

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

Análisis comparativo de eficiencia entre encofrado metálico y convencional de losa aligerada, vivienda unifamiliar, Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería estructural

Sub Línea de Investigación: Gestión de proyectos de Construcción

Autores:

Cruz Vigo, Jean Pierre Alexis

Pizán Negreros, Gerson Emanuel

JURADO EVALUADOR:

PRESIDENTE: Vargas López, Segundo Alfredo

SECRETARIO: Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

VOCAL: Geldres Sánchez, Carmen Lucia

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

Trujillo-Perú

2024

Fecha de sustentación: 2024/04/18

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

Análisis comparativo de eficiencia entre encofrado metálico y convencional de losa aligerada, vivienda unifamiliar, Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería estructural

Sub Línea de Investigación: Gestión de proyectos de Construcción

Autores:

Cruz Vigo, Jean Pierre Alexis

Pizán Negreros, Gerson Emanuel

JURADO EVALUADOR:

PRESIDENTE: Vargas López, Segundo Alfredo

SECRETARIO: Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

VOCAL: Geldres Sánchez, Carmen Lucia

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

Trujillo-Perú

2024

Fecha de sustentación: 2024/04/18

Análisis comparativo de eficiencia entre encofrado metálico y convencional de losa aligerada, vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	0%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


LUCIO S. MEDINA CARBAL
ING. CIVIL
CIP No 76695

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	2%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

Declaración de originalidad

Yo, **Medina Carbajal Lucio**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **Análisis comparativo de eficiencia entre encofrado metálico y convencional de losa aligerada, vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma"**, Trujillo, La Libertad, autores Cruz Vigo, Jean Pierre Alexis y Pizán Negreros, Gerson Emanuel, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 19/04/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.



.....
Cruz Vigo Jean Pierre Alexis

DNI:74978661



.....
Pizán Negreros Gerson Emanuel

DNI:48043392



.....
LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
ING. CIVIL
CIP No 76695

.....
Ms Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

DNI: 40534510

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>



DEDICATORIA

Quiero agradecer primero a Dios por darme las fuerzas para culminar este objetivo de vida. A mis padres Edward Cruz Nunja y Verónica Vigo Guerra, por el amor, motivación brindada para salir adelante, a mi hermano y a todas las personas que creyeron en mí, familiares y amigos.

Br. Cruz Vigo, Jean Pierre Alexis

DEDICATORIA

Primeramente, agradecer a Dios por permitirme realizarme como persona y profesional, a mis padres Lorenza Negreros Esteban y Wilson Pizán Vargas, a mi hermana Solaeche Pizán Negreros, por el apoyo incondicional que me brindaron desde pequeño hasta cumplir una de mis metas más importantes.

Br. Pizán Negreros Gerson Emanuel

AGRADECIMIENTO

A:

PADRES:

El enorme esfuerzo y sacrificio que hicieron por nosotros, se verán reflejados en esta tesis, el cual nos enorgullece agradecer su paciencia y que fueron constantes para impulsarnos a seguir adelante en este camino que tomamos.

ING. LUCIO MEDINA CARBAJAL

Agradecerle el apoyo que nos mostró para llevar a cabo este proyecto, lo recordaremos en este recorrido profesional y de vida que llevaremos consigo, asimismo su paciencia y dedicación que nos permitió adquirir conocimientos en este proyecto.

RESUMEN

En la presente investigación se planteó la interrogante ¿Cuál es la eficiencia al emplear encofrado metálico comparado con el encofrado convencional en la losa aligerada de una vivienda unifamiliar, Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad? con el objetivo de realizar un análisis comparativo de eficiencia entre el encofrado metálico y encofrado convencional de losa aligerada de una vivienda unifamiliar, Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad. El enfoque de la investigación es cuantitativo, de tipo aplicada y de nivel descriptivo, con un diseño no experimental y de corte transversal, la muestra es fue de los paños de losa aligerada comprendidos entre el 2do piso al 4to piso de una vivienda unifamiliar de 4 pisos de la Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad. Se analizó el tiempo que se emplea en cada cuadrilla para el encofrado metálico de la losa aligerada, tanto como el costo para la partida. Asimismo, se realizó el mismo análisis y proceso para el encofrado convencional. El procesamiento de datos se hizo a través del programa Excel, para finalizar con la organización de los datos en tablas y cuadros estadísticos y comparativos. Se concluyó que el encofrado metálico presenta una mejor calidad tanto en número de usos que son 150, como en el impacto ambiental, impidiendo la tala de árboles y la calidad de superficie, siendo esta más lisa.

Palabras claves: Eficiencia, encofrados, edificaciones.

ABSTRACT

In the present investigation, the question was raised: What is the efficiency when using metallic formwork compared to conventional formwork in the lightened slab of a single-family home, Urbanization "El Prisma", Trujillo, La Libertad? with the objective of carrying out a comparative analysis of efficiency between the metallic formwork and conventional formwork of lightened slab of a single-family house, Urbanization "El Prisma", Trujillo, La Libertad. The research approach is quantitative, of an applied type and of a descriptive level, with a non-experimental and cross-sectional design, the sample is made up of the lightened slab panels between the 2nd and 4th floors of a 4-bedroom single-family home. floors of the Urbanization "El Prisma", Trujillo, La Libertad. The time used in each crew for the metal formwork of the lightened slab was analyzed, as well as the cost for the game. Likewise, the same analysis and process was carried out for the conventional formwork. The data processing was done through the Excel program, to finish with the organization of the data in tables and statistical and comparative charts. It was concluded that the metallic formwork presents a better quality both in number of uses that are 150, as well as in the environmental impact, preventing the felling of trees and the surface quality, being this smoother.

Keywords: Efficiency, formwork, buildings.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con el reglamento de grados y títulos que nos confiere nuestra dicha universidad “Universidad Privada Antenor Orrego”, a través de la facultad de ingeniería, para la obtención de nuestro título universitario, presentamos así nuestra tesis titulada:

Análisis comparativo de eficiencia entre encofrado metálico y convencional de losa aligerada, vivienda unifamiliar, Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad

La presente tesis la realizamos en base a conocimientos a lo largo de nuestra carrera profesional y experiencias adquiridas durante este tiempo, en el cual fueron fortalecidas por bibliografías y otras investigaciones realizadas y a la vez el asesoramiento del ing. Lucio Medina Carbajal.

Atentamente,

Br. Cruz Vigo Jean Pierre Alexis

Br. Pizán Negreros Gerson Emanuel

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCION	1
1.1. Problema de investigación	1
1.1.1. Descripción del Problema.....	1
1.1.2. Enunciado del problema	2
1.2. Objetivos	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
1.3. Justificación.....	3
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Nivel internacional	4
2.1.2. Nivel nacional	6
2.1.3. Nivel local	8
2.2. Marco teórico	9
2.3. Marco conceptual.....	18
2.4. Hipótesis	18
2.5. Variables. Operacionalización de variables.....	19
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	20
3.1. Población y muestra de estudio	20
3.1.1. Población.....	20
3.1.2. Muestra.....	20
3.2. Diseño de investigación	20
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	21

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	22
4.1. Tiempo de instalación	22
4.2. Rendimiento total para cada uno de los encofrados	23
4.3. Costos	26
4.4. Calidad	34
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de variables</i>	19
Tabla 2	<i>Tiempo usado para el encofrado y desencofrado metálico.....</i>	22
Tabla 3	<i>Rendimiento para el encofrado de madera para losa aligerada.....</i>	23
Tabla 4	<i>Rendimiento para el encofrado metálico de losa aligerada.....</i>	23
Tabla 5	<i>Cantidad de materiales para el encofrado de madera de losa aligerada 24</i>	
Tabla 6	<i>Cantidad de materiales para el encofrado metálico de losa aligerada..</i>	25
Tabla 7	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 1 de losa aligerada.....</i>	26
Tabla 8	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 2 de losa aligerada.....</i>	27
Tabla 9	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 3 de losa aligerada.....</i>	27
Tabla 10	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 4 de losa aligerada.....</i>	27
Tabla 11	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 5 de losa aligerada.....</i>	28
Tabla 12	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 6 de losa aligerada.....</i>	28
Tabla 13	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 7 de losa aligerada.....</i>	29
Tabla 14	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 1 de losa aligerada.....</i>	29
Tabla 15	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 2 de losa aligerada.....</i>	30
Tabla 16	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 3 de losa aligerada.....</i>	30
Tabla 17	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 4 de losa aligerada.....</i>	31
Tabla 18	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 5 de losa aligerada.....</i>	31
Tabla 19	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 6 de losa aligerada.....</i>	32
Tabla 20	<i>Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 7 de losa aligerada.....</i>	32
Tabla 21	<i>Costos unitarios para cada uno de los encofrados.....</i>	34

Tabla 22	<i>Calidad de los 2 tipos de encofrado.....</i>	34
Tabla 23	<i>Ventajas y desventajas de los 2 tipos de encofrado.....</i>	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Rendimiento total para cada uno de los encofrados.....</i>	24
Figura 2	<i>Costos unitarios de los 2 tipos de encofrado para cada uno de los paños</i>	33
Figura 3	<i>Costos unitarios de los 2 tipos de encofrado para cada uno de los paños teniendo en cuenta el número de usos.....</i>	33

