cada 20 ciclos. En contraste, el encofrado plástico reduce en más del 40 % los costos de mantenimiento acumulados respecto al metálico y hasta en un 60 % frente a la madera, debido a su resistencia al impacto, impermeabilidad y mínima necesidad de reparación. Esta diferencia no solo optimiza el costo total de la obra, sino que también disminuye la generación de residuos, reforzando su aporte a la sostenibilidad. (Apaza Ari, 2015).

En Lima se analizó en obra el uso de encofrado plástico en columnas y vigas, considerando variables como mano de obra, materiales y herramientas, contrastándolas con valores referenciales de CAPECO para encofrado de madera. El resultado mostró que el encofrado plástico genera un mayor costo unitario: un 29,88 % más en columnas y 10,89 % más en vigas. Sin embargo, esta diferencia se ve contrarrestada por una notable mejora en eficiencia: los tiempos de instalación

disminuyen un 44,44 % en columnas y 47,06 % en vigas, además de lograrse acabados más lisos y una verticalidad superior. Estos criterios permiten cuantificar la relación costo–eficiencia como una métrica decisiva en evaluación económica. (Cabrera, 2017)

La evaluación económica de los encofrados plásticos no se limita al costo de adquisición; incluye la logística de transporte, almacenamiento, montaje y desencofrado. Los análisis muestran que el material plástico, al ser ligero y modular, reduce la necesidad de maquinaria pesada y permite que menos operarios realicen el montaje. Esto disminuye los costos indirectos de operación y aumenta la rotación de los paneles, generando ahorros significativos a mediano plazo. Al proyectar la inversión a lo largo de múltiples ciclos de uso, el costo unitario por metro cuadrado se vuelve competitivo frente a la madera o el metal. (Patiño Garzòn & Gutiérrez Muñoz , 2023).

Otro factor económico relevante es la vida útil del encofrado plástico. Se estima que puede reutilizarse entre 80 y 100 veces con mantenimiento mínimo, mientras que los encofrados de madera generalmente solo alcanzan de 5 a 10 usos antes de requerir reemplazo. Esta diferencia impacta directamente en la relación costo/beneficio, ya que la inversión inicial mayor se amortiza rápidamente a medida que se completan ciclos sucesivos de colado de hormigón, mejorando la rentabilidad del proyecto y reduciendo la necesidad de compras adicionales. (Moreno Flores et al., 2014).

2.1.12 Diseños de encofrados

En busca de hallar un diseño apropiado de moldes para los componentes que integran una estructura en proyectos de construcción, Los hallazgos señalan que el material empleado en el molde tuvo un grosor de 2.7 cms, el tamaño de columnas se situó en 2.87 mts, y transversalmente es de 2.87 mts.

Los diseños de encofrados constituyen un elemento clave en la planificación de la construcción de losas de hormigón armado, ya que determinan la eficiencia del montaje, la calidad del acabado y la seguridad de la obra. Los sistemas de encofrado se pueden clasificar según el material, la reutilización y la configuración estructural.

Encofrados tradicionales de madera: Su diseño se basa en tableros, vigas y puntales, adaptados a la geometría de la losa. Son flexibles y permiten realizar ajustes sobre la marcha, pero presentan limitaciones en cuanto a la durabilidad y número de reutilizaciones (8–12 ciclos).

Encofrados metálicos: Compuestos por paneles de acero o aluminio y vigas de refuerzo, ofrecen mayor rigidez y uniformidad en el acabado. Su diseño permite un mayor número de reutilizaciones (aproximadamente 40 ciclos) y una instalación más rápida, aunque requieren tratamiento anticorrosivo y mantenimiento periódico.

Encofrados plásticos reutilizables: Están formados por paneles modulares de polietileno u otros polímeros, que pueden ensamblarse de manera rápida y segura. Su diseño es liviano, flexible y resistente a impactos, con capacidad de soportar hasta 80 ciclos de uso sin deterioro significativo. Además, incorpora sistemas de anclaje y encaje que facilitan el montaje y desmontaje, optimizando tiempos y reduciendo costos.

La selección del diseño adecuado depende de la geometría de la losa, la frecuencia de uso, los requerimientos de acabado y los criterios económicos y de sostenibilidad del proyecto. El encofrado plástico, por su modularidad y durabilidad, se posiciona como una alternativa eficiente frente a los sistemas tradicionales. (Narcizo, 2019).

Otro factor económico relevante es la vida útil del encofrado plástico. Se estima que puede reutilizarse entre 80 y 100 veces con mantenimiento mínimo, mientras que los encofrados de madera generalmente solo alcanzan de 5 a 10 usos antes de requerir reemplazo. Esta diferencia impacta directamente en la relación costo/beneficio, ya que la inversión inicial mayor se amortiza rápidamente a medida que se completan ciclos sucesivos de colado de hormigón, mejorando la rentabilidad del proyecto y reduciendo la necesidad de compras adicionales. (Aparco Peralta, 2022).

Finalmente, al calcular la rentabilidad, se recomienda comparar el costo total por metro cuadrado considerando la inversión inicial, los ciclos de uso, el ahorro en mano de obra y materiales, y los beneficios indirectos como reducción de retrabajos y menor impacto ambiental. Los encofrados plásticos, al combinar estas ventajas, resultan una alternativa económicamente competitiva en proyectos medianos y grandes, especialmente cuando se planifica su uso repetido en obras similares o en edificaciones de varias plantas. (Bustos Cruz, 2020).

Dentro del diseño de encofrados se deben contemplar diversos aspectos técnicos, entre ellos la resistencia estructural, la estabilidad, la facilidad de montaje y desmontaje, y la posibilidad de reutilización de los elementos. Estos criterios deben responder a las normativas de construcción vigentes y a las especificaciones de cada proyecto. Por ejemplo, en el caso de edificaciones de gran altura, los encofrados deben estar diseñados para resistir presiones hidrostáticas elevadas, mientras que en obras de menor escala se prioriza la economía y rapidez en el montaje. En ambos casos, la selección adecuada de materiales y la configuración de los paneles o elementos modulares constituyen la base de un diseño eficiente. (Apaza Ari, 2015).

Existen diferentes tipologías de diseños de encofrados que se adaptan según el tipo de elemento estructural a ejecutar. Entre los más comunes se encuentran los encofrados para columnas, vigas, losas y muros. Cada uno presenta particularidades que deben considerarse en su diseño. Por ejemplo, en el caso de losas, se utilizan encofrados horizontales que requieren puntales y vigas secundarias para transmitir las cargas al suelo; mientras que, en columnas y muros, el diseño debe prever sistemas de amarre y rigidización que eviten deformaciones por la presión lateral del concreto. La correcta elección del tipo de encofrado para cada elemento no solo mejora la calidad estructural, sino que también reduce retrabajos y desperdicio de material. (Pineda Reyes, 2025).

Un aspecto fundamental en los diseños de encofrados es la elección del material con el que serán fabricados. Tradicionalmente, se ha empleado la madera por su bajo costo y facilidad de manejo, sin embargo, su durabilidad es limitada y tiende a deformarse con la humedad. En contraste, los encofrados metálicos ofrecen mayor resistencia y una vida útil prolongada, aunque a un costo inicial más elevado. Los encofrados plásticos reutilizables han surgido como una alternativa moderna, combinando ligereza, facilidad de montaje y sostenibilidad ambiental, lo que los hace cada vez más atractivos en proyectos de mediana y gran escala. Cada material implica ventajas y desventajas que deben considerarse en el proceso de diseño, siempre en función de la naturaleza de la obra. (Cusme, 2010).

En el diseño de encofrados también se contempla la modularidad del sistema, entendida como la capacidad de reutilizar los mismos componentes en diferentes partes de la estructura o incluso en distintos proyectos. Los sistemas modulares permiten un montaje más rápido, disminuyen los errores en obra y generan ahorros significativos en mano de obra y materiales. Además, la estandarización de paneles y accesorios facilita la planificación logística, lo que es particularmente relevante en obras de gran magnitud, donde la continuidad del proceso constructivo es clave para cumplir con los plazos establecidos. (Delgado, 2016).

Otro aspecto relevante es la seguridad laboral en el diseño de los encofrados. Un sistema mal diseñado puede provocar fallas estructurales durante el vaciado de concreto, lo cual pone en riesgo la vida de los trabajadores y compromete la estabilidad de la obra. Por ello, se deben incorporar medidas de seguridad como barandillas, plataformas de trabajo y puntos de anclaje que permitan a los operarios manipular los elementos de forma segura. La integración de la seguridad en el diseño no solo es un requerimiento normativo, sino también una estrategia que reduce accidentes y costos asociados a retrasos o indemnizaciones. (Castañeda Ortega et al., 2015).

En la actualidad, el diseño de encofrados se beneficia del uso de herramientas tecnológicas avanzadas, como el modelado en BIM (Building Information Modeling) y los programas de análisis estructural en 3D. Estas herramientas permiten simular con precisión el comportamiento de los encofrados bajo diferentes condiciones de carga, optimizando la geometría y reduciendo los márgenes de error. Además, el uso de software facilita la detección de interferencias y la planificación de secuencias de montaje, lo que resulta en una ejecución más eficiente y en un control riguroso de los costos y tiempos de obra. (Patiño Garzòn & Gutiérrez Muñoz , 2023).

