

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**EVALUACIÓN DE COSTO-BENEFICIO ENTRE EL ENCOFRADO METÁLICO
Y EL TRADICIONAL EN LOSA ALIGERADA EN “CONSTRUCCIÓN,
EDIFICIO OFICINAS EL GOLF”– EL GOLF, TRUJILLO**

Línea de Investigación: MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN

AUTOR(ES):

Br. AGUILAR CALIPUY, LESLYE MARILYN
Br. CHICO LEÓN, GIANFRANCO

JURADO EVALUADOR:

Presidente: Gálvez Paredes, Jose

Secretario: Henriquez Ulloa, Juan

Vocal: Geldres Sánchez, Carmen

ASESOR:

ING. VERTIZ MALABRIGO, MANUEL ALBERTO

Código ORCID: 0000-0001-9168-8258

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19/05/2022

TRUJILLO – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE COSTO-BENEFICIO ENTRE EL ENCOFRADO METÁLICO
Y EL TRADICIONAL EN LOSA ALIGERADA EN “CONSTRUCCIÓN,
EDIFICIO OFICINAS EL GOLF”– EL GOLF, TRUJILLO**

**AREA DE INVESTIGACIÓN:
MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN**

AUTOR(ES):
Br. AGUILAR CALIPUY, LESLYE MARILYN
Br. CHICO LEÓN, GIANFRANCO

JURADO EVALUADOR:

Presidente: Gálvez Paredes, Jose
Secretario: Henriquez Ulloa, Juan
Vocal: Geldres Sánchez, Carmen

ASESOR:

TRUJILLO – PERÚ

2022

ING. VERTIZ MALABRIGO, MANUEL ALBERTO

Código ORCID: 0000-0001-9168-8258



ING. MANUEL ALBERTO VERTIZ MALABRIGO

CIP N° 71188

ASESOR

ACREDITACION

**“EVALUACIÓN DE COSTO-BENEFICIO ENTRE EL ENCOFRADO
METÁLICO Y EL TRADICIONAL EN LOSA ALIGERADA EN
“CONSTRUCCIÓN, EDIFICIO OFICINAS EL GOLF”– EL GOLF, TRUJILLO”**

JURADO CALIFICADOR



ING. JOSE GALVEZ PAREDES

CIP N° 29911

PRESIDENTE



ING. PAUL HENRIQUEZ ULLOA

CIP N° 118101

SECRETARIO



ING. CARMEN GELDRES SANCHEZ

CIP N° 80599

VOCAL

TRUJILLO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi familia, por apoyarme tanto en lo emocional como en lo económico, por estar presente en cada etapa de mi vida y por ser mi apoyo moral ante las difíciles circunstancias. Especialmente a mi hermana, por creer siempre en mí.

Leslye Marilyn Aguilar Calipuy

A mi familia, por darme el apoyo durante toda mi carrera, les agradezco su esfuerzo y dedicación por hacer de mí una persona de bien, gracias por su amor.

Gianfranco Chico León

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios por bendecirnos día a día, brindarnos salud y de esta manera permitir culminar con éxito esta etapa universitaria. También agradecer a nuestros familiares y amigos cercanos por creer en nosotros y apoyarnos en todo momento.

Agradecer a nuestra alma mater la Universidad Privada Antenor Orrego, por brindarnos su apoyo durante el proceso de nuestra carrera universitaria.

También agradecer a nuestro asesor, Ing. Manuel Alberto Vertiz Malabrigo, por su apoyo durante el desarrollo de la presente tesis. Igualmente, nuestro profundo agradecimiento al Arq. Jhonatan Linares Benites, por guiarnos con sus conocimientos desde el inicio de la tesis. Así mismo, agradecer a todos los profesionales que nos brindaron su tiempo y conocimientos en las entrevistas para llevar a cabo el desarrollo de la presente tesis.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo, evaluar dos tipos de sistemas de encofrado, nos referimos al encofrado de madera tradicional y el encofrado metálico, en el cual se tomará en cuenta el costo del material utilizado, la mano de obra y el avance de la construcción en la ciudad de Trujillo. Como podemos observar, actualmente las tecnologías del sector construcción siguen avanzando, no sólo en softwares y programas dedicadas al anteproyecto de una construcción, sino también en la parte de ejecución del mismo, dónde todo se vuelve realidad y debemos estar al tanto de cómo aprovechar las innovaciones en los procesos constructivos, muchas veces en la parte constructiva nos aferramos a trabajar de la forma tradicional y nos dejamos llevar por la frase “siempre se ha hecho así”, quizá por no tener una información clara de lo que se nos está presentado, dado que no hay un estudio de mercado eficiente o no hay la suficiente información.

En este estudio, comprobaremos que el uso del encofrado metálico a pesar de tener un costo inicial más elevado, con el transcurso del tiempo, resulta ser más efectivo y rentable, tanto para la calidad de la edificación y el avance en el proceso constructivo de la obra, que es lo que más buscamos hoy en día tanto nosotros como profesionales y la empresa constructora.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate two types of formwork systems, we refer to traditional wooden formwork and metal formwork, in which the cost of the material used, the labor and the progress of the construction will be taken into account. in the city of Trujillo. As we can see, currently the technologies of the construction sector continue to advance, not only in software and programs dedicated to the preliminary design of a construction, but also in the execution part of it, where everything becomes reality and we must be aware of how to take advantage of the innovations in construction processes, many times in the construction part we cling to working in the traditional way and we let ourselves be carried away by the phrase "it has always been done this way", perhaps because we do not have clear information about what is being presented to us, since there is not an efficient market study or there is not enough information.

In this study, we will verify that the use of metal formwork, despite having a higher initial cost, over time, turns out to be more effective and profitable, both for the quality of the building and the progress in the construction process of the structure. work, which is what we are most looking for today, both us as professionals and the construction company.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De acuerdo con los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, ofrecemos esta tesis titulada: “Evaluación de costo-beneficio entre el encofrado metálico y el tradicional en losa aligerada en “Construcción, edificio oficinas El Golf”- El Golf, Trujillo”, con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El contenido de la presente tesis ha sido elaborado considerando las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, aplicación de conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional en la universidad, con recomendaciones de profesionales expertos y con información de fuentes bibliográficas especializadas.

Br. AGUILAR CALIPUY LESLYE
MARILYN

Br. CHICO LEÓN GIANFRANCO

Trujillo, abril del 2022

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Problema de investigación	1
1.1.1.	Realidad Problemática	1
1.1.2.	Enunciado del Problema	3
1.2.	Objetivos	3
1.2.1.	Objetivo General	3
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.3.	Justificación del estudio.....	4
II.	MARCO DE REFERENCIA.....	5
2.1.	Antecedentes del estudio	5
2.2.	Marco Teórico	15
2.2.1.	Encofrado	15
2.2.2.	Sistema de encofrado metálico.....	17
2.2.3.	Clasificación de los encofrados	17
2.2.4.	Puntales para el encofrado metálico.	21
2.2.4.1.	Componentes de puntales	21
2.2.4.2.	Accesorios para puntales	22
2.2.4.2.1.	Cabezal puntal	22
2.2.4.2.2.	Soporte puntal.....	23
2.3.	Marco conceptual.....	24
2.4.	Hipótesis	25
2.5.	Variables e indicadores	26
2.5.1.	Variable independiente	26
2.5.2.	Variable dependiente	26
2.5.3.	Operación de variables	27
III.	METODOLOGÍA EMPLEADA.....	28
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	28
3.2.	Población y muestra de estudio	28
3.2.1.	Población.....	28
3.2.2.	Muestra.....	28
3.3.	Diseño de investigación.....	28
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación	29
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	30
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	30
4.1.	Análisis e interpretación de resultados.....	30

4.1.1.	Elaboración de cuadro de metrados con tiempo empleado.....	30
4.1.2.	Elaboración de cuadro para coeficientes de aporte de cuadrilla empleada. 33	
4.2.	Comparación de rendimientos de encofrado y desencofrado en losa aligerada. (m ² /día).....	80
4.3.	Comparación del costo unitario del encofrado y desencofrado metálico y tradicional.....	82
4.4.	Análisis de tiempo de duración y costo directo con encofrado y desencofrado tradicional de losa aligerada para la obra “Construcción, edificio oficinas el Golf”	83
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	84
5.1.	Conclusiones	92
5.2.	Recomendaciones	93
5.3.	Referencias Bibliográficas	94
5.4.	Anexos	97
5.5.	Panel fotográfico	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Encofrado de losa. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).....	18
Figura 2: Encofrado a una cara. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018)	19
Figura 3: Encofrado de columna. Fuente: Uma Encofrados Perú S.A. (2018).....	19
Figura 4: Encofrado de columna circular. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).	19
Figura 5: Encofrado auto trepante. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).	20
Figura 6: Encofrado guiado. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).	20
Figura 7: Encofrado configurable. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018)	21
Figura 8: Puntales. Fuente: Dacame S.L. (2018)	22
Figura 9: Disposiciones de soporte del cabezal puntal. Fuente: Dacame S.L. (2018).....	22
Figura 10: Cabeza puntal. Fuente: Dacame S.L. (2018).....	23
Figura 11: Soporte Puntal. Fuente: Dacame S.L. (2018).....	24
Figura 12: Cuadro utilizado para el metrado y tiempo empleado de las muestras obtenidas en campo para encofrado y desencofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	104
Figura 13: Cuadro utilizado para el coeficiente de aporte de cuadrilla de las muestras obtenidas en campo para encofrado y desencofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	104
Figura 14: Cuadro utilizado para el análisis de precios unitarios con las muestras obtenidas en campo del encofrado y desencofrado metálico de losas aligeradas. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	105
Figura 15: Plano de encofrado metálico de techo 2° Nivel de la obra "Construcción, edificio oficinas El Golf".....	108
Figura 16: Plano de encofrado metálico de techo 3° Nivel de la obra "Construcción, edificio oficinas El Golf".....	109
Figura 17: Plano de encofrado tradicional de techo 3° Nivel de la obra "Residencial Home Green"	110
Figura 18: Plano de encofrado tradicional de techo 4° Nivel de la obra "Residencial Home Green".....	111
Figura 19: Cuadro de Metrados de acuerdo a CAPECO Edición 2017.	112
Figura 20: Cuadro de Análisis de Costos Unitarios de acuerdo a CAPECO Edición 2017.....	113
Figura 21: Cuadro de Resultados de rendimiento (m ² /día) y coeficiente de aporte de cuadrilla de acuerdo a CAPECO Edición 2017.....	114
Figura 22: Cotización de UNISPAN, para la obra "Construcción, edificios oficinas el Golf". Página 01....	115
Figura 23: Cotización de UNISPAN, para la obra "Construcción, edificios oficinas el Golf". Página 02....	116
Figura 24: Cotización de UNISPAN, para la obra "Construcción, edificios oficinas el Golf". Página 03....	117
Figura 25: Encofrado metálico de losa aligerada en "Construcción, edificios oficinas el Golf" (2021).....	118
Figura 26: Desencofrado metálico de losa aligerada en "Construcción, edificios oficinas el Golf" (2021).	118
Figura 27: Estructuración de puntales a gran altura	119
Figura 28: Tomando medidas reglamentarias de 1.50m entre puntales.	119
Figura 29: Desencofrado tradicional de losa aligerada en "Residencial Home Green" (2021).	119
Figura 30: Encofrado tradicional de losa aligerada en "Residencial Home Green" (2021).	119

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables. Fuente: Elaboración propia (2021)	27
Tabla 2: Metrado y tiempo empleado para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).....	31
Tabla 3: Metrado y tiempo empleado para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	32
Tabla 4: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	34
Tabla 5: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	35
Tabla 6: Resultado de rendimiento (m ² /día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	36
Tabla 7: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	37
Tabla 8: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	38
Tabla 9: Resultado de rendimiento (m ² /día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	39
Tabla 10: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	40
Tabla 11: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	41
Tabla 12: Resultado de rendimiento (m ² /día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	42
Tabla 13: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	43
Tabla 14: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	44
Tabla 15: Resultado de rendimiento (m ² /día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	45
Tabla 16: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	46
Tabla 17: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	47
Tabla 18: Resultado de rendimiento (m ² /día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	48
Tabla 19: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	49
Tabla 20: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	50
Tabla 21: Resultado de rendimiento (m ² /día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	51
Tabla 22: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	52
Tabla 23: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	53

Tabla 46: Incidencia por 1m2 de encofrado metálico incluyendo el desencofrado metálico, Fuente: Elaboración propia en base a la asesoría determinada por el Ing. Eduardo Pellegrino Capristán.....	76
Tabla 47: Incidencia por 1m2 de encofrado tradicional incluyendo el desencofrado tradicional, Fuente: Elaboración propia en base a la asesoría determinada por el Ing. Eduardo Pellegrino Capristán.....	77
Tabla 48: Análisis de precio unitario para la partida "Encofrado y desencofrado metálico de losas aligeradas. Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	78
Tabla 49: Análisis de precio unitario para la partida "Encofrado y desencofrado de losas aligeradas convencionales". Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).	79
Tabla 50: Precio total de encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada en "Construcción, edificio oficinas el Golf". Fuente: Elaboración propia (2021).....	83
Tabla 51: Precio total de encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada en "Construcción, edificio oficinas el Golf". Fuente: Elaboración propia (2021).....	83
Tabla 52: Tiempo de ejecución en días de la partida de encofrado y desencofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).....	83
Tabla 53: Cuadro comparativo entre encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2022).....	91

INDICES DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparación de rendimientos de encofrado en losa aligerada (M2/DÍA), en base al análisis de los rendimientos del encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).....	80
Gráfico 2: Comparación de rendimientos de encofrado en losa aligerada. Elaboración propia, en base al análisis de los rendimientos del desencofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).	80
Gráfico 3: Comparación de rendimientos de desencofrado en losa aligerada (M2/DÍA), en base al análisis de los rendimientos del encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).....	81
Gráfico 4: Comparación de rendimientos de desencofrado en losa aligerada (%), en base al análisis de los rendimientos del encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).....	81
Gráfico 5: Análisis del costo unitario por m2/día de encofrado y desencofrado metálico y tradicional en losa aligerada. Elaboración propia (2021).....	82
Gráfico 6: Análisis del costo unitario por (%) de encofrado y desencofrado metálico y tradicional en losa aligerada. Elaboración propia (2021).....	82

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad Problemática

En las últimas décadas las innovaciones tecnológicas en el rubro de la construcción, han ido avanzando considerablemente, tanto en la ejecución de los proyectos como en los anteproyectos, siendo aplicados en este último, los programas o softwares que nos ayudan a ver cómo quedará nuestro proyecto al final de la ejecución, pero es en la ejecución de este mismo, en donde a veces nos olvidamos de las nuevas tecnologías que aparecen o nos aferramos a los procesos constructivos tradicionales, habiendo cada día nuevos procesos para optimizar el avance de obra, ahorrando tiempo y mano de obra. En esta ocasión nos enfocaremos en una herramienta de trabajo que no se emplea mayormente, por falta de información, costos u otras razones; nos referimos al encofrado metálico.

En el Perú, la ciudad que más está empleando esta herramienta, es la ciudad de Lima; en donde ya hay edificaciones construidas donde se implementó el encofrado metálico, con un resultado muy eficiente. Por ejemplo, una de las empresas que trabaja con dicha herramienta es; JJC contratistas Generales, no es ajena a los avances de la industria ya que tiene más de 60 años en el Perú (desde 1955), está ubicada entre las mejores del rubro. Una de sus obras realizadas fue el, “Condominio Real Carabayllo”, de viviendas multifamiliares realizada en su totalidad con muros de concreto armado y con encofrados modulares y auto trepantes. Es un proyecto ubicado en el distrito de Carabayllo y su finalidad era satisfacer la demanda de viviendas a menores costos y contribuir a la descentralización de la ciudad de Lima, y terminó cumpliendo su objetivo.

Actualmente, en la ciudad de Trujillo la mayoría de las construcciones de edificios, emplean el sistema de encofrado tradicional, ya que es el más

habitual en todas las zonas. Pero, un problema que se presenta al usar este sistema es el tiempo empleado, ya que tenemos que ver el tipo de madera, largo, ancho; los materiales a usar como clavos, alambre, barrotes, etc.; herramientas como el taladro, martillo, sierra; la mano de obra y, en la mayoría de ocasiones se causa lesiones al desencofrar los elementos estructurales, ya sean rupturas o fisuras causadas por los golpes dados al sacar la madera, los barrotes, al utilizar la pata de cabra u otras herramientas si es que no se tiene el debido cuidado.

Otro punto que abarcaremos es el tema medioambiental, dado que hoy en día vemos mucha deforestación mundialmente y Perú no es una excepción, la tala de árboles de manera ilegal es algo que no se puede parar por más que se trate y se tenga las medidas, el ámbito de la construcción es muy amplio, la cantidad de madera usada en las obras y el tiempo de vida que éstas tienen, hacen que renovemos la madera constantemente y no son sólo tablas, dado que se usan barrotes, topes, muertos y de la obra dónde son usados, no se rescata el 100% de la madera que ingresa, dado que tenemos que cortar, unir las maderas para llegar a la altura, el largo o el ancho. Todo ello conlleva al cambio constante de madera, lo cual contribuye a la tala de árboles y que puede ser disminuida al usar el encofrado metálico.

En esta oportunidad, nos centraremos en el encofrado metálico que es un material de construcción poco habitual e innovador. Este encofrado son planchas de metal con medidas reguladas según las dimensiones de los elementos estructurales que deseamos armar, con fácil y menor tiempo de instalación y de igual manera en el desencofrado, menos tiempo y con menos riesgo de dañar los elementos estructurales, generando así ahorro en la mano de obra y teniendo mejores acabados que es el objetivo principal en una construcción, dando así a conocer una nueva alternativa para emplear en el rubro de la construcción en la ciudad de Trujillo.

1.1.2. Enunciado del Problema

- ¿Cuál es el costo-beneficio entre el encofrado metálico y tradicional para losa aligerada en “Construcción, edificio oficinas el Golf”, Trujillo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la relación costo – beneficio que generan los encofrados metálicos de una losa aligerada, en contrapartida con los encofrados tradicionales en “Construcción, edificio oficinas el Golf”, Trujillo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los rendimientos del encofrado metálico para losa aligerada en la obra “Construcción, edificio oficinas el Golf” de la ciudad de Trujillo.
- Determinar los rendimientos del encofrado tradicional para losa aligerada en la obra “Residencial Home Green” de la ciudad de Trujillo.
- Realizar el análisis de precios unitarios para el encofrado metálico y de madera para losa aligerada en la obra “Construcción, edificio oficinas el Golf” de la ciudad de Trujillo.
- Analizar el aspecto ambiental entre el encofrado metálico y tradicional.
- Establecer el análisis comparativo entre ambos tipos de encofrado.