I. INTRODUCCION

Problema de investigación

1.1.1. Descripción del Problema

En los últimos años, la innovación ha formado parte fundamental del avance del sector de la construcción, cada vez existen nuevas tecnologías que impulsan su desarrollo; sin embargo, la mayoría de países prefieren invertir en otros sectores sin priorizar este, un ejemplo de ello a nivel de Europa es España, según el informe de Innovación en la Construcción el cual se basa en el Instituto Nacional de Estadísticas, en el 2018 solo un 6.2% de las empresas del sector construcción invirtieron para el impulso de la innovación, para lo cual se generó un gasto de 185.26 millones de euros; asimismo, el porcentaje sobre la intensidad de innovación, la construcción refleja un 0.26% en 2018 y la media de las empresas de este sector obtuvo un 0.98% y 1.02% en el 2018 y 2019 respectivamente. (El Economista, 2020)

En Latinoamérica, la realidad no es diferente, puesto que las obras tanto públicas como privadas tardan aproximadamente un 20% más de lo previsto y los gastos llegan a superar el 80% del importe que se generó inicialmente. Es así que, un estudio realizado por McKinsey, Reinvesting construction. A route to higher productivity, establece que si se adoptaran más medidas innovadoras como la industrialización de los procesos y la incorporación de nuevas tecnologías, el sector incrementaría su productividad en un 5 a 10%. No obstante, Chile como uno de los países más avanzados en técnicas constructivas, su participación en la construcción industrializada es de un 1%, lo cual genera gran intriga sobre la situación del resto de países latinoamericanos. (Inmoley, 2019)

En el Perú, el gobierno solo invierte 0.12% el PBI en investigación e innovación para el desarrollo, a comparación de otros países como Chile, Colombia, Argentina que invierten 0.38%, 0.24% y 0.59% respectivamente y el promedio de los países que conforman la OECD es aún más, llegando a los 2.47% (AMÉRICA SISTEMAS, 2020). En el año 2022, el porcentaje destinado al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Concytec) ha

disminuido en un 23.4% con respecto al año anterior. Es el monto más bajo presentado en los últimos 5 años (Mogollón, 2021).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se establece que el país no brinda la importancia debida a la innovación en el sector construcción generando mayores problemas. Del mismo modo, existen múltiples tecnologías y técnicas para la mejora de la producción en el proceso constructivo, lo cual implica tanto menores retrasos como desperdicios; no obstante, en la presente investigación se tratará solamente del uso de encofrado metálico, ya que, en el año 2017, en la ciudad del Cusco se obtuvo que solo un 12 % de 50 proyectos en construcción hizo uso de este (Arapa y Maldonado, 2019). El encofrado metálico ayudará a la disminución de desperdicios, mano de obra y costos, así como la obtención de un mejor acabado.

1.1.2. Enunciado del problema

¿Cuál es la eficiencia al emplear encofrado metálico comparado con el encofrado convencional en la losa aligerada de una vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad?

Objetivos

Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de eficiencia entre el encofrado metálico y encofrado convencional de losa aligerada de una vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad.

Objetivos específicos

- Realizar análisis de precios unitarios al utilizar el encofrado metálico y el encofrado convencional en una losa aligerada de la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad.
- Determinar los rendimientos por cuadrilla del encofrado metálico para la losa aligerada de la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad.

- Determinar los rendimientos del encofrado convencional para la losa aligerada de la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad.
- Establecer diferencias de calidad entre ambos tipos de encofrado para la losa aligerada de la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad.
- Realizar un análisis comparativo entre los dos tipos de encofrado.

Justificación

La justificación teórica para esta investigación se basa en brindar y proporcionar información sobre el costo, rendimiento y calidad de los encofrados, tanto metálico como convencional de una losa aligerada; de esta manera quedará como antecedente para futuros estudios relacionados, los cuales podrán obtener nuevos conocimientos sobre nuevas técnicas de encofrado para mejorar la eficiencia en la construcción.

La justificación metodológica de este estudio se centra en el uso de recolección de datos y la observación para el cálculo de rendimientos y costos de los dos tipos de encofrado de la losa aligerada y de esta manera llegar a determinar cuál de los dos es más eficiente.

La justificación social de esta investigación se centra en que servirá para que ingenieros y empresas que trabajen en la rama de gestión de proyectos tengan conocimiento sobre el criterio que deben tener a la hora de usar un tipo de encofrado para mejorar la eficiencia en la construcción.

II. MARCO DE REFERENCIA

Antecedentes

2.1.1. Nivel internacional

En Colombia, Lara y Watts (2020) en su tesis titulada “Evaluación de costos y tiempos del sistema constructivo industrializado de muros de concreto considerando diferentes tipos de encofrado y altura, en la construcción de viviendas de interés social en la región” tuvieron como objetivo “analizar los costos y tiempos de construcción de la estructura de dos proyectos VIS desarrollados con el sistema industrializado de muros de concreto, mediante la comparación de los costos y tiempos asociados a las diferencias de altura y sistemas de encofrado utilizados para ésta actividad”. El enfoque de esta investigación fue cuantitativo de tipo documental mixta. La técnica para la recolección de datos fue la revisión literaria de documentación de la empresa, libros, tesis, artículos, etc. Los resultados que se obtuvo demostraron que el sistema de formaletas mano portable implementado en el CASO 1 es más propicio tanto técnico como económicamente para construir VIS con S.I. muros de carga, con respecto al tipo túnel usado en el CASO 2.

En República Dominicana, Díaz y Abreu (2017) en su investigación titulada “Análisis Comparativos de Factibilidad entre Sistema de Construcción con Formaletas Metálicas vs Método Construcción de Mampostería Armada” tuvo como objetivo “realizar un análisis comparativo de la factibilidad entre sistema de construcción con formaletas vs mampostería armada, tomando como referencia uno de los modelos del proyecto La Nueva Barquita, con la finalidad de tener criterio de selección del sistema más adecuado en cuanto a rentabilidad” El enfoque de este estudio es cuantitativo, de tipo descriptiva, explicativa y exploratoria, la técnica fue la observación, los programas para el análisis de datos fueron el Excel y Ms Project. Los resultados obtenidos establecieron que las formaletas aceleran los procesos constructivos y mejoran el rendimiento puesto que resulta ser más práctico para la mano de obra a la hora de armar y transportar. Asimismo, el presupuesto para ambos,

tanto formaletas como mampostería armada son similares; sin embargo, este último resultó ser más económico en un 1.02%. Sobre el tiempo de ejecución, las formaletas se proyectan para 8 meses, mientras que el otro conlleva 13 meses. Finalmente, según los cálculos de rentabilidad, la mampostería armada tiene un 4.294% y las formaletas metálicas un 6.388% lo que hace que este último sea más rentable y factible para el proyecto.

En Turquía, los autores Terzioglu et al. (2021) en su investigación titulada "Analysis of Formwork System Selection Criteria for Building Construction Projects: A Comparative Study" tuvieron como objetivo "realizar un análisis de los criterios de selección de sistema de encofrado (FWS) para proyectos de construcción de edificios mientras compara las perspectivas y percepciones de diferentes grupos de profesionales y empresas de la construcción e investiga cómo los criterios de selección de FWS se ven afectados por los parámetros estructurales del edificio" El enfoque del estudio es de tipo cuantitativo. La técnica e instrumento usados para la recolección de datos fueron la encuesta y el cuestionario respectivamente. Se concluyó que el costo inicial de FWS, la velocidad, el tipo de losa estructural, el grado de repetición del FWS y el tipo de soporte de cargas laterales son los criterios que se toman en cuenta a la hora de seleccionar el FWS adecuado para la construcción de edificios en Turquía.

En Australia, los autores Li et al. (2022) en su estudio titulado "A review of formwork systems for modern concrete construction" tuvieron como objetivo "realizar una revisión de varios sistemas de encofrado en la construcción de hormigón, incluidas sus materias primas, flexibilidad, métodos de fabricación, aplicaciones en estructuras de hormigón e impactos ambientales" El enfoque fue cualitativo, la técnica de recolección de datos fue la revisión literaria. Se concluyó que los encofrados convencionales a la hora de encofrar formas ortogonales o regulares tienen una demanda alta en mano de obra capacitada; los encofrados flexibles se aplican para formas complejas; sin embargo, presenta problemas de desperdicio de material y arrugas de la tela. Los encofrados digitales como el fresado CNC de poliestireno y el encofrado

en 3D son precisos y automatizados, requieren baja mano de obra, pero tiene el problema de un costo elevado y alto desperdicio de material. Finalmente, los reciclables como los de arena y hielo forman geometrías complejas y son económicos y ecológicos; no obstante, no existen muchos estudios sobre la mala calidad de la interfaz y control de temperatura entre el hormigón y este tipo de encofrado.

En Ecuador, el autor (Guerrero, 2018) en su investigación “Análisis comparativo de factibilidad técnica, económica y encofrado losaflex para vigas y losas de hormigón armado en edificaciones” tuvo como objetivo determinar qué tan viable es la utilización de este nuevo sistema de encofrados. Se realizaron visitas a 2 obras en construcción en Quito, donde se observó las ventajas y desventajas del proceso constructivo así como la duración de los 2 tipos de encofrado. Como resultado se obtuvo que el sistema LosaFlex es viable y es mejor en los aspectos técnicos y constructivos sin importar las condiciones del elemento estructural (vigas y losas) a encofrar, siendo el costo muy inferior para encofrado de losas planas (losas de espesor constante) o con luces grandes. En los resultados se recomienda que el diseño de la estructura sea coordinado con el diseño arquitectónico para poder tener losas planas y así maximizar los beneficios del nuevo sistema de encofrado (LosaFlex).

2.1.2. Nivel nacional

En Cusco, los autores Arapa y Maldonado (2019) en su tesis titulada “Análisis de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos y madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017” tuvieron como objetivo “comparar la eficiencia de los encofrados metálicos con respecto al encofrado de madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017” El enfoque de estudio fue cuantitativo de tipo correlacional – cuasiexperimental y de corte transversal. Las técnicas usadas fueron de Monitoreo y Control y la de Cornell. Los resultados obtenidos demostraron que el encofrado de madera tiene un costo de 52.23 soles por m², teniendo en cuenta 4 usos a comparación del encofrado metálico que tiene un costo de

23.89 soles por m², teniendo en cuenta 150 usos. Los rendimientos para columna con el de madera 11.484 m²/día y el metálico es de 17.247 m²/día, Asimismo el primero presenta mayor deterioro frente a factores climáticos, obteniendo que el encofrado metálico permite acelerar el proceso en la construcción, siendo más rentable en proyectos de gran tamaño.

En Lima, Espinal et al. (2019) en su tesis titulada “Análisis comparativo de costo para encofrados en elementos verticales empleando encofrados de madera o metálicos en Patio Taller del Metro de Lima” tuvo como objetivo “proponer el análisis comparativo para conocer cuál es el costo más económico para encofrados en elementos verticales empleando encofrados de madera o metálicos en Patio Taller del Metro de Lima – Línea 2” El enfoque de investigación fue cuantitativo de tipo descriptiva con corte transversal. La técnica utilizada fue la recolección de datos por medio de correo electrónico de las cotizaciones. Los resultados establecieron que los encofrados metálicos se usan en construcciones donde la fabricación de elementos es repetitiva, teniendo como ventaja el número de usos, menos costo para mantenerlo y acabado de calidad, Con respecto a los costos, el de madera tiene uno de 27.16 soles para una altura de 3.5m con respecto al metálico que es 40.03 soles para la misma altura. Sin embargo, para columnas mayores a 3.5m pero menores que 6.5m el costo del encofrado de madera es 48.29 soles y el metálico es de 43.65 soles. Asimismo, para placas de altura menos a 3.9m el primero cuesta menos de 21.55 soles, y el segundo cuesta 25.81 soles. Para placas con altura mayor a 3.9m pero menor a 6.5m el costo del de madera es de 38.35 soles y el metálico es de 29.37 soles. Todos los montos mencionados no incluyen impuestos.

En Apurímac, las autoras Palomino y Rayme (2021) en su tesis titulada “Análisis comparativo de la eficiencia al utilizar encofrado convencional versus encofrado metálico en los elementos estructurales de las edificaciones de concreto armado de la zona urbana B1 en la ciudad de Abancay 2019” tuvieron como objetivo “determinar la eficiencia al utilizar encofrado convencional comparado con el encofrado metálico de los elementos

estructurales de las edificaciones de concreto armado ubicadas en la zona urbana B1 de la ciudad de Abancay-Apurímac 2019” El enfoque de investigación fue mixto, de tipo aplicada, correlacional y no experimental. Las técnicas de recolección de datos fueron la encuesta y la observación, y los instrumentos fueron, cámara, cronómetro y fichas de control. Los resultados obtenidos fueron que existe una mayor eficiencia por parte del encofrado metálico con respecto al convencional en vigas y columnas, teniendo en cuenta el tiempo de instalación es más eficiente en un 97% el costo disminuye en un 89.28%, sobre la calidad se obtuvieron superficies lisas en columnas con un 55% y en vigas en un 64%. La diferencia de tiempos en columnas es de 2h 24min y en vigas es 2h 29 min. La diferencia de costos en columnas es de 42.4 soles y en vigas es de 53.13 soles.

2.1.3. Nivel local

En Trujillo, los autores Aguilar y Chico (2022) en su tesis titulada “Evaluación de costo-beneficio entre el encofrado metálico y el tradicional en losa aligerada en construcción, Edificio Oficinas El Golf– El Golf, Trujillo” tuvieron como objetivo “determinar la relación costo – beneficio que generan los encofrados metálicos de una losa aligerada, en contrapartida con los encofrados tradicionales en “Construcción, edificio oficinas el Golf”, Trujillo” El enfoque de investigación fue cuantitativo, de tipo experimental, analítica y descriptiva. La técnica para la recolección de datos fue por metrados y rendimiento de cuadrillas. Los resultados demostraron que el encofrado de madera es más económico que el metálico, dando que este último es 17.78% más elevado en el costo inicial; no obstante, este último tiene un 54.4 % en avance de ejecución. Asimismo, el número de usos es mayor, teniendo 100 con respecto a 6. Finalmente, en relación con el medio ambiente, la materia prima del encofrado metálico no es tan contaminante como el encofrado tradicional.

En Trujillo, Apaza y Machaca (2020), en su investigación “Diseño y evaluación de encofrado con fenólicos para construcción del colegio Innova School” tiene como objetivo principal diseñar y evaluar el encofrado de vigas,

columnas y losas con fenólicos para la construcción del colegio innova school. El tipo de investigación fue descriptiva y el diseño es no experimental. Se utilizó este diseño para facilitar al técnico constructor y así pueda realizar los encofrados de manera rápida y segura, garantizando que el sistema utilizado sea el adecuado. En cuanto a las técnicas utilizadas está la observación directa, el análisis de los rendimientos de encofrados, las mediciones y pre ensayos. En los resultados se obtuvo que el encofrado propuesto resulta muy eficiente para lograr las metas trazadas.

Marco teórico

Análisis comparativo

El análisis comparativo es un ejercicio primordial de toda actividad cognoscitiva. Es un mecanismo que establece una conexión causal entre diversos fenómenos o identificar elementos que explican la existencia de estos últimos. Está dado por dos procedimientos, el primero es el nomotético, este busca generalizaciones empíricas y comprobar hipótesis, el segundo es el ideográfico, el cual determina las especificidades del fenómeno (Díaz y Abreu, 2017).

Encofrado de Losa Aligerada

Surgen nuevas técnicas por el aumento del empleo de encofrado en losas para mejorar la productividad de ejecución de proyectos en menor tiempo, los materiales de estos han ido evolucionando, desde tablas de madera no tratada hasta paneles fenólicos contrachapados.

Para el apuntalamiento de fondos de losa se usaban tablones, esto producía mayores retrasos en el montaje y desmontaje ya que se necesitaba de 3 a 4 horas, por ello apareció el puntal telescópico vertical, ayudando a reducir el tiempo de montaje, puesto que se demoraba un total de 30 minutos a 1 hora. Luego se fueron ejecutando proyectos grandes, con losas de grandes luces y alturas mayores a 3 metros, es así que aparecieron las mesas de trabajo, usando a tableros como fondo de las losas y castillos o puntales para

sostenerlos, mejorando los tiempos de desmontaje y montaje llegando a ser menor a 30 minutos.(Ponce, 2016)

Encofrado metálico

Este tipo de encofrado se define como un grupo de paneles metálicos sujetos a barras para la conservación de su forma resistiendo la flexión. Este se debe aplicar mayormente en obras con abundantes elementos iguales como columnas, vigas, losas, etc. (Palomino y Rayme, 2021).

Ventajas del encofrado metálico

- Define y le brinda la forma proyectada al elemento.
- Es más fácil, rápido y accesible tanto para encofrar como para desencofrar.
- Se obtienen acabados lisos.
- La forma de unión es más fácil, ya que se da por un cerrojo conformado por un bulón y cuña.
- Mejor rendimiento y alta durabilidad.
- Se protegen a los bosques evitando la tala de árboles. (Palomino y Rayme, 2021)

Desventajas del encofrado metálico

- El costo para adquirirlo es elevado.
- No se adapta a todo tipo de formas, puesto que tiene medidas estándares.
- Al realizar el vaciado, no se debe mover la armazón puesto que el concreto se agrieta.
- No absorbe la humedad; por ende, se debe usar algún tipo de aditivo. (Palomino y Rayme, 2021)
- El fraguado no se protege en tiempo de frío.
- La protección contra la oxidación representa un gasto adicional (Ponce, 2016).

Características físicas del encofrado metálico

Presenta resistencia a la corrosión, compresión y tensión. Soporta como máximo una presión de 5.85 kg/m² dada por el vaciado desde una altura de 2.4m. Asimismo, el peso y tamaño de 1m² de encofrado es aproximadamente de 35kg, esto permite que la mano de obra sea fácil ya que un único operario puede hacer manipulación de los accesorios y paneles (Palomino y Rayme, 2021).

Materiales del encofrado metálico

Acero

El acero es producto de la aleación entre hierro y otras cantidades pequeñas de elementos como 1% de carbono aproximadamente, se sumerge en agua fría para que adquiera dureza y elasticidad. Existen aceros compuestos por porciones mínimas de titanio, cromo, vanadio, wolframio o níquel, caracterizado por la alta resistencia que posee, a comparación del hierro que no tiene, ya que está compuesto por cristales de ferrita; sin embargo, cuando se alea con el carbono, sí aumenta su resistencia.

Asimismo, el 92% es acero al carbono y lo restante es aleación con elementos como molibdeno, magnesio, níquel, cromo y vanadio.(Arapa y Maldonado, 2019)

Aluminio

Este metal no se encuentra de forma natural a pesar de ser abundante, ya que sus componentes representan el 8% de la corteza terrestre. Es extraído del mineral llamado bauxita. Su baja densidad (2700 kg/m³) y la alta resistencia a la corrosión que presenta, lo convierte en un metal muy útil en la ingeniería de materiales. Además, su resistencia mecánica, a través de aleaciones puede aumentar hasta 690 MPa (Arapa y Maldonado, 2019).

