

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Eficiencia del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024

Asesor:

Vázquez Ramírez, Abbon Alex

Autor:

Gutiérrez Peña, Mayfé Arasely

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2025

Acta de sustentación



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 086

En la ciudad de Abancay, a los quince días del mes de **diciembre del 2025**, siendo las **6:00 pm** horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° **1026-2025-EPIC-FI-UTEA-SA** de fecha **04** de diciembre del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Mag. Huanca Astoquilloca, Luis
Dictaminante :	Mag. Roldan Juárez, Américo
Replicante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Eficiencia del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay – Abancay - 2024

Desarrollado por la (los) Bachiller (es):

Br: Gutiérrez Peña, Mayfe Arasely

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S)**:

Por: Mayoría
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Gutiérrez Peña, Mayfe Arasely	Aprobada

Siendo las **7:50pm** horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. Huanca Astoquilloca, Luis

Dictaminante: Mag. Roldan Juárez, Américo

Replicante: Ing. Gamarra Mota, Rubén

Abancay 05 de enero del 2026

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 378

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud






15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el Informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de Integridad

N.º de alertas de Integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y nombres	: Gutiérrez Peña Mayfé Arasely
Tipo de Documento de Identidad	: Documento Nacional de Identidad
Número de Documento de Identidad	: 76090330
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0006-3786-0874
Datos del Asesor	
Apellidos y nombres	: Vázquez Ramírez Abbon Álex
Tipo de Documento de Identidad	: Documento Nacional de Identidad
Número de Documento de Identidad	: 06532658
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-7299-5367
Datos de investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de investigación	: Gestión de infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: Del 2024 al 2025
Fuente de financiamiento	: Autofinanciada
Porcentaje de similitud	: 15%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

A mi Dios que en su infinito amor me brindó la fuerza, valentía y seguridad para poder concretar mis metas. A mi madre Evelin, a mi hermana Yoriana y a mi hermano Kaleth quienes teniendo poco o nada me han ofrecido mucho, ustedes fueron y son la fortaleza que necesité durante años, quienes me brindaron palabras de aliento en los momentos que me sentía rendir, quienes me enseñaron que el "no puedo no existe" y que "rendirme no es, ni será una opción para mí". A José Gutiérrez Cruz por su apoyo durante mi formación profesional.

Con estima personal de Mayfé Arasely
Gutiérrez Peña.

Agradecimiento

A mi Dios por brindarme salud durante todos estos años hasta el día de hoy, por no dejarme sola, por velar por mi bienestar, por permitirme culminar mi profesión.

A la plana de docentes de la universidad que pudieron brindarme sus conocimientos durante todos estos años. A mi asesor el PhD. Abbon por haberme guiado durante la elaboración de mi tesis.

Mayfé Arasely Gutiérrez Peña

Resumen

La tesis tuvo como objetivo demostrar la eficiencia del encofrado de policloruro de vinilo (PVC) comparado con los encofrados de madera en sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay, Abancay, el procedimiento consistió en utilizar planchas de PVC y madera en los encofrados de 40 elementos estructurales entre vigas y columnas para luego hacer un análisis de cada material en tiempo de instalación, en costos y en calidad de acabado, se adoptó una metodología tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, de tipo exploratorio, de nivel descriptivo, diseño experimental, los resultados obtenidos fueron que; los encofrados de PVC son más eficientes en tiempo de ensamblaje, encofrado y desencofrado o desinstalación, en costos y en calidad de acabado superficial a comparación de los encofrados de madera, por lo tanto se concluyó que los encofrados de PVC superan en eficiencia a los encofrados de madera debido a su rápida instalación, armazón y desencofrado, teniendo propiedades que ayudan al concreto a no perder la humedad durante el tiempo de fraguado, sin embargo en costos la madera sigue siendo propicia para seguir empleándola en las siguientes construcciones debido a su fácil adquisición, mientras que el PVC aunque costoso es un material que tiene mayor cantidad de usos, en calidad de acabado la tesis concluye que el encofrado de PVC nos ofrece un mejor acabado superficial a comparación de la madera.

Palabras clave: eficiencia, Poli Cloruro de Vinilo (PVC), comparación, encofrados, aporticadas.

Abstract

The thesis aimed to demonstrate the efficiency of polyvinyl chloride (PVC) formwork compared to wood formwork in framed structural systems in Villa Ampay, Abancay, the procedure consisted of using PVC and wood sheets in the formwork of 40 structural elements between beams and columns and then make an analysis of each material in installation time, costs and quality of finish, a type of applied methodology was adopted, with a quantitative approach, exploratory type, descriptive level, experimental design, the results obtained were what; PVC formwork is more efficient in assembly time, formwork and formwork removal or removal, in costs and in quality of surface finish compared to wooden formwork, therefore it was concluded that PVC formwork is more efficient than wooden formwork due to its rapid installation, frame and formwork removal, having properties that help the concrete not to lose moisture during the setting time, however in costs wood is still suitable to continue using it in the following constructions due to its easy acquisition, while PVC although expensive is a material that has a greater number of uses, in quality of finish the thesis concludes that PVC formwork offers us a better surface finish compared to wood.

Keywords: efficiency, Polyvinyl Chloride (PVC), comparison, formwork, framed.

Índice general

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice general	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xiii
Índice de Anexos	xv
I. Introducción	16
II. Planteamiento de problema	18
2.1 Descripción y formulación del problema	18
2.2 Objetivos	20
2.2.1 Objetivo General	20
2.2.2 Objetivos Específicos	20
2.3 Justificación e importancia.....	21
2.4 Hipótesis	21
2.5 Variables	22
III. Marco Teórico	24
3.1 Antecedentes	24
3.2 Bases teóricas.....	29
3.3 Definición de términos	38
IV. Metodología	41

4.1 Tipo y nivel de investigación.....	41
4.2 Ámbito temporal y espacial:.....	41
4.3 Población y muestra	42
4.4 Instrumentos.....	43
4.5 Procedimientos.....	43
4.6 Análisis de datos	45
4.7 Consideraciones éticas	47
V. Resultados y discusión.....	49
VI. Conclusiones	109
VII. Recomendaciones	111
VIII. Referencias	113
IX. Anexos	113

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2 Rendimiento de las columnas	34
Tabla 3 Comparación de los diferentes materiales que serán utilizados para encofrar ...	37
Tabla 4 Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera en columnas	49
Tabla 5 Tiempo de ensamblaje de los encofrados de PVC en columnas	51
Tabla 6 Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera en vigas	53
Tabla 7 Tiempo de Ensamblaje de los encofrados de PVC en vigas	54
Tabla 8 Tiempo de instalación del encofrado con madera en columnas	56
Tabla 9 Tiempo de instalación del encofrado con PVC en columnas	58
Tabla 10 Tiempo de instalación del encofrado con madera en vigas	61
Tabla 11 Tiempo de instalación del encofrado con PVC en vigas	63
Tabla 12 Tiempo de desencofrado en columnas con encofrados de madera	66
Tabla 13 Tiempo de desencofrado en columnas con encofrados de PVC	68
Tabla 14 Tiempo de desencofrado en vigas con encofrados de madera	71
Tabla 15 Tiempo de desencofrado en vigas con encofrados de PVC	73
Tabla 16 Tiempo total de ensamblaje, instalación y desencofrado para columnas con los encofrados de madera	76
Tabla 17 Tiempo total instalación y desencofrado con madera en vigas	76
Tabla 18 Tiempo total instalación y desencofrado con madera en vigas	78
Tabla 19 Tiempo total instalación y desencofrado con PVC en vigas	78
Tabla 20 Jornal de la mano de obra para los encofrados de acuerdo a la CAPECO	80
Tabla 21 Análisis de precios unitarios para columna con encofrados de madera	81
Tabla 22 Análisis de precios unitarios para columnas con encofrados de PVC	82
Tabla 23 Análisis de precios unitarios para vigas con encofrados de madera	84
Tabla 24 Análisis de precios unitarios para vigas con encofrados de PVC	85

Tabla 25 Descripción del acabado en columnas con encofrados de madera.....	87
Tabla 26 Descripción del acabado en las columnas con encofrado de PVC.....	88
Tabla 27 Descripción del acabado en las vigas con el encofrado de madera	89
Tabla 28 Descripción del acabado en columnas con PVC.....	90
Tabla 29 Estadísticas de grupo	97
Tabla 30 Prueba de muestras independientes.....	98
Tabla 31 Estadísticas de grupo	100
Tabla 32 Prueba de muestras independientes.....	101
Tabla 33 Estadísticas de grupo	103
Tabla 34 Prueba de muestras independientes.....	104
Tabla 35 Estadísticas de grupo	106
Tabla 36 Prueba de muestras independientes.....	107

Índice de figuras

Figura 1 Tiempo de ensamblaje de encofrados de madera para columnas.....	50
Figura 2 Tiempo de ensamblaje de encofrados de madera para columnas.....	51
Figura 3 Comparación del tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera y PVC	52
Figura 4 Tiempo de ensamblaje de encofrados de madera para vigas.....	53
Figura 5 Tiempo ensamblaje de encofrados de PVC para vigas	54
Figura 7 Comparación del tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera y PVC para vigas	55
Figura 8 Tiempo de instalación del encofrado de madera para 10 columnas	57
Figura 9 Tiempo de instalación del encofrado de PVC para 10 columnas.....	59
Figura 10 Comparación del tiempo de instalación del encofrado de PVC y madera para 10 columnas	60
Figura 11 Tiempo de instalación del encofrado de madera para 10 vigas	62
Figura 12 Tiempo de instalación del encofrado de PVC para 10 vigas.....	64
Figura 13 Comparación del tiempo de instalación del encofrado de PVC y madera para 10 vigas	65
Figura 14 Tiempo de desencofrado en columnas con encofrado de madera.....	67
Figura 15 Tiempo de desencofrado en columnas con encofrado de PVC	69
Figura 16 Comparación del tiempo de desencofrado de PVC y madera para 10 columnas	70
Figura 17 Tiempo de desencofrado en vigas con encofrado demadera	72
Figura 18 Tiempo de desencofrado en vigas con encofrado de PVC	74
Figura 19 Comparación del tiempo de desencofrado de PVC y madera para 10 vigas	75
Figura 20 Tiempo total de instalación para columnas con los encofrados de madera y PVC	77

Figura 21 Comparación de tiempo de instalación entre encofrados de madera y PVC	79
Figura 22 Comparación de costo de encofrados de madera y PVC en columnas	83
Figura 23 Comparación del costo de encofrados de madera y PVC en vigas	86
Figura 24 Error de las medias muestrales de eficiencia en encofrados madera y PVC ...	99
Figura 25 Error de las medias muestrales en relación al tiempo de instalación en encofrados madera y PVC.....	102
Figura 26 Error de las medias muestrales en relación al costo en encofrados madera y PVC	104
Figura 27 Error de las medias muestrales en relación a la calidad de acabados en encofrados madera y PVC.....	108

Índice de Anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2 Operacionalización de variables.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3 Instrumento de validación	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4 Evidencias fotográficas	¡Error! Marcador no definido.

I. Introducción

En el amplio campo de la construcción civil, los encofrados ejercen un papel importante para la ejecución de elementos estructurales, actúan como moldes que soportan al concreto en estado plástico hasta su endurecimiento, estos moldes definen la forma, dimensión y acabado superficial de cada elemento. La madera es un material tradicional usado frecuentemente debido a su bajo costo y manipulación, sin embargo, a lo largo del tiempo ha surgido una nueva alternativa como es el caso del PVC, ya que este material ofrece mejores ventajas como la durabilidad, número de usos, tiempo de instalación, calidad de acabado y entre otras más bondades. Por ello se vio por conveniente hacer una comparación entre ambos materiales con los mismos métodos tradicionales para ver la factibilidad de estos materiales. La tesis se centró en estudiar la eficiencia del encofrado de PVC comparado con los encofrados de madera, al cual se consideró variables como el tiempo de instalación, costo y calidad de acabado superficial en construcciones estructurales para el año 2024 en Villa Ampay-Abancay. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue no solo ofrecer una alternativa viable al uso de madera sino también proporcionar una base científica que respalde la adopción de nuevas tecnologías y materiales en el sector constructivo.

La tesis constó de los siguientes ítems, la introducción correspondiente al primer ítem el cual nos dio un alcance general de lo que se ejecutó durante la elaboración de la tesis. Como segundo ítem se tuvo el planteamiento del problema en el cual se describió y formuló la problemática de la tesis, también nos da un alcance acerca del objetivo general, así como también los específicos, la justificación e importancia de la tesis, la hipótesis general e hipótesis específicas y las variables. En el tercer ítem corresponde al marco teórico el cual consta de los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos. El cuarto ítem corresponde a la metodología, todo ello consta del tipo y nivel de investigación, el ámbito temporal, espacial, la población, la muestra, los instrumentos, los procedimientos, el análisis de datos y las consideraciones éticas que se tuvieron durante

la ejecución de la tesis. El quinto ítem corresponde a los resultados, la discusión, donde se puede observar el producto de la investigación, el cómo entramos en discusión con los anteriores investigadores y sus teorías. El sexto ítem corresponde a las conclusiones ello abarca cuales son las conclusiones de la investigación de acorde a los resultados que se obtuvieron, por último, como séptimo ítem se tienen las recomendaciones en las que se detalla las sugerencias con respecto a cada material, sus bondades y desventajas.

II. Planteamiento de problema

2.1 Descripción y formulación del problema

En China, una empresa dedicada a la construcción con amplia experiencia nos menciona en un artículo las deficiencias que tuvo para con los encofrados de madera, sus limitantes que evidenció fue la durabilidad y reutilización. La madera es un material con una vida útil limitada, carece de una buena calidad de acabado acorde va transcurriendo su periodo de uso, sus costos son altos a largo plazo, tiene un impacto ambiental altamente preocupante ya que una vez que culmina su vida útil este material es desechado sin oportunidad a un próximo uso. La instalación de las mismas formas incluye mucha mano de obra, presenta preocupaciones de seguridad ya que si la madera tiene deficiencias es mal colocada o sus condiciones ya no son óptimas puede provocar accidentes, otros factores que influyen en este material es el almacenamiento, manipulación, absorción de humedad y deformación (Liannong, 2025).

En el Perú para el mes de abril del año 2022 el costo de la madera con la que se elaboran los encofrados y para uso de carpintería ha ido incrementándose en casi todas las ciudades debido a los escasos de dicho material. Por otro lado, un factor importante que añadir es el incremento del dólar el cual también ha ido generando descontentos con todas las empresas que trabajan con la madera como materia prima para la elaboración de encofrados de madera (InfoMercado, 2022).

También, en el Perú según los indicadores económicos registrados en el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el mes de julio del 2022 la madera ha presentado precios diferenciados variando desde un 0,4% en Lima, Ancash e Ica hasta un 0,2% en Arequipa, Tacna y Moquegua por el costo del transporte. Estos factores mencionados antes son un inconveniente para las empresas constructoras ya que se generan atrasos en las obras que están a cargo porque no pudieron establecer un monto apropiado para comprar la madera en las cantidades que frecuentemente se adquirirían (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

En el centro poblado de Villa Ampay-Abancay en una entrevista personal a los habitantes mencionan que; el uso de los encofrados de madera ha ido generando problemáticas que afectan la economía de los usuarios, retrasos en la ejecución de las viviendas familiares e incremento de coste en mano de obra. La explicación es que la madera tiende a sufrir deformaciones dependiendo al lugar en el que es almacenado, la humedad, la temperatura lo que de una u otra manera altera las dimensiones de los elementos estructurales. Estos factores influyen en la verticalidad de la estructura, el acabado que este posee por lo que el interesado está obligado en invertir en la mano de obra para la reparación de las mismas, otro factor a considerar es el peso del material ya que este en muchas ocasiones ocasionan accidentes laborales generando malestares y retrasos en la entrega de las construcciones (Pinto, 2022).

Por ello es que se incorporó al poli cloruro de vinilo para la elaboración de encofrados por su durabilidad, vida útil, resistencia a las deformaciones, este material es ligero, de muy fácil manejo, el cual nos permitirá tener un mejor acabado. El poli cloruro de vinilo tiene una resistencia a las plagas, es anticorrosivo, de mantenimiento mínimo, a comparación de los encofrados de madera que tienen una vida útil limitada, sensibilidad a la humedad, de calidad irregular, riesgo de deterioro por plagas y más, recordemos que los encofrados son la parte más importante de una estructura ya que el incorrecto funcionamiento provocaría que las estructuras se desempeñen mal durante y después de su vida ejecución.

2.1.1 Problema general

¿Cuál es la eficiencia del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024?

2.1.2 Problemas específicos

a. ¿Cuál es la eficiencia en tiempo de instalación del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024?

b. ¿Cuál es la eficiencia en costo del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024?

c. ¿Cuál es la eficiencia en calidad de acabado del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Comparar la eficiencia del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

2.2.2 Objetivos Específicos

a. Demostrar la eficiencia en tiempo de instalación del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

b. Demostrar la eficiencia en costo del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

c. Demostrar la eficiencia en calidad de acabado del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

2.3 Justificación e importancia

La madera destinada para la elaboración de encofrados tiene diversas limitaciones en costos, número de usos, así como también en acabados, por ello se necesitó estudiar un nuevo material, la importancia de esta tesis fue demostrar que el encofrado de poli cloruro de vinilo es mejor que el encofrado de madera en los edificios con sistemas estructurales aporticadas de las viviendas familiares de Villa Ampay- Abancay.

Lo novedoso de este material fue que el poli cloruro de vinilo es un material ligero, resistente, durable, inocuo el cual no afecta de manera física a quienes lo emplean, impermeable, aislante y fácil de transformar. Este material es considerado como una alternativa no convencional en comparación con el encofrado tradicional, considerando que el poli cloruro de vinilo es sostenible con el medio ambiente.

El aporte científico que esta tesis nos ofreció es que; el encofrado de PVC se convirtió en un nuevo sistema constructivo demostrando sus bondades frente al material anteriormente mencionado, generando así inéditos conocimientos siendo una nueva alternativa de solución para con la sociedad. Por lo cual, al adoptar enfoques innovadores y sostenibles, se promueve la resiliencia de las comunidades locales y mejora de modo significativo la calidad de vida de los habitantes, asegurando que las futuras generaciones tengan acceso a viviendas asequibles, seguras y económicas.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

2.4.2 Hipótesis específicas

a. El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente en tiempo de instalación comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

b. El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente en costos comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

c. El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente en calidad de acabado comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

2.5 Variables

Las variables se detallan en la Tabla 1.

- Variable independiente: encofrado.
- Variable dependiente: eficiencia.

Tabla 1*Operacionalización de variables*

Operacionalización de variables					
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Medición
Encofrado	El encofrado es un elemento temporal o permanente que es empleado en la construcción para dar forma, soporte al concreto cumple la función de un molde, contribuyendo al acabado superficial de la estructura (ACI Committee, 2014)	Se le consideró al tipo de material que se usó para la elaboración del encofrado, la madera y el Poli Cloruro de Vinilo	Material	Madera y Poli Cloruro de Vinilo	Nominal
Variable independiente			Tiempo de instalación	Tiempo de pre ensamblaje, encofrado y desencofrado	Minutos (min)
Eficiencia	Es aquella capacidad de producir un efecto determinado con la cantidad mínima de recursos (García, y otros, 2019)	Será medible a través del rendimiento en m2 mediante la estimación del tiempo de instalación, los costos y la calidad de acabado.	Costo	Materiales, mano de obra	Soles (S/.)
			Calidad de acabado	Calidad de superficie, presencia de imperfecciones, lisura de superficie	Liso, semi liso, rugoso, semi- rugoso

Nota. La tabla muestra la descomposición de cada variable estudiada con sus respectivos indicadores y dimensiones.

III. Marco Teórico

3.1 Antecedentes

Silva y Gutiérrez (2021), en su tesis que lleva como título “Estudio de factibilidad sobre la optimización del uso de encofrados en la industrialización de la construcción en Colombia” tuvieron como objetivo principal diseñar un encofrado metálico que permita la disminución de tiempos, costos, montaje y desmontaje garantizando que este material comparado con los otros sistemas convencionales sea seguro y de calidad. Empleó una metodología aplicada, nivel descriptivo de enfoque cuantitativo, el procedimiento estuvo basado en 5 etapas, inició recolectando información indexada, artículos, revistas e investigaciones, luego analizó los materiales, su resistencia mediante los Software Cad3D, para así determinar las especificaciones y dimensiones. Así mismo diseñó un sistema de encofrado metálico, el investigador pudo establecer los resultados positivos mediante el modelamiento en el Software de su investigación presentando las bondades de este sistema de encofrado haciendo una comparación con los demás materiales que usualmente se emplean en el rubro de la construcción. Finalmente, a las conclusiones a las que llegó fue que este material disminuye los costos de producción, a más obras menos costos para el empleo de encofrados, acelera el proceso que comprende el montaje y desmontaje de estas formaletas permitiéndonos optimizar tiempos.

Acelas (2022), en su tesis que tiene como título “Evaluación de los Principales Tipos de Encofrados Utilizados Como Insumos en la Construcción de Edificaciones de Concreto Reforzado en el Municipio de Bucaramanga y su Área Metropolitana” tenía como principal objetivo evaluar los tipos de encofrados en las construcciones de edificaciones tomando como base a cualquier tipo de material. El investigador mediante el software Qualtrics tomó como muestra 33 constructoras, 17 lugares en los que se hacían alquileres de formaletas, la metodología empleada fue aplicada. Elaboró un estudio preliminar de la zona para luego seleccionar a las constructoras implicadas en la investigación, en el proceso de la ejecución se aplicaron dichas encuestas, hizo la recolección de datos de cada constructora y cada

lugar donde alquilan los encofrados, concluyó planificando y analizando cada proyecto de manera que procesó los resultados. Los principales resultados fueron los que se muestran a continuación: primeramente, se determinó el porcentaje que existe en la zona de cada tipo de encofrado para lo cual estadísticamente se obtuvo que existe un 42% de encofrados que son de metal, 14% de encofrados son de madera, 21% de encofrados son de Nopin, 21% de encofrados tipo túnel, 2% de encofrados son de Sten. El tesista determinó que el 42% de las formaletas de metal aportan a la construcción un acabado, resistencia y armado en precios cómodos en comparación con otros materiales. Finalmente, el investigador concluye que existen dos tipos de materiales que se emplean en la industria de la construcción los cuales son la madera y el metal para ser empleados en encofrados para construcciones. Sin embargo, a pesar de que la madera es un material sumamente económico presenta ciertas deficiencias, el metal es la opción más óptima para este tipo de partidas, es por eso que en la ciudad de Bucaramanga casi el 42% de la población lo emplea.

Sanchez (2022), en su tesis que lleva como título “Guía de diseño de encofrados de madera para la construcción” ha tenido como principal objetivo desarrollar un guía de diseño de encofrados de madera para las construcciones ecuatorianas para el año 2022. La muestra fueron viviendas ecuatorianas unifamiliares, su población fueron los sistemas estructurales (vigas y columnas) con los diferentes materiales derivados de la madera. La metodología que el investigador ha empleado se basó en una metodología aplicada, cabe resaltar que el tesista hizo la elaboración de una guía o manual para poder diseñar los encofrados en la madera como material. Los principales resultados se vieron de manera progresiva de modo que al ser aplicados se vieron expresados durante la ejecución, por lo que se concluye de la siguiente manera, el proyecto cumplió con todos los objetivos propuestos al inicio utilizando la madera como base, de esta manera se usaron diferentes materiales derivados de la madera en los cuales se hicieron los diferentes ensayos o pruebas. Finalmente, dicha investigación estableció como conclusión que, si es efectivo

proceder con la aplicación de esta guía, el investigador también concluye que es importante no solo basarse en una sola fuente de información si no también aplicar varios conocimientos externos para complementar lo que ya se obtuvo.

