

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Aplicación del método “Choosing By Advantages (CBA)” para  
la selección de losas de techo aligerado en edificios  
multifamiliares**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

**Álvaro Rodrigo Cuellar Limaymanta**

**Jorge Rolando Dávila Medina**

**ASESOR:**

**ING. JOSÉ FÉLIX ALEJANDRO BENAVIDES VARGAS**

**Lima, Mayo, 2025**

# Informe de Similitud

Yo, JOSE FELIX ALEJANDRO BENAVIDES VARGAS, docente de la Facultad de Ciencias e ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis/ trabajo de investigación titulado:


## **Aplicación del método "Choosing By Advantages (CBA)" para la selección de losas de techo aligerado en edificios multifamiliares.**

De los autores: ALVARO RODRIGO CUELLAR LIMAYMANTA y JORGE ROLANDO DAVILA MEDINA

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 23%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 26/05/2025.
- El porcentaje de similitud excede en 1% el máximo permitido, pero se ha podido comprobar que el exceso manifestado se debe a los análisis de precios unitarios que contiene el trabajo de investigación
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 05 de junio del 2025

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Benavides Vargas, José Félix Alejandro</u>	
DNI: 10141857	Firma 
ORCID: 0000-0001-7231-6168	

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad determinar la mejor opción de losa de techo aligerada en una sola dirección de entre seis alternativas posibles, dichas alternativas derivan de las características de tres proyectos de edificaciones multifamiliares, los cuales se ubican en la ciudad de Lima y están descritos de manera detallada más adelante en el acápite 4.1. Las seis alternativas de losa son producto de la subdivisión de 3 tipos de losas principales (losa aligerada convencional, losa aligerada con viguetas pretensadas de concreto y la losa aligerada con viguetas de acero galvanizado de VIGACERO).

El método para la toma de decisiones que se emplea en la presente tesis es “*Choosing By Advantages*” (CBA), el cual se utiliza para determinar la mejor opción de losa aligerada de acuerdo con múltiples cualidades que puedan presentar las alternativas. Es importante tener en cuenta que, para emplear este método de selección, se debe ordenar los requisitos de la siguiente manera: (1) las alternativas de losa, (2) los factores de comparación, (3) los criterios de cada factor, (4) los atributos de cada alternativa, (5) las ventajas y sus importancias; para que finalmente, la alternativa con mayor suma de importancias sea la más adecuada en base a estos requisitos.

Además, en contraste con la idea central del método CBA, el presente trabajo incluye un método de selección empleando solamente un análisis económico. Esto con la finalidad de comparar los resultados que otorgan los distintos métodos y reforzar la importancia del uso del método CBA en el rubro de la construcción de edificaciones multifamiliares.

## INDICE

1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Alcance .....	1
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general .....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Hipótesis y justificación .....	3
1.4.1. Hipótesis.....	3
1.4.2. Justificación.....	3
2. CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes del CBA.....	4
2.2. Aplicaciones del CBA .....	7
2.3. Ventajas del CBA .....	7
2.4. Definiciones de losas .....	8
2.4.1. Losa .....	8
2.4.1.1. Losa aligerada convencional .....	8
2.4.1.2. Losa aligerada con viguetas prefabricadas de concreto.....	9
2.4.1.3. Losas aligeradas con viguetas prefabricadas de acero.....	9
3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	10
4. CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DEL MÉTODO CBA .....	14
4.1. Descripción del caso de estudio.....	14
4.2. Selección de alternativas .....	16
4.2.1. Procesos constructivos de losas aligeradas .....	17
4.2.1.1. Losa aligerada convencional .....	17
4.2.1.2. Losa aligerada con viguetas prefabricadas de concreto.....	19
4.2.1.3. Losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero galvanizado .....	21
4.3. Definición de los factores .....	23
4.4. Definición de criterios .....	24
4.5. Resumen de los atributos de cada alternativa .....	26
4.5.1. Rendimiento en obra .....	26
4.5.2. Manipulación de los materiales en obra.....	34

4.5.3. Seguridad en construcción .....	36
4.5.4. Seguridad del usuario final del proyecto.....	37
4.5.5. Momento de Resistencia .....	41
4.5.6. Peso Propio.....	42
4.5.6.1 Análisis Estructural.....	45
4.5.7. Eco amigable .....	53
4.5.8. Aislante térmico .....	56
4.5.9. Confort acústico .....	58
4.6. Definición de las ventajas.....	59
4.7. Asignación de la importancia a las ventajas.....	62
4.8. Suma de importancias y decisión final.....	65
5. CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	73
5.1. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO (ACU).....	73
5.1.1. Alternativa N°1 y N°2.....	78
5.1.2. Alternativa N°3, N°4 y N°5 .....	79
5.1.3. Alternativa N°6 .....	79
5.2. Costo total de las alternativas .....	80
6. CAPÍTULO 6: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO CBA Y EL ANÁLISIS ECONÓMICO.....	85
7. CAPÍTULO 7: PRINCIPAL PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA VIGACERO .....	88
8. CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
8.1. Conclusiones del CBA.....	89
8.2. Conclusiones del Análisis Económico .....	90
8.3. Recomendaciones .....	91
BIBLIOGRAFIA .....	93
ANEXOS .....	100

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones de términos CBA .....	5
Tabla 2. Alternativas de Losa .....	17
Tabla 3. Definición de factores .....	24
Tabla 4. Definición de Criterios.....	25
Tabla 5. Partidas de losa .....	27
Tabla 6. Cuadrillas según partida de losa .....	27
Tabla 7. Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m.....	28
Tabla 8. Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) @ 0.40m.....	29
Tabla 9. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla @ 0.50m .....	30
Tabla 10. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto @ 0.50m .....	31
Tabla 11. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) @ 0.50m.....	32
Tabla 12. Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) @ 0.84 m .....	33
Tabla 13. Factor (día/m <sup>2</sup> ) de cada alternativa de losa .....	34
Tabla 14. Peso de viguetas y aligerados para un metro cuadrado de losa .....	35
Tabla 15. Características de los materiales según tipo de losa .....	36
Tabla 16. Niveles de seguridad.....	37
Tabla 17. Comportamiento de los materiales de losa .....	39
Tabla 18. Clasificación de los pisos y techos por su resistencia al fuego.....	40
Tabla 19. Cantidad de concreto en un metro cuadrado (m <sup>2</sup> ) de losa .....	41
Tabla 20. Momentos de Resistencia para espesores mínimos de losa.....	42
Tabla 21. Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto armado .....	43
Tabla 22. Características generales del Ladrillo hueco acanalado .....	43
Tabla 23. Peso propio de losa con viguetas pretensadas Concremax .....	43
Tabla 24. Peso propio de losa con viguetas pretensadas Firth.....	44
Tabla 25. Peso propio según tipo de losa.....	44
Tabla 26. Factores considerados en el análisis estructural .....	46
Tabla 27. Deriva inelástica en el eje X con excentricidad en Y negativa.....	47
Tabla 28. Deriva inelástica en el eje X con excentricidad en Y positiva.....	48
Tabla 29. Deriva inelástica en el eje Y con excentricidad en X negativa.....	49
Tabla 30. Deriva inelástica en el eje Y con excentricidad en X positiva.....	50
Tabla 31. Masa parcial por piso y masa total de la estructura .....	51
Tabla 32: Periodos de vibración de cada estructura.....	52
Tabla 33. Materiales en orden de contaminación .....	54
Tabla 34. Cantidad concreto y tipo de aligerados.....	55
Tabla 35. Especificaciones de las Bovedillas de Arcilla y Poliestireno Expandido.....	57
Tabla 36. Cantidad de aligerado EPS por losa.....	58
Tabla 37. Confort acústico de las alternativas .....	59
Tabla 38. Resumen de todas las ventajas, según factor .....	60
Tabla 39. Niveles de importancia en las ventajas .....	63
Tabla 40. Tabla final de CBA para las alternativas N°1 y N°2 .....	66
Tabla 41. Tabla final de CBA para las alternativas N°3 y N°4 .....	68
Tabla 42. Tabla final de CBA para las alternativas N°5 y N°6 .....	70
Tabla 43. Suma final de importancias.....	72
Tabla 44. Tabla de Salarios y Beneficios Sociales del Pliego Nacional (2023-24).....	74

Tabla 45. Tabla de Salarios y Beneficios Sociales de operarios especializados del Pliego Nacional (2022-23) .....	76
Tabla 46. Costo de hora hombre en edificación (vigente hasta el 31 de julio de 2024) .....	78
Tabla 47. Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m .....	80
Tabla 48. Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m .....	81
Tabla 50. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m .....	82
Tabla 51. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m .....	82
Tabla 52. Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m.....	83
Tabla 53. Resumen de los factores (soles/m <sup>2</sup> ) de cada alternativa.....	84
Tabla 54. Comparaciones entre el método CBA y el análisis económico .....	86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos del CBA .....	6
Figura 2. Metodología de tesis.....	10
Figura 3. Fachada del Proyecto “Mirador Palatino Casa Club” .....	15
Figura 4. Fachada del Proyecto “Los Azafranes” .....	15
Figura 5. Fachada del Proyecto “Edificio Multifamiliar” .....	16
Figura 6. Vista transversal de una losa aligerada convencional .....	18
Figura 7. Representación del proceso constructivo de losa aligerada convencional .....	19
Figura 8. Vista transversal de la losa con viguetas prefabricadas de concreto .....	20
Figura 9: Representación del proceso constructivo de losa aligerada con viguetas prefabricadas .....	21
Figura 10. Vista de losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero galvanizado .....	22
Figura 11. Representación del proceso constructivo de losa aligerada con viguetas prefabricadas (VIGACERO).....	23
Figura 12. Modelado de la estructura en ETABS .....	45
Figura 13. Forma de la bovedilla de EPS para losa con viguetas pretensadas .....	56
Figura 14. Forma del casetón EPS.....	57

## 1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

La industria de la construcción es un sector económico muy importante en el país, esto es debido a su efecto multiplicador, el cual permite a la industria generar muchos puestos de trabajo. Por otro lado, la cantidad considerable de variables/incógnitas que resolver y decisiones que tomar, dentro de los proyectos de construcción, genera que sea difícil conseguir un resultado óptimo y del agrado de todos los involucrados. Por ejemplo, el proceso de diseño de una edificación involucra a varias partes interesadas, las cuales deben tomar múltiples decisiones para conseguir el producto final del agrado de todos, las cuales son básicamente: arquitectos, diseñadores, ingenieros, propietarios, entre otros (Pishdad-Bozorgi y Haymaker, 2014). Y todas las decisiones tomadas deben satisfacer los requisitos del cliente y del equipo de diseño (Arroyo, Tommelein y Ballard, 2015b). Sin embargo, la mayoría de las veces las decisiones son tomadas en base a experiencias pasadas o por intuición, sin un método estructurado (Arroyo, Tommelein y Ballard, 2012a). Por ello, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad aportar conocimiento provechoso, mediante la aplicación del método de toma de decisiones *Choosing By Advantages* (CBA) para el proceso de selección de losas de techo aligerado, en el diseño de edificaciones multifamiliares.

### 1.2. Alcance

El alcance de este trabajo de investigación consta en precisar la mejor alternativa de diseño de techos aligerados para edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares, para este proceso de selección será necesaria la evaluación de 3 tipos de losas aligeradas de las cuales derivarán 6 alternativas que serán nombrados más adelante. Se debe aclarar que, como limitación de este trabajo, tanto la investigación como los resultados abarcarán proyectos ubicados en la ciudad de Lima; además, no se tomarán en cuenta hospitales, oficinas y centros

de estudios como colegios o universidades.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- El objetivo principal de este trabajo de investigación es emplear la metodología Choosing By Advantages (CBA) para seleccionar la mejor alternativa de losa de techo aligerada en edificaciones multifamiliares, basándose en las siguientes características: tiempo, seguridad, mejoramiento estructural, impacto ambiental y la comodidad del usuario final del proyecto

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar la importancia que conlleva la correcta elección de una losa aligerada, para el diseño de una edificación
- Identificar los impactos positivos que se pueden generar en los procesos de diseño de edificaciones, a partir de la aplicación de una metodología de toma de decisiones (CBA)
- Demostrar que la aplicación de metodologías de toma de decisiones, como el CBA, pueden ser más equilibradas, transparentes y reutilizables; a diferencia de una comparación económica
- Incentivar el uso de metodologías de toma de decisiones dentro de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC).

## **1.4. Hipótesis y justificación**

### **1.4.1. Hipótesis**

Con la aplicación del método CBA se podrá obtener una alternativa de losa que, utilizando la suma de importancias, pueda sobresalir entre las demás alternativas, tomando como base las siguientes características: tiempo, seguridad, mejoramiento estructural, impacto ambiental y la comodidad del usuario final del proyecto. Además, se demostrará que aplicación del método CBA, dentro del diseño de edificios, puede ser esencial para generar impactos positivos, en comparación con los métodos tradicionales de toma de decisiones (Ej. Toma de decisiones por Análisis Económico).

### **1.4.2. Justificación**

La complejidad que existe dentro del diseño de una edificación se ve reflejada en las múltiples decisiones que se toman en torno al desarrollo del proyecto. Este problema de complejidad provoca que en reiteradas ocasiones sea difícil la adecuada elección de los profesionales, materiales, procesos constructivos, entre otros elementos esenciales para el diseño. Por lo tanto, el propósito de esta tesis es aplicar la metodología de toma de decisiones CBA, a la selección de losas aligeradas, con el fin de aportar información beneficiosa que permita aumentar la calidad final del diseño de la edificación. Es importante mencionar que los resultados del método CBA serán sometidos a comparación con los resultados que provendrán del Análisis Económico; esto con la finalidad de ampliar los frentes de estudio y conseguir más información provechosa que aporte y refuerce el uso del método CBA.

## 2. CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1. Antecedentes del CBA

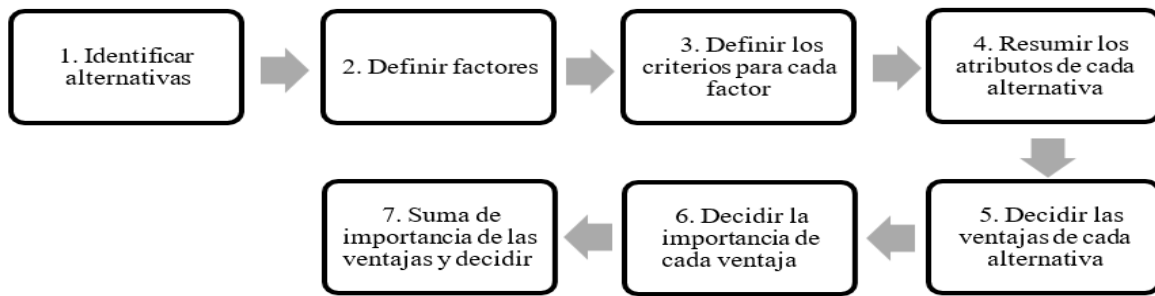
La Selección por Ventajas (CBA) es un sistema de toma de decisiones de carácter transparente y colaborativo, desarrollado por Jim Suhr mientras trabajaba en el Servicio Forestal de Estados Unidos (EE. UU). Suhr (1999) afirma que el CBA es un sistema sólido para la toma de decisiones, ya que este emplea un vocabulario bien definido que garantiza la claridad y transparencia del proceso de toma de decisiones. Arroyo, Tommelein y Ballard (2013) aseguran que el CBA respalda la toma de decisiones sensatas a través de las comparaciones entre las ventajas que ofrecen las alternativas de estudio. De acuerdo con Arroyo et al. (2013), el sistema CBA posee cuatro principios: (1) los tomadores de decisiones deben aprender y utilizar hábilmente métodos de toma de decisiones; (2) las decisiones deben basarse en la importancia de la ventaja; (3) las decisiones deben basarse en los hechos relevantes; (4) diferentes tipos de decisiones requieren diferentes métodos sólidos de toma de decisiones. Con el fin de, comprender el vocabulario usado en el CBA, se presenta la Tabla 1, la cual muestra los términos empleados en el CBA; los cuales están adaptados del libro de Suhr (1999) con un enfoque dirigido a la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC).

Tabla 1. Definiciones de términos CBA

<b>Términos</b>	<b>Definiciones</b>
<b>Alternativas</b>	Dos o más métodos de construcción, materiales, diseños de edificios o sistemas de construcción, de los cuales se debe elegir uno o una combinación de ellos.
<b>Factor</b>	Un elemento, parte o componente de una decisión. Para evaluar la sostenibilidad de las comparaciones, los factores deben representar aspectos económicos, sociales y ambientales. Es importante resaltar que el CBA considera el dinero (el costo o el precio) de manera aparte; es decir, después de que los atributos de las alternativas hayan sido evaluados en base a factores y criterios.
<b>Criterios</b>	Por lo general es una regla de decisión o una guía. Un criterio "obligatorio" representa las condiciones que debe satisfacer cada alternativa. Un criterio de "deseo" representa las preferencias de uno o varios responsables de la toma de decisiones.
<b>Atributo</b>	La característica, cualidad o consecuencia de una alternativa.
<b>Ventaja</b>	El beneficio, ganancia o mejora. Específicamente, una ventaja es una diferencia beneficiosa entre los atributos de dos o más alternativas.

*Nota.* Adaptado de "The Choosing By Advantages Decisionmaking System" por Suhr, J. (1999).

Según Suhr (1999), el CBA ofrece métodos que pueden ser empleados para prácticamente cualquier tipo de decisiones, las cuales pueden ir desde las más simples hasta las más complejas. Por ejemplo, el método tabular es uno de los más usados en el sistema CBA, ya que permite desarrollar comparaciones entre dos o más alternativas que presentan diferente valor monetario (costo). Además, puede ser empleado para decisiones que van de nivel moderado a complejo, permitiendo desarrollarlas de manera transparente (Arroyo et al, 2013; Parrish y Tommelein, 2009). Originalmente este método posee cinco fases: (1) fase de puesta en escena, (2) la fase de innovación, (3) la fase de toma de decisiones, (4) la fase de reconsideración y (5) la fase de ejecución (Suhr 1999). Sin embargo, el método tabular también puede ser aplicado tomando en cuenta 7 pasos, los cuales se pueden apreciar en la Figura 1.



*Figura 1. Pasos del CBA*  
*Fuente: Elaboración Propia*

En primer lugar, se identifican las posibles alternativas para la comparación; en segundo lugar, se definen los factores de acuerdo a las características más resaltantes de cada alternativa; en tercer lugar, se definen los criterios, los cuales serán aplicados a los distintos factores acordados; en cuarto lugar, se resumen los atributos que tiene cada alternativa según cada factor; en quinto lugar, se deciden las ventajas de cada alternativa de acuerdo a cada factor; en sexto lugar, se decide la importancia de cada ventaja y se le asigna una puntuación de 0 a 100 (u otra escala) dependiendo de la importancia más pertinente; finalmente, se suman las importancias de las ventajas de cada alternativa y se selecciona la alternativa con la mayor puntuación (Fuenzalida, 2016).

En el sistema CBA solo se pueden expresar las ventajas; es decir, la desventaja de una alternativa se enumera como la ventaja de otra (Parrish y Tommelein, 2009). Las decisiones tomadas se basan únicamente en las ventajas y no en las desventajas (principio 2), evitando la existencia de una doble contabilización. Una vez que se determinan las ventajas, las partes interesadas deben evaluar solo la importancia de estas haciendo comparaciones entre ellas (Arroyo et al, 2013). Asignar un grado de importancia a cada ventaja es la primera tarea donde se requiere que los responsables de la toma de decisiones emitan un juicio de valor sobre las alternativas (Parrish y Tommelein, 2009). El proceso de ponderación debe ser específicamente

sobre la importancia de estas ventajas, no sobre criterios, factores u otros tipos de datos (Suhr, 1999, p.80).

## **2.2. Aplicaciones del CBA**

Se pueden encontrar muchos ejemplos de aplicación del método CBA dentro de la industria AEC; por ejemplo, Parrish y Tommelein (2009) emplearon el método CBA para elegir un diseño de refuerzo de acero en una unión viga-columna, el estudio reveló que emplear el método de tabulación CBA, merma los conflictos de valores de los miembros del equipo de trabajo. Arroyo et al (2013) utilizaron este método para la elección de baldosas de techo para un proyecto de diseño de interiores de un edificio comercial, donde sus resultados muestran que el CBA es útil para integrar perspectivas múltiples de las partes interesadas. Martines, Tommelein y Alvear. (2016) utilizaron el CBA para seleccionar el mejor sistema de encofrado, debido a que usualmente estos se seleccionan en base a la experiencia individual de los contratistas. Suarez, Zapata y Brioso (2020) emplearon el CBA para comparar modelos BIM 5D (cantidades, costos y horarios integrados) y líneas de flujo, que es un sistema de programación del sistema de gestión basado en la ubicación de modelos CPA (3D y 4D).

Espinoza, Brioso y Herrera (2021) utilizaron el método CBA para seleccionar la mejor alternativa en el sistema de remoción (excavación) de material en la ejecución de sótanos en un proyecto que quedó paralizado por la emergencia sanitaria (COVID), el cual tiene como conclusión que el CBA es una herramienta para documentar de manera transparente el proceso de selección del sistema de remoción.

## **2.3. Ventajas del CBA**

Entre las ventajas o beneficios que ofrece el CBA se encuentran las siguientes: (1) Genera transparencia en el proceso de toma de decisiones y permite la consideración explícita de múltiples alternativas basadas en diversos factores de impacto (Parrish y Tommelein 2009;

Arroyo et al 2012; Arroyo et al 2014). Beneficia al consenso en base a la decisión y colabora con el aprendizaje continuo (Parrish y Tommelein (2009; Arroyo et al 2012; Arroyo et al 2014). (3) Ayuda a documentar la información sobre por qué y sobre qué base se toman las decisiones, para que estas puedan revisarse en proyectos futuros (Parrish y Tommelein 2009). (4) Incluye todas las perspectivas de los involucrados, ayudando a que se genera participación multidisciplinar (Parrish y Tommelein 2009).

En resumen, el objetivo central del método CBA es facilitar la toma de decisiones, comprendiendo mejor las diferencias entre las ventajas de cada alternativa evaluada y la importancia de estas. Además, disminuye el tiempo necesario para tomar decisiones, aumenta la satisfacción de la elección final y reduce la frustración de los involucrados durante la toma de decisiones (Fuenzalida, 2016).

## **2.4. Definiciones de losas**

### **2.4.1. Losa**

La losa es un elemento estructural de concreto simple o reforzado que hace posible la existencia de los pisos y techos de una edificación. Este elemento es generalmente horizontal y es capaz de transmitir las cargas verticales, así como su peso propio, hacia los elementos que se encuentran conectados a la losa; además, puede ser armado en una o dos direcciones, dependiendo el tipo de apoyo que exista en su periferia. También, es usado como diafragma rígido, con la finalidad de mantener la unión de la estructura frente a cargas horizontales de sismo (Blanco. A, 1994).

#### **2.4.1.1. Losa aligerada convencional**

De acuerdo con el manual de construcción de UNACEM, la losa aligerada convencional está constituida por viguetas de concreto armado (acero de refuerzo + concreto) y elementos livianos de relleno. Las viguetas se unen por una capa superior de concreto de por lo menos 5

cm de espesor. Los elementos de relleno pueden ser ladrillos huecos de arcilla, de concreto o casetones de poliestireno, los cuales sirven para aligerar la carga total en la losa y conseguir una superficie uniforme en el cielo raso. Además, este tipo de losas se refuerzan en ambas direcciones con una malla de temperatura en la capa superior para controlar el agrietamiento provocado por las contracciones o por tensiones generadas debido a cambios en la temperatura.