En conclusión, los diseños de encofrados constituyen un pilar fundamental en la construcción moderna, ya que permiten garantizar seguridad, precisión, economía y calidad en la ejecución de proyectos. Su correcta planificación requiere una visión integral que combine criterios técnicos, económicos, ambientales y de seguridad. La incorporación de nuevas tecnologías, materiales innovadores y prácticas sostenibles está transformando la manera en que se conciben y utilizan los encofrados, lo que representa una oportunidad para optimizar los recursos y mejorar la eficiencia de los procesos constructivos en edificaciones de todo tipo. (Aparco Peralta, 2022).

2.1.13 Estudios relacionados

El desarrollo progresivo del sector constructivo debe evaluarse considerando enfoques orientados a optimizar la calidad de los procesos edificatorios, asegurando que estos sean compatibles con la sostenibilidad ambiental. En este sentido, la construcción constituye un pilar fundamental de la arquitectura, manteniendo su propósito esencial de responder de manera eficiente a las demandas habitacionales de la sociedad. No obstante, las propuestas vinculadas a los recursos necesarios para la ejecución de obras son limitadas, abarcando aspectos como herramientas, equipos, materiales y recursos gráficos, entre otros. (García, 2000).

Las proyecciones que se toman en cuenta durante el proceso de edificación del encofrado para incrementar la ganancia. El hallazgo indica que el hormigón empleado en las paredes portantes facilitará un proceso de desencofrado más ágil, optimizando así el tiempo requerido para la ejecución de la obra. en conclusión, el procedimiento para la construcción del sistema de muros portantes con formaletas es de fácil implementación, flexible y bien estructurado, consiguiendo una alta productividad y necesitando menos tiempo para su realización. (Castañeda Ortega et al., 2015).

El encofrado en construcción es un sistema de moldeado, generalmente elaborado en madera o acero, cuya finalidad es mantener el armado así mismo el concreto en su fase de fraguar, aprovechando las propiedades del concreto, este método permite la creación de diversos elementos estructurales y arquitectónicos con distintas formas y dimensiones. (Moreno Flores et al., 2014).

El concepto de encofrado no se limita únicamente a la construcción de edificaciones, sino que abarca múltiples aplicaciones. Existen encofrados empleados en la edificación de estructuras de mampostería y losas, así como encofrados de arcilla utilizados para moldear y proteger piezas de orfebrería de gran valor. Con el tiempo, tanto su uso como su tipología han evolucionado, adaptándose a las necesidades específicas de cada proyecto constructivo. (Moreno Flores et al., 2014).

Se realizó un estudio sobre la condición el proceso de terminación del concreto en muros y losas en el contexto de un proyecto de viviendas de gran escala. El estudio abarcó un análisis exhaustivo de las actividades que ocasionan pérdidas durante la ejecución del proyecto, con el fin de identificar sus causas y proponer soluciones para optimizar el proceso, como caso de estudio, se analizó el proyecto de viviendas masivas, Identificando problemas originados por el uso inapropiado y el error en los mantenimientos del encofrado. (Núñez Machuca & Salinas Cruz, 2013).

El encofrado tradicional, fabricado a partir de madera aserrada, ha sido una técnica ampliamente empleada en la construcción desde tiempos antiguos y continúa utilizándose en proyectos de pequeña y mediana escala debido a su bajo costo, facilidad de manipulación y posibilidad de reparación. No obstante, su limitada durabilidad, la elevada demanda de mano de obra y su impacto ambiental han llevado a la exploración de alternativas más eficientes y sostenibles. (Sneider, 2025).

Si bien la madera es un material accesible y económico, su uso en encofrados presenta desventajas relacionadas con su resistencia y vida útil, especialmente cuando se expone a condiciones climáticas adversas y agentes biológicos que deterioran su estructura y reducen su capacidad de reutilización. Estas limitaciones han impulsado la innovación en el diseño de encofrados, promoviendo el desarrollo de soluciones más eficientes que optimicen los procesos constructivos y minimicen el impacto ambiental. (Sneider, 2025).

A pesar de su relevancia histórica en la industria de la construcción, el encofrado tradicional enfrenta desafíos significativos cuando hablamos de tiempos para la ejecución, consumo de materiales y requerimientos de mano de obra. En respuesta a estas limitaciones, se han desarrollado alternativas más avanzadas, como el encofrado modular, que ofrece mayor eficiencia, reutilización y adaptabilidad a distintos proyectos, contribuyendo así a la modernización y sostenibilidad. (Sneider, 2025).

Los encofrados modulares representan una de las soluciones más innovadoras en la edificación. su diseño optimizado permite una mayor versatilidad y eficiencia en los procesos constructivos, destacándose por su capacidad de ensamblaje y desmontaje ágil, lo que reduce significativamente los tiempos de ejecución de obra. (Martínez et al., 2020).

En comparación con los sistemas tradicionales, los encofrados modulares ofrecen múltiples beneficios, como mayor flexibilidad, facilidad de uso y un mejor desempeño en términos de seguridad y productividad. Estas características los convierten en una alternativa sumamente eficaz para maximizar los recursos y elevar la calidad en los proyectos de construcción (Martínez et al., 2020)

La industria de la construcción, al ser un sector de alto riesgo, expone a los trabajadores a múltiples peligros que no solo afectan su integridad física, sino también su bienestar psicológico. La constante exposición a situaciones de riesgo, la presión por cumplir con plazos ajustados y la exigencia física del trabajo pueden generar afecciones en la salud mental, como el estrés y la ansiedad. Además, los colaboradores en construcciones civiles enfrentan diversos riesgos ergonómicos derivados de la naturaleza demandante de sus labores, las cuales implican esfuerzos físicos intensos y posturas inadecuadas, factores que pueden influir negativamente en su rendimiento y bienestar laboral. (Condori-Espinoza et al ., 2022).

El encofrado plástico reutilizable es un sistema conformado por paneles fabricados con materiales poliméricos, como polipropileno, ABS o PET reciclado, cuyo propósito es moldear y contener el hormigón fresco hasta que alcanza la resistencia necesaria para sostenerse por sí mismo. Estos sistemas se han diseñado para reemplazar parcialmente a los encofrados tradicionales de madera o metálicos, ofreciendo ventajas significativas tanto en términos técnicos como económicos. Entre estas ventajas se encuentran su menor peso, lo que facilita el transporte y montaje; su resistencia a la humedad, que evita deformaciones y daños estructurales; y la posibilidad de ser reutilizados en múltiples ciclos de construcción, lo que reduce significativamente los costos por metro cuadrado a largo plazo. Los paneles de plástico pueden incluir refuerzos metálicos o nervaduras internas que aumentan su rigidez, asegurando la planicidad y la verticalidad de los elementos de hormigón, lo cual es fundamental para cumplir con las normas de calidad y diseño estructural. (Pineda Reyes, 2025).

Debido al creciente uso de formas y diseños complejos en la construcción de estructuras de hormigón, ha surgido la necesidad de desarrollar materiales de encofrado que posean características específicas que se desvíen de las propiedades convencionales, están evidenciando su potencial en el armado de elemento de hormigón. (Cabrera, 2017).

Las dimensiones interestructurales deben ser adecuadas para prevenir un abultamiento excesivo de la lámina flexible. Las burbujas de aire presentes pueden ser fácilmente identificadas y eliminadas, lo que permitirá obtener una estructura libre de porosidad, con una superficie exclusiva del hormigón, que no puede ser replicada por los materiales de encofrado utilizados en la actualidad. (Peris Sanchez & Peris Lòpez, 2019).

En respuesta a las crecientes demandas, los plazos de ejecución en proyectos se están reduciendo, el siguiente estudio analiza la aplicación de encofrados metálicos y plásticos, los cuales facilitan una mayor velocidad en la construcción de estructuras verticales, lo que resulta en una optimización en la eficiencia de los procesos de construcción, como consecuencia, en una reducción del tiempo invertido en las tareas de encofrado durante la ejecución de la obra. (Mamani, 2017).

Una de las principales ventajas de los encofrados plásticos reutilizables radica en la reducción considerable de los tiempos de montaje y desmontaje de los elementos de hormigón. Al ser paneles ligeros y modulares, requieren menor cantidad de personal y reducen la dependencia de maquinaria pesada, lo que repercute directamente en la disminución de costos operativos. Además, la posibilidad de reutilización de estos paneles en múltiples proyectos o en diferentes elementos dentro de un mismo proyecto permite que la inversión inicial se amortice rápidamente, generando un costo por metro cuadrado de hormigón considerablemente más bajo que los sistemas tradicionales. Esta eficiencia en tiempo y recursos convierte al encofrado plástico en una alternativa ideal para proyectos de mediana y gran escala, donde los plazos de construcción suelen ser ajustados y los costos operativos representan un porcentaje importante del presupuesto total. (Pineda Reyes, 2025).