1.3. Justificación del estudio

La presente investigación es para establecer una mejor opción al momento de elegir un sistema de encofrado, que, en el caso de este estudio, es el encofrado metálico y el encofrado tradicional(madera); con el fin de beneficiar a las empresas, profesionales y personas involucradas al sector construcción, en ver cuál es el costo económico de ambos encofrados, la cuadrilla empleada y el rendimiento (tiempo de ejecución) en obra, el beneficio a través del tiempo, que es comprendido el número de usos de los encofrados; el acabado estructural de los elementos de concreto en dónde son empleados, todo ello a través de esta investigación.

Al hacer el análisis de los sistemas de encofrados antes mencionados, podemos ampliar el panorama de todos los que se dedican al sector construcción y además damos a conocer un tema del cuál no se habla o es dejado de lado, como es la deforestación desmedida de los bosques actualmente, dado que podemos notar que el encofrado tradicional usa como materia prima, la madera; al usar encofrado metálico, no sólo podemos ayudar al ecosistema del planeta, sino que conforme pase el tiempo, estaremos preservando este preciado recurso natural no renovable para el futuro que son los árboles, dado que nos suministra algo esencial para la vida que es el oxígeno y que una vez extinguidos, no habría manera de recuperarlos y así, nuestras futuras generaciones podrán tener un mejor estilo de vida, nuestros bosques podrán tener un respiro y por ende finalizar la tala ilegal de árboles.

Todo lo anteriormente mencionado, es con la finalidad de poder profundizar en el análisis del uso de los dos sistemas de encofrados: tradicional y metálico; dado que actualmente podemos observar la necesidad de emplear sistemas constructivos de rápida ejecución y menor presupuesto, para así poder justificar cuál resulta más eficiente dentro del campo de la construcción y también dentro del aspecto ambiental.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

Nacional

Antecedente 1: “ANÁLISIS DE COSTOS Y EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y CONVENCIONALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE LIMA”, Universidad Privada Antenor Orrego – Trujillo 2014, Autor: ORIBE ALVA YOSEP.

Este proyecto tuvo como objetivo investigar que tan costoso y eficiente resulta el empleo de encofrados metálicos a diferencia de las convenciones en la construcción de edificios de la ciudad de Lima.

En el proyecto también se obtuvo los costos de adquisición y mantención para cada tipo de encofrado, así mismo los costos de montaje, descimbre y todo otro costo relevante. También estimó los rendimientos diarios para ambos tipos de encofrados.

En la mano de obra se observó que para el encofrado de madera se necesita de alguien especializado, ya que para la construcción de un nuevo encofrado es necesario que lo realice un carpintero experto. Por otro lado, para el encofrado normalizado puede realizarlo cualquier obrero con previo entrenamiento, ya que es más fácil por lo que es una actividad repetitiva de ensamblaje de las piezas.

Tabla 2.09 Mano de obra sistema tradicional. Fuente: elaboración propia

SISTEMA TRADICIONAL DE MADERA				
MANO DE OBRA	Capacitación			Justificación
	alta	media	baja	
Mano de obra calificada	X			Maestros carpinteros
Necesidad de entrenamiento	X			Para nivelación y reparación
No. De personas necesarias		X		2

Tabla 2.10 Mano de obra sistema normalizado. Fuente: elaboración propia

SISTEMA NORMALIZADO				
MANO DE OBRA	Capacitación			Justificación
	alta	media	baja	
Mano de obra calificada			X	Obreros
Necesidad de entrenamiento		X		Entrenamiento para el ensamblaje
No. De personas necesarias		X		2

Con respecto a las herramientas, en el uso de los encofrados tradicionales se requirió más herramientas y equipos menores, los cuales son de gran importancia para tener buenos resultados en el elemento estructural, por el contrario, en el encofrado metálico dependía de los accesorios de anclaje y de fijación para que se pueda mantener estable y rígido en el momento del vaciado.

Tabla 2.11 Requerimientos del sistema. Fuente: elaboración propia

Requerimientos del sistema		
Recursos necesarios	Sistema tradicional de madera	Sistema normalizado
Mano de obra	Requiere ser especializada (carpinteros)	No requiere ser especializada
Equipos y maquinaria	Maderas: tablas y cuartones	Formaletas
	Clavos	Cuñas para conexión
	Cepillo de carpintero	
	Sierra de mesa	
	Niveles	
	Escuadra metálica	
	Martillo	
	Serrucho	
	Corbata	
Almacenamiento	Cinta métrica	Barniz anticorrosivo

Tuvo como resultado final que el uso de encofrados metálicos es más costoso que los encofrados de madera, pero resultaba más rentable ya que se pudo reutilizar más veces. También, se observó que los encofrados de madera representaban un alto costo en la construcción, donde su uso no pudo ser mayor de diez veces, debido a que se daña el material.

Adicionalmente, en los encofrados de madera se generó mayores desechos, debido a que la madera es más frágil y sensible a las herramientas empleadas para el desencofrado.

Por último, se pudo confirmar que el rendimiento del encofrado metálico es mayor a los encofrados tradicionales.

Antecedente 2: “ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS METÁLICOS Y MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE LA CIUDAD DEL CUSCO – 2017”, Universidad de San Antonio Abad del Cusco – Cusco 2019, Autor: Arapa Mamani Víctor Narcizo y Maldonado López Fanny.

Resumen:

Esta investigación de tesis se basó en la comparación y análisis del comportamiento estructural del sistema de encofrados de dos edificaciones, la primera construida con el encofrado de madera, en la obra “Mejoramiento de los servicios educativos de educación primaria de la I.E. N°51021 – Chachacomayoc en la Av. Los nicas, distrito de Wanchaq – Cusco – Cusco” y la segunda construida con el encofrado metálico, en la obra “Mejoramiento de los servicios educativos de la institución educativa primaria N° 50500- San Martín de Porres del centro poblado Huasao, distrito Oropesa – Cusco – Cusco.

Su objetivo principal fue comparar la eficiencia de los encofrados metálicos con respecto al encofrado tradicional en la construcción de edificios en la ciudad de Cusco – 2017, para llegar a su objetivo se cuantificó los costos de materiales y mano de obra al emplear ambos encofrados, y también se determinó el comportamiento estructural durante el vaciado del concreto.

Se llegó a la conclusión que, los encofrados metálicos tuvieron la ventaja del comportamiento estructural e hizo más eficiente la construcción. El encofrado tradicional es eficiente y económico para edificaciones pequeñas ya que sus elementos estructurales son de diferentes geometrías y tiene la facilidad de obtener los materiales que lo constituyen.

Antecedente 3: “APLICACIÓN DE ENCOFRADOS MODULARES EN VIVIENDAS MULTIFAMILIARES Y PRODUCTIVIDAD EN OBRA-CONDOMINIO REAL CARABAYLLO EN EL 2016”, Universidad Cesar Vallejo – Lima 2017, Autor: Bach Briceño Huamaní Efraín Ponciano.

Resumen:

Este proyecto estableció la aplicación de encofrados modulares en viviendas multifamiliares para aumentar la productividad en obra “Condominio Real Carabayllo”. Se utilizó un 75% de encofrados metálicos y el 25% de encofrados de madera.

Los precios de encofrados en muros por m2 y por módulos fueron los siguientes:

Tabla 6

Precios y costos de los encofrados en muros por m2 y por módulos

PRECIOS DE ENCOFRADOS (de 01 modulo)				
DESCRIPCIÓN	metrado por módulos m2	Precio de encofrados m2	precios por módulos	10 usos en 03 mese
MADERA EN MUROS	280	S/.19,20	S/.5.376,00	S/.53.760,00
METÁLICO EN MUROS	280	S/.9,29	S/.2.601,20	S/.7.803,60

Comparativa de precios y costos de los encofrados en losas por m2 y por módulos fueron los siguientes:

Tabla 7

Comparativa de precios y costos de los encofrados en losas por m2 y por módulos

PRECIOS DE ENCOFRADOS (de 01 modulo)				
DESCRIPCIÓN	metrado por módulos m2	Precio de encofrados m2	precios por módulos	10 usos en 03 mese
MADERA EN LOSAS	75	S/.9,80	S/.735,00	S/.7.350,00
METÁLICO EN LOSAS	75	S/.27,90	S/.2.092,50	S/.6.277,50

Tiempo de ejecución de los encofrados en madera y encofrados modulares metálicos fueron los siguientes:

Tabla 8

Analisis de tiempos de ejecución de los encofrados en madera y encofrados modulares metálicos.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE ENCOFRADOS (de 01 modulo)				
DESCRIPCIÓN	m2	HH/empleadas	Cuadrillas	días a terminar 01 modulo
MADERA EN MUROS	280	448	(01 capataz+02operarios + 02 oficiales +03 ayudantes)	7
METÁLICO EN MUROS	280	256	(01 capataz+02operarios + 02 oficiales +03 ayudantes)	4

TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE ENCOFRADOS (de 01 modulo)				
DESCRIPCIÓN	m2	HH/empleadas	Cuadrillas	días a terminar 01 modulo
MADERA EN LOSAS	75	72	(01 capataz+02operarios + 02 oficiales +03 ayudantes)	1,5
METÁLICO EN LOSAS	75	48	(01 capataz+02operarios + 02 oficiales +03 ayudantes)	1

El rendimiento de encofrados en muros y losas fueron los siguientes

Tabla 9 : Rendimiento de encofrados en muros y losas

RENDIMIENTO DE ENCOFRADOS (de 01 modulo)				
DESCRIPCIÓN	m2	HH/empleadas	días a terminar 01 modulo	RENDIMIENTO m2/día
MADERA EN MUROS	280	448	7	40
METÁLICO EN MUROS	280	256	4	70

RENDIMIENTOS DE ENCOFRADOS (de 01modulo)				
DESCRIPCIÓN	m2	HH/empleadas	días a terminar 01 modulo	RENDIMIENTO m2/día
MADERA EN LOSAS	75	72	1,5	50
METÁLICO EN LOSAS	75	48	1	75

Las conclusiones a las que se llegó después de los resultados mostrados fueron:

Al establecerse un porcentaje mayor en el uso de encofrados metálicos (75%), aumentó la productividad de ese tipo de edificación.

Se determinó que, a pesar del precio elevado de los encofrados metálicos con respecto a los encofrados de madera, resulta más productivo trabajar en ese tipo de obras con los encofrados metálicos ya que tienen un uso máximo de 150 veces, a diferencia de los encofrados de madera que solo duraban 10 usos.

Con respecto al tiempo de instalación de los encofrados modulares en dicha obra, los encofrados de madera en muros y losas se utilizó 520 horas hombres (100%), a diferencia de los modulares metálicos que se requirió 304 horas hombre (58.46%), lo cual comprobó que los modulares reducían el tiempo de instalación en un 41.54%.

Se demostró que la aplicación de encofrados modulares, benefició e incrementó los rendimientos medidos en m2. Los encofrados de madera en muros, su rendimiento fue es 40m2/día, en cambio, los modulares eran de un 70m2/día. Y en las losas, los encofrados de madera tuvieron un rendimiento de 50m2/día, frente a los modulares que eran de 75m2/día. Siendo así que la actividad de los módulos con encofrados modulares se concluyera en 5 días, frente a encofrados tradicionales que se realizó en 8.5 días.

Antecedente 4: “ANALISIS COMPARATIVO DEL ENCOFRADO METALICO Y ENCOFRADO DE MADERA EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CUSCO”, Universidad Nacional de Ingeniería – Lima 2019, Autor: Gonzales Velarde Mauricio Alberto y Villaroel Vilca Federico Roberto.

Resumen:

Este proyecto se basó en la comparación y análisis del comportamiento estructural del sistema de encofrados de dos edificaciones, la primera construida con el encofrado de madera, en la obra “Mejoramiento de los servicios educativos de educación primaria de la I.E. N° 50272 – Santa María del Cusco” y la segunda construida con el encofrado metálico, en la obra “Mejoramiento de los servicios educativos de la institución educativa primaria N° 50743 – Chuchico – Cusco”.

Tuvo como objetivo general comparar la eficiencia de los encofrados metálicos con respecto al encofrado de madera en construcciones de edificios en la ciudad del Cusco. Se cuantificó los costos de materiales y mano de obra al emplear ambos tipos de encofrados; y se determinó el comportamiento estructural de los encofrados metálicos y los encofrados de madera durante el vaciado del concreto en las edificaciones de la ciudad del Cusco.

La comparación que se realizó en mano de obra le dio el siguiente resultado:

MANO DE OBRA	Capacitación en Encofrado de Madera				Capacitación en Encofrado Metálico			
	Alta	Media	Baja	Justificación	Alta	Media	Baja	Justificación
Mano de obra calificada	X			Maestro y oficial carpintero		X		Oficial carpintero y Peón
Necesidad de entrenamiento	X			Preparación, armado de formaletas y asegurado de elemento.		X		para el ensamblaje y aplomado del elemento estructural
N° de personas necesarias.		X		3		X		2

Fuente: Observación propia en campo.

Las herramientas que identificaron para el uso de ambos encofrados, fueron:

Recursos Necesarios	Encofrado de Madera	Encofrado Metálico
Equipos y Maquinarias portátiles	1.- Lápiz de carpintero	1.- Martillo
	2.- Sierra circula eléctrico portátil	2.- Tubo manual
	3.- Cepillo de mano o eléctrico	3.- Martillo extractor
	4.- Cizalla de mano	4.- Espátula
	5.- Nivel de mano.	5.- Brocha
	6.- Escuadra metálica	6.- Flexometro de 5m.
	7.- Martillo, Comba.	
	8.- Plomada de centro	
	9.- Barretilla o diablo	
	10.- Flexo metro (de 5 metros)	
	11.- Cordel.	
	12.- Tiralineas.	
	13.- Broca de 3/8"	
	14.- Manguera	
	14.- Martillo de uña	
15.- Taladro eléctrico portátil		
Almacenamiento	1.- Petróleo	1.- Barniz anticorrosivo

Fuente: Observación propia en campo.

El número de usos del encofrado metálicos, en Cusco

Item	Dirección de Obras ejecutadas	Empresa	Sistema de encofrado	Numero de Usos	Observación
1	Av. Huayruropata 1 600	Inmobiliaria "AR"	EFCO	125	Dato obtenido de entrevista
2	Av. Velasco Astete D-7	Inmobiliaria "ESPACIO"	UNISPAN	168	Dato obtenido de entrevista
3	Psj. Ayacucho R2-14	Inmobiliaria "ARQUILANDEM"	FORZA	140	Dato obtenido de entrevista
4	Jr. Acomayo C-21-20	Inmobiliaria "EL EDEM"	EFCO	210	Entrevista a operarios
5	Av. Velasco Astete F-8	ARCONGER SRL	EFCO	150	Entrevista a Gerente
6	Urb. Larapa Grande C-8	FREAK Constructores y Consultores	EFCO	140	Entrevista a Gerente de Operaciones.
7	UAC Collana San Jerónimo	PUMA Asociados SCRL	EFCO	160	Entrevista a proveedor de encofrado
8	Calle Tomas Katari, Cusco	Encofrados y Puntales Cusco	FORZA	135	Entrevista a propietario
PROMEDIO DE NUMERO USOS:				153,5	

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de rendimientos

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado de Triplay		Encofrado Metálico	
	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)	Área (m2)	Rendimiento (m2/día)
COLUMNAS	8,69	11,484	6,26	9,069	4,80	17,247
VIGAS	3,73	9,709	-	-	7,77	15,513
LOSA	17,49	10,734	-	-	19,14	49,188

Comparación de tiempos

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado de Triplay		Encofrado Metálico	
	Área (m2)	Tiempo (horas)	Área (m2)	Tiempo (horas)	Área (m2)	Tiempo (horas)
COLUMNA	8,69	6,07	6,26	5,49	4,80	2,25
VIGAS	3,73	3,08			7,77	4,01
LOSA	17,49	12,10			19,14	3,12

Comparación del número de usos

Descripción	Encofrado de Madera		Encofrado Metálico	
	Numero de usos	Tipo de material	Numero de usos	Marca o fabricante
COLUMNAS	5	Madera	1500	FORMESAN
	4	Fenólico	1000	METALEX
VIGAS	5	Madera	1500	FORMESAN
	4	Fenólico	1000	METALEX
LOSA	5	Madera	1500	FORMESAN
	4	Fenólico	1000	METALEX

Al comparar las dos instituciones educativas, concluyeron a analizar las ventajas y desventajas del encofrado de madera, triplay y metálico:

Encofrado con Madera	Encofrado con Triplay	Encofrado Metálico
Mano de obra disponible por ser tradicional. Personal calificado.	Mano de obra medianamente disponible en el medio.	Mano de obra disponible. No se requiere personal especializado.
Rendimiento en columna: 11,484 metros cuadrado por día en nuestro medio. 01operario más 01 oficial.	Rendimientos en columna: 09,069 metros cuadrado por día en nuestro medio. 01operario más 01 oficial.	Rendimientos en columna: 16.50 metros cuadrado por día en nuestro medio. 01 oficial más 01 peón.
Reutilizable de 4 a 7 usos según, el trato en la manipulación del sistema.	Reutilizable de 4 usos, según el trato en la manipulación del sistema.	Reutilizable de 150 usos a más, según el trato en la manipulación del sistema.
Adaptable a cualquier forma geométrica del elemento estructural.	Flexibilidad adaptable a cualquier forma geométrica del elemento estructural.	Formas ya definidas y tiene que ser modulado al dimensionamiento de los vanos.
Tiene un costo intermedio entre los tipos de encofrado analizado es 52,23 Nuevos Soles por m2. Considerando 4 usos.	Tiene el costo más elevado de los tipos de encofrado analizado es 68,00 Nuevos Soles por m2. Considerando 4 usos.	Mucho más económico si se tiene varios elementos de similar geometría. El costo es 23,89 Nuevos Soles por m2. Considerando 150 usos.
Mayor deformación ante factores climáticos, según el mantenimiento que se da (mantenimiento moderado).	Mayor deterioro ante factores climáticos, según el mantenimiento que se da (mantenimiento cuidadoso).	Menor deterioro ante factores climáticos, según el mantenimiento que se da (mantenimiento simple).

En cuanto al comportamiento estructural tiene como ventaja, el encofrado metálico, ya que durante el proceso de vaciado tenía menos

deformaciones laterales. Se realizó una prueba en el laboratorio, donde el encofrado metálico sufrió una deformación lateral de 1,13mm; en cambio, el encofrado de madera sufrió una deformación lateral de 2,82mm, la causa principal fue que se utiliza alambre #8 para asegurar los barrotes y eso son los que sufren estiramientos en dirección horizontal.