Espinoza (2021), realizó su tesis que lleva como título “Aplicación de encofrados modulares para mejorar la productividad en construcción de viviendas multifamiliares en Jaén – Cajamarca” sostuvo como principal objetivo establecer que el sistema modular incrementa la utilidad en las construcciones de viviendas multifamiliares para conocer el costo, rendimiento y tiempos de estos materiales. La tesis fue de tipo aplicada, nivel descriptivo, con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, la muestra es una vivienda que consta de 3 niveles utilizando las siguientes herramientas; Revit, AutoCAD 2D, el ETABS y el S10. Los resultados muestran que los encofrados modulares superan al tradicional en las columnas el rendimiento fue de 20.64m²/día comparado a 11.48m²/día, en vigas 15.21m²/día frente a 9.7m²/día, en costos la madera invirtió S/. 138,744.17 mientras que con el modular el monto bajó a S/. 55,831.68, en tiempos el encofrado modular invirtió 6 días en columnas, 17.68 días en vigas. Por otro lado, con la madera se invirtió 11 días en columnas, 28.27 días en vigas, se concluye que los encofrados modulares incrementan la productividad a un 60% reduciendo significativamente los tiempos y costos optimizando la mano de obra, el rendimiento alcanzado es de 25.52 m²/día convirtiéndolo en la opción con más eficiencia frente a la madera.

Burgos (2021), en su tesis titulada “Análisis de la evolución de los encofrados tradicionales, encofrados metálicos y encofrados plásticos en la ciudad de Cajamarca - 2021” propuso como principal objetivo determinar los componentes que influyen en el desarrollo de los encofrados de madera, encofrados metálicos y los encofrados de plástico en las edificaciones. En su tesis el investigador demuestra también a la par establece las alteraciones de costos entre cada tipo de encofrados comparando los acabados, rendimientos. El método empleado fue la aplicada acompañado de la elaboración de fichas de resumen. Los resultados fueron los siguientes; el rendimiento para los encofrados de

madera de las columnas arroja un $8.50\text{m}^2/\text{día}$ teniendo como precio S/. 83.69 soles/ m^2 , para las vigas con el mismo material se obtuvo un rendimiento de $12\text{m}^2/\text{día}$ con un costo unitario de S/.53.11 soles/ m^2 . Se concluye que existe un gran interés por el empleo de nuevos procesos constructivos como lo son el plástico y metal, el promedio de costo unitario en columnas es un S/.69.61, en vigas es un S/.66.11 esto con respecto a la madera. Sin embargo, para el encofrado plástico en las columnas se invierte S/. 62.71, para las vigas es un S/. 56.93. Así mismo con respecto a los acabados se obtuvo que con el plástico se tienen resultados óptimos presentando una superficie lisa. Finalmente concluyó que con la madera en las columnas llegó a rendir un $20.17\text{m}^2/\text{día}$, en vigas un $12.00\text{m}^2/\text{día}$ mientras que con el material plástico se observa que el rendimiento es de $5.00\text{m}^2/\text{día}$ mayor en las vigas frente a la madera y en columnas el rendimiento es de un $7.46\text{m}^2/\text{día}$ siendo esta la opción más óptima.

Aparco (2022), en su tesis que lleva como título “Análisis de costos y eficiencia en el empleo del encofrado de plástico para columnas y vigas en obras públicas del distrito de Lircay-Angaraes-2021” menciona como principal objetivo estimar los costos y eficiencia de encofrados de plástico tanto en columnas como vigas en Tucspampa del Distrito de Lircay-Angaraes del año 2021. La metodología es aplicada de nivel descriptivo-explicativo, la población fueron las obras públicas del Distrito de Lircay-Angaraes, la muestra eran de 20 unidades, la técnica empleada fue la observación, medición, descripción, mientras que los instrumentos implicados fueron aquellos que le permitieron observar y describir. Los resultados fueron los siguientes, haciendo una comparación entre los encofrados con respecto a los costos entre madera y plástico la madera es la idónea para encofrar columnas como también vigas. Con respecto al tiempo de instalación el encofrado de plástico es mucho mejor ya que abarca la mitad del tiempo a diferencia que con la madera, el plástico es más eficiente brindando superficies lisas o cara vista. Se concluye que la madera es idónea en costos mas no en tiempo de instalación y acabados.

Rayme y Palomino (2021), en su tesis la cual lleva como título “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” han tenido como principal objetivo estimar la eficiencia al utilizar los encofrados convencionales o tradicionales comparados con los encofrados de metal en las estructuras de concreto armado. También los investigadores consideraron como población a los subsectores de Abancay entre estos tenemos al sector 1A, 1B,1C. Los tesisas tomaron como muestra al subconjunto de la población contando con el número de columnas y vigas típicas de la zona. Ellos emplearon una metodología aplicada, técnicas de recolección de datos e instrumentos para recoger los resultados de la investigación dentro de estos tenemos a los cuestionarios, entrevistas y observaciones. Los resultados arrojan que el encofrado de madera registra tiempos promedios de instalación de 3h 48min con 40s en columnas para 36 muestras, 5 h 34 min 45s para 53 muestras en vigas, con los encofrados metálico los tiempos fueron reducidos a 1 h 22 min 54 s en columnas y 3h 5min 10 s en vigas, el rendimiento fue por 100m². Así mismo la madera necesitó 12 días en cuestión de rendimientos para las vigas, 12.02 días para las columnas mientras que con el metálico solo necesitó 6 días y 4.02 días respectivamente. Finalmente se concluye que el encofrado de metal es más eficiente que el convencional o tradicional reduciendo el tiempo de instalación en un 97% brindando mejores acabados, sin embargo, económicamente no es rentable debido a su alto precio.

Ocampo y Flores (2022), en su tesis titulada “Análisis de eficiencia y costos del encofrado con revestimiento plástico para la construcción de estructuras de viviendas, Andahuaylas 2022” tuvieron como principal objetivo evaluar la eficiencia y los costos del encofrado con revestimiento plástico. Se aplicó la observación directa, de campo y laboratorio, empleando fichas e instrumentos, los resultados muestran que de acuerdo a los costos unitarios según CAPECO. El encofrado de madera costó S/. 47.15/m² en

columnas, S/. 54.80/m² en vigas mientras que el encofrado con revestimiento plástico mostró una inversión de S/. 51.56/m² en columnas, S/. 59.91/m² en vigas, el encofrado con revestimiento plástico ofreció un mejor acabado. Por lo tanto, el tesista concluye que el encofrado con recubrimiento plástico es mucho más óptimo por la resistencia que arrojó la estructura, es de fácil instalación y con una mejor durabilidad permitiendo reutilizarse 8 veces más con acabados cara vista.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Encofrado

El encofrado es un elemento temporal o permanente que es empleado en la construcción para dar forma, soporte al concreto en estado plástico o fresco hasta alcanzar la resistencia requerida para poder soportar su propio peso por sí mismo, cumple la función de un molde, contribuyendo al acabado superficial de la estructura (ACI Committee, 2014).

3.2.1.1 Material. La definición del material comprende a las propiedades físicas, mecánicas y químicas permitiendo su uso en actividades como la industria de la construcción ingeniería o arte (Callister y Rethwisch, 2018).

La importancia de los materiales en la ingeniería y en la construcción son consideraciones que se deben tener en cuenta debido a que estos contribuyen de manera significativa a las obras ingenieriles, construcción e industrias grandes, estos determinan estabilidad, trabajabilidad, estabilidad, periodo de vida útil y más. La elección correcta de materiales influye mucho en el desempeño de las mismas, ayuda a optimizar costos, tiempos mejorando el rendimiento en las partidas en ejecución (Callister y Rethwisch, 2018).

La clasificación de los materiales puede darse de acuerdo a las características u origen, por lo que se considera cuatro tipos de materiales:

Materiales naturales: dicese de aquellos que son obtenidos directamente de la naturaleza como son la madera (Ashby, 2011).

Materiales industriales: dicese de aquellos que son productos de una transformación o sometidos a una transformación como es el caso del poli cloruro de vinilo (Ashby, 2011).

Materiales metálicos: dicese de aquellos materiales que son característicos por tener una resistencia alta tanto mecánicamente como conductividad como es el caso del acero (Ashby, 2011).

Materiales no metálicos: dicese de aquellos que, con considerados como la madera, los polímeros, el vidrio, estos pueden ser aplicados en la industria de la construcción ya que son funcionales (Ashby, 2011).

Existen también ciertas propiedades de los materiales, ya que estos se comportan de diferente manera de acuerdo al uso, tienen propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas. La selección del material depende también en la forma de influencia de estos mismos, ya que una correcta selección nos permite alcanzar el equilibrio entre la eficiencia técnica, económica y sostenible (Ashby, 2011).

a) Encofrados de madera

Los encofrados de madera son estructuras temporales que son fabricadas con tablones, listones, utilizados para dar forma, soporte al concreto en estado plástico, el encofrado de madera actúa como un molde temporal o provisional permitiendo construir elementos estructurales como las vigas, columnas, muros, losas y más con dimensiones específicas (ACI Committee, 2014).

Las desventajas de la madera para uso de encofrado son las siguientes; es un material sensible a la humedad, deformable, con una resistencia limitada o variable, la superficie de la madera absorbe la humedad que tiene el concreto, requiere mayor tiempo de montaje, baja calidad de acabado debido a la manipulación y vida útil que tiene (ACI Committee, 2014).

Las ventajas que tiene este material son las siguientes; son de fácil adquisición, con mucha más disponibilidad en el mercado, costos bajos, fácil manipulación y adaptación.

b) Encofrado de Poli Cloruro de Vinilo

Los encofrados de poli cloruro de vinilo son moldes temporales o permanentes empleados en las construcciones elaborados de paneles plásticos de poli cloruro de vinilo con la finalidad de soportar el concreto fresco hasta alcanzar la resistencia necesaria para soportar sus cargas por sí mismo, a diferencia de los encofrados tradicionales o metálicos los encofrados de poli cloruro de vinilo son manipulables, livianos, reutilizables, resistentes a la humedad y de fácil limpieza.

Las propiedades del Poli cloruro de vinilo como encofrado son las siguientes; es un material que presenta características impermeables, con una alta resistencia a la humedad, con una superficie lisa, no absorbe la humedad, resistente a las plagas, resistente al desgaste, estable dimensionalmente, su vida útil es mucho mayor a comparación de otros materiales. También cabe mencionar que este material es de montaje rápido, preciso, liviano, reduce desperdicios, costos a largo plazo para obras de mayor envergadura, reduce gastos en mano de obra para el tarrajeo de los elementos estructurales.

Las desventajas de este material son que tienen un costo inicial alto a comparación del material tradicional, no se puede modificar o flexionar demasiado en obra si el propósito es adecuarlo de manera inmediata a alguna forma no antes examinada, lo más idóneo es prever la partida para con anticipación se hagan las modificaciones correspondientes.

3.2.2 Eficiencia

Es descrita como subdimensión que hace uso de los recursos que aborda ciertos indicadores los cuales pueden ser el tiempo de entrega, convenios, alianzas, costos de calidad en horas/hombre, en tiempo como es la optimización en el proceso constructivo.

También se le considera a eficiencia como la obtención de metas o resultados con la mínima cantidad posible de recursos empleados, como es el caso del tiempo de

instalación, costos y calidad de acabado. Del mismo modo, hace referencia a la productividad que puede haber sobre una partida, teniendo en consideración todo ello también es importante saber cómo influye la eficiencia en los encofrados la cual se detalla de la siguiente manera; en tiempo de instalación etapa de montaje y desmontaje, costos directos o indirectos, calidad de acabado, los cuales se pueden ver más adelante.

3.2.2.1 Tiempo de instalación. Se define como un periodo que es necesario para poder ensamblar, encofrar y desencofrar el sistema constructivo o componente, teniendo en consideración el tiempo de inicio y final (Kerzner, 2017).

Para determinar la eficiencia en tiempo de instalación se tiene que conocer el concepto, el cual es la capacidad del sistema constructivo o encofrado para reducir u optimizar los tiempos en la etapa de montaje y desmontaje manteniendo la seguridad, estabilidad durante la etapa del vaciado del concreto.

Para calcular el tiempo de instalación o armado se debe relacionar la velocidad y simpleza con la que se puede ensamblar, desmontar los encofrados, de esa manera se puede directamente analizar y ver la productividad en la obra. (Ministerio de Vivienda, 2019)

$$T = \frac{A}{p * N * E}$$

Donde se sabe que:

T: tiempo total de instalación (horas o días)

A: área de encofrado (m²)

p: productividad del operario (m²/h)

N: número de trabajadores en la cuadrilla

E: eficiencia del trabajo (0.75-0.90)

Importancia del tiempo de instalación

Algunos parámetros a considerar para determinar el tiempo que un encofrado requiere para ser instalado son sumamente importantes porque debido a ello se pueden generar ahorro de costos en la mano de obra, disminución del tiempo total de ejecución, mejora de una planificación, incremento de seguridad y eficiencia en obra (ACI Committee, 2014).

Cálculo del rendimiento de instalación

$$R = \frac{A}{t}$$

Donde se sabe que:

R: rendimiento

A: área de encofrado ejecutado

t: tiempo (horas o días)

3.2.2.2 Costos. Se le conoce como el valor de un recurso económico que es sacrificado para incrementar o adquirir un bien o servicio con la finalidad de poder producir muchos mas bienes o poder prestar un servicio (Horngren, Datar y Rajan, 2015).

La eficiencia en costos está fundamentada bajo un análisis de costos por vida útil del encofrado el cual influye en el costo inicial del material, la mano de obra, el mantenimiento o reparación, reutilizaciones y costo en mano de obra para acabados.

Para estimar los costos y compararlos se debe calcular el rendimiento de los encofrados para las columnas, por ello nos basamos en una ficha técnica obtenida de la CAPECO en el que se indica el rendimiento promedio equivalente a 10m²/día utilizando la madera como material, la cual se expresa en la Tabla 2 (Neumann 2017).

Tabla 2*Rendimiento*

Rendimiento para columnas de acuerdo a la CAPECO
10m ² /día

Nota. La tabla hace referencia al rendimiento de columnas expresado en m²/día. Adaptado de (CAPECO,2019).

Para estimar la mano de obra se necesita conocer la cuadrilla correspondiente que será conformada de acuerdo a la partida o actividad, para esto la CAPECO ha establecido que para la partida de columnas debe emplearse como personal a 01 operario y 1 peón. Existe una fórmula que nos ayuda a estimar la mano de obra que se requiere (CAPECO,2019).

$$\text{Mano de obra} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de horas trabajadas} \times \text{cuadrilla}}{\text{Rendimiento}}$$

Seguidamente, se debe de conocer con exactitud el precio a pagar por la cuadrilla, también se tiene que estimar la mano de obra la cual se calcula:

$$\text{Precio parcial de M. O.} = \text{sumatoria total de la cantidad} \times \text{pago salario}$$

Para determinar el rendimiento de mano de obra en las vigas se debe conocer las dimensiones que presentan estas mismas, también debe conocerse cada área de cada cara de la viga para luego ser operacionalizada mediante una adición obteniendo como producto el área total para encofrar, la fórmula que nos ayuda a estimar ello se detalla de la siguiente manera (Neumann, 2017).

Rendimiento de mano de obra en las vigas

$$A_e = A_1 + A_2 + A_3$$

A_e = Área total del encofrado para las vigas

A_1 = Área de la cara N°1 de la viga

A_2 = Área de la cara N°2 de la viga

A_3 = Área de la cara N°3 de la vida

Para determinar los materiales y la cantidad a emplearse es necesario conseguir las tablas de incidencias con los precios actualizados para encofrar según lo que establece la CAPECO (Neumann, 2017).

Costo parcial de cada material

$$\text{Costo parcial} = \sum \text{cantidad} * \text{precio de material}$$

a) Equipos:

Para la elaboración de un adecuado encofrado es necesario conocer el equipo que se va a requerir según lo establecido en la CAPECO, se sabe que también para los materiales se opta por tomar el 3% de costo parcial de la mano de obra

b) Costos unitarios directos por metro cuadrado:

Estos se determinan mediante una adición total de los costos parciales de la mano de obra, los materiales y por último de los equipos, expresándose de la siguiente manera (Ministerio de Vivienda, 2019)

Fórmula general de Costos unitarios directos por metro cuadrado

$$\text{Costo Unitario Directo por } m^2 = \text{Costo de Mano de Obra} + \text{Costo de Materiales} + \text{Costo de Equipos}$$

Donde:

- Costo de Mano de Obra: es la suma de los costos asociados a la labor realizada.
- Costo de Materiales: se calcula sumando los productos de las cantidades utilizadas de cada material por sus respectivos precios.
- Costo de Equipos: incluye el costo de alquiler o depreciación de los equipos utilizados, ajustado, por ejemplo, por un porcentaje del costo de la mano de obra si es relevante, como el 3% mencionado.

Fórmula matemática de Costos unitarios directos por metro cuadrado:

$$\text{Costo Unitario Directo por } m^2 = \sum (\text{cantidad de mano de obra} \times \text{precios mano de obra}) + \sum (\text{cantidades materiales} \times \text{precios materiales}) + \sum (\text{costos equipos})$$

c) Análisis de la eficiencia en vida útil:

Al querer analizar y demostrar la eficiencia de los encofrados en vida útil o ciclos que estos tienen y funcionan correctamente tenemos que tener en consideración ciertas características que se muestran en la tabla. Por último, teniendo los resultados ya antes mencionados se hará una comparación entre los 2 materiales que se usará basándose en la Tabla 3.

Tabla 3*Parámetros de un buen encofrado*

Parámetros para considerar a un encofrado como ideal		
Parámetro	Descripción técnica	Indicador
Resistencia estructural	Soporta cargas sin deformarse	Deflexión $\leq 1/270$ de la luz
Estanqueidad	Sin fugas de lechada	Fugas nulas
Precisión dimensional	Mantiene medidas proyectadas	Desviación $\leq 1\%$
Rigidez y estabilidad	No presenta desplazamientos	Sin movimientos
Facilidad de montaje	Instalación rápida y segura	≤ 1.0 h/m ²
Reutilización	Mantiene calidad tras varios usos	≥ 30 reutilizaciones
Calidad de acabado	Superficie lisa y uniforme	Clase A (ACI)
Economía y sostenibilidad	Bajo costo total y mínimo impacto ambiental	Costo \leq sistema tradicional

Nota. La tabla da a conocer las consideraciones que se deben de tener para indicar que un encofrado es el ideal, adaptado de (ACI Committee, 2014).

Los requisitos para un buen encofrado de acuerdo con el ACI 347-14 es que estos deben cumplir con lo siguiente; ser resistentes a las presiones que ejerce el concreto, mantener su verticalidad o rigidez dando forma sin someterse a deformaciones, evitar fugas, permitir un mejor desencofrado de manera eficaz y seguro sin perjudicar al concreto, económico y reutilizable.

3.2.2.3 Calidad de acabado. Se refiere a la apariencia superficial y física del elemento estructural, determinando con exactitud el tipo de superficie que presenta la estructura, influye directamente con la funcionalidad, aceptación estética y durabilidad (Neville, 2011).

Según el ACI 347-14 Los factores que determinan la calidad de un buen acabado son los siguientes:

- El tipo y el material del encofrado
- El número de reutilizaciones
- La aplicación de desmoldantes
- La compactación y el curado del concreto
- El alineamiento

La clasificación de los acabados según la norma ACI 347-14 indica que existen tres tipos de clase:

Clase A: superficie lisa y uniforme (obras arquitectónicas visibles)

Clase B: superficie con leves deformaciones o marcas (Estructuras regulares)

Clase C: superficie con un acabado rugoso (cimientos, elementos que no son expuestos a la vista)

Debido al aporte de estas teorías llegamos a apoyarnos en todas ellas para la elaboración de la comparación entre ambos materiales, para de esa manera ver cuál es más factible emplear en construcciones de sistemas aperticadas, si el encofrado de madera o el encofrado de PVC en tiempo de instalación, costos y vida útil.

3.3 Definición de términos

Encofrado: El encofrado es un elemento temporal o permanente que es empleado en la construcción para dar forma, soporte al concreto en estado plástico o fresco hasta alcanzar la resistencia requerida para poder soportar su propio peso por sí mismo, cumple la función de un molde, contribuyendo al acabado superficial de la estructura (ACI Committee, 2014).

Encofrados horizontales: hace referencia a las vigas u otro elemento que este en dirección horizontal, también pueden considerarse a los puntales dentro de este tipo de encofrados horizontales, la función que tienen estas principalmente es soportar las cargas que se ejercen sobre ellas (AFECI, 2020).

Encofrados verticales: son aquellos que le permiten a la estructura tener sostenibilidad mientras que el concreto en estado fresco llegue al punto de endurecimiento, éstos son empleados en las construcciones de pilares o muros que son rectos, también pueden presentar una forma curva en una edificación (AFECI, 2020).

Encofrados de plástico: es un tipo de encofrado que resulta ser fabricado haciendo uso de un material plástico, usualmente reemplaza a los materiales tradicionales, a este tipo de encofrado se les considera como un sistema modular, está diseñado para aquellas personas que tienen presupuesto económico poco accesible, este tipo de material se adecua a las necesidades que se requieran (Arapa, 2017).

Eficiencia: Es descrita como subdimensión que hace uso de los recursos que aborda ciertos indicadores los cuales pueden ser el tiempo de entrega, convenios, alianzas, costos de calidad en horas/hombre, en tiempo como es la optimización en el proceso constructivo. También dice dese de la capacidad de obtener resultados con la cantidad mínima de recursos (Garcia et. al., 2019).

Tiempo: es un conjunto de herramientas y técnicas que son utilizadas para la planificación y el control de tiempo que va a emplearse para la ejecución de un proyecto u obra, del mismo modo también se le denomina así a la magnitud física que nos permitirá ordenar secuencialmente ciertas actividades o sucesos (Vidal, 2018).

Costos: representa al efectivo o valor de un producto y servicio del cual se espera que sufra un aporte en tiempo real o a futuro (Hansen y Maryanne, 2009).

Viga: es un elemento estructural que en ocasiones puede ser de concreto armado o madera, está diseñada para poder soportar las cargas lineales, las cargas concentradas y las cargas uniformes, estas van direccionadas en un solo sentido, en ocasiones actuando como si fuera un elemento principal o primario en los marcos que son rígidos de la viga y las columnas, son utilizadas para sostener losas macizas (Requejo, 2014).

Columna: son aquellos elementos que van en dirección vertical la cual soportan las fuerzas de compresión y flexión, están encargados de transmitir y enviar las cargas de la estructura hacia el fondo de la cimentación, es uno de los elementos más importantes que sirve como un soporte de las estructuras construidas por ello es que se debe tener sumo cuidado (Silva, 2022).