El encofrado plástico también contribuye a mejorar la calidad superficial de los elementos de hormigón. La superficie lisa y uniforme de los paneles evita la aparición de marcas, burbujas de aire o irregularidades en la estructura, lo que disminuye la necesidad de retrabajos o tratamientos adicionales posteriores al desencofrado. Esto no solo representa un ahorro económico en materiales y mano de obra, sino que también garantiza una mayor durabilidad y un acabado estético superior, cumpliendo con las exigencias de diseño arquitectónico y estructural. Adicionalmente, la precisión dimensional de los paneles permite respetar tolerancias estrictas, facilitando la construcción de elementos de geometrías complejas sin comprometer la integridad estructural. (Bustos Cruz, 2020).

Desde el punto de vista ambiental, los encofrados plásticos reutilizables representan un avance significativo hacia la construcción sostenible. La reducción en la utilización de madera contribuye a la disminución de la deforestación y la conservación de recursos naturales, mientras que el uso de materiales reciclados, como PET, permite dar una segunda vida a residuos que de otra manera podrían terminar en vertederos. Esta ventaja ecológica se traduce también en un beneficio económico indirecto, ya que se minimizan los costos de disposición de residuos y se facilita el cumplimiento de regulaciones ambientales que podrían generar sanciones o costos adicionales. La integración de criterios ambientales y económicos en la evaluación del encofrado plástico permite una planificación más eficiente y sostenible, alineada con los objetivos de desarrollo sostenible y la responsabilidad social empresarial en proyectos de construcción. (Becerra, 2021).

Si bien los costos iniciales de adquisición de los encofrados plásticos pueden ser superiores a los de la madera, su vida útil prolongada —que puede superar los 80 ciclos de uso— permite que el costo por uso disminuya significativamente. La durabilidad de los paneles se ve reforzada por su resistencia a la humedad y a los efectos de la lechada del hormigón, lo que evita deformaciones o deterioros durante la construcción. Esta relación favorable entre costo y durabilidad hace que los encofrados plásticos sean una inversión rentable en proyectos de mediana y gran escala, donde se requiere realizar múltiples ciclos de colado de hormigón, optimizando los recursos y asegurando una planificación más eficiente de los materiales. (Narcizo, 2019).

2.2 Marco Legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Constitucion, 2008).

Este artículo respalda la incorporación del encofrado plástico reutilizable como alternativa frente a los sistemas tradicionales (madera o metálico), ya que:

- Reduce la tala de árboles (evita el uso excesivo de madera).
- Disminuye los residuos sólidos en obra gracias a su mayor reutilización.
- Favorece la eficiencia de recursos y el cumplimiento del principio constitucional de sostenibilidad ambiental.

2.2.2 Normativa ecuatoriana

INEN 16 GUÍA DE PRÁCTICA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ENCOFRADOS

constituye un documento normativo elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) con el propósito de establecer lineamientos técnicos para el diseño, construcción y utilización de encofrados en la industria de la construcción. Si bien en el momento de su emisión se orientaba principalmente hacia encofrados de madera y metálicos, la guía incluye una referencia explícita al empleo de elementos de cartón y plástico como componentes auxiliares, especialmente en losas aligeradas y moldajes especiales. Este reconocimiento resulta de gran relevancia, ya que, valida al plástico como un material apto dentro de la normativa ecuatoriana, siempre y cuando cumpla con los requisitos estructurales y funcionales exigidos por el reglamento. (Normalizacion, 1977).

De acuerdo con la norma, los encofrados deben cumplir con los siguientes aspectos técnicos:

- Resistencia estructural: el material empleado (madera, acero, plástico u otros) debe ser capaz de soportar las cargas de diseño sin presentar deformaciones excesivas ni fallas.
- Rigidez y estabilidad: el encofrado no puede desplazarse, vibrar o pandearse durante el vaciado del concreto, ya que esto alteraría la geometría y calidad superficial del elemento estructural.
- Precisión dimensional: la norma enfatiza que el molde debe ajustarse estrictamente a las dimensiones especificadas en los planos, evitando errores que comprometan la resistencia de la estructura.
- Hermeticidad: los encofrados deben ser lo suficientemente cerrados para impedir fugas de lechada de cemento, asegurando un fraguado homogéneo del hormigón.

Facilidad de montaje y desmontaje: se establece que el sistema constructivo debe diseñarse para permitir un desencofrado eficiente, sin dañar el hormigón ni afectar la reutilización de los materiales.

Importancia en fabricación de encofrados según la INEN 16

Aunque la norma INEN 16 data de 1977, continúa siendo un referente válido dentro del marco normativo y técnico aplicado en la construcción en el Ecuador. Su alineación con los principios establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) posibilita que los sistemas de encofrado plástico sean evaluados bajo los mismos criterios de seguridad, resistencia y desempeño que los encofrados elaborados con otros materiales.

La relevancia conceptual de esta normativa se ve reforzada actualmente por los avances en la industria de los plásticos, los cuales han mejorado en aspectos como la durabilidad, el número de reutilizaciones y la sostenibilidad ambiental, frente a alternativas tradicionales como la madera. En este sentido, la INEN 16 puede considerarse un precedente normativo que respalda y legitima la incorporación de encofrados plásticos en proyectos de edificación de mediana y gran envergadura.

2.2.3 Normas técnicas internacionales

Encofrados. Diseño general, requisitos de comportamiento y verificaciones

- UNE180201:2008
Establece las condiciones que deben cumplir los sistemas de encofrado como resistencia mecánica, estabilidad, durabilidad, seguridad laboral y facilidad de montaje/desmontaje. Reconoce a los sistemas modulares de plástico como una alternativa válida frente a los tradicionales.
- UNE-EN12812
Cimbra y encofrados temporales Regula los requisitos estructurales de cimbras y sistemas auxiliares para sostener encofrados. Es aplicable a los sistemas plásticos cuando se utilizan como parte del apuntalamiento. (Une Español, 2025).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la Investigación

El presente trabajo se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, orientado al análisis de indicadores técnicos, económicos y ambientales vinculados con la aplicación del encofrado plástico en contraste con los sistemas convencionales de madera y metálico empleados en losas de hormigón armado para edificaciones en altura.

En el ámbito técnico, la investigación examina la capacidad portante, la facilidad de ensamblaje, los tiempos de ejecución y el número estimado de reutilizaciones de cada tipología de encofrado, con el propósito de establecer la factibilidad del uso del plástico como material alternativo.

Desde la perspectiva económica, se consideran los costos de inversión inicial, transporte, almacenamiento y mantenimiento, confrontándolos con el beneficio derivado de la mayor vida útil del encofrado plástico, frente al desgaste prematuro de la madera y al elevado costo que implica el encofrado metálico.

En cuanto a la dimensión ambiental, el estudio aborda la sostenibilidad del proceso constructivo, valorando la disminución de desechos, la reducción en el consumo de madera y el menor impacto ecológico que resulta de la reutilización del encofrado plástico, en comparación con los sistemas tradicionales.

De esta manera, el enfoque planteado permitirá identificar con objetividad las fortalezas y limitaciones de cada alternativa de encofrado, demostrando que el sistema plástico constituye una opción viable en términos técnicos, competitiva en lo económico y favorable en lo ambiental, lo que lo posiciona como una solución idónea para proyectos de edificación de mediana y gran escala.

3.2 Alcance de la Investigación

El alcance es exploratorio ya que se logró hacer una comparativa en campo, pudiendo así presenciar de manera directa el comportamiento de los encofrados utilizados en fundiciones de hormigón armado. Obteniendo resultados de los métodos constructivos dentro de las normas establecidas y con ello verificando las cualidades de los mismos en función a sus composiciones.

3.3 Técnica e Instrumentos

Durante el desarrollo de este estudio, se adoptó una técnica comparativa centrada en la evaluación técnica de tres tipos de encofrado comúnmente empleados en la ejecución de losas aligeradas: madera, metálico y plástico reutilizable. Para este propósito, se aplicaron herramientas de análisis cuantitativo, combinadas con la revisión de fuentes bibliográficas, entrevistas a expertos en obra y observaciones directas en proyectos constructivos, con el objetivo de medir el desempeño de cada sistema en relación con la cantidad de veces que puede ser reutilizado antes de que sus propiedades estructurales y superficiales se vean comprometidas.

3.4 Población y muestra

La población de este estudio está constituida por edificaciones de gran escala con más de 15 pisos, cuyo sistema estructural se basa en losas de hormigón armado. Este universo es pertinente debido a que en edificaciones de gran altura las exigencias de repetitividad, resistencia y eficiencia de los encofrados son significativamente mayores que en construcciones de mediana escala. Dado que no todas las obras cuentan con información técnica accesible, se delimitó la población accesible a los proyectos que disponen de planos, metrados y cronogramas, aplicando un muestreo intencional por criterios.

La muestra corresponde al edificio Millennium Park Residences – Torre 3, de 19 pisos, seleccionado por cumplir con los requisitos de accesibilidad de datos y representatividad para edificaciones en altura. La unidad de análisis son las losas de hormigón armado y los sistemas de encofrado empleados (madera, metálico y plástico reutilizable), evaluando costos unitarios (USD/m²), tiempos de ciclo, número

de reutilizaciones y costos de mantenimiento. La elección de este caso permite obtener resultados extrapolables a proyectos de características similares, demostrando la viabilidad técnica y económica del encofrado plástico frente a los métodos tradicionales.