Antecedente 5: “DISEÑO DE SISTEMA DE ENCOFRADOS EN LA PROVINCIA DE ANGARAES - HUANCVELICA”, Universidad Nacional de Huancavelica – Liray - Huancavelica 2016, Autor: Laura Delgado Tania.

Resumen:

Este proyecto tuvo como objetivo ofrecer al carpintero o maestro de obra una guía que le ayude al diseño de los encofrados cumpliendo los requerimientos de las normas.

ENCOFRADO PARA LOSAS MACISAS:							
SEPARACION MAXIMA DE LAS CARRERAS							
σ	=	100.00 Kg/cm ²					
E	=	90000.00 Kg/cm ²					
σ	=	8.00 Kg/cm ²					
tabla para espesores de tableros corridos de d= 3.00 cm							
separacion de carreras (mts)							
SEPARACION DE LOSAS (CM)							
Efecto	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
Flexion	2.16	1.79	1.55	1.39	1.27	1.17	1.10
Corte	8.21	5.47	4.10	3.28	2.74	2.34	2.05
Flecha	1.40	1.27	1.18	1.11	1.06	1.02	0.99
FUENTE: PROPIA				TABLA # 1			

SEPARACION MAXIMA DE LOS PUNTALES (MT)				
Tableros corridos de d= 3.00 cm de espesor				
Espesor de la losa (cm)	separac. de	Efecto	Separación de	
			5 X 8 cm	5 X 10 cm
10	1.40	Flexion	1.1	1.4
		Corte	0.8	0.9
		Flecha	1.17	1.23
15	1.27	Flexion	1.1	1.4
		Corte	0.7	0.7
		Flecha	1.05	1.11
20	1.18	Flexion	1.1	1.4
		Corte	0.6	0.6
		Flecha	0.98	1.04
25	1.11	Flexion	1.1	1.4
		Corte	0.5	0.6
		Flecha	0.93	0.98
30	1.06	Flexion	1.1	1.4
		Corte	0.5	0.5
		Flecha	0.89	0.94
35	1.02	Flexion	1.1	1.4
		Corte	0.4	0.5
		Flecha	0.85	0.90
40	0.99	Flexion	1.1	1.4
		Corte	0.4	0.4
		Flecha	0.82	0.87
FUENTE: PROPIA			TABLA # 2	

El resultado de dicha tesis es un texto guía de edificación para losas, vigas y columnas, nos proporciona un esquema de cálculos mediante tablas y gráficas de fácil aplicación. También se pudo establecer que los encofrados metálicos son muy costosos a diferencia del tradicional (madera), pero a largo plazo resultaba más rentable debido a que se puede utilizar más veces.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Encofrado

Es un equipo de trabajo que sirve como molde en las estructuras de concreto para darle la forma deseada según lo requiera la estructura, asegura la protección del concreto hasta su endurecimiento o fraguado, asegura la colocación correcta de las armaduras, protege al concreto de golpes, factores de temperatura y de la pérdida de agua.

En el “RNE, (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, E.060. Concreto Armado, Artículo 6. ENCOFRADOS, ELEMENTOS EMBEBIDOS Y JUNTAS”, se nos dan las consideraciones a tener en cuenta para el diseño del encofrado y nos dice lo siguiente:

“6.1. Encofrados

Los encofrados deberán permitir a la estructura cumplir con los perfiles, niveles, alineamientos y especificaciones técnicas dadas en los planos, también nos indica que los encofrados y los soportes deberán estar correctamente arriostrados, deben estar diseñados y construidos de tal forma no provoque daños a las estructuras; en su diseño se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones, cito tal cual en el RNE:

- a) Velocidad y procedimiento de colocación del concreto.
- b) Cargas de construcción, verticales horizontales, y de impacto.
- c) Requisitos de los encofrados especiales empleados en la construcción de cascaras, cúpulas, concreto arquitectónico o elementos similares.
- d) Deflexión, contraflecha, excentricidad y subpresión.
- e) La unión de los puntales y sus apoyos.
- f) Los encofrados para elementos presforzados deberán diseñarse y construirse de manera tal que permitan las deformaciones del elemento sin causarle daño durante la aplicación de la fuerza de presfuerzo.

Los encofrados deberán ser lo suficientemente impermeables para impedir la pérdida de mortero o lechada.

6.2. Remoción de encofrados y puntales

No se deberán aplicar cargas de construcción y ningún puntal o elemento de sostén deberá ser retirado en el proceso de construcción. Tanto el análisis estructural de los encofrados, como los resultados de los ensayos realizados a estos, deberán ser dados al inspector cuando este los requiera.”

Algunos manuales de “Diseño y construcción de encofrados” nos habla sobre los espesores de los encofrados para los distintos elementos estructurales.

- **Encofrado en columnas:** Son tablas conformadas de madera con un espesor de 1" o 1.1/2", el largo y ancho está definido por el elemento a encofrar.
- **Encofrado de muros:** Son tablas conformadas de madera con un espesor de 1" o 1.1/2" en anchos de 6", 8" o 10".
- **Encofrado de vigas:** Son tablas conformadas de madera con un espesor de 1" o 1.1/2", el largo y ancho está definido por el elemento a encofrar.
- **Encofrado de techos:** Son tablas conformadas de madera con un espesor de 1" o 1.1/2".

2.2.2. Sistema de encofrado metálico

Con la implementación de nuevas tecnologías a nivel mundial, el mundo está avanzando y el ámbito de la ingeniería civil no se escapa de esto, de seguir avanzando, creando nuevas tecnologías en todos los aspectos, en este proyecto nos enfocaremos en el encofrado metálico.

En la necesidad de conseguir nuevos materiales, más livianos en algunas ocasiones que la madera, más resistentes, económicos y que ayuden al medio ambiente evitando la tala de árboles, surgen estas nuevas tecnologías en el encofrado, de distintos materiales, tales como: metálicos, plástico, fibra, entre otros que poco a poco están reemplazando al encofrado tradicional.

2.2.3. Clasificación de los encofrados

De acuerdo a Ulma Encofrados Perú S.A. (2018), nos da la siguiente clasificación:

2.2.3.1. Encofrado horizontal

Cubre todo tipo de aplicaciones como son las losas aligeradas y macizas, inclinadas, voladizos, vigas, dando excelentes acabados y dado que son elementos prefabricados brindan un mayor estándar de seguridad a los operarios.



Figura 1: Encofrado de losa. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).

2.2.3.2. Encofrados verticales

a. Encofrado de muros y columnas

Son encofrados modulares, robustos o flexibles para todo tipo de construcción vertical, como son las columnas, muros a una cara, columnas circulares de distintos diámetros. Son sistemas con gran variedad de paneles y diversidad reducida de componentes configurables y compatibles para todos los paneles, permiten el montaje manual o con grúa.



Figura 2:Encofrado a una cara. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).



Figura 3:Encofrado de columna. Fuente: Uma Encofrados Perú S.A. (2018).



Figura 4:Encofrado de columna circular. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).

b. Encofrados trepantes

Entre este tipo de encofrados tenemos el sistema de encofrado auto trepante, que no tiene necesidad del uso de grúa, lo cual agiliza los tiempos en el montaje y la manipulación en la construcción.

Sistema de encofrado trepante guiado y configurable para la construcción de edificios de gran altura, son izados con grúa y de alta flexibilidad.

Sistema de encofrado trepante fijo indicado para la construcción de muros a dos caras y columnas, son izados con grúa.



Figura 5:Encofrado auto trepante. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).



Figura 6:Encofrado guiado. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).



Figura 7: Encofrado configurable. Fuente: Ulma Encofrados Perú S.A. (2018).

2.2.4. Puntales para el encofrado metálico.

Los puntales, están diseñados especialmente para el apuntalamiento de encofrado horizontales, se tiene que respetar las recomendaciones de montaje y las limitaciones de carga, que nos proporciona la empresa al momento de alquilar o comprar el encofrado metálico.

2.2.4.1. Componentes de puntales

Según DECAME S.L. (2018), nos dice que sus componentes son:

1. Placas de base cuadrada de 120x120mm, de 5MM de espesor con estampaciones de refuerzo y agujero central de diámetro 35mm para montaje de sistema de encofrado o cabezal puntal. Con 2 agujeros adicionales de diámetro 9mm.
2. Tubo interior con talador de 12mm de diámetro, separados cada 100mm para regulación principal.
3. Arandela y pasador de seguridad de 10mm de diámetro (\varnothing 14mm en puntal de 5m). Forman el dispositivo para la regulación principal de la altura deseada.
4. Cazalota con doble asa y rosca interior para regulación fina.
5. Tubo exterior con marchos roscados.



Figura 8: Puntales. Fuente: Dacame S.L. (2018).

2.2.4.2. Accesorios para puntales

De acuerdo a DACAME S.L. (2018), nos hace referencia a dos accesorios, que son:

2.2.4.2.1. Cabezal puntal

El cabezal puntal de 4 puntas, tiene en su base una placa de 6mm de espesor, además 4 perfiles tipo “L” 30x30mm, los cuales son como guías verticales de longitud 180mm con agujero de 7mm en el extremo superior para poder fijar las vigas.

Su propósito es soportar encofrados de perfiles o vigas H20. Se dispone de dos disposiciones:

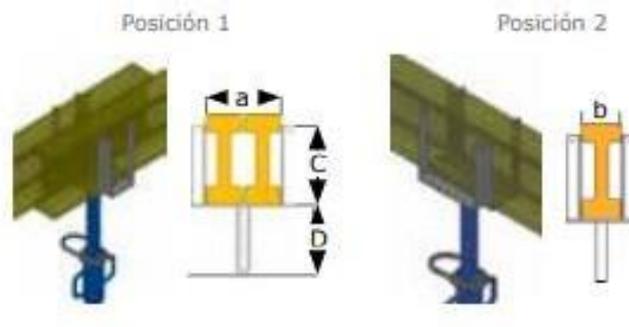
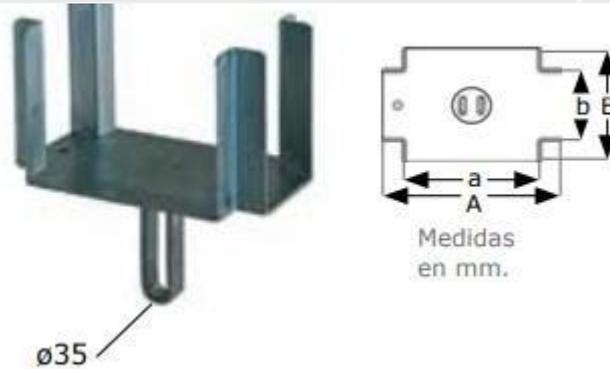


Figura 9: Disposiciones de soporte del cabezal puntal. Fuente: Dacame S.L. (2018).

La espiga puede ser introducida en tubos de diámetro interior mínimo de 35mm. Galvanizada en caliente con un espesor de 75 micras.

ELEMENTO	Peso (kg)
CABEZAL PUNTAL (GA)	2,4



a	A	b	B	C	D
170	230	85	145	180	150

Figura 10: Cabeza puntal. Fuente: Dacame S.L. (2018).

2.2.4.2.2. Soporte puntal

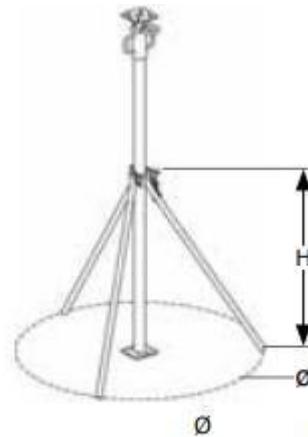
El soporte puntal, es un trípode que tiene como función durante el replanteo, sostener en su posición de trabajo los puntales.

Está constituido por una brida que tiene dos posiciones de cierre: para puntales de diámetro exterior 48mm y 56mm. El cierre se realiza mediante una cuña con cadena de seguridad. Artículo con 3 patas de tubo de 25MM con taco de goma en la base. Una de ellas desmontable, lo cual permite una mejor paletización y transporte. La fijación de efectúa mediante un pasador tipo "R".

ELEMENTO	Peso (kg)
SOPORTE PUNTAL (Ø48/Ø56) (PT)	3,4
SOPORTE PUNTAL (Ø48/Ø56) (GA)	3,5



Disponibles en dos acabados:
 • pintura epoxi (PT),
 • galvanizado en caliente (GA).



Medidas en mm.

Ø	H
750	880

Figura 11: Soporte Puntal. Fuente: Dacame S.L. (2018).

2.3. Marco conceptual

Rendimiento. Relación de la utilidad de una cosa en relación con lo que se gasta, con lo que cuesta y con la inversión o el trabajo de una persona.

Costo-beneficio. Es una herramienta que permite evaluar y comparar el costo versus el beneficio de un producto.

Sermaqui Perú (2018), define siguientes conceptos:

Chapas metálicas. Son paneles metálicos o chapas de diferentes dimensiones.

Esquinero interior. Son chapas metálicas en forma de “L”, las cuales cubren las esquinas interiores de la estructura al momento de hacer el encofrado.

Esquinero exterior. Cuenta con ranuras en el exterior que permite la unión ortogonal con las chapas metálicas a través de los juegos de cuñas.

Juegos de cuñas. Es un accesorio que permite unir los esquineros exteriores con las chapas metálicas, tiene la función de un cerrojo.

Rieles alineadores. Son perfiles fabricados de 40*60mm y 2mm de espesor que permiten la rigidez y alineación del encofrado.

Barras roscadas. Estas barras tienen un enroscado veloz, dado que cuenta con un hilo especial que permite la fácil limpieza del concreto.

Tuerca de plato. Tiene forma hexagonal y está unida a un plato, permitiendo así una mejor distribución al momento generado por la presión del vaciado del concreto.

Grampa. Es un accesorio que ayuda en la alineación del encofrado a una cara.

Ménsula de trepado. Es una escuadra con una baranda que permite el acceso del personal al momento de ser instalada, para los trabajos de altura.

Tensores. Son cuerpos tubulares ajustables con una tuerca incorporada que permite mantener el aplome del encofrado y soporta cargas a la vez.

Puntal de aplome. Permite mantener el aplome del encofrado, es metálico, telescópico y con una terminal móvil.

2.4. Hipótesis

El uso del encofrado metálico resulta más rentable en costo - beneficio en la construcción de edificios en la ciudad de Trujillo en tiempo de pandemia (2021 – 2022).

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Variable independiente

Costo - Beneficio del encofrado metálico.

Costo - Beneficio del encofrado tradicional.

2.5.2. Variable dependiente

Análisis de costos y rendimiento del encofrado metálico.

Análisis de costos y rendimiento del encofrado tradicional.

2.5.3. Operación de variables

Variables	Tipo	Dimensión	Indicador	Unidad	Instrumento
Costo – Beneficio del encofrado metálico	Independiente	Rendimiento de cuadrilla Costo unitario	Área	m2 S/.	Encofrado metálico.
Costo – Beneficio del encofrado tradicional	Independiente	Rendimiento de cuadrilla Costo unitario	Área	m2 S/.	Encofrado tradicional.
Análisis de costos y rendimientos del encofrado metálico	Dependiente	Costo Rendimiento por cuadrilla	Presupuesto Rendimiento	S/. HH	Cálculos de tiempo y cuadrilla empleado en obra.
Análisis de costos y rendimientos del encofrado tradicional	Dependiente	Costo Rendimiento por cuadrilla	Presupuesto Rendimiento	S/. HH	Cálculos de tiempo y cuadrilla empleado en obra.

Tabla 1: Operacionalización de variables. Fuente: Elaboración propia (2021).

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Investigación cuantitativa.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Cuadrilla conformada por 01 capataz, 01 operario y 01 peón, para el encofrado metálico de losa aligerada.

Cuadrilla conformada por 01 operario, 01 oficial y 01 peón, para el encofrado tradicional de losa aligerada.

3.2.2. Muestra

Rendimiento de 1 cuadrilla (capataz, operario y peón), en encofrado metálico de losa aligerada, jornada de 8 horas laborales en 6 días a la semana.

Se tomó como muestra en la obra 07 paños de losa aligerada, cuyas medidas de ancho y longitud están entre 3.25m y 6.75m y el área techada está entre 20.01m² y 35.85m², comprendidos en el 2do y 3er piso, ver Figura 15 y 16.

Rendimiento de 1 cuadrilla (operario, oficial y peón), en encofrado tradicional de losa aligerada, jornada de 8 horas laborales en 6 días a la semana

Se tomó como muestra en la obra 07 paños de losa aligerada, cuyas medidas de ancho y longitud están entre 2.33 m y 4.83m y el área techada está entre 7.57m² y 21.06m², comprendidos en el 3er y 4to piso, ver Figura 17 y 18.

3.3. Diseño de investigación

El tipo de investigación usada es cuantitativa, experimental, descriptiva comparativa, analítica, dado que consiste en recolectar y comparar dos

muestras, una muestra que corresponde al encofrado metálico para losa aligerada y otra muestra que corresponde al encofrado tradicional para losa aligerada, para así poder observar el comportamiento de las variables estudiadas.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Los datos recolectados para el encofrado metálico de losa aligerada se realizaron mediante el rendimiento de cuadrillas y el metrado, en el edificio “Construcción, edificio oficinas el Golf”, Trujillo.

Los datos recolectados para el encofrado tradicional de losa aligerada se realizaron mediante el rendimiento de cuadrillas y el metrado, en el edificio “Residencial Home Green”, Trujillo.

➤ Análisis de rendimientos diarios.

Se realizó el análisis de rendimiento siguiendo un formato de Excel dado en metros cuadrados (m²), y tiempo en horas (h) empleado en que se realizó el encofrado y desencofrado, metrando según el orden de las partidas dadas en la Norma Técnica de Metrados, tanto para el encofrado como para el desencofrado, tomando “X” como el ancho y “Y” como el largo del encofrado, determinando el tiempo en que se realizó este encofrado y desencofrado en minutos, realizando una regla de tres simple, determinando el rendimiento en 8 horas(480 min).

Este formato fue empleado tanto para el encofrado tradicional, como para el encofrado metálico, determinando así los rendimientos diarios obtenidos, sacando un promedio en metros cuadrados (m²) y tiempo en horas (h). Por último, se hizo un cuadro comparativo para obtener los rendimientos.

➤ Análisis de costos unitarios

Para el análisis de costos unitarios se usó un Excel donde están determinados los costos unitarios por metro cuadrado de ambos

encofrados, teniendo en ellos la mano de obra, materiales, equipos y accesorios a utilizar, dando un resultado final que fue anexado con el Excel del cuadro comparativo de los rendimientos, obteniendo así el resultado final.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Se analizó cuánto tiempo emplea cada cuadrilla para el encofrado y desencofrado metálico de cada paño de losa aligerada y cuánto es la inversión, en los encofrados UNISPAN.