Poli cloruro de vinilo: es un miembro de las familias de los termoplásticos, considerado como un polímero que es obtenido mediante un proceso de mezclado entre dos materias primas llamadas cloruro de sodio y la sal común que presenta petróleo natural de hasta un 43%, esta característica la hace idónea para su fin ya que es el que menos dependiente de los recursos no renovables (Textos Científicos, 2005).

Estructuras: se denomina así al conjunto de elementos que cumplen la función de resistir entre sí para colaborar como soporte a las cargas y las fuerzas, manteniendo el equilibrio de la construcción (Cueva, 2017).

Aporticadas: se les llama así a todas aquellas estructuras que están constituidas por piezas que van en dirección horizontal o vigas que son rigidizadas cuando son unidas entre sí sobre las columnas (Cueva, 2017).

Madera: es un elemento usualmente empleado en el rubro de la construcción, caracterizado por ser un material ligero, resistente y de fácil manejo, está constituida por tejidos que forman las cortezas de los árboles (Metaportal de Arquitectura, 2018).

IV. Metodología

4.1 Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

La tesis realizada según su propósito es de tipo aplicada de alcance exploratorio ya que ésta se hizo sobre un tema desconocido o muy poco investigado, al utilizar este tipo de investigación se dice que los resultados obtenidos formarán una visión aproximada de lo que quiere estudiar, muchas veces lo conocemos como conocimientos superficiales y es por ello que se consideró de esta manera (Fidias, 2012).

Una investigación es aplicada ya que se orienta a generar nuevos conocimientos con fines más prácticos, buscando solucionar problemas específicos reales mediante la aplicación de sistemas o teorías y también métodos científicos (Hernandez et. al., 2022).

Nivel de investigación

El nivel de investigación de la tesis se hizo explicativo tiene como fundamental propósito identificar causa efecto entre las variables, nos permite comprender del porque es que ocurren ciertos fenómenos sometidos bajos ciertas condiciones y como es que se manifiesta (Hernandez et. al., 2022).

Por otro lado, el nivel de investigación comparativo propone identificar las igualdades o semejanzas, así como también las diferencias entre uno o más fenómenos, objetos o grupos a los cuales se les hace un estudio (Fidias, 2012).

De esta manera se pudo identificar el nivel de la tesis, considerando un nivel explicativo-comparativo.

4.2 Ámbito temporal y espacial:

Temporal

El tiempo que llevó ejecutar la tesis estuvo dentro del periodo del año 2024.

Espacial

La tesis se realizó y ejecutó en el barrio de José María Arguedas en el centro poblado de Villa Ampay de la localidad de Abancay en la región de Apurímac, en los elementos estructurales aporticados de la zona en viviendas autoconstruidas en plena ejecución.

4.3 Población y muestra

Población

La población es un conjunto total de sujetos, elementos u objetos que tienen características parecidas o comunes, estos elementos se les desea hacer un análisis para ver sus diferencias e inferencias a partir de una investigación (Hernandez et. al., 2022).

Por una parte, la población de un estudio comprende el conjunto de sujetos o elementos que se desea investigar, en esta tesis, la población fue definida por las viviendas autoconstruidas del barrio José María Arguedas en el centro poblado de Villa Ampay

Por lo cual, esta delimitación permitió enfocar el estudio en componentes críticos sin extenderse a otras estructuras, lo que pudo complicar y extender el alcance del proyecto más allá de los recursos disponibles (Lopez, 2004).

Muestra

La muestra es una porción o parte representativa de la población que se examina para interpretar conclusiones sobre el conjunto total (Hernandez et. al., 2022).

En este caso para la tesis se seleccionaron como muestra las columnas y vigas de dos viviendas específicas en plena ejecución dentro del barrio José María Arguedas del centro poblado de Villa Ampay-Abancay, sumando un total de 40 elementos estructurales aporticados entre columnas y vigas.

Por lo cual, esta selección permitió un análisis detallado y manejable de los elementos con sistemas estructurales aporticados (Ozten y Manterola, 2017).

4.4 Instrumentos

Se les considera como instrumentos de la investigación a aquellos recursos que uno como investigador puede hacer uso para así abarcar los problemas, los fenómenos y entre otros para poder extraer la información de estos mismos (Lama, 2022).

Los instrumentos que se usaron para esta tesis fue una ficha de recolección de datos que fue extraída de una tesis realizada en Andahuaylas la cual esta detallada en el anexo N.º 02, esta ficha nos mostró las preguntas que respondimos acorde al avance de nuestra tesis desde la instalación de los encofrados hasta el desmoldaje y acabado final que tuvieron nuestras estructuras.

4.5 Procedimientos

Se le llama así al conjunto de procesos de carácter metodológico que es sistemático que tiene como objetivo el garantizar la eficacia del desarrollo de la investigación obteniendo la información necesaria para poder absolver las dudas que se nos generen durante el proceso (Concordia, 2020).

Las técnicas que se utilizaron en esta tesis fueron las siguientes:

La observación: se considera como un elemento esencial y fundamental de cualquier proceso que sea con respecto a una investigación, la gran mayoría de conocimientos obtenidos se han dado mediante la observación (Gomez, 2010).

Se observó el comportamiento del poli cloruro de vinilo en contacto con el hormigón o concreto en estado plástico hasta su curado llegando a su resistencia mínima requerida, se observó los encofrados de las estructuras aporticadas, su eficiencia en tiempo de instalación, armado y desencofrado.

Por otro lado, se observó también los costos haciendo una comparación entre ambos materiales, mano de obra, equipos, herramientas, por último, se observó la vida útil que posee cada encofrado, hay que añadir que también se analizó la parte estética de ambos materiales en la etapa de desencofrado.

Los cuestionarios: son aquellas agrupaciones de preguntas que son diseñadas para que se generen los datos necesarios de manera que alcancen los objetivos que son propuestos, los cuestionarios nos permiten recopilar los datos e información (Galan, 2009).

Para esta tesis se hizo uso de cuestionarios extraídos de otras tesis aprobadas que tuvieron éxito con respecto a sus trabajos, como precedentes tenemos las firmas de los investigadores que se solicitaron, el uso de estos cuestionarios nos ayudó a determinar la cantidad de mano de obra que se va a emplear con este nuevo prototipo de encofrado, la eficiencia de estos encofrados y si presentan algún inconveniente con su vida útil.

Por otra parte, el procedimiento estadístico que se empleó en esta tesis fue el T de Student en el software SPSS-27, este análisis estadístico nos ayudó a crear tablas y graficas con datas complejas ya que es lo que requirió la tesis, estudiando las muestras elegidas con criterios de inclusión y exclusión.

Para la tesis en la etapa del procedimiento se consideró hacer una comparación entre encofrados de madera y encofrados de poli cloruro de vinilo en estructuras aporticadas del centro poblado de Villa Ampay. Este procedimiento consistió en adquirir los materiales para la elaboración de encofrados para luego proceder a encofrar 40 elementos estructurales entre vigas y columnas. Para los encofrados de madera se emplearon tablones del material propiamente mencionado, listones, clavos, alambres, herramientas manuales, se procedió a cortar la madera en las dimensiones que requerimos para las columnas y así mismo para las vigas, se instalaron los encofrados ya lubricados con el petróleo después de hacer el amarre de alambre para el armazón.

También se procedió a colocar los listones en la parte exterior del encofrado a una distancia de 50 cm para cumplir con la función de soportar los tablones del encofrado, sin olvidar que en la parte interna del encofrado se colocaron los dados de concreto, luego se procedió a hacer los amarres con el alambre N°8 para asegurar los barrotes. Por último,

se utilizaron puntales de madera en las 4 caras del encofrado que ayudaron a sostener la estructura para evitar que la presión del concreto reviente el molde.

Por otro lado, para la fabricación de los encofrados de poli cloruro de vinilo se utilizó una metodología parecida a los encofrados de madera y fenólico, se tuvo que adquirir las planchas de poli cloruro de vinilo de un espesor de 6 mm y armarlas con listones de madera que sirvieron como marco para adherir las planchas con clavos de 2 pulgadas y media. La distancia de los barrotes para darle mejor estabilidad estuvo ubicados a cada 50 cm de acuerdo a la norma.

Se emplearon también puntales que sirvieron de soporte a los encofrados, de esa manera se obtuvo unos moldes estables y firmes para las columnas, en el caso de las vigas se tuvo que elaborar una base con los laterales incorporando refuerzo para que pueda soportar el peso y carga y evitar las deformaciones que causa el concreto en estado fresco.

Lo que se hizo durante la ejecución de la tesis fue adquirir ambos materiales, herramientas y equipos, se utilizó un cronometro para poder controlar cuanto tiempo requiere en armar y ensamblar cada material haciendo una comparación entre ambos para ver su eficiencia, luego en la etapa de desencofrado se pudo observar la calidad de acabado de cada elemento estructural.

4.6 Análisis de datos

El método comparativo se refiere a analizar dos o más objetos, fenómenos para poder identificar las semejanzas o diferencias que existen a partir de criterios o variables establecidos, permite evaluar de manera más objetiva el comportamiento de un objeto (Hernandez et. al., 2022).

El método comparativo nos permite estudiar semejanzas o diferencias entre fenómenos, objetos para poder establecer las relaciones, desventajas, limitaciones o ventajas a partir de criterios (Fidias, 2012).

Una vez identificando el método se vincula directamente con nuestras variables que son la eficiencia la cual se disgrega en las dimensiones respectivas que son el costo, tiempo y vida útil.

Orientación

Esta tesis fue de orientación aplicada, se le denomina de esa manera ya que aquí se está haciendo uso de aquellos conocimientos adquiridos en la práctica haciendo que la disciplina tenga más valor, la investigación aplicada tiene como objetivo el hacer uso inmediato de los conocimientos que ya existen para apoyarse en ellos (Vargas, 2009).

Así mismo se sabe que originaremos nuevos conocimientos mediante la aplicación de un material poco usual en el ámbito constructivo, este material lleva por nombre Poli Cloruro de Vinilo que dentro de esta tesis fue destinado para la elaboración de encofrados.

Recolección de datos

En esta tesis se aplicó la recolección de datos proyectivo. Se denominan así porque se hará una recopilación en tiempo real para usarse con fines de investigación, como producto se darán las relaciones causales, el estado inicial se documenta para con la investigación que con posterioridad en su debido momento se hará el manejo adecuado de los resultados obtenidos (Talavera et. al., 2021).

Así mismo, se hizo un registro de los resultados de inicio a fin de toda la tesis empleando las planchas de PVC en los diferentes encofrados de vigas y columnas.

Enfoque

La presente tesis fue de enfoque cuantitativo. El enfoque cuantitativo está fundamentado bajo datos numéricos y estadísticos respecto y dependiendo al contexto que se está trabajando ya que éste se genera a partir de un procedimiento deductivo en el cual mediante la aplicación numérica y uso del análisis con enfoque estadístico prueban o probaran la hipótesis que fue formulada por el investigador (Hernandez et. al., 2022).

El enfoque cuantitativo se basa sobre todo en la medición mediante números o datos estadísticos de las variables y en hacer un análisis estadístico para hacer una prueba de hipótesis estableciendo ciertos patrones que comprometen el comportamiento de estos sujetos de estudio (Fidias, 2012).

De esta manera se cuantificó nuestros resultados obtenidos durante y después del proceso de la elaboración de la tesis concerniente a los encofrados de poli cloruro de vinilo.

4.7 Consideraciones éticas

Se debe tener en cuenta el tipo, el alcance y el diseño de la tesis en la que se consideró algunos aspectos de gran importancia como son la seguridad y transparencia, la confiabilidad de los resultados (Alvarez Viera, 2018).

Las investigaciones son herramientas de principio fundamental las cuales deben de tomarse en serio, el desarrollo de estas debe contener verazmente información relevante, concisa, sincera tomada con sumo cuidado ya que serán publicadas al cabo de un cierto periodo y será de uso para otras personas que lean este tipo de documentos (Laguna et. al., 2007).

La ética: Se traduce también como un principio o valor los cuales son exigibles dentro de una tesis, este muchas veces contienen ciertos aspectos como la justicia, la tolerancia, la solidaridad, la libertad, las responsabilidades que implica desarrollar este tipo de investigaciones (Inguillay et. al., 2019).

Valor: se traduce como un principio digno de estima, esta tesis buscó mejorar el conocimiento, incrementándolo de manera que ayudó a informar a la sociedad sobre los encofrados de Poli Cloruro de Vinilo sus propiedades y bondades para con las construcciones ingenieriles (Inguillay et. al., 2019).

Respeto: Este fue un valor fundamental el cual se tuvo en cuenta al momento de elaborar la tesis ya que lo que se requirió fue respetar los procedimientos sin alterarlos,

apreciando y valorando los resultados obtenidos durante la elaboración de la tesis (Inguillay et. al., 2019).

Honestidad: Este fue un valor de gran énfasis debido a que al ser una tesis totalmente transparente y honesta permite a los lectores que puedan apoyarse confiablemente en la información que se les brinda, con la finalidad de que puedan emplearla en los siguientes proyectos ingenieriles o mejorarlo cual sea el fin (Inguillay et. al., 2019).

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

Los resultados que se obtuvieron durante la ejecución de la tesis fueron acorde a los objetivos específicos los cuales fueron expresados mediante tablas y gráficos de barras. A su vez es importante mencionar que en este capítulo podremos observar las variaciones en tiempo de instalación, costos y vida útil entre los encofrados de madera comparado con los encofrados de poli cloruro de vinilo en elementos estructurales aporticados que son las vigas y las columnas propiamente evaluadas durante la ejecución del trabajo de investigación en el barrio de José María Arguedas del centro poblado Villa Ampay, Abancay- Apurímac.

a) *Tiempo de instalación*

Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera en columnas.

Se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos de ensamblaje expresados en minutos de los encofrados de madera en el sistema estructural aporticado vertical (columna), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 01 columna , el tiempo obtenido en la etapa de ensamblaje se refiere a la etapa de unir las partes del encofrado con la finalidad de dejarlos listos para luego instalarlos, el tiempo estimado fue de 35 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4

Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera en columnas

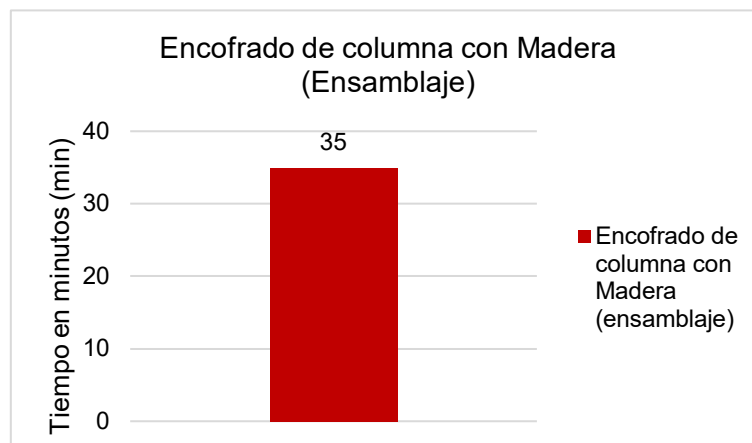
Encofrado de columna con Madera (Ensamblaje)								
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de montaje (min)	Cuadrilla empleada
1	Columna	C-01	0.40 x 0.40	1.60	2.80	4.48	35	01 operario +01 peón

Nota. La codificación C-01 representa la columna N°01.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados y la comparación entre ambos materiales, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 35 minutos como se muestra en la Figura 2.

Figura 1

Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera para columnas



Nota. La figura representa el tiempo que demoró en ensamblarse los encofrados de madera para columnas expresado en minutos.

Tiempo de ensamblaje de los encofrados con PVC en columnas.

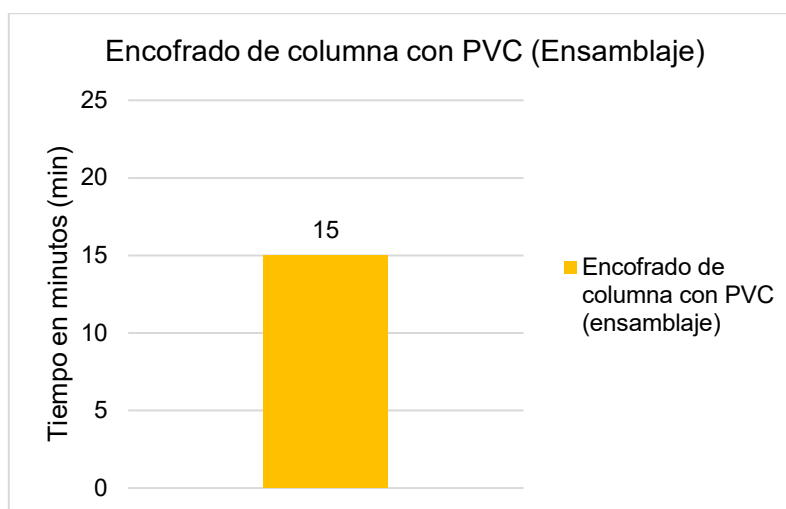
A continuación se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos de ensamblaje expresados en minutos de los encofrados de PVC en el sistema estructural aporticado vertical (columna), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 01 columna , el tiempo obtenido en la etapa de ensamblaje se refiere a la etapa de armar las partes del encofrado con la finalidad de dejarlos listos para luego instalarlos, el tiempo estimado fue de 15 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5*Tiempo de ensamblaje de los encofrados de PVC en columnas*

Encofrado de columna con PVC (Ensamblaje)								
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de montaje (min)	Cuadrilla empleada
1	Columna	C-01	0.40 x 0.40	1.60	2.80	4.48	15	01 operario +01 peón

Nota. La codificación C-01 representa la columna N°01.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados y la comparación entre ambos materiales, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 15 minutos como se muestra en la Figura 3.

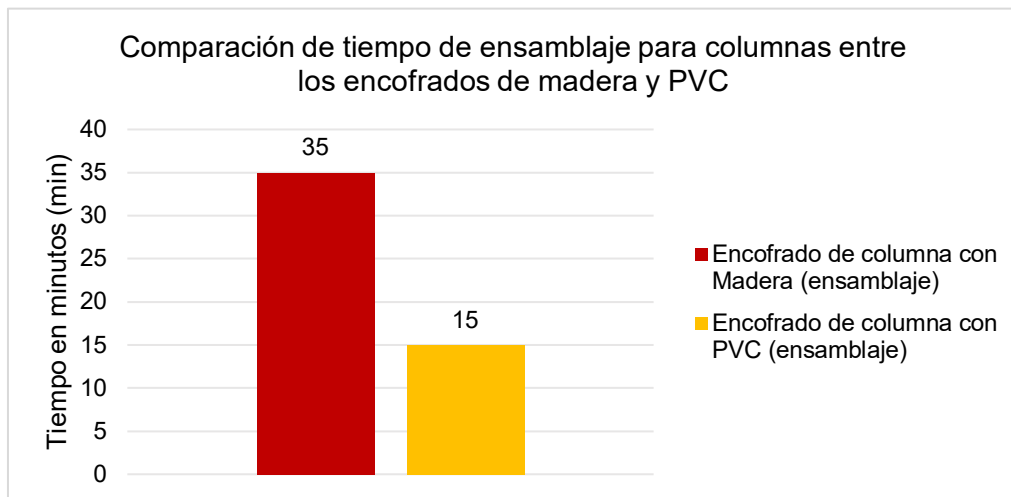
Figura 2*Tiempo de ensamblaje de los encofrados de PVC para columnas*

Nota. La figura representa el tiempo de ensamblaje de los encofrados de PVC para columnas expresado en minutos.

A continuación, se muestra la comparación del tiempo que demoró la etapa de ensamblaje de ambos materiales que se usaron para los encofrados para columnas donde se puede apreciar una diferencia de 20 minutos entre el material de madera y el de PVC como se detalla en la Figura 4.

Figura 3

Comparación del tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera y PVC para columnas



Nota. La figura representa la diferencia de tiempos de ensamblaje entre ambos materiales.

Tiempo de ensamblaje de los encofrados con madera en vigas.

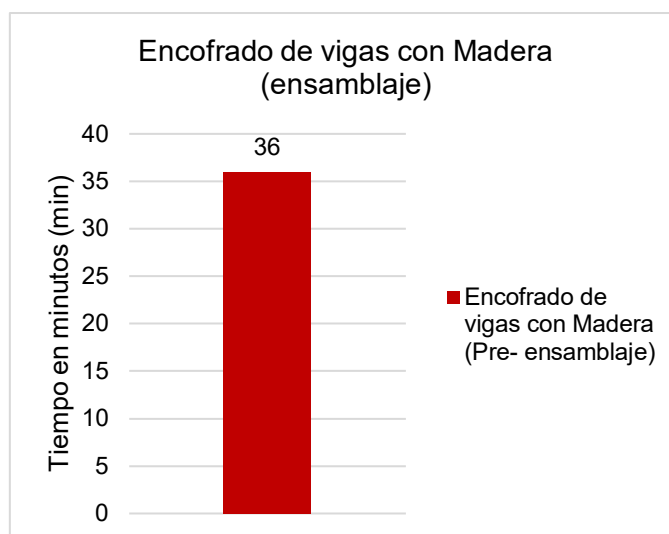
A continuación se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos de ensamblaje expresados en minutos de los encofrados de madera en el sistema estructural aporticado horizontal (viga), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 01 viga, el tiempo obtenido en la etapa de ensamblaje se refiere a la etapa de ensamblar las partes del encofrado con la finalidad de dejarlos listos para luego instalarlos, el tiempo estimado fue de 36 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6*Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera en vigas*

Encofrado de vigas con Madera (Ensamblaje)								
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la viga (m)	Perímetro (m)	Longitud de luz (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de montaje (min)	Cuadrilla empleada
1	Viga	V-01	0.40x0.40	1.60	4.00	6.40	36	01 operario +01 peón

Nota. La codificación V-01 representa la viga típica N°01.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados y la comparación entre ambos materiales, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 36 minutos como se muestra en la Figura 5.

Figura 4*Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera para vigas*

Nota. La figura representa el tiempo de ensamblado de una viga con encofrado de madera.

Tiempo de ensamblaje de los encofrados con PVC en vigas.

A continuación se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos de ensamblaje expresados en minutos de los encofrados de PVC en el sistema estructural aporticado horizontal (viga), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 01 viga, el tiempo obtenido en la etapa de pre

ensamblaje se refiere a la etapa de ensamblar las partes del encofrado con la finalidad de dejarlos listos para luego instalarlos, el tiempo estimado fue de 18 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Tiempo de Ensamblaje de los encofrados de PVC en vigas

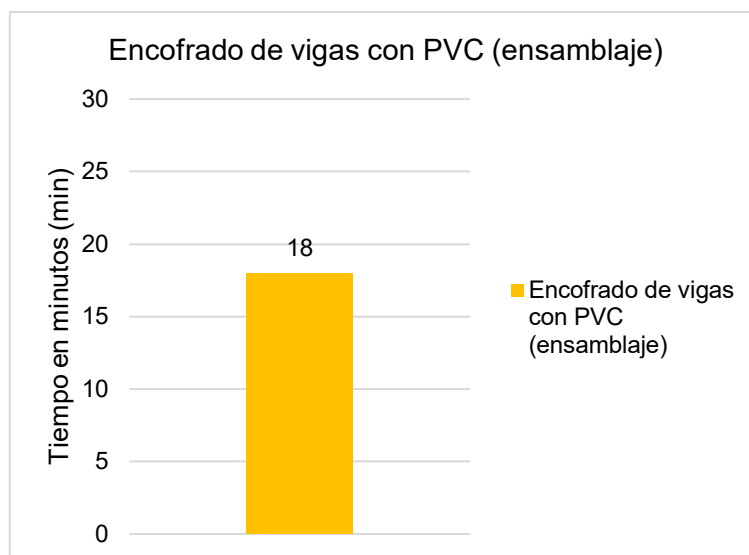
Encofrado de vigas con PVC (Ensamblaje)								
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la viga (m)	Perímetro (m)	Longitud de luz (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de montaje (min)	Cuadrilla empleada
1	Viga típica	V-01	0.40	1.60	4.00	6.40	18	01 operario +01 peón

Nota. La codificación V-01 representa la viga típica N°01.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados y la comparación entre ambos materiales, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 18 minutos como se muestra en la Figura 6.