#### **2.4.1.2. Losa aligerada con viguetas prefabricadas de concreto**

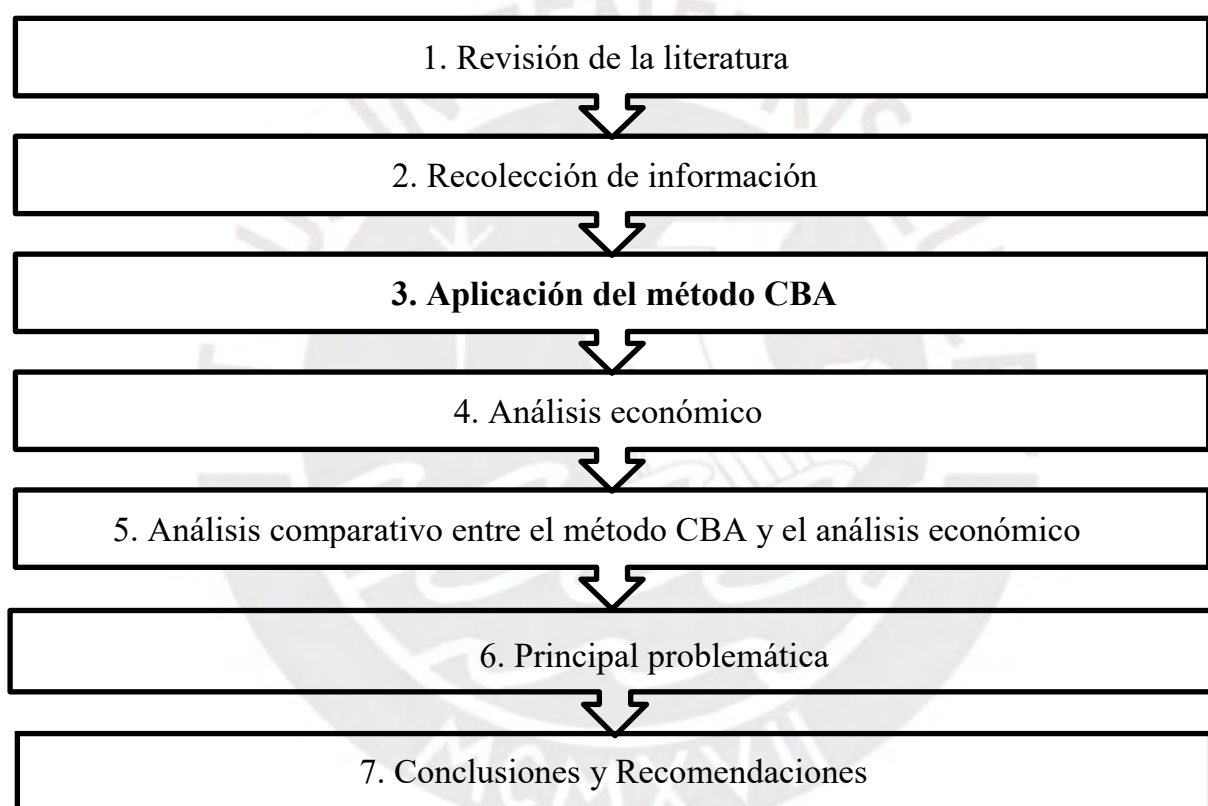
De acuerdo con la Ficha Técnica de CONCREMAX, la losa aligerada con viguetas prefabricadas de concreto presenta un sistema constructivo conformado por viguetas prefabricadas pretensadas de concreto armado, las cuales normalmente están separadas por bovedillas de relleno y una losa superior de compresión que se vacía in situ de por lo menos 5 cm de espesor. Los casetones que se utilizan como relleno en este tipo de losa generalmente son de concreto, poliestireno o arcilla. Adicionalmente, este tipo de losa suele requerir de un refuerzo de acero sobre las viguetas pretensadas para aumentar su resistencia ante momentos negativos. Por otro lado, cuentan también con una malla de temperatura en la parte superior para evitar contracciones o tensiones generadas debido a cambios en la temperatura y así evitar agrietamientos.

#### **2.4.1.3. Losas aligeradas con viguetas prefabricadas de acero**

De acuerdo con el Manual Técnico de VIGACERO, este tipo de losas aligeradas están conformadas por viguetas prefabricadas de acero estructural galvanizado y casetones de poliestireno expandido EPS de alta densidad unidos por una capa superior de concreto de por lo menos 5 cm de espesor. Por otro lado, de ser requerido por el diseño estructural, se coloca una varilla de refuerzo negativo en la parte superior de las viguetas de acero. Además, este tipo de losas se refuerzan en ambas direcciones con una malla de temperatura en la capa superior de concreto para controlar el agrietamiento provocado por las contracciones o por tensiones generadas debido a cambios en la temperatura.

### 3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

La metodología que se empleó en este trabajo de investigación fue basada principalmente en la aplicación del método Choosing By Advantages (CBA), el cual, como se explicó anteriormente, es un sistema de toma de decisiones multicriterio basado en la selección de alternativas por sus ventajas frente a otras. Para concretar la aplicación de este método de selección también se desarrollaron una serie de etapas previas y posteriores, las cuales pueden ser apreciadas en la Figura 2.



*Figura 2. Metodología de tesis  
Fuente: Elaboración Propia*

#### 1. Revisión de la literatura/Investigación bibliográfica:

En esta primera etapa se concretó la búsqueda de fuentes informativas, tales como trabajos científicos y académicos, los cuales proporcionaron contexto y justificación a este trabajo de investigación. Luego, se procedió con una descripción detallada del método CBA, tomando en cuenta lo siguiente: Antecedentes, Aplicaciones y Ventajas. También en esta etapa

de la metodología, se desarrollaron de manera explicativa las definiciones generales de losas aligeradas.

## 2. Recolección de información:

De forma paralela a la etapa 1 de la metodología, se realizaron visitas programadas a obras de construcción. Como resultado de estas visitas, se obtuvo información real y relevante para el desarrollo de este método de selección. Para el desarrollo de los atributos de cada alternativa de losa, se procedió a utilizar fuentes secundarias, tales como trabajos académicos y científicos, fichas técnicas de las losas y sus elementos principales; además, se consiguió asistir a talleres informativos donde se pudo obtener información directa de profesionales involucrados en el desarrollo e innovación de losas aligeradas.

## 3. Aplicación del Método CBA

En esta etapa se desarrolló el contenido principal del presente estudio de investigación. Primero se procedió con la descripción de 03 casos principales de estudio, los cuales involucraban edificaciones hechas con losas aligeradas convencionales, losas con viguetas prefabricadas de concreto y losas con viguetas prefabricadas de acero. Luego, de manera explicativa y dinámica, se desarrollaron los procesos constructivos de cada tipo de losa aligerada. Finalmente, se prosiguió con la aplicación del método CBA, el cual consistió en la realización de 7 pasos, como parte de la metodología tubular CBA, los cuales fueron los siguientes: (1) identificar alternativas, (2) definir factores, (3) definir criterios, (4) resumir atributos, (5) decidir ventajas, (6) decidir la importancia de las ventajas, (7) suma de importancias y decisión final.

## 4. Análisis económico

En esta etapa se procedió a diseñar los ACUs, tomando en cuenta todas las partidas necesarias para la construcción de cada alternativa de losa aligerada, pero para concretar esta etapa se tuvo

que recurrir a las siguientes fuentes: información recopilada de las visitas programadas a obra, suplemento técnico de la revista de costos y los costos actualizados del mercado peruano. En base a las fuentes mencionadas, y mediante procesos de filtración de información, se pudo establecer costos y rendimientos más precisos y transparentes.

Finalmente, el costo real de cada alternativa se calculó por medio de los metrados de cada proyecto y sus precios unitarios; además, a manera de desarrollar una comparación más justa, ya que cada proyecto presenta un área construida de losa distinta, se procedió a desarrollar un factor que consiste en dividir el Costo total de la losa entre su área de losa construida.

#### 5. Análisis comparativo entre el método CBA y el análisis económico

Se desarrolló la comparación entre el método tubular CBA y el análisis económico, esto con el objetivo de identificar las principales diferencias entre un método de toma de decisiones multicriterio y un método de selección convencional de un solo factor de comparación. Para identificar las diferencias principales de manera imparcial se estableció 7 características, las cuales fueron: Complejidad, Multicriterio, Limitaciones, Especialistas, Flexibilidad, Nivel de confianza y Cambio de resultado.

#### 6. Principal problemática

Una vez finalizadas las etapas de Aplicación del método CBA, Análisis económico y el Análisis comparativo entre las dos anteriores, se procedió a identificar la problemática del sistema de losa que resaltó entre las demás alternativas. Para desarrollar esta etapa se tuvo que acudir a profesionales involucrados y expertos en el tema de desarrollo e innovación de losas aligeradas, de los cuales se pudo obtener información relevante, la cual se utilizó para explicar la idea central de este capítulo.

#### 7. Conclusiones y recomendaciones

Finalmente, se realizaron conclusiones concisas de la aplicación del método CBA y de

su utilidad en el rubro de la construcción, sobre todo en la fase del desarrollo del proyecto.

También se elaboraron conclusiones del análisis económico, evidenciando sus límites funcionales y posibles sesgos a la hora de elegir una alternativa. Finalmente, se establecieron recomendaciones referidas al uso correcto del método CBA y en qué etapa resultaría más provechoso utilizarlo.



## 4. CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DEL MÉTODO CBA

### 4.1. Descripción del caso de estudio

Este trabajo de investigación se centrará en los siguientes proyectos:

Primero, el Proyecto “Mirador Palatino Casa Club” ubicado en la Av. Brasil N°3435-3439- 3441-3445, en el distrito de Magdalena del Mar, provincia y departamento de Lima. Este edificio/condominio cuenta con 97 departamentos distribuidos en 20 pisos y además cuenta con 5 sótanos destinados a estacionamientos. El sistema estructural del edificio es de muros de concreto armado combinado con pórticos de concreto armado; el sistema de techo principalmente es del tipo prefabricado pretensado de 20cm, además de losas macizas de concreto de 20cm.

Segundo, el proyecto “Los Azafranes” ubicado en la Calle. Azafranes en Salamanca, distrito de Ate, provincia y departamento de Lima. Este edificio cuenta con un total de 15 departamentos distribuidos en 6 pisos; además, cuenta con 1 sótano destinado a estacionamientos. El sistema estructural de la edificación es de muros de concreto armado combinado con pórticos de concreto armado, el sistema principal de los entrepisos es de aligerado convencional de 20 cm.

Por último, el proyecto “Edificio Multifamiliar” ubicado en la intersección de la Av. José Saco Rojas y la Vía Metropolitana en el distrito de Carabaylo, provincia y departamento de Lima. Este edificio cuenta con 4 niveles y de 6 departamentos, donde el primer nivel está destinado para estacionamiento y los niveles del 2 al 4 son departamentos. El sistema estructural de la edificación es de muros de concreto armado combinado con pórticos de concreto armado, el sistema principal de los entrepisos es de aligerado de 20 cm con viguetas prefabricadas de acero.



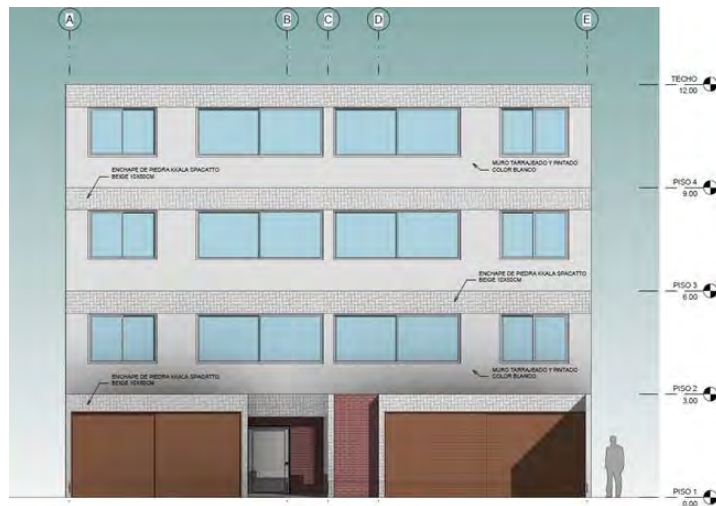
*Figura 3. Fachada del Proyecto “Mirador Palatino Casa Club”*

*Fuente: <https://nexoinmobiliario.pe/proyecto/venta-de-departamento-1130-mirador-palatino-casa-club-magdalena-del-mar-lima-lima-inverplus>*



*Figura 4. Fachada del Proyecto “Los Azafranes”*

*Fuente: <https://urbania.pe/inmueble/proyecto-residencial-los-azafranes-ate-vitarte-los-recaudadores-inversiones-pozo-y-asociados-sac-persona-natural-58387014>*



*Figura 5. Fachada del Proyecto “Edificio Multifamiliar”  
Fuente: Elaboración Propia*

Tomando como base los proyectos mencionados, se realizará la toma de decisión de la alternativa más apropiada entre las diversas opciones de construcción de losas aligeradas que se mencionarán más adelante en el acápite 4.2; y para lograr este objetivo se empleará el método multicriterio de toma de decisiones “Choosing By Advantages” o CBA.

#### **4.2. Selección de alternativas**

Para el análisis comparativo se disponen de solo losas aligeradas en una dirección, tomando como base los sistemas de techo aligerado de los proyectos mencionados anteriormente. Por lo que se disponen de 6 alternativas las cuales se muestran en la Tabla 2.

Es importante resaltar que para esta investigación se trabajará con concreto premezclado ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) para espesor de losa y, en algunos casos, viguetas. El acero empleado en cada alternativa tendrá una resistencia  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ; sin embargo, el acero que se emplean para fabricar las viguetas pretensadas es de resistencia  $18.900 \text{ kg/cm}^2$ , según ficha técnica de CONCREMAX.

Tabla 2. Alternativas de Losa

Nº	Tipo de losa
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m
6	Losa aligerada convencional con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.2.1. Procesos constructivos de losas aligeradas

##### 4.2.1.1. Losa aligerada convencional

Para el caso de la losa aligerada en una dirección, su proceso constructivo puede variar dependiendo de factores importantes como lo es la elaboración del concreto (concreto premezclado o elaborado in situ) o el tipo de encofrado a utilizar (encofrado tradicional de madera o encofrado metálico).

A continuación, se detallará el proceso constructivo convencional de este tipo de losa, basándonos en la charla sobre procesos constructivos para losas aligeradas brindada por la empresa Aceros Arequipa.

## Proceso constructivo

Primero se empieza encofrando el techo, el apoyo de las viguetas de la losa se dará en las vigas soleras, tablonos y pies derechos. Luego, se colocan los aligerados (para este estudio se consideraron bovedillas de poliestireno y ladrillos de arcilla) de tal manera que queden bien alineados y con una separación predeterminada según el diseño de la losa. Los aligerados permitirán disminuir la carga de la losa. Después, se colocan los aceros de armadura superior e inferior, así como el de temperatura. El refuerzo inferior positivo está conformado por varillas corrugadas corridas a lo largo de las viguetas y por balancines si se requiere más refuerzo. El refuerzo superior negativo está conformado por bastones y balancines de acero corrugado. Luego, se coloca el acero de temperatura que suele ser de varillas de acero lisas. Se procede a colocar todas las tuberías para las instalaciones (Agua, Desagüe, Eléctricas, entre otras) en el techo y se limpia cualquier residuo sobre el encofrado de la losa, luego se verifican los niveles y finalmente se humedece el encofrado. Se procede a realizar el vaciado del concreto y nivelado de la losa. Finalmente, se procede con el desencofrado de la losa aproximadamente a los 7 días.

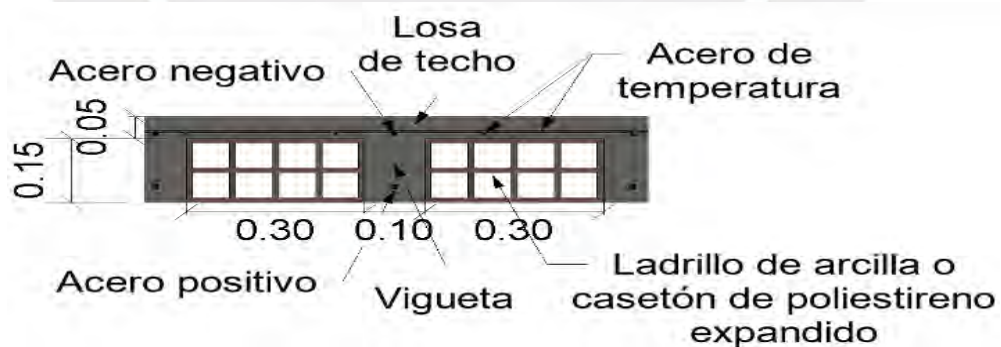


Figura 6. Vista transversal de una losa aligerada convencional

Fuente: Elaboración Propia

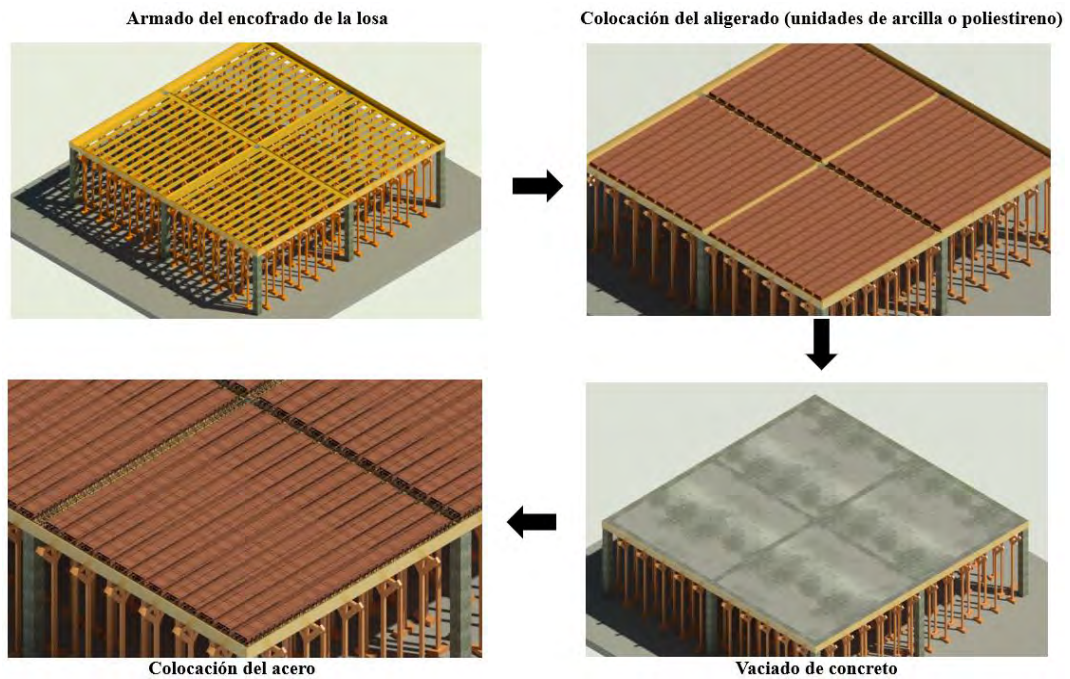


Figura 7. Representación del proceso constructivo de losa aligerada convencional  
 Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.1.2. Losa aligerada con viguetas prefabricadas de concreto

La practicidad en el proceso constructivo de esta losa permite reducir la cantidad de encofrado a emplear; además, para la separación de viguetas prefabricadas se pueden utilizar bovedillas de arcilla, poliestireno, concreto y otros. A continuación, se presentará el proceso constructivo de la losa con viguetas prefabricadas en base a la Ficha Técnica de CONCREMAX y al Anexo N°1.

#### Proceso constructivo

Primero se inicia con el apilamiento, el material se descarga y es colocado en hileras. Cada una de estas hileras debe ir separada por tocas, distanciados a 1.50 o 2 metros, dependiendo la cantidad de hileras. Con esto se logra garantizar una horizontalidad de la vigueta, así como su facilidad para el acarreo. Debido a que no es necesario un fondo de encofrado, se procede con el apuntalamiento. Para esto se requiere puntales separados alrededor de 1.50 metros y soleras cuya separación puede ir desde 1.50 metros hasta 2 metros según la

altura de la losa. La colocación es manual, empezando por las viguetas, y utilizando las bovedillas (pueden ser de concreto, arcilla o poliestireno expandido) como distanciadores de estas. Luego, se coloca el acero de temperatura en la parte superior del aligerado y se procede a colocar las tuberías para las instalaciones eléctricas y sanitarias previstas para la obra. Después de terminar con el armado y antes del vaciado, se procede a realizar la limpieza de la losa para eliminar cualquier tipo de desperdicio. Se realiza el vaciado de concreto premezclado, este puede ser con o sin bomba. Finalmente, los puntales se retiran luego de llegar a la resistencia mínima de  $140 \text{ kg/cm}^2$ ; sin embargo, se puede realizar un reapuntalamiento según la longitud de las luces de la losa.

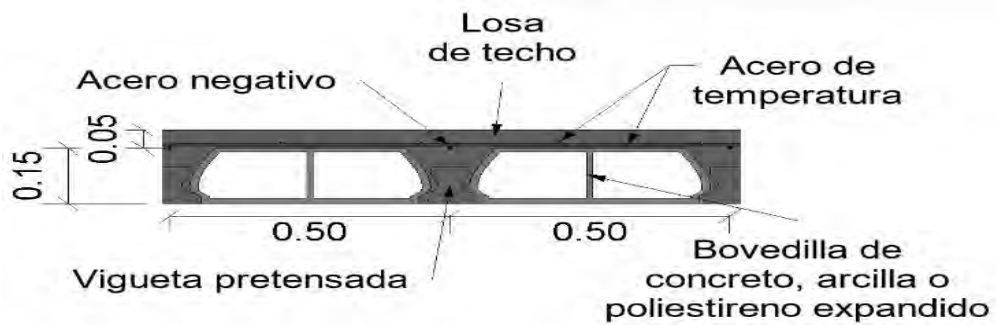


Figura 8. Vista transversal de la losa con viguetas prefabricadas de concreto  
Fuente: Elaboración Propia

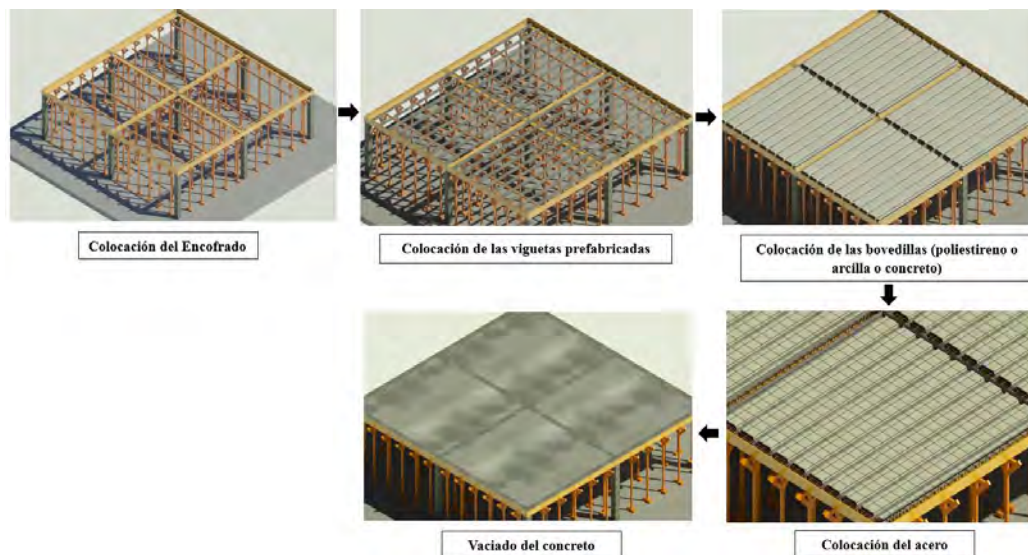


Figura 9: Representación del proceso constructivo de losa aligerada con viguetas prefabricadas  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.1.3. Losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero galvanizado

Este es un sistema de losas aligeradas innovador en el mercado peruano, entre sus elementos principales se tienen las viguetas prefabricadas de acero galvanizado y las unidades de EPS (poliestireno expandido). De acuerdo con el Manual Técnico de VIGACERO, lo resaltante de este sistema está en su fácil instalación; además, debido a su alta resistencia se necesita un menor número de puntales y en luces menores a 4.40 metros no se necesita encofrado alguno. A continuación, se presentará el proceso constructivo de la losa con viguetas prefabricadas de acero galvanizado en base a la Manual Técnico de VIGACERO y al Anexo N°4.

##### Proceso constructivo

Primero, colocar las viguetas de acero a una distancia entre ejes de 84 cm o según la distribución establecida en los planos y encofrar el borde de la losa. Luego se procede a colocar los casetos de poliestireno expandido (EPS) entre cada vigueta de acero, estos deben encajar en el espacio previamente dejado entre viguetas. Se puede realizar cortes a los casetones con la ayuda de una sierra en caso sea necesario y, si es requerido, se colocan varillas corrugadas de

refuerzo negativo, este acero se coloca colgando de la malla de temperatura y sobre cada vigueta según la longitud y diámetro indicados en el plano de estructuras de la losa. Se procede a colocar la malla de temperatura, la cual se puede colocar o armar en obra con varillas de 6 mm en cuadrícula de 25 x 25cm. El Manual Técnico de VIGACERO recomienda utilizar separadores o tacos de concreto de 8x8x4 cm sobre las viguetas, con la finalidad de que exista una separación entre la malla de temperatura y los casetones EPS. Luego, se procede con la colocación de las tuberías para las instalaciones eléctricas y sanitarias de acuerdo con sus respectivos planos. En caso estas instalaciones no queden embebidas con la losa, se pueden realizar instalaciones suspendidas con la ayuda de laines de acero galvanizado y estas van colocadas entre casetones y sujetas a la malla de temperatura antes de vaciar el concreto. Se procede a colocar el refuerzo de acero negativo. Después, se realiza el vaciado de concreto, sin embargo, si el concreto es premezclado y bombeado, este se debe realizar en forma de abanico para evitar dañar los casetos EPS. Finalmente, se retira el encofrado colocado al borde de la losa una vez que la losa alcance la resistencia requerida.

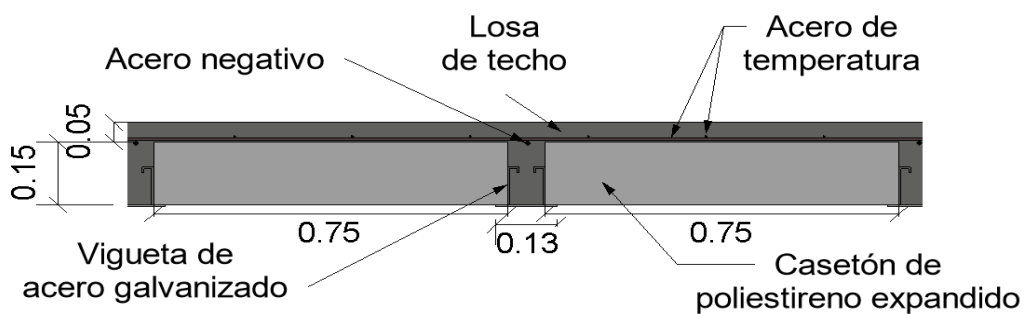


Figura 10. Vista de losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero galvanizado  
Fuente: Elaboración Propia

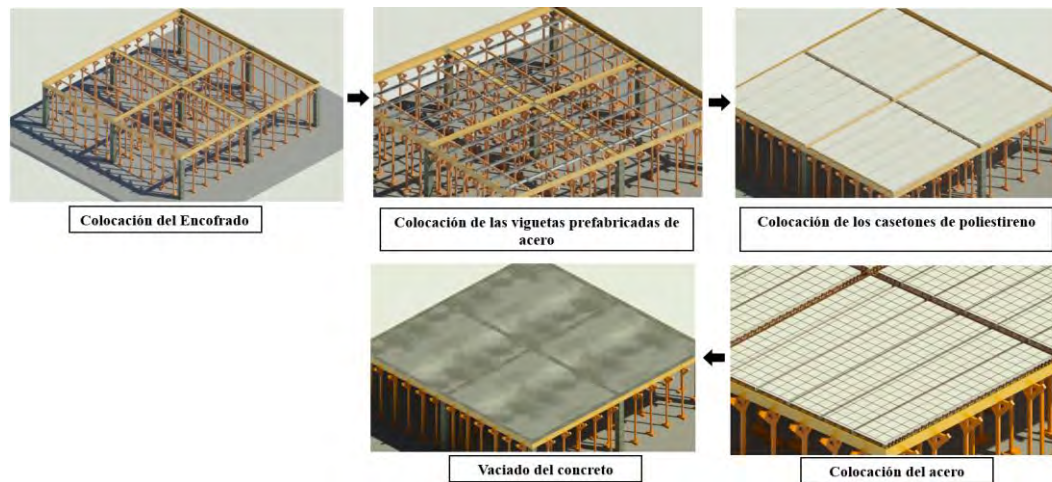


Figura 11. Representación del proceso constructivo de losa aligerada con viguetas prefabricadas (VIGACERO)  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3. Definición de los factores

De acuerdo con la metodología del CBA, es necesario definir los factores para desarrollar la comparación de las alternativas. Esta definición de factores está basada en las conclusiones del Ing. Luis Alberto Merino Caballero y el Arq. Luis Enrique Custodio Limachi, quienes fueron expositores en la charla virtual “Consideraciones y ventajas para el diseño sismo resistente con Vigacero”, organizada por SENCICO. En dichas conclusiones ambos profesionales resaltan que la comparación de las losas aligeradas debe ser fundamentalmente en base a lo siguiente: rendimiento en obra, aporte estructural, Seguridad y la comodidad que estas puedan brindar al usuario final del proyecto. Ambos profesionales, también señalan que dichas comparaciones pueden ser desagregadas en comparaciones más específicas, como las que se muestra en la Tabla 3. Adicional a lo mencionado, se le agrega el factor de comparación “Ecoamigable”, en consenso con el Asesor de Tesis, el Ing. José Félix Alejandro Benavides Vargas.

Tabla 3. Definición de factores

<b>Tema de comparación</b>	<b>Factores del CBA</b>
	Tiempo de ejecución
Rendimiento en obra	Manipulación de los materiales
Mejoramiento estructural	Momento de resistencia
	Seguridad en obra
Seguridad	Seguridad para el usuario final del proyecto
Comodidad	Aislante térmico Confort Acústico
Impacto ambiental	Eco amigable

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4. Definición de criterios

Después de definir los factores de manera específica, es muy importante elegir los criterios que vayan acorde con estos; además, estos criterios servirán de guía para definir los atributos de cada alternativa. A continuación, se presenta la Tabla 4 con los criterios definidos.

Tabla 4. Definición de Criterios

<b>Tema de comparación</b>	<b>Factores del CBA</b>	<b>Criterio</b>
	Tiempo de ejecución	Mientras menor sea el tiempo (días) por m <sup>2</sup> de losa construido, es mejor
<b>Rendimiento en obra</b>	Manipulación de los materiales	Mientras más livianos los materiales, mayor facilidad de manipulación
	Momento de resistencia	Mientras mayor sea el momento de resistencia, es mejor
<b>Mejoramiento estructural</b>	Peso propio	Mientras menor sea el peso propio de la losa, es mejor
	Seguridad en obra	Mientras más livianos sean los materiales, mayor seguridad en obra
<b>Seguridad</b>	Seguridad para el usuario final del proyecto	Mientras mayor sea la cantidad de material resistente contra incendios, es mejor
	Aislante térmico	Mientras mayor sea la cantidad de material aislante térmico, es mejor
<b>Comodidad</b>	Confort acústico	Mientras mayor sea la cantidad de material absorbente acústico, es mejor
<b>Impacto ambiental</b>	Ecoamigable	Emplear material de menor impacto ambiental, es mejor

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.5. Resumen de los atributos de cada alternativa**

##### **4.5.1. Rendimiento en obra**

Para desarrollar este factor de comparación, se tomó en cuenta el tiempo (días) que conlleva ejecutar cada alternativa, según el área de losa construida ( $m^2$ ). Con estas dos variables se obtendrá un factor ( $días/m^2$ ), el cual facilitará la comparación entre alternativas. Los metrados, partidas y rendimiento de cuadrillas, se obtuvieron de los casos de estudio; sin embargo, el rendimiento de las cuadrillas fue adaptado para que se pueda obtener una comparación más justa, ya que las obras estudiadas difieren en área de losa construida. Cabe aclarar que para este criterio se está evaluando la ejecución de las losas de altura de 20 cm. A continuación, se muestra la Tabla 5 y Tabla 6 . las cuales muestran las partidas y cuadrillas que se tomarán en cuenta para las 6 alternativas.

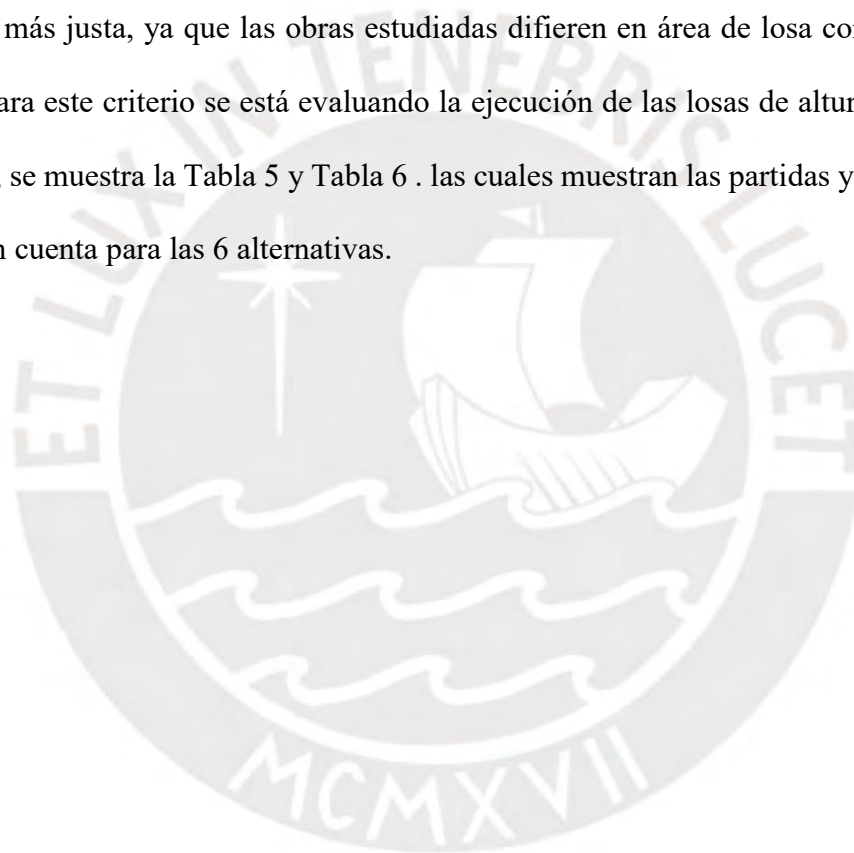


Tabla 5. Partidas de losa

Partida	Alternativas					
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Concreto Premezclado $f_c=210\text{kg/cm}^2$	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Encofrado	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Desencofrado	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Colocación manual de aligerado	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Colocación manual de viguetas	NO	NO	SI	SI	SI	SI
Tarrajeo de Cielo Raso	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Cuadrillas según partida de losa

Partida	Cuadrilla				
	Capataz	Operario	Oficial	Peón	Operador de equipo liviano
Concreto Premezclado $f_c=210\text{kg/cm}^2$	0.1	2	1	4	1
Encofrado	0.1	1	1	-	-
Desencofrado	-	-	1	2	-
Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	0.1	1	1	-	-
Colocación manual de aligerado	0.1	1	1	9	-
Colocación manual de viguetas	0.1	1	-	5	-
Tarrajeo de Cielo Raso	-	2	-	2	-

Fuente: Elaboración Propia

Una vez formadas las cuadrillas y definido las partidas, se procede con la determinación del factor (día/m<sup>2</sup>) de cada alternativa de losa.

Para esto se tuvo que tabular cada alternativa, con la finalidad de que se pueda visualizar mejor el desarrollo de este factor.

Tabla 7. Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m

ALTERNATIVA 1	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	RENDIMIENTO DE CUADRILLA	TIEMPO (DÍAS)	TIEMPO TOTAL (DIAS)	FACTOR (DÍAS/M2)
<b>CONCRETO PREMEZCLADO</b> f'c=210kg/cm <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	116.42	60	1.94		
<b>ENCOFRADO NORMAL</b>		m <sup>2</sup>	1260	20	63		
<b>DESENCOFRADO</b>	1260	m <sup>2</sup>	1260	36	35	149.31	<b>0.118</b>
<b>ACERO DE REFUERZO</b> fy=4200kg/cm <sup>2</sup>		kg	3696	350	10.56		
<b>COLOCACIÓN MANUAL DE LADRILLO HUECO ACANALADO</b> 0.15x0.30X0.30m		und	4566	1200	3.81		
<b>TARRAJEO DE CIELO RASO</b>		m <sup>2</sup>	1260	36	35		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) @ 0.40m

ALTERNATIVA 2	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	RENDIMIENTO DE CUADRILLA	TIEMPO (DÍAS)	TIEMPO TOTAL (DIAS)	FACTOR (DÍAS/M2)
CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup>	1260	m <sup>3</sup>	116.42	60	1.94	147.78	<b>0.117</b>
ENCOFRADO NORMAL		m <sup>3</sup>	1260	20	63		
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	1260	36	35		
ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200kg/cm <sup>2</sup>		kg	3696	350	10.56		
COLOCACIÓN MANUAL DE CASETÓN DE POLIESTIRNO EXPANDIDO 0.15x0.30x1.20m		und	1142	500	2.28		
TARRAJEO DE CIELO RASO		m <sup>2</sup>	1260	36	35		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla @ 0.50m

ALTERNATIVA 3	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	RENDIMIENTO DE CUADRILLA	TIEMPO (DÍAS)	TIEMPO TOTAL (DÍAS)	FACTOR
CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup>	7006.60	m <sup>3</sup>	569.86	60.00	9.50	517.19	0.074
ENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	90.00	77.85		
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	150.00	46.71		
ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200kg/cm <sup>2</sup>		kg	30564.50	350.00	87.33		
COLOCACION MANUAL DE VIGUETAS PRETENSADAS		m <sup>2</sup>	7006.60	140.00	50.05		
COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE ARCILLA		und	61354.00	1200.00	51.13		
TARRAJEO DE CIELO RASO		m <sup>2</sup>	7006.60	36.00	194.63		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto @ 0.50m

ALTERNATIVA 4	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	RENDIMIENTO DE CUADRILLA	TIEMPO (DÍAS)	TIEMPO TOTAL (DIAS)	FACTOR (DÍAS/M2)
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210kg/cm2	7006.6	m <sup>3</sup>	569.86	60	9.5	527.42	0.075
ENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.6	90	77.85		
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.6	150	46.71		
ACERO DE REFUERZO fy=4200kg/cm2		kg	30564.5	350	87.33		
COLOCACION MANUAL DE VIGUETAS PRETENSADAS		m <sup>2</sup>	7006.6	140	50.05		
COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE CONCRETO		und	61354	1000	61.35		
TARRAJEO DE CIELO RASO		m2	7006.6	36	194.63		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) @ 0.50m

ALTERNATIVA 5	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	RENDIMIENTO DE CUADRILLA	TIEMPO (DÍAS)	TIEMPO TOTAL (DIAS)	FACTOR (DÍAS/M2)
<b>CONCRETO PREMEZCLADO</b> f'c=210kg/cm2		m <sup>3</sup>	569.86	60	9.5		
<b>ENCOFRADO</b>		m <sup>2</sup>	7006.6	90	77.85		
<b>DESENCOFRADO</b>		m <sup>2</sup>	7006.6	150	46.71		
<b>ACERO DE REFUERZO</b> fy=4200kg/cm2		kg	30564.5	350	87.33		
<b>COLOCACION MANUAL DE VIGUETAS PRETENSADAS</b>	7006.6	m <sup>2</sup>	7006.6	140	50.05	476.74	<b>0.071</b>
<b>COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO</b>		und	15339	500	30.68		
<b>TARRAJEO DE CIELO RASO</b>		m <sup>2</sup>	7006.6	36	194.63		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) @ 0.84 m

ALTERNATIVA 6	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	RENDIMIENTO DE CUADRILLA	TIEMPO (DÍAS)	TIEMPO TOTAL (DIAS)	FACTOR (DÍAS/M2)
<b>CONCRETO</b>							
<b>PREMEZCLADO</b>		m <sup>3</sup>	33.47	60	0.56		
<b>f<sub>c</sub>=210kg/cm<sup>2</sup></b>							
<b>ENCOFRADO</b>		m <sup>2</sup>	514.1	90	5.71		
<b>DESENCOFRADO</b>		m <sup>2</sup>	514.1	150	3.43		
<b>ACERO DE</b>							
<b>REFUERZO</b>		kg	1028.21	350	2.94		
<b>f<sub>y</sub>=4200kg/cm<sup>2</sup></b>							
<b>COLOCACIÓN</b>	514.1					30.67	<b>0.06</b>
<b>MANUAL MANUAL</b>		m <sup>2</sup>	592	250	2.37		
<b>DE VIGUETAS</b>							
<b>COLOCACIÓN</b>							
<b>MANUAL DE</b>							
<b>CASETONES EPS</b>		und	622	450	1.38		
<b>0.15*0.85*1.00 m</b>							
<b>TARRAJEO DE</b>							
<b>CIELO RASO</b>		m <sup>2</sup>	514.1	36	14.28		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la Tabla 13, en la cual se puede apreciar el resumen de los atributos de cada alternativa

Tabla 13. Factor (día/m<sup>2</sup>) de cada alternativa de losa

N°	Tipo de losa	Factor (día/m <sup>2</sup> )
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	0.118
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	0.117
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	0.074
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	0.075
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	0.071
6	Losa aligerada convencional con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	0.06

*Fuente: Elaboración Propia*

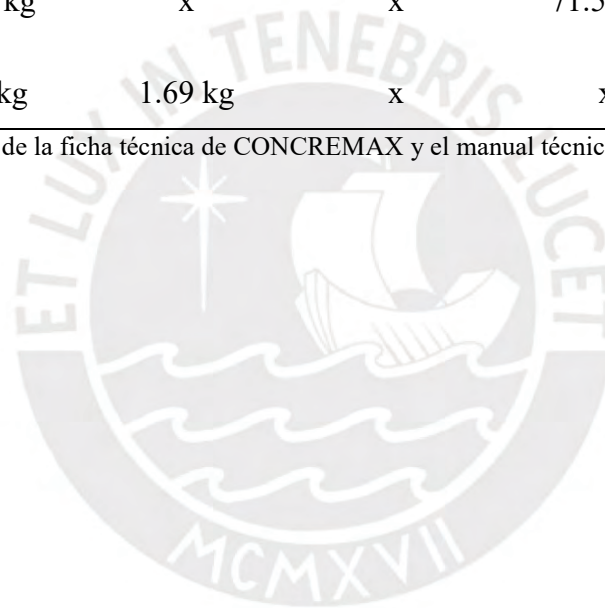
#### 4.5.2. Manipulación de los materiales en obra

En este factor se evalúa la facilidad que otorgan los materiales para ser transportados, ya sea para ser apilados o montados dentro de obra; además, la facilidad es producto de que dichos materiales son de características livianas y ergonómicas. Por lo tanto, para este factor se tomarán en cuenta los pesos de los siguientes materiales: viguetas y aligerados, descartando el acero y concreto de losa, ya que estos últimos son utilizados prácticamente de manera similar en cada alternativa. A continuación, se mostrará en la Tabla 14 los pesos de los materiales a tomar en cuenta, para un metro cuadrado de losa.

Tabla 14. Peso de viguetas y aligerados para un metro cuadrado de losa

Tipo de Losa	Tipo de Material					
	Vigueta	Casetón EPS	Aligerado de arcilla	Bovedilla de arcilla	Bovedilla de concreto	Bovedilla EPS
<b>Aligerado convencional</b>	X	1.68 kg	63.31 kg	x	x	x
<b>Aligerado con viguetas pretensadas</b>	39.00 kg	x	x	71.50 kg	91.50 kg	1.80 kg
<b>Aligerado con viguetas de acero</b>	8.00 kg	1.69 kg	x	x	x	x

*Nota.* Adaptado de la ficha técnica de CONCREMAX y el manual técnico de VIGACERO



Finalmente, partiendo de los pesos de los materiales expuestos en la Tabla 14 se pueden deducir las facilidades que presenta cada alternativa de losa, las cuales serán mostradas a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15. Características de los materiales según tipo de losa

N°	Tipos de losa	Características del material
1	Losa aligerada convencional de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	Materiales muy pesados
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	Materiales medianamente pesados
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	Materiales muy pesados
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	Materiales muy pesados
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	Materiales medianamente pesados
6	Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84m	Materiales livianos

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.5.3. Seguridad en construcción

Este factor se centra en la característica de peso de los materiales, ya que al ser estos más livianos, favorecen su manipulación sin representar riesgos en los encargados de transportarlos. Tal como lo menciona el Arq. Luis Enrique Custodio Limachi, en la charla virtual “Consideraciones y ventajas para el diseño sismorresistente con Vigacero”, el uso de materiales de menor peso, dentro de la construcción de una edificación, reduce el riesgo de accidentes en obra. Por tal motivo y tomando como referencia en la Tabla 15, se resumirá la seguridad que ofrecen las distintas alternativas de losa en la siguiente Tabla.

Tabla 16. Niveles de seguridad

Nº	Tipos de losa	Características del material	Nivel de seguridad
1	Losa aligerada convencional de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	Materiales muy pesados	Baja
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	Materiales medianamente pesados	Media
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	Materiales muy pesados	Baja
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	Materiales muy pesados	Baja
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	Materiales medianamente pesados	Media
6	Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84m	Materiales livianos	Alta

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.5.4. Seguridad del usuario final del proyecto

En este factor se tomará en cuenta la resistencia contra incendios de las alternativas de losa y para resumir los atributos de cada alternativa, se iniciará desarrollando la resistencia que poseen, ante un incendio, los elementos principales que componen las alternativas de losa:

- Concreto: Según el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), las estructuras de concreto son elementos que presentan un buen desempeño frente a incendios, sin embargo, sufren alteraciones, tanto física como químicas, que varían según la temperatura alcanzada en el incendio, el tiempo de exposición que tuvo el concreto ante el fuego, tipo de composición de la mezcla y el tipo de enfriamiento que ocurre en el proceso. Estas alteraciones producen una disminución en su resistencia y en el módulo de elasticidad, incremento de deformaciones admisibles, fisuraciones y problemas con la adherencia

del concreto y el acero. Finalmente, es importante indicar que, a temperaturas entre 600° y 800° C, dependiendo del tipo de mezcla, la adherencia entre el concreto y acero desaparecerá lo que producirá el colapso de la estructura.

- Unidades de arcilla: La empresa CLM fireproofing, encargada de incorporar paquetes de protección contra incendios a edificaciones en Londres, indica que los ladrillos de arcilla resisten aproximadamente 1200°C como máximo; sin embargo, al estar ubicados generalmente entre elementos de concreto, se ven afectados por los esfuerzos que les generan las deformaciones por temperaturas que sufre el concreto y ceden con mayor facilidad ante los incendios sin la necesidad de alcanzar su resistencia máxima por temperatura.
- Acero estructural: según el instituto americano de construcción con acero (AISC), los elementos estructurales no reciben toda la carga establecida en la resistencia de diseño; es decir, normalmente se presenta un porcentaje de sobre resistencia y, es por este motivo que, incluso el acero sin recubrimiento alguno puede resistir efectos del fuego. El acero estructural retiene aproximadamente hasta el 60% de su límite elástico a una temperatura promedio de 1000°F (537°C); por lo tanto, al exceder esta temperatura, se induce la tensión del acero y, con ello, un probable colapso de la estructura.
- Poliestireno expandido (EPS): EPS Industry Alliance, organización encargada de estudiar y desarrollar los EPS, señala que, si el poliestireno expandido se expone a temperaturas superiores a 100°C, comienza a ablandarse, contraerse y se fundirse. Un EPS es un material difícil de encender; sin embargo, la temperatura de combustión para un es aproximadamente 360°C, es decir, alcanzada esta temperatura la combustión se extenderá fácilmente sobre la superficie expuesta y arderá hasta consumir el EPS. Por lo mencionado, se recomienda que, al utilizarlo en construcción, se utilice un recubrimiento de concreto o yeso aproximadamente de 1.27cm.

A continuación, se muestra la Tabla 17, donde se puede observar el comportamiento de los materiales a evaluar en este factor.

Tabla 17. Comportamiento de los materiales de losa

Criterio	Material			
	Acero	Concreto	Arcilla	EPS
<b>Resistencia al fuego sin protección</b>	Baja	Alta	Alta	Muy baja
<b>Combustibilidad</b>	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Alta
<b>Contribución a la carga de fuego</b>	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Alta
<b>Conductividad del calor</b>	Muy alta	Muy baja	Baja	Baja
<b>Incorpora protección frente al fuego</b>	Baja	Alta	Ninguna	Muy baja
<b>Posibilidad de reparación después del fuego</b>	Baja	Alta	Baja	Ninguna
<b>Protección para los usuarios durante la evacuación y los bomberos</b>	Baja	Alta	Ninguna	Baja

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con la tabla N°2 de la Norma A.130 “Requisitos de Seguridad”, la resistencia en horas de cada tipo de losa depende del tipo de viguetas, aligerado y el cielo raso. Es importante señalar que el cielo raso funciona como recubrimiento a la losa, por lo tanto, se considerará que cada alternativa cuenta con un respectivo cielo raso armado según las especificaciones de la norma para poder obtener el máximo tiempo que resistirá ante un incendio; por lo que, se utilizarán estos criterios para elegir la mejor alternativa.