Se analizó cuánto tiempo emplea cada cuadrilla para el encofrado y desencofrado tradicional de cada paño de losa aligerada y cuánto es la inversión de este encofrado.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados.

Se recopiló información de las siguientes obras: “Construcción edificio oficinas el Golf” y “Residencial Home Green”, de las cuales se tomaron los datos necesarios y se aplicaron las técnicas e instrumentos de investigación descritos a continuación.

4.1.1. Elaboración de cuadro de metrados con tiempo empleado.

Para este punto, se llenó el formato Excel con las dimensiones y tiempos empleados en cada paño de losa aligerada previamente seleccionadas. De esta manera, obtuvimos el metrado y el tiempo de ejecución en horas tanto del encofrado y desencofrado metálico de losa aligerada, como del encofrado y desencofrado tradicional de losa aligerada.

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	MEDIDAS		TOTAL	SUB TOTAL MINUTOS	SUB TOTAL HORAS	TOTAL M2/8 HORAS
				X(m)	Y(m)				
OE.2	ESTRUCTURAS								
OE.2.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO								
OE.2.3.9	LOSAS								
OE.2.3.9.2	LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES								
	PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2							
	ENCOFRADO								
	Paño 1		1	6.75	4.30	29.03	170	2.83	81.95
	Paño 2		1	5.40	4.30	23.22	130	2.17	85.74
	Paño 3		1	5.35	6.70	35.85	205	3.42	83.93
	Paño 4		1	5.80	3.45	20.01	160	2.67	60.03
	Paño 5		1	4.50	5.40	24.30	135	2.25	86.40
	Paño 6		1	3.35	6.20	20.77	125	2.08	79.76
	Paño 7		1	6.20	4.40	27.28	165	2.75	79.36
	DESENCOFRADO								
	Paño 1		1	6.75	4.30	29.03	120	2.00	116.10
	Paño 2		1	5.40	4.30	23.22	70	1.17	159.22
	Paño 3		1	5.35	6.70	35.85	170	2.83	101.21
	Paño 4		1	5.80	3.45	20.01	60	1.00	160.08
	Paño 5		1	4.50	5.40	24.30	65	1.08	179.45
	Paño 6		1	3.35	6.20	20.77	85	1.42	117.29
	Paño 7		1	6.20	4.40	27.28	115	1.92	113.86

Tabla 2: Metrado y tiempo empleado para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	MEDIDAS		TOTAL	SUB TOTAL MINUTOS	SUB TOTAL HORAS	TOTAL M2/8 HORAS
				X(m)	Y(m)				
OE.2	ESTRUCTURAS								
OE.2.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO								
OE.2.3.9	LOSAS								
OE.2.3.9.2	LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES								
	PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2							
	ENCOFRADO								
	Paño 1		1	3.80	4.18	15.88	370	6.17	20.61
	Paño 2		1	2.50	4.75	11.88	310	5.17	18.39
	Paño 3		1	3.25	2.33	7.57	250	4.17	14.54
	Paño 4		1	4.18	2.83	11.83	330	5.50	17.21
	Paño 5		1	3.80	4.18	15.88	390	6.50	19.55
	Paño 6		1	2.50	4.75	11.88	345	5.75	16.52
	Paño 7		1	4.83	4.36	21.06	480	8.00	21.06
	DESENCOFRADO								
	Paño 1		1	3.80	4.18	15.88	100	1.67	76.24
	Paño 2		1	2.50	4.75	11.88	78	1.30	73.08
	Paño 3		1	3.25	2.33	7.57	45	0.75	80.77
	Paño 4		1	4.18	2.83	11.83	70	1.17	81.12
	Paño 5		1	3.80	4.18	15.88	95	1.58	80.26
	Paño 6		1	2.50	4.75	11.88	75	1.25	76.00
	Paño 7		1	4.83	4.36	21.06	130	2.17	77.76

Tabla 3: *Metrado y tiempo empleado para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).*

4.1.2. Elaboración de cuadro para coeficientes de aporte de cuadrilla empleada.

Teniendo en cuenta el tiempo de ejecución obtenido para cada paño de losa aligerada. Se realizó un análisis de participación de la cuadrilla empleada en el encofrado y desencofrado metálico y tradicional; de esta manera, se obtuvo un factor de participación de los trabajadores que conformaron cada cuadrilla, el cual se empleó en el Análisis de costos unitarios.

Debemos resaltar que, para el encofrado y desencofrado metálico, la cuadrilla está conformada por 1 Capataz, 1 Operario y 1 Peón; en el caso del encofrado y desencofrado tradicional, la cuadrilla está conformada por 1 Operario, 1 Oficial y 1 Peón.

PAÑO 1					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	18	50.82	P =	$\frac{50.82}{480}$ min
		SUMATORIA	50.82	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		170	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		85	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 4: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 1					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	15	60.00	P =	$\frac{60.00}{480}$ min
		SUMATORIA	60.00	P =	0.1
HH	OPERARIO	120	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	60	240.00	P =	$\frac{240}{480}$ min
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 5: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 1				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	81.95	CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	116.10		
			CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
			FUENTE	PROPIA

Tabla 6: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 2					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	15	55.38	P =	$\frac{55.38}{480}$ min
		SUMATORIA	55.38	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		130	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		65	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 7: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 2					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	10	68.57	P =	$\frac{68.57}{480}$ min
		SUMATORIA	68.57	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		70	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		35	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 8: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 2				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	85.74	CAPATAZ	0.1
OPERARIO			1	
OFICIAL			-	
PEÓN			0.5	
DESENCOFRADO	m2	159.22		
			CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 9: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 3					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	$\frac{480}{\text{min}}$
HH	CAPATAZ	20	46.83	P =	$\frac{46.83}{480} \text{ min}$
		SUMATORIA	46.83	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480} \text{ min}$
		205	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480} \text{ min}$
		102.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 10: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 3					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	16	45.18	P =	$\frac{45.18}{480}$ min
		SUMATORIA	45.18	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		170	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		85	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 11: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 3				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	83.93	CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	101.21		
			CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 12: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 4					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	$\frac{480}{\text{min}}$
HH	CAPATAZ	17	51.00	P =	$\frac{51.00}{480}$ min
		SUMATORIA	51.00	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		160	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		80	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 13: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 4					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	8	64.00	P =	$\frac{64.00}{480}$ min
		SUMATORIA	64.00	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		60	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		30	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 14: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 4				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	60.03	CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	160.08		
			CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
			FUENTE	PROPIA

Tabla 15: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 5					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	$\frac{480}{\text{min}}$
HH	CAPATAZ	13	46.22	P =	$\frac{46.22}{480}$ min
		SUMATORIA	46.22	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		135	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		67.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 16: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 5					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	7	51.69	P =	$\frac{51.69}{480}$ min
		SUMATORIA	51.69	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		65	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		32.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 17: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 5				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	86.40	CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	179.45		
			CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 18: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 6					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	16	61.44	P =	$\frac{61.44}{480}$ min
		SUMATORIA	61.44	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		125	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		62.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 19: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 6					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	9	50.82	P =	$\frac{50.82}{480}$ min
		SUMATORIA	50.82	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		85	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		42.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 20: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 6				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	79.76	CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	117.29		
			CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 21: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 7					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	15	43.64	P =	$\frac{43.64}{480}$ min
		SUMATORIA	43.64	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		165	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		82.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 22: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado metálico en losa aligerada en Paño N°07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 7					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ	12	50.09	P =	$\frac{50.09}{480}$ min
		SUMATORIA	50.09	P =	0.1
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		115	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		57.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 23: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado metálico en losa aligerada en Paño N°07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 7				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	79.36	CAPATAZ	0.1
OPERARIO			1	
OFICIAL			-	
PEÓN			0.5	
DESENCOFRADO	m2	113.86		
			CAPATAZ	0.1
			OPERARIO	1
			OFICIAL	-
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 24: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada del paño 07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 1					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	370	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		370	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		185	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 25: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 1				
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN
				8 HORAS= $\frac{480}{\text{min}}$
HH	OPERARIO	100	480.00	$P = \frac{480.00}{480} \text{ min}$
		SUMATORIA	480.00	$P = \mathbf{1.0}$
HH	OFICIAL	100	480.00	$P = \frac{480.00}{480} \text{ min}$
		SUMATORIA	480.00	$P = \mathbf{1.0}$
HH	PEÓN	50	240.00	$P = \frac{240}{480} \text{ min}$
		SUMATORIA	240.00	$P = \mathbf{0.5}$

Tabla 26: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 1				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	20.61	CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	76.24		
			CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
	FUENTE	PROPIA		

Tabla 27: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada del paño 01. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 2					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	310	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	310	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	155	240.00	P =	$\frac{240}{480}$ min
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 28: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 2					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	78	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	78	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	39	240.00	P =	$\frac{240}{480}$ min
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 29: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 2				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	18.39	CAPATAZ	-
OPERARIO			1	
OFICIAL			1	
PEÓN			0.5	
DESENCOFRADO	m2	73.08		
			CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 30: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada del paño 02. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 3					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	250	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		250	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		125	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 31: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 3					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	45	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		45	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		22.5	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 32: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 3				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	14.54	CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	80.77		
			CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 33: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada del paño 03. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 4					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	330	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	330	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	165	240.00	P =	$\frac{240}{480}$ min
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 34: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 4					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	70	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		70	480.00		$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		35	240.00		$\frac{240}{480}$ min
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 35: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 4				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	17.21	CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
PEÓN			0.5	
DESENCOFRADO	m2	81.12		
			CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 36: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada del paño 04. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 5					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	390	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		390	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		195	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 37: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 5					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	95	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	95	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	47.5	240.00	P =	$\frac{240}{480}$ min
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 38: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 5				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	19.55	CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	80.26	CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
			FUENTE	PROPIA

Tabla 39: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada del paño 05. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 6				
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN
				8 HORAS= $\frac{480}{\text{min}}$
HH	OPERARIO	345	480.00	$P = \frac{480.00}{480} \text{ min}$
		SUMATORIA	480.00	P = 1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	$P = \frac{480.00}{480} \text{ min}$
		345	480.00	
		SUMATORIA	480.00	P = 1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	$P = \frac{240}{480} \text{ min}$
		172.5	240.00	
		SUMATORIA	240.00	P = 0.5

Tabla 40: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 6					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	75	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	75	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	37.5	240.00	P =	$\frac{240}{480}$ min
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 41: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 6				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	16.52	CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
DESENCOFRADO	m2	76.00		
			CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
	FUENTE	PROPIA		

Tabla 42: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada del paño 06. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 7					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	480	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		480	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		240	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 43: Coeficiente de aporte de cuadrilla para encofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 7					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	OPERARIO	130	480.00	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	OFICIAL	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{480.00}{480}$ min
		130	480.00		
		SUMATORIA	480.00	P =	1.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480 (MIN)	P =	$\frac{240}{480}$ min
		65	240.00		
		SUMATORIA	240.00	P =	0.5

Tabla 44: Coeficiente de aporte de cuadrilla para desencofrado tradicional en losa aligerada en Paño N°07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO 7				
ENCOFRADO	UND	RENDIMIENTO	CUADRILLA	
	m2	21.06	CAPATAZ	-
OPERARIO			1	
OFICIAL			1	
PEÓN			0.5	
DESENCOFRADO	m2	77.76		
			CAPATAZ	-
			OPERARIO	1
			OFICIAL	1
			PEÓN	0.5
FUENTE	PROPIA			

Tabla 45: Resultado de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla, para encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada del paño 07. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

4.1.3. Análisis de precios unitarios

Una vez obtenidos los datos del rendimiento y el coeficiente de aporte de la conformación de cuadrilla empleada para encofrado y desencofrado metálico y tradicional; se realizó un análisis de precio unitario.

Para el recurso de mano de obra, la cantidad colocada se determinó de acuerdo a los datos obtenidos en campo.

Para el recurso de materiales y equipos, la cantidad colocada correspondió a los valores del expediente técnico de cada presupuesto de las obras visitadas.

Con respecto al precio de todos los recursos, se obtuvo de acuerdo a los expedientes técnicos de cada presupuesto de las obras visitadas.

En este caso, como las partidas de encofrado y desencofrado metálico y tradicional, son una sola; y tenemos datos separados de cada una de ellas. Se realizó un análisis de incidencia por m², para poder tener un dato exacto del rendimiento para la partida de encofrado y desencofrado metálico y tradicional en ambas obras.

PARTIDA	Metrado total	Rendimiento	Días	Incidencia
ENCOFRADO	180.45	79.59	2.27	62.96%
DESENCOFRADO		135.32	1.33	37.04%
Total Días			3.60	100.00%
Rendimiento de encofrado incluyendo el desencofrado = 50.12m²				

Tabla 46: Incidencia por 1m² de encofrado metálico incluyendo el desencofrado metálico, Fuente: Elaboración propia en base a la asesoría determinada por el Ing. Eduardo Pellegrino Capristán.

PARTIDA	Metrado total	Rendimiento	Días	Incidencia
ENCOFRADO	95.98	18.27	5.25	81.00%
DESENCOFRADO		77.89	1.23	19.00%
Total Días			6.49	100.00%
Rendimiento de encofrado incluyendo el desencofrado = 14.80m²				

Tabla 47: Incidencia por 1m² de encofrado tradicional incluyendo el desencofrado tradicional, Fuente: Elaboración propia en base a la asesoría determinada por el Ing. Eduardo Pellegrino Capristán.

0E.2.3.8.2	PARTIDA	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO METALICO DE LOSAS ALIGERADAS				
	ESPECIFICACION			EQ	50.12	m2 / día
	UNIDAD	m2		HORAS	8.00	
	RENDIMIENTO	50.12	m2/día	COSTO UNITARIO	S/ 63.93	COSTO/M2
	CUADRILLA	O.1 DE CAPATAZ, 1 OPERARIO, 0.5 PEON				
DESCRIPCION DEL RECURSO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	0.1	0.02	27.54	0.44
OPERARIO		HH	1.00	0.16	22.96	3.67
PEON		HH	0.50	0.08	16.55	1.32
					COSTO MANO DE OBRA	5.43
MATERIALES						
SOPORTE DE LOSA PUNTAL		M2		1.00	12.60	12.60
FRISO DE LOSA		ML		0.13	8.70	1.12
REAPUNTALAMIENTO		M2		1.00	4.80	4.80
PLANCHA FENOLICO		M2		1.00	39.82	39.82
					COSTO MATERIALES	58.34
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3%	5.43	0.16
					COSTO EQUIPOS	0.16
					COSTO UNITARIO	63.93

Tabla 48: Análisis de precio unitario para la partida "Encofrado y desencofrado metálico de losas aligeradas. Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

0E.2.3.8.2	PARTIDA		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES			
	ESPECIFICACION			EQ	14.80	m2 / día
	UNIDAD	m2		HORAS	8.00	
	RENDIMIENTO	14.80	m2/día	COSTO UNITARIO	S/ 44.62	COSTO/M2
	CUADRILLA	1 OPERARIO, 1 OFICIAL, 0.50 PEON				
DESCRIPCION DEL RECURSO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA						
OPERARIO	HH	1.00	0.54	22.96	12.41	
OFICIAL	HH	1.00	0.54	18.36	9.93	
PEON	HH	0.50	0.27	16.55	4.47	
COSTO MANO DE OBRA					26.81	
MATERIALES						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8	KG		0.10	6.20	0.62	
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG		0.11	8.50	0.94	
MADERA TORNILLO	P2		5.15	3.00	15.45	
COSTO MATERIALES					17.01	
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	26.81	0.80	
COSTO EQUIPOS					0.80	
COSTO UNITARIO					44.62	

Tabla 49: Análisis de precio unitario para la partida "Encofrado y desencofrado de losas aligeradas convencionales". Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021)

4.2. Comparación de rendimientos de encofrado y desencofrado en losa aligerada. (m2/día)

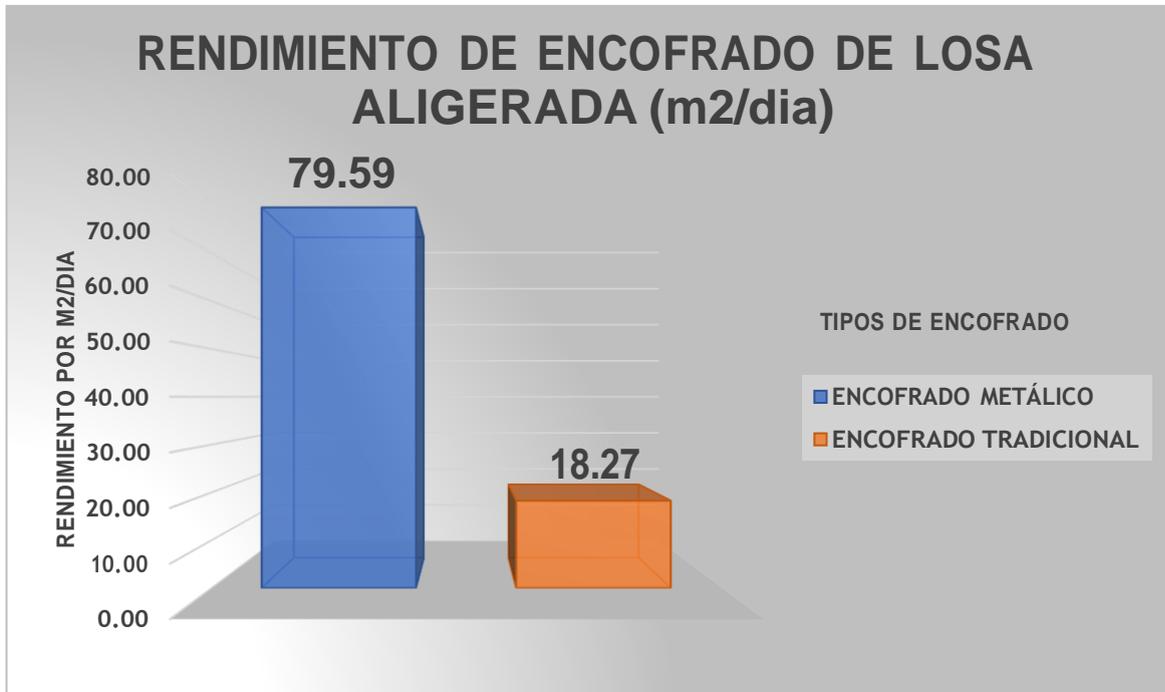


Gráfico 1: Comparación de rendimientos de encofrado en losa aligerada (M2/DÍA), en base al análisis de los rendimientos del encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).