Figura 5

Tiempo ensamblaje de los encofrados de PVC para vigas

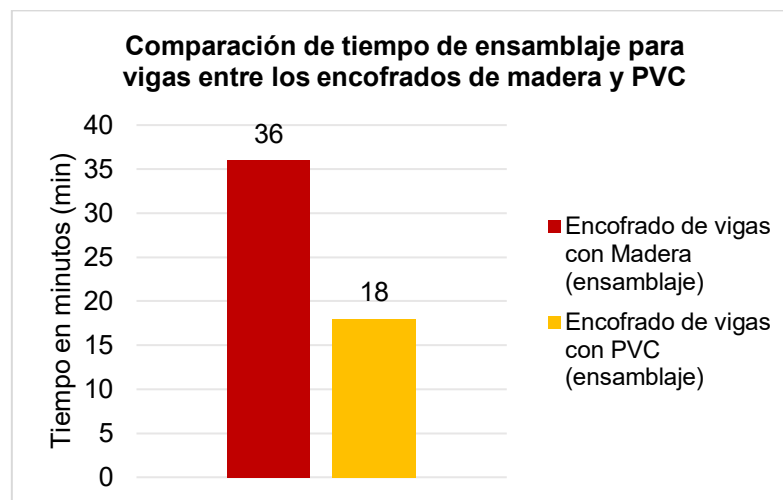


Nota. La figura representa el tiempo de ensamblado de una viga con encofrado de PVC.

A continuación, se muestra la comparación del tiempo que demoró la etapa de ensamblaje de ambos materiales que se usaron para los encofrados para vigas donde se puede apreciar una diferencia de 18 minutos entre el material de madera y el de PVC como se detalla en la Figura 7.

Figura 6

Tiempo de ensamblaje de los encofrados de madera y PVC para vigas



Nota. La figura representa la comparación de los materiales respecto al tiempo de ensamblaje de una viga.

Tiempo de instalación de los encofrados con madera en columnas.

Se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos de instalación durante la etapa de encofrado expresados en minutos con madera en el sistema estructural aporticado vertical (columna), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 columnas, el tiempo obtenido en la etapa de encofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a armar los moldes para luego proceder al vaciado del concreto, el tiempo estimado para la C-01 fue de 13 minutos, C-02 fue de 14 minutos, C-03 fue de 15 minutos, C-04 fue de 14 minutos, C-05 fue de 14 minutos, C-06 fue de 14 minutos, C-07 fue de 13 minutos, C-08 fue de 14 minutos, C-09 fue de 15 minutos, C-10 fue de 13 minutos, el promedio total de las 10 columnas fue

de 13.8 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8

Tiempo de instalación del encofrado con madera en columnas

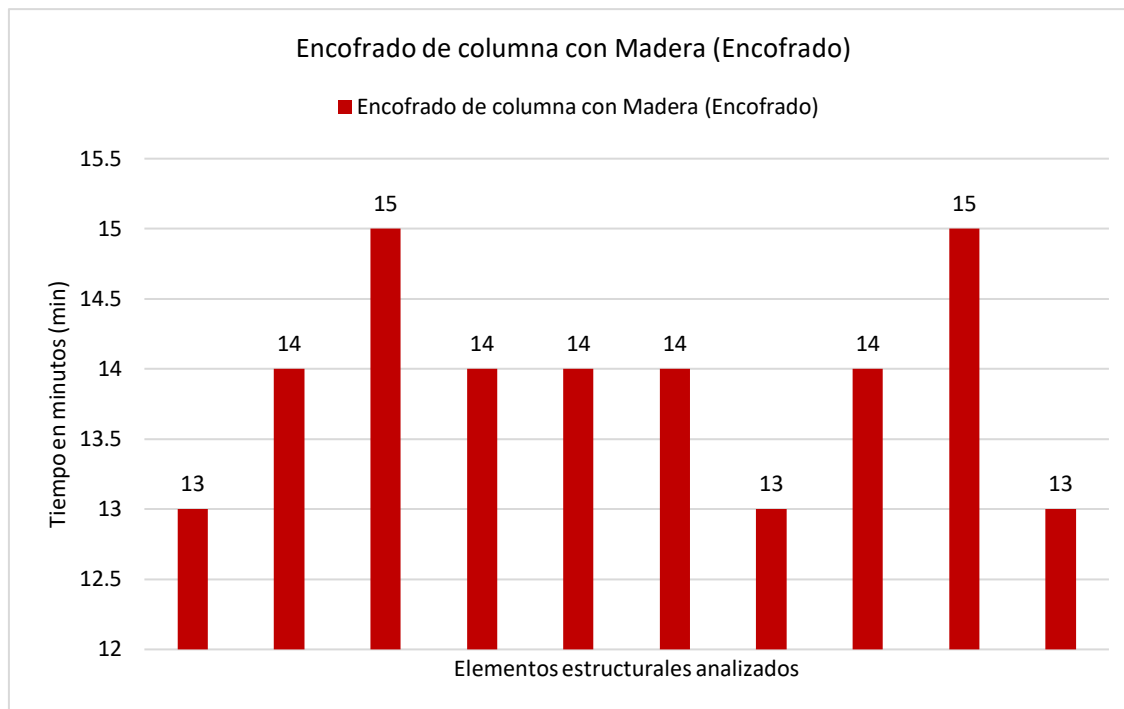
Encofrado de columna con Madera (Encofrado)									
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de encofrado (min)	Cuadrilla empleada	
1	Columna	C-01	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón	
2	Columna	C-02	0.40	1.60	2.80	4.48	14	01 operario +01 peón	
3	Columna	C-03	0.40	1.60	2.80	4.48	15	01 operario +01 peón	
4	Columna	C-04	0.40	1.60	2.80	4.48	14	01 operario +01 peón	
5	Columna	C-05	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón	
6	Columna	C-06	0.40	1.60	2.80	4.48	14	01 operario +01 peón	
7	Columna	C-07	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón	
8	Columna	C-08	0.40	1.60	2.80	4.48	14	01 operario +01 peón	
9	Columna	C-09	0.40	1.60	2.80	4.48	15	01 operario +01 peón	
10	Columna	C-10	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón	
							Promedio	13.8	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 columnas codificadas en tiempo de instalación con el encofrado de madera.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el encofrado de madera para columnas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 13.8 minutos como se muestra en la Figura 8.

Figura 7

Tiempo de instalación del encofrado de madera para 10 columnas



Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en columnas con los encofrados de madera.

Tiempo de instalación de los encofrados con PVC en columnas.

Se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos de instalación durante la etapa de encofrado expresados en minutos con PVC en el sistema estructural aperticado vertical (columna), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 columnas, el tiempo obtenido en la etapa de encofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a armar los moldes para luego proceder al vaciado del concreto, el tiempo estimado para la C-01 fue de 11 minutos, C-02 fue de 12 minutos, C-03 fue de 14 minutos, C-04 fue de 12 minutos, C-05 fue de 13 minutos, C-06 fue de 12 minutos, C-07 fue de 12 minutos, C-08 fue de 11 minutos, C-09 fue de 10 minutos, C-10 fue de 11 minutos, el promedio total de las 10 columnas fue de 11.8 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9*Tiempo de instalación del encofrado con PVC en columnas*

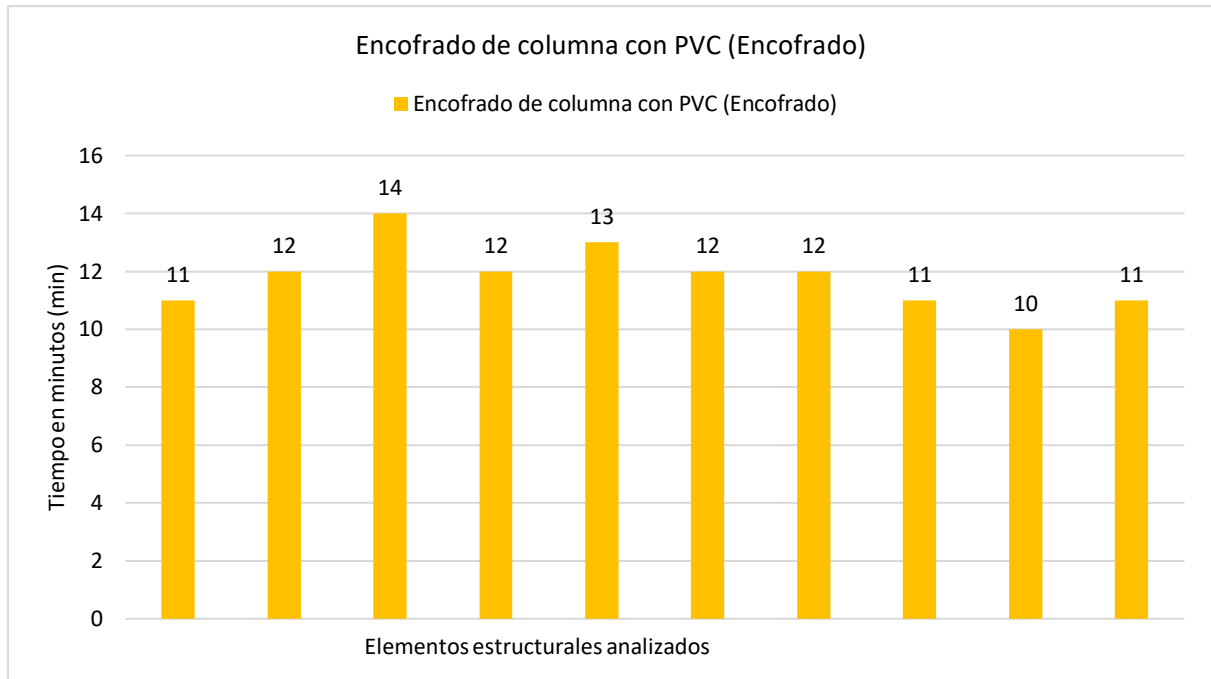
Encofrado de columna con PVC (Encofrado)									
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de encofrado (min)	Cuadrilla empleada	
1	Columna	C-01	0.40	1.60	2.80	4.48	11	01 operario +01 peón	
2	Columna	C-02	0.40	1.60	2.80	4.48	12	01 operario +01 peón	
3	Columna	C-03	0.40	1.60	2.80	4.48	14	01 operario +01 peón	
4	Columna	C-04	0.40	1.60	2.80	4.48	12	01 operario +01 peón	
5	Columna	C-05	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón	
6	Columna	C-06	0.40	1.60	2.80	4.48	12	01 operario +01 peón	
7	Columna	C-07	0.40	1.60	2.80	4.48	12	01 operario +01 peón	
8	Columna	C-08	0.40	1.60	2.80	4.48	11	01 operario +01 peón	
9	Columna	C-09	0.40	1.60	2.80	4.48	10	01 operario +01 peón	
10	Columna	C-10	0.40	1.60	2.80	4.48	11	01 operario +01 peón	
							Promedio	11.8	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 columnas codificadas en tiempo de instalación con el encofrado de PVC.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el encofrado de PVC para columnas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 11.8 minutos como se muestra en la Figura 9.

Figura 8

Tiempo de instalación del encofrado de PVC para 10 columnas

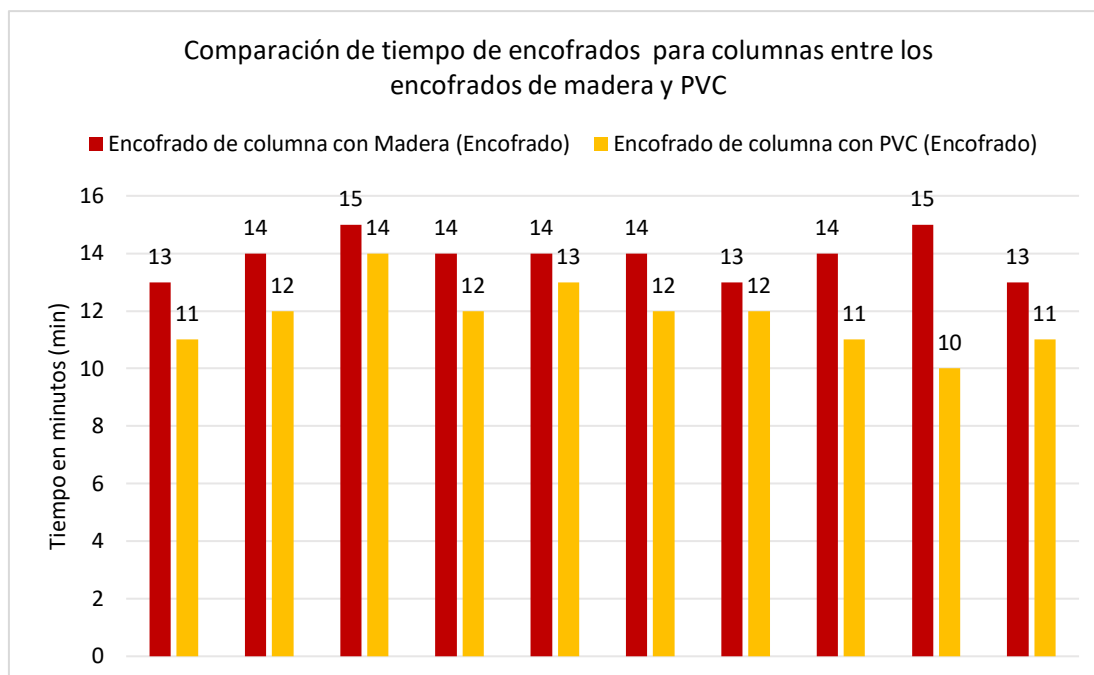


Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en columnas con los encofrados de PVC.

A continuación, se muestra la comparación del tiempo que demoró la etapa de encofrado de ambos materiales que se usaron para los encofrados para columnas donde se puede apreciar una diferencia de 2.1 minutos entre el material de madera y el de PVC, el análisis se hizo en cada columna independientemente, al examinar estos elementos estructurales con ambos materiales obtuvimos la siguiente diferencia de tiempos; C-01 2 minutos, C-02 2 minutos, C-03 1 minutos, C-04 2 minutos, C-05 1 minutos, C-06 2 minutos, C-07 1 minutos, C-08 3 minutos, C-09 5 minutos, C-10 2 minutos como se detalla en la Figura 10.

Figura 9

Tiempo de instalación del encofrado de PVC y madera para 10 columnas



Nota. La figura representa la variación en tiempos de instalación de cada elemento estructural con los encofrados de madera y PVC.

Tiempo de instalación de los encofrados con madera para vigas.

Se observa en la Tabla 10 el análisis detallado del cálculo de tiempos de instalación durante la etapa de encofrado expresados en minutos con madera en el sistema estructural aporticado horizontal (vigas), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 vigas por cada material, el tiempo obtenido en la etapa de encofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a armar los moldes para luego proceder al vaciado del concreto, el tiempo estimado para la V-01 fue de 19 minutos, V-02 fue de 17 minutos, V-03 fue de 18 minutos, V-04 fue de 18 minutos, V-05 fue de 17 minutos, V-06 fue de 19 minutos, V-07 fue de 19 minutos, V-08 fue de 18 minutos, V-09 fue de 19 minutos, V-10 fue de 18 minutos, el promedio total de las 10 vigas fue de 18 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10*Tiempo de instalación del encofrado con madera en vigas*

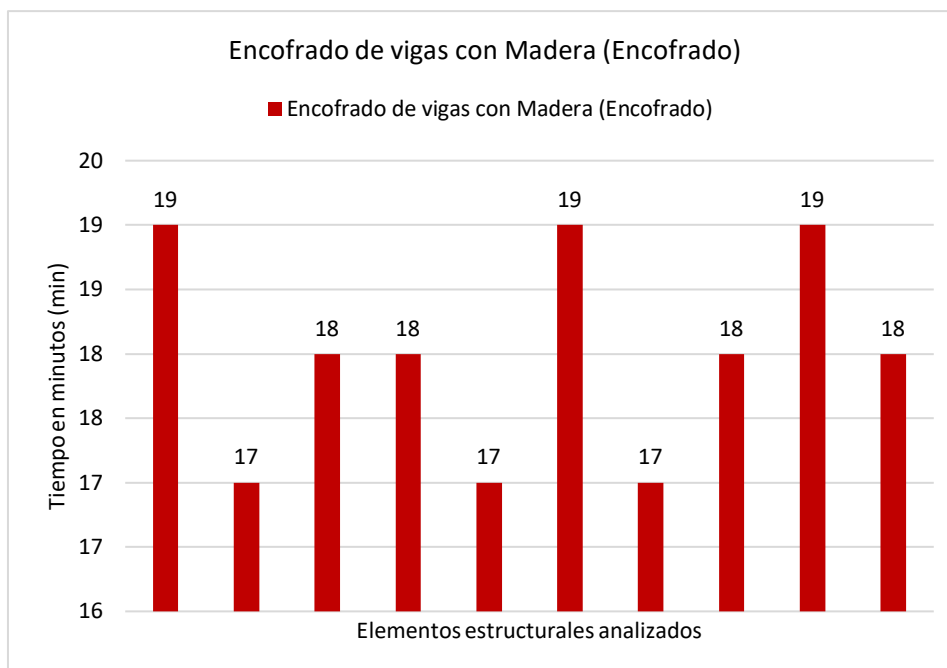
Encofrado de vigas con Madera (Encofrado)								
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de encofrado (min)	Cuadrilla empleada
1	Viga típica	V-01	0.40	1.60	4.00	6.40	19	01 operario +01 peón
2	Viga típica	V-02	0.40	1.60	4.00	6.40	17	01 operario +01 peón
3	Viga típica	V-03	0.40	1.60	4.00	6.40	18	01 operario +01 peón
4	Viga típica	V-04	0.40	1.60	4.00	6.40	18	01 operario +01 peón
5	Viga típica	V-05	0.40	1.60	4.00	6.40	17	01 operario +01 peón
6	Viga típica	V-06	0.40	1.60	4.00	6.40	19	01 operario +01 peón
7	Viga típica	V-07	0.40	1.60	4.00	6.40	17	01 operario +01 peón
8	Viga típica	V-08	0.40	1.60	4.00	6.40	18	01 operario +01 peón
9	Viga típica	V-09	0.40	1.60	4.00	6.40	19	01 operario +01 peón
10	Viga típica	V-10	0.40	1.60	4.00	6.40	18	01 operario +01 peón
Promedio							18	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 vigas típicas codificadas en tiempo de instalación con el encofrado de madera.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el encofrado de madera para vigas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 18 minutos como se muestra en la Figura 11.

Figura 10

Tiempo de instalación del encofrado de madera para 10 vigas



Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en vigas típicas con los encofrados de madera.

Tiempo de instalación de los encofrados con PVC para vigas.

Se observa en la Tabla 11 el análisis detallado del cálculo de tiempos de instalación durante la etapa de encofrado expresados en minutos con PVC en el sistema estructural aporcado horizontal (vigas), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 vigas por cada material, el tiempo obtenido en la etapa de encofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a armar los moldes para luego proceder al vaciado del concreto, el tiempo estimado para la V-01 fue de 14 minutos, V-02 fue de 15 minutos, V-03 fue de 14 minutos, V-04 fue de 15 minutos, V-05 fue de 14 minutos, V-06 fue de 15 minutos, V-07 fue de 14 minutos, V-08 fue de 15 minutos, V-09 fue de 16 minutos, V-10 fue de 14 minutos, el promedio total de las 10 vigas.

Tabla 11*Tiempo de instalación del encofrado con PVC en vigas*

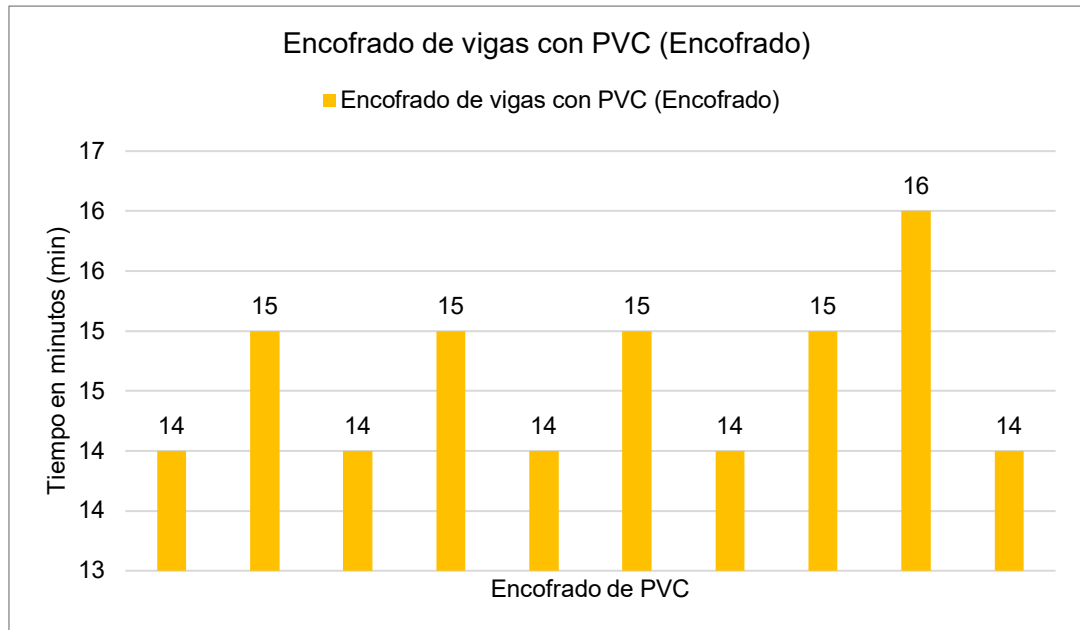
Encofrado de vigas con PVC (Encofrado)								
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de encofrado (min)	Cuadrilla empleada
1	Viga típica	V-01	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
2	Viga típica	V-02	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
3	Viga típica	V-03	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
4	Viga típica	V-04	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
5	Viga típica	V-05	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
6	Viga típica	V-06	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
7	Viga típica	V-07	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
8	Viga típica	V-08	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
9	Viga típica	V-09	0.40	1.60	4.00	6.40	16	01 operario +01 peón
10	Viga típica	V-10	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
Promedio							15	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 vigas típicas codificadas en tiempo de instalación con el encofrado de PVC.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el encofrado de PVC para vigas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 15 minutos como se muestra en la Figura 12.