Tabla 18. Clasificación de los pisos y techos por su resistencia al fuego

<b>Construcción de pisos o techos</b>	<b>Construcción de cielo raso</b>	<b>Resistencia máxima ante un incendio en condiciones óptimas</b>
Aligerado con viguetas de concreto y ladrillo hueco de techo	Enlucido de yeso o mortero contra el fondo de techo	2 horas
Losa de concreto con viguetas de concreto	Cielo raso suspendido de vermiculita 1" de espesor mínimo colgado 6" debajo de las viguetas	4 horas
Aligerado con viguetas de acero y losa de concreto	Cielo raso enlucido en malla incombustible asegurada contra el fondo de las viguetas de espesor mínimo 5/8" y mortero 1:3	2 horas

*Nota.* Adaptado de la tabla N°2 de la "Norma A.130 - Requisitos de Seguridad"

De acuerdo con la Tabla 18 y por lo mencionado anteriormente, el material con mejor comportamiento frente a incendios es el concreto. Por ello, para resumir los atributos de este criterio, se tendrá que medir el espacio que ocupa el concreto, en porcentaje, para un metro cuadrado de losa, incluyendo viguetas y aligerado de concreto. Como referencia para la cantidad de concreto, se trabajará con losas de 20 cm de espesor.

Tabla 19. Cantidad de concreto en un metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de losa

N°	Tipos de losa	Concreto (m <sup>3</sup> )	Concreto (%)
1	Losa aligerada convencional de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	0.088	44.00%
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	0.088	44.00%
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	0.083	41.50%
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	0.197	<b>98.50%</b>
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	0.083	41.50%
6	Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84m	0.062	31.00%

Nota. Adaptado de la “Ficha Técnica de CONCREMAX” y el “Manual Técnico de VIGACERO”

#### 4.5.5. Momento de Resistencia

Para este factor se tomará en cuenta el máximo momento de resistencia (toneladas-metros) que soporta cada alternativa de losa, tomando en consideración los espesores mínimos para losas: convencionales, con viguetas pretensadas, y con viguetas de acero (Vigacero). Los atributos de este factor fueron extraídos de los resultados de los estudios estructurales realizados por el Ing. Daniel Roberto Quiun Wong, cuyo trabajo fue expuesto por el Ing. Luis Alberto Merino Caballero en la charla virtual, “Consideraciones y ventajas para el diseño sismorresistente con Vigacero”, organizada por SENCICO. A continuación, se muestra la Tabla 20 con los momentos de inercia para los espesores mínimos de cada tipo de losa.

Tabla 20. Momentos de Resistencia para espesores mínimos de losa

Características	Tipo de losa		
	Convencional	Vigueta pretensada de concreto	Vigueta de acero (Vigacero)
<b>Espesor de losa</b>	0.17 m	0.17 m	0.16 m
<b>Espesor de carpeta en compresión</b>	0.05 m	0.05 m	0.04 m
<b>Espaciamiento entre viguetas</b>	0.40 m	0.50 m	0.84 m
<b>Momento normalizado a 1m de ancho</b>	0.961 Ton - m	1.267 Ton - m	1.265 Ton - m
<b>Porcentaje</b>	<b>100%</b>	<b>132%</b>	<b>132%</b>

Fuente: Extraído de la charla virtual “Consideraciones y ventajas para el diseño sismorresistente con Vigacero” (SENCICO)

#### 4.5.6. Peso Propio

Para resumir los atributos del factor peso propio, se tomará en cuenta el peso en kilogramos de un metro cuadrado ( $\text{kg/m}^2$ ), de losa de 20 cm de espesor. Se tomará en cuenta las especificaciones de la Norma de Cargas (E.020) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y los siguientes documentos: Ficha Técnica ladrillo “LARK”, Ficha Técnica de Viguetas Pretensadas CONCREMAX, Manual de Viguetas Pretensadas Firth y Manual Técnico VIGACERO. Además, para el caso de aligerado de poliestireno expandido (EPS), se utilizará una densidad de  $15 \text{ kg/m}^3$ .

A continuación, se presenta las siguientes tablas que contienen las especificaciones que serán tomadas en cuenta para el peso por metro cuadrado de losa ( $\text{kg/m}^2$ ).

El peso de losas con EPS, y especificaciones del ladrillo acanalado, se puede revisar el Anexo N°2 y Anexo N°5, respectivamente.

Tabla 21. Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto armado

Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior (m)	Espesor propio Kpa (kgf/m <sup>2</sup> )
0.17	0.05	2.8 (280)
0.2	0.05	3.0 (300)
0.25	0.05	3.5 (350)
0.3	0.05	4.2 (420)

Nota. Adaptado de la "Norma de Cargas E.020 del RNE"

Tabla 22. Características generales del Ladrillo hueco acanalado

Denominación del bien	Hueco 15 acanalado		
Denominación técnica	Ladrillo hueco 15 acanalado		
Grupo/clase/familia	Construcciones de techo		
Dimensiones (mm)	Alto 150	Ancho 300	L. Corte 300
Peso	7.60 kg		
Unidades m <sup>2</sup>	9		

Nota. Adaptado de la "Ficha Técnica ladrillo LARK"

Tabla 23. Peso propio de losa con viguetas pretensadas Concremax

Cuadro comparativo - Peso unitario de losa por m <sup>2</sup>					
Espesor de losa (cm)	Sistema tradicional	Sistema con viguetas pretensadas Unicon			
	ladrillo arcilla a 40 cm	Bovedilla poliestireno a 50 cm	Mix (Bandeja concreto + bloque de poliestireno a 50 cm)	Bovedilla arcilla a 50cm	Bovedilla de concreto a 50 cm
17	270 kg	190 kg	260 kg	265 kg	----
20	300 kg	210 kg	278 kg	280 kg	315 kg
25	350 kg	250 kg	306 kg	335 kg	360 kg
30	400 kg	300 kg	336 kg	400 kg	----

Nota. Adaptado de la "Ficha Técnica de Viguetas Pretensadas (CONCREMAX)"

Tabla 24. Peso propio de losa con viguetas pretensadas Firth

Cuadro comparativo de pesos de losa					
Altura de losa (cm)	Losa tradicional	Sistema de losa con vigueta firth			
		Losa con viguetas simples		Losa con viguetas dobles	
	Arcilla a 40 cm (Kg/m <sup>2</sup> )	Arcilla a 50 cm (kg/m <sup>2</sup> )	Poliestireno a 50 cm (kg/m <sup>2</sup> )	Archilla a 50 cm (kg/m <sup>2</sup> )	Poliestireno a 50 cm (kg/m <sup>2</sup> )
17 @ 60	270	255	180	250	200
17 @ 50	270	265	190	290	230
20 @ 60	300	----	195	----	----
20 @ 50	300	280	210	345	280
25 @ 60	350	----	225	----	----
25 @ 50	350	335	250	430	350
30 @ 60	400	----	255	----	----
30 @ 50	400	400	300	515	420

Nota. Adaptado del "Manual de Viguetas Pretensadas Firth"

De acuerdo con las especificaciones anteriores, se obtiene la Tabla 25, la cual contiene el resumen de los pesos propios de las alternativas de losa.

Tabla 25. Peso propio según tipo de losa

Nº	Tipo de losa	Peso Propio (kg/m <sup>2</sup> )
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	300
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	233.42
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	280
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	315
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	210
6	Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	155.3

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5.6.1 Análisis Estructural

Con el peso propio que aporta cada tipo de losa a su respectiva estructura, según la tabla 25, considerando 100kg/m<sup>2</sup> adicional para un piso terminado de 5cm, y la carga viva respectiva según la norma E.020. Se realizaron los modelados de las estructuras en ETABS, sometidas a las mismas condiciones; es decir, ubicación dentro del campo de estudio, tipo de suelo, estructura regular, tipo de edificación y variando el tipo de losa según las 6 alternativas para comparar los resultados obtenidos del análisis sísmico.

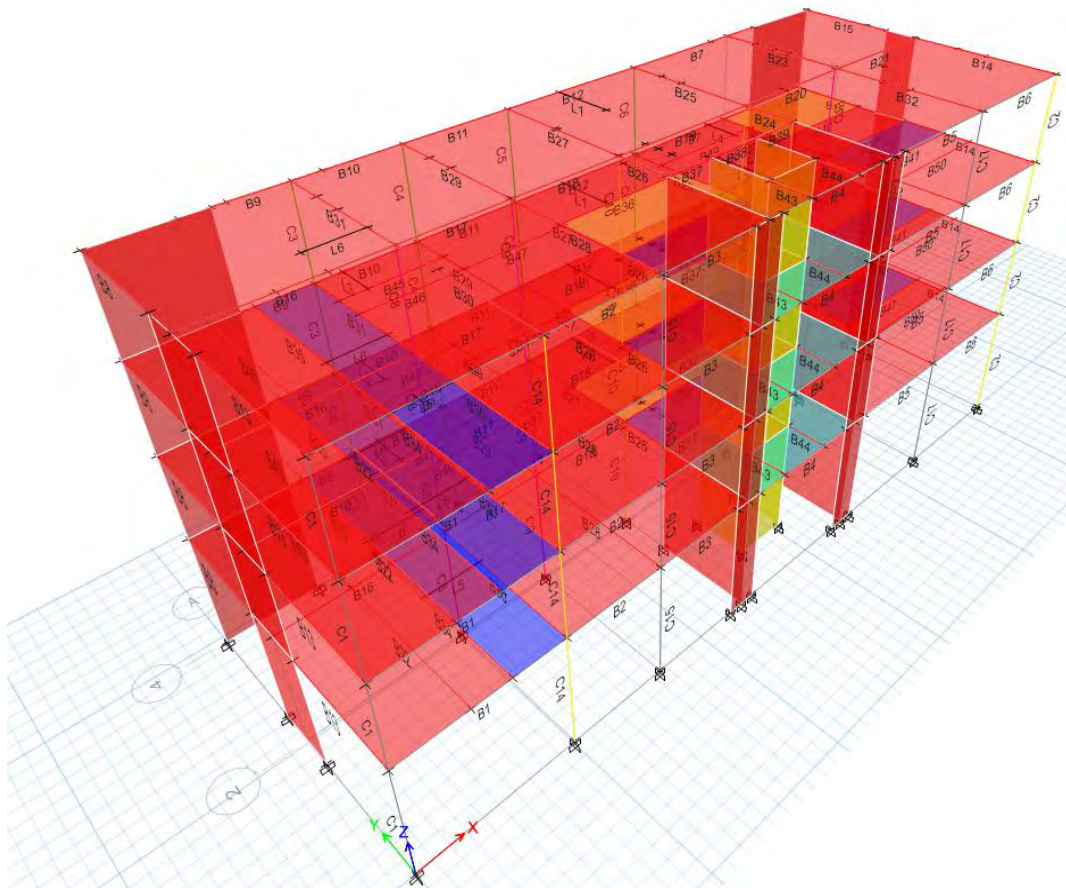


Figura 12. Modelado de la estructura en ETABS  
Fuente; Elaboración Propia

Tabla 26. Factores considerados en el análisis estructural

<b>Ubicación</b>	Lima
<b>Suelo</b>	S2
<b>Zona</b>	4
<b>Z</b>	0.45
<b>Tp(s)</b>	0.6
<b>TL(s)</b>	2
<b>Factor de suelo "S"</b>	1.05
<b>Factor de Uso "U"</b>	1

*Fuente; Elaboración Propia*

Los valores de la tabla 26 fueron utilizados para los 6 modelos realizados en cada alternativa; con estos valores, se hallaron las derivas inelásticas, la masa total y los periodos de vibración de cada estructura.

Tabla 27. Deriva inelástica en el eje X con excentricidad en Y negativa

**Derivas inelásticas (Eje X con excentricidad en Y-)**

<b>N° Alternativa</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>	<b>Alternativa 5</b>	<b>Alternativa 6</b>
<b>Deriva</b>	<b>Der XX MY- (%)</b>	<b>Der XX MY- (‰)</b>	<b>Der XX MY- (%)</b>	<b>Der XX MY- (%)</b>	<b>Der XX MY- (‰)</b>	<b>Der XX MY- (‰)</b>
<b>Piso 4</b>	2.636	2.475	2.588	2.672	2.419	2.287
<b>Piso 3</b>	2.843	2.667	2.791	2.883	2.607	2.464
<b>Piso 2</b>	3.020	2.846	2.968	3.059	2.786	2.644
<b>Piso 1</b>	1.738	1.641	1.709	1.759	1.608	1.530

*Fuente; Elaboración Propia*

Tabla 28. Deriva inelástica en el eje X con excentricidad en Y positiva

<b>Derivas inelásticas (Eje X con excentricidad en Y+)</b>						
<b>N° Alternativa</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>	<b>Alternativa 5</b>	<b>Alternativa 6</b>
<b>Deriva</b>	<b>Der XX MY+</b>	<b>Der XX MY+</b>	<b>Der XX MY+</b>	<b>Der XX MY+</b>	<b>Der XX MY+</b>	<b>Der XX MY+</b>
	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>
<b>Piso 4</b>	2.547	2.380	2.497	2.584	2.322	2.187
<b>Piso 3</b>	2.679	2.512	2.629	2.791	2.455	2.321
<b>Piso 2</b>	2.790	2.639	2.745	2.824	2.587	2.464
<b>Piso 1</b>	1.611	1.527	1.586	1.630	1.498	1.430

*Fuente; Elaboración Propia*

Tabla 29. Deriva inelástica en el eje Y con excentricidad en X negativa

<b>Derivas inelásticas (Eje Y con excentricidad en X-)</b>						
<b>N° Alternativa</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>	<b>Alternativa 5</b>	<b>Alternativa 6</b>
<b>Deriva</b>	<b>Der YY MX-</b>	<b>Der YY MX-</b>	<b>Der YY MX-</b>	<b>Der YY MX-</b>	<b>Der YY MX-</b>	<b>Der YY MX-</b>
	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>
<b>Piso 4</b>	3.767	3.532	3.697	3.819	3.451	3.258
<b>Piso 3</b>	3.892	3.659	3.822	3.944	3.579	3.388
<b>Piso 2</b>	3.567	3.363	3.506	3.612	3.293	3.126
<b>Piso 1</b>	1.785	1.686	1.755	1.807	1.652	1.572

*Fuente; Elaboración Propia*

Tabla 30. Deriva inelástica en el eje Y con excentricidad en X positiva

<b>Derivas inelásticas (Eje Y con excentricidad en Y+)</b>						
<b>N° Alternativa</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>	<b>Alternativa 5</b>	<b>Alternativa 6</b>
<b>Deriva</b>	<b>Der YY MX+</b>	<b>Der YY MX+</b>	<b>Der YY MX+</b>	<b>Der YY MX+</b>	<b>Der YY MX+</b>	<b>Der YY MX+</b>
	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>	<b>(‰)</b>
<b>Piso 4</b>	3.728	3.494	3.658	3.781	3.413	3.223
<b>Piso 3</b>	3.950	3.715	3.880	4.003	3.634	3.443
<b>Piso 2</b>	3.693	3.485	3.631	3.739	3.414	3.246
<b>Piso 1</b>	1.844	1.744	1.814	1.866	1.710	1.630

*Fuente; Elaboración Propia*

Tabla 31. Masa parcial por piso y masa total de la estructura

<b>Masa en toneladas</b>						
<b>N° Alternativa</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>	<b>Alternativa 5</b>	<b>Alternativa 6</b>
	<b>(ton)</b>	<b>(ton)</b>	<b>(ton)</b>	<b>(ton)</b>	<b>(ton)</b>	<b>(ton)</b>
<b>Piso 4</b>	169.91	153.09	164.89	173.68	147.31	133.50
<b>Piso 3</b>	274.64	262.77	271.09	277.29	258.70	249.16
<b>Piso 2</b>	274.64	262.77	271.09	277.29	258.70	249.16
<b>Piso 1</b>	286.02	274.16	282.48	288.68	270.08	260.55
<b>Total estructura</b>	1005.21	952.78	989.56	1016.94	934.79	892.36

*Fuente; Elaboración Propia*

Tabla 32: Periodos de vibración de cada estructura

<b>Periodo de vibración</b>						
<b>N° Alternativa</b>	<b>Alternativa 1 (s)</b>	<b>Alternativa 2 (s)</b>	<b>Alternativa 3 (s)</b>	<b>Alternativa 4 (s)</b>	<b>Alternativa 5 (s)</b>	<b>Alternativa 6 (s)</b>
<b>Periodo en dirección X</b>	0.313	0.302	0.31	0.315	0.299	0.29
<b>Periodo en dirección Y</b>	0.314	0.303	0.311	0.317	0.299	0.29

*Fuente; Elaboración Propia*

#### 4.5.7. Eco amigable

Para este factor se considerará el impacto ambiental generado de cada losa a través de los materiales utilizados en su elaboración. A continuación, se presentará la descripción general del impacto ambiental que tienen los materiales empleados en las alternativas de losa.

- **Concreto:** La empresa Nitterhouse, empresa dedicada de la producción de concreto premezclado y elementos de concreto en Estados Unidos desde 1923, indica que, durante la vida útil de una estructura, el concreto reabsorbe aproximadamente hasta el 40% de carbono. Además, si se utiliza concreto premezclado, durante la fabricación de este tipo de concretos se presenta un desperdicio mínimo a comparación de otros tipos de concretos como el concreto in situ. El concreto se cura a una temperatura más baja que la arcilla, lo que significa que se puede lograr un ahorro en energía utilizada en la producción de un 30% comparando materias primas y producción. Finalmente, el concreto tratado adecuadamente en edificaciones cuenta con un tiempo de vida útil de 100 años aproximadamente y cuando se finaliza con el uso del concreto, en una demolición, por ejemplo, se puede reutilizar posteriormente funcionando como agregados para nuevas mezclas.
- **Ladrillos de arcilla:** Littlehampton Brick, una de las empresas ladrilleras más antiguas y con más reconocimiento de Australia, señala que los ladrillos de arcilla son materiales de construcción sostenibles y naturales debido a que principalmente están elaborados de arcilla y agua, las cuales son materias primas naturales. Están totalmente libres de contaminantes y alérgenos por lo que son compatibles con las personas y naturaleza. Además, cuentan con una vida útil aproximada de 120 años y pueden ser reciclados de proyectos demolidos.

- Acero estructural: Según la empresa Swanton Welding Company, empresa de soldadura y fabricación de acero industrial de acero en Estados Unidos, aproximadamente el 100% del acero utilizado en una edificación puede ser reciclado. Actualmente, el 90% del acero estructural utilizado en obra es elaborado a partir de acero estructural. El acero estructural presenta un menor impacto de carbono incorporado que el concreto premezclado además de generar menos residuos. Finalmente, el acero estructural tiene un periodo de vida útil aproximadamente de 75 años, este valor puede variar dependiendo principalmente de la protección que se le brinde contra la corrosión.
- Poliestireno expandido (EPS): La empresa Geofam, dedicada a la fabricación de elementos de poliestireno expandido (EPS), señala que estos materiales se encuentran libres de materiales nocivos para la salud y medio ambiente como los colorantes, carbonos de clorofloruro (CDC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Su fabricación es principalmente a base de vapor y el agua proveniente de este proceso es reutilizada.
- Sin embargo, como máximo solo el 10% de los materiales utilizados en la fabricación de estos bloques proviene de materiales reciclados. Finalmente, estos elementos tienen un tiempo de vida útil aproximadamente de 50 años.
- Según lo mencionado, se ordenarán los materiales en la Tabla 33 de forma descendente, iniciando por el más eco amigable y terminando por el menos eco amigable.

Tabla 33. Materiales en orden de contaminación

<b>Orden de contaminación</b>	<b>Tipo de material</b>
1° material menos contaminante	Acero estructural
2° material menos contaminante	Concreto premezclado
3° material menos contaminante	Arcilla (aligerado)
4° material menos contaminante	Poliestireno expandido (EPS)

Fuente: Elaboración Propia

En base a lo mencionado, el acero estructural, el concreto y la arcilla se encuentran en un nivel de jerarquía similar, porque las 3 opciones presentan periodos de vida útil similares y pueden procesarse para volver a ser utilizados en construcción, mientras que el poliestireno expandido difiere de esas características al no ser reciclable. Sin embargo, no se tomará en cuenta el acero estructural de refuerzo ni el concreto de losa y viguetas, ya que el primero no ocupa un volumen considerable en un metro cuadrado de losa y el segundo se presenta en cantidades similares en las alternativas de losa. Por lo tanto, para este factor solo se empleará para calificar como ventaja, el uso de aligerados que no sean EPS, para un metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de losa.

Tabla 34. Cantidad concreto y tipo de aligerados

N°	Tipo de losa	Emplea Aligerado de arcilla	Emplea aligerado de concreto	Emplea Aligerado EPS
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	SI	NO	NO
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	NO	NO	SI
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	SI	NO	NO
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	NO	SI	NO
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	NO	NO	SI
6	Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	NO	NO	SI

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5.8. Aislante térmico

Una losa con características de aislante térmico aporta, en gran medida, a que la temperatura interna de la vivienda se conserve y no varíe drásticamente. De todos los materiales que componen a las losas aligeradas, estudiadas anteriormente, el Poliestireno Expandido (EPS) destaca como un excelente aislante térmico. Esto gracias a que la estructura de este material es aproximadamente un 2% de materia sólida (EPS) y un 98% de aire ocluido, lo que le permite tener una conductividad térmica baja de entre 0.0425 y 0.0361 W/m. K. Por lo tanto, este factor será evaluado en base al volumen que ocupan los aligerados de EPS en un metro cuadrado de losa.

Para las alternativas de losa que requieran aligerado de poliestireno expandido, se trabajará con el de densidad de 15 kg/m<sup>3</sup>, siendo el de 10 kg/m<sup>3</sup> el de menor fabricación posible. Los aligerados de EPS de las alternativas 2, 5 y 6 son de características sólidas; sin embargo, la alternativa 5 presenta la forma de bovedilla, la cual se puede apreciar en la Figura 13 y sus especificaciones para un metro cuadrado en la Tabla 35. La forma de los aligerados EPS de las alternativas 2 y 6 se puede apreciar en la Figura 14. Además, se puede revisar el Anexo N°6, Anexo N°7 y Anexo N°8, los cuales que contienen especificaciones técnicas, ventajas y propiedades de los aligerados EPS que se emplearan.



*Figura 13. Forma de la bovedilla de EPS para losa con viguetas pretensadas*

*Fuente: DIPROPOR (<https://dipropor.com/bovedillas-dipropor/>)*



Figura 14. Forma del casetón EPS

Fuente: DIPROPOR (<https://dipropor.com/bovedillas-dipropor/>)

Tabla 35. Especificaciones de las Bovedillas de Arcilla y Poliestireno Expandido

Material	Espaciamiento	Bovedilla a/ M2	Desperdicio
Arcilla	@ 0.5	8.00 Unid / m2	3.00%
Arcilla	@ 0.6	8.33 Unid / m2	5.00%
Poliestireno	@ 0.5	2.00 Unid / m2	2.00%
Poliestireno	@ 0.6	1.67 Unid / m2	2.00%

Nota. Adaptado del “Manual de Viguetas Pretensadas Firth”

Una vez definido las especificaciones de este factor, se procede a resumir los atributos de cada alternativa de losa en la Tabla 36. Se puede apreciar que los valores de EPS empleados son muy similares en las alternativas N°2, 5 y 6, por lo que los tres serán tomados en cuenta como ventaja frente a las demás alternativas restantes.

Tabla 36. Cantidad de aligerado EPS por losa

Nº	Tipo de losa	Cantidad total de aligerado EPS (m3)	Aislante térmico
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	-	-
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	0.112	Mejor aislante térmico
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	-	-
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	-	-
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	0.117	Mejor aislante térmico
6	Losa aligerada convencional con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	0.113	Mejor aislante térmico

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.5.9. Confort acústico

Para conseguir que una losa otorgue un buen confort acústico, es necesario que esta pueda conseguir aislar y absorber el sonido. Para esto se sabe que los materiales utilizados en construcción, perfectos para aislar el sonido, son el concreto y acero, gracias a su rigidez y alta densidad. Sin embargo, es necesario complementar a los elementos mencionados con materiales que sean buenos absorbentes acústicos; por ejemplo, el aligerado de poliestireno expandido (EPS). Además, este material presenta un efecto amortiguante y de absorción al sonido, tanto para ruido aéreo como de impacto. Por lo tanto, para este factor se evaluará a las losas que presenten aligerados EPS sin considerar la cantidad de este aligerado, ya que es empleado en cantidades similares en las alternativas donde se utiliza el EPS, tal como se puede apreciar en la Tabla 36. A continuación, se presenta la Tabla 37, donde se resumen los atributos de este factor.

Tabla 37. Confort acústico de las alternativas

Nº	Tipo de losa	Cantidad total de aligerado EPS (m3)	Confort acústico
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	-	-
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	0.112	Mejor confort acústico
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	-	-
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	-	-
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	0.117	Mejor confort acústico
6	Losa aligerada convencional con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	0.113	Mejor confort acústico

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.6. Definición de las ventajas

De acuerdo con lo mencionado en el acápite 2.1, la metodología CBA solo admite o trabaja con las ventajas que pueden ofrecer las alternativas de estudio, por ello en este acápite se presentará el resumen de las ventajas, según criterios, de las diferentes alternativas de losa.

Tabla 38. Resumen de todas las ventajas, según factor

N°	Tipo de losa	Ventajas								
		Tiempo de ejecución	Manipulación de los materiales	Momento de resistencia	Peso propio	Seguridad en obra	Seguridad para el usuario	Aislante térmico	Confort acústico	Ecoamigable
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30 m) @ 0.40m	-	-	-	-	-	-	-	-	Emplea material de menor impacto ambiental (arcilla)
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20 m) @ 0.40m	-	-	-	-	-	-	Emplea mayor cantidad de material aislante	Emplea mayor cantidad de material absorbente acústico	-
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25) @ 0.50m	-	-	Posee un momento de resistencia mayor al del aligerado convencional	-	-	-	-	-	Emplea material de menor impacto ambiental (arcilla)

N°	Tipo de losa	Ventajas								
		Tiempo de ejecución	Manipulación de los materiales	Momento de resistencia	Peso propio	Seguridad en obra	Seguridad para el usuario	Aislante térmico	Confort acústico	Ecoamigable
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25) @ 0.50m	-	-	Posee un momento de resistencia mayor al del aligerado convencional	-	El material resistente (concreto) ocupa más espacio en la losa, respecto al resto de losas	-	-	-	Emplea material de menor impacto ambiental (concreto)
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00) @ 0.50m	-	-	Posee un momento de resistencia mayor al del aligerado convencional	-	-	-	Emplea mayor cantidad de material aislante	Emplea mayor cantidad de material absorbente acústico	-
6	Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00) @ 0.84 m	Emplea un menor tiempo de ejecución por metro cuadrado de losa	Facilidad y rapidez para transportar los materiales en obra y menor mano de obra para manipularlos	-	Posee el menor peso propio (kg/m <sup>2</sup> ) en comparación al resto de alternativas	-	Posee una mayor seguridad por poseer materiales más livianos en comparación al resto de losas	Emplea mayor cantidad de material aislante	Emplea mayor cantidad de material absorbente acústico	-

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.7. Asignación de la importancia a las ventajas**

Para establecer un balance comparativo, se definieron las escalas de importancia y el nivel de importancia de cada ventaja. La escala de importancia estará comprendida entre el 0 – 100, donde el 0 indica que la alternativa no presenta ventaja frente al resto y un valor superior al 0, indica que existe un nivel de ventaja en comparación a las demás alternativas. El nivel de importancia de cada ventaja es determinado en base a lo expuesto en la charla virtual “Consideraciones y ventajas para el diseño sismorresistente con Vigacero” y consultado con los expositores: Ing. Luis Alberto Merino Caballero y el Arq. Luis Enrique Custodio Limachi. Adicional a esto, dicha calificación de la importancia también fue acordada y consultada al asesor de tesis, el Ing. José Félix Alejandro Benavides Vargas. A continuación, se muestra la Tabla 39 con los niveles de importancia establecidos y las consideraciones que se tomaron para establecer estos niveles.

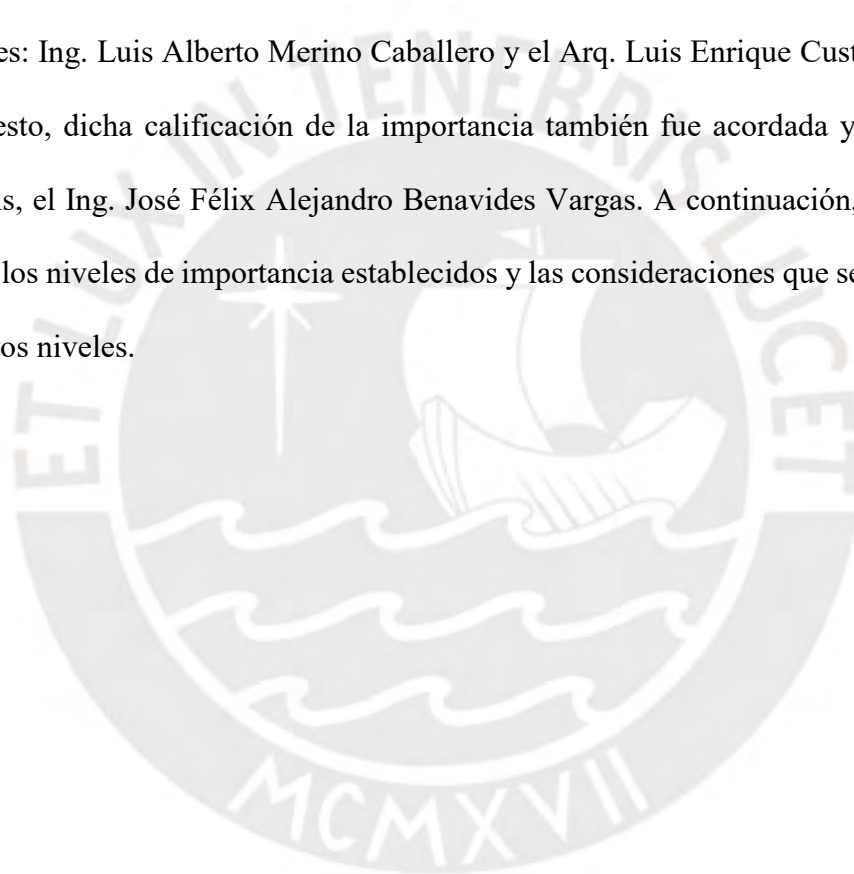


Tabla 39. Niveles de importancia en las ventajas

Tema de comparación	Factores del CBA	Criterio	Consideración	Importancia de la ventaja
<b>Rendimiento en obra</b>	Tiempo de ejecución	Mientras menor sea el tiempo (días) por m <sup>2</sup> de losa construido, es mejor	La importancia de la ventaja de este factor radica en su influencia directa en el proyecto, ya que es determinante para planificar y controlar el tiempo que se emplea para la ejecución del proyecto.	100
	Manipulación de los materiales	Mientras más livianos los materiales, mayor facilidad de manipulación	La importancia de manipular materiales, con la ventaja de ser livianos, radica en lo fácil y rápido que es transportarlos en obra. Por ejemplo, en el caso de la colocación de viguetas prefabricadas y aligerados de poco peso, estos ayudan a que la ejecución de la partida sea más rápida y se necesite menor mano de obra, obteniendo así una mayor eficiencia. De manera directa también influye en las ventajas de los factores de "tiempo de ejecución", "Peso propio" y "Seguridad en obra".	90
<b>Mejoramiento estructural</b>	Peso propio	Mientras menor sea el peso propio de la losa, es mejor	De acuerdo con el Ing. Luis Merino Caballero, la ventaja que aporta este factor radica en que el peso propio de las losas representa alrededor de un 53% el peso propio de una edificación convencional, por lo que, al reducir el peso de estos elementos, favorece a que la edificación tenga un mejor comportamiento sismorresistente. Además, la elección de una losa más liviana influye a que los elementos verticales requieran menor dimensión y una reducción en la cantidad de acero, por lo que esto influye directamente en el costo del proyecto.	80
	Momento de resistencia	Mientras mayor sea el momento de resistencia, es mejor	De acuerdo con el Ing. Luis Merino Caballero, la ventaja que aporta este factor se encuentra en el aumento de resistencia a cargas verticales, incluyendo el peso propio de la losa. Y para el caso de losas con viguetas prefabricadas, existe un menor requerimiento de puntales y encofrado, durante su desarrollo.	70

<b>Tema de comparación</b>	<b>Factores del CBA</b>	<b>Criterio</b>	<b>Consideración</b>	<b>Importancia de la ventaja</b>
<b>Seguridad</b>	Seguridad para el usuario final del proyecto	Mientras mayor sea la cantidad de material resistente contra incendios, es mejor	La importancia de evaluar este factor radica en lo expuesto por la Norma A.130 "Requisitos de Seguridad"-Art.1, en la que esta señala que las edificaciones, de acuerdo con el uso y cantidad de usuarios, deben cumplir con los requisitos y prevención de siniestros, con la finalidad de salvaguardar las vidas de los ocupantes, proteger el patrimonio y la continuidad de la edificación.	60
	Seguridad en obra	Mientras más livianos sean los materiales, mayor seguridad en obra	La ventaja que conlleva evaluar este factor, está ligada a la manipulación de los materiales en obra; por ejemplo, de acuerdo con el Arq. Luis Custodio Limachi, el uso de materiales más livianos ayuda que la probabilidad de accidentes en obra se reduzca.	50
<b>Comodidad</b>	Aislante térmico	Mientras mayor sea la cantidad de material aislante térmico, es mejor	Este factor no influye de manera directa con el diseño de la losa; sin embargo, la importancia de su ventaja radica en la comodidad que brinda al usuario u ocupante, haciendo que la temperatura interna de la vivienda se conserve y no varíe de manera drástica. Además, contribuye al ahorro de energía eléctrica dentro del hogar, debido al menor uso de sistemas u aparatos de calefacción.	40
	Confort acústico	Mientras mayor sea la cantidad de material absorbente acústico, es mejor	La ventaja de este factor está enfocada en la comodidad acústica del ocupante; es decir que, con una buena elección de losa se puede hacer que los ruidos externos mermen, se amortigüen los ruidos por impacto en la losa y evitar que ruidos internos no se propaguen de manera descontrolada, dentro de la vivienda.	30
<b>Impacto ambiental</b>	Ecoamigable	Emplear material de menor impacto ambiental, es mejor	Si bien este factor no es fundamental al momento de elegir o diseñar un sistema de losa, la importancia de la ventaja de este, está enfocada en tratar de minimizar el impacto ambiental que se da en la ejecución de un proyecto.	20

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.8. Suma de importancias y decisión final**

Una vez definido la importancia de cada ventaja, tal como lo muestra el acápite 4.7, se elabora las tablas de CBA (Tabla 33, Tabla 34 y Tabla 35), donde se pueden apreciar los atributos de cada alternativa y sus ventajas. En estas tablas también se encuentran las importancias de cada ventaja y su respectiva suma final. La suma final de importancias tiene como objetivo mostrar o evidenciar la mejor opción de losa, en base al método CBA. Además, en la Tabla 43 se muestra se resumen la suma de importancias de cada alternativa para una mejor apreciación.



Tabla 40. Tabla final de CBA para las alternativas N°1 y N°2

Factor (Criterio)	Alternativa 1:		Alternativa 2:	
	Losaligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m		Losaligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	
<b>1. Tiempo de ejecución (Mientras menor sea el tiempo (días) por m<sup>2</sup> de losa construida, es mejor)</b>	Atributo: Tiempo de ejecución (días) por metro cuadrado de losa	0.118	Atributo: Tiempo de ejecución (días) por metro cuadrado de losa	0.117
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>
<b>2. Manipulación de los materiales (Mientras más livianos los materiales, mayor facilidad de manipulación)</b>	Atributo: Materiales de losa muy pesados		Atributo: Materiales de losa medianamente pesados	
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>
<b>3. Peso Propio (Mientras menor sea el peso propio de la losa, es mejor)</b>	Atributo: Presenta peso propio en kg/m <sup>2</sup>	300	Atributo: Presenta peso propio en kg/m <sup>2</sup>	233.42
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>
<b>4. Momento de resistencia (Mientras mayor sea el momento resistencia, es mejor)</b>	Atributo: Momento normalizado a un 1 metro de ancho (Tn-m)	0.961	Atributo: Momento normalizado a un 1 metro de ancho (Tn-m)	0.961
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>
<b>5. Seguridad para el usuario final del proyecto (Mientras mayor sea la cantidad de material resistente contra incendios, es mejor)</b>	Atributo: material más resistente contra incendios (concreto), ocupa el 44% para este tipo de losa		Atributo: material más resistente contra incendios (concreto), ocupa el 44% para este tipo de losa	
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>

Factor (Criterio)	Alternativa 1:		Alternativa 2:	
	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m		Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	
<b>6. Seguridad en obra (Mientras más livianos sean los materiales, mayor seguridad en obra)</b>	Atributo: Materiales muy pesados		Atributo: Materiales medianamente pesados	
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>
<b>7. Aislante térmico (Mientras mayor sea la cantidad de material aislante térmico, es mejor)</b>	Atributo: Cantidad de material aislante térmico (EPS) en m3	0.00	Atributo: Cantidad de material aislante térmico (EPS) en m3	0.112
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja: Emplea mayor cantidad de material aislante	Importancia: <b>40</b>
<b>8. Confort acústico (Mientras mayor sea la cantidad de material absorbente acústico, es mejor)</b>	Atributo: Cantidad de material absorbente acústico (EPS) en m3	0.00	Atributo: Cantidad de material absorbente acústico (EPS) en m3	0.112
	Ventaja:	Importancia: <b>0.00</b>	Ventaja: Emplea mayor cantidad de material absorbente acústico	Importancia: <b>30</b>
<b>9. Ecoamigable (Emplear material de menor impacto ambiental, es mejor)</b>	Atributo: Emplea aligerado de arcilla		Atributo: Emplea aligerado EPS	
	Ventaja: Emplea material de menor impacto ambiental	Importancia: <b>20</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>
<b>Total</b>	<b>20</b>		<b>70</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41. Tabla final de CBA para las alternativas N°3 y N°4

Factor (Criterio)	Alternativa 3:		Alternativa 4:	
	Losas aligeradas con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m		Losas aligeradas con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	
<b>1. Tiempo de ejecución (Mientras menor sea el tiempo (días) por m<sup>2</sup> de losa construida, es mejor)</b>	Atributo: Tiempo de ejecución (días) por metro cuadrado de losa	0.074	Atributo: Tiempo de ejecución (días) por metro cuadrado de losa	0.075
	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>
<b>2. Manipulación de los materiales (Mientras más livianos los materiales, mayor facilidad de manipulación)</b>	Atributo: Materiales de losa muy pesados		Atributo: Materiales de losa muy pesados	
	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>
<b>3. Peso Propio (Mientras menor sea el peso propio de la losa, es mejor)</b>	Atributo: Presenta peso propio en kg/m <sup>2</sup>	280	Atributo: Presenta peso propio en kg/m <sup>2</sup>	315
	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>
<b>4. Momento de resistencia (Mientras mayor sea el momento resistencia, es mejor)</b>	Atributo: Momento normalizado a un 1 metro de ancho (Tn-m)	1.267	Atributo: Momento normalizado a un 1 metro de ancho (Tn-m)	1.267
	Ventaja: Posee un momento de resistencia mayor al del aligerado convencional	Importancia: <b>70</b>	Ventaja: Posee un momento de resistencia mayor al del aligerado convencional	Importancia: <b>70</b>
<b>5. Seguridad para el usuario final del proyecto</b>	Atributo: material más resistente contra incendios (concreto), ocupa el 41.50% para este tipo de losa		Atributo: material más resistente contra incendios (concreto), ocupa el 98.50% para este tipo de losa	

Factor (Criterio)	Alternativa 3:		Alternativa 4:	
	Losas aligeradas con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m		Losas aligeradas con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	
(Mientras mayor sea la cantidad de material resistente contra incendios, es mejor)	Ventaja:	Importancia: 0	Ventaja: El material resistente (concreto) ocupa más espacio en la losa, respecto al resto de losas	Importancia: 60
6. Seguridad en obra (Mientras más livianos sean los materiales, mayor seguridad en obra)	Atributo: Materiales muy pesados		Atributo: Materiales muy pesados	
	Ventaja:	Importancia: 0	Ventaja:	Importancia: 0
7. Aislante térmico (Mientras mayor sea la cantidad de material aislante térmico, es mejor)	Atributo: Cantidad de material aislante térmico (EPS) en m3	0	Atributo: Cantidad de material aislante térmico (EPS) en m3	0
	Ventaja:	Importancia: 0	Ventaja:	Importancia: 0
8. Confort acústico (Mientras mayor sea la cantidad de material absorbente acústico, es mejor)	Atributo: Cantidad de material absorbente acústico (EPS) en m3	0	Atributo: Cantidad de material absorbente acústico (EPS) en m3	0
	Ventaja:	Importancia: 0	Ventaja:	Importancia: 0
9. Ecoamigable (Emplear material de menor impacto ambiental, es mejor)	Atributo: Emplea aligerado de arcilla		Atributo: Emplea aligerado de concreto	
	Ventaja: Emplea material de menor impacto ambiental	Importancia: 20	Ventaja: Emplea material de menor impacto ambiental	Importancia: 20
<b>Total</b>		<b>90</b>		<b>150</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Tabla final de CBA para las alternativas N°5 y N°6

Factor (Criterio)	Alternativa 5:		Alternativa 6:	
	Losaligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m		Losaligerada convencional con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	
<b>1. Tiempo de ejecución (Mientras menor sea el tiempo (días) por m<sup>2</sup> de losa construida, es mejor)</b>	Atributo: Tiempo de ejecución (días) por metro cuadrado de losa	0.071	Atributo: Tiempo de ejecución (días) por metro cuadrado de losa	0.06
	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>	Ventaja: Posee una mejor relación entre el avance (m2) y el tiempo (días). Es decir, su proceso constructivo es más rápido frente a las demás alternativas.	Importancia: <b>100</b>
<b>2. Manipulación de los materiales (Mientras más livianos los materiales, mayor facilidad de manipulación)</b>	Atributo: Materiales de losa medianamente pesados		Atributo: Materiales de losa livianos	
	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>	Ventaja: Los materiales que componen un m2 de esta losa son más livianos respecto a las demás alternativas	Importancia: <b>90</b>
<b>3. Peso Propio (Mientras menor sea el peso propio de la losa, es mejor)</b>	Atributo: Presenta peso propio en kg/m2	210	Atributo: Presenta peso propio en kg/m2	155.3
	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>	Ventaja: Presenta el menor peso propio frente al resto de alternativas	Importancia: <b>80</b>
<b>4. Momento de resistencia (Mientras mayor sea el momento resistencia, es mejor)</b>	Atributo: Momento normalizado a un 1 metro de ancho (Tn-m)	1.267	Atributo: Momento normalizado a un 1 metro de ancho (Tn-m)	1.265
	Ventaja: Posee un momento de resistencia mayor al del aligerado convencional	Importancia: <b>70</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>
<b>5. Seguridad para el usuario final del proyecto (Mientras mayor sea la cantidad de material resistente contra incendios, es mejor)</b>	Atributo: material más resistente contra incendios (concreto), ocupa el 41.50% para este tipo de losa		Atributo: material más resistente contra incendios(concreto), ocupa el 31.00% para este tipo de losa	
	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>	Ventaja:	Importancia: <b>0</b>

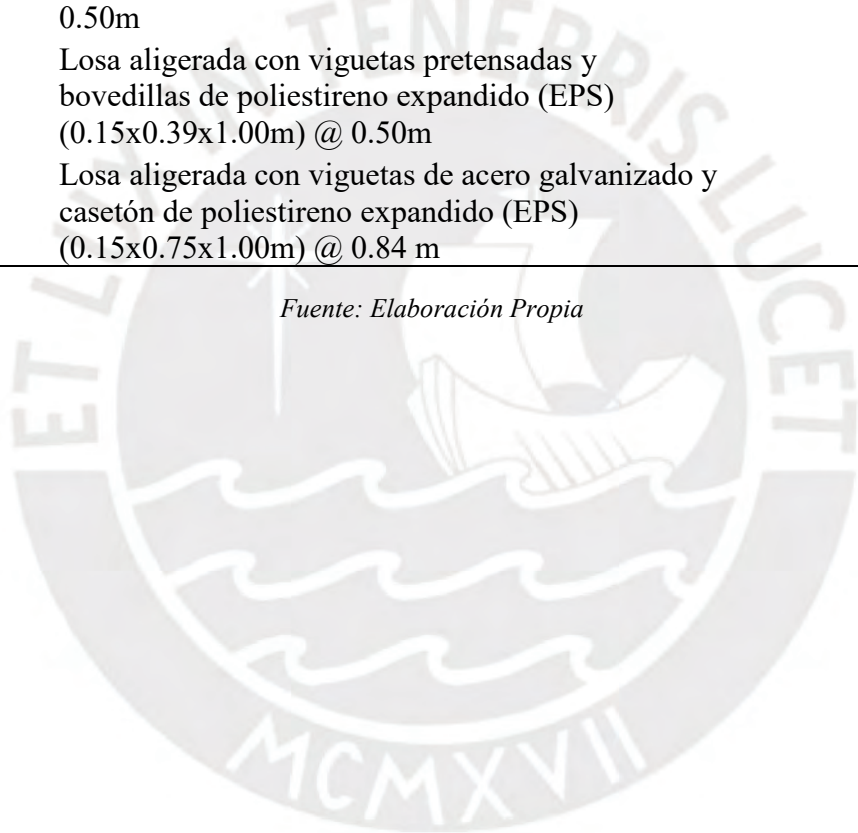
Factor (Criterio)	Alternativa 5:	Alternativa 6:
	<b>Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m</b>	<b>Losa aligerada convencional con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m</b>
<b>6. Seguridad en obra (Mientras más livianos sean los materiales, mayor seguridad en obra)</b>	Atributo: Materiales medianamente pesados Ventaja: Importancia: <b>0</b>	Atributo: Materiales livianos Ventaja: Al poseer materiales de peso liviano reduce el riesgo de accidentes en obra Importancia: <b>50</b>
<b>7. Aislante térmico (Mientras mayor sea la cantidad de material aislante térmico, es mejor)</b>	Atributo: Cantidad de material aislante térmico (EPS) en m3 Ventaja: Posee una mayor cantidad de material aislante térmico (EPS) por m2 de losa Importancia: <b>40</b>	Atributo: Cantidad de material aislante térmico (EPS) en m3 Ventaja: Importancia: <b>0</b>
<b>8. Confort acústico (Mientras mayor sea la cantidad de material absorbente acústico, es mejor)</b>	Atributo: Cantidad de material absorbente acústico (EPS) en m3 Ventaja: Posee una mayor cantidad de material absorbente acústico (EPS) por m2 de losa Importancia: <b>30</b>	Atributo: Cantidad de material absorbente acústico (EPS) en m3 Ventaja: Importancia: <b>0</b>
<b>9. Ecoamigable (Emplear material de menor impacto ambiental, es mejor)</b>	Atributo: Emplea aligerado EPS Ventaja: Importancia: <b>0</b>	Atributo: Emplea aligerado EPS Ventaja: Importancia: <b>0</b>
<b>Total</b>	<b>140</b>	<b>320</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Suma final de importancias

N°	Tipo de losa	Suma de importancias
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	20
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	70
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	90
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	150
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	140
6	Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	<b>320</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



## 5. CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO

### 5.1. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO (ACU)

El Análisis de Costo Unitario (ACU) es un modelo matemático muy práctico que permite estimar el costo por unidad de medida (und) de una partida. Para conseguir estimar el APU, es necesario tomar en cuenta los costos de materiales, de los equipos y de la mano de obra que se necesita para ejecutar una unidad de la partida (Delgado, Jonathan. 2017).

Para este trabajo de investigación, se utilizó un costo de mano de obra basado en una jornada laboral de 8 horas de trabajo diarias, lo que da un total de 48 horas de trabajo por semana. El precio de cada hora – hombre (h – h) para los distintos tipos de trabajadores (operario, oficial y peón) se obtendrá de la tabla de Salarios y Beneficios Sociales del Pliego Nacional, vigente hasta el 31/05/2024. Es indispensable mencionar que para obtener estos precios se tomaron en cuenta las siguientes condiciones:

- Remuneración básica vigente (RB)
- Bonificación unificada de construcción (BUC)
- Leyes y beneficios anuales sobre la RB
- Leyes y beneficios anuales sobre la BUC
- Bonificaciones por movilidad
- Overol

Tabla 44. Tabla de Salarios y Beneficios Sociales del Pliego Nacional (2023-24)

<b>TABLA SALARIOS Y BENEFICIOS SOCIALES PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIÓN CIVIL</b>						<b>EXPEDIENTE N° 235-2023-MTPE/2.14-NEC DEL 01.06.2023 AL 31.05.2024</b>		
<b>OPERARIO</b>							Indemnizac.	vacaciones
Jornal	84.70	*	6	días	508.20	Diario	12.71	8.47
D.S.O.	14.12	*	6	días	84.70	Semanal	76.23	50.82
BUC 32%	27.10	*	6	días	162.62			
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00			
					-----			
Total salarios					<b>803.52</b>	Gratific.	Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
Descuento ONP 13%					98.22	Diario	16.13	22.59
Descuento CONAF. 2%					11.86	Mensual	484.00	667.60
					-----	Total	3388.00	3388.00
Pago Neto Semanal					<b>693.45</b>	Ley N° 30334, las gratificaciones están exoneradas de descuento. El 9% correspondiente a EsSalud se puede pagar al trabajador		
<b>OFICIAL</b>							Indemnizac.	vacaciones
Jornal	66.45	*	6.00	días	398.70	Diario	9.97	6.65
D.S.O.	11.08	*	6.00	días	66.45	Semanal	59.81	39.87
BUC 30%	19.84	*	6.00	días	119.61			
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6.00	días	48.00			
					-----			
Total salarios					<b>632.76</b>	Gratific.	Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
Descuento ONP 13%					76.02	Diario	12.66	17.72
Descuento CONAF. 2%					9.30	Mensual	379.71	531.60
					-----	Total	2658.00	2658.00
Pago Neto Semanal					<b>547.44</b>	Ley N° 30334, las gratificaciones están exoneradas de descuento. El 9% correspondiente a EsSalud se puede pagar al trabajador		

**TABLA SALARIOS Y BENEFICIOS SOCIALES PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**  
**EXPEDIENTE N° 235-2023-MTPE/2.14-NEC DEL 01.06.2023 AL 31.05.2024**

<b>PEON</b>						Indemnizac.	vacaciones	
Jornal	59.80	*	6.00	días	358.80	Diario	8.97	5.98
D.S.O.	9.97	*	6.00	días	59.80	Semanal	53.82	35.88
BUC 30%	17.94	*	6.00	días	107.64			
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6.00	días	48.00			
-----						Gratific.	Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
Total salarios					<b>574.24</b>	Diario	11.39	15.95
Descuento ONP 13%					68.41	Mensual	341.71	478.40
Descuento CONAF. 2%					8.37	Total	2392.00	2392.00
-----								
Pago Neto Semanal					<b>497.46</b>	Ley N° 30334, las gratificaciones están exoneradas de descuento. El 9% correspondiente a EsSalud se puede pagar al trabajador		
<b>Asignación escolar por un hijo</b>						<b>HORAS EXTRAS</b>		
			Diario	Mensual	Simples	60%	100%	Indemniz.
OPERARIO			7.06	211.75	10.59	16.94	21.18	1.59
OFICIAL			5.54	166.13	8.31	13.29	16.61	1.25
PEON			4.98	149.50	7.48	11.96	14.95	1.12

Fuente: CONAFOVICER

Tabla 45. Tabla de Salarios y Beneficios Sociales de operarios especializados del Pliego Nacional (2022-23)

<b>TABLA DE SALARIOS - OPERARIOS ESPECIALIZADOS</b>						<b>EXPEDIENTE N° 235-2023-MTPE/2.14-NEC DEL 01.06.2023 AL 31.05.2024</b>		
<b>OPERARIO (Op. De Equipo Mediano)</b>						Indemnizac.		vacaciones
Jornal básico	84.70	*	6	días	508.20	Diario	12.71	8.47
D.S.O.	14.12	*	6	días	84.70	Semanal	76.23	50.82
BUC 32%	27.10	*	6	días	162.62			
Bonif. Alta Esp. 8%	6.78	*	6	días	40.66	Gratific.	Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00	Diario	16.13	22.59
Total salarios	<b>844.18</b>					Mensual	484.00	667.60
Descuento ONP 13%	103.50					Total	3388.00	3388.00
Descuento CONAF. 2%	11.86					Ley N° 30334, las gratificaciones están exoneradas de descuento. El 9% correspondiente a EsSalud se puede pagar al trabajador		
Pago Neto Semanal	<b>728.82</b>							
<b>OPERARIO (Op. De Equipo Pesado)</b>						Indemnizac.		vacaciones
Jornal básico	84.70	*	6	días	508.20	Diario	12.71	8.47
D.S.O.	14.12	*	6	días	84.70	Semanal	76.23	50.82
BUC 32%	27.10	*	6	días	162.62			
Bonif. Alta Esp. 10%	8.47	*	6	días	50.82	Gratific.	Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00	Diario	16.13	22.59
Total salarios	<b>854.34</b>					Mensual	484.00	667.60
Descuento ONP 13%	104.82					Total	3388.00	3388.00
Descuento CONAF. 2%	11.86							
Pago Neto Semanal	<b>737.66</b>					Ley N° 30334, las gratificaciones están exoneradas de descuento. El 9% correspondiente a EsSalud se puede pagar al trabajador		

**TABLA DE SALARIOS - OPERARIOS ESPECIALIZADOS**  
**EXPEDIENTE N° 235-2023-MTPE/2.14-NEC DEL 01.06.2023 AL 31.05.2024**

<b>OPERARIO (Electromecánico)</b>						Indemnizac.		vacaciones
Jornal básico	84.70	*	6	días	508.20	Diario	12.71	8.47
D.S.O.	14.12	*	6	días	84.70	Semanal	76.23	50.82
BUC 32%	27.10	*	6	días	162.62			
Bonif. Alta Esp. 17%	14.40	*	6	días	86.39	Gratific.	Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00	Diario	16.13	22.59
Total salarios					<b>889.92</b>	Mensual	484.00	667.60
Descuento ONP 13%					109.45	Total	3388.00	3388.00
Descuento CONAF. 2%					11.86			
Pago Neto Semanal					<b>768.61</b>			
						Ley N° 30334, las gratificaciones están exoneradas de descuento. El 9% correspondiente a EsSalud se puede pagar al trabajador		
<b>OPERARIO (Topógrafo)</b>						Indemnizac.		vacaciones
Jornal básico	84.70	*	6	días	508.20	Diario	12.71	8.47
D.S.O.	14.12	*	6	días	84.70	Semanal	76.23	50.82
BUC 32%	27.10	*	6	días	162.62			
Bonif. Alta Esp. 9%	7.62	*	6	días	45.74	Gratific.	Fiest. Patri.	Fiest. Navid.
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00	Diario	16.13	22.59
Total salarios					<b>849.26</b>	Mensual	484.00	667.60
Descuento ONP 13%					104.16	Total	3388.00	3388.00
Descuento CONAF. 2%					11.86			
Pago Neto Semanal					<b>733.24</b>			
						Ley N° 30334, las gratificaciones están exoneradas de descuento. El 9% correspondiente a EsSalud se puede pagar al trabajador		
<b>Asignación Escolar por cada hijo</b>						<b>HORAS EXTRAS</b>		
Diario				Mensual	Simple	60%	100%	Indemniz.
7.06				211.75	10.59	16.94	21.18	1.59

Fuente: CONAFOVICER

Tabla 46. Costo de hora hombre en edificación (vigente hasta el 31 de julio de 2024)

Ítem	Conceptos	Categoría		
		Operario	Oficial	Peón
1.00	Remuneración básica vigente (BB) (vigente del 01.06.2023 al 31.07.2024)	84.70	66.45	59.80
2.00	Bonificación unificada de construcción (BUC) (vigente del 01.06.2023 al 31.07.2024)	27.10	19.94	17.94
3.00	Leyes y beneficios sociales sobre la RB (115.69%)	97.99	76.88	69.18
4.00	Leyes y beneficios sociales sobre la BUC (12.00%)	3.25	2.39	2.15
5.00	Fondo de capacitación (CAPECO-FTCCP)	0.20	0.20	0.20
6.00	Bonificación por movilidad	8.00	8.00	8.00
7.00	Overol (2 unid. Anuales)	0.43	0.43	0.43
Costo día hombre (DH)		221.67	174.29	157.70
Costo hora hombre (HH)		27.71	21.79	19.71

Fuente: Suplemento técnico de la revista costos (julio 2024)

### 5.1.1. Alternativa N°1 y N°2

Para estas dos alternativas de aligerado convencional, se tomó en cuenta 6 partidas (Concreto, Encofrado, Desencofrado, Armadura de Acero, Colocación aligerado y Tarrajeo de cielo raso) por lo que cada una de estas partidas tendrá un ACU propio, los cuales se detallan en los anexos del N°9 al N°15. El tipo de concreto que se utilizará en la elaboración de la losa aligerada es concreto premezclado de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Es importante mencionar que los ACUS corresponden a las partidas de la losa aligerada en una dirección; además, estas fueron adaptadas en base al libro “Costos y Presupuestos en Edificaciones” del Ing. Jesús Ramos Salazar.

### **5.1.2. Alternativa N°3, N°4 y N°5**

Para evaluar el costo de estas alternativas de losa aligerada con viguetas pretensadas, se dividió en 7 partidas, las cuales son: Concreto, Encofrado, Desencofrado, Armadura de Acero, Colocación aligerado, Colocación de las viguetas pretensadas y Tarrajeo de cielo raso. Cabe señalar que la partida de concreto será la misma que de la losa aligerada convencional, ya que el concreto es independiente del tipo de losa aligerada; por lo tanto, el ACU de concreto presentado en el anexo N°9 será válido para las alternativas siguientes. Sucederá lo mismo para la partida de armadura de acero, ya que el habilitado y colocación de acero dependerá del metrado de este componente en cada una de las respectivas alternativas; en consecuencia, el ACU presentado en el anexo N°12 será válido para las alternativas subsiguientes. Por otro lado, el resto de las partidas sí variará de acuerdo con el tipo de losa que se está construyendo como se puede apreciar en los anexos del N°16 al N°22.

### **5.1.3. Alternativa N°6**

Para esta losa se solo tomarán en cuenta también 7 partidas (Concreto, Encofrado, Desencofrado, Acero de refuerzo, Colocación de viguetas de acero, Colocación de Casetones EPS y Tarrajeo de cielo raso). Cabe resaltar que los ACUs de concreto y aceros expuestos en el anexo N°9 y N°12, respectivamente, podrán ser usados en esta alternativa.

## 5.2. Costo total de las alternativas

Para el cálculo del costo total de cada alternativa, se trabajó con los metrados de cada caso de estudio presentados en el acápite 4.1 y los ACU'S mencionados en el acápite 5.1 y presentados en los anexos del N°9 al N°27. Además, para comparar y evaluar el costo total de las alternativas, se trabajó con un factor que medirá el costo por metro cuadrado de losa (soles/m<sup>2</sup>), el cual facilita una comparación equilibrada, ya que los casos evaluados presentan diferentes áreas construidas de losa. A continuación, se presentarán las tablas elaboradas para el cálculo del factor de comparación.

Tabla 47. Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m

ALTERNATIVA 1	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	P.U.	COSTO DIRECTO	FACTOR
CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	66.00	342.75	22621.78	
ENCOFRADO NORMAL		m <sup>2</sup>	630.00	48.83	30760.25	
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	630.00	14.28	8997.87	
ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200kg/cm <sup>2</sup>	630.00	kg	3696.00	5.88	21728.60	<b>196.47</b>
COLOCACIÓN MANUAL DE LADRILLO HUECO ACANALADO 0.15x0.30X0.30m		und	5248.00	3.80	19919.18	
TARRAJEO DE CIELO RASO (1.5 cm)		m <sup>2</sup>	630.00	31.35	19747.60	
					123775.29	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48. Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m

<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>AREA DE LOSA (M2)</b>	<b>UND</b>	<b>METRADO</b>	<b>P.U.</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>FACTOR</b>
CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	66.00	342.75	22621.78	
ENCOFRADO NORMAL		m <sup>3</sup>	630.00	48.83	30760.25	
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	630.00	14.28	8997.87	
ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200kg/cm <sup>2</sup>	630.00	kg	3696.00	5.88	21728.60	<b>192.16</b>
COLOCACIÓN MANUAL DE CASETÓN DE POLIESTIRNO EXPANDIDO 0.15x0.30x1.20m		und	1312.00	13.11	17205.36	
TARRAJEO DE CIELO RASO (1.5 cm)		m <sup>2</sup>	630.00	31.35	19747.60	
					121061.47	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m

<b>ALTERNATIVA 3</b>	<b>AREA DE LOSA (M2)</b>	<b>UND</b>	<b>METRADO</b>	<b>P.U.</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>FACTOR</b>
CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	569.86	342.75	195321.95	
ENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	19.79	138643.80	
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	5.71	40028.24	
ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200kg/cm <sup>2</sup>		kg	30564.50	5.88	179687.21	
COLOCACION MANUAL DE VIGUETAS PRETENSADAS	7006.60	m <sup>2</sup>	7006.60	34.45	241343.04	<b>179.87</b>
COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE ARCILLA		und	61354.00	4.03	247172.49	
TARRAJEO DE CIELO RASO (1.5 cm)		m <sup>2</sup>	7006.60	31.12	218065.24	
					1260261.97	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 50. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m

ALTERNATIVA 4	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	P.U.	COSTO DIRECTO	FACTOR
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$		m <sup>3</sup>	569.86	342.75	195321.95	
ENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	19.79	138643.80	
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	5.71	40028.24	
ACERO DE REFUERZO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$		kg	30564.50	5.88	179687.21	
COLOCACION MANUAL DE VIGUETAS PRETENSADAS	7006.60	m <sup>2</sup>	7006.60	34.45	241343.04	<b>173.38</b>
COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE CONCRETO		und	61354.00	3.29	201703.92	
TARRAJEO DE CIELO RASO (1.5 cm)		m <sup>2</sup>	7006.60	31.12	218065.24	
					1214793.40	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51. Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m

ALTERNATIVA 5	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	P.U.	COSTO DIRECTO	FACTOR
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$		m <sup>3</sup>	569.86	342.75	195321.95	
ENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	19.79	138643.80	
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	7006.60	5.71	40028.24	
ACERO DE REFUERZO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$		kg	30564.50	5.88	179687.21	
COLOCACION MANUAL DE VIGUETAS PRETENSADAS	7006.60	m <sup>2</sup>	7006.60	34.45	241343.04	<b>201.29</b>
COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO		und	15339.00	25.90	397243.47	
TARRAJEO DE CIELO RASO (1.5 cm)		m <sup>2</sup>	7006.60	31.12	218065.24	
					1410332.95	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52. Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m

ALTERNATIVA 6	AREA DE LOSA (M2)	UND	METRADO	P.U.	COSTO DIRECTO	FACTOR
CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=210\text{kg/cm}^2$		m <sup>3</sup>	33.47	342.75	11471.27	
ENCOFRADO		m <sup>2</sup>	514.10	9.32	4790.04	
DESENCOFRADO		m <sup>2</sup>	514.10	3.43	1762.21	
ACERO DE REFUERZO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$		kg	1028.21	5.88	6044.80	
COLOCACIÓN MANUAL MANUAL DE VIGUETAS	514.10	m <sup>2</sup>	592.00	44.19	26160.51	<b>165.10</b>
COLOCACIÓN MANUAL DE CASETONES EPS 0.15*0.85*1.00 m		und	622.00	29.80	18533.95	
TARRAJEO DE CIELO RASO (1.5 cm)		m <sup>2</sup>	514.10	31.35	16114.67	
					84877.45	

Fuente: Elaboración Propia

Una vez hallado los factores (soles/m<sup>2</sup>) de cada alternativa, se procede a resumir los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 53. Resumen de los factores (soles/m<sup>2</sup>) de cada alternativa

N°	Tipo de losa	Factor (soles/m <sup>2</sup> )
1	Losa aligerada convencional con aligerado de ladrillo hueco acanalado (0.15x0.30x0.30m) @ 0.40m	196.47
2	Losa aligerada convencional con aligerado de casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.30x1.20m) @ 0.40m	192.16
3	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	179.87
4	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de concreto (0.15x0.39x0.25m) @ 0.50m	173.38
5	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.39x1.00m) @ 0.50m	201.29
6	Losa aligerada convencional con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido (EPS) (0.15x0.75x1.00m) @ 0.84 m	<b>165.10</b>

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, como se puede apreciar en la Tabla 53, la alternativa 6 posee un menor costo por metro cuadrado de losa, lo que la hace la opción de menor costo.

## 6. CAPÍTULO 6: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO CBA Y EL ANÁLISIS ECONÓMICO

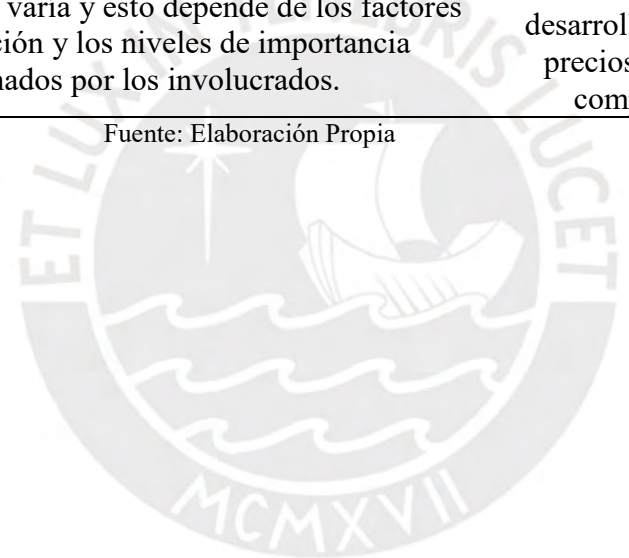
En base a los dos análisis desarrollados, podemos observar que tanto para el método CBA como para el económico, la alternativa elegida según los argumentos de cada análisis fue “Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón EPS (0.15x0.75x1.00m) @0.84m”. Por un lado, en el análisis utilizando el método CBA, la alternativa N°6 presentó la mayor suma de importancias aproximadamente de un 100% mayor a la alternativa más cercana, es decir a la alternativa N°5. Por otro lado, utilizando el análisis económico, la alternativa N°6 presentó el menor factor (costo/m<sup>2</sup>) de aproximadamente 5% menor a la alternativa N°4, la cual es la más próxima. Sin embargo, este resultado no expresa la existencia de una paridad de métodos, sino a una coincidencia, debido a que cada análisis se ha desarrollado de manera independiente. A continuación, se mostrará la Tabla 54, en la cual se puede apreciar los argumentos comparativos de cada sistema evaluado en el presente trabajo de investigación.

Tabla 54. Comparaciones entre el método CBA y el análisis económico

Características	Método CBA	Análisis Económico
Complejidad	Es un método fácil de aplicar, el cual consta de básicamente solo 7 pasos. La única dificultad presente en este método se da cuando es necesario definir las importancias a las ventajas de las alternativas evaluadas, ya que justamente en esta tarea se requiere que los responsables tomen decisiones que emitan un juicio de valor sobre las alternativas.	Este análisis es de carácter sencillo, debido a la sola presencia de un factor de comparación. Sin embargo, el nivel de complejidad de este método puede incrementar en caso el universo de alternativas aumente.
Multicriterio	Sí es un sistema multicriterio, debido a que se evalúa varios factores de comparación, de manera directo a indirecta en algunos casos.	No es un sistema multicriterio, debido a que su forma de evaluar es unidireccional; en otras palabras, solo emplea la comparación en base al factor económico.
Limitaciones	Realmente no presenta limitaciones en su método de evaluación, incluso se pueden agregar varios enfoques (factores) de comparación, sin afectar la naturaleza del método o su complejidad.	Es un método limitado, ya que solo admite un punto de vista, el cual es el económico. Además, si se le agregara más factores de comparación, perdería la naturaleza de sus métodos; es decir, dejaría de ser un análisis económico
Especialistas	Sí es necesario incluir especialistas, dependiendo el tema de evaluación, ya que estos son vitales para establecer factores, definir los criterios de estos y llegar a un consenso para definir los niveles de importancia de las ventajas.	No es necesario recurrir a especialistas para desarrollar este análisis, ya que solo evalúa puntos de vista económicos, los cuales no son elementos que requieran una investigación exhaustiva.
Flexibilidad	De acuerdo con lo que se menciona en sus limitaciones, este si es un sistema flexible, ya que es posible aumentar los factores de comparación sin alterar la forma ni la complejidad del método.	No es una característica de este análisis, debido a que no admite más factores de comparación, caso contrario perdería la naturaleza de su método.

<p>Nivel de confianza</p>	<p>El nivel de confianza de este método es alto, ya que sus argumentos radican en la cantidad de factores evaluados, los cuales favorecen a que se dé una comparación más justa y evitan que exista parcialidad en las decisiones. Además, para establecer los factores y niveles de importancia de estos, se necesita de un consenso por parte de los involucrados en las tomas de decisiones.</p>	<p>Este método está exento de ser evaluado en torno a niveles de confiabilidad, ya que su resultado o decisión final es algo que es inobjetable para ser este de naturaleza cuantitativa.</p>
<p>Cambio de resultado</p>	<p>En este método sí existe la posibilidad de que el resultado final varía y esto depende de los factores de evaluación y los niveles de importancia asignados por los involucrados.</p>	<p>En este método sí existe la posibilidad de que el resultado varía, pero no depende del que desarrolla este análisis, si no de la variación de precios que pueden sufrir los elementos que componen a las alternativas de estudio.</p>

Fuente: Elaboración Propia



## 7. CAPÍTULO 7: PRINCIPAL PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA VIGACERO

A pesar de que la alternativa N° 6, losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido, es la que presenta mayor suma de importancias usando el método CBA y es la alternativa que presenta menor costo por metro cuadrado según el análisis de precios unitarios, no es la más empleada al momento de construir viviendas multifamiliares.

El ingeniero Carlos Ávalos, asesor de Vigacero en Trujillo y Lima, señala que este sistema no es muy utilizado debido a que este recién fue patentado en 2014. Al inicio no existía una adecuada difusión para este método constructivo y se utilizaba más el método tradicional.

Ante esta problemática, se optó por difundir más este sistema en foros del Colegio de Ingenieros del Perú y del Colegio de Arquitectos del Perú. En estas conferencias se exponen las ventajas que presenta este sistema ante los métodos tradicionales de construcción. La arquitecta Chuquimarca señala que este sistema se puede emplear en todo el país, sobre todo en las zonas de difícil acceso o más accidentadas debido al poco peso de los materiales que lo componen. Además, indica que es factible en lugares con un clima extremo, por calor o frío, ya que es un buen aislante térmico y permite conservar la temperatura interna de la vivienda. También, empleando este sistema, el peso de la estructura se puede reducir hasta en un 40%. El arquitecto Luis Custodio, asesor de Vigacero en Lima, señala que este sistema es un 30% más resistente que un sistema tradicional de construcción. El arquitecto indica también que otra ventaja de usar estos sistemas es el fácil acabado del tarrajeo, para lograrlo se emplean morteros a base de yeso y cementicios con aditivos, estos se colocan con una malla RF y se aplica mopafix77 en la base de las viguetas.

Según la empresa Vigacero, debido a la difusión que se le ha brindado a este sistema y a las ventajas que presenta, se empieza a emplear más el sistema vigacero en ciudades como Moyobamba, Amazonas, Lima, Trujillo y Piura principalmente. Constructoras importantes del Perú están empezando a utilizar vigacero en sus obras. El Grupo Creativa Inmobiliaria ha

utilizado este sistema en 4 edificaciones, la inmobiliaria Codeli ya lo usó en 2 viviendas multifamiliares y actualmente en 2 en proyecto, la inmobiliaria Aldaba presenta este sistema en 3 obras, DOCSACORP usó este método para torres de oficinas y viviendas en 2 ocasiones, FV Arquitectos Asociados para construir viviendas en la playa, Structural Design lo utilizó en 10 obras hasta el momento.

## **8. CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1. Conclusiones del CBA**

- Mediante la aplicación del método CBA, se determinó que la alternativa más acorde con los factores de comparación evaluados es la alternativa N°6 “Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón EPS (0.15x0.75x1.00m) @0.84m”, la cual posee una suma de importancias total de 320. Esta alternativa, a pesar de no presentar ventajas en todos los factores de comparación, presenta un puntaje muy por encima del resto de losas.
- La alternativa N°6 presenta un puntaje notoriamente sobresaliente en comparación con las demás alternativas, debido a que, al emplear el método CBA, se les otorgó una mayor puntuación a los factores de tiempo de ejecución, aporte estructural y seguridad, factores donde esta alternativa posee sus ventajas más resaltantes, ya que al ser muy ligera las partidas de su ejecución en obra presentan altos rendimientos, su poco peso facilita que la estructura tenga un mejor comportamiento sismorresistente y sus elementos livianos y ergonómico, lo hacen segura dentro de la obra.
- Se puede afirmar que la metodología CBA ayuda a documentar y formalizar información relevante, tomar decisiones basadas en criterios importantes de manera transparente; además, al tener una metodología fácil de aplicar, favorece a que se agilice el proceso de toma de decisiones.
- Se puede concluir que el método CBA es de característica flexible, ya que permite que

se sumen más factores de comparación sin que se modifique la complejidad de este. Además, la admisión de nuevos factores ayuda a que el método sume más argumentos y refuerce su transparencia.

- Al igual que el análisis económico, el CBA define su resultado final como uno obtenido de manera cuantitativa; sin embargo, dentro del método se desarrollan factores, criterios y juicios de valor tanto cualitativo como cuantitativo.
- Incluir el costo o factor económico en este trabajo, haría que el resultado final se incline por la alternativa menos costosa, por lo que existiría un sesgo y no se evaluaría de forma transparente las alternativas.
- La decisión final del método CBA puede variar, de acuerdo con inclusión de nuevos factores y la importancia que se otorgue a las ventajas de las alternativas. Esto da cabida a que el trabajo puede ser empleado para futuras investigaciones y pueda ser incluso reutilizable, solo cambiando el nivel de las ventajas de las alternativas o en último caso, cambiando los factores de comparación.
- Este método puede ser empleado para cualquier toma de decisión que se requiera durante la planificación del proyecto, sin importar el nivel del problema; por ejemplo, elección de enchapado en los ambientes comunes, tipo de pintura para la fachada, elección del cielo raso en los departamentos, tipo de concreto (concreto in-situ o premezclado), diseño u forma de las columnas, entre otros.

## **8.2. Conclusiones del Análisis Económico**

- Mediante la aplicación análisis económico, se determinó que la alternativa de menor costo es la N°6 “Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón EPS (0.15x0.75x1.00m) @0.84m”, la cual posee un factor de 165.10 soles/m<sup>2</sup>.
- Debido a la característica cuantitativa de evaluar las alternativas, este análisis es de resultado inobjetable.

- De acuerdo con el análisis económico realizado, la diferencia entre la alternativa N° 6 y N°5, la de menor y mayor factor (soles/m<sup>2</sup>) respectivamente, es de 36.19 soles/m<sup>2</sup>.
- La alternativa N°6, debe su bajo costo al alto rendimiento que tienen sus partidas de colocación de viguetas, aligerado y encofrado, esto gracias a que los dos primeros elementos son livianos y ergonómicos; además, debido a que las viguetas presentan un alto momento de resistencia se requiere menor encofrado en la base y un número mínimo de puntales, inclusive estos últimos no son requeridos para luces de losas menores a 4.60 metros.
- El resultado de este análisis no cambiaría si es que se incluyese al coste de la grúa como apoyo para la colocación del aligerado y viguetas, ya que estos pueden ser movilizadas manualmente hasta un máximo de 8 niveles, en el caso de la alternativa N°6 “Losa aligerada con viguetas de acero galvanizado y casetón EPS (0.15x0.75x1.00m) @0.84m”.
- Existe la posibilidad de que el resultado final de este análisis varíe, y esto puede darse, siempre y cuando, el precio de los elementos que componen las losas cambie en el mercado de la construcción.

### **8.3. Recomendaciones**

- Se recomienda utilizar los métodos de toma de decisiones, como el CBA, dentro del rubro de la construcción, sobre todo en las etapas iniciales del proyecto, debido a que agilizan la toma de decisiones y permite decidir por una alternativa que cumpla con el desempeño esperado.
- Es muy importante trabajar este método en conjunto con especialistas relacionados al tema de investigación que se esté desarrollando, ya que el aporte de estos es muy fundamental a la hora de establecer los factores, criterios y los niveles de importancia de las ventajas; además, su participación refuerza el argumento de la decisión final que

se tome. Por ejemplo, para este trabajo de investigación se recurrió a la opinión de profesionales de la ingeniería y arquitectura, los cuales son: Arq. Luis Enrique Custodio Limachi, Ing. Luis Alberto Merino Caballero y el Ing. José Félix Alejandro Benavides Vargas.



## BIBLIOGRAFIA

1. **ACEROS AREQUIPA. “Proceso Constructivo para losa aligerada”.**  
Lima. Youtube. Consulta: 21 de octubre de 2021.  
<https://www.youtube.com/watch?v=CxUAFtynDUg&t=3668s>
2. **Arroyo, P., Fuenzalida, C., Albert, A., & Hallowell, M. R. (2016).**  
“Collaborating in decision making of sustainable building design: An experimental study comparing CBA and WRC methods”. *Energy & Buildings*, 128, 132–142. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.079>
3. **Arroyo, P., Tommelein, I. D., and Ballard, G. (2015b).**  
Selecting Globally Sustainable Materials: A Case Study Using Choosing by Advantages. *Journal of Construction Engineering and Management*, 05015015(1). [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001041](http://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001041)
4. **Arroyo, P., Tommelein, I. D., & Ballard, G. (2014).**  
“Comparing weighting rating and calculating vs. choosing by advantages to make design choices.” *22nd Annu. Conf. Int. Gr. Lean Constr.* Vol. 1, No. 510, 1-12.
5. **Arroyo, P., Tommelein, I.D., & Ballard, G. (2013).**  
“Using ‘Choosing By Advantages’ to select ceiling tile from a global sustainable perspective” *Proc. 21st Ann. Conf. Int’l. Group for Lean Construction (IGLC)*, Fortaleza, Brazil, 309-318.
6. **Arroyo, P., Tommelein, I. D., and Ballard, G. (2012a).**  
Deciding a sustainable alternative by “choosing by advantages” in the AEC industry. In *20st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. San Diego, USA.

7. **Antonio, Blanco**

(1994). “*Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*”

2da edición. Lima – Perú. Colegio de Ingenieros del Perú

8. BUILDING. *Whole-life costs: Concrete vs steel.*

Consulta: 16 de octubre de 2021

<https://www.building.co.uk/whole-life-costs-concrete-vs-steel/3069406.article>

9. CONCREMAX. “*Ficha Técnica – Viguetas Pretensadas*”.

Consulta: 24 de junio de 2021.

<https://www.concremax.com.pe/pretensados/viguetas-pretensadas/>

10. CONSTRUCTION NEWS. *Concrete vs clay: Which is more sustainable for roof tiles?*

Consulta: 15 de octubre de 2021.

<https://www.constructionnews.co.uk/special-reports/concrete-vs-clay-which-is-more-sustainable-for-roof-tiles-26-09-2014/>

11. Delgado, Jonathan

(2017). “*Análisis de Precio Unitario*”.

Consulta: 02 de julio de 2021.

<https://www.slideshare.net/JonathanDelgado39/anlisis-de-precio-unitario-apu>

12. Espinoza, L. R., Brioso, X. and Herrera, R. F.

“*Applying CBA to decide the best excavation method: scenario during the*

*COVID-19 pandemic*". Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29), Alarcon, L.F. and González, V.A. (eds.), Lima, Peru, pp. 870–879.

13. FIRTH

*"Manual de Viguetas Pretensadas FIRTH" – Sistema de losa aligerada con viguetas pretensadas.*

Consulta: 30 de septiembre de 2021.

14. Fuenzalida, Camila

(2016). *"Measuring the Impacts of Choosing by Advantages as Decision – Making Method for Building Desing"*. Tesis presentada a la Oficina de Investigación y Posgrado en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de Maestría en Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.

15. GEOFOAM INTERNATIONAL LLC. *"Why You Should Consider Styrofoam Blocks for your Next Project"*.

Consulta: 16 de octubre de 2021

<https://geofoamintl.com/why-you-should-consider-styrofoam-blocks-for-your-next-project/>

16. Gallagher, Charles., Watson, J.

(2004). *"Métodos cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración"*. Florida – USA.

17. LITTLEHAMPTON

*Why choose clay bricks?*

Consulta: 15 de octubre de 2021.

<https://littlehamptonbrick.com.au/clay-bricks/why-clay-bricks/>

18. Martinez, E., Tommelein, I., & Alvear, A.  
(2016) "*Formwork system selection using choosing by advantages.*". In Construction Research Congress 2016 (pp. 1700-1709).
19. Meza, C., Martell, D.  
(2019) "*Evaluación técnica y económica, entre los sistemas prefabricados de losa con viguetas vigacero y losa con viguetas pretensadas en un edificio multifamiliar en el distrito de surquillo*". Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú
20. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.  
(2011) "*Norma técnica: Metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas*". Lima, Perú.
21. Paye Anco, A. A., Peña Castillo, J. A. & Franco Sánchez, J. L.  
(2014) "*Propuesta para la Utilización de Losas de Entrepisos Prefabricados y su Evaluación Costo-Tiempo.*". Sinergia e Innovación, 2 (2), 1-29.
22. Parrish, K., and Tommelein, I.  
2009. Making Design decisions using choosing by advantages. In: 17th Annual Conference of the International Group of Lean Construction (pp. 501-510). Taipei, Taiwan.
23. Pishdad-Bozorgi, P., and Haymaker, J.

- (2014). Impact of Decision Making Methods on Trust. Construction Research Congress 2014 (pp. 857-866)
24. Puicón, L., Vásquez, O.
- (2018). *"Uso de viguetas pretensadas para optimizar el tiempo, calidad y costos en la autoconstrucción de losas aligeradas de los sectores C y D de Lima"*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicada. Lima, Perú
25. RAZORBACK CONCRETE COMPANY.
- What Is The Lifespan Of Concrete?*
- Consulta: 15 de octubre de 2021.
- <https://razorbackconcrete.com/what-is-the-lifespan-of-concrete/>
26. Ramos, Jesús
- (2015). *"Costos y Presupuestos en Edificaciones"*. 13era Edición. Fondo Editorial de la Cámara Peruana de la Construcción. Lima, Perú.
27. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)
- (2006). *"Norma A.130: Requisitos de Seguridad"*. Lima, Perú.
28. Rivera, D.
- (2017). *"Análisis comparativo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016"*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Los Andes. Huancayo, Perú.
29. Sanabria, Brian.
- (2017). *"Análisis Comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrepiso para"*

*edificaciones de hasta 4 niveles*”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

30. Sanabria, M.

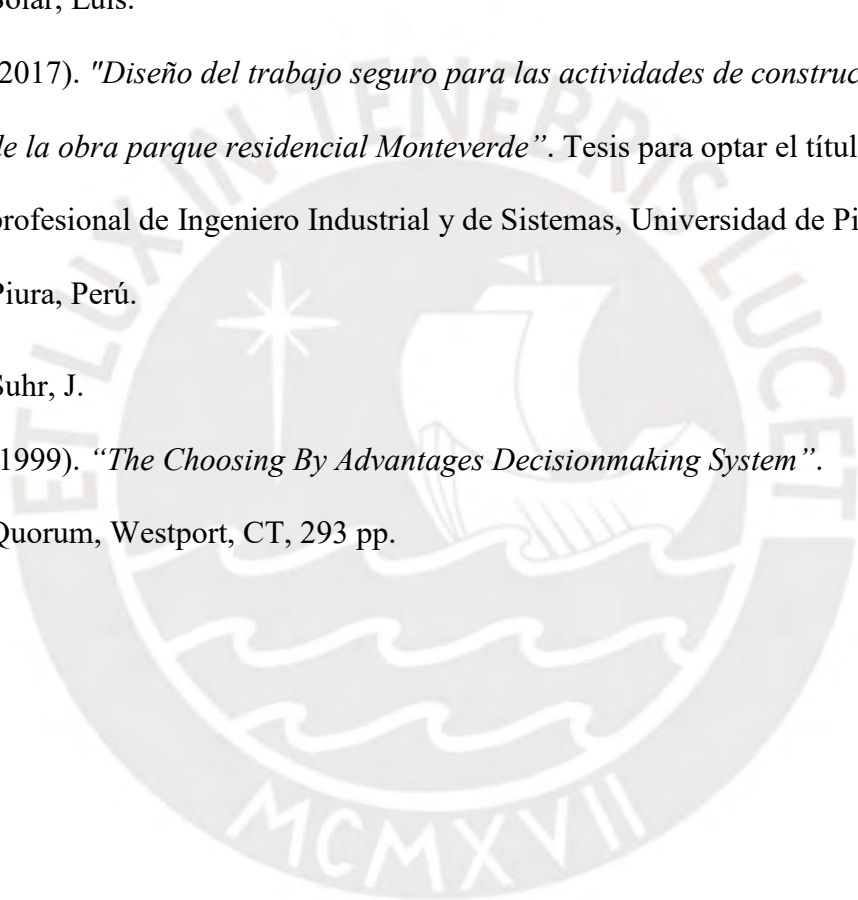
(2006). *"Toma de Decisiones con Criterios Múltiples: un resumen conceptual."*. Trabajo Final de Graduación.

31. Solar, Luis.

(2017). *"Diseño del trabajo seguro para las actividades de construcción de la obra parque residencial Monteverde"*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura. Piura, Perú.

32. Suhr, J.

(1999). *"The Choosing By Advantages Decisionmaking System"*. Quorum, Westport, CT, 293 pp.



33. Suarez, Jc., Zapata, J. y Brioso, X.  
(2020). *“Using 5D Models and CBA for Planning the Foundations and Concrete Structure Stages of a Complex Office Building”*. 28<sup>th</sup> Annual Conference of the international Group for Lean Construction. Berkeley, California, USA.
34. SWANTON WELDING COMPANY.  
*Steel vs. Concrete: Which Comes Out on Top*.  
Consulta: 15 de octubre de 2021  
<https://blog.swantonweld.com/steel-vs.-concrete-which-comes-out-on-top>
35. UNACEM.  
”Manual de Construcción”.  
Consulta: 18 de junio de 2022  
<https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2014/12/MCons.pdf>
36. UMACON. *“Tipos de Encofrado y usos recomendados”*.  
Lima, Perú.  
<http://www.umacon.com/noticia.php/es/tipos-de-encofrados-para-la-construccion/458>
37. VIGACERO.  
*“Manual Técnico VIGACERO – Sistema de losa aligerada con viguetas de acero”*.  
Consulta: 20 de mayo de 2021.  
[https://vigacero.pe/wp-content/uploads/2018/10/Manual-T%C3%A9cnico-Vigacero-2018\\_web.pdf](https://vigacero.pe/wp-content/uploads/2018/10/Manual-T%C3%A9cnico-Vigacero-2018_web.pdf)

## ANEXOS

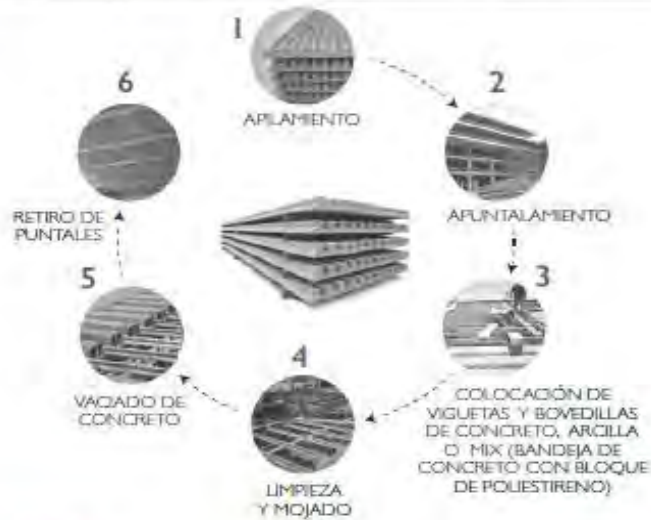
A continuación, se presentan los anexos utilizados en este trabajo de investigación.



**Anexo N°1: Proceso constructivo de losa aligerada con viguetas pretensadas de concreto**

**PROCESO CONSTRUCTIVO**

<b>APILAMIENTO</b>	El material es descargado y colocado en hileras. Cada hilera está separada por tacos, distanciados a 1.50 o 2 m, según la cantidad de hileras: 9 o 7. Con ello se garantiza la horizontalidad de la vigueta, así como su facilidad para el acarreo.
<b>APUNTALAMIENTO</b>	No se requiere un fondo de encofrado, solo requiere puntales separados a 1.50 m y soleras cuya separación va desde 1.50 m hasta 2 m según la altura de la losa.
<b>COLOCACIÓN DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS</b>	La colocación es manual, comenzando por las viguetas, y utilizando las bovedillas como distanciadores.
<b>LIMPIEZA Y MOJADO</b>	Luego de culminar el armado y previo al vaciado, se debe realizar la limpieza de la losa para eliminar cualquier material ajeno.
<b>VACIADO DE CONCRETO</b>	El vaciado es similar que en una losa convencional, permitiendo realizarse con concreto premezclado o preparado in situ, con o sin bomba.
<b>RETIRO DE PUNTALES</b>	Los puntales se retiran al llegar a una resistencia mínima de 140 Kg/cm <sup>2</sup> , debiendo realizarse un reapuntalamiento según la longitud de las luces.



(511) 217-2700  
 pretensados@concremax.com.pe  
 www.concremax.com.pe  
 Concremax S.A.

Fuente: Ficha técnica de viguetas pretensadas de “CONCREMAX”

## Anexo N°2: Peso de viguetas con albañilería de poliestireno expandido (EPS)

Peso de viguetas con albañilería de Poliestireno expandido										
	Espesor de losa H cm	Espacio entre eje m	vigüeta	Casetón de Poliestireno expandido (EPS)				Concreto en Obra		PESO PARCIAL
			Peso	Casetón	Largo	Vol	Peso Unid (aprox.)	Vol	Peso	Kg/m <sup>2</sup>
			Kg/m	und	m	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Kg	
VIGUETAS PREFABRICADA DE CONCRETO (Sistema Tralicho)	17	0.6	12.2	1	1.0	0.059	0.59	0.06	139.20	152.0
	20	0.5	12.71	1	1.0	0.060	0.60	0.08	187.20	200.5
	25	0.5	13.25	1	1.0	0.081	0.81	0.09	220.80	234.9
	30	0.5	14.25	1	1.0	0.102	1.02	0.11	259.20	274.5
VIGUETAS PRETENSADAS DE CONCRETO (Sistema Pretensado)	17	0.6	17.28	1	1.0	0.059	0.59	0.06	138.0	180.0
	20	0.5	19.5	1	1.0	0.060	0.60	0.07	165.6	210.0
	25	0.5	19.5	1	1.0	0.081	0.81	0.09	211.2	250.0
	30	0.5	19.5	1	1.0	0.102	1.02	0.11	264.0	300.0
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO® CASETON DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m <sup>3</sup>	13	0.84	4.8	1	1.0	0.068	1.01	0.047	113.3	119.1
	16	0.84	4.8	1	1.0	0.090	1.35	0.058	139.2	145.4
	20	0.84	4.8	1	1.0	0.113	1.69	0.062	148.8	155.3
	25	0.84	4.8	1	1.0	0.150	2.25	0.066	158.4	165.5
	30	0.74	4.8	1	1.0	0.163	2.44	0.070	168.0	175.3
SISTEMA CONVENCIONAL DE ENTREPISOS	17	0.4	76.8	1	0.2	0.011	6.50	0.08	192.0	275.3
	20	0.4	84	1	0.2	0.014	7.40	0.09	216.0	307.4
	25	0.4	96	1	0.2	0.018	7.40	0.10	240.0	343.4
	30	0.4	108	1	0.2	0.018	12.00	0.11	271.2	391.2

Fuente: Manual técnico de “VIGACERO”

## Anexo N°3: Ventajas funcionales de varios tipos de losa

VENTAJAS FUNCIONALES					
DESCRIPCION	ALIGERADO CON VIGUETAS PRETENSADAS	ALIGERADO CON SISTEMA VIGACERO®	ALIGERADO CONVENCIONAL	PREFABRICADAS DE CONCRETO ARMADO	LOSAS MACIZA
Sistema de losas aligeradas, fácil de transportar debido a que los materiales son livianos por su peso y de una gran rigidez por su forma.	NO	SI	NO	NO	NO
Una mayor densidad del EPS, proporciona mayor protección acústica y térmica.	NO	SI	NO	NO	NO
Las viguetas son lo suficientemente resistente como para soportar mejor la manipulación y no tener mayores desperdicios.	NO	SI	NO	NO	NO
Dada la separación entre puntales se tiene un área mas limpia y aprovechable.	EN MENOR CANTIDAD	SI	NO	EN MENOR CANTIDAD	NO
Las instalaciones que se encuentran en losas aligeradas, tienen por lo menos 4 cm de recubrimiento, garantizando que no habrá roturas de cañerías por colocación de anclajes.	SI	SI	NO	SI	-
Mejora el Rendimiento del proyecto, tanto en tiempos de instalación y armado de la losa, reduciendo además la mano de obra de instalación del sistema.	NO	SI	NO	EN MENOR CANTIDAD	NO

Fuente: Manual técnico de “VIGACERO”

## Anexo N°4: Proceso constructivo VIGACERO

	<p><b>1</b></p> <p>Apoyar la vigueta VIGACERO® unos 2.5 cm mínimo a cada lado sobre el muro o viga de soporte.</p> <p>La distancia entre las viguetas VIGACERO® a ejes es de 84 cm.</p>
	<p><b>2</b></p> <p>Instalar los casetones EPS de alta densidad (15 kg/m<sup>3</sup>) sobre las viguetas VIGACERO®.</p> <p>Los casetones se perforan con el uso de un serruchín y pistola de aire caliente para colocar las instalaciones eléctricas y sanitarias.</p>
	<p><b>3</b></p> <p>Colocar o armar una malla de temperatura sobre los casetones EPS, tener en cuenta que se debe usar separadores de concreto o burritos apoyados sobre las viguetas VIGACERO®.</p> <p>Puedes utilizar malla Q95 o acero corrugado de 6 mm @ 25 cm x 25 cm.</p>
	<p><b>4</b></p> <p>Realizar vaciado de concreto fabricado en obra o premezclado y/o bombeado con su respectivo vibrado.</p> <p>Evite acumular concreto en un sólo lugar.</p> <p>Al día siguiente del vaciado se puede trabajar encima de la losa aligerada VIGACERO®.</p> <p>Cumplir con el curado durante los siguientes 7 días, como mínimo, posteriores al vaciado.</p>
	<p><b>5</b></p> <p>No necesita encofrado hasta 3.00 m] y solo requiere apuntalamiento en luces libres de 3.00 a 8.0 m. En este caso el apuntalamiento será cada 1/3 de la luz libre.</p> <p>En caso de apuntalamiento permanecerá 5 días como mínimo</p>
	<p><b>6</b></p> <p>Acabados del cielorraso según tipo de proyecto:</p> <p>Nuestro manual técnico Vigacero detalla tipos de acabados a la medida de cada proyecto: Acabado en seco con Placa de yeso, Tarrajeo con mortero de cemento y aditivos, Tarrajeo con mortero de yeso especial manual y proyectado. Proyectado de corcho incomburente, Solaqueo en cielorrasos con casetón pretarrajeado, escarchado y sólo pintura en estacionamientos, gimnasios o locales comerciales, etc.</p>

Fuente: Manual técnico de “VIGACERO”

## Anexo N°5: Características del ladrillo “LARK”

### FICHA TÉCNICA



MANUAL APOYO

LADRILLO HUECO 15 ACANALADO

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación del Bien	: HUECO 15 ACANALADO						
Denominación técnica	: LADRILLO HUECO 15 ACANALADO						
Grupo/clase/familia	: CONSTRUCCIONES DE TECHO						
Dimensiones (mm)	: <table border="1"><tr><td>Alto</td><td>Ancho</td><td>L.Corte</td></tr><tr><td>150</td><td>300</td><td>300</td></tr></table>	Alto	Ancho	L.Corte	150	300	300
Alto	Ancho	L.Corte					
150	300	300					
Peso	: 7.60 Kg.						
Unidades m <sup>2</sup>	: 9						



Anexos adjuntos:

Descripción general: Es el ladrillo fabricado de arcilla moldeada, extruida y quemada o cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### DE LOS TIPOS DE LADRILLOS

Según la Norma NTP 399.613:2005 - 339.604 - 399.604 este ladrillo corresponde:

Tipo : Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

	según NTP	según muestra
VARIACION DE LA DIMENSION (mm)	± 2.0	± 2.0
ALABEO (mm)	2	1
RESISTENCIA A LA FLEXO-TRACCION (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.04 Kg/cm <sup>2</sup>	2.30 Kg/cm <sup>2</sup>
ABSORCION (%)	<22	12.90
EFLORESCENCIA	NO EFLORESCENTE	NO EFLORESCENTE

#### OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación altamente controlado.
- Control de Calidad riguroso en todos los procesos.
- Peso exacto
- Secado Artificial Automatizado

**EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS O EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

ACTUALIZADO: FEBRERO 2019

Parcela 10234 Fundo Santa Inés, Puente Piedra – Lima. Telf: (051) 711-3322

[www.ladrilloslark.com.pe](http://www.ladrilloslark.com.pe)

Fuente: Ficha técnica del ladrillo “LARK”

## Anexo N°6: Especificaciones técnicas de casetones EPS

### Ladrillos DIPROPOR®

Ladrillos de Poliestireno Expandido "EPS" para la construcción.



#### BENEFICIOS Y VENTAJAS

- Reduce carga muerta en techos/entrepisos (aprox. 100kg/m<sup>2</sup>)
- Mejora el comportamiento antisísmico.
- Facilita hacer ajustes minimizando desperdicios.
- Optimiza la cuantía en estructuras (acero y concreto)
- Disminuye la inversión en encofrado (habilitación y desmontaje).
- Incrementa el Rendimiento de Mano de obra.
- Disminuye tiempo de instalación y por tanto, del proyecto.
- Facilita colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias.
- Permite el ahorro de energía.
- Brinda confort térmico por su baja conductividad térmica.
- Es fácil de transportar, almacenar, acarrear y confinar.
- Fabricamos Ladrillos DIPROPOR®, de densidades desde 10 Kg/m<sup>3</sup> hasta 30 Kg/m<sup>3</sup>, según sus necesidades.

#### CAMPOS DE APLICACIÓN

El Ladrillo DIPROPOR®, se usa como relleno para aligerar la carga de losas, entrepisos o techos de:

- Viviendas unifamiliares y multifamiliares.
- Edificaciones comerciales, oficinas, colegios, sótanos, estacionamientos, cines, teatros, etc.
- Estructuras proyectadas y/o construidas con Pre Losas Aligeradas (Losa Ligera).

#### INDUSTRIA NACIONAL DEL POLIESTIRENO S.A.C.

Oficina: Av. Intihuatana 845 Piso 2, Urb. Higuera - Santiago de Surco, Lima Telf. 715-1818 / 717-9496  
 Planta Lima: Jr. Los Visos MZ.LT.32 Parcela Rústica Cajamarquilla - Lurigancho, Lima Telf. 717-6444  
 Planta Chiclayo: Calle Parque Industrial Mz. C Lote 23 - Chiclayo, Lambayeque Telf. 074-203071  
 RUC: 20556128384  
 Mail: ventas@dipropor.com  
 Web: www.dipropor.com



Auto Extinguible



100% Reciciable



Los Ladrillos DIPROPOR®, en conjunto con las viguetas convencionales, forman parte de una losa aligerada. Eliminando así el mayor peso posible en las edificaciones, con lo que una losa aligerada es verdaderamente "ligera".

#### IMPORTANTE

Los ladrillos de techo en una Losa Aligerada (techo), no cumplen ninguna función estructural siendo sólo material de relleno, por lo que pueden ser reemplazados por otro material más ligero como los Ladrillos DIPROPOR®, que son piezas de material plástico celular y rígido fabricados a partir del moldeo del Poliestireno Expandible (EPS) tipo "F" auto-extinguible, de alta calidad y de excelentes prestaciones mecánicas.

La tendencia de las construcciones modernas es reducir costos sin afectar la función estructural, usando elementos livianos de mejor comportamiento antisísmico y que aligeran cargas optimizando el uso de acero de refuerzo y del mismo concreto.

Los Ladrillos DIPROPOR® son fabricados para ser usados en losas aligeradas convencionales. Por ser rígidos, ligeros y resistentes, permiten su uso como reemplazo del ladrillo de techo de arcilla.

#### PRESENTACIÓN

Fabricamos todo tipo y tamaño de Ladrillos DIPROPOR® para el más exigente constructor, en densidades y dimensiones requeridas.

1.20m x 0.30m x 0.12m	482 grs*	Paquete 56 unidades
1.20m x 0.30m x 0.15m	540 grs*	Paquete 48 unidades
1.20m x 0.30m x 0.20m	720 grs*	Paquete 40 unidades
1.20m x 0.30m x 0.25m	900 grs*	Paquete 32 unidades

El Ladrillo DIPROPOR® equivale a 4 ladrillos de otros materiales. El rendimiento de 1 millar de ladrillos de arcilla es de 110 m<sup>2</sup> aprox., mientras que 250 unidades (¼ de millar de ladrillos de DIPROPOR®) equivalen a 120 m<sup>2</sup>. La densidad de nuestros productos es de 10, 20 a 30 Kg/m<sup>3</sup>.

\* Peso por pieza

#### CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

- **Ecológico, 100% reciclable**  
No desprende partículas perjudiciales para la salud. No contiene CFC's, ni otro componente que afecte la capa de ozono. El EPS, no contamina.
- **Liviano, El Ladrillo DIPROPOR® pesa menos de 1Kg/m<sup>2</sup>**  
Reduce el peso de la losa aligerada hasta 100kg/m<sup>2</sup>, mientras el sistema convencional pesa 300kg/m<sup>2</sup>. Permite una rápida carga y descarga, sin riesgos, con mínimo esfuerzo y evitando las roturas de material.
- **Rendimiento y Economía, de un Ladrillo DIPROPOR®**  
Reemplaza a 4 ladrillos de techo de base de 30cm x 30cm, dando mayor rapidez de montaje, reduciendo el escurrimiento o derrame de concreto. Ya que no absorbe agua, no altera el proceso de fraguado de la mezcla.
- **Seguro, El Ladrillo DIPROPOR® cumple con la Norma IRAM 1738**  
El EPS tipo F, clasificado como "difícilmente inflamable" (según la Norma DIN 4102 y "retardante de llama" según la Norma IRAM 11.918 y NBR 11.948).  
Fácil de Transportar, acarrear, almacenar, descargar, colocar y/o confinar, reduciendo el riesgo de accidentes.
- **Aislante Acústico y Térmico, Mejor confort térmico**  
Gracias a su Baja conductividad térmica. Ahorre energía gracias a este material.

Fuente: Ladrillos Dipropor

## Anexo N°7: Características técnicas del casetón EPS



El casetón de poliestireno expandido EPS, reemplaza al ladrillo de arcilla.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CASETONES DE EPS	
DIMENSIONES	Largo: 1.00 ó 2.00 m Ancho: 75 ó 60 cm Espesor: de 9, 12, 15, 20 a 30 cm
PESO MAXIMO POR UNIDAD	1.0 kg / casetón estándar e=9 cm 1.7 kg / casetón estándar e=15 cm
DENSIDAD	15 kg/m <sup>3</sup>
COLOR	Blanco
ACABADO	Lisos, ranurados o pre-tarrajeado
COMPORTAMIENTO FISICO QUIMICO (*)	Material incombustible, que contiene agente ignífugo (no propaga llama), auto extinguiible.

(\*) Certificado por ensayos en la UNI - Mayo 2014

Fuente: Manual técnico de “VIGACERO”

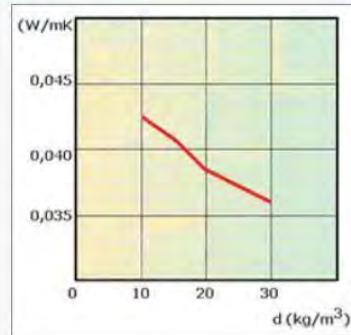
## Anexo N°8: Propiedades del EPS

Propiedades del EPS

### a. Conductividad Térmica: transporte del calor

La Conductividad Térmica es la Función de la Densidad (\*)

$\lambda$ (W/(mK))	d (kg/m <sup>3</sup> )
0,0425	10
0,0413	15
0,0384	20
0,0373	25
0,0361	30



(\*) De acuerdo a la NCh 853,  
d = densidad aparente

\* **Nota:** La densidad mínima de fabricación del **Poliestireno Expandido** es 10 kg/m<sup>3</sup>.

Fuente: Ficha Técnica de ACHIPEX

MCMXVII

**Anexo N°9.** ACU de Concreto Premezclado para losa aligerada convencional ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )

<b>CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'c=210\text{kg/cm}^2</math> EN LOSA ALIGERADA</b>					
<b>Partida</b>	<b>m3/DIA</b>	<b>60</b>	<b>Costo unitario directo por: m3</b>		<b>342.75</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.1	0.0133	33.25	0.44
OPERARIO	hh	2	0.2667	27.71	7.39
OFICIAL	hh	1	0.1333	21.79	2.91
PEON	hh	4	0.5333	19.71	10.51
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	1	0.1333	28.66	3.82
					<b>25.07</b>
<b>Materiales</b>					
CONCRETO PREMEZCLADO C/CEMENTO TIPO I $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	m3		1.03	273.21	281.41
SERVICIO DE BOMBA TELESCÓPICA	m3		1.03	33.00	33.99
					<b>315.40</b>
<b>Equipos</b>					
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP	hm		0.1333	7.75	1.03
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	25.07	1.25
					<b>2.29</b>

Fuente: Adaptado en base a lo presentado por Ramos (2015)

**Anexo N°10. ACU de encofrado tradicional para losa aligerada convencional**

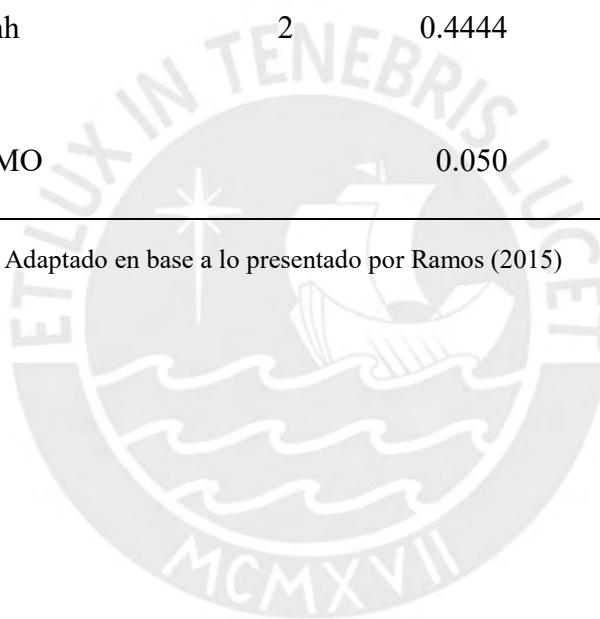
<b>ENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS</b>						
<b>Partida</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>20</b>	<b>Costo unitario directo por: m2</b>			<b>48.83</b>
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ			hh	0.1	0.0400	33.25
OPERARIO			hh	1	0.4000	27.71
OFICIAL			hh	1	0.4000	21.79
						<b>21.13</b>
<b>Materiales</b>						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #8			kg		0.100	2.93
CLAVOS PARA MADERA C/C3"			kg		0.110	5.93
MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO-CARP			p2		4.430	5.80
						<b>26.64</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.050	21.13
						<b>1.06</b>

Fuente: Adaptado en base a lo presentado por Ramos (2015)

**Anexo N°11. ACU de desencofrado tradicional para losa aligerada convencional**

<b>Partida</b>		<b>DESENCOFRADO EN LOSAS ALIGERADAS</b>			
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>36</b>	<b>Costo unitario directo por: m2</b>		<b>14.28</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
OFICIAL	hh	1	0.2222	21.79	4.84
PEON	hh	2	0.4444	19.71	8.76
					<b>13.60</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.050	13.60	0.68
					<b>0.68</b>

Fuente: Adaptado en base a lo presentado por Ramos (2015)



**Anexo N°12. ACU de acero de refuerzo para losa aligerada convencional ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ )**

<b>ACERO DE REFUERZO <math>f_y=4200 \text{ KG/CM}^2</math></b>							
<b>Partida</b>	<b>kg/DIA</b>	<b>350</b>	<b>Costo unitario directo por</b>			<b>kg</b>	<b>5.88</b>
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ			hh	0.1	0.0023	33.25	0.08
OPERARIO			hh	1	0.0229	27.71	0.63
OFICIAL			hh	1	0.0229	21.79	0.50
							<b>1.21</b>
<b>Materiales</b>							
ALAMBRE NEGRO N°16			kg		0.03	2.96	0.09
ACERO CORRUGADO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ Grado 60			kg		1.05	4.33	4.55
							<b>4.64</b>
<b>Equipos</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.03	1.21	0.04
							<b>0.04</b>

Fuente: Adaptado en base a lo presentado por Ramos (2015)

Anexo N°13. ACU de Ladrillo Hueco (30x30x15cm) para techo de losa aligerada convencional

<b>COLOCACIÓN DE LADRILLO HUECO 0.15 X 0.30 X 0.30m PARA TECHO LOSA ALIGERADA</b>						
<b>Partida</b>	<b>und/DIA</b>	<b>1600</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>und</b>	<b>3.80</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ		hh	0.1	0.0005	33.25	0.02
OPERARIO		hh	1	0.0050	27.71	0.14
OFICIAL		hh	1	0.0050	21.79	0.11
PEON		hh	9	0.0450	19.71	0.89
						<b>1.15</b>
<b>Materiales</b>						
LADRILLO DE ARCILLA HUECO (15X30X30)		und		1	2.61	2.61
						<b>2.61</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.03	1.15	0.03
						<b>0.03</b>

Fuente: Adaptado en base a lo presentado por Ramos (2015)

**Anexo N°14. ACU de Aligerado de EPS para techo de losa aligerada convencional**

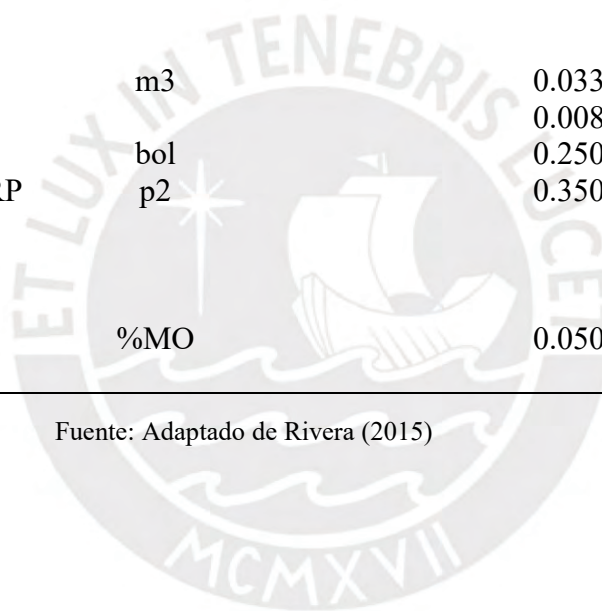
<b>COLOCACIÓN DE ALIGERADO EPS PARA TECHO LOSA ALIGERADA</b>						
<b>Partida</b>	<b>und/DIA</b>	<b>500</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>und</b>	<b>13.11</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ		hh	0.1	0.0016	33.25	0.05
OPERARIO		hh	1	0.0160	27.71	0.44
OFICIAL		hh	1	0.0160	21.79	0.35
PEON		hh	9	0.1440	19.71	2.84
						<b>3.68</b>
<b>Materiales</b>						
CASETÓN DE POLIESTIRENO 0.15X0.30X1.20m		und		1	9.32	9.32
						<b>9.32</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.03	3.68	0.11
						<b>0.11</b>

Fuente: Adaptado en base a lo presentado por Ramos (2015)

**Anexo N°15. ACU de Tarrajeo de cielo raso para techo de losa aligerada convencional**

<b>TARRAJEO DE CIELO RASO PARA TECHO DE LOSA ALIGERADA</b>						
<b>Partida</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>36</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>m2</b>	<b>31.35</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO		hh	2	0.4444	27.71	12.32
PEON		hh	2	0.4444	19.71	8.76
						<b>21.08</b>
<b>Materiales</b>						
ARENA FINA		m3		0.033	49.15	1.62
AGUA PUESTA EN OBRA				0.008	6.14	0.05
CEMENTO PORTLAND TIPOS I (42.5 kg)		bol		0.250	25.28	6.32
MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO-CARP		p2		0.350	3.50	1.23
						<b>9.22</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.050	21.08	1.05
						<b>1.05</b>

Fuente: Adaptado de Rivera (2015)



Anexo N°16. ACU de Encofrado de losas aligeradas con viguetas pretensadas

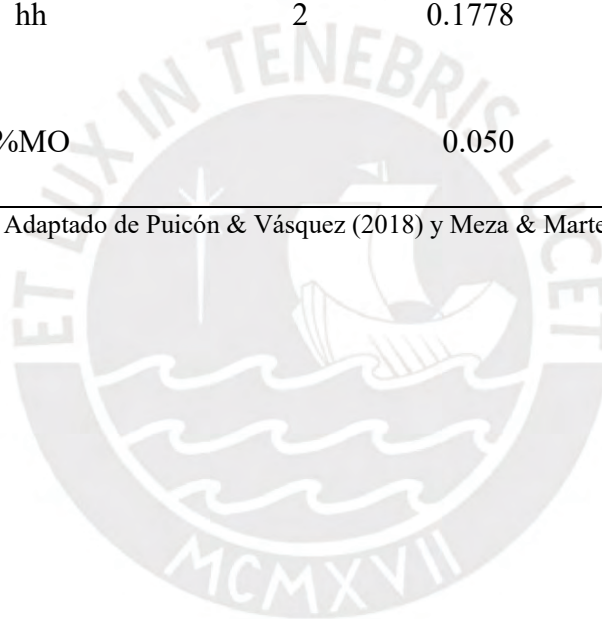
ENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PRETENSADA						
Partida	m2/DIA	90	Costo unitario directo por:		m2	19.79
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1	0.0089	33.25	0.30	
OPERARIO	hh	1	0.0889	27.71	2.46	
PEON	hh	5	0.4444	19.71	8.76	
					<b>11.52</b>	
<b>Materiales</b>						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #8	kg		0.050	2.93	0.15	
CLAVOS PARA MADERA C/C3"	kg		0.050	5.93	0.30	
MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO	p2		1.250	5.80	7.25	
					<b>7.69</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.050	11.52	0.58	
					<b>0.58</b>	

Fuente: Adaptado de Puicón & Vásquez (2018) y Meza & Martell (2019)

**Anexo N°17. ACU de Desencofrado de losas aligeradas con viguetas pretensadas**

<b>Partida</b>						
<b>DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PRETENSADA</b>						
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>150</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>m2</b>	<b>5.71</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL		hh	1	0.0889	21.79	1.94
PEON		hh	2	0.1778	19.71	3.50
						<b>5.44</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.050	5.44	0.27
						<b>0.27</b>

Fuente: Adaptado de Puicón & Vásquez (2018) y Meza & Martell (2019)



Anexo N°18. ACU de Colocación manual de vigueta pretensada

<b>COLOCACIÓN MANUAL DE VIGUETA PRETENSADA</b>						
<b>Partida</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>140</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>m2</b>	<b>34.45</b>
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/. Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ			hh	0.1	0.0057	33.25 0.19
OPERARIO			hh	1	0.0571	27.71 1.58
PEON			hh	5	0.2857	19.71 5.63
						<b>7.40</b>
<b>Materiales</b>						
VIGUETA PRETENSADA			m2		2.100	12.70 26.67
						<b>26.67</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.050	7.40 0.37
						<b>0.37</b>

Fuente: Adaptado de Puicón & Vásquez (2018) y Meza & Martell (2019)

**Anexo N°19. ACU de Tarrajeo de cielo raso para losas con viguetas pretensadas**

<b>Partida</b>	<b>TARRAJEO DE CIELO RASO DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PRETENSADAS</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>36</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>m2</b>	<b>31.35</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO	hh	2	0.4444	27.71	12.32	
PEON	hh	2	0.4444	19.71	8.76	
					<b>21.08</b>	
<b>Materiales</b>						
ARENA FINA	m3		0.033	49.15	1.62	
AGUA PUESTA EN OBRA			0.008	6.14	0.05	
CEMENTO PORTLAND TIPOS I (42.5 kg)	bol		0.250	25.28	6.32	
MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO	p2		0.350	3.50	1.23	
					<b>9.22</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.050	21.08	1.05	
					<b>1.05</b>	

*Fuente: Adaptado de Puicón & Vásquez (2018) y Meza & Martell (2019)*

Anexo N°20. ACU de Colocación manual de bovedilla de arcilla @ 0.50 m

Partida		COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE ARCILLA				
Rendimiento	und/DIA	1600	Costo unitario directo por:		und	4.03
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ		hh	0.1	0.0005	33.25	0.02
OPERARIO		hh	1	0.0050	27.71	0.14
OFICIAL		hh	1	0.0050	21.79	0.11
PEON		hh	9	0.0450	19.71	0.89
						<b>1.15</b>
<b>Materiales</b>						
BOVEDILLA DE ARCILLA		und		1.000	2.82	2.82
						<b>2.82</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.050	1.15	0.06
						<b>0.06</b>

Fuente: Adaptado de Puicón & Vásquez (2018) y Meza & Martell (2019)

Anexo N°21. ACU de colocación manual de bovedilla de concreto @ 0.50 m

<b>COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE CONCRETO</b>						
<b>Partida</b>	<b>und/DIA</b>	<b>1300</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>und</b>	<b>3.29</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1	0.0006	33.25	0.02	
OPERARIO	hh	1	0.0062	27.71	0.17	
OFICIAL	hh	1	0.0062	21.79	0.13	
PEON	hh	9	0.0554	19.71	1.09	
					<b>1.42</b>	
<b>Materiales</b>						
BOVEDILLA DE CONCRETO	und		1.000	1.80	1.80	
					<b>1.80</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.050	1.42	0.07	
					<b>0.07</b>	

Fuente: Adaptado de Puicón & Vásquez (2018) y Meza & Martell (2019)

**Anexo N°22 ACU de colocación manual de bovedilla de poliestireno expandido EPS @0.50m**

<b>COLOCACIÓN MANUAL DE BOVEDILLAS DE POLIESTIRENO</b>							
<b>Partida</b>	<b>und/DIA</b>	<b>500</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>und</b>	<b>25.90</b>	
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ			hh	0.1	0.0016	33.25	0.05
OPERARIO			hh	1	0.0160	27.71	0.44
OFICIAL			hh	1	0.0160	21.79	0.35
PEON			hh	9	0.1440	19.71	2.84
							<b>3.68</b>
<b>Materiales</b>							
BOVEDILLA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO			und		1.000	22.03	22.03
							<b>22.03</b>
<b>Equipos</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.050	3.68	0.18
							<b>0.18</b>

*Fuente: Adaptado de Puicón & Vásquez (2018) y Meza & Martell (2019)*

Anexo N°23. ACU de Encofrado de Losa con viguetas de acero

<b>PARTIDA ENCOFRADO DE LOSAS CON VIGUETAS DE ACERO</b>							
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>90</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>			<b>m2</b>	<b>9.32</b>
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ			hh	0.1	0.0089	33.25	0.30
OPERARIO			hh	1	0.0889	27.71	2.46
OFICIAL			hh	1	0.0889	21.79	1.94
							<b>4.70</b>
<b>Materiales</b>							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #8			kg		0.050	2.93	0.15
CLAVOS PARA MADERA C/C3"			kg		0.050	5.93	0.30
MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO-CARP			p2		0.680	5.80	3.94
							<b>4.39</b>
<b>Equipos</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.050	4.70	0.23
							<b>0.23</b>

Fuente: Adaptado de Rivera (2016) y Meza & Martell (2019)

**Anexo N°24. ACU de Desencofrado de losa con viguetas de acero**

<b>Partida</b>	<b>DESENCOFRADO EN LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETA DE ACERO</b>						
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>150</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>m2</b>	<b>3.43</b>	
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
OFICIAL			hh	1	0.0533	21.79	1.16
PEON			hh	2	0.1067	19.71	2.10
							<b>3.26</b>
<b>Equipos</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.050	3.26	0.16
							<b>0.16</b>

*Fuente: Adaptado de Rivera (2016) y Meza & Martell (2019)*

**Anexo N°25. ACU de Colocación manual de vigueta de acero**

<b>Partida</b>	<b>COLOCACIÓN MANUAL DE VIGUETAS VIGACERO</b>						
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>250</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>m2</b>	<b>44.19</b>	
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ			hh	0.1	0.0032	33.25	0.11
OPERARIO			hh	1	0.0320	27.71	0.89
PEON			hh	5	0.1600	19.71	3.15
							<b>4.15</b>
<b>Materiales</b>							
Vigueta prefabricada de acero galvanizado @ 0.84 m			ml		1.150	34.64	39.84
							<b>39.84</b>
<b>Equipos</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.050	4.15	0.21
							<b>0.21</b>

*Fuente: Adaptado de Rivera (2016) y Meza & Martell (2019)*

**Anexo N°26. ACU de Colocación de casetón EPS para losa aligerada con viguetas de acero**

<b>Partida</b>							
<b>COLOCACIÓN MANUAL DE CASETONES EPS</b>							
<b>Rendimiento</b>	<b>und/DIA</b>	<b>450</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>	<b>m2</b>	<b>29.80</b>		
<b>Descripción Recurso</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ			hh	0.1	0.0018	33.25	0.06
OPERARIO			hh	1	0.0178	27.71	0.49
OFICIAL			hh	1	0.0178	21.79	0.39
PEON			hh	9	0.1600	19.71	3.15
							<b>4.09</b>
<b>Materiales</b>							
CASETÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO 0.15X0.75X1.00 m			und		1.000	25.50	25.50
							<b>25.50</b>
<b>Equipos</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		0.050	4.09	0.20
							<b>0.20</b>

*Fuente: Adaptado de Rivera (2016) y Meza & Martell (2019)*

Anexo N°27. ACU de Tarrajeo de cielo raso para losa con viguetas de acero

<b>TARRAJEO DE CIELO RASO DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS DE ACERO</b>						
<b>Partida</b>						
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/DIA</b>	<b>36</b>	<b>Costo unitario directo por:</b>		<b>m2</b>	<b>31.35</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
OPERARIO	hh	2	0.4444	27.71	12.32	
PEON	hh	2	0.4444	19.71	8.76	
					<b>21.08</b>	
<b>Materiales</b>						
ARENA FINA	m3		0.033	49.15	1.62	
AGUA PUESTA EN OBRA			0.008	6.14	0.05	
CEMENTO PORTLAND TIPOS I (42.5 kg)	bol		0.250	25.28	6.32	
MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO-CARP	p2		0.350	3.50	1.23	
					<b>9.22</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.050	21.08	1.05	
					<b>1.05</b>	

Fuente: Adaptado de Rivera (2016) y Meza & Martell (2019)