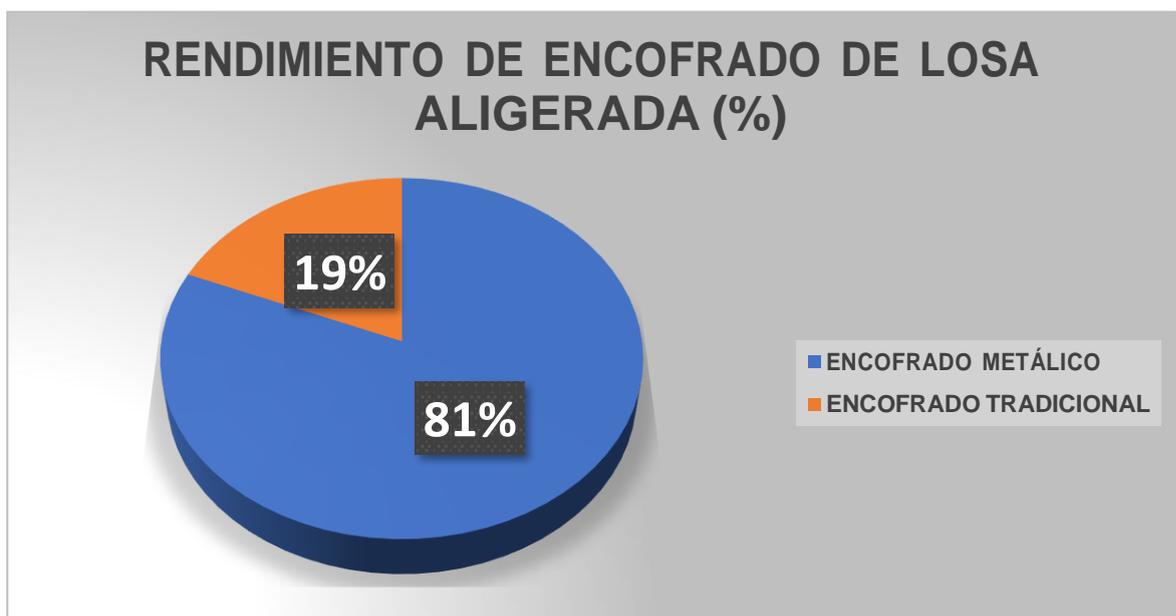


Gráfico 1: Comparación de rendimientos de encofrado en losa aligerada (%), en base al análisis de los rendimientos del encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).

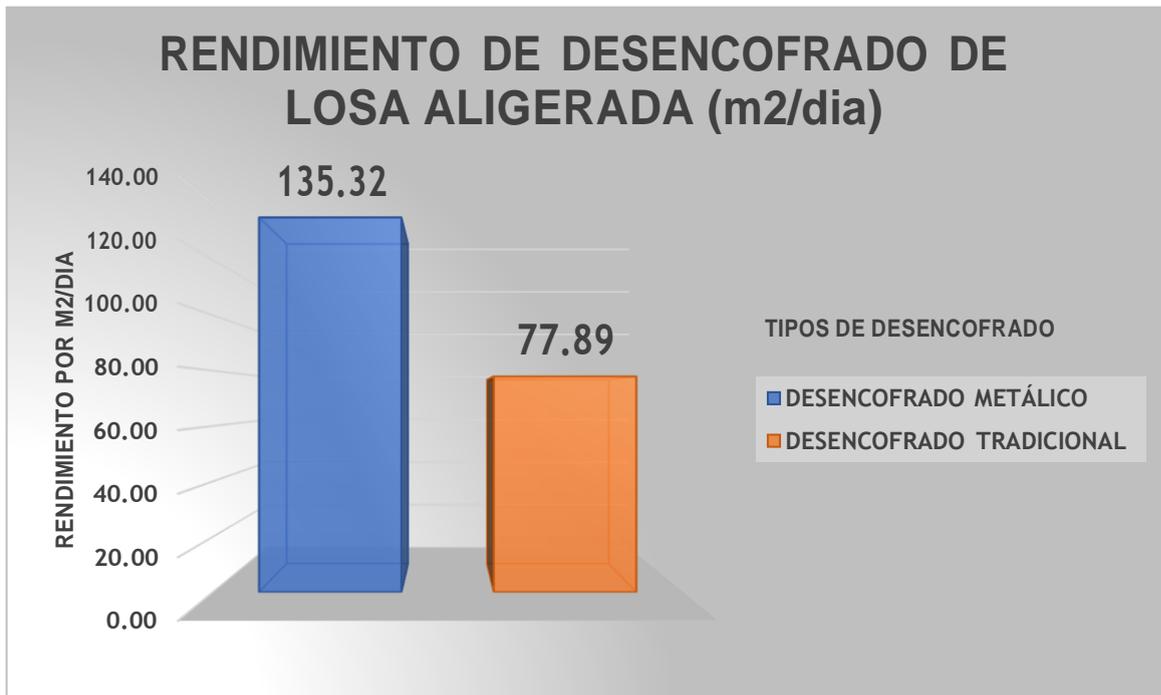


Gráfico 3: Comparación de rendimientos de desencofrado en losa aligerada (M2/DÍA), en base al análisis de los rendimientos del encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).

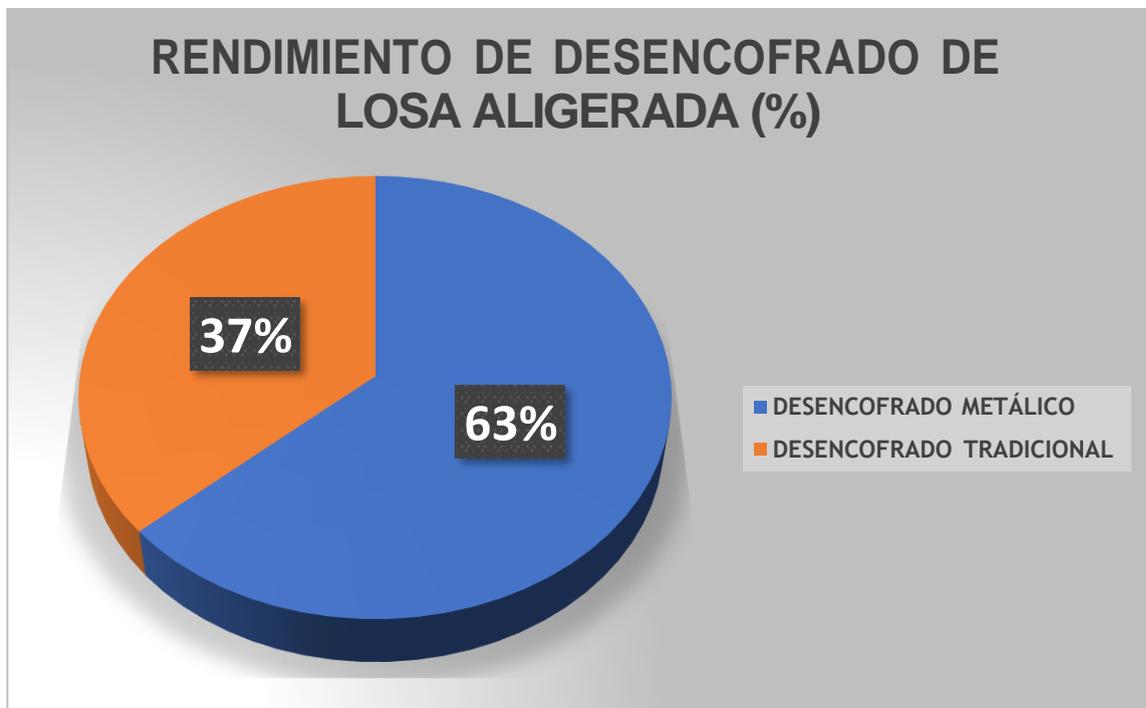


Gráfico 4: Comparación de rendimientos de desencofrado en losa aligerada (%), en base al análisis de los rendimientos del encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).

4.3. Comparación del costo unitario del encofrado y desencofrado metálico y tradicional.



Gráfico 5: Análisis del costo unitario por m²/día de encofrado y desencofrado metálico y tradicional en losa aligerada. Elaboración propia (2021).

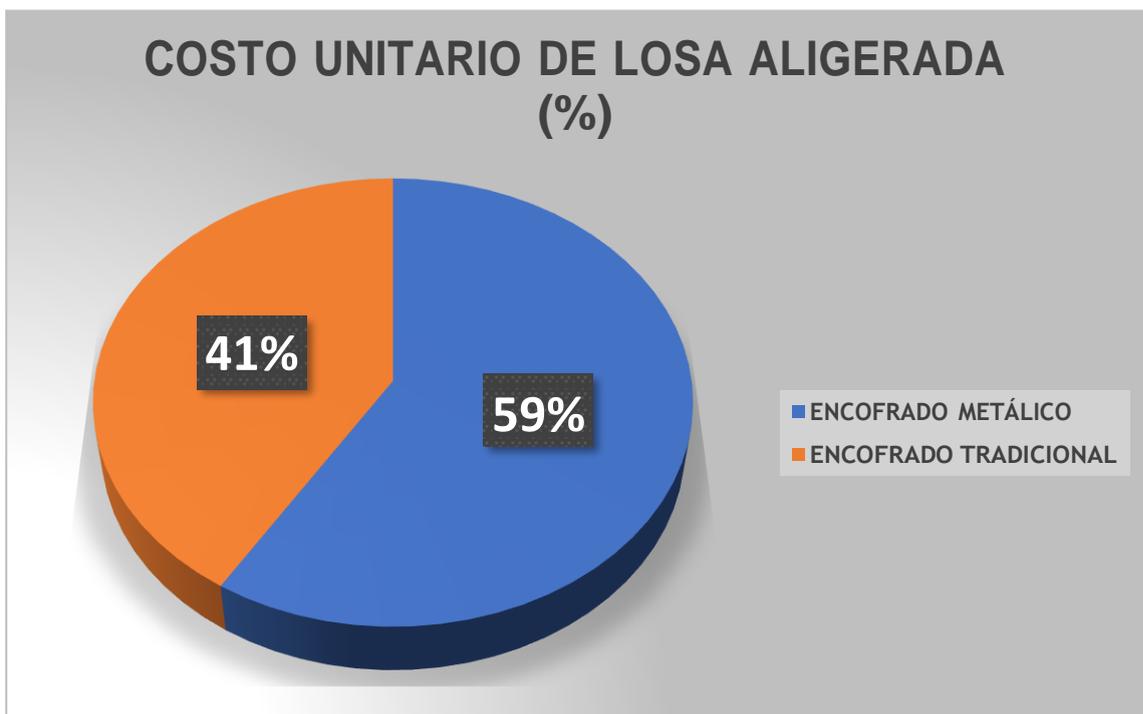


Gráfico 6: Análisis del costo unitario por (%) de encofrado y desencofrado metálico y tradicional en losa aligerada. Elaboración propia (2021).

4.4. Análisis de tiempo de duración y costo directo con encofrado y desencofrado tradicional de losa aligerada para la obra "Construcción, edificio oficinas el Golf".

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U.	TOTAL
OE.2	ESTRUCTURAS				
OE.2.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
OE.2.3.9	LOSAS				
OE.2.3.9.2	LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES				
	PARA EL ENCOFRADO Y DEENCOFRADO				
		m2	180.45	S/ 44.62	S/ 8051.68

Tabla 50: Precio total de encofrado y desencofrado tradicional en losa aligerada en "Construcción, edificio oficinas el Golf". Fuente: Elaboración propia (2021).

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U.	TOTAL
OE.2	ESTRUCTURAS				
OE.2.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
OE.2.3.9	LOSAS				
OE.2.3.9.2	LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES				
	PARA EL ENCOFRADO Y DEENCOFRADO				
		m2	180.45	S/ 63.93	S/ 11,536.17

Tabla 51: Precio total de encofrado y desencofrado metálico en losa aligerada en "Construcción, edificio oficinas el Golf". Fuente: Elaboración propia (2021).

TIEMPO DE EJECUCIÓN (DÍAS)	
ENCOFRADO METÁLICO	ENCOFRADO TRADICIONAL
3.60	12.19
Como se observa, se tiene una relación de 1:3.39 a favor del encofrado metálico.	

Tabla 52: Tiempo de ejecución en días de la partida de encofrado y desencofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2021).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se demostró que el costo directo del encofrado metálico tiene un precio más elevado que el encofrado tradicional en la “Construcción, edificio oficinas el Golf”. Sin embargo, el encofrado y desencofrado metálico nos ofrece mayor rendimiento en m²/día.

De acuerdo a los datos obtenidos en campo de ambos tipos de encofrados y desencofrados, se afirma la hipótesis establecida en nuestra presente investigación, la cual señalamos que el uso del encofrado metálico resulta más rentable en costo – beneficio en la construcción de edificios en la ciudad de Trujillo en tiempo de pandemia (2021-2022).

En vista de consolidar y corroborar lo anteriormente descrito, se realizó entrevistas a profesionales y/o especialistas en el rubro de la construcción con experiencia en ambos tipos de encofrado, con el objetivo de establecer un análisis comparativo y confirmar los beneficios que nos aporta el uso del encofrado metálico.

Entre las ventajas más resaltantes en relación a los rendimientos de ambos tipos de encofrados, tenemos las siguientes respuestas:

“En mi experiencia personal, el avance de obra entre el encofrado metálico y tradicional tiene una diferencia de 50%, a favor del encofrado metálico” (Milder Orbegoso, 2021).

“Para el encofrado metálico, se consumen menos elementos consumibles como clavos, alambres. Al eliminar el uso de esos materiales, ayuda a un mayor avance en el tema constructivo. Cabe recalcar que el encofrado tradicional resulta más cómodo en costos unitarios; pero, por ejemplo, con respecto al encofrado metálico, si nosotros tenemos varios pisos por encofrar, con las mismas dimensiones, ese encofrado al ser reutilizado varias veces, el costo se va aligerando porque los tiempos de ejecución disminuyen; entonces, al finalizar obra resulta más rentable” (Arq. Cesar Cárdenas Lara, 2021).

“La diferencia de costo, entre el encofrado tradicional y el encofrado metálico, es entre un 30% a 50%, siendo más cómodo el encofrado tradicional. Pero a pesar de ello, por tema de reutilización y productividad, el encofrado metálico resulta más rentable. El encofrado metálico es más rentable en construcciones monolíticas. El rendimiento para este encofrado en muros y losas es de 45m², por cada operario con un ayudante” (Ing. Joel Carrera, 2021).

“Erróneamente se mira únicamente el costo directo del encofrado, es un error que cometen todas las empresas que hacen ese análisis. La razón, evidentemente es que si comparamos un encofrado industrializado con uno tradicional, mayormente el costo directo es más alto porque es un alquiler mensual, a eso se agrega la liquidación de obra donde pueda haber material perdido o dañado.

Hay otros costos asociados al encofrado, como son el tema de seguridad, calidad, productividad, entonces si tú quieres medir el costo total del encofrado tradicional versus el encofrado industrializado sin duda el sistema industrializado es más rentable que un tradicional” (Ing. Santiago Hidalgo Paucar, 2021).

“Los encofrados metálicos que se utilizaron en esta obra, fueron diseñados por ingenieros civiles con ayuda de maestros de obra. Se utilizaron en dos obras, las cuales han sido realizadas en un periodo de 8 meses aproximadamente. El metal utilizado fue de una calidad intermedia, por lo que, no pudo ser reutilizado más veces. Pero, igualmente tuvo un amplio periodo de utilidad. Los paneles metálicos lo amoldaron a tal forma de que sólo se pueda ajustar con estacas de metal, eso hizo que el proceso de encofrado sea más rápido que, con un encofrado tradicional, que es mucho más complejo” (Ing. Manuel Urcia Peláez, 2021).

Uno de los objetivos más importantes a destacar es el tema de la seguridad y el impacto ambiental de ambos tipos de encofrado.

“El tipo de encofrado afectará el potencial de reutilización. Las formas metálicas hechas de acero reciclado, por ejemplo, se pueden usar cientos de veces. En comparación, puede ser barata de comprar, pero solo se puede usar como encofrado de calidad unas pocas veces” (Revista “Encofrados”, 2022)

La creciente demanda de productos madereros está impulsando la deforestación y la tala ilegal e insostenible, además de crear un desequilibrio ecológico. Según la World Wildlife Foundation, el comercio de productos forestales ha aumentado significativamente en los últimos 50 años, y la tala ilegal representa el 40-50% de toda la tala en algunos de los bosques más valiosos y amenazados de la Tierra, por ello se busca y recomienda utilizar un encofrado más ecoamigable. (Revista “Encofrados”, 2022)

“Un beneficio principal del encofrado metálico es el peso que puede soportar, nosotros como trabajadores no estamos con el miedo de que pueda ceder o se pueda romper un pie derecho a comparación del encofrado tradicional” (Milder Orbegoso, 2021).

“Con respecto al medio ambiente, como el encofrado metálico no genera ningún tipo de residuo, es mejor; en cambio, el encofrado fenólico genera lo que es residuos de madera, clavos, metales, alambres porque también que ajustar, básicamente eso. No es contaminación directa al suelo, pero si son residuos sólidos que generan este tipo de encofrados; en cambio en un metálico, no; porque solo es ajustar, apuntalar y listo” (Ing. Mónica Hernández Delgado, 2021).

“Con respecto a la seguridad, en el encofrado tradicional es difícil prever los temas de seguridad en obra; en comparación de un sistema industrializado; que ya nace desde su concepto, para tener

aspectos de seguridad de acuerdo a normativas” (Ing. Santiago Hidalgo Paucar, 2021).

“Lamentablemente en estos tiempos se omite, se ignora y se le resta importancia al impacto ambiental, que a mi parecer es lo más importante, incluso más que los costos mismos y todas las ventajas, es por este punto importante que hace que se inclinó más la balanza a favor del encofrado metálico” (Arq. Jhonatan Linares Benites, 2022).

De esta manera, agrupando las respuestas de las entrevistas a los profesionales y/o especialistas y con los datos obtenidos en campo, establecemos la siguiente comparación:

	ENCOFRADO METÁLICO	ENCOFRADO TRADICIONAL
RENDIMIENTO PARA LOSA ALIGERADA	50.12 M2/DIA (77.20%)	14.80 M2/DIA (22.80%)
COSTO UNITARIO PARA LOSA ALIGERADA	S/ 63.93 (58.89%)	S/ 44.62 (41.11%)
CUADRILLA EMPLEADA EN LOSA ALIGERADA	CAPATAZ, OPERARIO Y PEÓN	OFICIAL, OPERARIO Y PEÓN
ASPECTO AMBIENTAL	LA PRINCIPAL MATERIA PRIMA ES EL ACERO, EL CUAL ES REUTILIZABLE Y RECICLABLE, CONVIRTIÉNDOLO ASÍ EN ACERO VERDE, POR LO QUE ESTO GENERA UN IMPACTO POSITIVO EN EL ECOSISTEMA, AYUDANDO ASÍ A REDUCIR LA DEFORESTACIÓN DE NUESTROS BOSQUES.	LA PRINCIPAL MATERIA PRIMA ES LA MADERA, LA CUAL SE OBTIENE MEDIANTE EL PROCESO DE LA TALA DE ÁRBOLES, QUE TIENE COMO CONSECUENCIA UN IMPACTO NEGATIVO AL ECOSISTEMA Y CREANDO ASÍ UN DESEQUILIBRIO ECOLÓGICO, DADO QUE ATENTA CONTRA LA EXISTENCIA DE LOS RECURSOS NATURALES QUE ESTÁN EN PELIGRO DE EXTINCIÓN, SIENDO ESTOS LOS LLAMADOS PULMONES DEL MUNDO, NUESTROS QUERIDOS ÁRBOLES.
NUMERO DE USOS	USO MÁXIMO DE 100 VECES	USO MÁXIMO DE 6 VECES
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - NO GENERA RESIDUOS EN OBRA. - FÁCIL PROCESO DE ARMADO, POR ENDE, REDUCE EL TIEMPO DE ENCOFRADO. - MAYOR RESISTENCIA ANTE LA CONTENCIÓN DEL CONCRETO. 	<ul style="list-style-type: none"> - ES MÁS LIVIANO, POR ENDE, FATIGA MENOS AL TRABAJADOR. - EL COSTO INICIAL ES MÁS BAJO.

- OFRECE UNA MAYOR SEGURIDAD A LOS TRABAJADORES QUE REALIZARÁN EL ENCOFRADO.
- DEBIDO A LOS MATERIALES DEL CUAL ESTÁ FABRICADO, ES MÁS AMIGABLE CON EL ECOSISTEMA.
- EL NÚMERO DE VECES QUE PUEDE SER USADO ES MAYOR.
- DEBIDO AL PUNTO MENCIONADO ANTERIORMENTE, EL COSTO A LARGO PLAZO HACE QUE ESTE ENCOFRADO SEA MÁS VIABLE.
- EL FÁCIL ARMADO DE LOS PUNTALES, PERMITE REGULAR DE MANERA MÁS EFECTIVA LA ALTURA A LA CUÁL ESTARÁ LA LOSA, DEBIDO AL SISTEMA DE ROSCA QUE TIENE, EL TRÍPODE DA UNA MAYOR ESTABILIDAD, EN CONJUNTO LA POSICIÓN DE TODOS LOS PIE DERECHO TIENEN UN DISTANCIAMIENTO DE 1.50M ENTRE ELLOS, LO QUE FORMA UNA MALLA HORTOGONAL, PERMITIENDO UN MEJOR ORDEN Y PODER LOGRAR MAYORES ALTURAS.
 - GARANTIZA UNA MODULACIÓN EXACTA Y UN MEJOR ACABADO EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS ESTRUCTURAS.
- LA FILIAL DE ULMA COSTRUCTION EN EL PERÚ, OBTIENE LA CERTIFICACIÓN TRINORMA QUE CONSISTE EN LA VALIDACIÓN DE SU SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN IMPLEMENTADO BAJO LAS TRES NORMAS DE CALIDAD (ISO 9001:2015), SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL (ISO45001:2018) Y MEDIO AMBIENTE (ISO 14001:2015), PASANDO ASÍ A SER LA PRIMERA EMPRESA DEL SECTOR EN EL PERÚ QUE CUENTA CON LOS TRES CERTIFICADOS ISO.

DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - DEBIDO A SU PESO, PUEDE FATIGAR ANTES AL TRABAJADOR. - TIENE UN COSTO INICIAL MÁS ELEVADO. 	<ul style="list-style-type: none"> - GENERA MUCHOS RESIDUOS EN OBRA, POR ENDE, HAY UN MAYOR DESPERDICIO DE MATERIALES, COMO LOS CLAVOS Y ALAMBRE DE AMARRE, QUE SON DE UN SOLO USO, LUEGO DE ELLO SON DESECHADOS. - TENIENDO EN CUENTA EL PUNTO MENCIONADO ANTERIORMENTE, RESULTA MENOS SEGURO TRABAJAR CON ESTE ENCOFRADO, POR LO QUE HAY MÁS EXPOSICIÓN A UN PELIGRO PARA LA INTEGRIDAD FÍSICA DE LOS TRABAJADORES. - EL NÚMERO DE USOS ES MENOR. - DEBIDO AL MATERIAL DEL CUAL ESTÁ FABRICADO, ES MENOS AMIGABLE CON EL ECOSISTEMA, PORQUE SU EXTRACCIÓN DE DICHO MATERIAL CONTRIBUYE DIRECTAMENTE A LA DEFORESTACIÓN. - EL PROCESO DE DESENCOFRADO PUEDE DAÑAR EL ELEMENTO ESTRUCTURAL O LA MISMA MADERA, DEBIDO A LAS HERRAMIENTAS QUE SON USADAS PARA EL DESENCOFRADO, REDUCIENDO ASÍ SU NÚMERO DE USOS.
SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> - LOS MATERIALES Y HERRAMIENTAS COMO EL MARTILLO, EL NIVEL DE MANO Y LA WINCHA A UTILIZARSE PARA ESTE ENCOFRADO, OCASIONAN MENOS RIESGOS HACIA LOS TRABAJADORES QUE EJECUTAN ESTA PARTIDA, POR EJEMPLO. - EL PROCESO CONSTRUCTIVO ES PARECIDO ARMADO AL DE UN ROMPECABEZAS, POR LO CUAL NO HAY NECESIDAD DE USAR ALAMBRE DE AMARRE, LA SIERRA CIRCULAR O EL MARTILLAR LOS CLAVOS, LOS CUALES GENERAN A LOS TRABAJADORES MÁS PROBABILIDADES DE SUFIR ALGÚN DAÑO FÍSICO. 	<ul style="list-style-type: none"> - LOS MATERIALES Y HERRAMIENTAS COMO EL MARTILLO, LA PATA DE CABRA, ALAMBRE DE AMARRE, CLAVOS, SIERRA CIRCULAR, EL NIVEL DE MANO Y LA WINCHA A UTILIZARSE PARA ESTE ENCOFRADO, GENERAN MAS RIESGOS HACIA LOS TRABAJADORES QUE EJECUTAN ESTA PARTIDA, POR EJEMPLO. - EL PROCESO CONSTRUCTIVO REQUIERE DE UN MAYOR CUIDADO, DADO QUE CUALQUIER PERCANCE PUEDE LLEVAR AL TRABAJADOR A CAUSARSE ALGUNA LESIÓN COMO MARTILLARSE UN DEDO, PISAR UN CLAVO, CORTARSE O INCLUSO PERDER UN OJO CON LAS MECHAS DE LOS ALAMBRES O COTARSE UN DEDO CON LA SIERRA CIRCULAR.

	<ul style="list-style-type: none"> - AL NO GENERAR RESIDUOS EN OBRA, PERMITE A LOS TRABAJADORES MOVILIZARSE CON MAYOR LIBERTAD Y SEGURIDAD DENTRO DE LA OBRA. - HACIENDO HINCAPIÉ EN EL PUNTO ANTERIOR, DEBIDO A LA RESISTENCIA DEL ENCOFRADO METÁLICO, LOS PIES DERECHOS ESTÁN DISTRIBUIDOS A UNA MAYOR DISTANCIA UNO DE LOS OTROS, PERMITIENDO ASÍ QUE LOS TRABAJADORES Y MATERIALES, SE PUEDAN MOVILIZAR DE UNA MEJOR MANERA. - LOS PUNTALES QUE SOSTIENEN LAS PLANCHAS PARA LA LOSA ALIGERADA, TIENEN UN TRÍPODE COMO SOPORTE ADICIONAL, GENERANDO MAYOR SOSTENIBILIDAD Y MENOS INCERTIDUMBRE SI SE VENDRÁ ABAJO EL ENCOFRADO O SI SE ABRIRÁN LAS PLANCHAS METÁLICAS AL MOMENTO DE SER VACEADAS. - EL MATERIAL DEL CUAL ESTÁ CONFORMADO LOS PUNTALES ES DE ACERO, EL CUAL PERMITE DETERMINAR UNA CAPACIDAD DE CARGA BIEN DEFINIDA Y TAMBIÉN BRINDA UNA LARGA VIDA ÚTIL. TIENE UN SOPORTE DE CARGA ENTRE 500 Y 3000KG, SEGÚN ENCOFRADO ALSINA DEL PERÚ S.A.C. 	<ul style="list-style-type: none"> - DEBIDO A LOS RESIDUOS GENERADOS EN OBRA, LOS TRABAJADORES TIENEN MENOS MOVILIDAD Y SEGURIDAD, DADO QUE LAS BOTAS DE SEGURIDAD QUE ELLOS USAN SON DE UNA MENOR CALIDAD Y NO ESTÁN LIBRES DE ALGÚN TIPO DE ACCIDENTE. - HACIENDO HINCAPIÉ EN EL PUNTO ANTERIOR, DEBIDO A LA RESISTENCIA DEL ENCOFRADO TRADICIONAL, LOS PIES DERECHOS ESTÁN DISTRIBUIDOS A UNA MENOR DISTANCIA UNO DE LOS OTROS, GENERANDO ASÍ QUE LOS TRABAJADORES Y MATERIALES, SE PUEDAN MOVILIZAR DE UNA MANERA DEFICIENTE. - LOS PIES DERECHOS QUE SOSTIENEN LAS TABLAS DE MADERA PARA LOSA ALIGERADA, NO CUENTAN CON UN APOYO ADICIONAL, POR LO QUE LO VUELVE MUY INESTABLE Y GENERA MÁS INCERTIDUMBRE SI SE VENDRÁ ABAJO EL ENCOFRADO EN EL MOMENTO DEL VACEADO DE CONCRETO. - LOS PIES DERECHOS O PUNTALES DE MADERA ESTÁN FABRICADOS DE MADERA, LOS CUALES TIENEN MENOS CAPACIDAD DE CARGA EN COMPARACIÓN CON LOS PUNTALES DE ACERO, TIENEN POCAS VIDA ÚTIL Y DEACUERDO A LA NORMATIVA LEGAL, NO ESTÁ PERMITIDO SU UTILIZACIÓN EN GRAN PARTE DEL MUNDO, SEGÚN ENCOFRADO ALSINA DEL PERÚ S.A.C.
--	--	---

Tabla 53: Cuadro comparativo entre encofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia (2022).

5.1. Conclusiones

- Se concluyó que los encofrados metálicos al ser prefabricados y tener piezas que permiten un armado más rápido y eficiente para el proceso de construcción, tiene un mayor rendimiento diario al de los encofrados tradicionales en proporción 1:3.39.
- Al emplear el análisis de precios unitarios de encofrado y desencofrado tradicional en la obra “Construcción, edificio oficinal el Golf”; nos da un costo directo menor en comparación con el encofrado metálico. Sin embargo, en términos de eficiencia para la obra, en el encofrado metálico, se tiene un mayor avance de ejecución de obra en un 54.40%.
- Se analizó el costo unitario tanto del encofrado metálico como para el tradicional y se demostró que el encofrado metálico tiene un costo más elevado al del encofrado tradicional en un 17.78%.
- Se concluyó que el encofrado metálico es más eficiente que el encofrado tradicional, con respecto al número de usos (100 a 6 usos) y rendimientos diarios que éste nos da (54.40%), pese a tener un costo inicial más elevado (17.78%), pero a través del tiempo por su reutilización, el encofrado metálico es una mejor opción que el encofrado tradicional, para la “Construcción, edificio oficinas el Golf”, Trujillo y edificaciones verticales en general.
- En relación al aspecto ambiental, el encofrado metálico tiene la ventaja principal de que su materia prima no es

un factor contaminante a comparación de la materia prima del encofrado tradicional, cuya extracción tiene consecuencias negativas para la salud y el ecosistema, dado que los árboles son los pulmones del mundo y la deforestación a través del tiempo ha ido en aumento. “Según la World Wildlife Foundation, la tala ilegal representa el 40-50% de toda la tala en algunos de los bosques más valiosos y amenazados de la Tierra. (Revista “Encofrados”, 2022)

- En el aspecto de la seguridad, se concluyó que la ejecución del encofrado metálico conlleva menos riesgos al personal de obra que el de un encofrado tradicional, conforme a las opiniones y experiencias en obra obtenidos por los profesionales a lo largo de su trayectoria, los datos mostrados anteriormente en la presente tesis y la experiencia obtenida de los tesisistas al visitar las dos obras de las cuales se extrajeron las muestras en estudio.

5.2. Recomendaciones

- Para futuros proyectos e investigaciones, se recomienda hacer el análisis comparativo siguiendo los esquemas mostrados en la presente tesis, en edificaciones de mediana y gran envergadura y en distintas tipologías para tener un mayor alcance del desempeño, beneficios, rendimientos, costos unitarios y plazos de ejecución en obra del encofrado metálico.

5.3. Referencias Bibliográficas

- Oribe Alva, Y. (2015). Análisis de costos y eficiencia del empleo de encofrados metálicos y convencionales en la construcción de edificios en la ciudad de Lima.
- Arapa Mamani, V. N., & Maldonado López, F. (2019). Análisis de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos y madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco-2017.
- Briceño Huamaní, E. P. (2017). Aplicación de encofrados modulares en viviendas multifamiliares y productividad en obra-Condominio Real Carabayllo en el 2016.
- Gonzales Velarde, M. A., & Villaroel Vilca, F. R. (2019). Análisis comparativo del encofrado metálico y encofrado de madera en Instituciones Educativas del Cusco.
- Álvarez Alfaro, J. L. (2016). “Los encofrados metálicos y la economía, rapidez y durabilidad en las edificaciones en la ciudad de Trujillo – La Libertad.
- Laura Delgado, T. (2016). DISEÑO DE SISTEMA DE ENCOFRADOS EN LA PROVINCIA DE ANGARAES-HUANCAVELICA.
- RNE, (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, E.060. Concreto Armado, Artículo 6. ENCOFRADOS, ELEMENTOS EMBEBIDOS Y JUNTAS.

- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Clasificación de encofrados metálicos.
Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe>
- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Encofrado de losa.
Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/encofrados/encofrados-losas/encofrado-losa-vigas-madera-enkoflex>
- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Encofrado a una cara.
Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/encofrados/encofrados-muros-columnas/sistema-encofrado-una-cara-smk>
- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Encofrado de columnas.
Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/encofrados/encofrados-muros-columnas/encofrado-columnas-ligero-lgr>
- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Encofrado de columnas circulares.
Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/encofrados/encofrados-muros-columnas/encofrado-columnas-circulares-clr>

- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Encofrado de columnas circulares.
 Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/encofrados/encofrados-muros-columnas/encofrado-columnas-circulares-clr>
- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Sistema de encofrados autotrepantes.
 Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/encofrados/encofrados-trepantes/sistemas-autotrepantes-atr>
- Ulma Encofrados Perú S.A. (2018). Sistema de encofrados trepantes.
 Razón Pública.
<https://www.ulmaconstruction.com.pe/es-pe/encofrados/encofrados-trepantes>
- Sermaqui Perú (2018). Accesorios de encofrado.
 Razón Pública.
https://sermaquiperu.com/accesorios_encofrados/
- Encofrados (2022). Encofrado más ecoamigables.
 Razón Pública.
<https://encofrados.org/encofrado-mas-ecoamigable/>

- Encofrados Alsina del Perú S.A.C. (2021). Puntales para la construcción: 3 preguntas para elegir el más óptimo.
Razón Pública.
<https://www.alsina.com/es-es/puntales-para-la-construccion-3-preguntas-para-elegir-el-mas-optimo/>
- Decame S.L. (2018). Utillaje para la construcción PUNTALES.
Razón Pública.
<https://dacame.com/docs/es/catalogo/puntales.pdf>

5.4. Anexos

Entrevistas a los profesionales y/o especialistas.

- Milder Orbegoso – Maestro de obra en edificación “CONSTRUCCIÓN, EDIFICIO OFICINAS EL GOLF” (2021).

“Un beneficio principal del encofrado metálico es el peso que puede soportar, nosotros como trabajadores no estamos con el miedo de que pueda ceder o se pueda romper un pie derecho a comparación del encofrado tradicional”.

“En esta obra, las capacitaciones por la empresa UNISPAN se dan cada dos meses aproximadamente”.

“En mi experiencia personal, el avance de obra entre el encofrado metálico y tradicional tiene una diferencia de 50%, a favor del encofrado metálico”.

- Cesar Cárdenas Lara – Arquitecto residente en edificación “CONSTRUCCIÓN, EDIFICIO OFICINAS EL GOLF” (2021)

“Para el encofrado metálico, se consumen menos elementos consumibles como clavos, alambres. Al eliminar el uso de esos materiales, ayuda a un mayor avance en el tema constructivo”.

“Cabe recalcar que el encofrado tradicional resulta más cómodo en costos unitarios; pero, por ejemplo, con respecto al encofrado metálico, si nosotros tenemos varios pisos por encofrar, con las mismas dimensiones, ese encofrado al ser reutilizado varias veces, el costo se va aligerando porque los tiempos de ejecución disminuyen; entonces, al finalizar obra resulta más rentable”.

“En esta obra, por tema de coyuntura política, se tuvo que paralizar aproximadamente dos meses porque el encofrado metálico ha elevado su precio. Por ahora, la partida de encofrados lo tiene una subcontrata, para evitar el sobre costo en la planilla”.

“Anteriormente, hemos trabajado con la empresa ULMA, el precio por m² salía un costo de s/17.00 aproximadamente, considerando la reutilización de equipo, y se trabajaba con la unidad de kg/mes. Se alquilaba de acuerdo a un tonelaje por el tiempo de uso que se tiene el encofrado metálico y modulación que se había realizado; eso nos permitió utilizar un juego de encofrado para dos techos durante un mes”.

“Si bien es cierto, el encofrado tradicional mucha gente lo puede realizar, pero por el tiempo de ejecución, a la larga es un mayor costo”.

“El encofrado metálico es rentable en cualquier tipo de estructura, pero en la que tiene mayor rentabilidad es en losas doblemente armadas, macizas y aligeradas”.

- Ing. Joel Carrera – Ingeniero Civil encargado de la partida de encofrado en la obra “CIUDAD SOL DE COYIQUE – II ETAPA” (2021)

“En la obra que estamos ejecutando tiene tres etapas. Por la misma magnitud de la obra, tenemos un taller de producción de encofrado metálico donde realizamos nuestros propios paneles, accesorios, etc. De esa manera, resulta más rentable que el encofrado tradicional y el alquiler o compra del encofrado metálico”.

“La diferencia de costo, entre el encofrado tradicional y el encofrado metálico, es entre un 30% a 50%, siendo más cómodo el encofrado tradicional. Pero a pesar de ello, por tema de reutilización y productividad, el encofrado metálico resulta más rentable”.

“El encofrado metálico es más rentable en construcciones monolíticas. El rendimiento para este encofrado en muros y losas es de 45m², por cada operario con un ayudante”.

“Se contrató a gente con experiencia con el encofrado metálico, pero igualmente se le hace una capacitación mensual, por actualización de procesos”.

- Mónica Hernández Delgado - Supervisora de seguridad y medio ambiente en la construcción del Puente Virú (2021).

“Un encofrado fenólico, involucra más herramientas de poder y herramientas manuales, adicionamos su peligro y riesgos para cada equipo de poder propio de su uso; es decir, adicionamos más a la actividad; para un encofrado metálico, que en este caso hemos trabajado con ALSINA, involucra nada más el tema de herramientas manuales, solamente para ajustar, porque ya viene dimensionado.”

“Con respecto al medio ambiente, como el encofrado metálico no genera ningún tipo de residuo, es mejor; en cambio, el encofrado fenólico genera lo que es residuos de madera, clavos, metales, alambres porque también que ajustar, básicamente eso. No es contaminación directa al suelo, pero si son residuos sólidos que generan este tipo de encofrados; en cambio en un metálico, no; porque solo es ajustar, apuntalar y listo.”

“Vino un especialista de ALSINA, nos instruyó tanto al personal ejecutante de estos trabajos, tanto para el armado de andamios tradicional y modular y también para el tema de encofrados metálicos.”

- Ing. Santiago Hidalgo Paucar – Gerente General en DOKA Perú SAC (2021).

“El encofrado tradicional que son los tablonos de madera que se fabrican obra, no tienen el mismo valor tanto en términos de productividad, como de calidad, en comparación con un sistema industrializado.”

“Con respecto a la seguridad, en el encofrado tradicional es difícil prever los temas de seguridad en obra; en comparación de un sistema industrializado; que ya nace

desde su concepto, para tener aspectos de seguridad de acuerdo a normativas.

Erróneamente se mira únicamente el costo directo del encofrado, es un error que comete todas las empresas que hacen ese análisis. La razón, evidentemente es que, si comparamos un encofrado industrializado con uno tradicional, mayormente el costo directo es más alto porque es un alquiler mensual, a eso se agrega la liquidación de obra donde pueda haber material perdido o dañado.

Hay otros costos asociados al encofrado, como son el tema de seguridad, calidad, productividad, entonces si tu quieres medir el costo total del encofrado tradicional versus el encofrado industrializado sin duda el sistema industrializado es más rentable que un tradicional.”

“Para nosotros poder elegir el mejor sistema industrializado para el encofrado, primeramente, se analiza los recursos que se va utilizar en el proyecto; si usan o no grúa, que tipo de grúa utilizarán, si usan acarreo manual o semi manual. Después tengo que analizar el proceso constructivo que tengo que seguir; son encofrado de una altura simple, doble o triple; también se analiza el tipo de concreto, por ejemplo, en un concreto auto compactante requiere un encofrado de mayor capacidad de presión.”

“Por ejemplo, en el aspecto de encofrado para losas seguramente para alturas simples se utilizarían un sistema de puntales, para alturas dobles o triples probablemente se utilizarían un sistema de torres, si la altura es mayor 6 o 8 metros de altura pues todavía se

necesitaría un sistema que soporta más cargas para esa altura”.

“Durante la pandemia, cuando estuvimos en cuarentena obligatoria. Eso obligó a que las obras paralicen, y al paralizar no estén utilizando los distintos recursos que tienen en la obra, ese periodo ha sido negociable. Pero, cuando empezaron las obras a ser ejecutadas nuevamente, la demanda creció de manera rápida, y la oferta que es la capacidad productiva, pues no se dio abasto de toda la demanda. Esto hace que, simplemente a mayor demanda poca oferta, evidentemente los precios suben. Como es un sistema industrializado pues requiere de materia prima o insumos más habituales que es el acero, el aluminio y la madera. Y como estos insumos suben de precio, evidentemente el costo de producción se incrementa; a esto se suma que la logística se ve sobrepasada, la demanda de transporte marítimo y aéreo. El costo de producción y logística como se incrementó; el costo final que obtienes para tener el material a disposición de las obras, se incrementó evidentemente.”

“En general las empresas constructoras te piden cotizar por m², es depende de la empresa constructora.”

“Es más recomendable comprar cuando el proyecto es de mayor duración, si es más de un año tiene más sentido comprar, porque seguramente el pago de alquiler que hago de 12 meses a más, compensa el costo de la compra del material y me ahorro la liquidación de obra ya que es por ser material propio, ya no lo voy a tener.”

- Ing. Manuel Urcia Peláez – Asistente se residente en obras de pistas y verdes en la localidad de Chepén (2021).

“Los encofrados metálicos que se utilizaron en esta obra, fueron diseñados por ingenieros civiles con ayuda de maestros de obra. Se utilizaron en dos obras, las cuales han sido realizadas en un periodo de 8 meses aproximadamente”.

“El metal utilizado fue de una calidad intermedia, por lo que, no pudo ser reutilizado más veces. Pero, igualmente tuvo un amplio periodo de utilidad”.

“Los paneles metálicos lo amoldaron a tal forma de que sólo se pueda ajustar con estacas de metal, eso hizo que el proceso de encofrado sea más rápido que, con un encofrado tradicional, que es mucho más complejo”.

“Al encofrar con paneles metálicos, lo que es pavimento rígido, en media jornada laboral se tenía una calle de aproximadamente 70 metros encofrada”.

“El tema del transporte para el desencofrado metálico, fue una desventaja; porque los paneles tenían un peso considerable. Se tuvo que transportar mediante una moto carga o alguna otra movilidad”.

Formatos de Excel a utilizar:

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	MEDIDAS		TOTAL	SUB TOTAL MINUTOS	SUB TOTAL HORAS	TOTAL M2/8 HORAS
				X(m)	Y(m)				
OE.2	ESTRUCTURAS								
OE.2.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO								
OE.2.3.9	LOSAS								
OE.2.3.9.2	LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES								
	PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2							
	ENCOFRADO								
	pañó 1								
	pañó 2								
	pañó 3								
	pañó 4								
	pañó 5								
	pañó 6								
	pañó 7								
	DESENCOFRADO								
	pañó 1								
	pañó 2								
	pañó 3								
	pañó 4								
	pañó 5								
	pañó 6								
	pañó 7								

Figura 12: Cuadro utilizado para el metrado y tiempo empleado de las muestras obtenidas en campo para encofrado y desencofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

PAÑO					
UNIDAD	CUADRILLA	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480	FACTOR DE PARTICIPACIÓN	
				8 HORAS=	480 min
HH	CAPATAZ			P =	$\frac{0.00}{480}$ min
		SUMATORIA	0.00	P =	0.0
HH	OPERARIO	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480	P =	$\frac{0.00}{480}$ min
		0			
		SUMATORIA	0.00	P =	0.0
HH	PEÓN	PARTICIPACIÓN EN MUESTRA (MIN)	PARTICIPACIÓN EN JORNAL DIARIO - 480	P =	$\frac{0}{480}$ min
		0			
		SUMATORIA	0.00	P =	0.0

Figura 13: Cuadro utilizado para el coeficiente de aporte de cuadrilla de las muestras obtenidas en campo para encofrado y desencofrado metálico y tradicional. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

0E.2.3.8.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO DE LOSAS ALIGERADAS					
	PARTIDA				EQ	m2 / dia
	ESPECIFICACION				HORAS	8.00
	UNIDAD	m2			COSTO UNITARIO	S/ -
	RENDIMIENTO	0.00	m2/dia			COSTO/M2
CUADRILLA						
DESCRIPCION DEL RECURSO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH				
OPERARIO		HH				
PEON		HH				
COSTO MANO DE OBRA						0.00
MATERIALES						
SOPORTE DE LOSA PUNTAL		M2				
FRISO DE LOSA		ML				
REAPUNTAMIENTO		M2				
PLANCHA FENOLICO		M2				
COSTO MATERIALES						0.00
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO			0.00	0.00
COSTO EQUIPOS						0.00
COSTO UNITARIO						0.00

Figura 14: Cuadro utilizado para el análisis de precios unitarios con las muestras obtenidas en campo del encofrado y desencofrado metálico de losas aligeradas. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a CAPECO Edición 2017 (2021).

Fórmulas utilizadas en el desarrollo para la obtención de resultados:

- Total de rendimiento en 8 horas.

$$x = \frac{8 * M}{t}$$

Donde:

8 = Horas laborales al día.

M = Metrado

t = Tiempo en horas obtenido de los datos en campo

- Incidencia en 1m2 de encofrado, incluyendo el desencofrado.

Primero: Hallamos el número de días en total, para el encofrado y desencofrado.

$$\#d = \frac{Mt}{Rp}$$

Donde:

Mt = Metrado total de las muestras.

Rp = Rendimiento promedio total de las muestras.

Segundo: Hallamos el % de incidencia.

$$\%I = \frac{\#d}{\sum \#d} * 100$$

Donde:

$\#d$ = Número de días del encofrado.

$\sum \#d$ = Sumatoria de días del encofrado y desencofrado.

Tercero: Hallamos el rendimiento real para la partida de encofrado y desencofrado.

$$R = \frac{Rp}{\%I}$$

Donde:

Rp = Rendimiento promedio total de las muestras (encofrado).

$\%I$ = Porcentaje de incidencia.

- Participación de cuadrilla de muestra obtenidas en campo.

Primero: Hallamos la participación en jornal diario de la cuadrilla (capataz, operario, oficial o peón).

$$Pj = \frac{480 * Tc}{T}$$

Donde:

480 = Tiempo en minutos de un jornal de 8 horas.

Tc = Tiempo en minutos de participación de la cuadrilla.

T = Tiempo total de la muestra.

Segundo: Hallamos el factor de participación.

$$P = \frac{Pj}{480}$$

Donde:

P_j = Participación en jornal diario de la cuadrilla
(capataz, operario, oficial o peón).

480 = Tiempo en minutos de un jornal de 8 horas.

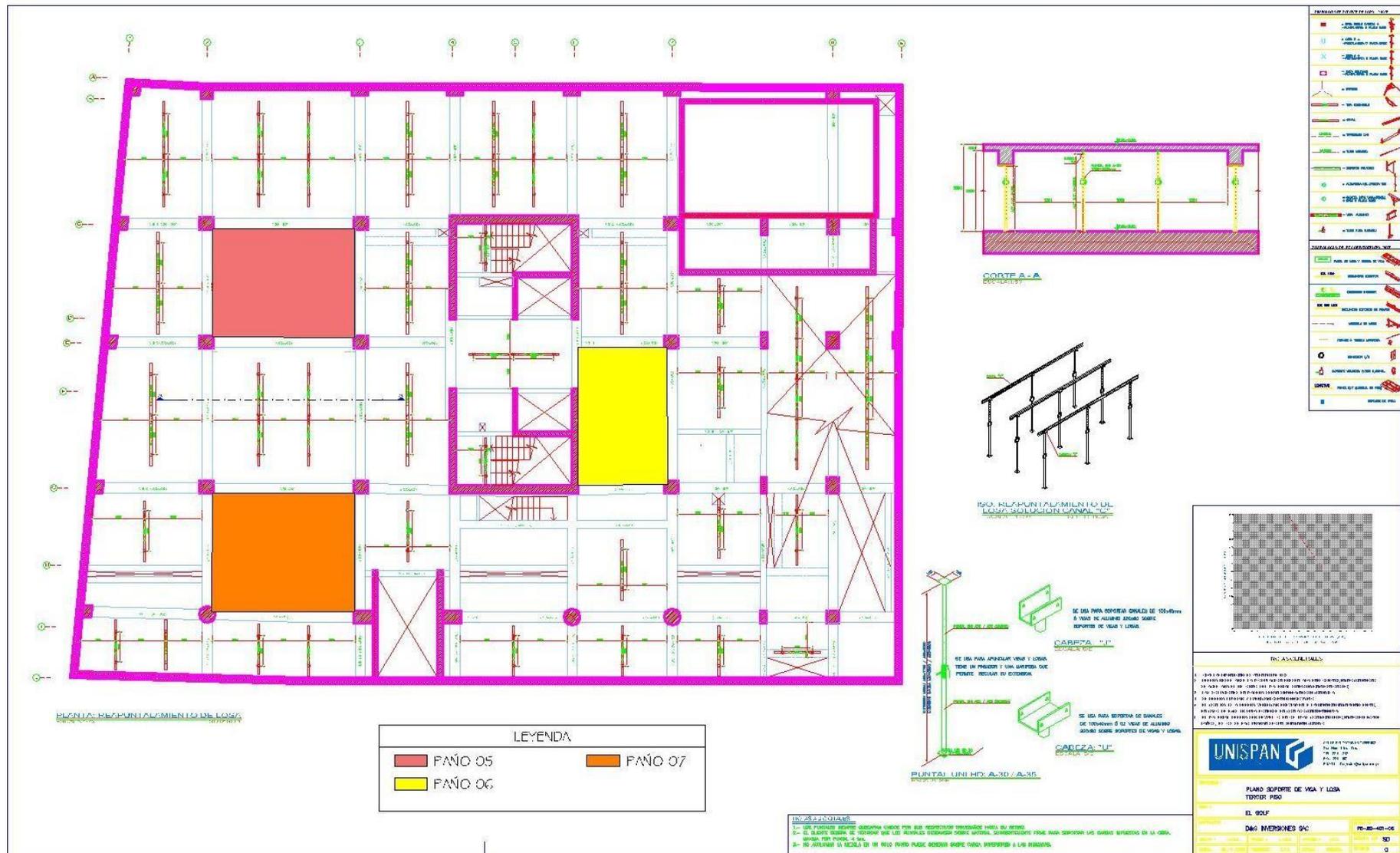


Figura 16: Plano de encofrado metálico de techo 3° Nivel de la obra "Construcción, edificio oficinas El Golf".

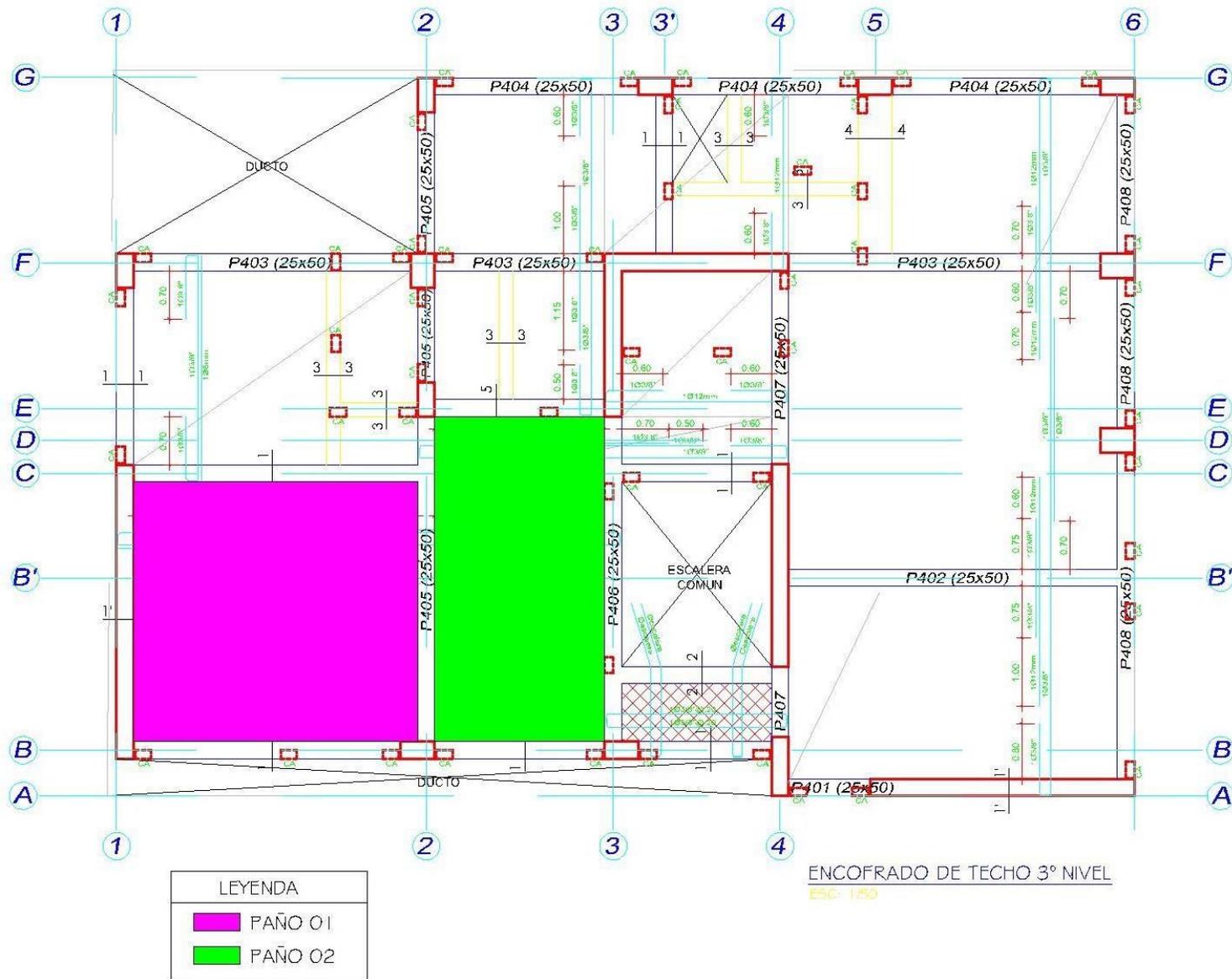


Figura 17: Plano de encofrado tradicional de techo 3° Nivel de la obra "Residencial Home Green".