Figura 11

Tiempo de instalación del encofrado de PVC para 10 vigas

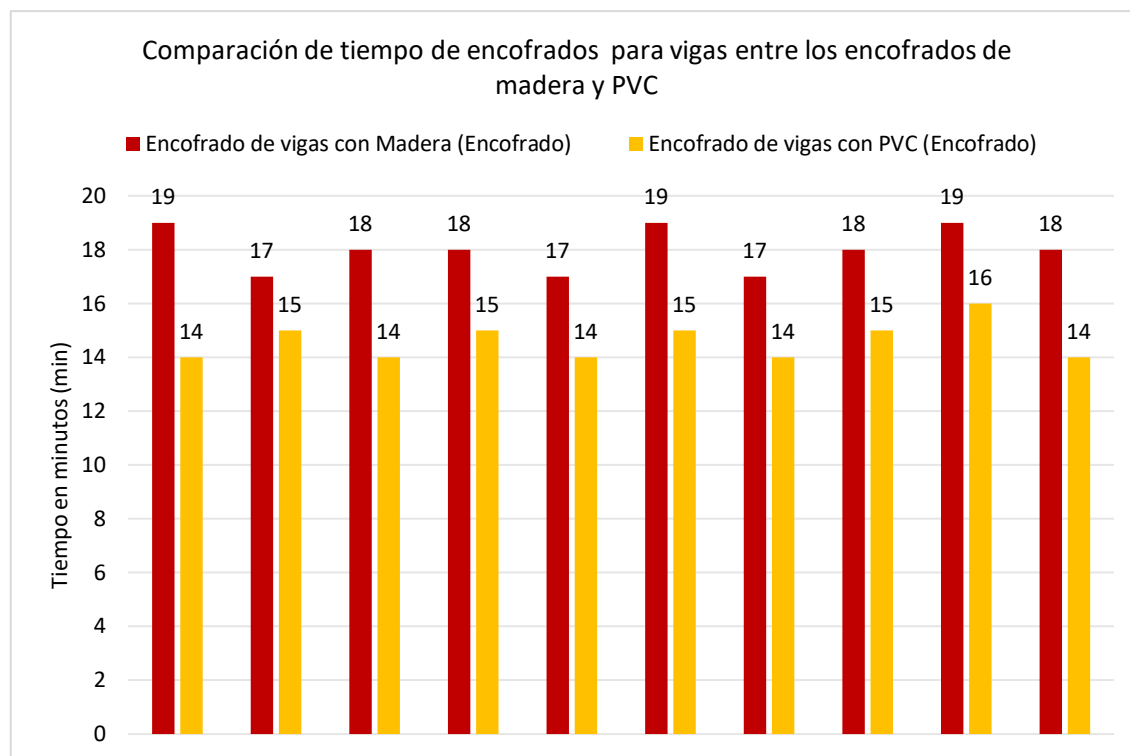


Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en vigas típicas con los encofrados de PVC.

A continuación, se muestra la comparación del tiempo que demoró la etapa de encofrado de ambos materiales que se usaron para los encofrados para vigas donde se puede apreciar una diferencia de 3 minutos entre el material de madera y el de PVC, el análisis se hizo en cada viga independientemente, al examinar estos elementos estructurales con ambos materiales obtuvimos la siguiente diferencia de tiempos; V-01 5 minutos, V-02 2 minutos, V-03 4 minutos, V-04 3 minutos, V-05 3 minutos, V-06 3 minutos, V-07 4 minutos, V-08 3 minutos, V-09 3 minutos, V-10 4 minutos como se detalla en la Figura 13.

Figura 12

Tiempo de instalación del encofrado de PVC y madera para 10 vigas



Nota. La figura representa la variación en tiempos de instalación de cada elemento estructural con los encofrados de madera y PVC.

Tiempo de desencofrados con madera para columnas.

Se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos desencofrados expresados en minutos con madera en el sistema estructural aporticado vertical (columna), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 columnas, el tiempo obtenido en la etapa de desencofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a desarmar los moldes para luego proceder a ver el acabado final de las estructuras, el tiempo estimado para la C-01 fue de 11 minutos, C-02 fue de 13 minutos, C-03 fue de 12 minutos, C-04 fue de 13 minutos, C-05 fue de 11 minutos, C-06 fue de 12 minutos, C-07 fue de 13 minutos, C-08 fue de 13 minutos, C-09 fue de 12 minutos, C-10 fue de 13 minutos, el promedio total de las 10

columnas fue de 12.8 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12

Tiempo de desencofrado en columnas con encofrados de madera

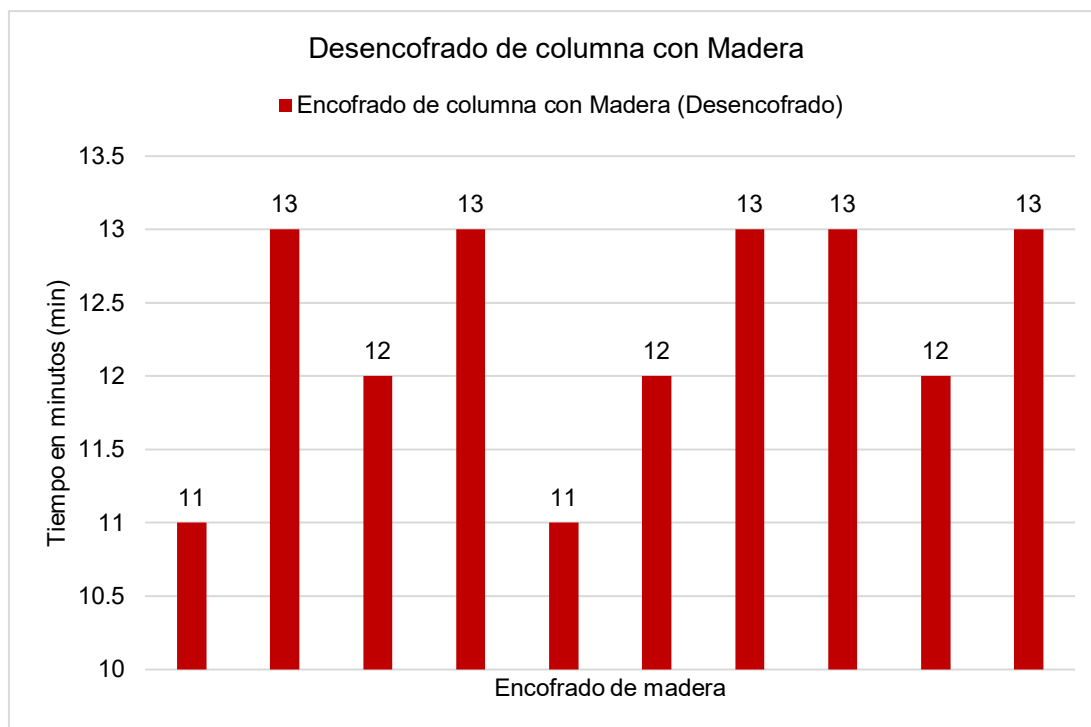
Encofrado de columna con Madera (Desencofrado)								
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de desencofrado (min)	Cuadrilla empleada
1	Columna	C-01	0.40	1.60	2.80	4.48	11	01 operario +01 peón
2	Columna	C-02	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón
3	Columna	C-03	0.40	1.60	2.80	4.48	12	01 operario +01 peón
4	Columna	C-04	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón
5	Columna	C-05	0.40	1.60	2.80	4.48	11	01 operario +01 peón
6	Columna	C-06	0.40	1.60	2.80	4.48	12	01 operario +01 peón
7	Columna	C-07	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón
8	Columna	C-08	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón
9	Columna	C-09	0.40	1.60	2.80	4.48	12	01 operario +01 peón
10	Columna	C-10	0.40	1.60	2.80	4.48	13	01 operario +01 peón
Promedio							12.3	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 columnas codificadas en tiempo de instalación con el encofrado de madera.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el desencofrado de madera para columnas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 12.3 minutos como se muestra en la Figura 14.

Figura 13

Tiempo de desencofrado en columnas con encofrado de madera



Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en columnas con los encofrados de madera.

Tiempo de desencofrado con PVC para columnas.

Se observa en la siguiente tabla el análisis detallado del cálculo de tiempos desencofrado expresados en minutos con PVC en el sistema estructural aporticado vertical (columna), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 columnas, el tiempo obtenido en la etapa de desencofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a desarmar los moldes para luego proceder a ver el acabado final de las estructuras, el tiempo estimado para la C-01 fue de 8 minutos, C-02 fue de 9 minutos, C-03 fue de 8 minutos, C-04 fue de 9 minutos, C-05 fue de 10 minutos, C-06 fue de 9 minutos, C-07 fue de 8 minutos, C-08 fue de 10 minutos, C-09 fue de 8 minutos, C-10 fue de 8 minutos, el promedio total de las 10 columnas fue de 8.7 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13*Tiempo de desencofrado en columnas con encofrados de PVC*

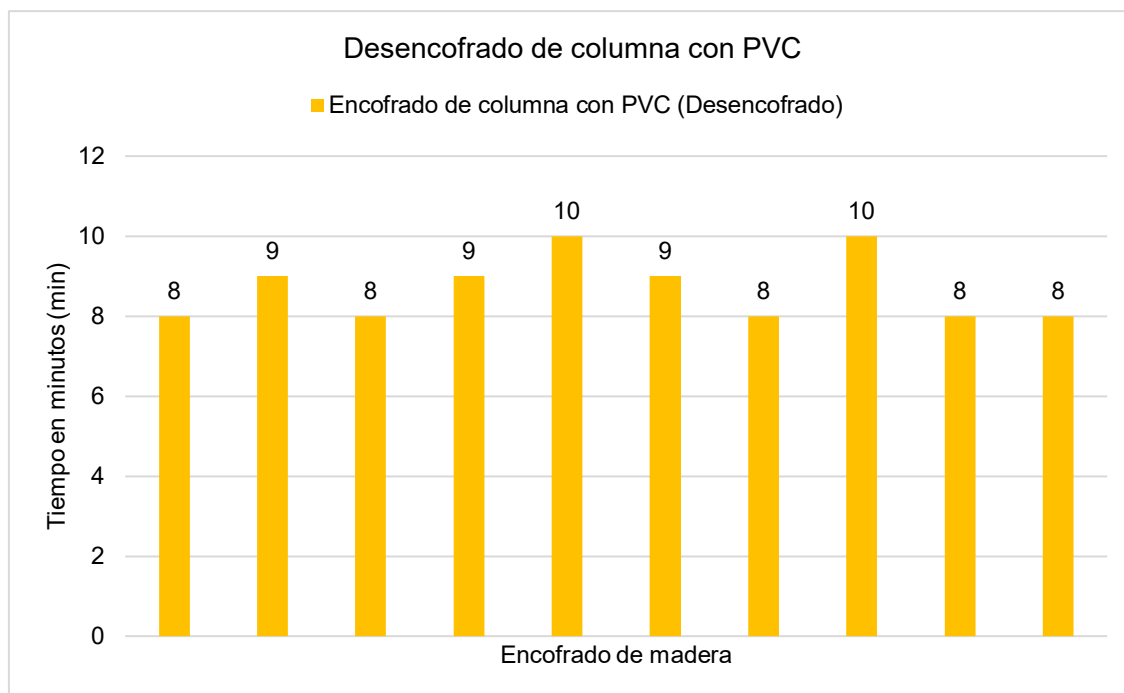
Encofrado de columna con PVC (Desencofrado)								
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de desencofrado (min)	Cuadrilla empleada
1	Columna	C-01	0.40	1.60	2.80	4.48	8	01 operario +01 peón
2	Columna	C-02	0.40	1.60	2.80	4.48	9	01 operario +01 peón
3	Columna	C-03	0.40	1.60	2.80	4.48	8	01 operario +01 peón
4	Columna	C-04	0.40	1.60	2.80	4.48	9	01 operario +01 peón
5	Columna	C-05	0.40	1.60	2.80	4.48	10	01 operario +01 peón
6	Columna	C-06	0.40	1.60	2.80	4.48	9	01 operario +01 peón
7	Columna	C-07	0.40	1.60	2.80	4.48	8	01 operario +01 peón
8	Columna	C-08	0.40	1.60	2.80	4.48	10	01 operario +01 peón
9	Columna	C-09	0.40	1.60	2.80	4.48	8	01 operario +01 peón
10	Columna	C-10	0.40	1.60	2.80	4.48	8	01 operario +01 peón
Promedio							8.7	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 columnas con los encofrados de PVC.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el desencofrado de PVC para columnas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 8.7 minutos como se muestra en la Figura 15.

Figura 14

Tiempo de desencofrado en columnas con encofrado de PVC

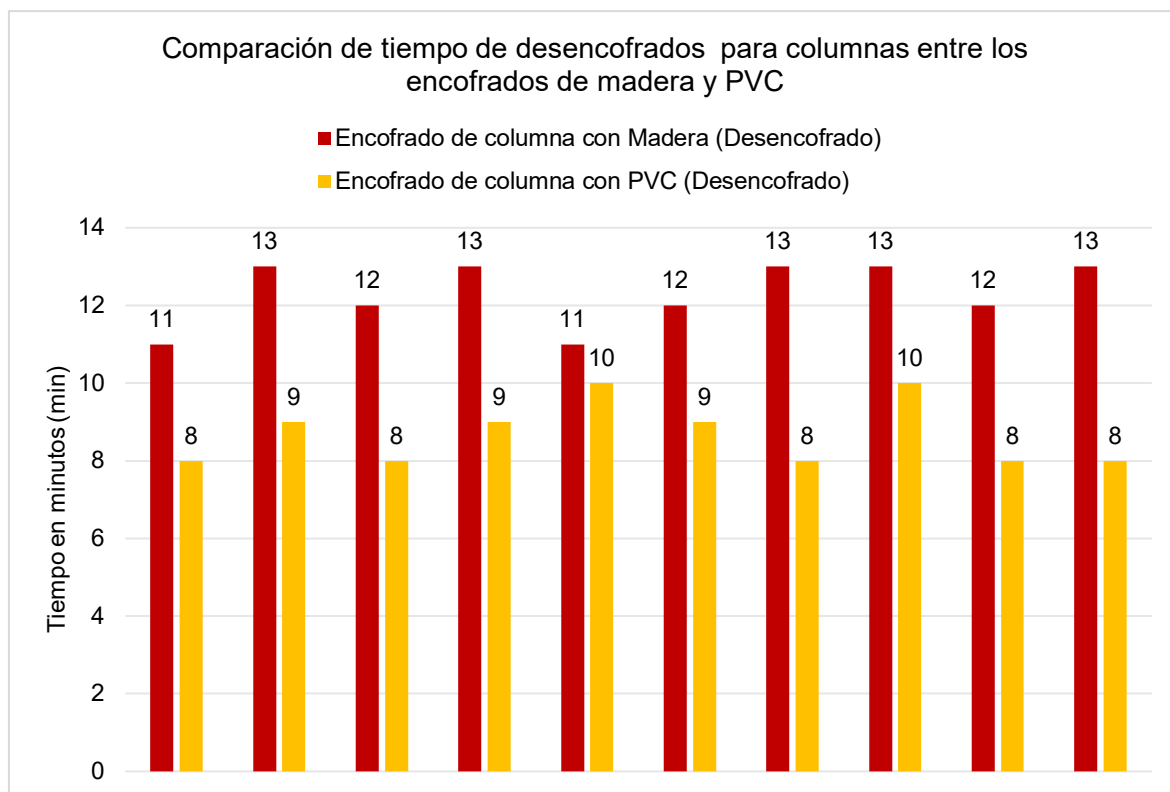


Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en columnas con los encofrados de PVC.

A continuación, se muestra la comparación del tiempo que demoró la etapa de desencofrado de ambos materiales que se usaron para los encofrados para columnas donde se puede apreciar una diferencia de 3.6 minutos entre el material de madera y el de PVC, el análisis se hizo en cada columna independientemente, al examinar estos elementos estructurales con ambos materiales obtuvimos la siguiente diferencia de tiempos; C-01 3 minutos, C-02 4 minutos, C-03 4 minutos, C-04 4 minutos, C-05 1 minutos, C-06 3 minutos, C-07 5 minutos, C-08 3 minutos, C-09 4 minutos, C-10 5 minutos como se detalla en la Figura 16.

Figura 15

Tiempo de desencofrado de PVC y madera para 10 columnas



Nota. La figura representa la variación en tiempos de instalación de cada elemento estructural con los encofrados de madera y PVC.

Tiempo de desencofrado con madera para vigas.

Se observa en la Tabla 14 el análisis detallado del cálculo de tiempos de desencofrado expresados en minutos con madera en el sistema estructural aporcado horizontal (vigas), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 vigas por cada material, el tiempo obtenido en la etapa de desencofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a desarmar los moldes para luego proceder a observar la calidad de acabado de la estructura, el tiempo estimado para la V-01 fue de 15 minutos, V-02 fue de 14 minutos, V-03 fue de 15 minutos, V-04 fue de 14 minutos, V-05 fue de 14 minutos, V-06 fue de 15 minutos, V-07 fue de 15 minutos, V-08 fue de 14 minutos, V-09 fue de 15 minutos, V-10 fue de 14 minutos, el promedio total de

las 10 vigas fue de 15 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14

Tiempo de desencofrado en vigas con encofrados de madera

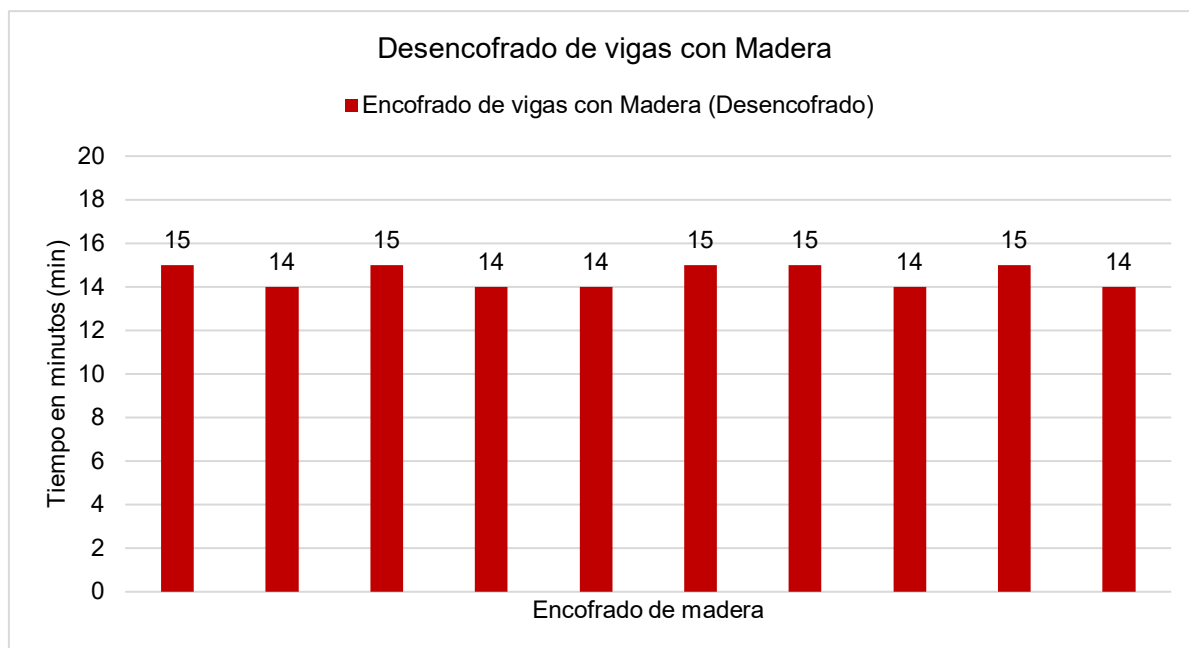
Encofrado de vigas con Madera (Desencofrado)								
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de desencofrado (min)	Cuadrilla empleada
1	Viga típica	V-01	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
2	Viga típica	V-02	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
3	Viga típica	V-03	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
4	Viga típica	V-04	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
5	Viga típica	V-05	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
6	Viga típica	V-06	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
7	Viga típica	V-07	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
8	Viga típica	V-08	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
9	Viga típica	V-09	0.40	1.60	4.00	6.40	15	01 operario +01 peón
10	Viga típica	V-10	0.40	1.60	4.00	6.40	14	01 operario +01 peón
Promedio							15	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 vigas típicas con los encofrados de madera.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el desencofrado de PVC para vigas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 15 minutos como se muestra en la Figura 17.

Figura 16

Tiempo de desencofrado en vigas con encofrado de madera



Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en vigas típicas con los encofrados de madera.

Tiempo de desencofrado con PVC para vigas.

Se observa en la Tabla 15 el análisis detallado del cálculo de tiempos de desencofrado expresados en minutos con PVC en el sistema estructural aporcado horizontal (vigas), en donde se hizo un análisis por cada elemento estructural tomando como muestra 10 vigas por cada material, el tiempo obtenido en la etapa de desencofrado hace referencia al instante en que los operadores comienzan a desarmar los moldes para luego proceder a observar la calidad de acabado de la estructura, el tiempo estimado para la V-01 fue de 10 minutos, V-02 fue de 11 minutos, V-03 fue de 10 minutos, V-04 fue de 11 minutos, V-05 fue de 12 minutos, V-06 fue de 11 minutos, V-07 fue de 10 minutos, V-08 fue de 12 minutos, V-09 fue de 10 minutos, V-10 fue de 11 minutos, el promedio total de las 10 vigas fue de 11 minutos con una mano de obra de 01 operario + 01 peón como se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15*Tiempo de desencofrado en vigas con encofrados de PVC*

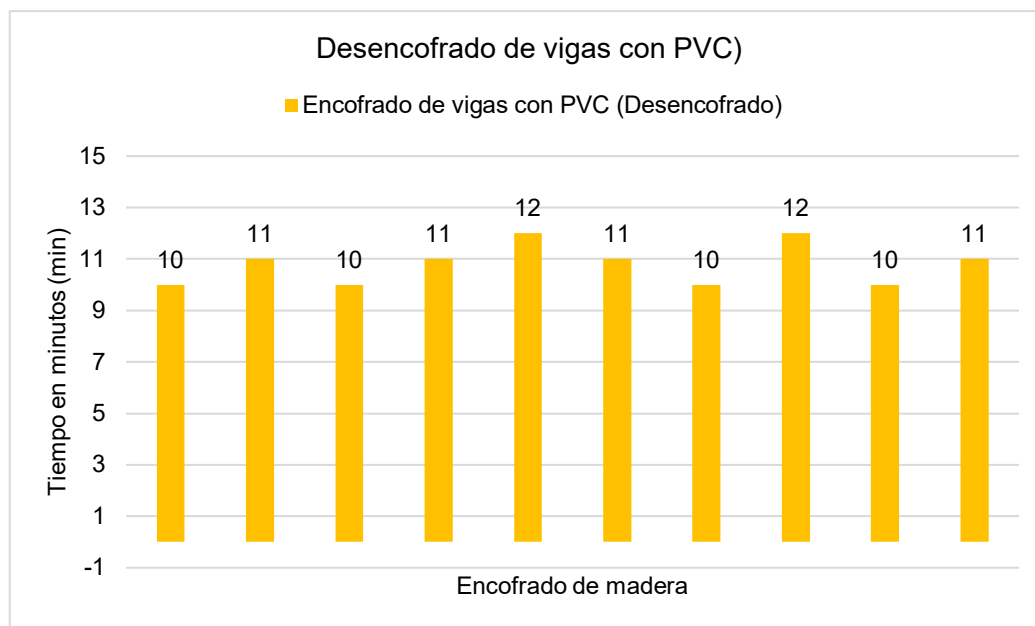
Encofrado de vigas con PVC (Desencofrado)								
N° de muestra	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área lateral (m ²)	Tiempo de desencofrado (min)	Cuadrilla empleada
1	Viga típica	V-01	0.40	1.60	4.00	1.60	10	01 operario +01 peón
2	Viga típica	V-02	0.40	1.60	4.00	1.60	11	01 operario +01 peón
3	Viga típica	V-03	0.40	1.60	4.00	1.60	10	01 operario +01 peón
4	Viga típica	V-04	0.40	1.60	4.00	1.60	11	01 operario +01 peón
5	Viga típica	V-05	0.40	1.60	4.00	1.60	12	01 operario +01 peón
6	Viga típica	V-06	0.40	1.60	4.00	1.60	11	01 operario +01 peón
7	Viga típica	V-07	0.40	1.60	4.00	1.60	10	01 operario +01 peón
8	Viga típica	V-08	0.40	1.60	4.00	1.60	12	01 operario +01 peón
9	Viga típica	V-09	0.40	1.60	4.00	1.60	10	01 operario +01 peón
10	Viga típica	V-10	0.40	1.60	4.00	1.60	11	01 operario +01 peón
Promedio							11	01 operario +01 peón

Nota. La tabla detalla en análisis de 10 vigas típicas con los encofrados de PVC.