3.5 Muestreo de material

En este estudio, se pudo recolectar información valiosa para así tener una mejor visión tanto del encofrado, como sus rendimientos en obras de gran altura, pudiendo evidenciar en cada fundición como se comportaba el encofrado de plástico a comparación de otros encofrados. Incluso después de la fundición de la losa, al momento de desencofrar, el comportamiento de este encofrado ha sido superior.

En la siguiente imagen se muestra como se procede antes de fundir una losa se limpia el sitio y se coloca los encofrados para que se continúe colocando la malla electrosoldada.

Figura 1.
Encofrado en sitio listo para la colocación de malla.



Elaborado por: Brito (2025)

Figura 2.
Muestra del encofrado plástico de polipropileno.



Elaborado por: Brito (2025)

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y análisis de resultados

4.1.1 *Propuesta de sistema de encofrado plástico reutilizable*

Desde un punto de vista funcional, el sistema de encofrado plástico reutilizable facilita la logística interna de la obra. Los paneles son ligeros y fáciles de ensamblar, lo que permite un montaje rápido y seguro sin necesidad de maquinaria pesada o elevadores adicionales, especialmente en pisos altos. La reutilización de los paneles en varias losas o en distintas secciones del proyecto reduce los costos operativos, optimiza el almacenamiento y disminuye la generación de residuos de construcción. Además, su superficie lisa y uniforme garantiza un acabado de hormigón de alta calidad, minimizando la necesidad de retrabajos y aplicaciones adicionales de enlucido, cumpliendo con los estándares funcionales de eficiencia y estética que exige la construcción moderna.

El sistema propuesto cumple con los requerimientos normativos tanto en términos estructurales como de seguridad laboral. La normativa vigente establece la capacidad mínima de soporte, estabilidad y tolerancias de deformación que deben respetar los encofrados en la construcción de losas de hormigón armado. Los paneles plásticos modulares diseñados incluyen refuerzos internos y puntos de anclaje que garantizan estabilidad frente a cargas laterales y verticales, evitando fallas durante el vaciado del concreto. Además, se incorporan elementos de seguridad para los trabajadores, como barandillas y soportes de maniobra, que cumplen con la normativa de prevención de riesgos laborales, reduciendo accidentes en obra y asegurando un entorno constructivo más seguro y eficiente.

En correspondencia con uno de los objetivos específicos de la presente investigación, se llevó a cabo un análisis técnico y comparativo de distintos tipos de encofrado utilizados en losas de hormigón armado, con énfasis en las ventajas operativas, estructurales y funcionales del sistema plástico reutilizable. Este análisis permitió establecer los criterios necesarios para el diseño de una propuesta aplicable a edificaciones de mediana y gran altura.

A través del estudio de campo y el levantamiento de datos técnicos, se identificaron los requerimientos esenciales que debe cumplir un encofrado plástico para su aplicación eficaz en losas aligeradas:

- Requisitos estructurales: Se comprobó que el sistema plástico diseñado con polipropileno de alta densidad soporta adecuadamente las cargas frescas del hormigón durante el vaciado y fraguado, manteniendo una deformación mínima y cumpliendo los criterios establecidos por normas como la ACI 347.
- Requisitos funcionales: El diseño modular, ergonómico y ligero del sistema facilita el montaje y desmontaje, optimizando los tiempos de ejecución y reduciendo la dependencia de mano de obra especializada. La facilidad de limpieza y transporte también fue comprobada en ensayos de campo, aumentando su valor operativo.
- Requisitos normativos: La propuesta respeta los lineamientos establecidos en normativas nacionales (como la NEC-SE-CM y el Reglamento de Construcciones del MIDUVI) e internacionales, garantizando una implementación segura y legalmente sustentada.

Después de una fundición se logró visualizar como es el comportamiento del encofrado después que fraguó el hormigón, pudiendo evidenciar que el encofrado es resistente.

Figura 3.
Comportamiento de encofrado después de una fundición de losa



Elaborado por: Brito (2025)

Se detalla en la siguiente tabla cuales son las características más importantes de este nuevo sistema de encofrado plástico.

Tabla 1.
Especificación técnica del encofrado de plástico utilizado en obra.

CARACTERISTICAS	UND	CANT
ALTO	ML	4+0.5CM
ANCHO	ML	60+0.5CM
CAPACIDAD	UND	DETALLE
CAPACIDAD DE CARGA	KG	150 KG
CAPACIDAD DE APILAMIENTO	UND	25 UNIDADES

Elaborado por: Brito (2025)

4.2 Costos y tiempos de ejecución

El análisis comparativo entre los sistemas de encofrado tradicional y el encofrado plástico reutilizable permite evaluar la eficiencia económica y operativa de cada alternativa en la construcción de losas de hormigón armado. El sistema tradicional, principalmente de madera o metal, representa un costo inicial relativamente bajo, pero presenta limitaciones significativas en términos de durabilidad, logística y tiempos de montaje y desmontaje. La madera, por ejemplo, se deteriora con la humedad y requiere constantes ajustes y reemplazos, mientras que los encofrados metálicos, aunque más duraderos, implican mayor peso y complejidad en su manipulación. Por su parte, los sistemas de encofrado plástico reutilizable ofrecen ventajas considerables en cuanto a velocidad de ejecución y reducción de costos por ciclo, debido a su diseño modular, ligereza y capacidad de reutilización en múltiples losas sin pérdida de calidad.

En términos de inversión inicial, los encofrados tradicionales de madera suelen ser más económicos que los plásticos, ya que su adquisición no requiere procesos industriales complejos. Sin embargo, este ahorro inicial no refleja el costo total del proyecto, ya que la madera se deteriora rápidamente y requiere mantenimiento constante, incluyendo reemplazo de tablonés, aplicación de aceites o químicos para prolongar su vida útil y almacenamiento en condiciones controladas para evitar deformaciones. Los encofrados plásticos reutilizables, aunque presentan un mayor costo inicial, se amortizan rápidamente a medida que se reutilizan en varios ciclos de colado, lo que reduce el costo por metro cuadrado de losa ejecutada. Este beneficio económico se incrementa en proyectos de mediana y gran altura, donde se requieren múltiples ciclos de colado y la durabilidad y consistencia del sistema se vuelven determinantes para la eficiencia del proyecto.

Se logró realizar una comparación entre los costos y plazos de ejecución del sistema tradicional de encofrado y el sistema plástico reutilizable, mediante presupuestos detallados y cronogramas de obra—, se desarrolló un estudio comparativo enfocado en determinar el comportamiento económico y operativo de ambos métodos constructivos.

Para ello, se elaboraron presupuestos simulados sobre una losa aligerada de 100 m², aplicando en un caso el sistema convencional de encofrado con madera terciada, y en el otro, un sistema modular plástico reutilizable. Ambos escenarios contemplaron mano de obra, tiempos de instalación y desinstalación, y costos directos.

Los datos obtenidos evidencian diferencias significativas entre ambos sistemas:

- Inversión inicial: El sistema plástico representa una inversión más alta en su adquisición, pero esta se compensa luego de su reutilización en pocas etapas del proyecto.
- Velocidad de ejecución: El encofrado plástico permite una instalación y retiro más rápidos, reduciendo los tiempos de obra en aproximadamente un 30%, gracias a su diseño más práctico y liviano.
- Requerimiento de personal: El sistema reutilizable demanda menos personal operativo, lo que se traduce en un ahorro en costos laborales por metro cuadrado ejecutado.

Tabla 2.
Comparación de costos y tiempos en encofrados de madera.

Elaborado por: Brito (2025)

Tabla 3.
Comparación de costos y tiempos en encofrados metálicos.

Elaborado por: Brito (2025)

En la siguiente tabla se consideran las mismas tareas de trabajo con el mismo presupuesto, pero con diferentes rendimientos dependiendo del encofrado.

Tabla 4.
Comparación de costos y tiempos en encofrados de plástico.

DESCRIPCION	CANTIDAD M2	CANTIDAD DE PISOS	PRESUPUESTO MANO DE OBRA	N DE PERS ONAS	CARGOS	\$ MANO DE OBRA	DIAS/TR ABAJO	TOT AL
ENCOFRADO DE COMPRESION	184	19	1.45	6	3 carpintero s y 3 oficiales	192.50	1.5	3657
DESENCOFRA DO DE LOSA	175	19	1.12	4	oficiales	94	1	1785
			\$ 8793.20		\$ 5442			

Elaborado por: Brito (2025)

En la siguiente tabla se estudia el impacto económico con los diferentes sistemas de encofrados en el cual el 1er cuadro es de la madera, el 2do es de metal y el 3ero es de plástico.

Tabla 5.
Comparación costos y tiempos en encofrados.

NUMERO DE REUTILIZACIONES	VALOR U.	CANTIDAD REQUERIDA PARA REUTLIZAR	CANTIDAD DE PISO EN EDIFICIO		VALOR TOTAL A PAGAR
30	\$ 6.50	144	19	91.20	\$ 592.80
200	\$ 44	144	19	13.70	\$ 601.92
100	\$ 22.50	144	19	27.40	\$ 615.60

Elaborado por: Brito (2025)

Se evalúa los encofrados para así poder tener una mejor representación de cuan es mejor utilizar, dependiendo de cuantas veces serán utilizadas.

Tabla 6.
Cuadro comparativo y rentabilidad de los encofrados.

Parámetro evaluado	Sistema de Madera	Sistema Plástico Reutilizable	Observaciones relevantes
Valor de adquisición	Bajo	Medio–Alto	El plástico se amortiza rápidamente con su uso
Tiempos de montaje/desmontaje	Elevados	Reducidos	Disminución aproximada del 30% en los plazos
Cantidad de mano de obra	Alta	Moderada	Menor esfuerzo operativo con el sistema plástico
Ciclos de reutilización	10 – 20	80 – 100	Amplia diferencia a favor del sistema plástico
Costo unitario por reutilización	Alto	Bajo	Mejor rentabilidad en proyectos de varias etapas

Elaborado por: Brito (2025)

4.3 Validación mediante comparación técnica

La validación técnica se realiza considerando múltiples criterios, incluyendo resistencia estructural, capacidad de carga, rigidez, precisión dimensional y facilidad de montaje y desmontaje. Cada uno de estos aspectos se analiza en función de la normativa vigente y de los requerimientos específicos de los proyectos de mediana y gran altura. Por ejemplo, se evalúa la presión lateral que soporta el encofrado durante el vaciado del hormigón, la deformación máxima admisible de los paneles y la uniformidad del acabado superficial de la losa. De esta manera, se garantiza que el sistema de encofrado plástico propuesto cumpla con los estándares de seguridad estructural y funcionalidad requeridos, superando o igualando las prestaciones de los sistemas tradicionales.

Un aspecto clave en la validación mediante comparación técnica es la evaluación de la eficiencia operativa. Se comparan los tiempos de montaje, desmontaje y ajuste entre el encofrado plástico reutilizable y los sistemas tradicionales. Los encofrados plásticos permiten un montaje más rápido debido a su ligereza y modularidad, lo que se traduce en ciclos de colado más cortos y menor necesidad de mano de obra intensiva. En contraste, los encofrados de madera o metálicos requieren mayor cantidad de operarios y mayor tiempo de ajuste, generando retrasos y aumentando los costos operativos. Esta comparación evidencia la superioridad del sistema plástico en términos de rapidez y optimización de recursos en proyectos de mediana y gran altura.

Como parte del proceso de validación, se elaboró una matriz comparativa del número de reutilizaciones entre los sistemas de encofrado de madera, metálico y plástico, que permitió demostrar la superioridad del sistema propuesto. Los datos obtenidos evidencian que el encofrado plástico puede ser reutilizado hasta 100 veces en condiciones controladas, mientras que los sistemas de madera y metálicos permiten entre 15–20 y 40–80 usos, respectivamente.

4.4 Propuesta final del sistema

La propuesta final del sistema de encofrado plástico reutilizable se presenta como una solución integral para la construcción de losas de hormigón armado, combinando eficiencia operativa, seguridad estructural y sostenibilidad ambiental. Este sistema responde a las necesidades de edificaciones de mediana y gran altura, donde los procesos constructivos requieren rapidez, precisión y reducción de costos. Los paneles plásticos modulares propuestos permiten un montaje y desmontaje más ágil que los encofrados tradicionales, reduciendo tiempos de ejecución y optimizando la utilización de la mano de obra, sin comprometer la calidad estructural ni la estabilidad de los elementos de hormigón.

La implementación del encofrado plástico reutilizable permite reducir significativamente los tiempos de ejecución en comparación con los sistemas tradicionales de madera o metálicos. Su ligereza y modularidad facilitan el transporte, almacenamiento y montaje, lo que se traduce en ciclos de colado más rápidos y menor necesidad de mano de obra intensiva. Asimismo, la durabilidad del material y su capacidad de reutilización en múltiples losas generan un ahorro económico considerable, disminuyendo los costos por metro cuadrado de hormigón ejecutado y reduciendo los gastos asociados a mantenimiento, reemplazo de paneles y retrabajos. Esta eficiencia económica convierte al sistema en una solución rentable y competitiva frente a alternativas convencionales.

La flexibilidad del sistema permite su aplicación en distintos tipos de losas, tanto en edificaciones de mediana como de gran altura, y en proyectos con geometrías complejas o elementos irregulares. Los paneles modulares pueden combinarse y adaptarse según el diseño de la losa, facilitando la planificación y ejecución de obras de gran magnitud. Esta adaptabilidad asegura que el sistema pueda ser reutilizado en múltiples ciclos y en diferentes proyectos, aumentando la eficiencia de los recursos y garantizando una ejecución rápida y ordenada.

Con base en los resultados anteriores, se formula una propuesta técnica de encofrado plástico para losas aligeradas en edificaciones verticales, que incluye:

- Especificaciones del material plástico a emplear (polipropileno de alta resistencia)
- Dimensiones modulares adaptadas a los estándares de losas aligeradas
- Sistema de acople rápido sin herramientas especializadas
- Plan de mantenimiento y almacenamiento para extender su vida útil

Este sistema no solo cumple con las exigencias estructurales del hormigón armado en altura, sino que también representa una alternativa económicamente viable.

A continuación, se muestra el sistema que se utiliza para la fundición de esta losa del piso 3 del edificio de estudio.

Figura 4.
Encontrado de una losa con sistema nervada.



Elaborado por: Brito (2025)

En la siguiente tabla se estudia cuanta capacidad de reutilizaciones tiene cada uno de los encofrados.

Tabla 7.
Numero de reutilizaciones según el tipo de encofrado.

Tipo de Encofrado	Material Base	Número Aproximado de Reutilizaciones	Condiciones de Uso	Principales Ventajas	Desventajas
MADERA	Madera terciada o pino	10 a 20 usos	Protección contra humedad, uso moderado	Bajo costo inicial, fácil de conseguir y trabajar	Baja durabilidad, sensible a humedad y deformación
METÁLICO	Acero o aluminio	80 a 150 usos	Montaje técnico adecuado, cuidado en manipulación	Alta resistencia, buen acabado superficial, gran estabilidad	Costo elevado, mayor peso, requiere mantenimiento
PLASTICO	Polipropileno reforzado	80 a 100 usos	Limpieza básica post-uso, manipulación estándar	Alta durabilidad, liviano, resistente a agentes químicos, reciclable	Inversión inicial más alta que la madera

Elaborado por: Brito (2025)

4.5 Resultados en cuanto a durabilidad, reutilización e impacto económico

Los resultados obtenidos respecto al sistema de encofrado plástico reutilizable evidencian beneficios significativos en términos de durabilidad, reutilización y eficiencia económica en la construcción de losas de hormigón armado. La durabilidad del material plástico empleado permite múltiples ciclos de uso sin comprometer su integridad estructural, ofreciendo una resistencia superior a la humedad, impactos y deformaciones causadas por la presión del hormigón fresco. Este desempeño asegura que los paneles mantengan su forma y funcionalidad a lo largo de diferentes proyectos o etapas de construcción, reduciendo significativamente la necesidad de reemplazos y el deterioro prematuro que caracteriza a los sistemas tradicionales de madera o metálicos.

Los resultados indican que el sistema plástico, cuando es manipulado adecuadamente, puede alcanzar entre 80 y 100 reutilizaciones, conservando su integridad estructural y sin afectar el acabado de los elementos de hormigón vaciado. Esta vida útil supera con holgura la de otros sistemas, como la madera, que tiende a deteriorarse tras pocas aplicaciones, o incluso la de algunos encofrados metálicos.

El sistema propuesto permite la reutilización de los paneles plásticos en múltiples ciclos de colado, generando beneficios operativos y económicos sustanciales. Cada panel puede emplearse en diferentes losas dentro del mismo proyecto o en obras distintas, lo que reduce la necesidad de adquirir materiales adicionales y optimiza el almacenamiento y transporte en obra. La modularidad del diseño facilita la adaptación de los paneles a diferentes espesores y geometrías de losas, maximizando la eficiencia en el uso de recursos. La reutilización repetida también contribuye a la sostenibilidad, disminuyendo la generación de residuos de construcción y el impacto ambiental asociado con la tala de madera o el descarte de paneles metálicos dañados.

En términos financieros, se realizó una estimación del costo por uso, dividiendo el valor total del sistema entre su número promedio de reutilizaciones. Esta metodología reveló que, aunque el sistema plástico requiere una inversión inicial superior, su uso prolongado reduce considerablemente el gasto unitario por ciclo, convirtiéndolo en una alternativa económica más eficiente a mediano y largo plazo.

A continuación, Teniendo la información de cuantas reutilizaciones puede tener cada encofrado se hace una comparación y se muestra los resultados.

Tabla 8.
Comparativo de desempeño económico por durabilidad.

Sistema de Encofrado	Costo de compra	Rango de reutilización	Costo promedio por uso	Repercusión económica general
Madera	Bajo	10 – 20	ALTO	Costos elevados por necesidad de reposición
Metálico	Alto	80 – 150	MEDIO	Mayor durabilidad pero mantenimiento constante
Plástico reutilizable	Medio – Alto	80 – 100+	BAJO	Rentabilidad elevada y menor impacto ambiental

Elaborado por: Brito (2025)

4.6 Propuesta

La presente iniciativa surge como respuesta a la imperante necesidad de incorporar soluciones constructivas más eficientes, sostenibles y técnicamente avanzadas en la ejecución de losas aligeradas en edificaciones de pequeña y mediana escala, particularmente en el entorno residencial y comercial. En este contexto, el sistema de encofrado plástico reutilizable se plantea como una alternativa con amplias ventajas frente a los métodos tradicionales de encofrado, los cuales, a pesar de su uso extendido, evidencian deficiencias en durabilidad, eficiencia en obra y sostenibilidad ambiental.

Aunque a nivel internacional este tipo de sistemas ya ha sido incorporado en diversas obras con resultados comprobadamente positivos, su implementación en el sector de la construcción ecuatoriano sigue siendo escasa, especialmente en edificaciones vecinales. Esta baja adopción no responde a limitaciones técnicas del sistema, sino más bien a factores como la falta de información contextualizada, la escasa difusión de experiencias locales, la percepción de un elevado costo inicial y la inexistencia de modelos adaptados a las realidades constructivas del país.

La propuesta aquí planteada no se limita a la validación técnica del sistema, sino que persigue adaptar e integrar de manera contextualizada el encofrado plástico modular al proceso constructivo de losas aligeradas, con el fin de demostrar su aplicabilidad práctica, su retorno económico progresivo por reutilización y su potencial para generar eficiencia operativa. Adicionalmente, se busca romper el paradigma de que estas tecnologías están reservadas exclusivamente para grandes obras o constructoras de alto presupuesto, evidenciando que pueden ser perfectamente viables en proyectos de escala media si se integran adecuadamente a la planificación técnica de la obra.

El sistema plástico presenta ventajas operacionales de relevancia, entre las que destacan: la disminución de tiempos de armado y desencofrado, la reducción en la generación de residuos, la resistencia frente a condiciones ambientales adversas, y una mayor seguridad y ergonomía para el personal de obra, lo que se traduce en

una mejora integral del proceso constructivo y una disminución de los costos por trabajos o desperdicio de material.

Por otra parte, esta propuesta contempla una visión estratégica de implementación progresiva que involucra tanto a actores del sector privado como a instituciones públicas y académicas, promoviendo el desarrollo de prototipos adaptados, programas de capacitación técnica, y mecanismos de incentivo financiero que hagan viable la adopción del sistema en contextos donde el acceso a innovación aún es limitado.

En conclusión, la incorporación del encofrado plástico reutilizable para losas aligeradas no solo representa una mejora técnica en los procesos constructivos, sino que también contribuye al fortalecimiento de un modelo de edificación más eficiente, competitivo y ambientalmente responsable. Esta propuesta pretende convertirse en un punto de partida para la validación local de una tecnología que, correctamente adaptada e implementada, puede significar un cambio sustancial en la forma en que se conciben y ejecutan obras en el contexto ecuatoriano.

En propuesta del encofrado plástico, se entrevistó a varios del personal técnico, mostrando el tablero curvo para losas de hormigón.

Figura 5.
Muestra en obra con personal técnico



Elaborado por: Brito (2025)

En las obras es necesario el movimiento de materiales y muchos de estos movimientos los realizan obreros que tienen cierto límite de carga por persona, en esta ocasión vemos como una persona puede cargar hasta 3 de estos tableros sin necesidad de aplicar mucha fuerza.

Figura 6.
Movilización de encofrado plástico.



Elaborado por: Brito (2025)

En obra se evidencio como el personal obrero solo puede cargar 1 tablero curvo de metal.

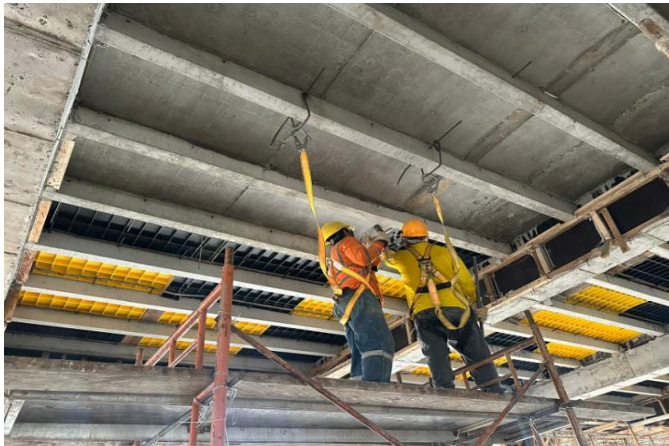
Figura 7.
Movilización de encofrado metálico.



Elaborado por: Brito (2025)

Se muestra como una cuadrilla desencoфра una losa con tableros plásticos.

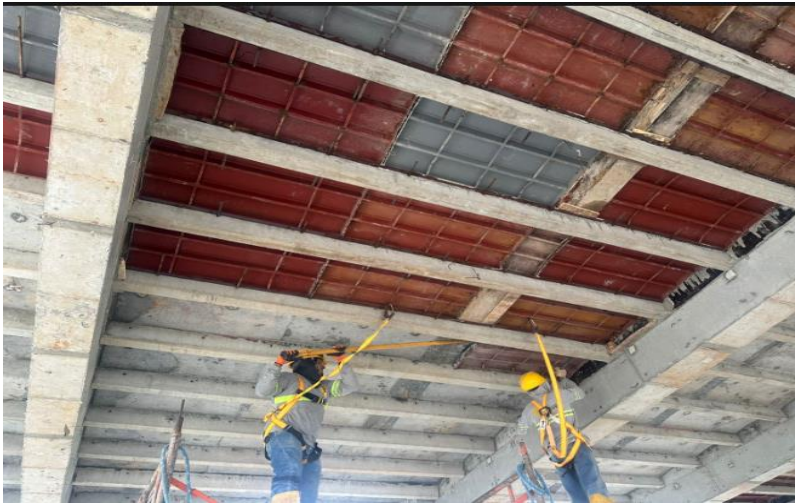
Figura 8.
Desencofrado de losa con tablero de plástico.



Elaborado por: Brito (2025)

Se muestra como una cuadrilla desencoфра una losa con tableros metálicos.

Figura 9.
Desencofrado de losa con tablero metálico.



Elaborado por: Brito (2025)

Figura 10.
Encofrado de plástico después de desencofrar.



Elaborado por: Brito (2025)

Figura 11.
Encofrado de metal después de desencofrar.



Elaborado por: Brito (2025)

En la siguiente imagen se muestra el armado de una columna y vigas para la losa de compresión, junto al encofrado curvo de plástico.

Figura 12.
Losa con tableros plástico.



Elaborado por: Brito (2025)

se obtuvo una conversación con el maestro responsable de la obra y se confirmó que para los trabajos a altura es mejor el encofrado plástico.

Figura 13.

Charla con maestro general de Obra.



Elaborado por: Brito (2025)

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió realizar un análisis integral sobre la viabilidad técnica y económica de implementar encofrados plásticos reutilizables en losas de hormigón armado, específicamente en edificaciones de mediana y gran altura. A través del cumplimiento progresivo de los objetivos específicos, se logró evidenciar no solo las ventajas constructivas que ofrece este tipo de sistema frente a los encofrados tradicionales, sino también su potencial de optimización en cuanto a costos, tiempo y sostenibilidad.

El primer paso fundamental consistió en diseñar una propuesta funcional de sistema de encofrado plástico reutilizable, adaptada específicamente a los requerimientos de losas en edificaciones de varios niveles. Para ello, se tomaron en cuenta criterios técnicos relacionados con la resistencia estructural, la capacidad de soporte de cargas durante el vaciado del concreto, la rigidez frente a deformaciones, así como aspectos funcionales como la facilidad de montaje y desmontaje, el peso liviano del material plástico y su compatibilidad con otros sistemas constructivos. Además, la propuesta fue desarrollada respetando las exigencias de normativas nacionales e internacionales, tales como las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC) y las directrices del American Concrete Institute (ACI), garantizando así un diseño seguro y viable. Este sistema no solo cumple con parámetros técnicos, sino que también responde a necesidades operativas en obra, como la eficiencia en los tiempos de armado y la facilidad en el transporte y almacenamiento.

Seguidamente, se procedió a comparar de manera detallada los costos y tiempos de ejecución entre el sistema tradicional de encofrado (principalmente de madera y metálico) y el sistema de encofrado plástico reutilizable. Para esta comparación se elaboraron presupuestos específicos de obra, cronogramas tipo y análisis de precios unitarios que permitieron identificar los principales rubros donde se presentan diferencias significativas. Se evidenció que, si bien el sistema plástico demanda una inversión inicial más elevada en cuanto a adquisición del material, dicho costo se diluye conforme se incrementa el número de reutilizaciones. La reducción en tiempos de montaje, el menor uso de mano de obra especializada y la rapidez en los

procesos de desencofrado permitieron demostrar que este sistema puede representar un ahorro importante en el tiempo total del proyecto, lo que se traduce también en reducción de costos indirectos y mejora en la productividad global de la obra.

En el desarrollo del tercer objetivo, se realizó una evaluación técnica de la durabilidad del sistema de encofrado plástico, determinando su capacidad de reutilización y su impacto económico en comparación con los sistemas convencionales. Los datos recopilados mostraron que los encofrados plásticos pueden ser reutilizados, bajo condiciones adecuadas de limpieza y mantenimiento, en más de 60 ciclos de uso sin afectar sus propiedades mecánicas ni su funcionalidad. Esta característica representa una ventaja sustancial respecto a los encofrados de madera, que en promedio pueden reutilizarse entre 5 y 10 veces antes de deteriorarse, y respecto a los metálicos, que, aunque son más duraderos, implican costos más altos de adquisición y presentan riesgos de corrosión si no se almacenan adecuadamente. El análisis financiero confirmó que, al aplicar este tipo de sistema en obras de repetición o en edificaciones que requieren gran cantidad de losas, el costo unitario por uso se reduce considerablemente, logrando beneficios económicos sostenibles en el tiempo.

Por tanto, se concluye que la incorporación de encofrados plásticos en la construcción de losas en edificaciones de altura no solo es factible desde el punto de vista técnico, sino también recomendable desde la perspectiva económica y ambiental. Se sugiere a las empresas del sector y a los profesionales en ingeniería civil considerar esta opción en sus procesos de planificación y ejecución, especialmente en proyectos que involucren estructuras repetitivas, cronogramas ajustados. Así mismo, se recomienda continuar con investigaciones complementarias que incluyan análisis de desempeño de este tipo de encofrado.

RECOMENDACIONES

A partir del desarrollo de este estudio y de los resultados alcanzados, se proponen las siguientes recomendaciones, orientadas a perfeccionar la implementación de sistemas de encofrado plástico reutilizable en la ejecución de losas de hormigón armado en edificaciones de altura media y considerable. Estas sugerencias están dirigidas a profesionales del ámbito constructivo, investigadores del área, instituciones académicas y entidades proveedoras de soluciones de encofrado, con el fin de promover una adopción más eficiente, adaptada y sostenible del sistema.

Considerando que la longevidad operativa de los encofrados plásticos está estrechamente vinculada con su correcta manipulación, resulta imperativo establecer lineamientos técnicos claros que regulen su transporte, limpieza, ensamblaje, desmontaje y almacenamiento. La elaboración de manuales técnicos de operación y mantenimiento contribuiría a preservar la integridad funcional del sistema durante múltiples ciclos de uso, optimizando su vida útil y garantizando un retorno de inversión más favorable para los proyectos constructivos.

Aunque en esta investigación se reconoce el valor ambiental que representa la disminución del uso de madera mediante el empleo de sistemas plásticos, no se realizó un análisis integral del impacto ecológico durante todo el ciclo de vida del producto. Se recomienda incorporar, en estudios posteriores, metodologías de evaluación ambiental como el ACV, que consideren la energía utilizada en la producción del plástico, su potencial de reciclaje, la emisión de gases de efecto invernadero y la gestión del residuo al final de su vida útil. Esta información permitiría tomar decisiones más acertadas desde la óptica del desarrollo sostenible y la economía circular.

Dado que el análisis económico realizado se basó en un escenario representativo particular, se recomienda extender esta evaluación a una diversidad de tipologías de obra, como edificaciones residenciales de interés social, proyectos comerciales o infraestructura pública. Asimismo, sería pertinente comparar resultados en distintas zonas geográficas del país, considerando las variaciones regionales en costos de materiales, transporte, disponibilidad de mano de obra y normativas locales. Esta amplitud de análisis permitiría precisar con mayor exactitud la viabilidad económica del sistema en el contexto ecuatoriano real.

Ante el avance de la transformación digital en la industria de la construcción, es aconsejable explorar la integración del sistema de encofrado plástico con herramientas tecnológicas emergentes como el modelado BIM (Building Information Modeling), la industrialización mediante prefabricación de elementos estructurales y la automatización de procesos constructivos. Estas sinergias no solo mejorarían la planificación y control del proyecto, sino que también abrirían nuevas posibilidades para optimizar los tiempos de ejecución y reducir errores operativos en obra.

Dado que muchos sistemas de encofrado plástico disponibles en el mercado han sido concebidos bajo estándares internacionales, se propone promover alianzas estratégicas entre fabricantes y empresas constructoras nacionales para la adaptación de modelos modulares a las condiciones particulares del entorno constructivo ecuatoriano. Esto incluye adecuaciones a dimensiones típicas de losas, formas estructurales comunes, prácticas laborales locales y exigencias climáticas, lo cual contribuiría a mejorar la eficiencia del sistema y facilitar su masificación en el mercado.

Debido al capital inicial que representa la adquisición de sistemas plásticos, especialmente para pequeñas y medianas constructoras, se sugiere que organismos públicos, entidades financieras o fondos de desarrollo impulsen esquemas de financiamiento, subsidios o incentivos económicos destinados a la compra e implementación de este tipo de tecnología. Estas iniciativas permitirían democratizar el acceso a sistemas constructivos más modernos, mejorar las condiciones laborales en obra y reducir el impacto ambiental asociado a los métodos convencionales.

Finalmente, se recomienda ampliar el enfoque de estudio hacia otros componentes estructurales más allá de las losas. Elementos como columnas, vigas, muros portantes y escaleras podrían beneficiarse igualmente de las propiedades del encofrado plástico, lo que ofrecería una alternativa integral que abarque mayores frentes del proceso constructivo. Explorar estas aplicaciones permitiría diseñar soluciones constructivas más completas y coherentes con los principios de eficiencia, seguridad y sostenibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparco Peralta, M. (2022). *Análisis de costos y eficiencia en el empleo del encofrado de plástico para columnas y vigas en obras públicas del distrito de Iircay-angaraes-2021 [Pregrado] Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Lircay*. Obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/974af2d9-2b99-45aa-8096-cbd70a745bd1/content>
- Apaza Ari, F. (2015). *análisis comparativo y aplicación de los encofrados: deslizantes y metálicos frente a los encofrados convencionales en la región puno 2015 [Pregrado] Universidad Alas Peruanas* . Obtenido de https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1333/Tesis_An%C3%A1lisis_Comparativo_Aplicaci%C3%B3n_Encofrados.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ayala et al. (2010). *Clasificación, utilización e importancia del encofrado como elemento provisional en el área de la Construcción [Pregado] Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13341/1/T-68466%20CARABAJO%20-%20CHIMBO%20-%20YAGUANA.pdf>
- Becerra. (2021). *Aprovechamiento y transformación de materiales plásticos reciclados, para la elaboración de prefabricados y encofrados empleados en el área de la construcción en la ciudad de Bogotá.[Pregrado]Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO)*. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/d63d10b6-1475-4896-82f5-35349f4c80e1/content>
- Botero. (2006). *Encofrados[Pregrado] Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/a4d08574-1248-4490-a2a4-0a815552cc7e/content>
- Bravo, C. (2018). *Estudio Comparativo de los tipos de encofrado metalico y el tradicional [Pregrado] Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2304/1/T-ULVR-2101.pdf>
- Bustos Cruz, S. I. (2020). *Plan de negocios para la fabricación de encofrados para la construcción de plástico reutilizable (pet), mediante la importación de granulados desde méxico, y su posterior comercialización y alquiler en el cantón quito.[Pregrado] Udla*. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/13232/1/UDLA-EC-TLNIN-2020-45.pdf>
- Cabrera, G. E. (2017). *Análisis de costos y eficiencia del encofrado de plástico en columnas y vigas [Pregrado] Universidad Privada del Norte*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/154354087.pdf>
- Castañeda Ortega et al. (2015). *Análisis comparativo entre el sistema de aluminio y encofrado metálico para viviendas de interés social [Pregrado] Escuela Profesional de Ingeniería Civil*. Obtenido de https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1462/lopez_pwj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Condori-Espinoza et al . (2022). Evaluación de riesgo ergonómico en trabajadores de construcción civil. *Health Care and Global Health*, 62(121), <https://revista.uch.edu.pe/index.php/hgh/article/view/210/121>. doi:<https://www.doi.org/10.22258/hgh.2022.62.121>
- Constitucion. (2008). *Constitucion del Ecuador* . Obtenido de https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Cueva, M. G. (1986). *Poyecto Diseño Y contrucción de encofrados para estructuras de*

- hormigón armado (Pregrado) Universidad Técnica Particular de Loja.* Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1063569.pdf
- Cusme, C. (2010). *Clasificación, utilización e importancia del encofrado como elemento provisional en el área de la Construcción*[pregrado]Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13341/1/T-68466%20CARABAJA%20-%20CHIMBO%20-%20YAGUANA.pdf>
- Delgado, L. (2016). *"DISEÑO DE SISTEMA DE ENCOFRADOS EN LA PROVINCIA DE ANGARAES - HUANCVELICA*[Pregrado] Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/710c57bf-9d0f-45bf-9e28-ded45f301bff/content>
- Formwork, P. (2024). How Plastic Formwork Improves Environmental Sustainability In Construction. *Formwork Plastic*, 25. Recuperado el 2024, de https://plasticconcreteformwork.com/how-plastic-formwork-improves-environmental-sustainability-in-construction/?utm_source=chatgpt.com
- García, A. G. (2000). *Hacia el nacimiento de la Historia de la Construcción.* (Vol. I). (A. Graciani García, Ed.) Sevilla, España: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/b23502a5-4a3e-4542-a313-f06941c7de79/content>
- Guerrero, A. (2018). *Análisis comparativo de factibilidad técnica, económica y constructiva entre encofrado tradicional y encontrado losaflex para vigas y losas de hormigón armado en edificaciones.*[Pregrado] Pontificia Universidad católica del Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/52b3a3c2-deff-4487-b083-94cb15ed32e2/content>
- Hidrobo, E. (2007). *Desarrollo de un sistema de encofrado de alta eficiencia aplicando el modelo de diseño y desarrollo de un producto*[Pregrado] Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/751/1/84524.pdf>
- Mamani, A. (2017). *Estudio comparativo del uso de encofrados en; madera (aguano), metal laf (laminados en frío) y plástico abs (acrilonitrilo butadieno estireno) utilizados en la construcción de edificaciones en el distrito de wanchaq - cusco* [Pregrado] Escuela Profesional. Obtenido de https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/3943/Tesis_Estudio_Comparativo_Encofrados.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez. (2019). Diseño del Encofrado para muros usando encofrados modulares. *Tecnológicas*, 18. doi:<https://doi.org/10.22430/22565337.1509>
- Martínez et al. (2020). *Diseño del encofrado para muros usando encofrados modulares.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/3442/344262226003/html/>
- Moreno Flores et al. (2014). *Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de el salvador.* Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/50108101%20(1).pdf
- Narcizo, A. M. (2019). *Análisis de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos y madera en la construcción de edificios de la ciudad del cusco - 2017* [Pregrado] Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco . Obtenido de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3751/253T20190091_TC.pdf?sequence=1
- Normalizacion, I. E. (1977). *Guía práctica.* Quito. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1MHEB_zUSjGO7MqVoBm1Jl4TsFLktnrIH/view
- Núñez Machuca, D. E., & Salinas Cruz, J. O. (2013). *Propuesta de mejora en el proceso de*

encofrado para disminuir los trabajos de rectificación de muros y losas en departamentos de viviendas masivas de la empresa BESCO [Pregrado] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/319861/nu%c3%b1ez_md.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Patiño Garzón, G. M. (2023). *Estudio de factibilidad desde el punto de vista estructural, arquitectónico y económico en los encofrados en plástico pet reciclado [Pregrado] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/07f52e60-49ce-4158-acb7-2be6440f3614/content>*

Patiño Garzón, J. D., & Gutiérrez Muñoz, J. A. (2023). *Estudio de factibilidad desde el punto de vista estructural, arquitectónico y económico en los encofrados en plástico pet reciclado [Pregrado] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/07f52e60-49ce-4158-acb7-2be6440f3614/content>*

Patiño, J., & Gutiérrez, J. (2023). *Estudio de factibilidad desde el punto de vista estructural, arquitectónico y económico en los encofrados en plástico pet reciclado. [Pregrado] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/07f52e60-49ce-4158-acb7-2be6440f3614/content>*

Peris Sanchez, D., & Peris López, D. (2019). *Los Hormigones con encofrados flexibles. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/65093258/HORMIGON_FLEXIBLE_FISAC-libre.pdf?1606982150=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_HORMIGONES_CON_ENCOFRADOS_FLEXIBLES.pdf&Expires=1740683685&Signature=McwIXCBslg8SUYfvZDcN9m7hKjHsm67gK1xvll9*

Pineda Reyes, c. g. (2025). *Propuesta de un Sistema alternativo de encofrado de plástico reciclado para castillos y soleras en San Pedro Sula [Pregrado] Universidad Tecnológica Centroamericana. Obtenido de <https://repositorio.unitec.edu/server/api/core/bitstreams/663abd6c-5796-402c-9f83-7cf264e8839e/content>*

Silva, N., & Gutiérrez, J. (2021). *Estudio de factibilidad sobre la optimización del uso de Encofrados en la industrialización de la construcción en Colombia [Pregrado] Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/63dc5007-1013-49ac-8b8e-ca65e4c55a5e/content>*

Sneider, T. C. (2025). *Actualidad sobre técnicas de encofrados para elementos estructurales [Pregrado]. Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/ef9ebfe7-e1e9-4359-82a8-3e9dc6f6f011/content>*

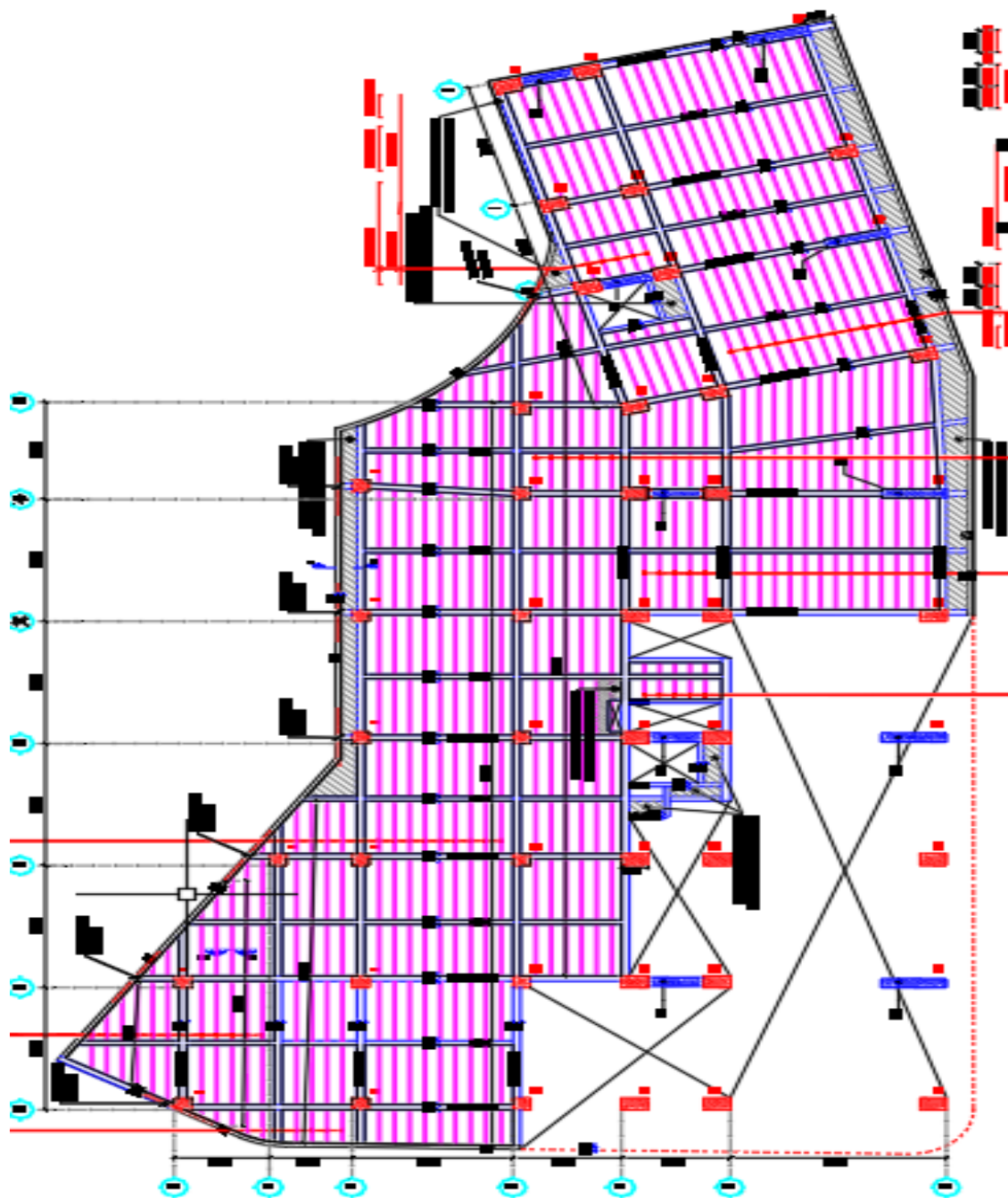
Une Español, N. (2025). *Une Norma Española Une 180201. Madrid.*

Vega Clemente, R. (2015). *Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de construcción industrializados de fachada en edificios de vivienda colectiva [Posgrado] Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/38121/1/RUTH_VEGA_CLEMENTE.pdf?utm_source*

ANEXOS

Anexo 1.

Plano estructural de edificación.



Anexo 2.

Encofrado de losa con madera.



Anexo 3.

Visita en fundición de una losa con sistema de encofrado plástico.



Anexo 4.

Acabado de losa.