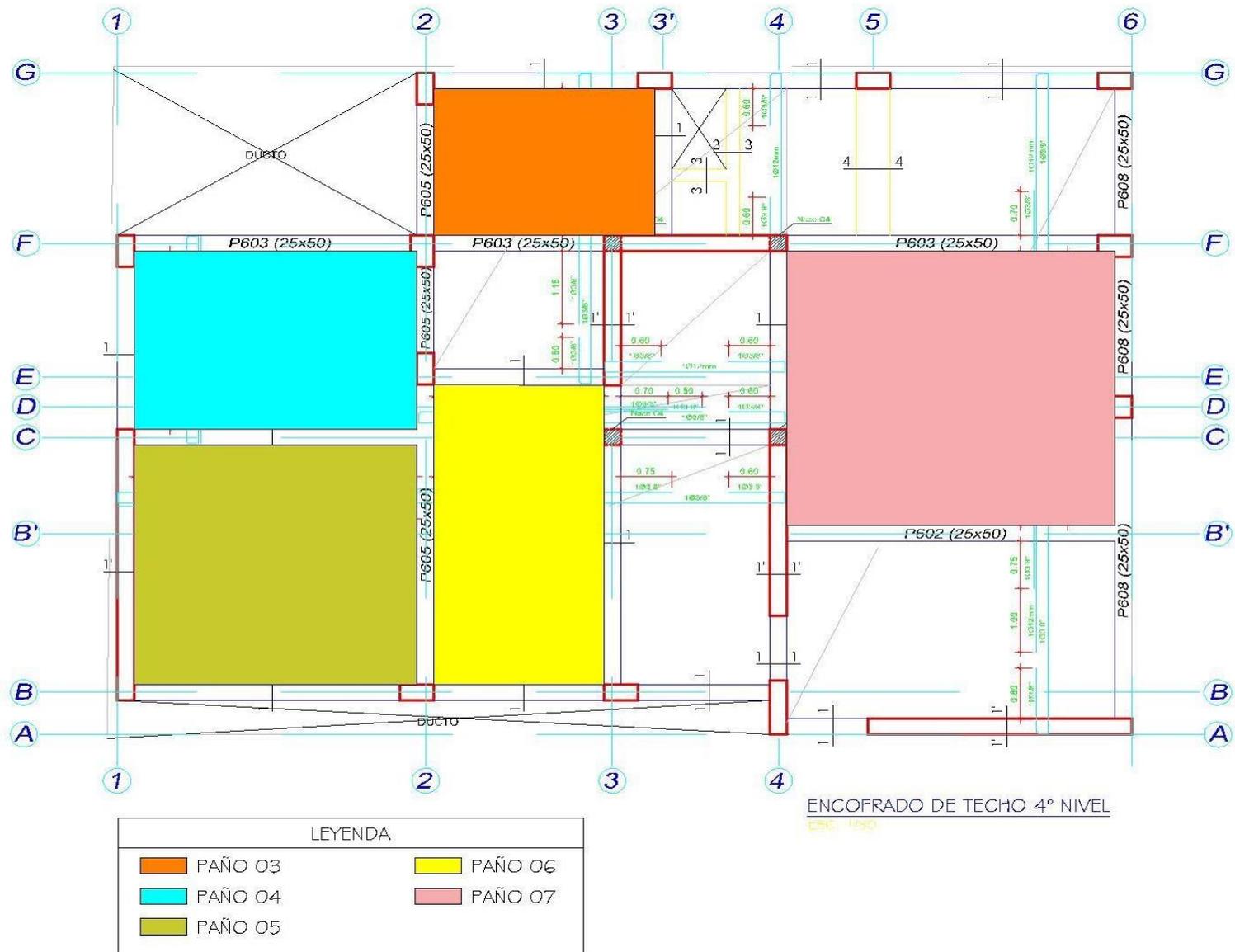


Figura 18: Plano de encofrado tradicional de techo 4º Nivel de la obra "Residencial Home Green".

1.3 FORMATOS

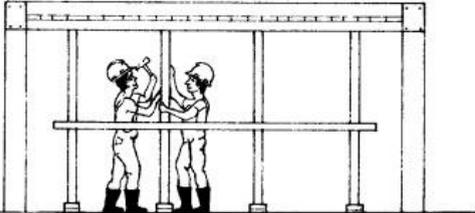
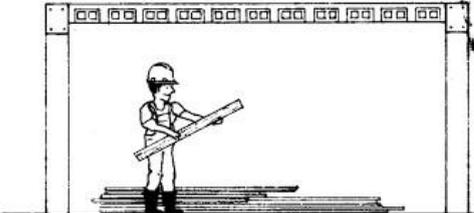
1.- De aplicación general a todas las partidas con excepción de las partidas de concreto armado.

METRADO								
Obra :			Hoja N° : de					
Propietario :			Plano N° :					
Fecha :			Hecho por :					
			Revisado :					
Partida N°	Especificaciones	N° de veces	Medidas			Parcial	Total	Und
			Largo	Ancho	Altura			

O también se podría utilizar el siguiente formato:

METRADO													
Obra :				Hoja N° : de									
Propietario :				Plano N° :									
Fecha :				Hecho por :									
				Revisado :									
Partida N°	Especificaciones	N° de veces	Medidas			Parcial	Vanos o Disminuciones					Total	Und
			Largo	Ancho	Altura		N° de Veces	Largo	Ancho	Altura	Parcial		

Figura 19: Cuadro de Metrados de acuerdo a CAPECO Edición 2017.

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
Obra :					Hoja N°	: 027
Propietario :					Hecho por	:
Ubicación :					Revisado por	:
					Fecha	:
PARTIDA N° :	Encofrado y desencofrado de losa aligerada				Unidad	: m2
Especificaciones :	Madera Tornillo en bruto, no incluye friso.					
Cuadrilla :	Encofrado	:	0,10 capataz + 1 operario + 1 oficial : Habilitación			
	Desencofrado	:	1 oficial + 2 peones			
Rendimiento :	Habilitación	:	75,0 m2/día			
	Encofrado	:	12,0 m2/día			
	Desencofrado	:	36,0 m2/día			
						
Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total	I.U.
MATERIALES						
Madera Tornillo	p2	5,15				43
Clavos de 2 1/2	kg	0,11				02
Alambre negro N° 16	kg	0,10				02
Costo de Material						
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0,08				47
Operario	hh	0,77				47
Oficial	hh	0,99				47
Peon	hh	0,44				47
Costo de Mano de Obra						
EQUIPO, HERRAMIENTAS						
Herramientas: 3% M. Obra		0,03				37
Costo de Equipo, Herram.						
TOTAL						

123

Figura 20: Cuadro de Análisis de Costos Unitarios de acuerdo a CAPECO Edición 2017.

II.2.4 RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE MANO DE OBRA PARA OBRAS DE EDIFICACION EN LAS PROVINCIAS DE LIMA Y CALLAO

Nº	PARTIDA	UNID.	REND. DIARIO (8 HRS.)	CUADRILLA				EQUIPO Y/O HERRAM.
				Capt.	Op.	Of.	Peón	
1.00	MOVIMIENTOS DE TIERRAS							
1.01	Demolición de albañilería	m²	16,00	0,1	—	—	1	comba
1.02	Excavación para zapatas aisladas en terreno normal seco. Profundidad de 1,40 a 1,70 m.	m³	2,50	0,1	—	—	1	pico y lampa
1.03	Eliminación de material excedente Hasta una distancia promedio de 30,00 mts.	m³	6,00	0,1	—	—	1	carretilla
1.04	Corte o relleno de terreno hasta 0,20 m. de profundidad sin apisonado	m³	40,00	0,1	—	—	1	pico y lampa
1.04	Relleno con material propio: manual	m³	7,00	0,1	—	—	1	pico y lampa
1.05	Nivelación y apisonado para falso piso o piso (manual)	m²	120,00	0,1	—	—	1	1 pisón de mano
2.00	CONCRETO SIMPLE							
2.01	Cimientos corridos	m³	25,00	1	1	2	8	1 mezcladora (9-11p3)
2.02	Sobrecimientos a. De 0,25 m. de ancho b. De 0,15 m. de ancho	m³	12,00	1	1	2	8	1 mezcladora (9-11p3)
		m³	10,00	1	1	2	8	1 mezcladora (9-11p3)
2.03	Falso piso de 2" — Reglado — Vaciado	m²	100,00	0,1	1	—	3	—
		m²	200,00	0,2	2	1	6	1 mezcladora (9-11p3)
2.04	Solado de 3" para zapatas	m²	80,00	0,2	2	1	6	1 mezcladora (9-11p3)
3.00	ENCOFRADOS							
3.01	Encofrado de sobrecimientos hasta 0,30 m. de alto: — Habilitación — Encofrado — Desencofrado	m²	40,00	0,1	1	1	—	—
		m²	14,00	0,1	1	1	—	—
		m²	28,00	—	—	1	2	—
3.02	— Habilitación — Encofrado — Desencofrado	m²	40,00	0,1	1	1	—	—
		m²	14,00	0,1	1	1	—	—
		m²	28,00	—	—	1	2	—
3.03	Encofrado de vigas de cimentación: — Habilitación — Encofrado — Desencofrado	m²	50,00	0,1	1	1	—	—
		m²	10,00	0,1	1	1	—	—
		m²	35,00	—	—	1	2	—
3.04	Encofrado de muros de sostenimiento (1 cara) — Habilitación — Encofrado — Desencofrado	m²	48,00	0,1	1	1	—	—
		m²	12,00	0,1	1	1	—	—
		m²	50,00	—	—	1	2	—

85

Figura 21: Cuadro de Resultados de rendimiento (m2/día) y coeficiente de aporte de cuadrilla de acuerdo a CAPECO Edición 2017.

Dirección: Baltazar La Torre 906 - San Isidro
Teléfono: 264-1242
Contacto: Ing. Sheylla Palomino
E-mail: spalomino@unispan.com.pe
Web-page: www.unispan.com.pe



CLIENTE: D&G INVERSIONES SAC	CONTACTO: Arq. Cesar Cardenas
OBRA: EDIFICIO EL GOLF	TELEFONO:
FECHA: 25/02/2020	EMAIL: proyectosimisac@gmail.com

COTIZACIÓN N° 20-076-01

ALQUILER MENSUAL ESTIMADO

ITEM	DETALLE	UND.	METRADO	EQUIPO REQUERIDO		ALQUILER MENSUAL(*)	
				NIVELES	METRADO TOTAL	UNITARIO	TOTAL
1.00.00 Muro Pantalla							
1.01.00	Encofrado de muro pantalla L= 3.50 , H= 5.00 . Sistema All Steell (Incluye apuntalamiento).	m2	17.50	1	17.50	S/. 57.20	S/. 1,001.00
(*) Los precios no incluyen IGV						ALQUILER MENSUAL:	S/. 1,001.00
							+ IGV
2.00.00 Sótano 1 (4 sectores)							
2.01.00 Muros h=2.80							
2.01.01	Encofrado de placas	m2	255.00	1/4	63.75	S/. 22.30	S/. 1,421.32
2.01.02	Encofrado de columnas	m2	162.40	1/4	40.60	S/. 26.10	S/. 1,059.66
2.01.03	Encofrado de columnas circulares	m2	22.68	1	22.68	S/. 43.50	S/. 986.58
(*) Los precios no incluyen IGV						ALQUILER MENSUAL:	S/. 3,467.56
							+ IGV
2.02.00 Vigas y Losas							
2.02.01	Soporte de vigas.Sistema Alzaprimado (altura simple) h=2.80 m.	ml	285.00	1	285.00	S/. 20.67	S/. 5,889.64
2.02.02	Fondo de vigas	m2	144.00	1	144.00	S/. 22.30	S/. 3,210.51
2.02.03	Laterales de vigas	m2	260.00	1/4	65.00	S/. 23.97	S/. 1,557.76
2.02.04	Soporte de losa h=2.80. Sistema Puntal Individual (altura simple). No incluye fenolico	m2	1100.00	1	1100.00	S/. 12.60	S/. 13,860.00
2.02.05	Friso de losa	ml	140.00	1	140.00	S/. 8.70	S/. 1,218.00
2.02.06	Reapuntalamiento de losa	m2	1100.00	1	1100.00	S/. 4.80	S/. 5,280.00
2.02.07	Reapuntalamiento de viga	ml	285.00	1	285.00	S/. 4.80	S/. 1,368.00
(*) Los precios no incluyen IGV						ALQUILER MENSUAL:	S/. 32,383.91
							+ IGV
3.00.00 Piso Típico (4 sectores)							
3.01.00 Muros H=2.80 (sector 1)							
3.01.01	Encofrado de placas	m2	253.26	1/2	126.63	S/. 22.30	S/. 2,823.24
3.01.02	Encofrado de columnas	m2	201.60	1/4	50.40	S/. 26.10	S/. 1,315.44
(*) Los precios no incluyen IGV						ALQUILER MENSUAL:	S/. 4,138.68
							+ IGV
3.02.00 Vigas y Losas							
3.02.01	Soporte de vigas.Sistema Alzaprimado (altura simple) h=2.60 m.	ml	315.00	1.00	315.00	S/. 20.67	S/. 6,509.60
3.02.02	Fondo de vigas	m2	257.00	1.00	257.00	S/. 22.30	S/. 5,729.87
3.02.03	Laterales de vigas	m2	384.00	1/4	96.00	S/. 23.97	S/. 2,300.70
3.02.04	Soporte de losa h=2.60. Sistema Puntal Individual (altura simple). No incluye fenolico	m2	1050.00	1.00	1050.00	S/. 12.60	S/. 13,230.00
3.02.05	Friso de losa	ml	135.00	1.00	135.00	S/. 8.70	S/. 1,174.50
3.02.06	Reapuntalamiento de losa	m2	1050.00	1.00	1050.00	S/. 4.80	S/. 5,040.00
3.02.07	Reapuntalamiento de viga	ml	315.00	1.00	315.00	S/. 4.80	S/. 1,512.00
(*) Los precios no incluyen IGV						ALQUILER MENSUAL:	S/. 35,496.67
							+ IGV

Revisión: 00
Fecha: 21-03-11

Figura 22: Cotización de UNISPAN, para la obra "Construcción, edificios oficinas el Golf".
Página 01.

4.00.00 Andamios y Escaleras

4.01.00	Andamio de Trabajo AMD, L=2.5m, A=2.5m H=2.00 + baranda	und.	1.00	1.00	1.00	S/. 224.63	S/. 224.63
4.02.00	Escalera de Acceso interior AMD, H= 25.00 m + baranda	und.	1.00	1.00	1.00	S/. 2,800.94	S/. 2,800.94

(*) Los precios no incluyen IGV

ALQUILER MENSUAL: S/. 3,025.57
+ IGV

5.00.00 Soporte para oficinas

5.01.00	Soporte para oficinas con escuadra doble canal	ml	15.00	1.00	15.00	S/. 100.00	S/. 1,500.00
---------	--	----	-------	------	-------	------------	--------------

(*) Los precios no incluyen IGV

ALQUILER MENSUAL: S/. 1,500.00
+ IGV

6.00.00 Plataforma en volado

6.01.00	Plataforma en volado para soporte de material	gib	1.00	1.00	1.00	S/. 500.00	S/. 500.00
---------	---	-----	------	------	------	------------	------------

(*) Los precios no incluyen IGV

ALQUILER MENSUAL: S/. 500.00
+ IGV

7.00.00 Venta Consumibles

7.01.00	Botones Plasticos 12 MM	und.	1.00	1.00	1.00	S/. 0.31	S/. 0.31
7.02.00	Conos Plasticos 12 MM	und.	1.00	1.00	1.00	S/. 0.33	S/. 0.33

(*) Los precios no incluyen IGV

8.00.00 Complementarios

8.01.00	Soporte de vigas (altura doble) h=4.20 m.	ml	1.00	1.00	1.00	S/. 34.51	S/. 34.51
8.02.00	Soporte de losas (altura doble) h=4.20 m.	ml	1.00	1.00	1.00	S/. 20.34	S/. 20.34
8.03.00	Plataforma de Trabajo	ml	1.00	1.00	1.00	S/. 26.68	S/. 26.68
8.04.00	Encofrado de columna circular	m2	1.00	1.00	1.00	S/. 43.24	S/. 43.24

(*) Los precios no incluyen IGV

DETALLE DE COTIZACION

- ~ Se debe considerar S/. 0,57 + IGV x m² construido de elementos verticales por concepto de consumibles plásticos (Cono y botones).
- ~ Los valores de alquiler pueden variar en función del desarrollo de los planos de montaje de los equipos o si el contratista solicita modificaciones en las soluciones técnicas.
- ~ El monto de alquiler es estimado y esta sujeto a variación en función de las condiciones de ejecución de la obra. La cantidad de los equipos y los plazos señalados son referenciales y dependen exclusivamente del contratista.
- ~ La cantidad de equipo cotizado se ha estimado en función del ciclo de reutilización para cada estructura. La cantidad final de equipos requerido esta en función del la ejecución final de la obra, tiempos de desencofrado, especificaciones técnicas y depende exclusivamente del cliente.
- ~ Para las placas y columnas, se esta considerando el sistema al -Steel, que esta conformado por paneles metálicos (ef), incluye accesorios, alineadores y aplomadores.
- ~ Para el soporte de losas , se esta considerando sistema Puntal Individual. Se considera viga de aluminio como elemento primario, el cual tiene una aplica de madera el cual permite que se pueda clavar el panel fenolico y secundario como elemento secundario se considera canal.

CONDICIONES GENERALES

- ~ Los valores de alquiler se han considerado en moneda nacional (S/.)
- ~ Suscripción de Contrato de Arrendamiento según evaluación del cliente.
- ~ Cotización sujeta a los términos y condiciones indicadas en el Contrato de Arrendamiento.
- ~ La facturación de alquiler es mensual y se realiza por pieza día para facilitar la administración y control de los equipos durante el desarrollo de la obra.
- ~ La propuesta corresponde sólo al alquiler de encofrados, los conceptos adicionales que requiere la partida del encofrado van por cuenta y costo del cliente (Flete de ida y vuelta, limpieza y reparación, reposición del equipo perdido, mano de obra, movilización y desmovilización, remates de madera, desmoldarte, elementos de instalación y fijación, administración y control de los equipos, etc.).
- ~ El despacho estará sujeto a la disponibilidad del equipo en nuestros almacenes.
- ~ La presente cotización tiene un plazo de vigencia de 30 días calendario.

Atentamente,

Ing. Sheylla Palomino
Administrador de Proyectos
981213178

Revisión: 00
Fecha: 21-03-11

Figura 23: Cotización de UNISPAN, para la obra "Construcción, edificios oficinas el Golf".
Página 02.

5.5. Panel fotográfico



Figura 25: Encofrado metálico de losa aligerada en "Construcción, edificios oficinas el Golf" (2021).



Figura 26: Desencofrado metálico de losa aligerada en "Construcción, edificios oficinas el Golf" (2021).



Figura 27: Estructuración de puntales a gran altura.



Figura 28: Tomando medidas reglamentarias de 1.50m entre puntales.



Figura 30: Encofrado tradicional de losa aligerada en "Residencial Home Green" (2021).



Figura 29: Desencofrado tradicional de losa aligerada en "Residencial Home Green" (2021).