Se desarrolló un gráfico para poder apreciar de mejor manera los resultados con el desencofrado de PVC para vigas, el gráfico está expresado en minutos, este tiempo fue calculado con el apoyo de un cronometro del teléfono celular, el tiempo estimado fue de 11 minutos como se muestra en la Figura 18.

Figura 17

Tiempo de desencofrado en vigas con encofrado de PVC

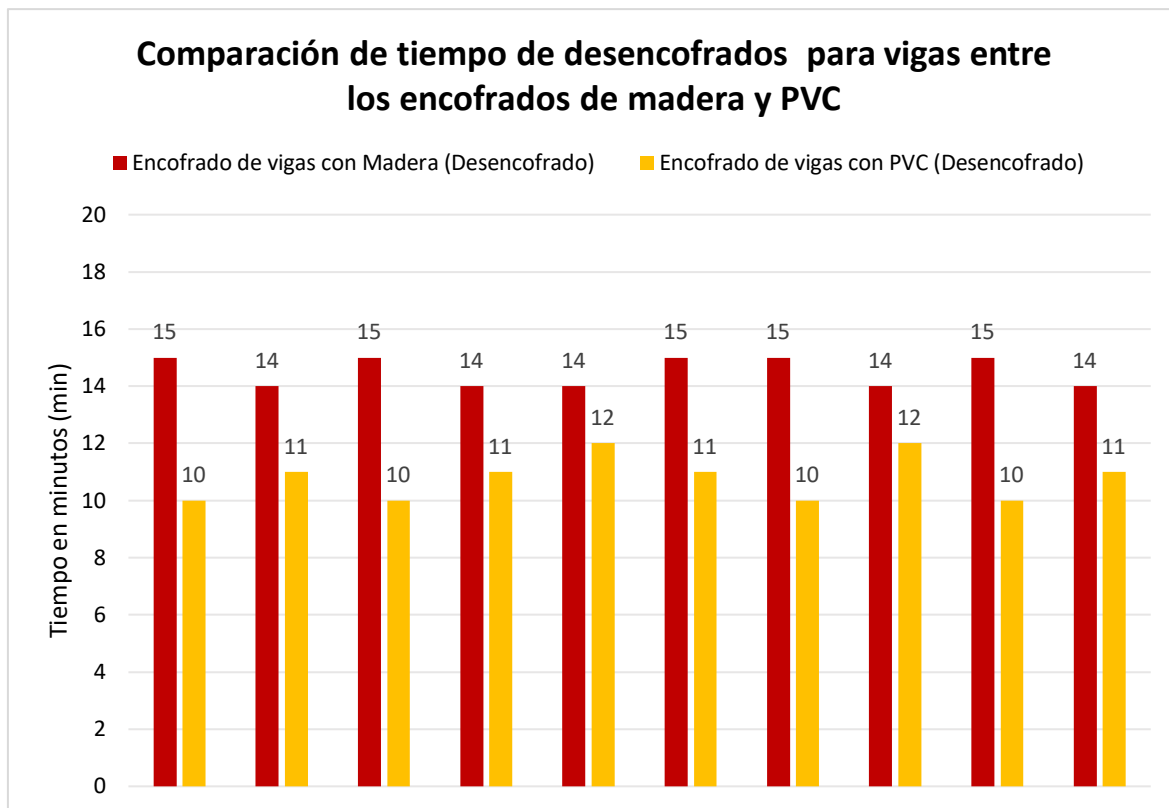


Nota. La figura representa los diferentes resultados obtenidos durante el análisis de tiempo en vigas típicas con los encofrados de PVC.

A continuación, se muestra la comparación del tiempo que demoró la etapa de desencofrado de ambos materiales que se usaron para los encofrados para vigas donde se puede apreciar una diferencia de 3.6 minutos entre el material de madera y el de PVC, el análisis se hizo en cada columna independientemente, al examinar estos elementos estructurales con ambos materiales obtuvimos la siguiente diferencia de tiempos; V-01 5 minutos, V-02 3 minutos, V-03 5 minutos, V-04 3 minutos, V-05 2 minutos, V-06 4 minutos, V-07 5 minutos, V-08 2 minutos, V-09 5 minutos, V-10 3 minutos como se detalla en la Figura 19.

Figura 18

Tiempo de desencofrado de PVC y madera para 10 vigas



Nota. La figura representa la variación en tiempos de instalación de cada elemento estructural con los encofrados de madera y PVC.

Tiempo total de instalación y desencofrado de columnas con encofrados de madera.

Habiendo hecho las pruebas correspondientes para los encofrados de madera en columnas con un área lateral de 0.40x0.40x2.80 se obtuvo un tiempo total de 61.2 minutos equivalentes a una hora con 1 minuto y 2 segundos para ensamblar, encofrar y desencofrar nuestras formas, este tiempo fue registrado mediante un cronómetro del teléfono celular, la cuadrilla empleada fue 01 operario +01 peón la cual se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16*Tiempo total de instalación para columnas con los encofrados de madera*

Tiempo de instalación promedio (ensamblaje, encofrado y desencofrado)				
Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Actividad	Tiempo (min)	Cuadrilla empleada
columna	C-01 a C-10	Ensamblaje	35	01 operario +01 peón
columna	C-01 a C-10	Encofrado	13.9	01 operario +01 peón
columna	C-01 a C-10	Desencofrado	12.3	01 operario +01 peón
Promedio			61.2	01 operario +01 peón

Nota. La tabla muestra el promedio total del tiempo de instalación con los encofrados de PVC.

Tiempo total de instalación y desencofrado de columnas con encofrados de PVC.

Habiendo hecho las pruebas correspondientes para los encofrados de PVC en columnas de 0.40x0.40x2.80 se obtuvo un tiempo total de 35.5 minutos equivalentes a 35 minutos con 5 segundos para ensamblar, encofrar y desencofrar nuestras formas, este tiempo fue registrado mediante un cronometro del teléfono celular, la cuadrilla empleada fue 01 operario +01 peón la cual se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17*Tiempo total de instalación para columnas con los encofrados de PVC*

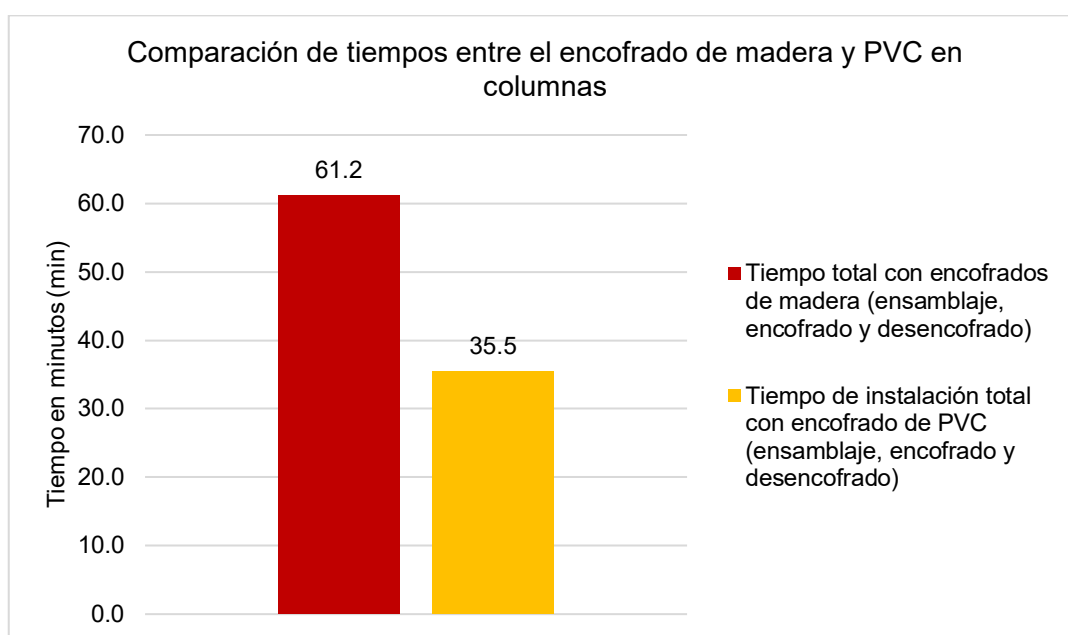
Tiempo de instalación promedio (ensamblaje, encofrado y desencofrado)				
Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Actividad	Tiempo (min)	Cuadrilla empleada
columna	C-01 a C-10	Ensamblaje	15	01 operario +01 peón
columna	C-01 a C-10	Encofrado	11.8	01 operario +01 peón
columna	C-01 a C-10	Desencofrado	8.7	01 operario +01 peón
Promedio			35.5	01 operario +01 peón

Nota. La tabla muestra el promedio total del tiempo de instalación con los encofrados de PVC.

Haciendo una comparación entre ambos materiales para columnas de 0.40x0.40x2.80 con el encofrado de madera se tardó 61.2 minutos equivalentes a 1 hora con 1 minuto y 2 segundos, para el encofrado de PVC se tardó 35.5 minutos equivalentes a 35 minutos con 5 segundos existiendo una diferencia de 25.7 minutos equivalentes a 25 minutos con 7 segundos como se detalla en el siguiente gráfico comparativo de la Figura 20.

Figura 19

Tiempo total de instalación para columnas con los encofrados de madera y PVC



Nota. La figura representa la variación en tiempos de instalación de cada elemento estructural con los encofrados de madera y PVC.

Tiempo total de instalación y desencofrado de vigas con encofrados de madera.

Habiendo hecho las pruebas correspondientes para los encofrados de madera en vigas de 0.40x0.40x4.00 se obtuvo un tiempo total de 68.5 minutos equivalentes a 1 hora con 8 minutos y 5 segundos para ensamblar, encofrar y desencofrar nuestras formas, este tiempo fue registrado mediante un cronometro del teléfono celular, la cuadrilla empleada fue 01 operario +01 peón la cual se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18*Tiempo total instalación y desencofrado con madera en vigas*

Tiempo de instalación promedio (ensamblaje, encofrado y desencofrado)				
Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Actividad	Tiempo (min)	Cuadrilla empleada
Vigas	V-01 a V-10	Ensamblaje	36	01 operario +01 peón
Vigas	V-01 a V-10	Encofrado	18	01 operario +01 peón
Vigas	V-01 a V-10	Desencofrado	14.5	01 operario +01 peón
Promedio			68.5	01 operario +01 peón

Nota. La tabla muestra el promedio total del tiempo de instalación con los encofrados de madera.

Tiempo total de instalación y desencofrado de vigas con encofrados de PVC.

Habiendo hecho las pruebas correspondientes para los encofrados de PVC en vigas de 0.40x0.40x4.00 se obtuvo un tiempo total de 43.8 minutos equivalentes a 43 minutos y 8 segundos para ensamblar, encofrar y desencofrar nuestras formas, este tiempo fue registrado mediante un cronometro del teléfono celular, la cuadrilla empleada fue 01 operario +01 peón la cual se detalla en la Tabla 19.

Tabla 19*Tiempo total instalación y desencofrado con PVC en vigas*

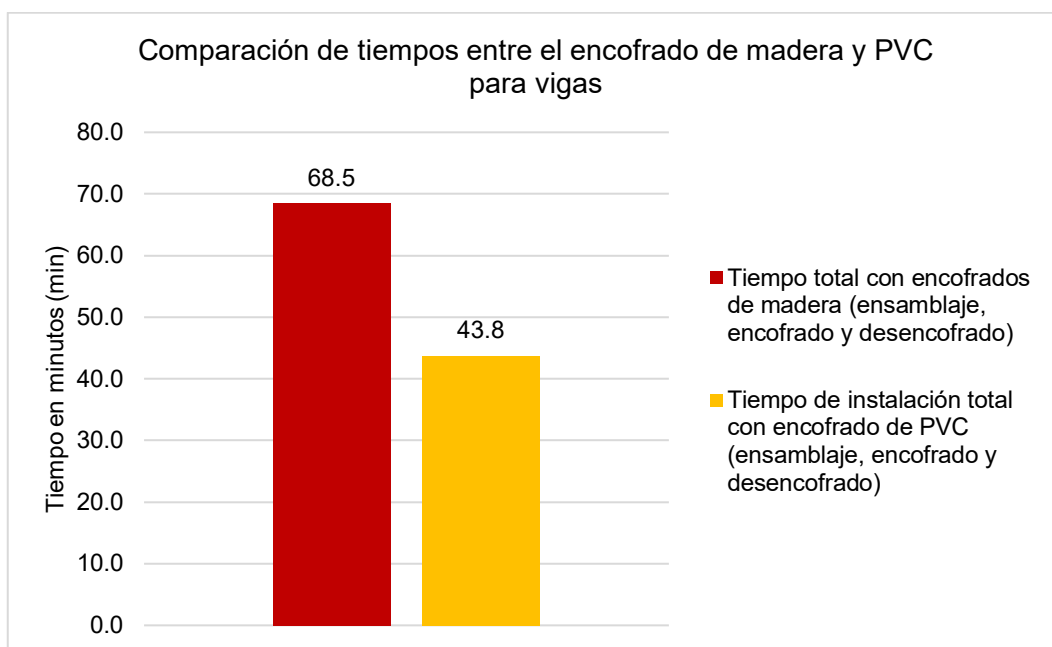
Tiempo de instalación promedio (ensamblaje, encofrado y desencofrado)				
Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Actividad	Tiempo (min)	Cuadrilla empleada
Vigas	V-01 a V-10	Ensamblaje	18	01 operario +01 peón
Vigas	V-01 a V-10	Encofrado	15	01 operario +01 peón
Vigas	V-01 a V-10	Desencofrado	108	01 operario +01 peón
Promedio			43.8	01 operario +01 peón

Nota. La tabla muestra el promedio total del tiempo de instalación con los encofrados de PVC.

Haciendo una comparación entre ambos materiales para vigas de 0.40x0.40x2.80 con el encofrado de madera se tardó 68.5 minutos equivalentes a 1 hora con 8 minutos y 5 segundos, para el encofrado de PVC se tardó 43.8 minutos equivalentes a 43 minutos con 8 segundos existiendo una diferencia de 25.7 minutos equivalentes a 25 minutos como se detalla en el siguiente gráfico comparativo de la Figura 21.

Figura 20

Tiempo de instalación entre encofrados de madera y PVC



Nota. La figura representa la variación en tiempos de instalación total de cada elemento estructural con los encofrados de madera y PVC.

b) Costo

Para los encofrados que utilizamos se tuvieron en consideración los siguientes costos de acuerdo a la CAPECO, el jornal del operario y el peón, los materiales, la mano de obra y herramientas manuales, el jornal se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20

Jornal de la mano de obra para los encofrados de acuerdo a la CAPECO

Costo promedio por trabajador de construcción civil 2024		
Cuadrilla	Salario 8h/h	Salario 2h/h
Operario	S/ 84.70	S/ 21.175
Peón	S/ 64.65	S/ 15.413

Nota. El jornal de mano de obra estimado.

Estimación de costos de los encofrados de madera en columnas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados estimados del desagregado de mano de obra (01 operario+ 01 peón), materiales y equipos (herramientas manuales) que se vieron considerados durante la elaboración de los encofrados de madera en sistemas estructurales aporticados verticales (columnas) para una dimensión de 0.40x2.80 estimándose un total de S/. 81.955 nuevos soles por m² como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21

Análisis de precios unitarios para columna con encofrados de madera

Análisis de precios unitarios con los encofrados de madera para columnas					
Encofrado de madera en columnas		Costo unitario por m2 (columna)			
					S/ 81.955
Mano de obra	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	1	0.8	21.17	16.94
Peón	hh	1	0.8	15.41	12.33
					S/ 29.264
Materiales	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Petróleo D2	gal		0.05	12.00	0.60
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.05	5.26	0.26
Clavo para madera con cabeza de 3"	kg		0.05	5.00	0.25
Clavo para madera con cabeza de 4"	kg		0.06	5.00	0.30
Listones	p2		4.20	6.00	25.20
Madera tornillo	p2		4.20	6.00	25.20
					S/ 51.813
Equipos	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Herramientas manuales	% mo		3%	29.26	0.87792
					S/ 0.878

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m2.

Estimación de costos de los encofrados de PVC en columnas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados estimados del desagregado de mano de obra (01 operario+ 01 peón), materiales y equipos (herramientas manuales) que se vieron considerados durante la elaboración de los encofrados de PVC en sistemas estructurales aporticados verticales (columnas) para una dimensión de 0.40x2.80 estimándose un total de S/. 141.007 nuevos soles por m2 como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22*Análisis de precios unitarios para columnas con encofrados de PVC*

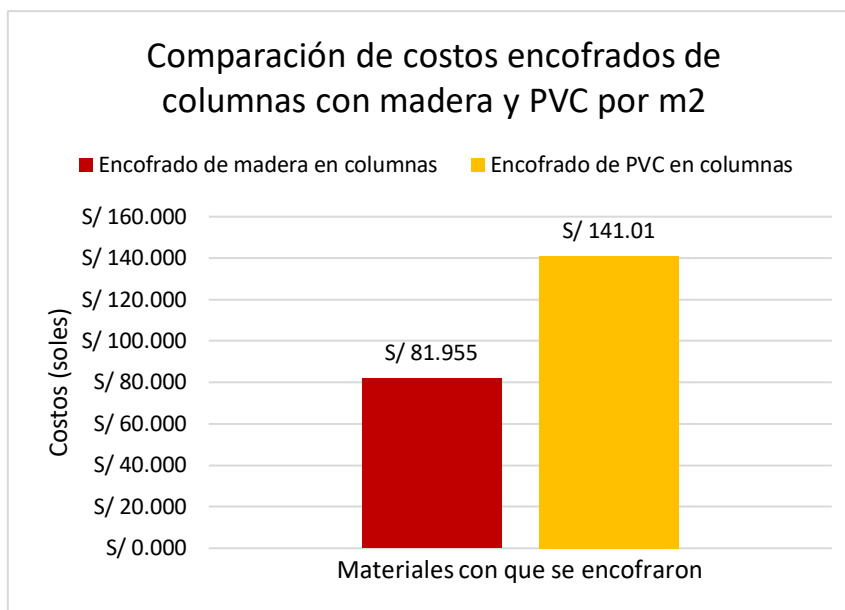
Análisis de precios unitarios con los encofrados de PVC para columnas					
Encofrado de PVC en columnas		Costo unitario por m2 (columna)			
					S/ 141.007
Mano de obra	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	1.00	0.80	21.17	16.936
Peón	hh	1.00	0.80	15.41	12.328
					S/ 29.264
Materiales	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Planchas de PVC	p2		4.20	20.00	84.00
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.25	4.46	1.12
Clavo para madera con cabeza de 3"	kg		0.05	5.00	0.25
Clavo para madera con cabeza de 4"	kg		0.06	5.00	0.30
Listones de 2"x1.5"x3'	p2		4.20	6.00	25.20
					S/ 110.865
Equipos	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Herramientas manuales	% mo		3%	29.264	0.87792
					S/ 0.878

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m2.

Haciendo una comparación entre ambos materiales para columnas de 0.40x2.80 con el encofrado de madera se invirtió S/. 81.955/m2 y con el encofrado de PVC se invirtió S/. 141.007/m2 existiendo una diferencia de S/. 59.052/m2 como se detalla en el siguiente gráfico comparativo de la Figura 22.

Figura 21

Comparativo del costo de encofrados de madera y PVC en columnas



Nota. La figura representa la comparación en costos de ambos materiales.

Estimación de costos de los encofrados de madera en vigas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados estimados del desagregado de mano de obra (01 operario+ 01 peón), materiales y equipos (herramientas manuales) que se vieron considerados durante la elaboración de los encofrados de madera en sistemas estructurales aperticados horizontales (vigas) para una dimensión de 0.40x4.00 estimándose un total de S/. 93.955 nuevos soles por m² como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 23*Análisis de precios unitarios para vigas con encofrados de madera*

Análisis de precios unitarios con los encofrados de madera para vigas					
Encofrado de madera en vigas		Costo unitario por m2 (viga)			
S/ 93.955					
Mano de obra	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	1	0.8	21.17	16.94
Peón	hh	1	0.8	15.41	12.33
S/ 29.264					
Materiales	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Petróleo D2	gal		0.05	12.00	0.600
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.05	5.26	0.263
Clavo para madera con cabeza de 3"	kg		0.05	5.00	0.250
Clavo para madera con cabeza de 4"	kg		0.06	5.00	0.300
Listones de	p2		5.20	6.00	31.200
Madera tornillo	p2		5.20	6.00	31.200
S/ 63.813					
Equipos	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Herramientas manuales	% mo		3%	29.26	0.87792
S/ 0.878					

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m2.

Estimación de costos de los encofrados de PVC en vigas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados obtenidos del desagregado de mano de obra (01 operario+ 01 peón), materiales y equipos (herramientas manuales) que se vieron considerados durante la elaboración de los encofrados de PVC en sistemas estructurales aporticados horizontales (vigas) para una dimensión de 0.40x4.00 estimándose un total de S/.194.957 nuevos soles por m2 como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24*Análisis de precios unitarios para vigas con encofrados de PVC*

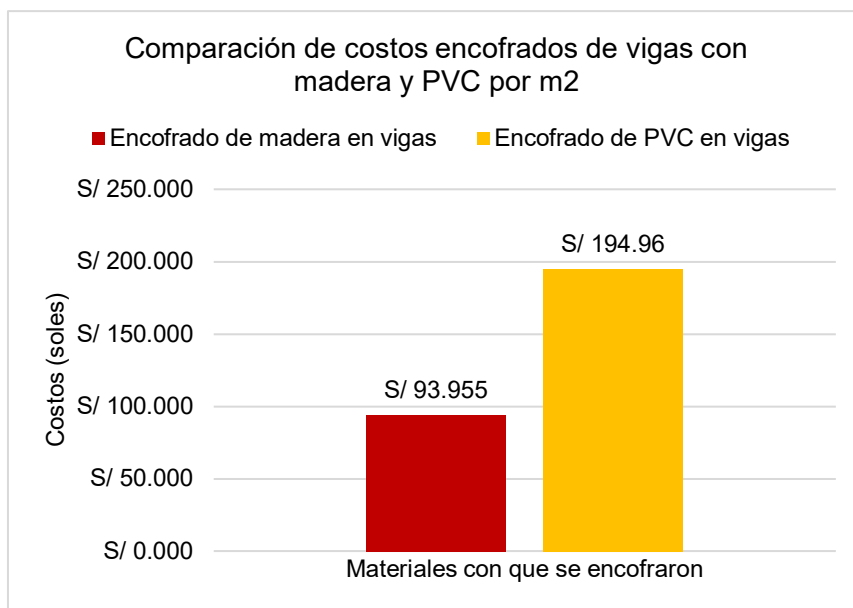
Análisis de precios unitarios con los encofrados de PVC para vigas					
Encofrado de PVC en vigas		Costo unitario por m2 (viga)			
					S/ 194.957
Mano de obra	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Operario	hh	1.00	0.80	21.17	16.936
Peón	hh	1.00	0.80	15.41	12.328
					S/ 29.264
Materiales	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Planchas de PVC	p2		5.20	25.00	130.00
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.25	4.46	1.12
Clavo para madera con cabeza de 3"	kg		0.25	5.00	1.25
Clavo para madera con cabeza de 4"	kg		0.25	5.00	1.25
Listones de 3"x2"x3"	p2		5.20	6.00	31.20
					S/ 164.815
Equipos	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Herramientas manuales	% mo		3%	29.264	0.87792
					S/ 0.878

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m2.