Elementos del encofrado metálico

Paneles: son parte de la cara del encofrado, estos son los más importantes en el armado puesto que soportan cargas dadas por el concreto y brindan un buen acabado (Arapa y Maldonado, 2019), sus espesores son

de 12, 15, 18 mm, el ancho es de 25. 50. 75, 90 cm y su altura es de 2, 4, 8, 10 pulgadas (Palomino y Rayme, 2021).

Aplomadores: estos sirven para alinear y unir de manera continua los paneles (Arapa y Maldonado, 2019).

Angulares: tienen la función de unir las esquinas dados por un ángulo de 90° (Palomino y Rayme, 2021).

Rinconera: es un esquinero que va internamente, establece el ángulo de giro, se puede diseñar diferentes tipos de ángulos según el diseño, pero el estándar es de 90° (Arapa y Maldonado, 2019).

Grapas: unen rinconeras, tableros y ángulos con el fin de obtener un buen cierre para un mejor acabado (Palomino y Rayme, 2021).

Tapa muro: usados como láminas para el cierre de muros, dinteles y antepechos (Palomino y Rayme, 2021).

Distanciadores: mide el espesor de pantallas, columnas y muros, van anclados a los tableros que se enfrentan entre sí ya atraviesan los elementos (Arapa y Maldonado, 2019).

Pin para anclaje: usado para fijar el distanciador a los paneles (Arapa y Maldonado, 2019).

Alineador: definido como un perfil estructural en C usado para el anclaje de tableros para proporcionar rectitud (Arapa y Maldonado, 2019).

Tensor: tiene el fin de unir el alineador a los tableros para mejorar la alineación a lo largo y alto (Palomino y Rayme, 2021).

Tubo o saca pines: se usa como palanca con ayuda del pin y la grapa para facilitar el armado (Palomino y Rayme, 2021).

Uña: alinea las perforaciones de las bandas laterales de las rinconeras, ángulos, tableros y tapa muros para un mejor ensamblaje (Arapa y Maldonado, 2019).

Martillo extractor: tiene en objetivo de extraer los distanciadores (Palomino y Rayme, 2021).

Pin de fijación y tuerca golilla: se usan como reemplazo de corbatas y también ajustan los vértices, tienen un diámetro de 12mm a 21mm y una longitud de 10 cm a 90 cm (Palomino y Rayme, 2021).

Puntales: diseñados para apuntalar encofrados de tipo horizontal, para su correcto uso se debe tener en cuenta las recomendaciones para su montaje y el límite de cargas, dado por la empresa proveedora. Sus componentes son. Las placas de base cuadrada de 120 x 120 mm, tubo interior con talador, arandela y cazalota y pasador de seguridad, estos regulan la altura y tubo exterior. Asimismo, sus accesorios son la cabeza puntal, este sirve para soportar encofrados de perfiles o vigas y el soporte puntal, el cual sirve para sostener los puntales. (Aguilar y Chico, 2022)

Empresas que proveen encofrados metálicos

Existen diversas empresas especializadas como:

Forsa: ofrece cimbras, moldajes y formaletas para el encofrado como también andamios multidireccionales.

Ulma: brinda encofrados trepantes, vigas de madera y tablero, equipos de seguridad y encofrados de túneles y puentes y elementos estructurales y no estructurales.

Peri: presentan sistemas de encofrado que se adaptan a todo tipo de estructura compleja.

Teca: brinda sistema de encofrado técnicos y sostenibles, así como andamios y equipos de seguridad.

Alsina: brinda el servicio de encofrados trepantes facilitando la ejecución de los elementos verticales.

Efco: fue una de las primeras empresas en traer el encofrado metálico al Perú en 1994. (Palomino y Rayme, 2021)

Clasificación del encofrado metálico:

Encofrado horizontal

Este tipo de encofrado está enfocado hacia las losas aligeradas y macizas, inclinadas, vigas, voladizos, brindando un excelente acabado, debido a que son prefabricados brindan más seguridad a los operarios (Aguilar y Chico, 2022).

Encofrados verticales

Encofrados de muros y columnas

Son encofrados de tipo modular, flexible y robusto aplicado a cualquier elemento vertical, como columnas de diferente forma y muros de cara, el montaje de estos se da mediante mano de obra o grúa (Aguilar y Chico, 2022).

Encofrados trepantes

Existe el encofrado auto trepante, para su instalación no es necesario usar grúa, por ende, los tiempos de montaje y manipulación son acelerados; sin embargo, el sistema de trepante guiado y configurable para edificar proyectos de gran altura, son elevados mediante grúas, así como los de tipo trepante fijo que se usa para columnas y muros de 2 caras (Aguilar y Chico, 2022).

Encofrado convencional de madera

El encofrado de madera se moldea y elabora in situ usando tablas de madera, madera aglomerada o contrachapada. Su producción es fácil, se usa mayormente en obras medianas y pequeñas puesto que la mano de obra es menor al alquiler de otro tipo de encofrado. El acabado depende de la calidad de la madera (Ponce, 2016).

Requisitos del encofrado de madera

- Debe pesar poco y tener la resistencia suficiente para asegurar la menor deformación posible.
- No se debe usar madera húmeda puesto que es menos resistente y se deforma al secarse.
- No se debe usar madera muy seca, pues esta absorbería la humedad del concreto.
- Se debe usar madera secada al aire libre.
- La madera no debe tener nudos, alabeos y rajaduras, puesto que su resistencia sería baja y los elementos encofrados no tendrían un buen acabado. (Arapa y Maldonado, 2019) La resistencia a la compresión y a la tensión disminuyen en un 20% y 40 o 50 % respectivamente, por ello la madera debe tener el menor número de nudos posible (Arapa y Maldonado, 2019).

Ventajas del encofrado de madera

- El costo de inversión es económico.
- Se amolda a cualquier forma.
- El montaje es fácil.
- Presenta un peso bajo en relación a su resistencia.
- Capacidad considerable a la compresión y tracción.
- Se puede adquirir de manera fácil (Ponce, 2016).

Desventajas del encofrado de madera

- No se debe perforar o clavar muchas veces pues debilita la madera.
- Para su reutilización se debe brindar un mantenimiento periódico.
- Para proyectos de gran magnitud, su elaboración es más costosa y complicada.
- El desencofrado debe ser con cuidado puesto que la madera se puede dañar fácilmente.
- Afecta al medio ambiente.
- El número de veces de reutilización es máximo de 5 veces. A la larga la convierte en un sistema costoso. (Ponce, 2016)

Materiales del encofrado de madera

Madera

Materia prima dura y resistente usado durante muchos años como combustible y material para construir (Arapa y Maldonado, 2019).

Propiedades físicas de la madera

Humedad

Definida como la cantidad de agua que la madera contiene. El óptimo nivel de esta debe ser entre 18% a 22% (Arapa y Maldonado, 2019).

Dilatación y contracción

Al contraerse por la gran cantidad de humedad que posee se generan presiones internas que malogran la madera, al dilatarse, los acabados se ven afacetados ya que lucirán con curvas y deflexiones (Arapa y Maldonado, 2019).

Peso específico

Una pieza de madera de 850 kg/m³, varía su peso específico por el sol y la época de corte. Mientras más densidad posea la madera mayor resistencia tendrá (Arapa y Maldonado, 2019).

Durabilidad

La resistencia que posee la madera frente a los hongos e insectos varía, ello se le denomina durabilidad. Esta puede aumentar de manera artificial mediante tratamientos para preservarla (Arapa y Maldonado, 2019).

Clavos

Los más comunes son los de alambre de acero. Los tamaños estándares son de 2", 2 ½", 3", y 4" con cabeza. Existen clavos de doble cabeza, esto facilita el desencofrado. Se recomienda usar clavos de doble longitud al plano perpendicular de la madera que se clavará (Arapa y Maldonado, 2019).

Alambres

Estos son usados para tensar los encofrados de columnas, vigas y muros, para soportar la presión sobre las paredes y de esta manera se da equilibrio. Los que se usan comúnmente son los alambres negros recocidos N°8 y N°16 (Arapa y Maldonado, 2019).

Tornillos

Son utilizados para tensar en casos donde se presente una mayor presión o en encofrados de uso específico. Los diámetros usados comúnmente son

para varilla roscada de 5/8 y para espárragos de 3/4 y 5/8 (Arapa y Maldonado, 2019).

Elementos del encofrado de madera

Soleras: Utilizadas en todo tipo de vigas y losas. Es un elemento para arriostrar los pies derechos y se dimensiona (Arapa y Maldonado, 2019).

Tableros: Da forma al elemento que se va a encofrar puesto que está en contacto directo con el concreto (Arapa y Maldonado, 2019).

Barrotes: contiguos a la superficie del tablero, tiene como objetivo brindar rigidez y evitar las deformaciones transversales y longitudinales, su ubicación depende de las presiones que van a soportar (Arapa y Maldonado, 2019).

Piezas para apuntalar y de soporte: Son usados como elementos de apoyo, ya que reciben las cargas generadas por los moldes, las piezas para reforzar y el concreto. Existen diversos tipos (Arapa y Maldonado, 2019).

Puntales: Elementos de madera o metal, orientados de manera vertical, usados para transmitir cargas y como soporte de las fuerzas axiales. Utilizados en losas y vigas (Arapa y Maldonado, 2019).

Cabezales: elementos que se usan como soporte al encofrar vigas (Arapa y Maldonado, 2019).

Pies derechos: soportan la carga del concreto, son verticales o también se inclinan como máximo 45° para ser usados como tornapuntas al encofrar elementos verticales (Arapa y Maldonado, 2019).

Tornapuntas: tienen como objetivo, contrarrestar fuerzas generadas por el vaciado, asimismo transmite las cargas de presión a los durmientes (Arapa y Maldonado, 2019).

Marco conceptual

Encofrado: se define como actividad crítica en la construcción, constituido por moldes de acero o madera para soportar el vaciado y fraguado de los elementos estructurales diseñados de concreto armado (Gordillo y Lázaro, 2014).

Eficiencia: definido como el uso mínimo posible y óptimo de los recursos que se disponen para obtener los resultados que se desean en el menor tiempo posible (Palomino y Rayme, 2021).

Calidad: es el conjunto de características de un servicio o producto, que busca satisfacer las expectativas y necesidades del cliente mediante el cumplimiento de las especificaciones de su diseño (Ministerio de Fomento, 2021).

Rendimiento: Cantidad de trabajo que se genera de los recursos de equipo de jornada y mano de obra, el rendimiento de esta última se da como la cantidad de obra que se ejecutó totalmente por una cuadrilla (Díaz y Abreu, 2017).

Análisis de costo: procedimiento para identificar los recursos que se necesitan para ejecutar una labor o proyecto, analizados en términos de dinero (Díaz y Abreu, 2017).

Losa Aligerada: se define como el techo de una vivienda, elaborados de concreto armado, usados como entrepisos, se apoya y transmite cargas hacia las placas, muros portantes y columnas (Aceros Arequipa, 2020).

Hipótesis

El uso de encofrado metálico es más eficiente con respecto al encofrado convencional para una losa aligerada en la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad.

Variables. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Análisis comparativo de eficiencia entre encofrados	El análisis comparativo es un mecanismo que establece una conexión causal entre diversos fenómenos o identificar elementos que explican la existencia de estos últimos (Díaz y Abreu, 2017).	El análisis comparativo de eficiencia, es establecer la conexión causal de este o la identificación de sus elementos, está dado en este caso por la comparación de los encofrados metálicos y convencional a través del análisis de costos, rendimiento y calidad de cada uno.		Mano de obra	
			Costo	Materiales	Soles (S/.)
				Equipos y herramientas	
			Rendimiento	Rendimiento por cuadrilla	m2/día
				Cantidad de usos	Ordinal
		Calidad	Impacto ambiental	Ordinal	
			Superficie de la losa	Ordinal	

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

Población y muestra de estudio

3.1.1. Población

La población para este estudio está conformada por una vivienda unifamiliar de 4 pisos de la Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad.

3.1.2. Muestra

Para la presente investigación se seleccionó como muestra los paños de losa aligerada comprendidos entre el 2do piso al 4to piso de una vivienda unifamiliar de 4 pisos de la Urbanización “El Prisma”, Trujillo, La Libertad.

Diseño de investigación

La presente investigación cuenta con un enfoque cuantitativo. Según Hernández y Mendoza (2018), este tipo es apropiado para la comprobación de la hipótesis mediante la estimación y cálculo de magnitudes de las variables. Asimismo, es de tipo aplicada, según (Baena, 2017) esta se centra únicamente en posibilidades concretas, enfocándose en teorías ya existentes para su posterior aplicación en la búsqueda de respuestas.

De igual manera, este estudio es de nivel descriptivo, con diseño no experimental puesto que no se hará manipulación de ninguna de las variables y de corte transversal, ya que la recolección de datos se dará en un solo momento (Hernández y Mendoza, 2018).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los costos unitarios por metro cuadrado de ambos encofrados se calcularon utilizando Excel, teniendo en cuenta la mano de obra, materiales, equipos y herramientas que se emplean.

Los encofrados y desencofrados se midieron de acuerdo con el orden de los ítems indicados en la Norma Técnica de Metrados, el análisis

de rendimientos se realizó en formato Excel expresado en metros cuadrados (m²) y tiempo en horas (h). Calculando la cantidad de tiempo en minutos que se usó para completar este proceso.

Procesamiento y análisis de datos

Se analizó el tiempo que se emplea en cada cuadrilla para el encofrado metálico de la losa aligerada, tanto como el costo para la partida. Asimismo, se realizó el mismo análisis y proceso para el encofrado convencional. El procesamiento de datos se hizo a través del programa Excel, para finalizar con la organización de los datos en tablas y cuadros estadísticos y comparativos.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los objetivos principales de la investigación fueron evaluar la eficacia de un cierto tipo de encofrado en términos de la calidad de la superficie, el rendimiento y el costo.

Mano de obra

La cuadrilla empleada para el encofrado y desencofrado de madera está conformada por 1 capataz, 1 operario, 1 oficial y 2 peones; en el caso del encofrado y desencofrado metálico, la cuadrilla está conformada por 1 capataz, 1 operario, 1 oficial y 1 peón.

Tiempo de instalación

Para el cálculo del tiempo de instalación de los encofrados tradicionales y metálicos en losas se tuvieron en cuenta los siguientes factores.

Para tener un desempeño más realista, los tiempos del encofrado convencional se obtuvieron a partir del habilitado, encofrado y desencofrado respectivamente, al inicio y término de dicha actividad. Los resultados se obtuvieron utilizando un cronómetro y se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 2 *Tiempo usado para el encofrado y desencofrado metálico*

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	ÁREA(m2)	SUB TOTAL MINUTOS	SUB TOTAL HORAS	TOTAL m2/8h
OE.2	ESTRUCTURAS						
O.E.2.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO						
O.E.2.3.9	LOSAS						
O.E.2.3.9.2	LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES						
	Para el encofrado y desencofrado						
	TECHO 1						
	Encofrado						
	Paño 1	m2	1	1.88	35	0.58	25.78
	Paño 2a	m2	1	15.18	150	2.50	48.58
	Paño 3	m2	1	7.59	80	1.33	45.54
	Paño 4	m2	1	4.19	60	1.00	33.52
	Paño 5	m2	1	9.1	100	1.67	43.68
	Paño 6a	m2	1	16.54	170	2.83	46.70

	Paño 7	m3	1	1.18	25	0.42	22.66
	Desencofrado						
	Paño 1	m2	1	1.88	20	0.33	45.12
	Paño 2a	m2	1	15.18	90	1.50	80.96
	Paño 3	m2	1	7.59	60	1.00	60.72
	Paño 4	m2	1	4.19	45	0.75	44.69
	Paño 5	m2	1	9.1	70	1.17	62.40
	Paño 6a	m2	1	16.54	120	2.00	66.16
	Paño 7	m3	1	1.18	20	0.33	28.32
	TECHO 2, 3, 4 y 5						
	Encofrado						
	Paño 1	m2	4	1.88	35	0.58	25.78
	Paño 2b	m2	4	14.36	140	2.33	49.23
	Paño 3	m2	4	7.59	80	1.33	45.54
	Paño 4	m2	4	4.19	60	1.00	33.52
	Paño 5	m2	4	9.1	100	1.67	43.68
	Paño 6b	m2	4	15.76	160	2.67	47.28
	Paño 7	m3	4	1.18	25	0.42	22.66
	Desencofrado						
	Paño 1	m2	4	1.88	20	0.33	45.12
	Paño 2b	m2	4	14.36	80	1.33	86.16
	Paño 3	m2	4	7.59	60	1.00	60.72
	Paño 4	m2	4	4.19	45	0.75	44.69
	Paño 5	m2	4	9.1	70	1.17	62.40
	Paño 6b	m2	4	15.76	110	1.83	68.77
	Paño 7	m3	4	1.18	20	0.33	28.32

Fuente: Elaboración propia

4.1. Rendimiento total para cada uno de los encofrados

Tabla 3 Rendimiento para el encofrado de madera para losa aligerada

PARTIDA	METRADO TOTAL	RENDIMIENTO
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	271.9	12

Fuente. Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017.

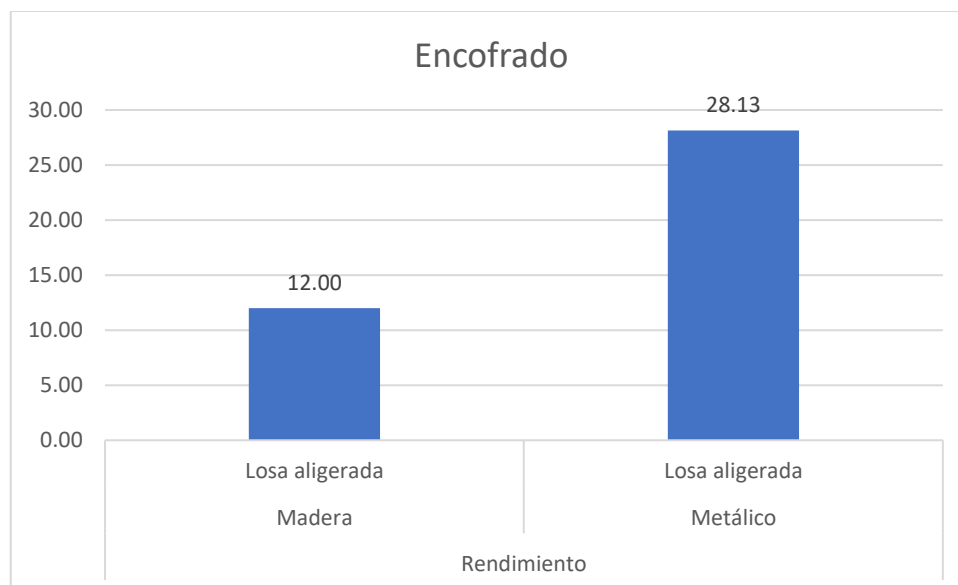
Tabla 4 Rendimiento para el encofrado metálico de losa aligerada

PARTIDA	METRADO TOTAL	RENDIMIENTO	DÍAS	INCIDENCIA (%)
---------	---------------	-------------	------	----------------

ENCOFRADO	271.9	43.22	6.29	65.09
DESENCOFRADO		80.56	3.38	34.91
			9.67	100.00
TOTAL DE RENDIMIENTO ENTRE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO				28.13

Fuente: Elaboración propia

Figura 1 Rendimiento total para cada uno de los encofrados



Interpretación: Según la figura 1, se puede visualizar que el rendimiento del encofrado metálico es mayor en un 16.13 más que el de madera.

Tabla 5 Cantidad de materiales para el encofrado de madera de losa aligerada

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE LA LOSA ALIGERADA										
PARTIDA:	Encofrado de Losa aligerada									
Paño 1										
1. CANTIDAD DE MADERA										
Descripción	Secc. Madera		Longitud		Cant. Elem	Pies 2 (AXBXC)/ 12	Desperdicio Madera 10%	N° usos	Pies2/N° usos	U.M
	Ancho (pulg.)	Esp. (Pulg)	M.L	Pies						
Tablones	8	1.5	0.56	1.84	2	3.67	4.04	3	1.35	0.72
Tablones	4	1.5	3.4	11.15	4	22.31	24.54	3	8.18	4.35
Soleras	4	2	0.56	1.84	3	3.67	4.04	3	1.35	0.72
Cuñas	4	2	0.3	0.98	8	5.25	5.77	7	0.82	0.44
Total=										6.22
2. CANTIDAD DE PIE DERECHO										
Descripción	Sección	Longitud	Cant. Elem	Desperdicio	N° usos	Unid/N° usos	U.M			

	Diámetro (Pulg.)	M.L	Pies		Palo rollizo 5%					
Rollizo de 4" 10'	4	2.8		8	8.4	9	0.93	0.50		
3. CANTIDAD DE DESMOLDANTE										
Descripción	Unidad	Rendi miento	Canti dad	Despe rdicio 5%	N° usos	Unid/N°us os	U.M			
Petróleo	Gln.	20	0.094	0.099	1	0.10	0.05			
4. CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVOS										
Descripción	Cant. Elem	Alambr e y Clavo (kg)	Despe rdicio	N° usos	Unid/N° usos	U.M				
			Alambr e y clavo 15%							
Clavo de 3"	24	0.14	0.16	2	0.08	0.04				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Cantidad de materiales para el encofrado metálico de losa aligerada

MATERIALES PARA EL ENCOFRADO DE LA LOSA ALIGERADA										
PARTIDA:	Encofrado metálico de Losa aligerada									
Paño 1										
1. CANTIDAD DE ELEMENTOS PARA EL ENCOFRADO										
Descripción	Cantidad de elemento s	Desperdicio por pérdidas de piezas	N° Usos	Depreci ación por cada uso	U.M					
Viguetas extensibles de 2.4 a 4.8m	2	2	150	0.01	0.007					
Puntal regulable de 2.5mm a 3m	8	8	150	0.05	0.028					
2. CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVOS										
Descripción	Secc. Madera		Longitud		Cant. Elem.	Pie2	Desperd icio 10%	N° Usos	Pie2/N° usos	U.M
	An. (Pulg)	Esp. (Pulg)	M.L	Pies						
Paneles fenólicos	22.05	0.51	3.4	11.2	1.00	10.45	11.499	7.00	1.643	0.87
3. CANTIDAD DE DESMOLDANTE										
Descripción	Unidad	Rendimient o	Canti dad	Desper dicio 5%	N° usos	Unid/N °usos	U.M			
Petróleo	Gln.	20	0.094	0.099	1	0.10	0.05			
4. CANTIDAD DE ALAMBRE Y CLAVOS										
Descripción	Longitud		Cant. Elem.	Alambr es y	Desper dicio	N° Usos	Kg/N° usos	U.M		

	M.L	Pies		clavos en kg	Alambre y clavo 15%					
Clavo de 3"			30.00	0.17	0.19	2	0.10	0.05		
Alambre #8	1.5		5	0.28	0.32	1	0.32	0.17		

Fuente: Elaboración propia

Costos

Debido a que la madera es un material que está disponible en el área y se usa desde hace muchos años, el costo es asequible para proyectos de tamaño mediano.

En cuanto al precio del sistema de encofrado metálico, dado que el metal es un material que aún no se produce en nuestra zona, actualmente debe importarse a un costo elevado y solo es accesible para proyectos de construcción de gran envergadura y empresas privadas que realizan obras.

Tabla 7 Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 1 de losa aligerada

Paño 1					82.34
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					23.04
Madera (Tornillo)	pie2		6.22	3.00	18.67
Rollizo de 4" 10' (Eucalipto)	Unid.		0.50	7.00	3.48
Clavo de 3"	kg.		0.04	3.70	0.15
Petróleo	Gln		0.05	14.1	0.74
MANO DE OBRA					58.39
Capataz	hh	0.1	0.067	35.36	2.36
Operario	hh	1	0.667	26.19	17.46
oficial	hh	1	0.667	20.6	13.73
Peón	hh	2	1.333	18.63	24.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 *Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 2 de losa aligerada*

Paño 2					77.47
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					18.17
Madera (Tornillo)	pie2		5.40	3.00	16.20
Rollizo de 4" 10' (Eucalipto)	Unid.		0.15	7.00	1.08
Clavo de 3"	kg.		0.04	3.70	0.15
Petróleo	Gln		0.05	14.10	0.74
MANO DE OBRA					58.39
Capataz	hh	0.10	0.07	35.36	2.36
Operario	hh	1.00	0.67	26.19	17.46
oficial	hh	1.00	0.67	20.6	13.73
Peon	hh	2.00	1.33	18.63	24.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 *Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 3 de losa aligerada*

Paño 3					74.89
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					15.59
Madera (Tornillo)	pie2		4.47	3.00	13.41
Rollizo de 4" 10' (Eucalipto)	Unid.		0.18	7.00	1.29
Clavo de 3"	kg.		0.04	3.70	0.15
Petróleo	Gln		0.05	14.1	0.74
MANO DE OBRA					58.39
Capataz	hh	0.1	0.067	35.36	2.36
Operario	hh	1	0.667	26.19	17.46
oficial	hh	1	0.667	20.6	13.73
Peón	hh	2	1.333	18.63	24.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 *Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 4 de losa aligerada*

Paño 4					84.03
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					24.73
Madera(Tornillo)	pie2		7.08	3.00	21.24
Rollizo de 4" 10' (Eucalipto)	Unid.		0.33	7.00	2.34

Clavo de 3"	kg.		0.11	3.70	0.41
Petróleo	Gln		0.05	14.10	0.74
MANO DE OBRA					58.39
Capataz	hh	0.10	0.07	35.36	2.36
Operario	hh	1.00	0.67	26.19	17.46
oficial	hh	1.00	0.67	20.6	13.73
Peon	hh	2.00	1.33	18.63	24.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 5 de losa aligerada

Paño 5					77.66
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					18.36
Madera (Tornillo)	pie2		5.46	3.00	16.39
Rollizo de 4" 10' (Eucalipto)	Unid.		0.15	7.00	1.08
Clavo de 3"	kg.		0.04	3.70	0.15
Petróleo	Gln		0.05	14.1	0.74
MANO DE OBRA					58.39
Capataz	hh	0.1	0.067	35.36	2.36
Operario	hh	1	0.667	26.19	17.46
oficial	hh	1	0.667	20.6	13.73
Peón	hh	2	1.333	18.63	24.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 6 de losa aligerada

Paño 6					77.88
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					18.57
Madera (Tornillo)	pie2		5.50	3.00	16.49
Rollizo de 4" 10' (Eucalipto)	Unid.		0.17	7.00	1.19
Clavo de 3"	kg.		0.04	3.70	0.15
Petróleo	Gln		0.05	14.10	0.74
MANO DE OBRA					58.39
Capataz	hh	0.10	0.07	35.36	2.36
Operario	hh	1.00	0.67	26.19	17.46

oficial	hh	1.00	0.67	20.6	13.73
Peón	hh	2.00	1.33	18.63	24.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Análisis de precios unitarios del encofrado de madera del paño 7 de losa aligerada

Paño 7					83.22
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					23.92
Madera (Tornillo)	pie2		5.83	3.00	17.49
Rollizo de 4" 10' (Eucalipto)	Unid.		0.79	7.00	5.54
Clavo de 3"	kg.		0.04	3.70	0.15
Petróleo	Gln		0.05	14.1	0.74
MANO DE OBRA					58.39
Capataz	hh	0.1	0.067	35.36	2.36
Operario	hh	1	0.667	26.19	17.46
oficial	hh	1	0.667	20.6	13.73
Peón	hh	2	1.333	18.63	24.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Tabla 14 Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 1 de losa aligerada

Paño 1					84.56
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					64.04
Vigueta extensible de 2.4 a 4.8m	Unid		0.01	98.00	0.70
Puntal regulable de 2.5 a 3m	Unid		0.03	43.00	1.22
Plancha extensible 2.4 a 4.7m	M2		0.87	62.50	54.38
Desmoldante	Gln.		0.05	13.80	0.72
Alambre #8	kg.		0.17	3.22	3.22
Clavo de 3"	kg.		0.05	3.7	3.80
MANO DE OBRA					19.61
Capataz	hh	0.1	0.028	35.36	1.01
Operario	hh	1	0.284	26.19	7.45
oficial	hh	1	0.284	20.6	5.86
Peon	hh	1	0.284	18.63	5.30
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 2 de losa aligerada

Paño 2					564.14
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					543.62
Vigueta extensible de 2.4 a 4.8m	Unid		0.02	98.00	2.09
Puntal regulable de 2.5 a 3m	Unid		0.09	43.00	3.66
Plancha extensible 2.4 a 4.7m	M2		8.40	62.50	525.00
Desmoldante	Unid.		0.42	13.80	5.85
Alambre #8	kg.		0.34	3.22	3.22
Clavo de 3"	kg.		0.31	3.7	3.80
MANO DE OBRA					19.61
Capataz	hh	0.1	0.028	35.36	1.01
Operario	hh	1	0.284	26.19	7.45
oficial	hh	1	0.284	20.6	5.86
Peón	hh	1	0.284	18.63	5.30
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 3 de losa aligerada

Paño 3					296.18
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					275.66
Vigueta extensible de 2.4 a 4.8m	Unid		0.01	98.00	1.39
Puntal regulable de 2.5 a 3m	Unid		0.04	43.00	1.83
Plancha extensible 2.4 a 4.7m	M2		4.20	62.50	262.50
Desmoldante	Unid.		0.21	13.80	2.92
Alambre #8	kg.		0.24	3.22	3.22
Clavo de 3"	kg.		0.15	3.7	3.80
MANO DE OBRA					19.61
Capataz	hh	0.1	0.028	35.36	1.01
Operario	hh	1	0.284	26.19	7.45
oficial	hh	1	0.284	20.6	5.86
Peón	hh	1	0.284	18.63	5.30
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 4 de losa aligerada

Paño 4					294.87
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					274.35
Vigueta extensible de 2.4 a 4.8m	Unid		0.01	98.00	1.39
Puntal regulable de 2.5 a 3m	Unid		0.04	43.00	1.83
Plancha extensible 2.4 a 4.7m	M2		4.20	62.50	262.50
Desmoldante	Unid.		0.12	13.80	1.61
Alambre #8	kg.		0.17	3.22	3.22
Clavo de 3"	kg.		0.09	3.7	3.80
MANO DE OBRA					19.61
Capataz	hh	0.1	0.028	35.36	1.01
Operario	hh	1	0.284	26.19	7.45
oficial	hh	1	0.284	20.6	5.86
Peón	hh	1	0.284	18.63	5.30
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 5 de losa aligerada

Paño 5					317.4
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					296.88
Vigueta extensible de 2.4 a 4.8m	Unid		0.01	98.00	1.39
Puntal regulable de 2.5 a 3m	Unid		0.04	43.00	1.83
Plancha extensible 2.4 a 4.7m	M2		4.53	62.50	283.13
Desmoldante	Unid.		0.25	13.80	3.51
Alambre #8	kg.		0.34	3.22	3.22
Clavo de 3"	kg.		0.19	3.7	3.80
MANO DE OBRA					19.61
Capataz	hh	0.1	0.028	35.36	1.01
Operario	hh	1	0.284	26.19	7.45
oficial	hh	1	0.284	20.6	5.86
Peón	hh	1	0.284	18.63	5.30
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 6 de losa aligerada

Paño 6					586.24
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					565.72
Vigueta extensible de 2.4 a 4.8m	Unid		0.02	98.00	2.43
Puntal regulable de 2.5 a 3m	Unid		0.10	43.00	4.27
Plancha extensible 2.4 a 4.7m	M2		8.73	62.50	545.63
Desmoldante	Unid.		0.46	13.80	6.37
Alambre #8	kg.		0.51	3.22	3.22
Clavo de 3"	kg.		0.34	3.7	3.80
MANO DE OBRA					19.61
Capataz	hh	0.1	0.028	35.36	1.01
Operario	hh	1	0.284	26.19	7.45
oficial	hh	1	0.284	20.6	5.86
Peón	hh	1	0.284	18.63	5.30
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

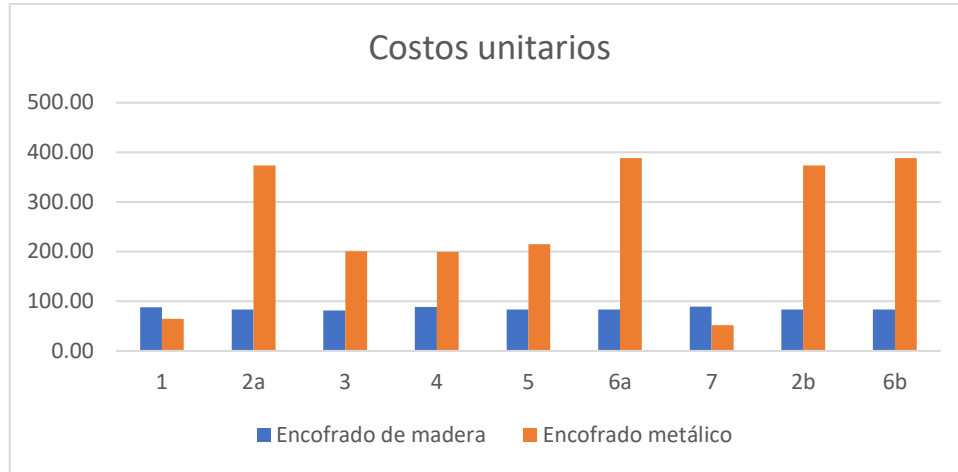
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Análisis de precios unitarios del encofrado metálico del paño 7 de losa aligerada

Paño 7					64.29
INSUMO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MATERIALES					43.77
Vigueta extensible de 2.4 a 4.8m	Unid		0.01	98.00	0.70
Puntal regulable de 2.5 a 3m	Unid		0.03	43.00	1.22
Plancha extensible 2.4 a 4.7m	M2		0.55	62.50	34.38
Desmoldante	Unid.		0.03	13.80	0.45
Alambre #8	kg.		0.17	3.22	3.22
Clavo de 3"	kg.		0.00	3.7	3.80
MANO DE OBRA					19.61
Capataz	hh	0.1	0.028	35.36	1.01
Operario	hh	1	0.284	26.19	7.45
oficial	hh	1	0.284	20.6	5.86
Peón	hh	1	0.284	18.63	5.30
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.91
HERR. MANUALES	%MO		0.03	30.39	0.91

Fuente: Elaboración propia

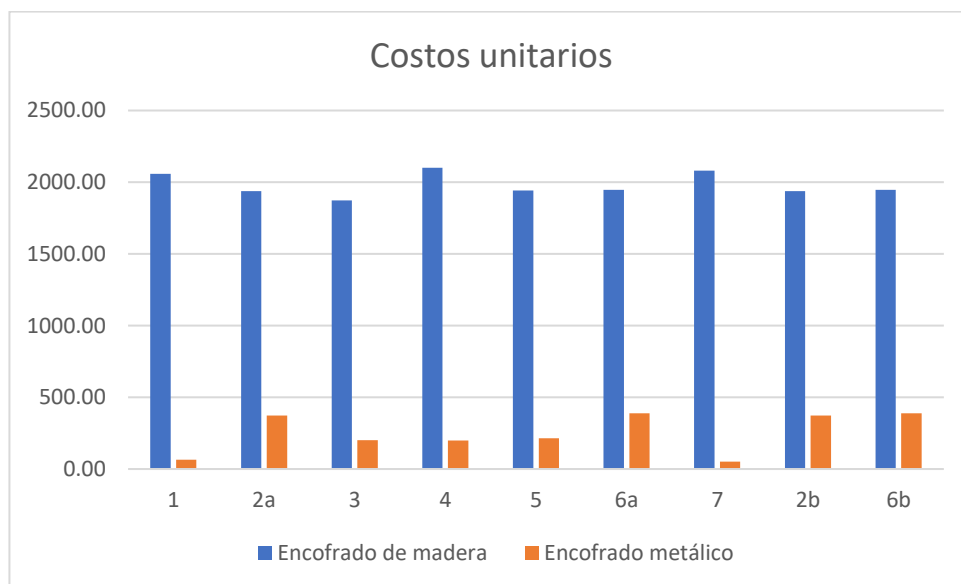
Figura 2 Costos unitarios de los 2 tipos de encofrado para cada uno de los paños



Interpretación: Según la figura 2, se visualiza que el encofrado metálico es bastante mayor a comparación del encofrado de madera, a excepción de las losas que presentan menor superficie.

Sin embargo al tener en cuenta el número de usos, el metálico puede usarse hasta 150 veces y el de madera máximo 6. Lo que hace que el costo sea igual a:

Figura 3 Costos unitarios de los 2 tipos de encofrado para cada uno de los paños teniendo en cuenta el número de usos.



Interpretación: Según la figura 3, se visualiza que el encofrado de madera, según su número de usos es 25 veces más, lo que hace que el costo sea mucho mayor que el encofrado metálico.

Tabla 21 Costos unitarios para cada uno de los encofrados.

Encofrado	Madera	Metálico
	2983.99	15627.40

Fuente: Elaboración propia

4.2. Calidad

Tabla 22 Calidad de los 2 tipos de encofrado

CALIDAD	ENCOFRADO DE MADERA	ENCOFRADO METÁLICO
CANTIDAD DE USOS	Uso máximo de 6 veces	Uso máximo de 150 veces
IMPACTO AMBIENTAL	La materia prima es la madera, que se obtiene de la tala de árboles. Esto afecta negativamente al ecosistema y conduce a un desequilibrio ecológico porque amenaza la supervivencia de los recursos naturales.	El acero sirve como materia prima y es tanto reutilizable como reciclable debido a su número de usos, esto tiene un efecto favorable en el ecosistema y disminuye la destrucción de los bosques.
SUPERFICIE DE LOSA	Rugosa	Lisa

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Ventajas y desventajas de los 2 tipos de encofrado

Ventajas	Desventajas
<p>Encofrado de madera</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiene un costo inicial menor. • Es más manejable y menos cansado debido a que es ligero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor número de usos. • El número de usos es menor debido a que a la hora de desencofrar se genera un daño al componente estructural o la madera misma. • Por el material utilizado en su construcción, es menos ecológico. • Genera más desechos como clavos y alambres de amarre. • Las uniones realizadas con clavos dañan la madera. • Se degrada en respuesta a las acciones climáticas.

Encofrado metálico	<ul style="list-style-type: none"> • Es más viable a largo plazo. • Regulación más eficaz de la altura de la losa. • No produce residuos en el sitio. • Porque al sencillo método de montaje se reduce el tiempo de encofrado.
<ul style="list-style-type: none"> • Mejor acabado. • Resistencia mejorada para la contención de hormigón. • Mayor número de usos. • Seguridad mejorada para los trabajadores • Es más respetuoso con el medio ambiente por los materiales utilizados en su fabricación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es pesado, genera fatiga en los trabajadores. • Tiene un costo inicial más elevado.

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al realizar el análisis de precios unitarios al utilizar el encofrado metálico y convencional, se halló que para un metrados total de 271.9 m² el precio inicial del encofrado metálico es de 156278.42 soles y el de madera es de 2983.99 soles. Esto es similar a lo encontrado por los autores, Aguilar y Chico (2022) al comparar los costos unitarios del encofrado tradicional y metálico en la "Construcción, edificio oficial el Golf", se encontró que el encofrado tradicional fue 17.78% más costoso que el encofrado metálico. Sin embargo, ha habido una mayor mejora en la eficiencia de la tarea (54,40%) cuando se trata del encofrado metálico. De la misma manera, Oribe (2015) halló que los encofrados de metal son más caros que los de madera, pero debido a que se pueden reutilizar con mayor frecuencia, son más rentables a largo plazo. El encofrado de madera tradicional es costoso de emplear en la construcción, ya que debe reemplazarse varias veces y solo puede usarse 10 veces antes de que el material se destruya. Asimismo, Espinal et al. (2019) los encofrados 100% metálicos suelen emplearse en proyectos en los que es necesario producir piezas repetitivas en grandes cantidades. Esto tiene las ventajas de

permitir más reutilizaciones, cuesta menos mantener y da como resultado elementos fundidos bien terminados. En el caso de las columnas, de los resultados económicos se observa que el uso de encofrado de madera tiene un costo menor (S/ 27.16) cuando la altura es menor a 3.5 m en comparación con el uso de encofrado metálico, el cual tiene un costo de S/ 40.03 para la misma altura de columna. Estas sumas no incluyen impuestos.

Al determinar los rendimientos para cada uno de los encofrados se halló que el rendimiento metálico es de 28.13 m² /día y el de madera es de 10.26 m² /día. De la misma manera, los autores, Aguilar y Chico (2022) hallaron que el encofrado metálico tiene un rendimiento diario superior al encofrado tradicional en una proporción de 1:3,39 porque es prefabricado y tiene piezas que permiten un montaje más rápido y eficiente para el proceso constructivo. Agregando a ello Barroso (2019) encontró que el rendimiento de mano de obra requerida para completar el encofrado alternativo es de 9.050 m² por día en comparación con los 7.208 m² del encofrado de columnas convencional, lo que sugiere que el encofrado sugerido se puede completar 1,26 veces más rápido que el encofrado convencional. Además, Apaza y Machaca (2020) hallaron que En comparación con el encofrado de madera, el encofrado fenólico se comporta mejor para columnas, vigas y chapa, respectivamente, en un 50,17 %, 59,73 % y 358,4 %.

Al establecer las diferencias de calidad entre ambos tipos de encofrado, se halló que el encofrado metálico presenta una mejor calidad tanto en número de usos que son 150, como en el impacto ambiental, impidiendo la tala de árboles y la calidad de superficie, siendo esta más lisa. Esto es similar a lo hallado por Aguilar y Chico (2022), quienes indican que a pesar de tener un costo inicial mayor (17.78%), el encofrado metálico es una opción más rentable en el tiempo por su reutilización para “Construcción, edificación talleres el Golf”, Trujillo, y edificaciones verticales en general que el encofrado tradicional en cuanto al número de usos (100 a 6 usos) y los ingresos diarios que nos brinda (54.40%). Además, la principal ventaja del encofrado metálico con respecto al aspecto ambiental es que su materia prima no es un factor contaminante en comparación con la materia prima del encofrado tradicional, cuya extracción tiene efectos perjudiciales para la salud

humana y el ecosistema dado que la deforestación con el tiempo ha aumentado. Asimismo, Espinal et al. (2019) indican es preferible utilizar encofrados metálicos con paneles fenólicos o 100% metálicos para un acabado caravista de alta calidad sobre encofrados 100% de madera. La calidad que requiere el proyecto se alcanzará por la textura de los materiales. Del mismo modo, Arapa y Maldonado (2019) El uso de encofrados metálicos en la edificación es un método innovador y práctico que nos permite agilizar el proceso constructivo y conseguir una mayor rentabilidad en proyectos de gran envergadura con elementos estructurales idénticos. Se reducen el tiempo de construcción y los gastos de mano de obra. Debido a que comprende elementos estructurales con geometrías diversas y es fácil buscar los materiales que lo componen, el sistema convencional es eficiente y económico para la construcción de edificios pequeños. Finalmente, Palomino y Rayme (2021) indican que al utilizar el encofrado metálico en los elementos estructurales de las edificaciones de hormigón armado en la zona B1 de la ciudad de Abancay - Apurímac, el acabado del elemento estructural es liso con un 55% en columnas y un 64% en vigas. Con el uso de encofrados metálicos, la superficie de las partes estructurales es de mayor calidad.

CONCLUSIONES

Al realizar el análisis de precios unitarios al utilizar el encofrado metálico y convencional en una losa aligerada de la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad, se concluyó que para un metrados total de 271.9 m² el precio inicial del encofrado metálico es mayor con 15627.40 soles y el de madera cuesta 2983.99 soles.

Al determinar los rendimientos para cada uno de los encofrados de la losa aligerada de la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad, se concluyó que el rendimiento metálico es mayor en un 28.13 m² /día y el de madera fue de 10.26 m² /día.

Al establecer las diferencias de calidad entre ambos tipos de encofrado para la losa aligerada de la vivienda unifamiliar, Urbanización "El Prisma", Trujillo, La Libertad, se concluyó que el encofrado metálico presenta una mejor calidad tanto en número de usos que son 150, como en el impacto ambiental, impidiendo la tala de árboles y la calidad de superficie, siendo esta más lisa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2020). *Losa aligerada*.
<https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra/losa-aligerada>
- Aguilar, L., & Chico, G. (2022). *Evaluación de costo-beneficio entre el encofrado metálico y el tradicional en losa aligerada en construcción, Edificio Oficinas El Golf– El Golf, Trujillo*.
<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9105>
- Apaza, O., & Machaca, E. (2020). *Estudio del rendimiento entre el encofrado con fenólicos y el encofrado con madera en el instituto superior tecnológico Manuel Núñez butrón de la ciudad de Juliaca 2020*.
<http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/306>
- Arapa, V., & Maldonado, F. (2019). *Análisis de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos y madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco - 2017*. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3751>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3a ed.). Grupo Editorial Patria.
- Barroso, D. (2019). *Diseño estructural y análisis económico comparativo entre encofrado tradicional de columnas y un encofrado alternativo basado en la presión que ejerce el concreto*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74721>
- Díaz, D., & Abreu, C. (2017). *Análisis Comparativos de Factibilidad entre Sistema de Construcción con Formaletas Metálicas vs Método Construcción de Mampostería Armada*. <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/11>
- Espinal, M., Quesquen, E., & Sosa, A. (2019). *Análisis comparativo de costo para encofrados en elementos verticales empleando encofrados de madera o metálicos en Patio Taller del Metro de Lima*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55537>
- Gordillo, C., & Lázaro, R. (2014). *Comparación entre el sistema convencional de encofrado y las plataformas intermedias de trabajo; caso: estación Presbítero Maestro*. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1162>
- Hernández, R., & Mendoza, P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Lara, R., & Watts, M. (2020). *Evaluación de costos y tiempos del sistema constructivo industrializado de muros de concreto considerando diferentes tipos de encofrado y altura, en la construcción de viviendas de interés social en la región*.
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/12425?locale-attribute=es>

- Li, W., Lin, X., Bao, D. W., & Min Xie, Y. (2022). A review of formwork systems for modern concrete construction. *Structures*, 38, 52–63.
<https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2022.01.089>
- Ministerio de Fomento. (2021). *CALIDAD (Nivel 1)*.
https://www.pasaiaport.eus/images/NIVEL1_CALIDAD.pdf
- Oribe, Y. (2015). *Análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la ciudad de Lima*. <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/628>
- Palomino, T., & Rayme, S. (2021). *Análisis comparativo de la eficiencia al utilizar encofrado convencional versus encofrado metálico en los elementos estructurales de las edificaciones de concreto armado de la zona urbana B1 en la ciudad de Abancay 2019*.
<https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/286>
- Ponce, L. (2016). *Análisis comparativo entre el encofrado metálico por el sistema de muros portantes y el encofrado de madera por el sistema tradicional para viviendas en la Urbanización Villa del Rey, Etapa Princesa Diana*.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17040>
- Terzioglu, T., Polat, G., & Turkoglu, H. (2021). *Analysis of Formwork System Selection Criteria for Building Construction Projects: A Comparative Study*.
<https://doi.org/10.3390/buildings>