Haciendo una comparación entre ambos materiales para vigas de 0.40x2.80 con el encofrado de madera se invirtió S/.152.628/m2 y con el encofrado de PVC se invirtió S/.194.957/m2 existiendo una diferencia de S/. 101.002/m2 como se detalla en la siguiente Figura 23.

Figura 22

Comparativo del costo de encofrados de madera y PVC en vigas



Nota. La figura representa la comparación en costos de ambos materiales.

c) **Acabados**

Calidad de acabado de los encofrados de madera en columnas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados obtenidos del análisis del acabado de los encofrados de madera en los elementos estructurales aporcionados verticales (columnas), las columnas tuvieron el siguiente acabado; C-01 liso, C-02 semi liso, C-03 semi rugoso, C-04 rugoso, C-05 liso, C-06 semi liso, C-07 semi rugoso, C-08 rugoso C-09 liso, C-10 semi liso, cabe resaltar que las columnas que nos dan un acabado liso son aquellas que tuvimos que volver a ensamblar y armar debido a que su vida útil es limitada y la humedad afectó al material ocasionando el pandeo en los tablonos de madera como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25*Descripción del acabado en columnas con encofrados de madera*

Calidad de acabado con los encofrados de madera en columnas							
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Acabado
1	Columna aislada	C-01	0.40	1.60	2.80	4.48	liso
2	Columna aislada	C-02	0.40	1.60	2.80	4.48	semi liso
3	Columna aislada	C-03	0.40	1.60	2.80	4.48	semi rugoso
4	Columna aislada	C-04	0.40	1.60	2.80	4.48	rugoso
5	Columna aislada	C-05	0.40	1.60	2.80	4.48	liso
6	Columna aislada	C-06	0.40	1.60	2.80	4.48	semi liso
7	Columna aislada	C-07	0.40	1.60	2.80	4.48	semi rugoso
8	Columna aislada	C-08	0.40	1.60	2.80	4.48	rugoso
9	Columna aislada	C-09	0.40	1.60	2.80	4.48	liso
10	Columna aislada	C-10	0.40	1.60	2.80	4.48	semi liso

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m².

Calidad de acabado de los encofrados de PVC en columnas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados obtenidos del análisis del acabado de los encofrados de madera en los elementos estructurales aporricados verticales (columnas), las columnas tuvieron el siguiente acabado; C-01 liso, C-02 liso, C-03 liso, C-04 liso, C-05 liso, C-06 liso, C-07 liso, C-08 liso C-09 liso, C-10 liso, todas las columnas nos dieron un acabado liso o caravista, en este caso se encofró con la misma forma de PVC como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26*Descripción del acabado en las columnas con encofrado de PVC*

Calidad de acabado con los encofrados de PVC en columnas								
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la columna (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Acabado	N° de muestras
1	Columna	C-01	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
2	Columna	C-02	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
3	Columna	C-03	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
4	Columna	C-04	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
5	Columna	C-05	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
6	Columna	C-06	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
7	Columna	C-07	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
8	Columna	C-08	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
9	Columna	C-09	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee
10	Columna	C-10	0.40	1.60	2.80	4.48	liso	posee

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m².

Calidad de acabado de los encofrados de madera en vigas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados obtenidos del análisis del acabado de los encofrados de madera en los elementos estructurales aporricados horizontales (vigas), las vigas tuvieron el siguiente acabado; V-01 liso, V-02 semi liso, V-03 semi rugoso, V-04 rugoso, V-05 liso, V-06 semi liso, V-07 semi rugoso, V-08 rugoso V-09 liso, V-10 semi liso, cabe resaltar que las vigas que nos dan un acabado liso son aquellas que tuvimos que volver a ensamblar y armar debido a que su vida útil es limitada y la humedad afectó al material ocasionando el pandeo en los tablonces de madera como se detalla en la Tabla 27.

Tabla 27*Descripción del acabado en las vigas con el encofrado de madera*

Calidad de acabado con los encofrados de madera en vigas							
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la viga (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Acabado
1	Viga	V-01	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
2	Viga	V-02	0.40	1.60	4.50	6.40	semi liso
3	Viga	V-03	0.40	1.60	4.50	6.40	semi rugoso
4	Viga	V-04	0.40	1.60	4.50	6.40	rugoso
5	Viga	V-05	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
6	Viga	V-06	0.40	1.60	4.50	6.40	semi liso
7	Viga	V-07	0.40	1.60	4.50	6.40	semi rugoso
8	Viga	V-08	0.40	1.60	4.50	6.40	rugoso
9	Viga	V-09	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
10	Viga	V-10	0.40	1.60	4.50	6.40	semi liso

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m².

Calidad de acabado de los encofrados de PVC en vigas.

En la siguiente tabla se puede visualizar los resultados obtenidos del análisis del acabado de los encofrados de madera en los elementos estructurales aporricados horizontales (vigas), las vigas tuvieron el siguiente acabado; V-01 liso, V-02 liso, V-03 liso, V-04 liso, V-05 liso, V-06 liso, V-07 liso, V-08 liso V-09 liso, V-10 liso, todas las vigas nos dieron un acabado liso o caravista, en este caso se encofró con la misma forma de PVC como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28*Descripción del acabado en vigas con PVC*

Calidad de acabado con los encofrados de PVC en vigas							
N° de muestras	Descripción de elemento estructural	Codificación de elemento estructural	Sección de la viga (m)	Perímetro (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Acabado
1	Viga típica	V-01	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
2	Viga típica	V-02	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
3	Viga típica	V-03	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
4	Viga típica	V-04	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
5	Viga típica	V-05	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
6	Viga típica	V-06	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
7	Viga típica	V-07	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
8	Viga típica	V-08	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
9	Viga típica	V-09	0.40	1.60	4.50	6.40	liso
10	Viga típica	V-10	0.40	1.60	4.50	6.40	liso

Nota. La tabla explica el desagregado de mano de obra para una columna en m².

5.2 Discusión de resultados

La discusión de resultados obtenidos del estudio de la eficiencia de los encofrados de PVC y madera fueron los siguientes:

Con respecto a comparar la eficiencia del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

Aparco,(2022) en su tesis tuvo como principal objetivo estimar costos y eficiencia al emplear encofrados de material plástico en vigas como también en columnas, los principales resultados de la investigación fueron los siguientes; en cuanto a los costos entre el encofrado de madera y el encofrado de plástico la madera sigue siendo idónea para encofrar vigas y columnas. En cuanto a la estimación de tiempos requeridos para su adecuada instalación los encofrados de plástico son los más aptos ya que se terminan de instalar en la mitad del tiempo que lo requieren los encofrados tradicionales de madera ello aplica para las vigas y las columnas. Del mismo modo la eficiencia que el encofrado plástico presenta es mucho mejor que el encofrado de madera ya que en vigas y columnas obtenemos superficies lisas, con la verticalidad que estos lo requieren y con tiempos altamente compensables.

Por otro lado, Ocampo y Flores, (2022) en su investigación tuvo como principal objetivo estimar la eficacia y el costo de los encofrados empleando una cubierta de plástico en las construcciones, Los resultados obtenidos indican que con respecto a los costos unitarios para los encofrados por 1m^2 el material con recubrimiento plástico es el más óptimo e idóneo tanto para columnas y vigas. Del mismo modo se considera ideal ya que para las resistencias éstas soportarán hasta $f'c= 290 \text{ kg/cm}^2$ permitiendo que la estructura quede integra, en cuanto a la eficiencia del encofrado con revestimiento plástico se concluyó que este material es el más idóneo permitiendo que las estructuras encofradas tengan un mejor acabado cara vista. Con respecto a la instalación el encofrado con

revestimiento plástico no necesita de algún especialista ya que la colocación es sencilla y práctica dando un rendimiento de hasta 8 veces su uso.

Por lo tanto, la tesis concuerda con ambos autores en el manejo de la eficiencia en tiempos de instalación debido a que con el PVC se optimiza tiempos de ensamblaje, encofrado y desencofrado. Para los costos también la diferencia es mínima, pero si se ve proyectos de gran envergadura empleando los encofrados de PVC este tomaría una muy grande ventaja económicamente a comparación de la madera, teniendo en consideración que la madera tiene una vida útil limitada, mientras que el PVC trabajó con total normalidad en las vigas y columnas, considerando una vida útil de 10 usos ininterrumpidos para los encofrados de PVC. Por otro lado, en la calidad de acabado claramente el PVC es mucho más eficiente para aquellas estructuras que desean tener un acabado cara vista o liso, mientras que con la madera se obtuvo superficies lisas al inicio, pero a medida que se reutilizaba el material el tipo de acabado era menos óptimo, por lo tanto, el PVC es eficiente a comparación de la madera.

Con respecto a demostrar la eficiencia en tiempo de instalación del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporricadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

Aparco,(2022) en su tesis tuvo como objetivo secundario determinar la eficiencia del tiempo de instalación de los encofrados de plástico y madera en columnas y vigas de las obras públicas por lo que concluye que el encofrado de plástico disminuye un 44.62% de tiempo de instalación a comparación de los encofrados tradicionales de madera, siendo este material el más óptimo para este tipo de trabajos.

Ocampo y Flores, (2022) en su tesis tuvo como objetivo secundario también determinar el tiempo de instalación, concluyendo que con el revestimiento plástico no se necesita un especialista, ya que la colocación del material es práctico y más sencillo que los encofrados de madera, optimizando tiempos.

Por lo tanto, la tesis para el primer objetivo, concuerda con ambos autores, debido a que al examinar las fases de instalación del encofrado se obtuvo que los encofrados de madera tardan en ensamblarse 35 minutos, en encofrar 13.9 minutos promedio, en desencofrar o desinstalar las formas en 12.3 minutos haciendo un total de 61.3 minutos todo ello para las columnas. Para las vigas con el mismo material se obtuvo que para ensamblar se demora 36 minutos, para encofrar 18 minutos y para desencofrar 14.5 minutos haciendo un total de 68.5 minutos, con el encofrado de PVC se demora en ensamblar las columnas 15 minutos, en encofrar 11.8 minutos y en desencofrar 8.7 minutos. Para las vigas con los encofrados de PVC se demora en ensamblar 18 minutos, en encofrar 15 minutos y en desencofrar 10.8 minutos haciendo un promedio de 43.8 minutos en total, por lo tanto, la diferencia de tiempos es notable debido a que con los encofrados de madera se demora mucho más que con los encofrados de PVC.

Con respecto a demostrar la eficiencia en costo del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

Aparco, (2022) en su tesis tuvo como uno de sus objetivos analizar los costos entre los encofrados de plástico y de madera, por lo que nos indica que con los encofrados plásticos para cada columna se invierte S/. 62.51 y para vigas S/. 56.92, mientras que para los encofrados de madera se invierte S/.41.95 en columnas y S/.42.07 en vigas por lo que es conveniente seguir utilizando los encofrados de madera.

Ocampo y Flores, (2022) en su tesis examinó los costos que comprenden emplear encofrados de madera y de plástico, por lo que llegó a una conclusión y es que los encofrados con material plástico son más costosos que los encofrados tradicionales, con los encofrados de plástico se invierte S/. 51.56 en columnas y en vigas S/. 59.81 mientras que con los encofrados de madera se invierten S/.21.89, entonces también indica que es más factible emplear encofrados de madera tradicional.

Con respecto al segundo objetivo la tesis concuerda y difiere a la vez, ya que hay que tener en consideración que la cantidad de usos es un factor importante o también llamada vida útil de cada material, ya que la madera tiene limitantes porque es un material propenso a sufrir deformaciones a causa de la humedad si no se tiene un correcto mantenimiento. Mientras que con el PVC no hay ese tipo de inconvenientes por su firmeza, resistencia y más la tesis se demostró que los encofrados de madera son más económicos o rentables siempre en cuando solo se utilice un solo molde de encofrado para las 10 estructuras. En este caso no fue así, ya que se tuvo que volver a ensamblar nuevamente los encofrados para poder obtener un acabado liso, por lo que el costo de los encofrados de madera fue de S/. 81.955 /m², este valor multiplicado por el área de la columna que es 4.48m² nos arroja un total de S/. 367.16 soles en total por columna mientras que para las vigas el costo es de S/. 93.955/m², teniendo en consideración que se tuvo que adquirir nuevamente los materiales debido a su limitada cantidad de usos y sus propiedades que sin desmerecerlo fueron una limitante para la tesis. En total se invirtió S/. 245.865/m² en columnas y S/.281.865/m² en vigas con la madera sin embargo si se habla de proyectos de gran envergadura los encofrados de PVC toman la delantera debido a su durabilidad, de acuerdo al desagregado de gastos para las columnas con este material se invirtió S/. 141.01/m² mientras que para las vigas se invirtió S/. 194.96/m², este material rindió las veces necesarias que se requirió durante las pruebas por lo que sí es considerado como idóneo en proyectos grandes.

Con respecto a demostrar la eficiencia en calidad de acabado del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024

Aparco,(2022) en su tesis por último también examina la calidad de acabado con ambos materiales por lo que llega a la conclusión de que con los encofrados plásticos cumple estrictamente con obtener una superficie lisa que no presenta imperfección alguna,

mientras que con los encofrados de madera tradicional si presentan superficies rugosas, porosas con carencia de verticalidad.

Ocampo y Flores, (2022) en su tesis también estudió la eficiencia de los encofrados de madera y plástico con respecto a los acabados y concluyó que los encofrados plásticos brindan un mejor acabado cara vista, con mejor resistencia manteniendo sus propiedades a comparación de los encofrados de madera, entonces nos sugiere que el encofrado plástico es idóneo para estos trabajos si requerimos tener este tipo de acabados.

Para el tercer objetivo, la tesis coincide con ambos investigadores ya que la calidad del acabado de las estructuras es notable, con los encofrados de madera se obtuvieron superficies entre lisas y rugosas, con carencia de verticalidad, mientras que con los encofrados de PVC todas las estructuras obtuvieron un acabado liso o cara vista, con presencia de verticalidad. Teniendo en consideración que el PVC no fue reemplazado en ningún momento a comparación de la madera que, si tuvo que cambiarse 3 veces para poder obtener un acabado tolerable, por ello es que el PVC es eficiente en calidad de acabado.

Prueba de hipótesis

Para llevar a cabo el procedimiento de prueba de hipótesis, se llevó a cabo una formulación bastante rigurosa de las hipótesis estadísticas, diferenciando claramente la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). A continuación, se estableció el nivel de significancia (α), considerando los estándares metodológicos y el contexto de la tesis. A continuación, se estableció la regla de decisión con base en la distribución teórica del estadístico de prueba, en este caso, la prueba t de Student para muestras independientes, garantizando la adecuación del modelo estadístico a los supuestos del análisis. Finalmente, se procedió con la aplicación del estadístico de prueba, contrastando el valor obtenido con los valores críticos o el p-valor correspondiente, lo que permitió tomar una decisión fundamentada sobre la aceptación o el rechazo de la hipótesis nula, garantizando un análisis robusto y replicable.

Hipótesis general:

Para la hipótesis general, se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

- H_0 : El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo no es eficiente comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.
- H_1 : El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

Se determinó un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, criterio ampliamente utilizado en el análisis inferencial para minimizar la probabilidad de error o riesgo tipo I. En concordancia con los principios estadísticos, se estableció la regla de decisión bajo el enfoque del valor p: si $p > \alpha$, no se dispone de suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo que esta se mantiene y se descarta la hipótesis alternativa (H_1). Por el contrario, si $p < \alpha$, se considera que la evidencia empírica es suficiente para rechazar H_0 en

favor de H_1 , lo que sugiere la existencia de un efecto estadísticamente significativo. Este procedimiento garantiza la rigurosidad metodológica en la toma de decisiones, alineándose con los estándares de validez y confiabilidad exigidos en la investigación científica.

Para la validación de la hipótesis planteada, se seleccionó la prueba t de Student para muestras independientes, dado que permite comparar las medias de dos grupos bajo el supuesto de varianzas homogéneas o heterogéneas, según corresponda. En el análisis descriptivo de los grupos, se observó que el encofrado en madera presentó una media de 2.40, mientras que el encofrado en PVC alcanzó una media de 3.40. Estos resultados sugieren un desempeño superior en términos de eficiencia general para el encofrado en PVC en comparación con su contraparte en madera. Ver Tabla 29.

Tabla 29

Estadísticas de grupo

	Material	N (número de muestras)	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Eficiencia	Madera	10	2,40	,516	,163
	PVC	10	3,40	,516	,163

Nota. La tabla muestra el procesamiento de las variables permitiéndonos apreciar que los encofrados de PVC son más eficientes que los encofrados de madera.

En el análisis de la prueba t de Student para muestras independientes, se evaluó inicialmente la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, obteniéndose un valor de significancia $p=1.00$ en la prueba F, lo que indica que no se rechazó la hipótesis de igualdad de varianzas, permitiendo la aplicación del estadístico t de Student bajo el supuesto de varianzas homogéneas. Posteriormente, la prueba t de Student arrojó un valor de -4.330 con 18 grados de libertad y un nivel de significancia de $p=0.000$, inferior al umbral de $\alpha=0.05$ como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30*Prueba de muestras independientes*

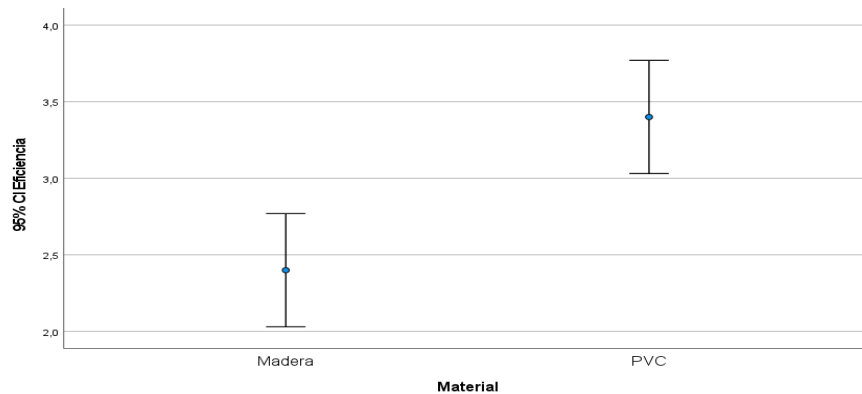
	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias							
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
								Inferior	Superior	
Eficiencia	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-4,330	18	,000	-1,000	,231	-1,485	-,515
	No se asumen varianzas iguales			-4,330	18,000	,000	-1,000	,231	-1,485	-,515

Nota. La tabla evidencia una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras analizadas.

Asimismo, en la figura 24 se presentan las barras de error correspondientes a cada muestra, permitiendo una visualización clara de la dispersión de los datos y la variabilidad asociada a cada grupo. La ausencia de superposición significativa entre las barras de error refuerza la evidencia estadística de que las medias de las muestras analizadas son distintas y que estas se comportan de manera independiente.

Figura 23

Error de las medias muestrales de eficiencia en encofrados madera y PVC



Nota. La figura explica que el resultado es consistente con los valores obtenidos en la prueba t de Student.

Hipótesis específica 1

Eficiencia del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera

Las hipótesis estadísticas quedaron planteadas de la siguiente manera:

- H0: El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo no es eficiente en tiempo de instalación comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.
- H1: El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente en tiempo de instalación comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

Se determinó un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, criterio ampliamente utilizado en el análisis inferencial para minimizar la probabilidad de error tipo I. En concordancia con los principios estadísticos, se estableció la regla de decisión bajo el enfoque del valor p: si $p > \alpha$, no se dispone de suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo que esta se mantiene y se descarta la hipótesis alternativa (H_1). Por el contrario, si $p < \alpha$, se considera que la evidencia empírica es suficiente para rechazar H_0 en favor de H_1 ,

lo que sugiere la existencia de un efecto estadísticamente significativo. Este procedimiento garantiza la rigurosidad metodológica en la toma de decisiones, alineándose con los estándares de validez y confiabilidad exigidos en la investigación científica como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31

Estadísticas de grupo

	Material	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Tiempo	Madera	10	1,80	,422	,133
	PVC	10	3,80	,422	,133

Nota. Estos resultados sugieren un desempeño superior en términos de tiempo para el encofrado en PVC en comparación con su contraparte en madera.

En el análisis de la prueba t de Student para muestras independientes, se realizó inicialmente una evaluación de la homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene, obteniéndose un valor de significancia $p=1.00$ en la prueba F. Este resultado indica que no se rechazó la hipótesis de igualdad de varianzas, lo que permitió la aplicación del estadístico t de Student bajo el supuesto de varianzas homogéneas. Posteriormente, la prueba t de Student arrojó un valor de -10.607 con 18 grados de libertad y un nivel de significancia de $p=0.000$, el cual es menor al umbral establecido de $\alpha=0.05$. Estos resultados evidencian una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras comparadas, lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias como se evidencia en la Tabla 32.

Tabla 32*Prueba de muestras independientes*

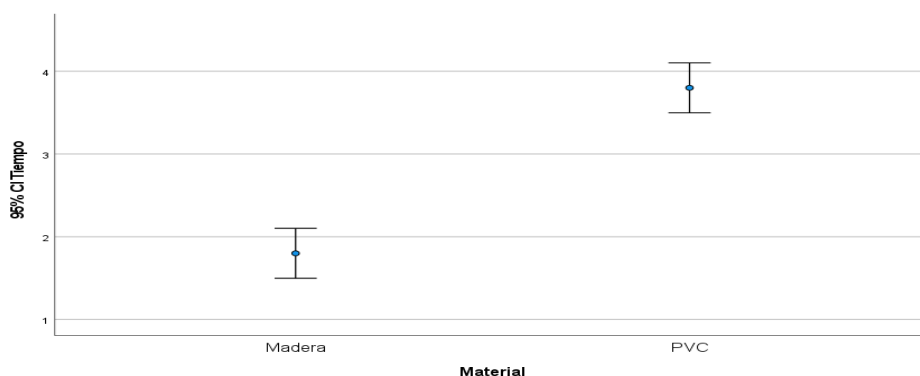
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior Superior		
Tiempo	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-10,607	18	,000	-2,000	,189	-2,396	-1,604
	No se asumen varianzas iguales			-10,607	18,000	,000	-2,000	,189	-2,396	-1,604

Nota. La tabla muestra que el encofrado en PVC es más eficiente en términos de tiempo en comparación con el encofrado en madera.

De igual manera, en la figura 25 se representan las barras de error de cada muestra, lo que facilita una interpretación visual de la dispersión de los datos y la variabilidad inherente a cada grupo. La falta de una superposición significativa entre dichas barras respalda la evidencia estadística de que las medias analizadas difieren entre sí y que las muestras se comportan de manera independiente. Este hallazgo es coherente con los resultados obtenidos en la prueba t de Student, reforzando la conclusión de que no existe una relación significativa entre las medias del encofrado en madera y el encofrado en PVC en lo que respecta al tiempo de instalación.

Figura 24

Error de las medias muestrales en relación al tiempo de instalación en encofrados madera y PVC



Nota. La figura explica que el resultado es consistente con los valores obtenidos en la prueba t de Student.

Hipótesis específica 2

Eficiencia del encofrado de Poli Cloruro de Vinilo comparado con los encofrados de madera

Las hipótesis estadísticas quedaron planteadas de la siguiente manera:

- H0: El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo no es eficiente en costos comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.
- H1: El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente en costos comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

Se estableció un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, un parámetro ampliamente reconocido en el análisis inferencial por su capacidad para reducir la probabilidad de cometer un error tipo I. En línea con los principios estadísticos, se definió la regla de decisión basada en el valor p: si $p > \alpha$, la evidencia estadística no es suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo que esta se mantiene y se descarta la hipótesis alternativa

(H_1). En contraste, si $p < \alpha$, se considera que los datos proporcionan evidencia suficiente para rechazar H_0 en favor de H_1 , lo que indica la presencia de un efecto estadísticamente significativo. Este enfoque metodológico asegura la precisión en la toma de decisiones y se ajusta a los criterios de validez y confiabilidad exigidos en la investigación científica.

En el análisis descriptivo de los grupos, se identificó que el encofrado en madera presentó una media de 3.30 en relación con los costos asociados al proceso de encofrado, mientras que el encofrado en PVC registró una media de 2.60 como se evidencia en la Tabla 33.

Tabla 33

Estadísticas de grupo

	Material	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Costo	Madera	10	3,30	,483	,153
	PVC	10	2,60	,516	,163

Nota. La tabla expresa los resultados que el encofrado en madera exhibe un desempeño más favorable en términos de costos en comparación con el sistema de encofrado en PVC.

En el análisis de la prueba t de Student para muestras independientes, se llevó a cabo una verificación preliminar de la uniformidad de varianzas mediante la prueba de Levene, obteniendo un valor de significancia de $p=0.398$ en la prueba F. Este resultado indica que no se rechazó la hipótesis nula de igualdad de varianzas, permitiendo la aplicación del estadístico t de Student bajo el supuesto de varianzas homogéneas. Posteriormente, la prueba t de Student arrojó un valor de 3.13 con 18 grados de libertad y un nivel de significancia de $p=0.006$, el cual es inferior al umbral establecido de $\alpha=0.05$. Estos hallazgos respaldan la ventaja del encofrado en madera desde una perspectiva económica, lo que puede tener implicaciones relevantes en la optimización de costos dentro del ámbito constructivo como se puede apreciar en la Tabla 34.

Tabla 34 Prueba de muestras independientes

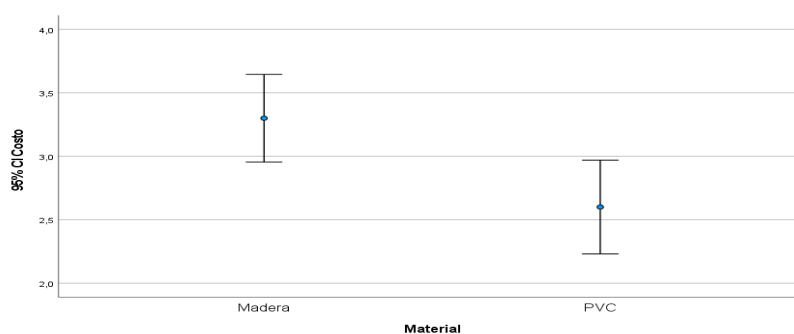
	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	,750	,398	3,130	18	,006	,700	,224	,230	1,170
No se asumen varianzas iguales			3,130	17,920	,006	,700	,224	,230	1,170

Nota. La tabla expresa que los resultados evidencian una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras analizadas.

Asimismo, en la Figura 26 se ilustran las barras de error correspondientes a cada muestra, lo que permite una interpretación clara de la dispersión de los datos y la variabilidad asociada a cada grupo. Este resultado es consistente con los valores obtenidos en la prueba t de Student, lo que reafirma la conclusión de que no existe una relación estadísticamente significativa entre las medias del encofrado en madera y el encofrado en PVC en términos de costos.

Figura 25

Error de las medias muestrales en relación al costo en encofrados madera y PVC



Nota. La figura expresa que este resultado es consistente con los valores obtenidos en la prueba t de Student.

Hipótesis específica 3

En cuanto a la hipótesis específica 3, se plantearon las hipótesis estadísticas de la siguiente manera:

- H_0 : El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo no es eficiente en calidad de acabado comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.
- H_1 : El encofrado de Poli Cloruro de Vinilo es eficiente en calidad de acabado comparado con los encofrados de madera en edificios con sistemas estructurales aporticadas en Villa Ampay-Abancay-2024.

Se dispuso un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, un umbral ampliamente aceptado en el análisis inferencial para reducir la probabilidad de cometer un error tipo I. En concordancia con los principios estadísticos, se definió criterio de decisión basada en el valor p : si $p > \alpha$, la evidencia estadística no es aceptable para rechazar la hipótesis nula (H_0), por lo que esta se mantiene y se descarta la hipótesis alternativa (H_1). En contraste, si $p < \alpha$, se considera que los datos proporcionan prueba suficiente para rechazar H_0 en favor de H_1 , lo que indica la existencia de un efecto estadísticamente significativo. Este enfoque metodológico garantiza la rigurosidad en la toma de decisiones y se ajusta a los estándares de validez y confiabilidad exigidos en la investigación científica.

En el análisis descriptivo de los grupos, se observó que el encofrado en madera obtuvo una media de 2.40 en cuanto a la calidad del proceso de encofrado, mientras que el encofrado en PVC alcanzó una media de 3.80 como se muestra en la tabla 35.

Tabla 35*Estadísticas de grupo*

	Material	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Calidad	Madera	10	2,40	,516	,163
	PVC	10	3,80	,422	,133

Nota. La tabla sugiere que, desde una perspectiva de calidad, el encofrado en madera presenta un rendimiento inferior en comparación con el encofrado en PVC.

En el análisis de la prueba t de Student para muestras independientes, se realizó una evaluación inicial de la similitud de varianzas mediante la prueba de Levene, obteniendo un valor de significancia de $p=0.081$ en la prueba F. Este resultado indica que no se rechazó la hipótesis nula de igualdad de varianzas, lo que justificó la aplicación del estadístico t de Student bajo el supuesto de varianzas homogéneas. Posteriormente, la prueba t de Student arrojó un valor de -6.641 con 18 grados de libertad y un nivel de significancia de $p=0.000$, inferior al umbral establecido de $\alpha=0.05$. Estos hallazgos evidencian la existencia de una diferencia estadística significativa entre las muestras comparadas, lo que condujo al rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias. Estos resultados refuerzan la ventaja del encofrado en PVC desde una perspectiva cualitativa, lo que podría tener implicaciones significativas en la mejora de la calidad de encofrado como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36*Prueba de muestras independientes*

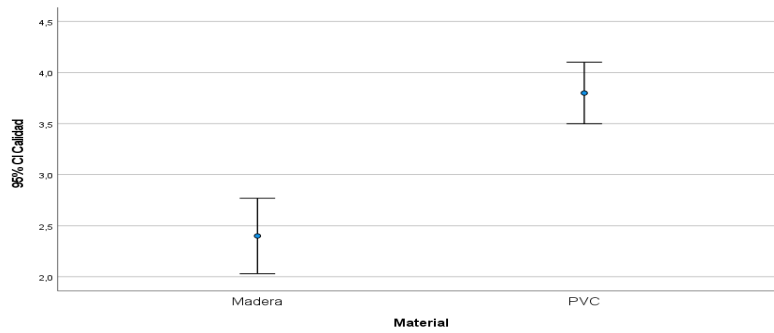
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias							
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
										Inferior	Superior
Calidad	Se asumen varianzas iguales	3,429	,081	-6,641	18	,000	-1,400	,211	-1,843	-,957	
	No se asumen varianzas iguales			-6,641	17,308	,000	-1,400	,211	-1,844	-,956	

Nota. La tabla concluye que el encofrado en PVC presenta un desempeño superior en términos de calidad en comparación con el encofrado en madera.

Del mismo modo, en la figura 27 se representan las barras de error correspondientes a cada muestra, facilitando una interpretación precisa de la dispersión de los datos y la variabilidad inherente a cada grupo. Este hallazgo es coherente con los resultados obtenidos en la prueba t de Student, reforzando la conclusión de que no existe una relación estadística influyente entre las medias del encofrado en madera y el encofrado en PVC en lo que respecta a la calidad.

Figura 26

Error de las medias muestrales en relación a la calidad en encofrados madera y PVC



Nota. La figura expresa que la falta de una superposición significativa entre estas barras respalda la evidencia estadística de que las medias analizadas presentan diferencias significativas y que las muestras se comportan de manera independiente.

VI. Conclusiones

Con respecto a comparar la eficiencia del encofrado de PVC con los encofrados de madera se concluye de la siguiente manera, los encofrados de PVC si son eficientes en tiempos de instalación debido a que se optimizó hasta en un 50 % el tiempo de ensamblaje, encofrado y desencofrado. En costos los encofrados de madera tienen la ventaja, pero sin embargo si se trabaja con proyectos de gran envergadura los encofrados de PVC son más eficientes, de todas maneras, la diferencia entre la inversión en ambos materiales no es mucha. Con respecto a la eficiencia en calidad de acabado los encofrados de PVC son mucho más eficientes que los encofrados de madera debido a la presencia que nos brindó en las estructuras, todas fueron lisas con un acabado cara vista con presencia de verticalidad en el caso de las columnas y en las vigas de igual manera, mientras que con los encofrados de madera no se obtuvo los mismos resultados después del tercer uso.

Con respecto a demostrar la eficiencia en tiempo de instalación de ambos materiales concluimos que el encofrado de madera toma ventaja frente al encofrado de madera, todo ello debido a que al examinar los 10 columnas como elementos estructurales por cada material de encofrado nuestra mano de obra tardó en ensamblar, encofrar y desencofrar o desinstalar 61.2 minutos , mientras que con los encofrados de PVC obtuvimos 35.5 minutos respectivamente para los mismos elementos estructurales existiendo una disminución de tiempo de 25.7 minutos con los encofrados de PVC equivalentes a un 61.06% menos de tiempo de instalación, de otro modo al analizar las vigas demoramos 68.5 minutos con el encofrado de madera mientras que con los encofrados de PVC tardamos 43.8 minutos para los mismos elementos estructurales, existiendo una disminución de tiempo de 24.7 minutos con los encofrados de PVC en tiempo de instalación también equivalentes a un 50% haciéndolos más idóneos para este tipo de trabajos y más aún para edificaciones de gran envergadura.

Con respecto a demostrar la eficiencia en costos se concluye que los encofrados de madera frente a los encofrados de PVC son más eficientes, los encofrados de madera tomar una ligera ventaja ya que el costo que se obtuvo por encofrar columnas fue de S/. 132.051, mientras que para las vigas el costo es de S/. 145.051 teniendo en consideración que se tuvo que adquirir nuevamente los materiales debido a su limitada cantidad de usos y sus propiedades que sin desmerecerlo fueron una limitante para la tesis, en total se invirtió S/. 396.153 en columnas y S/.435.153 en vigas con la madera sin embargo si se habla de proyectos de gran envergadura los encofrados de PVC toman la delantera debido a su durabilidad, de acuerdo al desagregado de gastos para las columnas con este material se invirtió S/. 393.801 mientras que para las vigas se invirtió S/. 433.801, este material rindió las veces necesarias que se requirió durante las pruebas por lo que sí es considerado como idóneo en proyectos grandes.

Con respecto a demostrar la eficiencia en calidad de acabado se concluyó que los encofrados de PVC son más eficientes que los encofrados de madera, debido a que al analizar el acabado de las columnas obtuvimos un acabado liso o cara vista considerando que se reutilizó el material en las 10 columnas con el mismo encofrado, de igual manera para las 10 vigas examinadas se obtuvo un acabado liso o cara vista, mientras que con los encofrados de madera el acabado final difiere entre rugoso, semi rugoso, liso y se mi liso, debido a que este material en contacto con el concreto absorbe la humedad y se deforma a partir del tercer uso debido a su manipulación durante el encofrado y desencofrado, de igual manera sucedió con el acabado de las 10 vigas examinadas.

VII. Recomendaciones

La tesis dedicada a comparar la eficiencia del encofrado de PVC con los encofrados de madera en sistemas estructurales aporticados recomienda:

Con respecto a comparar la eficiencia del encofrado de PVC con el encofrado de madera se recomiendan los encofrados de PVC en cuestión de durabilidad, número de usos o vida útil, tipo de acabado y optimización de tiempos ya que estos factores influyen en la mejora de un proyecto sin embargo en el ámbito de costos es rentable siempre en cuando se reutilicen las formas las veces necesarias, cabe resaltar que en la tesis se reutilizó el encofrado de PVC para las 10 vigas y 10 columnas, entonces si se ve de esa manera económicamente también es rentable a comparación de la madera.

Con respecto a demostrar el tiempo de instalación se recomienda emplear los encofrados de PVC frente a los encofrados de madera ya que es bastante propicio hacer uso de ellos, al hacer uso de este material optimizamos tiempos hasta en un 60% menos que con los encofrados de madera porque son más eficientes al momento de ensamblarlos, encofrarlos y desencofrarlos o desinstalarlos, no requiere mucha mano de obra, no requiere que se invierta tiempo permeabilizando el material con petróleo, el tiempo de desinstalación es mínimo, en cambio con la madera pese a su muy similar tiempo de encofrado y desencofrado, difiere en el tiempo de ensamblaje teniendo en consideración que la madera al perder sus propiedades iniciales tiende a no trabajar de manera correcta por lo que se tiene que volver a ensamblar las formas incrementando el tiempo de instalación por ello es que es recomendable hacer uso de los encofrados de PVC, ver conclusión 1.

Con respecto a demostrar la eficiencia en costos, se recomienda emplear los encofrados de PVC debido a su vida útil, su resistencia, su durabilidad, estos factores influyen en los costos, ya que los encofrados de madera al tener una vida útil limitada requiere de un adicional en costos para volver a ensamblar las partes, pero si analizamos al PVC este tiene una durabilidad de 10 veces más que el encofrado de madera, sin

embargo para esta tesis el encofrado de madera es más rentable económicamente si se usan materiales comerciales, para mejor detalle visualizar la conclusión 2.

Con respecto a demostrar la calidad de acabado se recomienda emplear los encofrados de PVC en los elementos estructurales apoticados frente a los encofrados de madera debido a su gran desempeño, obteniendo unas estructuras lisas, con presencia de verticalidad y cara vista siendo un factor importante ya que nos ayuda a optimizar costos y tiempos, cuando se hizo la comparación entre ambos materiales pudimos apreciar que los encofrados de madera dejan superficies rugosas, carentes de verticalidad, por ello es que al visualizar los acabados que nos brindaron los encofrados de PVC pudimos apreciar mejores resultados, para entender mejor puede visualizar la conclusión 3 donde detalla de manera específica los resultados obtenidos durante la elaboración de la tesis.

VIII. Referencias

- Acelas, C. (2022). *Evaluación de los principales tipos de encofrados utilizados como insumos en la construcción de edificaciones de concreto reforzado en el municipio de Bucaramanga y su área metropolitana* [Tesis de pregrado, Universidad de Santander]. Repositorio de la Universidad de Santander. <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/f1818052-dbe7-4a3b-bbc2-df76478be096/content>
- ACI Committee. (2014). *Guide to Formwork for Concrete* (ACI 347-14). <https://ce.engineeringdesignresources.com/wp-content/uploads/2019/04/ACI-347.pdf>
- Ashby, M. (2011). *Materials selection in mechanical design* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Asociación de fabricantes de Encofrados y Cimbras. (2020). *Encofrado vertical*. AFECI. <https://www.afeci.es/informacion/sistemas-aplicaciones-mas-habituales/encofrados/encofrado-vertical>
- Álvarez, P. (2018). Ética e investigación. *Boletín Redipe*, 7(2), 122-149. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6312423.pdf>
- Aparco, M. (2022). *Análisis de costos y eficiencia en el empleo del encofrado de plástico para columnas y vigas en obras públicas del distrito de Lircay-Angaraes-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio de la Universidad de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/f03a68a0-3b20-4b98-a419-0186a20f7515>

- Arapa, V. (2017). *Estudio comparativo del uso de encofrados en: madera (aguano), metal LAF (laminados en frío) y plástico ABS* [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio de la Universidad Alas Peruanas. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/3943/Tesis_Estudio_Comparativo_Encofrados.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6ª ed.). Editorial Episteme. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). (2019). *Costos y presupuestos en edificación* (8ª ed.). https://civilyedaro.files.wordpress.com/2014/08/costos_y_presupuestos_en_edificacion_-_capeco_r.pdf
- Callister, W., & Rethwisch, D. (2018). *Materials science and engineering: An introduction* (10th ed.). Wiley.
- Construmatica, (2018). *Madera*. Construmatica. <https://www.construmatica.com/construpedia/Madera#Definici%C3%B3n>
- Cueva, W. (2017). *Estructuras Aporticadas*. Cajamarca: Slideshare. de <https://es.slideshare.net/wil3377/estructuras-aporticadas>
- Díaz, D. (2021). *Análisis de la evolución de los encofrados tradicionales, encofrados metálicos y encofrados plásticos en la ciudad de Cajamarca – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/28231>

- Díaz, L. (2011). *La observación: Texto apoyo didáctico método clínico 3er semestre* (1ª ed.). Facultad de Psicología, UNAM. https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- Encofrados.org. (2021). *Encofrados de plástico en la construcción*. <https://encofrados.org/encofrados-de-plastico-en-la-construccion/>
- Espinoza, A. (2021). *Aplicación de los encofrados modulares para mejorar la productividad en construcción de viviendas multifamiliares de Jaén – Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/61320/Espi>
- Galán, M. (2009). *El cuestionario en la investigación*. Manuel Galán Amador. <https://manuelgalan.blogspot.com/2009/04/el-cuestionario-en-la-investigacion.html>
- García, J., & Meza, V. (2019). Indicadores de eficacia y eficiencia en la gestión de procura de materiales de empresas del sector construcción del Departamento del Atlántico, Colombia. *Revista Espacios*, 40(22), 5. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n22/a19v40n22p16.pdf>
- Rodríguez, G., Rodríguez, B., Chirinos, A., & Meleán, R. (2009). Gestión de costos de las actividades en el sector metalmecánico de la región zuliana. *Revista Venezolana de Gerencia*, 14(46), 260-273. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842009000200008
- Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ta Edición). Mexico, <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Methodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hornngren, C., Datar, S., & Rajan, M. (2015). *Cost accounting: A managerial emphasis* (15th ed.). Pearson.
- InfoMercado. (2022). *Derivados del cobre, acero, arena y madera presentaron alza de precios en el mes de abril, según INEI*. InfoMercado. <https://infomercado.pe/derivados-del-cobre-acero-arena-y-madera-presentaron-alza-de-precios-en-el-mes-de-abril-segun-inei/>
- Inguillay, L., Tercero, S., & Lopez, J. (2019). Etica en la investigacion cientifica. *Revista Imaginario Social*, 1(2) <https://revista-imaginariosocial.com/index.php/es/article/download/10/19>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Boletín quincenal INEI*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/16_boletin_quincenal_2022.pdf
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Wiley.
- Laguna, S., Caballero, C., Lewis, V., Mazuera, S., Salamanca, J., Daza, W., & Fourzali, A. (2007). Consideraciones éticas en la publicación de investigaciones científicas. *Salud Uninorte. Barranquilla, Colombia. Scielo*. <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v23n1/v23n1a08.pdf>

- Liannongform. (2025). *¿Cuáles son las desventajas del encofrado de madera?* Yancheng, Jiangsu, China, República Popular China. https://www.lianggongform.com/What-are-the-disadvantages-of-timber-formwork-id41654346.html?utm_source=chatgpt.com
- López, P. (2004). Población, muestra y muestreo. *Revista Médica*, 20(1), 45–50. *SciELO Bolivia*. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2019). *Manual de análisis de precios unitarios para edificaciones*. Lima, Perú. Lima, Perú.
- Müggenburg, M., & Pérez, I. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Revista Enfermería Universitaria* ENEO-UNAM, 4(1). <http://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/12/1028446/469-manuscrito-anonimo-891-1-10-20180417.pdf>
- Murillo, F. (2008). La práctica basada en investigación. *Revista Educación*, 33(1), 155–165. <https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
- Murillo, J. (2022). *Métodos de investigación experimental en educación especial*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. <https://www.studocu.com/es-mx/document/facultad-de-estudios-superiores-zaragoza/psicologia-nm/murillo-j/97765868>
- Neumann, G. (2017). *Análisis de costos y eficiencia del encofrado plástico en columnas y vigas* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12676/Neumann%20Cabrer%20a%20Giovanni%20Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education.

Ocampo, A., & Flores, J. (2022). *Análisis de eficiencia y costos del encofrado con revestimiento plástico para la construcción de estructuras de viviendas, Andahuaylas 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/96453/Ocampo_AAJ-Flores_CJE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OSALAN. (2007). *Guía práctica de encofrados*. Vasco. https://www.osalan.euskadi.eus/contenidos/libro/seguridad_200720/es_200720/ad-juntos/seguridad_200720.pdf

Ozten, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Scielo*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037

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* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio de la Universidad Tecnológica de los Andes. <https://repositorio.utea.edu.pe/bitstreams/3f8372a1-b0cf-4d85-9985-7609dc6dc317/download>

Requejo, J. (2014). Las vigas – Arquitectura + Estructura. *Arquitectura, Construcción & Diseño*. <https://joelrequejo.wordpress.com/2014/07/14/vigas/>

Sánchez, J. (2022). *Guía de diseño de encofrados de madera para la construcción ecuatoriana* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11751/1/201370.pdf>

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

Talavera, J. (2019). De vuelta a la clínica. Métodos I. Diseños de investigación. *Gaceta Médica de México*, 155(4), 399–405. <https://doi.org/10.24875/GMM.M19000099>

Textos Científicos. (2005). *Textos científicos* Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>

Universidad La Concordia. (2020). *Cuatro técnicas de investigación probadas para universitarios*. <https://www.universidadlaconcordia.edu.mx/blog/index.php/tecnicas-de-investigacion>

Vidal, A. (2018). *Gestión del tiempo, proyecto de edificaciones, construcción*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. Repositorio de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_d1ca9789b836090bdc7d2662643c0ee4

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes