



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**SELECCIÓN DE SISTEMAS DE LOSAS DE ENTREPISO PARA EDIFICIOS APLICANDO
LA INGENIERÍA DE VALOR**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

11541221 ALEX DANIEL VILLATORO CASTRO

11641284 DELMIS NICOLLE ÁLVAREZ SOSA

ASESORA METODOLÓGICA: ING. KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ

ASESOR TEMÁTICO: ING. JULIO CÉSAR LÓPEZ ZERÓN

CAMPUS TEGUCIGALPA, OCTUBRE DEL 2020

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente por permitirnos llegar hasta este punto tan importante en la vida universitaria, a nuestros padres por siempre apoyarnos en todos los aspectos ya que la educación es la mejor herencia, a nuestros docentes que nos formaron en este arduo camino transmitiendo sus conocimientos para completar nuestra educación y a todos los familiares y amigos que hicieron posible que estemos presentando este trabajo.

A nuestros asesores, Ingeniera Karla Uclés por proporcionarnos las asesorías metodológicas para cumplir satisfactoriamente los objetivos de la investigación, por su tiempo dedicado y su apoyo incondicional. Al ingeniero Julio López Zerón por guiarnos en el tema de investigación y en el desarrollo de la misma.

EPÍGRAFE

El trabajo ayuda siempre, puesto que trabajar no es realizar lo que uno imaginaba, sino descubrir lo que uno tiene dentro. -Boris Pasternak

RESUMEN EJECUTIVO

Como trabajo de investigación se ha desarrollado un análisis comparativo entre diferentes procesos constructivos para lo que se ha considerado como objetivo principal aplicar la metodología de la Ingeniería de Valor en la selección de sistemas de losas de entrepiso para la construcción de edificios pequeños (entre 7-10 niveles de altura, 4-6m de luz de los claros) de en el Distrito Central, de manera que sea seleccionado el sistema más eficiente en función de las variables involucradas, dados los diferentes sistemas de losas de entrepiso disponibles, cada uno con características propias, ventajas y desventajas.

Durante el desarrollo de la investigación se ha interactuado con profesionales de la Ingeniería Civil que laboran en empresas constructoras del Distrito Central y tienen amplia experiencia en la construcción de edificaciones verticales. Se han llevado a cabo entrevistas con el objetivo de determinar cuáles son los sistemas de losas de entrepiso mayormente utilizados en este tipo de edificaciones, así como las ventajas, desventajas y costos unitarios para cada uno de los sistemas considerados para la investigación por ser los más utilizados en el Distrito Central, consistentes en sistemas de losas macizas de concreto, aligeradas, nervadas y postensadas.

Para aplicar la Ingeniería de Valor en la selección del sistema de losas de entrepiso más eficiente se han evaluado condiciones comunes. Ya que de esa manera ha sido posible realizar un análisis comparativo tomando en consideración diferentes criterios esenciales para la optimización de los recursos de un proyecto, primordialmente costos y tiempos.

Como resultado de la aplicación de la Ingeniería de Valor para cada uno de los diferentes sistemas de losas de entrepiso se ha determinado que el sistema que mejor desempeño ha demostrado, en función de la optimización de los recursos necesarios, es el sistema de losas aligeradas de lámina de acero, en función del costo por metro cuadrado, tiempo de construcción, disponibilidad de materiales, especialidad requerida en la mano de obra, propiedades físicas y mecánicas, por lo que se ha concluido que es el más recomendado para edificios de apartamentos en el Distrito Central.

Palabras clave: aligerada, concreto, maciza, nervada, postensada.

ABSTRACT

As a research work, a comparative analysis has been developed between different construction processes, for which it has been considered as the main objective to apply the Value Engineering methodology in the selection of the supported slab systems for the construction of small apartment buildings (between 7-10 levels, 4-6m of slab clearings) in the Central District, so that the most efficient system is chosen based on the variables involved, given the different systems of the supported slabs available, each with its own characteristics that generate advantages and disadvantages.

During the development of the research, there has been interaction with Civil Engineering professionals who work in construction companies in the Central District area and have extensive experience on the construction of vertical buildings. Interviews have been carried out in order to determine which are the supported slab systems most commonly used in this type of building, as well as the advantages, disadvantages and unit costs for each of the systems considered for the investigation because they are the most used in the Central District, consisting of solid concrete slab systems, lightened, ribbed and post-tensioned.

To apply Value Engineering in the selection of the most efficient mezzanine slab system, common conditions have been evaluated. Since in this way it has been possible to carry out a comparative analysis taking into consideration different essential criteria for the optimization of the resources of a project, primarily costs and times.

As a result of the application of Value Engineering for each of the different systems of mezzanine slabs, it has been determined that the system that has demonstrated the best performance, based on the optimization of the necessary resources, is the system of lightened slabs of steel sheet, depending on the cost per square meter, construction time, availability of materials, required specialty in labor, physical and mechanical properties, for which it has been concluded that it is the most recommended for apartment buildings in the Central District.

Key words: concrete, lightened, post-tensioned, ribbed, solid.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción	1
II. Planteamiento del problema	2
2.1 Precedente del problema	2
2.2 Definición del problema	2
2.3 Justificación	2
2.4 Preguntas de investigación	3
2.5 Objetivos	3
2.5.1 Objetivo general	3
2.5.2 Objetivos específicos	3
III. Marco teórico	5
3.1 Tipo de construcciones en el Distrito Central	5
3.1.1 Normas para construcción de edificio en Honduras	6
3.1.1.1 Código Hondureño de la Construcción (CHOC)	6
3.1.2 Normas internacionales para construcción de edificios	6
3.1.2.1 INTE/ISO 15392:2011	6
3.1.2.2 ACI-302 – Construcción de Losas y Pisos de Concreto	7
3.1.2.3 International Building Code (IBC)	7
3.2 Sistemas de losas de entrepiso	7
3.2.1 Clasificación de sistemas de losas:	8
3.2.1.1 Según su distribución de esfuerzos:	8
3.2.1.2 Según su tipo de apoyo:	9

3.2.1.3 Según los materiales que la componen:.....	10
3.2.2 Materiales que componen los diferentes sistemas de entrepiso	13
3.2.2.1 Concreto:.....	13
3.2.2.2 Concreto presforzado:	13
3.2.2.3 Láminas de acero galvanizado:.....	13
3.2.2.4 Joist:	13
3.2.2.5 Bovedillas:.....	13
3.2.2.6 Viguetas:.....	14
3.2.2.7 Torón:	14
3.2.2.8 Anclajes para pre-esfuerzo:.....	14
3.2.3 Procesos constructivos de losas de entrepiso	14
3.2.3.1 Proceso constructivo para losas macizas de concreto:	14
3.2.3.2 Proceso constructivo para losas de viguetas y bovedillas:	18
3.2.3.3 Proceso constructivo para losas de acero:.....	20
3.2.3.4 Proceso constructivo para losas nervadas	23
3.2.3.5 Proceso constructivo para losas postensadas	24
3.2.4 Uso de sistemas en edificios.....	31
3.2.4.1 Función arquitectónica:	31
3.2.4.2 Función estructural:.....	31
3.3 Ingeniería de valor.....	31
3.3.1 Definición.....	31
3.3.2 Historia.....	31
3.3.3 Etapas del proceso de Ingeniería de Valor	32

3.3.3.1 Preparación	33
3.3.3.2 Información.....	33
3.3.3.3 Análisis	33
3.3.3.4 Creación.....	33
3.3.3.5 Evaluación.....	33
3.3.3.6 Desarrollo.....	34
3.3.3.7 Presentación	34
3.3.3.8 Implementación.....	34
3.3.4 Buenas prácticas de la Ingeniería de Valor	34
3.3.5 Malas prácticas de la Ingeniería de Valor.....	35
3.3.6 Aplicación de la ingeniería de valor en las etapas del proyecto.....	35
3.3.6.1 Etapa de diseño.....	35
3.3.6.2 Concurso	35
3.3.6.3 Ejecución	36
3.3.7 Ingeniería de Valor en el sector construcción en edificaciones.....	36
IV. Metodología.....	38
4.1 Enfoque.....	38
4.2 Variables de investigación.....	38
4.2.1 Variables dependientes	38
4.2.2 Variables Independientes	38
4.3 Técnicas e instrumentos aplicados.....	39
4.3.1 Online encuesta.....	39
4.3.2 CYPE Ingenieros	39

4.3.3 Excel	39
4.3.4 Project	39
4.4 Población y muestra	40
4.5 Metodología de estudio.....	41
4.5.1 Etapa I. Preparación	41
4.5.1.1 Definir los objetivos de estudio.....	41
4.5.2 Etapa II. Información.....	42
4.5.2.1 Definir los criterios de Evaluación	42
4.5.2.2 Definir línea base de comparación.....	43
4.5.3 Etapa III. Análisis.....	43
4.5.4 Etapa IV. Creación.....	44
4.5.4.1 Proponer alternativas que satisfagan las condiciones esperadas	44
4.5.4.2 Elaboración tabla de costos.....	44
4.5.6 Etapa V. Evaluación	45
4.5.6.1 Justificar las escalas de calificación a utilizar.....	45
4.5.6.2 Ponderar los criterios de evaluación	46
4.5.6.3 Evaluar cada una de las alternativas.....	47
4.5.7 Etapa VI. Desarrollo.....	48
4.5.7.1 Desarrollar la solución viable del estudio.....	48
4.5.8 Presentación	50
4.5.9 Implementación.....	50
V. Resultados y análisis.....	51
5.1 Definición de los objetivos de la metodología.....	51

5.2 Criterios de evaluación	51
5.3 Condiciones actuales y esperadas.....	53
5.4 Análisis de costos.....	54
5.4.1 Costos unitarios de losas:	54
5.4.2 Costo unitario losa postensada.....	55
5.5 Escala de calificación	55
5.6 Resultado de la investigación de campo	56
5.6.1 Sistemas de losas de entresijos más utilizados en el Distrito Central.....	56
5.6.2 Conocimiento de los expertos sobre los sistemas analizados.....	57
5.6.3 Criterios importantes en la selección del sistema de losas de entresijo.....	58
5.6.4 Nivel de mano de obra requerida de cada sistema según expertos.....	58
5.6.5 Nivel de economía de cada sistema de losas según expertos	59
5.6.6 Tiempos de construcción por m ²	60
5.6.7 Nivel de disponibilidad de materiales:	61
5.6.8 Sistema más recomendado utilizar en el Distrito Central	61
5.7 Matriz de ponderación de criterios.....	62
5.8 Matriz de evaluación de criterios.....	62
5.9 Desempeño de las alternativas.....	64
VI. Conclusiones	66
VII. Recomendaciones.....	69
Bibliografía	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Índice Inflacionario del Sector Vivienda.....	5
Ilustración 2 Tipos de Losa según su Distribución de Esfuerzos	9
Ilustración 3 Losa Aligerada.....	10
Ilustración 4 Losa Maciza de Concreto.....	11
Ilustración 5 Losa Nervada.....	12
Ilustración 6 Losa Postensada.....	12
Ilustración 7 Apuntalado del Encofrado.....	15
Ilustración 8 Encofrado de la Losa	15
Ilustración 9 Armado de Acero.....	16
Ilustración 10 Colado del Concreto	16
Ilustración 11 Curado de la Losa.....	17
Ilustración 12 Losa Desencofrada.....	17
Ilustración 13 Apuntalado	18
Ilustración 14 Colocación de Viguetas	18
Ilustración 15 Colocación de Bovedillas.....	19
Ilustración 16 Colocación de Malla Electrosoldada	19
Ilustración 17 Cortado de Lámina Estructural.....	20
Ilustración 18 Colocación de la Lámina.....	20
Ilustración 19 Sujeción por medio de Pernos.....	21
Ilustración 20 Encofrado Perimetral	21
Ilustración 21 Colocación de la Malla Electrosoldada	22
Ilustración 22 Colado del Concreto	22

Ilustración 23 Encofrado	23
Ilustración 24 Armado de Nervaduras.....	23
Ilustración 25 Colocación de Casetones	24
Ilustración 26 Encofrado de Losa Postensada	24
Ilustración 27 Armado del Acero	25
Ilustración 28 Anclajes para los Torones del Postensado	25
Ilustración 29 Cables Revestidos para Postensado.....	26
Ilustración 30 Colocación de los Cables como Vigas del Sistema	26
Ilustración 31 Colocación de Cables de la Losa	27
Ilustración 32 Cableado de la Losa	27
Ilustración 33 Colado del Concreto	27
Ilustración 34 Losa Fundida	28
Ilustración 35 Removido de Bloques de Postensado.....	28
Ilustración 36 Instalación de Cuñas	29
Ilustración 37 Limpieza de los Anclajes.....	29
Ilustración 38 Tensado de Cables con Gato Hidráulico	29
Ilustración 39 Cable Tensado	30
Ilustración 40 Cortado de Exceso de Cables	30
Ilustración 41 Relleno de Anclajes con Lechada.....	30
Ilustración 42 Proceso de Análisis de Valor	32
Ilustración 43 Sistemas de Losas de Entrepiso más utilizados en el Distrito Central	57
Ilustración 44 Conocimiento de los Expertos sobre los Sistemas Analizados	57
Ilustración 45 Importancia de los Criterios en la Selección del Sistema de Losas.....	58

Ilustración 46 Nivel de Especialización de Mano de Obra.....	59
Ilustración 47 Clasificación según los Costos de cada Sistema de Losas.....	59
Ilustración 48 Tiempos de Construcción por m ²	60
Ilustración 49 Nivel de Disponibilidad de Materiales de cada Sistema	61
Ilustración 50 Sistemas más Recomendados por Expertos	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables de Investigación.....	38
Tabla 2 Conformación del Equipo de Trabajo	41
Tabla 3 Objetivos de Estudio.....	41
Tabla 4 Criterios de Evaluación	42
Tabla 5 Requerimientos Especiales de cada Criterio de Evaluación.....	42
Tabla 6 Línea Base de Comparación correspondiente a la Tecnología Actual.....	43
Tabla 7 Condiciones Actuales y Esperadas	43
Tabla 8 Alternativas que satisfacen las Condiciones Esperadas	44
Tabla 9 Análisis de Costos.....	45
Tabla 10 Justificación de Escalas de Clasificación	46
Tabla 11 Matriz de Ponderación de los Criterios de Evaluación.....	46
Tabla 12 Matriz de Evaluación de Criterios.....	47
Tabla 13 Desempeño de las Alternativas.....	49
Tabla 14 Medida de Desempeño de la Alternativa Ganadora.....	49
Tabla 15 Objetivos Definidos	51
Tabla 16 Criterios de Evaluación.....	52
Tabla 17 Requerimientos y Observaciones de los Criterios de Evaluación	52
Tabla 18 Condiciones Actuales y Esperadas.....	53
Tabla 19 Costos Unitarios de los Sistemas de Losas de Entrepiso	54
Tabla 20 Justificación de Escala.....	55
Tabla 21 Matriz de Ponderación de Criterios.....	62
Tabla 22 Matriz de Evaluación de Criterios.....	63

Tabla 23 Puntaje Total	64
Tabla 24 Desempeño de las Alternativas.....	65
Tabla 25 Resultados Costo y Tiempo.....	67
Tabla 26 Criterios de Evaluación.....	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Muestra para Población Finita	40
Ecuación 2 Índice de Valor	64
Ecuación 3 Porcentaje de Mejora.....	64
Ecuación 4 Porcentaje de Mejora del Índice de Valor	64

LISTADO DE SIGLAS

CHICO Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción

FAST Function Analysis System Technique (Técnica del sistema de análisis de funciones)

VA Value Analysis (Análisis de valor)

VACP Value Analysis Change Proposals (Propuestas de Cambio de Análisis de Valor)

VCEP Value Engineering Change Proposal (Propuesta de Cambio de Ingeniería de Valor)

VE Value Engineering (Ingeniería de Valor)

GLOSARIO

Aligerante: Material de construcción utilizado para sustituir el concreto como volumen total de una losa. (Chincilla, 2013)

Hormigón: Conocido principalmente como concreto, es un material compuesto formado esencialmente por un aglomerante, partículas de agregados, agua y aditivos especiales. (Chincilla, 2013)

Índice de Valor: cociente de la calificación total recibida por cada alternativa entre su costo. (Carrillo, 2005)

Joist: Es un miembro estructural horizontal que atraviesa muro a muro, muro a viga o viga a viga para dar soporte a losas y/o entresijos. (Sarmiento Mera & Simbaña Vinuesa, 2018)

Losa: Es el elemento estructural encargado generalmente de recibir de forma directa las cargas de funcionamiento de una edificación. (Ramos, 2002)

I. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones realizadas a través del tiempo dan lugar al desarrollo tecnológico de las sociedades, implementando soluciones innovadoras con productos (bienes o servicios) y procesos mejorados que brindan mayor eficiencia, efectividad y optimización de los recursos disponibles para el desarrollo de proyectos de ingeniería.

En la industria de la construcción se han implementado diversos métodos constructivos y materiales innovadores en diferentes campos de la Ingeniería Civil, presentando una mejora o novedad en el desempeño estructural, así como en otras características importantes como los costos y tiempos de los proyectos.

Uno de los campos de la Ingeniería Civil que presenta gran variedad de procesos es el de los sistemas de losas de entrepiso, para los que existen varias alternativas, cada una con diferentes métodos constructivos, involucrando variables como costos de fabricación, tiempos de construcción, tipo de materiales, especialización de mano de obra, requerimiento de equipo, además de propiedades físicas y mecánicas, por lo que debido a la diversidad de las características mencionadas, la selección del sistema de losas de entrepiso se ha vuelto un reto que requiere análisis complejos que involucran la combinación de todas las variables, por lo que se debe definir una metodología que tome en cuenta todos estos criterios y facilite la selección de la solución óptima.

La Ingeniería de Valor es una metodología diseñada para garantizar una mejor selección de soluciones en función de las variables involucradas necesarias para cumplir con los requerimientos de desempeño, costos y tiempos, aplicables a la industria de la construcción a través de un análisis que permite incrementar el valor de un proyecto para la satisfacción del cliente en las etapas de diseño y construcción, optimizando los recursos disponibles.

La metodología de la Ingeniería de Valor será utilizada para analizar y comparar las diversas características de cinco sistemas de losas de entrepiso, para los que se definirán las ventajas y desventajas, se analizarán los resultados y se propondrá el sistema más eficiente y eficaz para proyectos de edificios de apartamentos en el Distrito Central.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTE DEL PROBLEMA

La metodología de la Ingeniería de Valor nació en la empresa "General Electric" de Estados Unidos de América hace más de 60 años, durante la búsqueda de materiales con mayor disponibilidad en el mercado que mantuvieran la funcionalidad de los materiales sustituidos, a un menor costo. Con el tiempo se ha implementado en diversos campos dentro de la Ingeniería Civil, siempre en la constante búsqueda de la reducción de costos. (Carrillo, 2005)

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Ingeniería Civil existen diversos sistemas de losas utilizados como solución constructiva para los entresijos de edificios de apartamentos, siendo las más comunes las losas macizas, aligeradas, presforzadas y nervadas, las que requieren diferentes métodos constructivos, materiales, mano de obra y equipo de construcción, por lo que ante tal variedad de soluciones existe dificultad para determinar el tipo de sistema constructivo más eficaz y eficiente para lograr un balance entre las variables fundamentales de un proyecto: alcance, tiempo, costo y calidad.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a la cantidad de variables involucradas en la selección de sistemas de losas de entresijo para edificios, es necesaria una metodología para lograr una mejor solución que involucre la selección óptima de materiales, mano de obra y equipo, elementos necesarios para determinar los costos y tiempos de una actividad, dependiendo de las características propias del proyecto, de manera que proporcione una solución que cumpla las especificaciones técnicas, genere el mejor desempeño y mayor vida útil, al menor costo. Utilizar la Ingeniería de Valor considerando las variables significativas para seleccionar la mejor opción para un sistema de losas de entresijo para edificios en el Distrito Central, ayudará a lograr la optimización de los recursos de manera que se pueda desarrollar un proyecto eficaz y eficiente.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Es posible aplicar la Ingeniería de Valor como metodología para la selección de soluciones constructivas a partir de los principales elementos que la definen y procesos involucrados?
2. ¿Cuáles son los tipos, procesos constructivos, propiedades físicas y mecánicas de sistemas de losas de entrepiso más comunes para edificios en general?
3. ¿Cuáles son los costos y tiempos de construcción por metro cuadrado de cada sistema de losas de entrepiso utilizados en edificios de apartamentos del Distrito Central?
4. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de cada sistema de losas de entrepiso para edificios?
5. ¿Qué criterios son considerados para la selección de un sistema de losas de entrepiso para edificios para la Ingeniería de Valor?
6. ¿Qué sistema de losas de entrepiso, según los criterios seleccionados y los resultados de la aplicación de la Ingeniería de Valor, se recomienda utilizar para edificios de apartamentos en el Distrito Central?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Utilizar la metodología de la Ingeniería de Valor para la elección de sistemas de losas de entrepiso para la construcción de edificios pequeños de apartamentos, entre 7-10 niveles de altura y claros de losa entre 4-6 metros, en el Distrito Central mediante la ponderación de costos, tiempos, propiedades mecánicas, físicas, mano de obra requerida y disponibilidad de materiales de construcción.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir la Ingeniería de Valor con orientación a la búsqueda de soluciones óptimas para la selección de sistemas constructivos como losas de entrepiso para edificios en el Distrito Central.

2. Analizar los procesos constructivos, propiedades mecánicas y físicas de cada sistema de losas de entrepiso para edificios.
3. Realizar un análisis de costos y tiempos de construcción de los diferentes sistemas de losas utilizados para edificios en el Distrito Central.
4. Identificar las ventajas y desventajas de cada sistema de losas de entrepiso para edificios.
5. Definir los criterios para seleccionar el sistema de losas de entrepiso para edificios utilizando la Ingeniería de Valor.
6. Proponer el sistema de losas de entrepiso más eficaz (cumple) y eficiente (optimiza recursos) en función de los resultados de la Ingeniería de Valor.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 TIPO DE CONSTRUCCIONES EN EL DISTRITO CENTRAL

Una de las construcciones más comunes que se pueden encontrar en el Distrito Central es el sector de las viviendas, a simple vista se puede observar que el Distrito Central está lleno de viviendas debido a que gran parte de la población vive en la capital. La Cámara Hondureña de la Industria y la construcción realizó un índice de inflación del sector vivienda en 2019, calculado en base a la Carretilla Básica de Materiales y mano de obra de Construcción, para una Vivienda tipo Unidad Típica (INVA) de dos habitaciones, baño, sala, comedor y cocina, con un área techada de 48.06m² y área de piso de 40.50m². (Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción [CHICO], 2019)

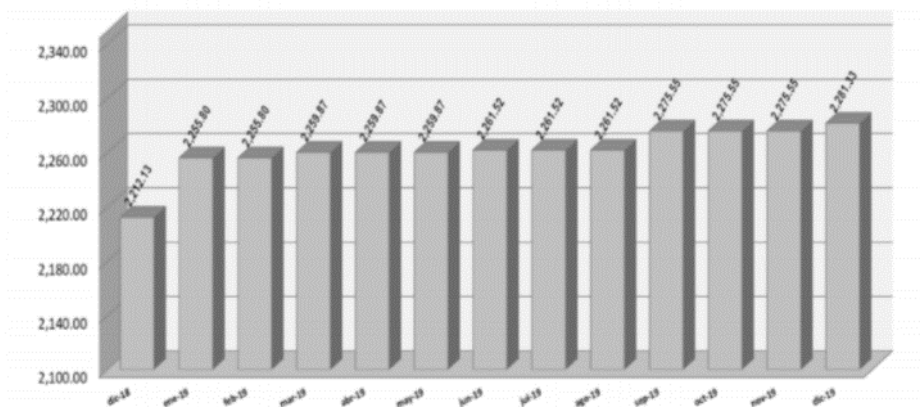


Ilustración 1 Índice Inflacionario del Sector Vivienda

Fuente: (CHICO, 2019)

Los edificios son muy perceptibles en el Distrito Central, a medida de los años, Honduras se ha ido industrializando y un sector muy importante es la construcción, dentro del cual se más destacan los edificios. Los edificios pueden tener diversas ocupaciones como apartamentos y oficinas. Según Silvio Larios, Gerente de la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción (CHICO) quien reconoce que hay proyectos que se están enfocando en lo vertical dada la necesidad de disponer de tierra a precios accesibles. (Soy Digital, 2017)

De acuerdo con el Banco Central de Honduras, en el primer trimestre del 2017 apuntan que el área total construida en edificaciones verticales representó el 8% del sector residencial,

siendo los más destacados inmuebles de condominios y torres localizadas en los municipios del Distrito Central y San Pedro Sula. (Soy Digital, 2017)

Otras de las construcciones más importantes para el país son las carreteras y los puentes, ambas son estructuras que ayudan al país en el desarrollo. Los puentes peatonales, pasos a desnivel, rotondas y la pavimentación de carreteras son construcciones que se pueden observar a simple vista en el país, el gobierno y la empresa privada promueven estos tipos de proyectos. El Distrito Central y San Pedro Sula han sido los municipios con mayor aprovechamiento de todas estas obras civiles. (Calero, 2018)

3.1.1 NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO EN HONDURAS

A continuación, se presentan normativas utilizadas en Honduras para el diseño y construcción de edificios:

3.1.1.1 CÓDIGO HONDUREÑO DE LA CONSTRUCCIÓN (CHOC)

El objetivo del CHOC-08 es el siguiente: " Los edificios y otras estructuras, y todas sus partes deberán diseñarse y construirse para sostener, dentro de las limitaciones especificadas en este código, todas las cargas muertas y todas las otras cargas especificadas dentro de estas normas, en todas partes de este código. Las cargas deberán considerarse en el diseño de cualquier estructura donde ocurren cargas de impacto." (Comisión Técnica, 2008)

3.1.2 NORMAS INTERNACIONALES PARA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

A continuación, se presentan normativas utilizadas internacionalmente en el diseño y construcción de edificios:

3.1.2.1 INTE/ISO 15392:2011

Esta Norma Internacional identifica y establece los principios generales para la sostenibilidad en la construcción de edificios. Se basa en el concepto de desarrollo sostenible que se aplica al ciclo de vida de los edificios y otras obras de construcción, desde su concepción, hasta la finalización de su vida. Esta Norma Internacional es aplicable a edificios y otras obras de construcción, individuales y colectivas, como también a los materiales, productos, servicios y procesos relacionados al ciclo de vida de los edificios y otras obras de construcción. Esta

Norma Internacional no ofrece los niveles (puntos de referencia) que puedan servir como la base para los reclamos de la sostenibilidad. Esta Norma Internacional no tiene la intención de proporcionar la base para la evaluación de organizaciones u otras partes interesadas. (International Organization for Standardization [ISO], 2011)

3.1.2.2 ACI-302 – CONSTRUCCIÓN DE LOSAS Y PISOS DE CONCRETO

Este manual describe cómo obtener losas de concreto sobre el terreno y pisos de alta calidad para varias clases de servicios. Destaca aspectos de la construcción tales como preparación del sitio, materiales para fabricar concretos, proporciones y mezclas, mano de obra, construcción de juntas, transferencia de cargas a través de juntas, procedimientos para descimbrar y curado.

3.1.2.3 INTERNATIONAL BUILDING CODE (IBC)

El Código Internacional de Construcción (IBC) es una herramienta esencial para preservar la salud y la seguridad públicas que brinda protección contra los peligros asociados con el entorno construido. Aborda el diseño y la instalación de materiales innovadores que cumplen o superan los objetivos de seguridad y salud pública.

3.2 SISTEMAS DE LOSAS DE ENTREPISO

Las losas para entrepiso son usadas para proporcionar superficies planas y útiles. Una losa es una placa amplia y plana, generalmente horizontal, cuya superficie inferior y superior son paralelas entre sí. Estas losas son capaces de soportar las cargas verticales y distribuir las fuerzas horizontales. La capacidad de resistir cargas verticales equivale a soportar su propio peso, acabados, divisiones, piso terminado y la carga viva de acuerdo al uso que tendrá la estructura. (Ramos, 2002)

Son elementos estructurales cuyas dimensiones en planta son relativamente grandes en comparación con su peralte. Las acciones principales sobre las losas son cargas normales a su plano, ya que se usan para disponer de superficies útiles horizontales como los pisos de edificios o las cubiertas de puentes. Ya definido, se procede a explicar funcionalidad de los sistemas de losas de entrepiso. (Casco & Majano, 2019)

3.2.1 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE LOSAS:

Hoy en día han surgido diversidad de sistemas de entrepiso en el país en los que se puede mencionar: losa aligerada, losa tradicional, losa reforzada, losa maciza y losa presforzada, sistemas que brindan eficiencia y economía.

Para clasificar las losas es necesario definir el concepto de placas. Según la ingeniería estructural, son elementos estructurales que geoméricamente se pueden aproximar a una superficie bidimensional y que trabajan predominantemente a flexión. Los criterios fundamentales que permiten realizar una adecuada clasificación de las losas son según el tipo la transmisión de las cargas y los materiales que la componen. (Casco & Majano, 2019)

3.2.1.1 SEGÚN SU DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS:

Los sistemas de losa según la relación de sus lados, determina la transmisión de carga, la cual permite conocer las acciones que se ejercen sobre los sistemas de entrepiso, estas distribuciones se pueden clasificar como unidireccional o bidireccional:

- Losas unidireccionales:

Cuando la relación de luces, lado largo a lado corto es mayor a 2 ($L/B > 2$), el armado de la losa se realizará en la dirección corta. También se incluye refuerzo por temperatura, debido a la contracción que se produce en el concreto.

En este sistema es fácil reconocer la distribución de las cargas de la losa a las vigas secundarias, de éstas hacia las vigas principales y posteriormente a las columnas.

- Losas bidireccionales:

Se conocen como losas bidireccionales a las losas en las que por su geometría y su tipo de apoyo se producen esfuerzos de flexión en dos direcciones ortogonales, es decir es cuando la losa se apoya en sus cuatro lados y se desarrollan esfuerzos de flexión en ambas direcciones, para contrarrestar estos esfuerzos producidos por los momentos flectores es necesario armar la losa en los dos sentidos. (Casco & Majano, 2019)

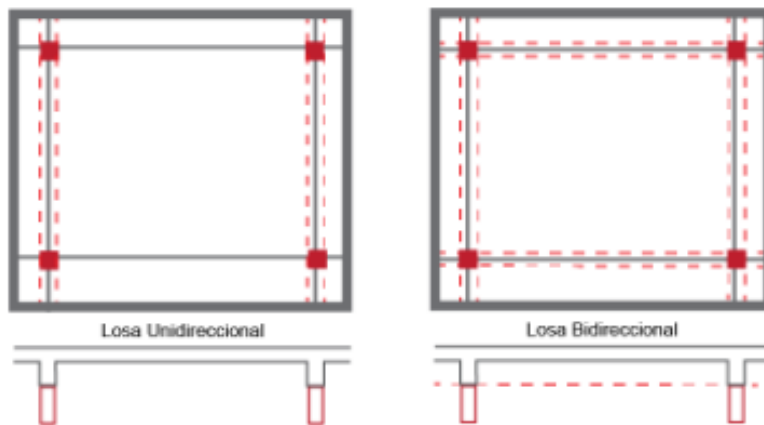


Ilustración 2 Tipos de Losa según su Distribución de Esfuerzos

Fuente: (Monterrey, s.f.)

3.2.1.2 SEGÚN SU TIPO DE APOYO:

- Losas sustentadas sobre vigas:

Se sustentan en vigas compactas, o vigas de otros materiales integrados a la losa.

- Losas sustentadas sobre columnas

Las losas pueden sustentarse directamente sobre las columnas, llamándose en este caso Losas Planas, que en su forma tradicional no son adecuadas para zonas de alto riesgo sísmico. Y es que este tipo de losas no disponen de capacidad resistente suficiente para incursionar dentro del rango inelástico de comportamiento de los materiales, con lo que se limita considerablemente su ductilidad, poniendo un cierto grado de riesgo a la estructura. (Sarmiento Mera & Simbaña Vinuesa, 2018)

- Losas sustentadas sobre muros

Están soportadas por muros de hormigón, muros de mampostería o muros de otro material

- Losas con vigas embebidas o losas con viga banda.

Estos tipos de losas son muy resistentes frente a los sismos ya que estas están incorporadas con vigas banda o embebidas para mejorar su comportamiento frente a los terremotos, estas pueden ser útiles para edificios de hasta 4 plantas, con luces y cargas pequeñas y medianas. (Sarmiento Mera & Simbaña Vinuesa, 2018)

3.2.1.3 SEGÚN LOS MATERIALES QUE LA COMPONEN:

Cabe destacar que esta investigación se concentrara en analizar los tipos de sistemas de losas de entrepiso para edificios según esta clasificación. Los tipos de losas según los materiales o elementos para su constitución son:

- Losa aligerada:

La losa aligerada se compone de varios elementos. El primero de ellos son las viguetas precoladas que se colocan en forma equidistante sobre los muros o vigas y se apuntalan temporalmente. Entre las viguetas se ensamblan unos componentes huecos de concreto que se llaman bovedillas, cubriendo así toda la superficie. Sobre las viguetas y bovedillas—que son los elementos ligeros se extiende una capa de malla electrosoldada y en conjunto funcionan como cimbra para el concreto colado en sitio, que se conoce como capa de compresión. La losa aligerada es un sistema constructivo sencillo y de bajo costo. (Grupo Degloema, 2017)

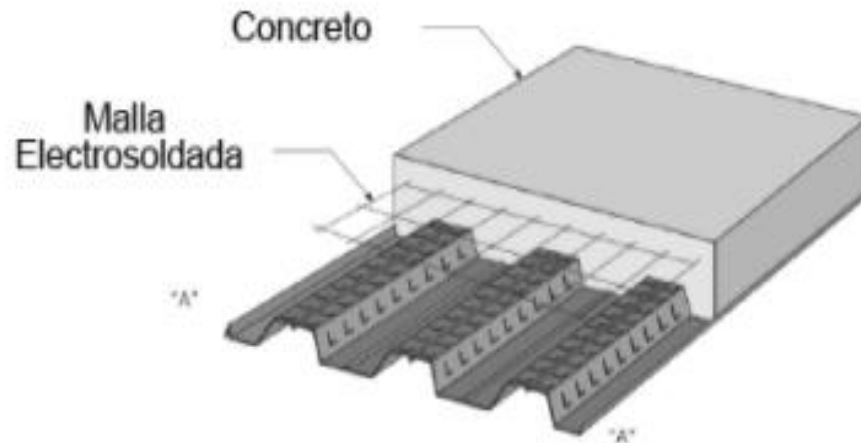


Ilustración 3 Losa Aligerada

Fuente: (Monterrey, s.f.)

Este tipo de losas tiene la característica principal de que parte de su volumen es ocupado por materiales más livianos. El concreto no ocupa todo el espesor de la losa y esto es debido a los elementos como lo son la bovedilla o elementos de poliuretano, los cuales se denominan elementos aligerantes.

- Losa maciza:

Están fabricadas de concreto armado en uno o varios tramos que pueden ser rectangulares o cuadrados. El proceso utiliza un encofrado o cimbra de madera, sobre la que se distribuye un refuerzo de acero y se vacía el concreto. Estas losas conforman los pisos y techos de un edificio y descansan sobre vigas que transmiten su carga a las columnas, o sobre muros que la transmiten a la cimentación. Generalmente son pesadas y no muy eficientes para aislar las vibraciones y el ruido. (Grupo Degloema, 2017)

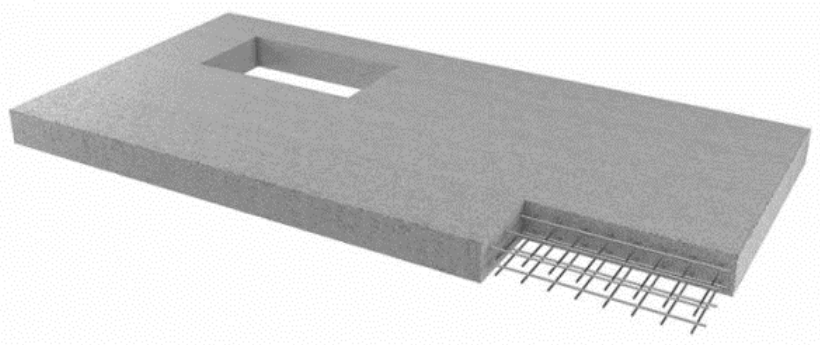


Ilustración 4 Losa Maciza de Concreto

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

Generalmente utilizan doble refuerzo de acero, una malla en la parte inferior y otra malla en la parte superior, esta distribución se debe a los momentos, tanto positivo y negativo, en ambas direcciones.

- Losa Nervada:

En este tipo de losa se compone por una zona traccionada, conformada por nervios o costillas y una capa de hormigón que toma la compresión. El espacio entre los nervios puede quedar vacío o se pueden colocar elementos tales como bloques cerámicos, de hormigón celular o EPS (espuma de poliestireno), que no signifiquen un aporte en las cargas finales. La función principal de estos elementos es la de aliviar el peso de la estructura mediante la eliminación del hormigón en la zona traccionada, mejorando la eficiencia del sistema. La losa tiene una sección en forma de "T", con una capa de hormigón que recibe las fuerzas de compresión y nervios en los cuales, junto con la armadura metálica insertada en ellos, reciben las fuerzas de tracción. (Souza, 2019)

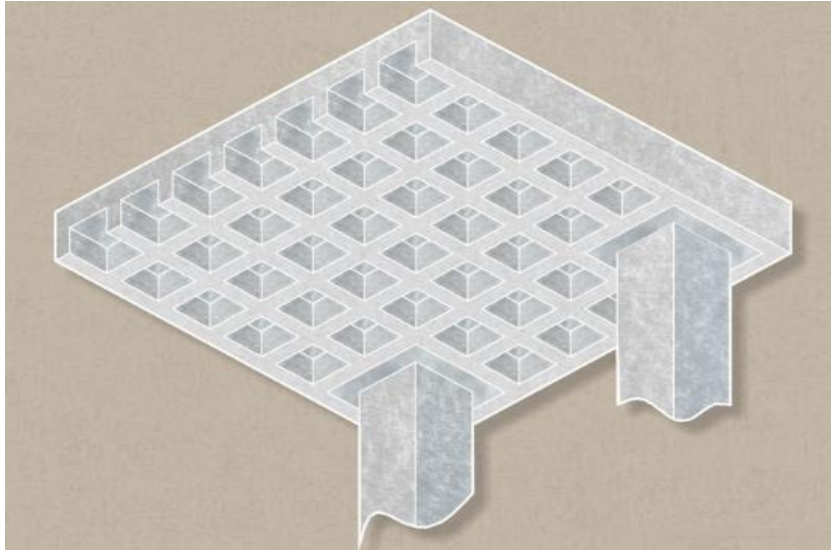


Ilustración 5 Losa Nervada

Fuente: (Souza, 2019)

- Losa presforzada:

Son losas creadas a base de esfuerzos internos permanentes con el objeto de mejorar su desempeño. Estos esfuerzos son calculados para contrarrestar aquellos producidos por las cargas externas.



Ilustración 6 Losa Postensada

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

Existen dos clases de presfuerzo, pretensado, donde los torones se tensan antes de colar el concreto y el postensado, donde los torones se tensan después del fraguado del concreto.

3.2.2 MATERIALES QUE COMPONEN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENTREPISO

Los materiales más utilizados desde la antigüedad en la elaboración de sistema de entrepiso han sido la madera, el concreto, el acero entre otros. A continuación, se hará la descripción de cada uno los materiales que se utilizan en la construcción de losas.

3.2.2.1 *CONCRETO:*

Es un material utilizado en la construcción y se obtiene mezclando adecuadamente cemento, agua, algunos materiales gruesos como la grava y otros refinados. Es un elemento que proporciona una alta resistencia a la compresión.

3.2.2.2 *CONCRETO PRESFORZADO:*

Es un concreto al que se le aplica un esfuerzo de compresión para contrarrestar los esfuerzos de tensión producidos por el peso propio y por las sobrecargas a las que se encuentra sometido. Este esfuerzo puede ser aplicado mediante pretensado o postensado. Esta técnica consiste en tensar alambres de acero de alta resistencia y verter el concreto alrededor de los mismos.

3.2.2.3 *LÁMINAS DE ACERO GALVANIZADO:*

El acero utilizado es de tipo laminado en frío, debe cumplir con la norma de fabricación ANSI/ASCE 3-91, NTE-INEN 2397 y SDI, norma ASTM A653 con recubrimiento galvanizado G90 (Z275) posee un comportamiento elastoplástico con un límite de fluencia mínima de 2,600 kg/cm² y con un módulo de elasticidad 2,030,000 kg/cm². (Casco & Majano, 2019)

3.2.2.4 *JOIST:*

Se basan en vigas de alma abierta cuya función es la de sostener tanto cubiertas como entresijos salvando grandes claros su uso es habitual en construcciones con finalidad industrial, bodegas o supermercados.

3.2.2.5 *BOVEDILLAS:*

Son elementos aligerantes, cuya función es la de colocarse entre las viguetas como encofrado y son parte integral de la losa. Muchas veces son remplazados por ladrillos comunes.

3.2.2.6 VIGUETAS:

Se elaboran de concreto presforzado, bajo esta técnica de concreto se fabrican las viguetas las que se combinan con otros agregados. Estas viguetas poseen un reducido peso, lo cual permite un ahorro en los costos de transporte y manejo (Casco & Majano, 2019).

3.2.2.7 TORÓN:

El torón es un cable de acero constituido por un grupo de alambres dispuestos de manera helicoidal, fabricados para trabajar a tensión, introduciendo un esfuerzo de compresión en el hormigón. Pueden ser utilizados en diferentes estructuras como ser: vigas y viguetas pretensadas o postensadas para puentes, losas y losetas prefabricadas, pisos industriales y losas de cimentación, losas en edificios con apoyos de grandes luces, centros parqueaderos, pisos industriales.

3.2.2.8 ANCLAJES PARA PRE-ESFUERZO:

Los anclajes están formados por: cuñas que garantizan un anclaje eficaz con esfuerzos estáticos o dinámicos, bloques de anclaje de acero circulares y con perforaciones troncocónicas, tromplacas de anclaje de hierro fundido y varias capas para una mejor difusión del esfuerzo de pretensado en el hormigón, un capot permanente opcional.

3.2.3 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOSAS DE ENTREPISO

Los procesos constructivos son un conjunto de técnicas que se utilizan para edificar cualquiera de las unidades que constituyen los sistemas constructivos. Es, pues, un concepto relacionado con las técnicas de construir, las cuales que pueden evolucionar con el tiempo, permitiendo avanzar en la innovación y la mejora de los edificios y su proceso de construcción. (Comisión Técnica, 2008)

3.2.3.1 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOSAS MACIZAS DE CONCRETO:

1. Encofrado: este se realiza por medio de una tarima de madera soportada por puntales cimentados en la superficie, estos puntales normalmente son asegurados entre sí para evitar movimientos y desnivelados.

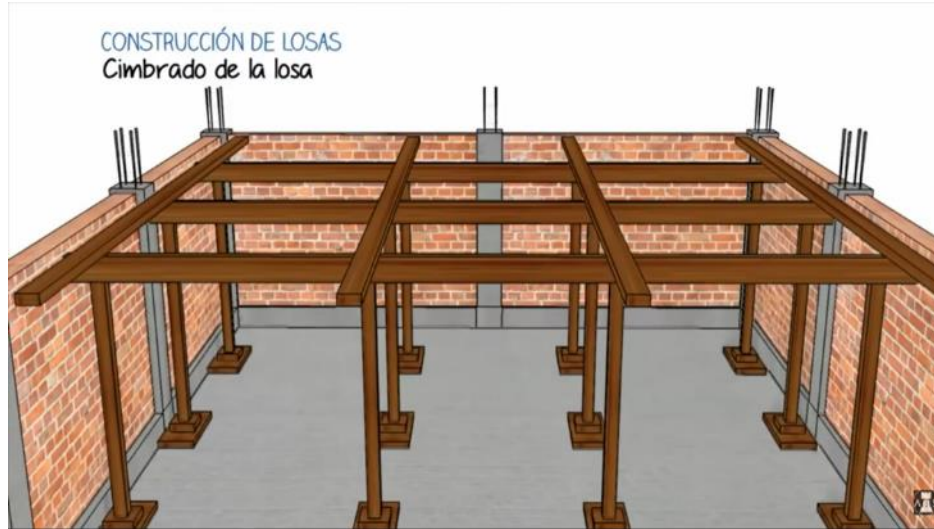


Ilustración 7 Apuntalado del Encofrado

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)



Ilustración 8 Encofrado de la Losa

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

2. Armado de Acero: El armado del acero depende del plano estructural y los calibres de las varillas. Consta en realizar una retícula o malla con varillas de acero, la cual soportara tanto los momentos positivos como los momentos negativos de la losa. El armado se hace igual que para cualquier tamaño de losa lo que cambia es la cantidad de varilla y la separación de estas, que es de acuerdo al tamaño del cuarto. Siempre y cuando la suma del lado mayor y menor de la losa no sumen más de 9 metros, porque de ser así necesitaría una viga en medio.

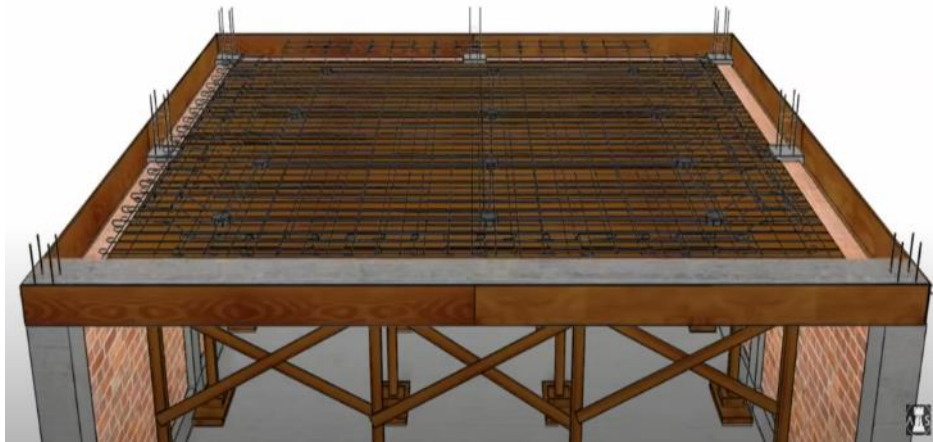


Ilustración 9 Armado de Acero

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

3. Colado del Concreto: este procedimiento consiste en verter la mezcla de concreto en el lugar donde se fundirá la losa. Durante el colado del concreto se debe realizar un vibrado de la mezcla para asegurar que la mezcla sea correctamente distribuida y evitar la posible generación de vacíos en la losa.



Ilustración 10 Colado del Concreto

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

4. Curado: Posterior al colado sigue el fraguado del concreto, se refiere al tiempo de endurecimiento de la mezcla hasta alcanzar su resistencia requerida, durante el cual es

necesario realizar el curado del concreto. el cual consiste en humedecer la losa de dos a tres veces al día durante una semana.

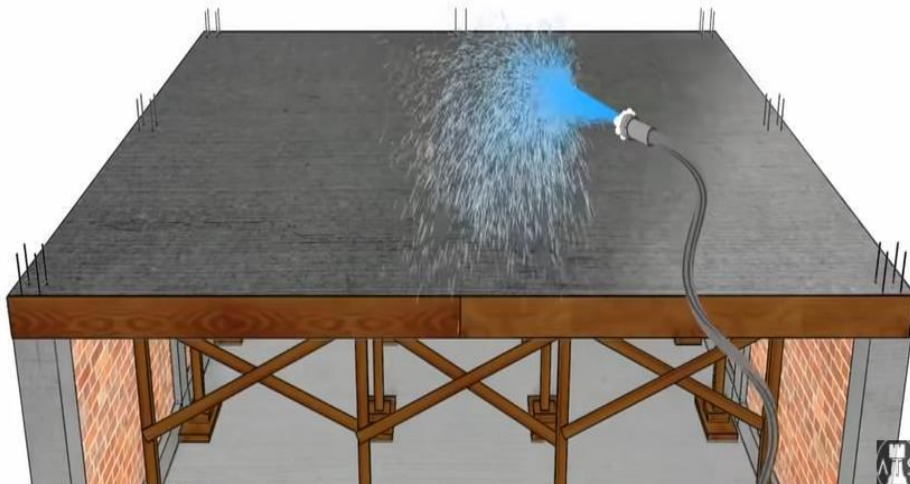


Ilustración 11 Curado de la Losa

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

5. Desencofrado: este proceso consiste en retirar todo el encofrado realizado para la fundición de losa de concreto.

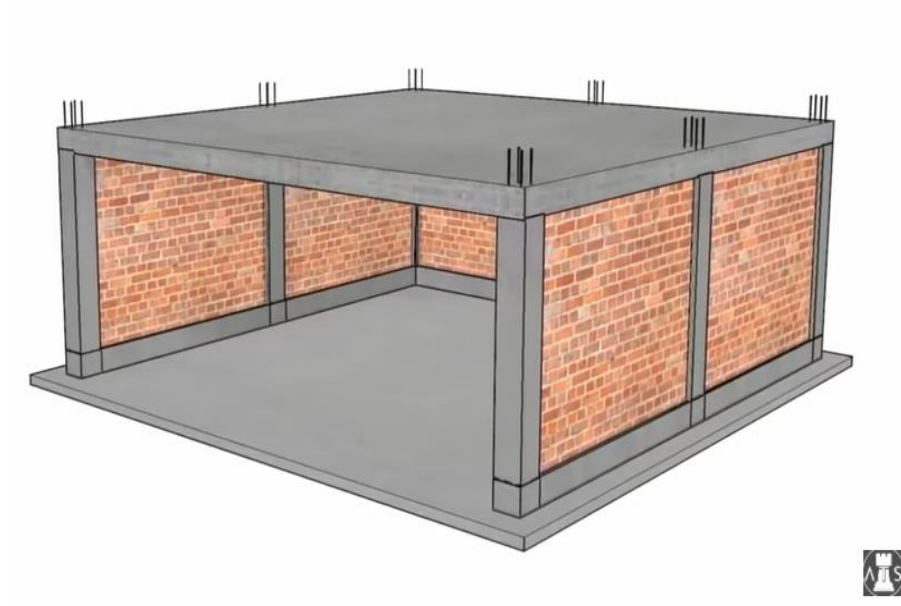


Ilustración 12 Losa Desencofrada

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

3.2.3.2 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOSAS DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS:

1. Apuntalado: se colocan los puntales cimentados en el piso y las vigas de madera provisionales sobre las cuales irán colocadas las viguetas del sistema.



Ilustración 13 Apuntalado

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

2. Colocación de viguetas: Se colocan las viguetas sobre las estructuras de madera, estas se colocan en los extremos y se ahogan en las dalas perimetrales.

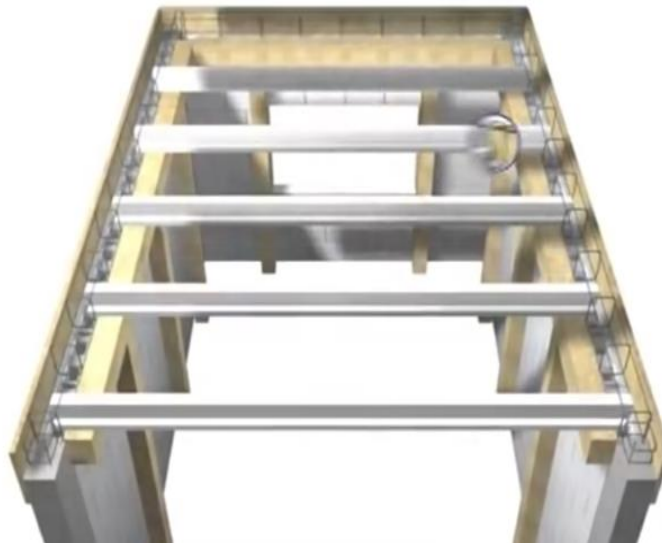


Ilustración 14 Colocación de Viguetas

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

3. Colocación de bovedillas: Se colocan las bovedillas sobre las viguetas, estas normalmente son prefabricas de concreto.

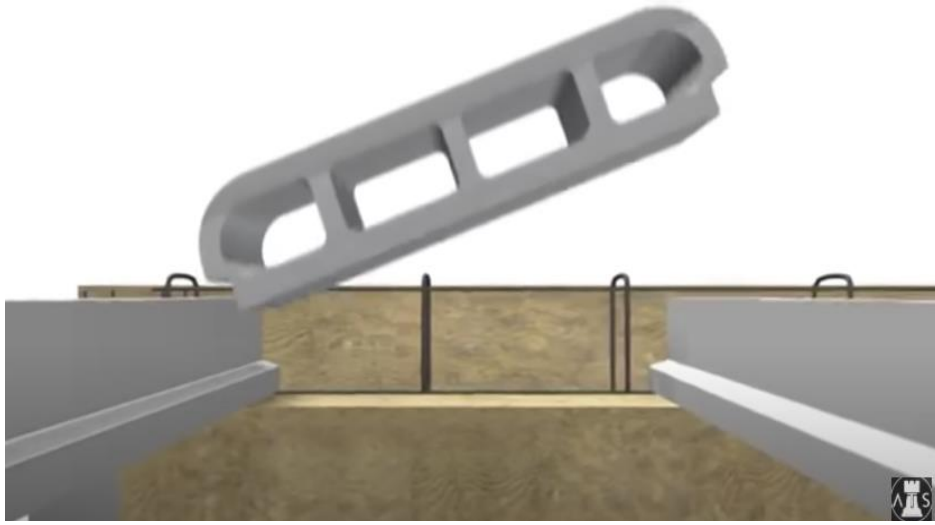


Ilustración 15 Colocación de Bovedillas

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

4. Colocación del armado de acero: se coloca normalmente malla electrosoldada en la parte superior, la cual es amarrada en las traves de la losa.

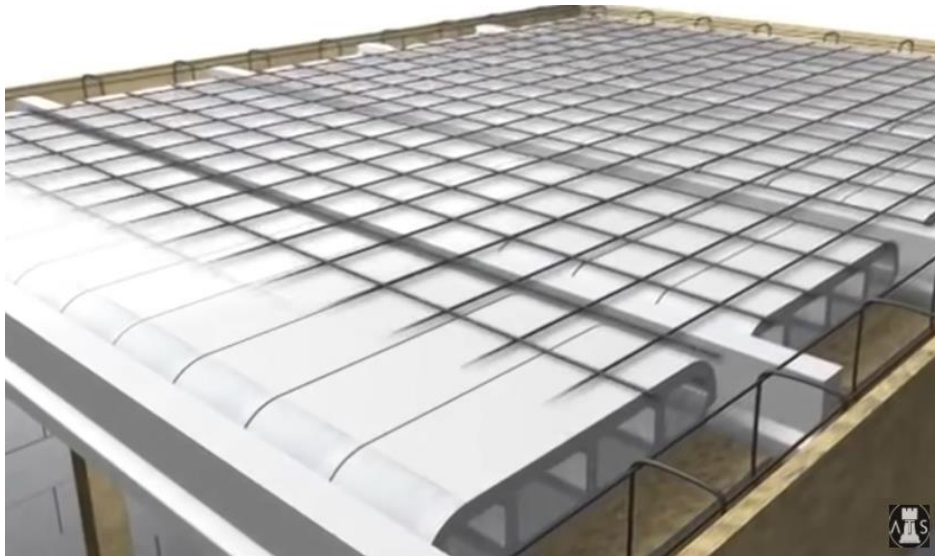


Ilustración 16 Colocación de Malla Electrosoldada

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

5. Colado de concreto: Se procede con el proceso del colado del concreto y posteriormente se realiza su curado.

3.2.3.3 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOSAS DE ACERO:

1. Instalación de lámina estructural: Se debe recortar la lámina según las medidas de la losa, estas se atornillan en los largueros, ya sean joist o vigas, por medio de pernos.



Ilustración 17 Cortado de Lámina Estructural

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)



Ilustración 18 Colocación de la Lámina

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)



Ilustración 19 Sujeción por medio de Pernos

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

2. Encofrado de la losa: se realiza el encofrado perimetral de la losa.

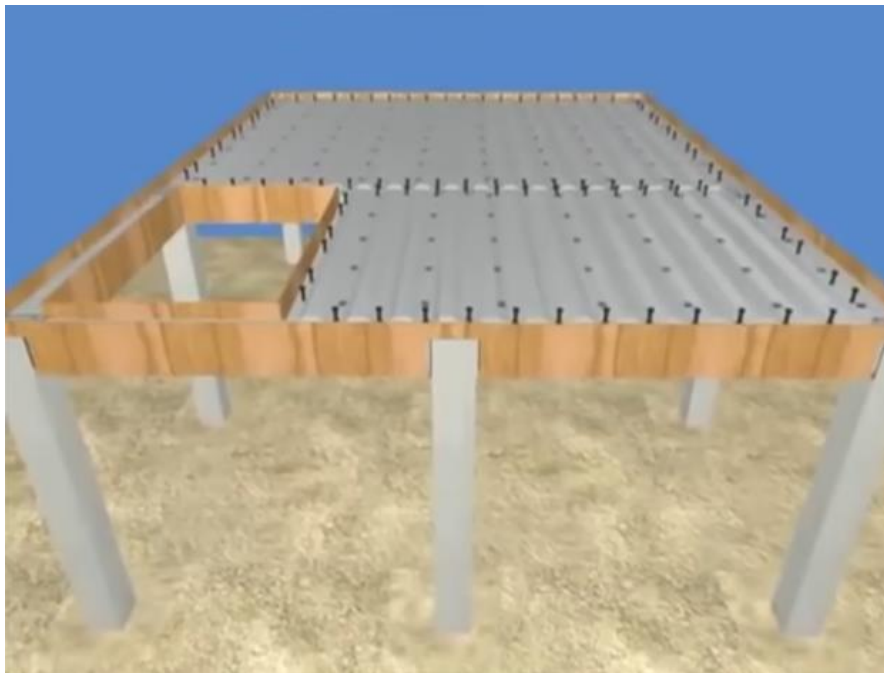


Ilustración 20 Encofrado Perimetral

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

3. Colocación de malla electrosoldada: se debe colocar los separadores sobre la estructura metálica y colocar la malla electrosoldada.

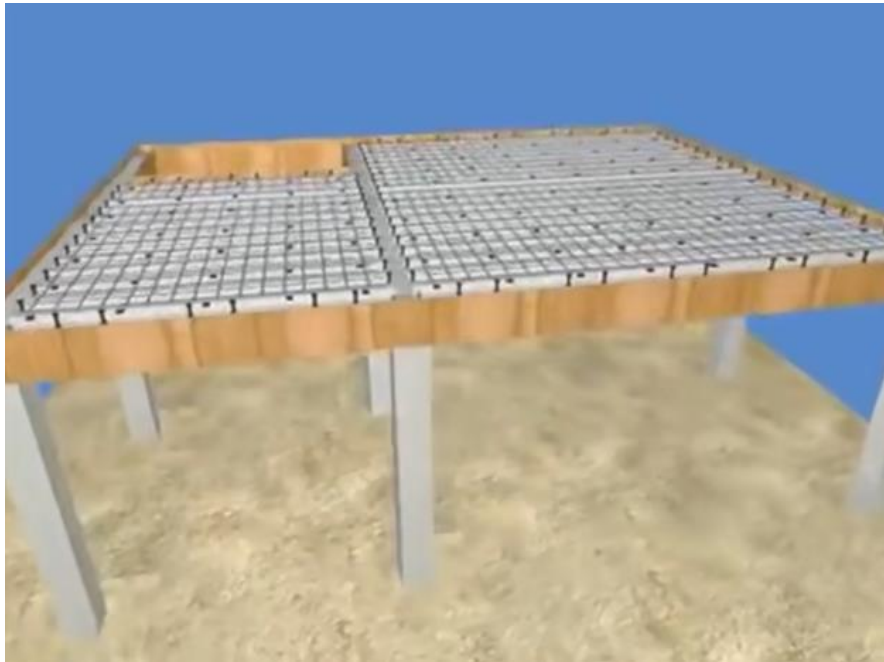


Ilustración 21 Colocación de la Malla Electrosoldada

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

4. Colado del concreto: se cola la mezcla de concreto sobre la estructura. Esta puede ser mezcla realizada en el sitio o concreto premezclado.



Ilustración 22 Colado del Concreto

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

2.3.3.4 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOSAS NERVADAS

1. Encofrado: Se realiza el encofrado incluyendo los largueros, luego los puntales y la cama de duelas o triplay.



Ilustración 23 Encofrado

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

2. Armado de cerraduras y armado de las nervaduras:



Ilustración 24 Armado de Nervaduras

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

3. Colocación de casetones:



Ilustración 25 Colocación de Casetones

Fuente: (ARTOSKETCH, 2019)

4. Encofrado perimetral: se realiza todo el encofrado perimetral por medio de tablonces de madera.
5. Colocación del armado de acero: se debe colocar la malla electrosoldada utilizando separadores para mantener la altura de diseño para el recubrimiento del concreto.
6. Colado del concreto: Se verte la mezcla del concreto.

2.3.3.5 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOSAS POSTENSADAS

1. Colocación del encofrado: se realiza el encofrado losa de toda la planta o nivel, este se realiza colocando primeramente los puntales sobre los cuales se colocan las vigas de maderas provisionales que soportaran las placas de acero sobre las cuales se verterá el concreto.

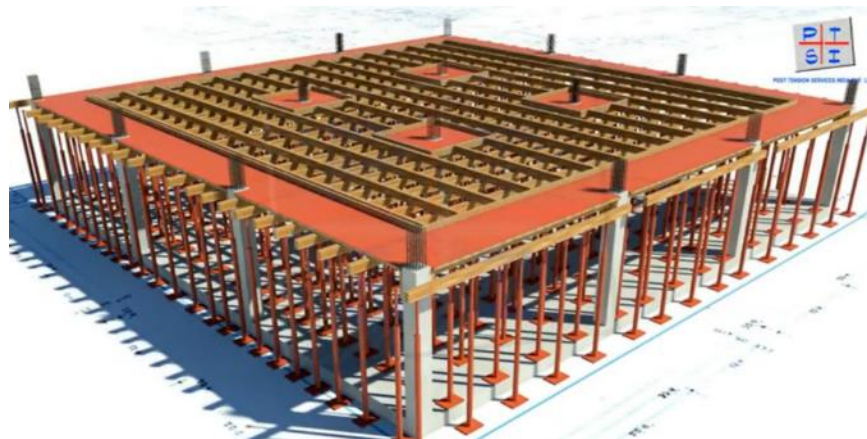


Ilustración 26 Encofrado de Losa Postensada

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

2. Colocación del armado del acero secundario: se debe realizar el armado de los estribos las vigas el armado del acero en alrededor de las columnas para evitar el punzonamiento en la losa. También se coloca la malla electro soldada en toda la losa como refuerzo por temperatura.



Ilustración 27 Armado del Acero

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

3. Colocación del encofrado perimetral: en el encofrado perimetral se deben colocar los respectivos anclajes para los torones necesarios para el postensado de la losa.



Ilustración 28 Anclajes para los Torones del Postensado

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

4. Instalación de torones: los torones o cables utilizados para el postensado deben ser de alta resistencia, normalmente G70, estos son engrasados, para evitar que exista fricción al momento de tensar los cables, y revestidos para evitar la corrosión. Los cables deben de seguir las trayectorias de diseño para contrarrestar los momentos generados por las cargas, para esto se utilizan separadores para mantener los cables en la posición correcta.

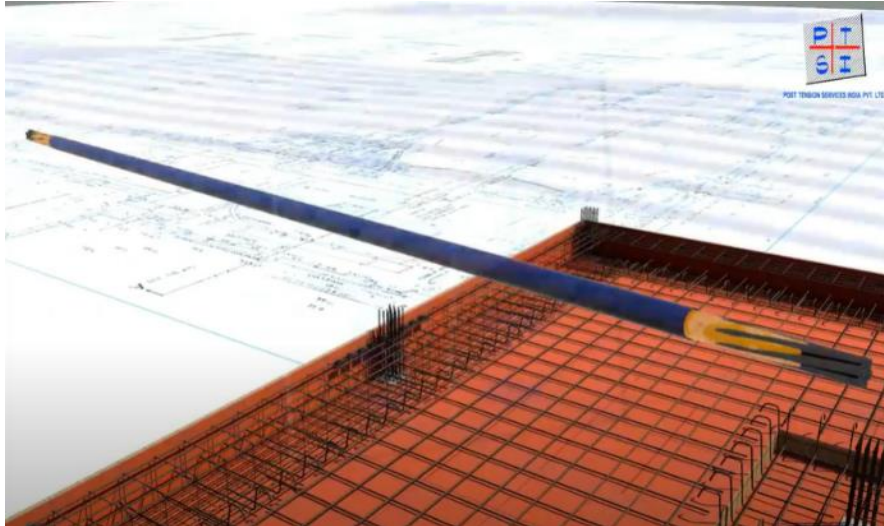


Ilustración 29 Cables Revestidos para Postensado

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)



Ilustración 30 Colocación de los Cables como Vigas del Sistema

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)



Ilustración 31 Colocación de Cables de la Losa

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)



Ilustración 32 Cableado de la Losa

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

5. Colado del concreto: Se realiza el colado de la mezcla de concreto en toda la losa.



Ilustración 33 Colado del Concreto

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

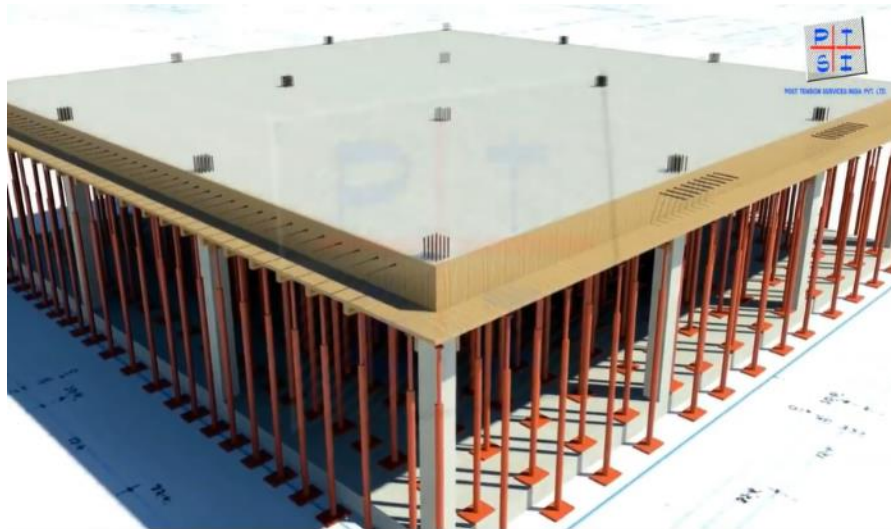


Ilustración 34 Losa Fundida

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

6. Tensado de los torones: para el tensado de los cables primeramente es necesario remover de los anclajes los bloques de postensado, se debe de hacer limpieza de cada uno de estos anclajes para proseguir con la instalación de las cuñas para realizar el tensado. Seguidamente se procede al tensado utilizando un gato hidráulico, este se coloca en cada uno de los cables y los tensa según las especificaciones de diseño para alcanzar la presión necesaria para contrarrestar las cargas. Luego deben cortar los excesos de cable y rellenar con lechada los anclajes.



Ilustración 35 Removido de Bloques de Postensado

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)



Ilustración 36 Limpieza de los Anclajes

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

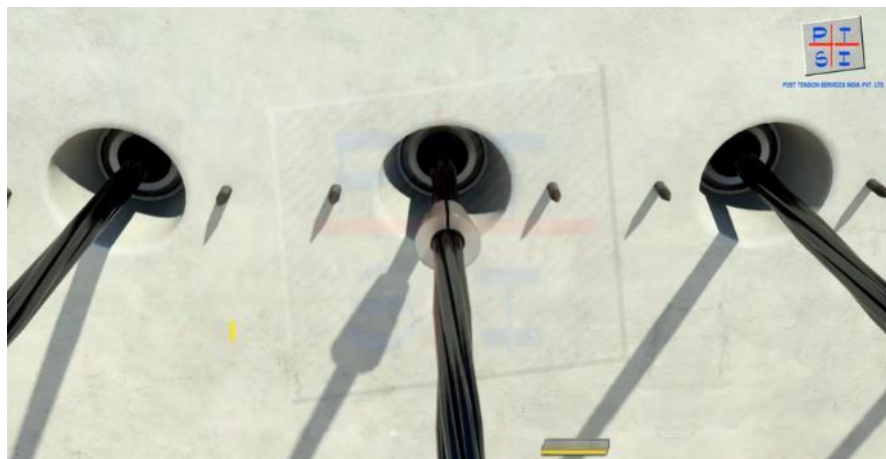


Ilustración 37 Instalación de Cuñas

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)



Ilustración 38 Tensado de Cables con Gato Hidráulico

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)



Ilustración 39 Cable Tensado

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

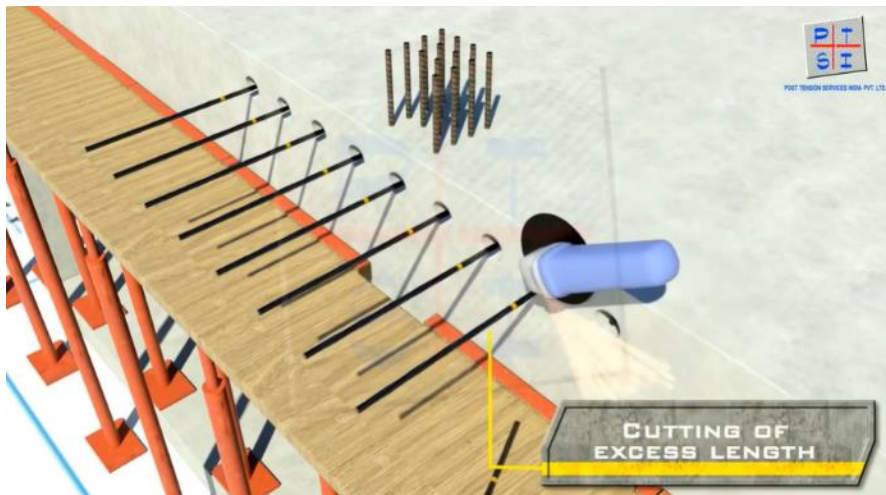


Ilustración 40 Cortado de Exceso de Cables

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

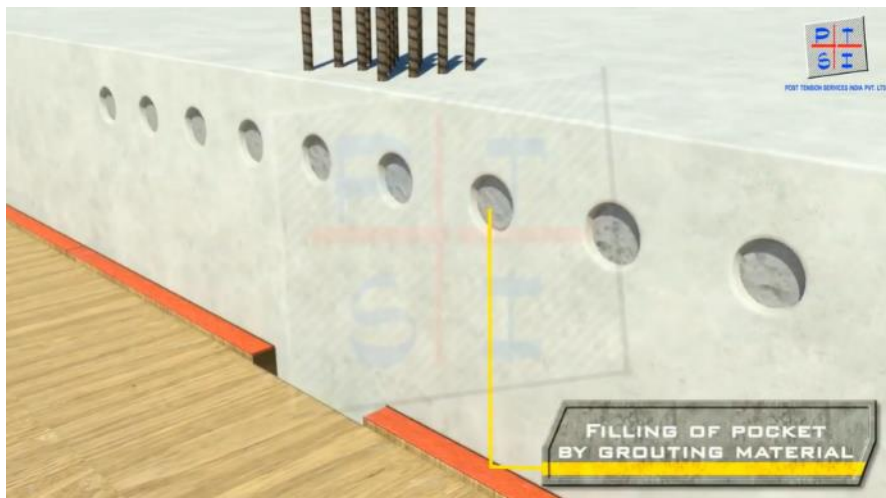


Ilustración 41 Relleno de Anclajes con Lechada

Fuente: (Arquitectura Integral, 2019)

3.2.4 USO DE SISTEMAS EN EDIFICIOS

La función de los sistemas de losa de entrepiso en edificaciones se puede clasificar de la siguiente manera:

3.2.4.1 FUNCIÓN ARQUITECTÓNICA:

Separa los espacios verticales en un edificio, formando los diferentes niveles de una construcción.

3.2.4.2 FUNCIÓN ESTRUCTURAL:

Las losas tienen que ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, lo mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos y revoques.

Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas o, dicho de otra manera, sobre el tablero, por lo que su comportamiento está dominado por flexión, ya que comúnmente las fibras de la parte superior están sometidas a compresión y las fibras inferiores están sometidas a tracción. (Sarmiento Mera & Simbaña Vinuesa, 2018)

3.3 INGENIERÍA DE VALOR

3.3.1 DEFINICIÓN

La Ingeniería de Valor se define como "una técnica para lograr mejoras en la productividad, además de que brinda los medios para el control de los costos durante el ciclo de vida del producto/servicio, sin sacrificar la confiabilidad de este". (S. Elías, 1998)

La Ingeniería de Valor busca obtener un equilibrio entre costos, calidad y la funcionalidad del producto, busca mejorar la gestión de las capacidades del personal y promover el cambio continuo mediante la eliminación de costos innecesarios.

3.3.2 HISTORIA

En 1947 a Lawrence D. Miles, gerente de la empresa "General Electric", desarrolló una metodología de trabajo en equipo orientada principalmente a la reducción de costos mediante un análisis sistemático de los productos. Miles nombró la metodología como

"Análisis de valor", y debido a esta contribución él es considerado el fundador de la metodología del valor.

El término valor quedó definido como una relación entre las funciones de las prestaciones del producto y su costo. La metodología del "Análisis de Valor" se expandió rápidamente desde su aplicación en el departamento de compras de la compañía, hacia las etapas de ingeniería y producción, donde recibió el nombre de "Ingeniería de Valor". Rápidamente fue tomando auge la aplicación de dichos conceptos y se fueron expandiendo alrededor de otras industrias, otras ciudades e incluso otros países. (Carrillo, 2005, Pág. 7-8)

3.3.3 ETAPAS DEL PROCESO DE INGENIERÍA DE VALOR

Las etapas del proceso de Ingeniería de Valor conforman lo que se conoce como el Plan de trabajo. El Plan de trabajo es la guía que define las actividades requeridas para llevar a cabo un proyecto y determina la combinación más económica de funciones para llevarlo a cabo. Las etapas del proceso según Lawrence son las siguientes, se recomienda que estas se realicen en el orden establecido para obtener resultados óptimos: Lawrence (1972)

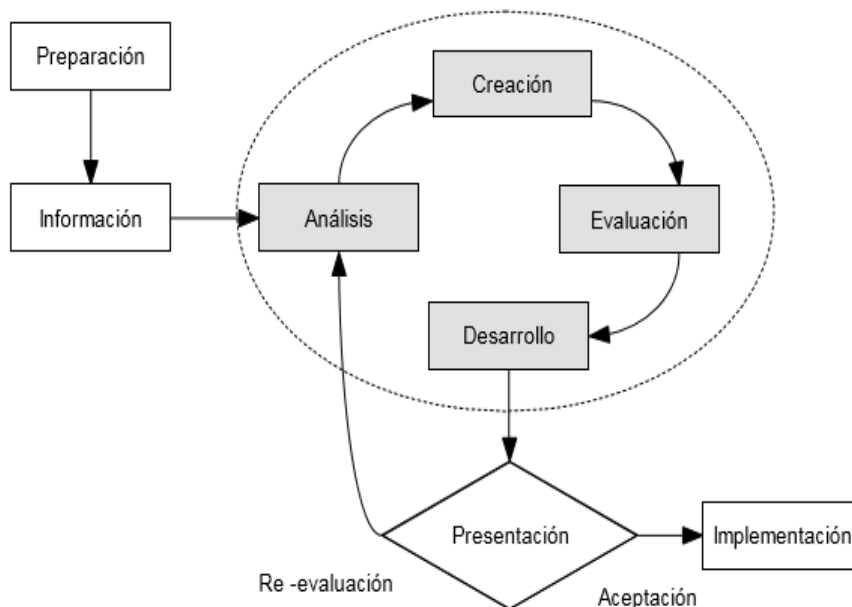


Ilustración 42 Proceso de Análisis de Valor

Fuente: (Lawrence, 1972)

3.3.3.1 Preparación

Planear y preparar el proceso de Ingeniería de Valor, en base a:

- a) Definición del panorama del proyecto.
- b) Integración de equipos para llevar a cabo el estudio.
- c) Identificación de fuentes de información.
- d) Definición de los criterios de valor.

3.3.3.2 INFORMACIÓN

Obtener la información completa y exacta relacionada con el producto. Para esto es necesario:

- a) Revisar la información obtenida en la fase de preparación.
- b) Identificar y localizar cualquier dato faltante.
- c) Asegurar que la información está organizada de la forma más útil.

3.3.3.3 ANÁLISIS

Lograr un completo entendimiento de las funciones del producto, identificando áreas de mejora. Para lograr lo anterior se realiza el diagrama FAST (Function Analysis System Technique), así como la matriz de funciones/costos.

3.3.3.4 CREACIÓN

Generar soluciones para las áreas de oportunidad detectadas basadas en la función, se pueden seguir estos pasos:

- a) Establecer una atmósfera creativa.
- b) Generar ideas relevantes para los problemas identificados.
- c) Combinar y refinar las ideas.

3.3.3.5 EVALUACIÓN

Seleccionar las ideas más prometedoras para un desarrollo futuro. Para esto es necesario:

- a) Desarrollar las ideas generadas para cada función.
- b) Identificar y seleccionar la mejor solución.
- c) Nominar a un ganador, para desarrollar cada solución conceptual.

3.3.3.6 *DESARROLLO*

Realizar el diseño de las propuestas de mejora:

- a) Realizar análisis y diseño de ingeniería basados en cada concepto seleccionado.
- b) Definir y cuantificar los costos y beneficios asociados con los cambios.

3.3.3.7 *PRESENTACIÓN*

Obtener la aceptación para los cambios propuestos, por parte de los directivos de la compañía.

- a) Presentar las ideas a los directivos de la compañía resaltando los beneficios.

3.3.3.8 *IMPLEMENTACIÓN*

Implementar los cambios aceptados durante la etapa de presentación:

- a) realizar desarrollo detallado
- b) implementar los cambios en las operaciones de la compañía
- c) realizar seguimiento e identificar áreas que requieran trabajo adicional

Como primer paso de la metodología, las "Funciones" de los productos o servicios que deben lograrse se analizan desde el punto de vista del cliente, reuniendo una variedad de información e ideas sobre las medidas para cumplir dichas funciones. El siguiente paso es generar las ideas, a veces se combinan o desarrollan diferentes ideas, luego se evalúan estas ideas para finalmente elegir la(s) mejor(es). Se llama "Team Design", una serie de procesos para realizar la medida que logra de forma segura las funciones que el cliente necesita a un costo de ciclo de vida más bajo. (Society of Japanese Value Engineering [SJVE], 1997)

3.3.4 BUENAS PRÁCTICAS DE LA INGENIERÍA DE VALOR

- **Sistemas Orientados:** Un plan de trabajo formal para identificar y remover costos innecesarios.
- **Equipo Multidisciplinario:** Contar con un equipo de trabajo experimentado y apto según el tipo de proyecto.
- **Análisis del Ciclo de Vida:** Examinar el costo total del proyecto desde las etapas de planeación y diseño hasta las fases de operación y mantenimiento.
- Una técnica de Administración comprobada.

- Orientado a la Función: Relaciona la función requerida con el valor recibido. (Carrillo, 2005, Pág. 13)

3.3.5 MALAS PRÁCTICAS DE LA INGENIERÍA DE VALOR

- Revisión del Diseño: El objetivo no es revisar los errores que ocurrieron en el diseño.
- Un proceso de Abaratamiento: No busca la reducción de costo sacrificando la funcionalidad.
- Un requerimiento hecho en todos los diseños: No es parte de cada programa de revisión del diseñador, pero es un análisis formal de costos y funciones.
- Control de Calidad: Es más que una revisión de la calidad y fiabilidad de un producto o proyecto. (Carrillo, 2005, Pág. 13)

3.3.6 APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE VALOR EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO

La Ingeniería de Valor en proyectos de construcción se puede presentar en sus diferentes etapas, entre las siguientes fases de diseño, concurso y ejecución.

La Ingeniería de Valor busca lograr un balance entre los servicios que proporcionará el proyecto y el costo del ciclo de vida de este. Para los propósitos de la IV los costos de operación y mantenimiento del proyecto son tan importantes como los costos de construcción, desde la perspectiva de que los costos de operación ocurren durante toda la vida útil del proyecto. (Jergeas & Cooke, 1997)

3.3.6.1 ETAPA DE DISEÑO

Se incluye la perspectiva del dueño, en esta etapa se constituye el tiempo oportuno en el cual se pueden realizar cambios o ajustes, sin que esto incremente el costo del proyecto. La metodología utilizada inicia con la evaluación de las distintas alternativas de métodos y materiales. Se proponen varias ideas las cuales serán evaluadas, se debe tomar en cuenta cada alternativa utilizando el ciclo de vida del costo.

3.3.6.2 CONCURSO

Se generan los documentos de contrato, las especificaciones las cuales pueden diferir entre las producidas por el equipo de diseño y las producidas por el contratista. El dueño debe

tener cuidado en incluir los paquetes de contrato, se deben generar cláusulas que especifiquen claramente que él se verá beneficiado por las prácticas de reducción de costos.

3.3.6.3 EJECUCIÓN

En esta etapa para que el dueño se vea beneficiado se debe aplicar la metodología de la Ingeniería de Valor dentro del contrato de construcción, ya que el contratista debe trabajar de acuerdo con todo lo estipulado en el contrato y tiene la libertad para tomar decisiones siempre y cuando no contradiga nada de lo especificado en el contrato.

3.3.7 INGENIERÍA DE VALOR EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN EN EDIFICACIONES

Tradicionalmente los proyectos de construcción se han gestionado desde si fase inicial hasta la finalización y entrega al usuario o al propietario mediante una metodología analítica que puede dividir el sistema total en partes más pequeñas para acometer cada una por separado. A través del análisis del valor, más efectivo cuando se hace desde la etapa inicial, existe mayor oportunidad de influir en la calidad del proyecto. (NANOPDF Inc. , 2018)

De acuerdo con la normativa ASTM E1699-14 "Práctica estándar para realizar Ingeniería de Valor (VE)/Análisis de Valor (VA) de proyectos, productos y procesos" establece sobre los proyectos relacionados con la construcción de edificios y otros sistemas de ingeniería lo siguiente:

Durante las primeras etapas del diseño, consulte VE/VA como planificación de valor. Utilice el procedimiento para analizar documentos de diseño previo, por ejemplo, documentos de programa y documentos de planificación de espacio. En la etapa de diseño previo, realice VE/VA para definir las funciones del proyecto, y para lograr un consenso sobre la dirección y el enfoque del proyecto por parte del equipo de proyecto, por ejemplo, el propietario, el profesional de diseño, ⁵ el usuario, y el director de obra. (American Society of Testing Materials [ASTM], 2014)

También realice VE/VA durante el diseño esquemático (hasta un 15% de finalización del diseño), desarrollo del diseño (hasta un 45% de finalización del diseño) y documentos de construcción (hasta un 100% de finalización del diseño). Realice estudios de VE/VA en varias etapas de finalización del diseño para definir o confirmar las funciones del proyecto, verificar

los enfoques técnicos y de gestión, analizar la selección de equipos y materiales y evaluar la viabilidad económica y técnica del proyecto. Realice estudios VE/VA simultáneamente con los cronogramas de revisión de diseño del usuario/propietario para mantener el cronograma del proyecto. A través de las etapas de diseño esquemático y desarrollo del diseño, el equipo de VE/VA analiza los dibujos y las especificaciones de cada disciplina técnica. (ASTM, 2014)

Durante la construcción, analice las propuestas de cambio de análisis de valor (VACP)/propuestas de cambio de Ingeniería de Valor (VCEP) del contratista. Los VACP/VECP reducen el costo o la duración de la construcción o presentan métodos alternativos de construcción, sin reducir el rendimiento o la aceptación. Para alentar al contratista a proponer VACP/VECP que valgan la pena, el propietario y el contratista comparten los ahorros resultantes cuando lo permite el contrato. (ASTM, 2014)

IV. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE

La metodología de la Ingeniería de Valor busca analizar y comparar las características de las diferentes soluciones de un servicio o producto y seleccionar la opción que brinde mayor aprovechamiento de los recursos disponibles, tomando en cuenta la relación costo-beneficio. Al aplicar la metodología en los sistemas de losas de entrepiso para edificios el análisis debe ser enfocado desde un punto de vista mixto, ya que es analizado desde un enfoque cualitativo, debido a la necesidad de describir las principales características de los distintos procesos constructivos y desde un enfoque cuantitativo debido al cálculo de los costos y tiempos de cada sistema de losas de entrepiso.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1 Variables de Investigación

Variables Dependientes	Variables Independientes
Losa Maciza	Costo, Propiedades Mecánicas, Propiedades Físicas, Mano de Obra, Materiales, Tiempo de Construcción
Losas Aligeradas Vigueta y Bovedilla	
Losas Aligeradas de Acero	
Losas Nervadas	
Losas Postensadas	

4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES

- Losas Macizas
- Losas Aligeradas Vigueta y Bovedilla
- Losas Aligeradas de Lámina/Acero
- Losas Nervadas
- Losas Postensadas

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Costo: Valoración del costo por m²
- Propiedades Mecánicas: Resistencia a compresión y tensión
- Propiedades Físicas: Espesor del peralte del sistema de losa

- Mano de Obra: Disponibilidad de mano de obra
- Materiales: Disponibilidad en el mercado
- Tiempo: Tiempo de construcción por m²

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Se consideró la metodología de la Ingeniería de Valor para seleccionar el sistema de losas de entepiso para edificios en el M.D.C. aplicando como instrumentos los siguientes programas o medios:

4.3.1 ONLINE ENCUESTA

Online encuesta es un sitio web en el cual se pueden elaborar encuestas electrónicamente realizada en internet donde se comparte la encuesta por medio de un link donde los usuarios pueden llenar la encuesta, el sitio provee los resultados de acuerdo a diagramas y tablas, permite la exportación de todos los resultados a Excel.

4.3.2 CYPE INGENIEROS

CYPE Ingenieros es un software cuya función es elaborar fichas de costos, el software está dividido en categorías para esta investigación se seleccionó la categoría de losas de entepiso donde se colocaban las especificaciones técnicas y el software elaboraba las fichas de costo, lo hace en un costo directo.

4.3.3 EXCEL

Excel es un programa informático desarrollado por Microsoft Corp. Es un software que permite realizar tareas contables y financieras, cuenta con múltiples funciones desarrolladas específicamente para ayudar y crear hojas de cálculos.

4.3.4 PROJECT

Es un software de administración de proyectos y programas de proyectos hecho para que los gerentes de proyectos puedan controlar sus proyectos, asignando tareas, administrando recursos y haciendo informes.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población analizada corresponde a un total de 32 ingenieros civiles, entre conocidos por los alumnos investigadores y aquellos que, por referencia de los docentes de la rama estructural de la carrera de Ingeniería Civil y postgrado en estructuras de UNITEC, se identificaron como profesionales que se dedican a la construcción de edificios en el Distrito Central.

Se consideró un porcentaje de confiabilidad de 90%, un porcentaje de error de 10% y una proporción de éxito y fracaso de 70-30, dada la probabilidad de respuesta debido al tiempo de pandemia. Una vez definidos estos datos se calcula la muestra de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{d^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

Ecuación 1 Muestra para Población Finita

Fuente: (Borjas, 2005)

Donde:

- p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia
- q = proporción de la población de referencia que no representa el fenómeno en estudio (1-p). La sumatoria de p y q es igual a 1.
- N = tamaño de la población
- Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal, llamado también nivel de confianza.
- d = nivel de precisión absoluta, referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

Aplicando la "Ecuación 1" se obtiene el siguiente resultado:

$$n = \frac{32 * 1.91^2 * 0.7 * 0.3}{0.1^2(32 - 1) + 1.91^2 * 0.7 * 0.3}$$

$$n \approx 23 \text{ personas}$$

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Para aplicar la metodología de la Ingeniería de Valor se debe seguir el orden anteriormente mencionado en el Marco Teórico donde se explica por medio de un diagrama la metodología para realizar el estudio del valor. Por medio de esta metodología se presenta una propuesta para la aplicación de estas herramientas en la industria de la construcción.

4.5.1 ETAPA I. PREPARACIÓN

En esta etapa se conforma el equipo de trabajo, el cual estará encargado del desarrollo de la metodología, criterio y los factores para determinar el óptimo sistema de losa de entrepiso.

Tabla 2 Conformación del Equipo de Trabajo

Proyecto		
Equipo de Trabajo		
Sistema por Evaluar		
Etapa	I	

Equipo de Trabajo		
Nombre	Teléfono	E-mail

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.1.1 DEFINIR LOS OBJETIVOS DE ESTUDIO

Al implementar la metodología de la Ingeniería de Valor se deben establecer las metas y beneficios que se esperan obtener como resultado. Se debe generar una "lluvia de ideas" donde se deben definir las áreas en las cual se espera obtener una mejora. Es muy importante colocar los objetivos.

Tabla 3 Objetivos de Estudio

Proyecto:	
Equipo de Trabajo	
Sistema por Evaluar	
Etapa	I

Objetivos del Estudio	
Elemento o sistema que se quiere innovar	
¿Para qué se quiere innovar?	
Beneficios que se espera tener	

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.2 ETAPA II. INFORMACIÓN

4.5.2.1 DEFINIR LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

En esta etapa se deben definir los criterios en base a los cuales se realizará el análisis, es importante que los criterios definidos en este apartado están en función de los beneficios que se quieren alcanzar al realizar estudio y que varían para cada caso particular de la aplicación de la metodología. (Carrillo, 2005)

Tabla 4 Criterios de Evaluación

Criterios de Evaluación	
Criterio	Definición
Criterio 1	Definición del criterio
Criterio 2	
⋮	
Criterio n	

Fuente: (Carrillo, 2005)

Se determinan requerimientos o requisitos específicos, en los cuales se procura que los criterios propuestos cumplan con ellos. En estos se pueden incluir ciertas observaciones o sucesos que los investigadores consideren con suficiente importancia. La tabla mostrada a continuación se utiliza para enfocar los requerimientos y observaciones propuestas para la investigación.

Tabla 5 Requerimientos Especiales de cada Criterio de Evaluación

Proyecto	
Equipo de Trabajo	
Sistema por Evaluar	
Etapa	II

Criterios de Evaluación		
Criterios de Evaluación	Requerimiento	Observación
Criterio 1	Característica esperada del criterio	Alguna característica importante que hay que rescatar
Criterio 2		
⋮		
Criterio n		

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.2.2 DEFINIR LÍNEA BASE DE COMPARACIÓN

En este apartado se debe definir la línea base de comparación del estudio, donde se deben definir las características del sistema actual referente a los criterios de evaluación establecidos. Las características definidas servirán como referencia para la definición de mejoras que presenta cada una de las propuestas.

Tabla 6 Línea Base de Comparación correspondiente a la Tecnología Actual

Proyecto	
Equipo de Trabajo	
Sistema por Evaluar	
Etapa	II

Base de Comparación	
Criterios de Evaluación	Características
Criterio 1	Característica esperada del criterio
Criterio 2	
⋮	
Criterio n	

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.3 ETAPA III. ANÁLISIS

Se deben identificar las condiciones presentes y condiciones esperadas, se deben definir claramente las funciones realizadas de edificación utilizadas actualmente. Es importante definir las condiciones en verbo y sustantivo, ya que así resulta más sencilla su identificación.

Tabla 7 Condiciones Actuales y Esperadas

Proyecto	
Equipo de Trabajo	
Sistema por Evaluar	
Etapa	II

Condiciones Actuales	Condiciones Esperadas

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.4 ETAPA IV. CREACIÓN

4.5.4.1 PROPONER ALTERNATIVAS QUE SATISFAGAN LAS CONDICIONES ESPERADAS

Como parte de esta etapa se realiza una lluvia de ideas entre el equipo de trabajo, para determinar las alternativas que serán sometidas a evaluación, este será un primer filtro, ya que es de vital importancia para el estudio, que se evalúen aquellas propuestas que cumplan con la mayoría de los criterios de evaluación esperados por el constructor.

Tabla 8 Alternativas que satisfacen las Condiciones Esperadas

Proyecto	
Equipo de Trabajo	
Sistema por Evaluar	
Etapa	II

Generación de Ideas

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.4.2 ELABORACIÓN TABLA DE COSTOS

Se debe realizar una tabla de costos la cual debe contener los costos y rendimientos de la línea base de comparación de acuerdo con las características definidas se debe realizar a base de costo directo.

Tabla 9 Análisis de Costos

Descripción de Actividad				
Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
Materiales				
	Ítem 1			
	Ítem 2			
				Subtotal Materiales
Equipo y Maquinaria				
	Ítem 3			
				Subtotal Equipo y Maquinaria
Mano de Obra				
	Ítem 4			
				Subtotal Mano de Obra
Herramienta Menor				
	Ítem 5			
				Subtotal Herramienta Menor
				Costos Directos

4.5.6 ETAPA V. EVALUACIÓN

4.5.6.1 JUSTIFICAR LAS ESCALAS DE CALIFICACIÓN A UTILIZAR

En esta sección se designa una escala de calificación para cada criterio de evaluación. Esta escala es definida por el equipo de trabajo basándose en el desempeño de la tecnología constructiva estudiada.

Mediante una escala del 1 al 4 como se demuestra en la siguiente tabla, se justifican las escalas correspondientes a cada criterio de evaluación previamente definido.

Es válido destacar que se utiliza una escala de número par con el fin de evitar calificaciones centralistas forzando a que los resultados reflejen el comportamiento real de cada sistema estudiado.

Tabla 10 Justificación de Escalas de Clasificación

Tabla de Justificación de Escala			
Criterios de Evaluación	Definición	Escala	Unidad de Medida/Cuantificación
Criterio 1	Definición del criterio que se evaluará	4	Se considera como la máxima puntuación
		3	
		2	
		1	Se considera la mínima puntuación
Criterio 2	Definición del criterio que se evaluará	4	Se considera como la máxima puntuación
		3	
		2	
		1	Se considera la mínima puntuación
Criterio 3			
⋮			
Criterio n			

Fuente: (Carrillo, 2005)

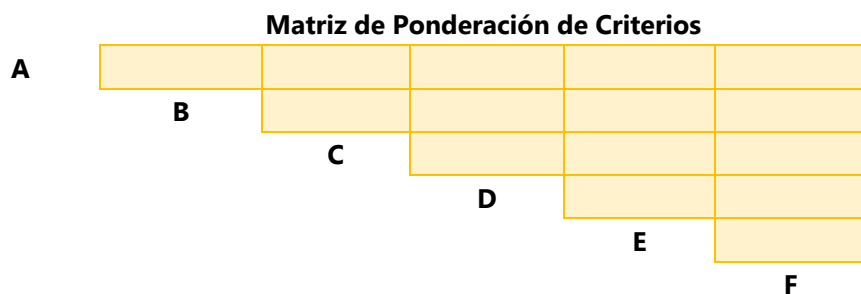
4.5.6.2 PONDERAR LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se basa en definir el porcentaje de importancia que tiene cada criterio de evaluación. Esto resulta de suma importancia dado que justifica el porqué del peso asignado. Para poder realizarlo se hace uso de la herramienta de matriz para la ponderación de cada criterio.

En esencia se busca comparar los criterios de evaluación y determinar cuales tienen mayor, menor o igual grado de importancia.

Tabla 11 Matriz de Ponderación de los Criterios de Evaluación

Proyecto	
Equipo de Trabajo	
Sistema por Evaluar	
Etapa	



Criterios de Evaluación			
ID	Descripción	Total	% Total
A	Criterio 1		
B	Criterio 2		
C	Criterio 3		
	⋮		
	Criterio n		
Total			

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.6.3 EVALUAR CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS

Primero se debe determinar el nivel de importancia de cada uno de los criterios considerados para considerados en la investigación. Luego se debe de evaluar las alternativas investigadas en cada criterio de evaluación. Cada una de las alternativas deberá de ser evaluada con un puntaje entre 1 y 4, la calificación deberá depender de las características que posee cada alternativa. La siguiente tabla clasificará a cada uno de los criterios propuesto.

Tabla 12 Matriz de Evaluación de Criterios

Matriz de Evaluación de Criterios							
Criterio de Evaluación	Peso	Concepto	Calificación				Total
			1	2	3	4	
Criterio 1		Alternativa 1					
		Alternativa 2					
		⋮					
		Alternativa n					
Criterio 2							

⋮							
Criterio n							

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.7 ETAPA VI. DESARROLLO

4.5.7.1 DESARROLLAR LA SOLUCIÓN VIABLE DEL ESTUDIO

Una de las actividades siguientes, una vez que se han evaluado cada una de las alternativas y que se tiene la calificación total recibida por cada una de ellas, es y el sistema actual.

La información contenida en la tabla reflejará el puntaje obtenido por cada alternativa y lo comparará contra el actual, de esta manera se proporcionará información referente al porcentaje de mejora de cada alternativa, el cual se determina tomando como 100% la tecnología de edificación actual y se compara contra las alternativas propuestas. De la misma manera se hace una comparativa en cuanto al costo y se proporciona el índice de valor definido como el cociente de la calificación total recibida por cada alternativa entre su costo. Se determina así un porcentaje de mejora en costo.

La columna (1) de la tabla 13 indica la tecnología de edificación utilizada actualmente, y las alternativas que serán evaluadas; la columna (2) total, indica la calificación obtenida por cada una las alternativas producto de la suma de cada una de las calificaciones asignadas a cada uno de los criterios; la columna (3) porcentaje de mejora, se refiere al porcentaje de mejora obtenido por cada alternativa respecto a la calificación obtenida por la tecnología actual; la columna (4) costo total, se refiere al costo de cada una de las alternativas en estudio; el índice de valor columna (5) se determina mediante una relación entre la calificación obtenida por cada alternativa la cual se obtuvo de acuerdo a los requerimientos cumplidos, respecto al costo de cada alternativa y finalmente la columna (6) % de mejora del índice del valor, se define como la relación entre el índice de valor de cada alternativa con respecto al índice de valor de la tecnología actual.

Tabla 13 Desempeño de las Alternativas

Alternativa	Total	% de Mejora	Costo Total	Índice de Valor (P/C)	% de Mejora del Índice de Valor
Sistema actual					
Alternativa 1					
Alternativa 2					
Alternativa 3					
⋮					
Alternativa n					

Fuente: (Carrillo, 2005)

Enseguida se desarrolla una tabla en la cual se demuestra la medida de desempeño de la alternativa elegida y se compara con la alternativa actual.

Tabla 14 Medida de Desempeño de la Alternativa Ganadora

Proyecto			
Equipo de Trabajo			
Sistema Por Evaluar			
Etapas			
Medida de Desempeño			
Criterios de Evaluación	Desempeño	Tecnología Actual	Alternativa Propuesta
Criterio 1	Calificación		
	Peso		
	Calificación Parcial		
Criterio 2	Calificación		
	Peso		
	Calificación Parcial		
Criterio 3			
⋮			
Criterio n			
Calificación Total			
% Mejora			

Fuente: (Carrillo, 2005)

4.5.8 PRESENTACIÓN

Se debe realiza la presentación de los resultados del estudio a los interesados en los términos de los beneficios que le traerá al usuario. Dicha presentación se puede resumir como “vender la idea”, ya que es aquí donde se presenta a los directivos de la empresa la mejor solución de propuesta de innovación para el elemento que se está realizando el estudio, según el criterio de los integrantes del equipo y en base al resultado arrojado por la evaluación. Si la propuesta se acepta entonces se continúa con la implementación y si no es así, se reevalúa la opción propuesta para detectar posibles fallas, y definir la mejor solución de acuerdo con los criterios solicitados por los interesados en el estudio. (Carrillo, 2005)

4.5.9 IMPLEMENTACIÓN

Una vez aprobada la propuesta para la innovación de la tecnología, esta se implementa para observar su desempeño y a la par hacer revisiones periódicas para determinar si realmente se están obteniendo los resultados esperados. El hacer revisiones periódicas del desempeño del sistema implementado, es muy importante para colaborar con la filosofía de mejora continua dentro de la inmobiliaria, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos del estudio y en consecuencia de la inmobiliaria en su totalidad. (Carrillo, 2005)

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA METODOLOGÍA

En la etapa de preparación se definieron los objetivos de la investigación según la metodología.

Tabla 15 Objetivos Definidos

Proyecto: Selección de Sistemas de Losas de Entrepiso para Edificios Aplicando Ingeniería de Valor	
Equipo de Trabajo:	Delmis Álvarez, Alex Villatoro
Sistema por evaluar:	Sistemas de Losas de Entrepiso
Etapa:	Etapa I

Objetivos del Estudio	
Elemento o sistema que se quiere innovar	Sistemas de losas de entrepiso
¿Para qué se quiere innovar?	Para determinar el sistema constructivo óptimo respaldado por el estudio comparativo de la Ingeniería de Valor.
Beneficios que se espera tener	Establecer el sistema constructivo óptimo en base a los criterios de evaluación.

Fuente: Elaboración propia

5.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

De acuerdo con la metodología de la Ingeniería de Valor se escogieron los siguientes criterios como puntos de evaluación para seleccionar el sistema óptimo. Se debe tomar la consideración que los edificios analizados cumplen con las siguientes características:

- Edificio analizado tipo apartamento
- Numero de entrepisos (7-10)
- Luz de los claros de los sistemas de losa de entrepiso (4-6 metros)

Se decidió analizar este tipo de edificación debido a que el fomento a la construcción de esta modalidad de vivienda trae una diversidad de beneficios, ya que permite el acceso a la vivienda dentro zonas urbanas de mayor importancia del país, como es San Pedro Sula y el Distrito Central, en donde el alto costo de la tierra y la dificultad a la adquisición de una vivienda. Lo que se busca es la construcción de este tipo de complejos que tengan la infraestructura necesaria para el fácil acceso a los servicios básicos, estar mas cerca del

trabajo, escuela, instituciones bancarias y centros de recreación, los cuales son los aspectos de mayor importancia considerados por los compradores de vivienda. (Amaya, 2019)

Esto mejoraría la calidad de vida de las familias y contribuye a la estructuración más ordenada de las ciudades y permite al sector construcción generar empleos adicionales.

Tabla 16 Criterios de Evaluación

Proyecto		Selección de Sistemas de Losas de Entrepiso para Edificios Aplicando Ingeniería de Valor
Equipo de Trabajo	Delmis Álvarez, Alex Villatoro	
Sistema por Evaluar	Sistemas de Losas de Entrepiso	
Etapa	Etapa II	

Criterios de Evaluación	
Criterio	Descripción
Costo	Valoración del costo directo por m ² .
Tiempo	Tiempo necesario por m ² para la construcción, instalación y ejecución del sistema de losa.
Propiedades Físicas	Grado de desempeño en propiedades como peso volumétrico y térmico-acústicas
Propiedades Mecánicas	Grado de desempeño en propiedades de la resistencia
Disponibilidad de Materiales	Nivel de disponibilidad a la adquisición de los materiales necesarios para ejecutar la actividad.
Mano de Obra Calificada	Nivel técnico o de conocimiento que es requerido para desarrollar la actividad.

Fuente: Elaboración propia

Para cada uno de los criterios se deben determinar los requerimientos que se espera cumpla la propuesta elegida, por lo que se incluyó un requerimiento y observaciones de cada criterio.

Tabla 17 Requerimientos y Observaciones de los Criterios de Evaluación

Proyecto		Selección de Sistemas de Losas de Entrepiso para Edificios Aplicando Ingeniería de Valor
Equipo de Trabajo	Delmis Álvarez, Alex Villatoro	
Sistema por Evaluar	Sistemas de Losas de Entrepiso	
Etapa	Etapa II	

Criterios de Evaluación		
Criterios de Evaluación	Requerimiento	Observación
Costo	Represente un bajo costo a nivel global, desde la instalación hasta el mantenimiento.	Los materiales deben cumplir con los parámetros o especificaciones establecidas.
Tiempo	Generar una distribución en los tiempos por m ² de ejecución de cada proceso constructivo.	Se debe considerar la totalidad del tiempo del procedimiento constructivo.
Propiedades Físicas	Sistemas de losas con menores pesos propios cumpliendo con las especificaciones técnicas.	Brindar un aporte en el aspecto arquitectónico generando losas de menor espesor.
Propiedades Mecánicas	Sistemas de losas con altas resistencias y rigidez adecuada.	Cumplir con las normativas y especificaciones técnicas del diseño.
Disponibilidad de Materiales	Menor grado de dificultad para la adquisición de los materiales necesarios para los procesos constructivos.	Los materiales deben cumplir con las especificaciones técnicas.
Mano de Obra Calificada	Nivel de técnico necesario para desarrollar la actividad.	Experiencia y conocimiento básico para la implementación del proceso constructivo.

Fuente: Elaboración propia

5.3 CONDICIONES ACTUALES Y ESPERADAS

En este apartado se pretende presentar las condiciones actuales y las esperadas. En las condiciones actuales se menciona lo que está sucediendo, básicamente que es lo que está fallando y se debe mejorar. En las condiciones esperadas se puede mencionar como una recomendación preliminar de la investigación, es la capacidad que se le brindará a la persona que lea el documento.

Tabla 18 Condiciones Actuales y Esperadas

Proyecto:	Selección de Sistemas de Losas de Entrepiso para Edificios Aplicando Ingeniería de Valor
Equipo de Trabajo	Delmis Álvarez, Alex Villatoro
Sistema por Evaluar	Sistemas de Losas de Entrepiso
Etapas	Etapas III

Condiciones Actuales	Condiciones Esperadas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de criterios al momento de seleccionar un sistema de losa de entrepiso. ▪ Selección de sistemas de losas menos eficientes que otros según sus condiciones. ▪ Desaprovechamiento de las propiedades físicas y mecánicas de los sistemas de losas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de criterios en la selección de sistemas eficientes según las especificaciones técnicas del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

5.4 ANÁLISIS DE COSTOS

Se han analizado los costos unitarios de cada uno de los sistemas de losas de entrepiso, de manera que fuera posible realizar una comparación entre las losas macizas, losas nervadas, losas aligeradas de vigueta y bovedilla, losas aligeradas de lámina acero y losas postensadas. Se compararon los costos unitarios de cada uno de estos sistemas, debido a que el costo es uno de los criterios con mayor importancia en esta investigación.

5.4.1 COSTOS UNITARIOS DE LOSAS:

Utilizando el software CYPE Ingenieros (de acceso libre) se realizó un análisis de los costos por m² para la construcción de los siguientes sistemas de losas de entrepiso: losas macizas, losas nervadas, losas aligeradas de vigueta y bovedilla, losas aligeradas de lámina acero,

A continuación, se presentarán en la siguiente tabla resumen los costos obtenidos con el software:

Tabla 19 Costos Unitarios de los Sistemas de Losas de Entrepiso

Sistema de Losas de Entrepiso	Costo Unitario (L/m ²)
Losas Aligeradas de Láminas de Acero	L1,042.93
Losas Aligeradas de Viguetas y Bovedillas	L1,163.19
Losas Nervadas	L1,210.45
Losas Macizas	L1,526.06

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 COSTO UNITARIO LOSA POSTENSADA

Debido al alto grado de tecnicismo y complejidad para la construcción de losas postensadas es requerido personal especializado para elaborar este tipo de fichas de costos para este sistema de losa de entrepiso, por lo que se acudieron a empresas dedicadas a su elaboración, siendo pocas las empresas que brinda el servicio de losa postensadas y a sus estrictas políticas de confidencialidad con referencia a sus costos directos, no fue posible obtener acceso a una ficha de costo unitaria para este sistema de losa. El precio unitario considerado para este sistema es un aproximado brindado por ingenieros expertos que han trabajado con este sistema de losa de entrepiso. Se consideró un precio unitario aproximado de L.2,033.33 por m² para las losas postensadas.

5.5 ESCALA DE CALIFICACIÓN

Se asignó una escala de calificación particular para uno de los criterios de evaluación, se considera 4 como el puntaje de mayor peso y el 1 como el puntaje de menor peso. Cabe mencionar que el costo es por m² e igual el tiempo de construcción.

Tabla 20 Justificación de Escala

Proyecto		Selección de Sistemas de Losas de Entrepiso para Edificios Aplicando Ingeniería de Valor
Equipo de Trabajo	Delmis Álvarez, Alex Villatoro	
Sistema por Evaluar	Sistemas de Losas de Entrepiso	
Etapa	Etapa V	

Tabla de Justificación de Escala			
Criterios de Evaluación	Definición	Escala	Unidad de Medida/Cuantificación
Costo	Grado de implicación monetaria	4	L0.00 - L1,000.00
		3	L1,0001.00 - L 1,125.00
		2	L1,126.00 - L1,250
		1	L1,251.00 o mas
Tiempo	Duración de la actividad en jornada diaria.	4	0 - 0.1625
		3	0.1638 - 0.2063
		2	0.2075 - 0.2375
		1	0.2388 o más

Propiedades Físicas	Desempeño en el peso volumétrico, considerando el peralte del sistema de losas	4	0cm -15cm
		3	16cm - 25cm
		2	26cm - 40cm
		1	41cm o más
Propiedades Mecánicas	Desempeño de la resistencia del concreto armado considerando su costo	4	85% o más
		3	81% - 85%
		2	76% - 80%
		1	75% o menos
Disponibilidad de Materiales	Facilidad de adquisición en función de la cantidad de proveedores de la zona	4	10 o más
		3	9 - 7
		2	6 - 4
		1	3 o menos
Mano de Obra	Conocimiento requerido para realizar las actividades	4	Sin experiencia
		3	Experiencia de campo
		2	Capacitación única
		1	Capacitación permanente

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para el cálculo de los porcentajes de las propiedades mecánica se analizaron las resistencias a compresión del concreto considerando el precio, realizando una ponderación entre ambos factores para el tipo de concreto, debido a que una mayor resistencia equivale a un mayor costo.

5.6 RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Debido a que la metodología de la Ingeniería de Valor se basa en el criterio de los investigadores en función de la opinión de los 23 expertos en el tema, se llevó a cabo una investigación de campo, de carácter virtual dadas las condiciones actuales, mediante la que se determinó la información que sirve de fundamento para el desarrollo de la aplicación de la metodología en la selección de sistemas de losas de entrepiso.

5.6.1 SISTEMAS DE LOSAS DE ENTREPISOS MÁS UTILIZADOS EN EL DISTRITO CENTRAL

Se consultó con ingenieros estructurales expertos en el área de sistemas de losas de entrepiso cuales eran los sistemas mayormente utilizados en el Distrito Central. A continuación, se muestran los resultados:

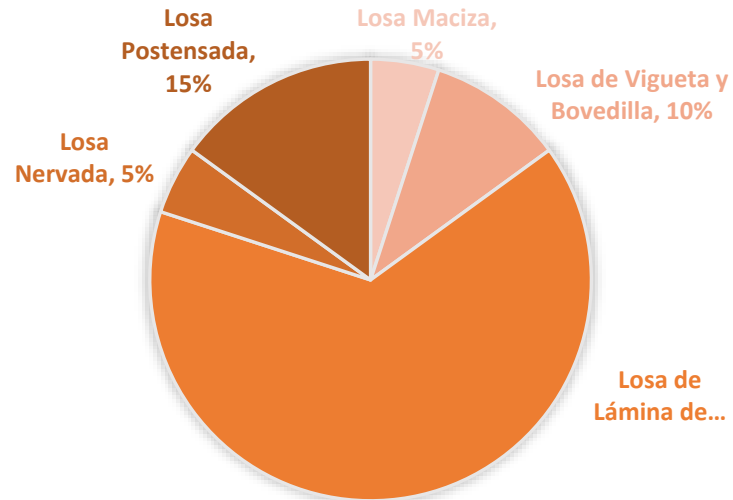


Ilustración 43 Sistemas de Losas de Entrepiso más utilizados en el Distrito Central

5.6.2 CONOCIMIENTO DE LOS EXPERTOS SOBRE LOS SISTEMAS ANALIZADOS

El siguiente gráfico expresa el porcentaje de los ingenieros entrevistados que conocen y han trabajado con los sistemas de losas de entrepiso analizados en esta investigación:

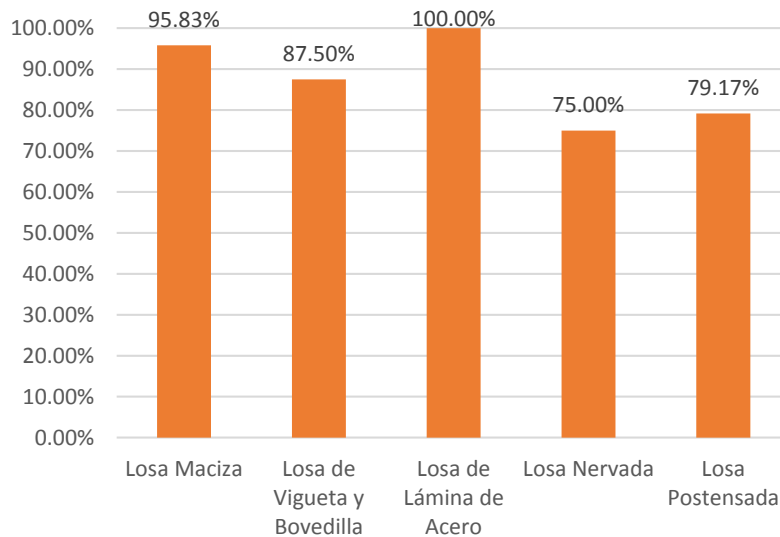


Ilustración 44 Conocimiento de los Expertos sobre los Sistemas Analizados

Se puede determinar que al menos el 75% de los ingenieros expertos entrevistados conocen y han trabajado con todos los sistemas de losas de entrepiso analizados.

5.6.3 CRITERIOS IMPORTANTES EN LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LOSAS DE ENTREPISO

A continuación, se observa la opinión de los expertos en relación a cuáles son los criterios más importantes a considerar en la selección de los sistemas de losa de entrepiso para edificios en el Distrito Central, se les fue pedido que clasificaran cada criterio asignando un número del 1-5, siendo 1 el criterio de mayor importancia. Se muestra la clasificación promediada a continuación:

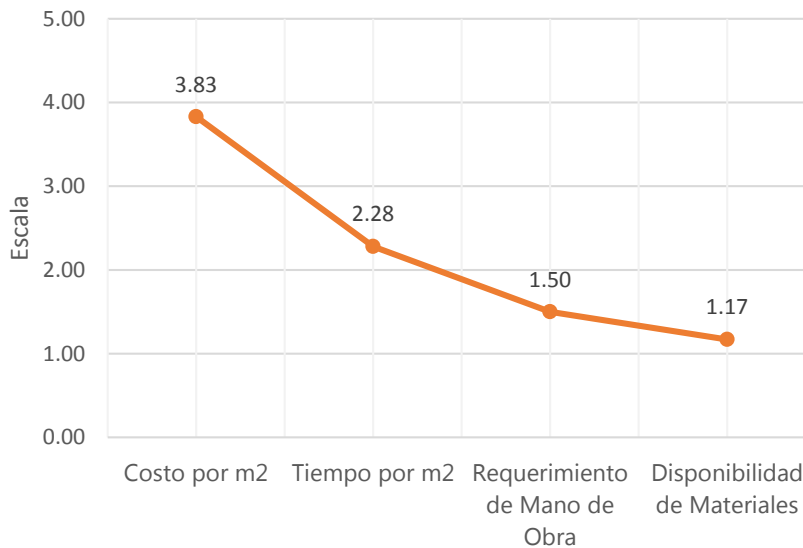


Ilustración 45 Importancia de los Criterios en la Selección del Sistema de Losas

Se puede observar que el criterio de mayor importancia es el costo y que el criterio que según los expertos tiene menor importancia es la disponibilidad de los materiales en el mercado.

5.6.4 NIVEL DE MANO DE OBRA REQUERIDA DE CADA SISTEMA SEGÚN EXPERTOS

A continuación, se observa la opinión de los expertos en relación con la mano de obra requerida para la construcción de cada sistema, se les fue pedido que clasificaran cada sistema de losas asignando un número del 1-5 a cada alternativa, siendo 1 el sistema con mano de obra requerida más especializada. Se muestra la clasificación promediada a continuación:

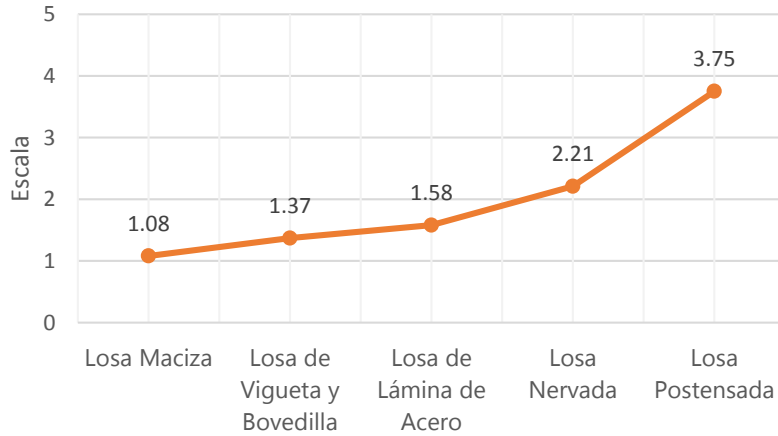


Ilustración 46 Nivel de Especialización de Mano de Obra

Según la opinión de los expertos el sistema de losas que requiere mayor especialización de mano de obra son las losas postensadas con un puntaje promedio de 1.25 y el que menor especialización requiere son las losas macizas con un puntaje promedio de 3.92

5.6.5 NIVEL DE ECONOMÍA DE CADA SISTEMA DE LOSAS SEGÚN EXPERTOS

A continuación, se observa la opinión de los expertos en relación con los costos de construcción por m² de cada sistema, se les fue pedido que clasificaran cada sistema de losas de entepiso asignando un número del 1-5 a cada alternativa, siendo 1 el sistema con mayores costos de construcción por m² y 5 el sistema de menor costo. Se muestra la clasificación promediada a continuación:

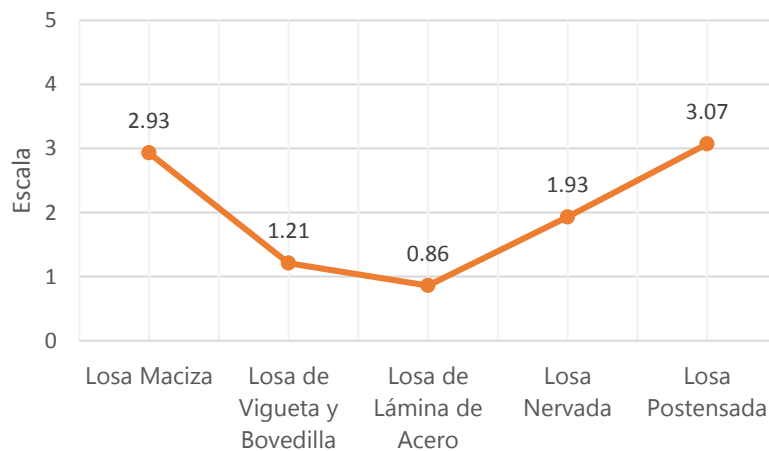


Ilustración 47 Clasificación según los Costos de cada Sistema de Losas

Según la opinión de los expertos en la relación al costo que cada sistema de losa de entrepiso tiene para su construcción, el sistema que tiene un costo más elevado es el sistema de losas postensadas con una puntuación de 1.93, esto es debido a que se requiere una mano de obra más especializada y equipo más sofisticado para poder realizar su construcción, otro factor que también influye en este aspecto es que en el Distrito Central son finitas las empresas que se dedican a brindar este tipo de producto y servicio. El sistema de losas de entrepiso más económico según los expertos es el sistema de losa aligerada de lámina/acero, debido a su gran disponibilidad de materiales y buenos rendimientos.

5.6.6 TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN POR M²

A continuación, se observa la opinión de los expertos en relación con los tiempos de construcción por m² de cada sistema, se les fue pedido, tomando en consideración los rendimientos requeridos en cada etapa del proceso constructivo en la edificación de cada sistema, que clasificaran cada sistema de losas de entrepiso asignando un número del 1-5 a cada alternativa, siendo 1 el sistema que requiere menor tiempo de construcción por m² y 5 el sistema de mayor tiempo. Se muestra la clasificación promediada a continuación:

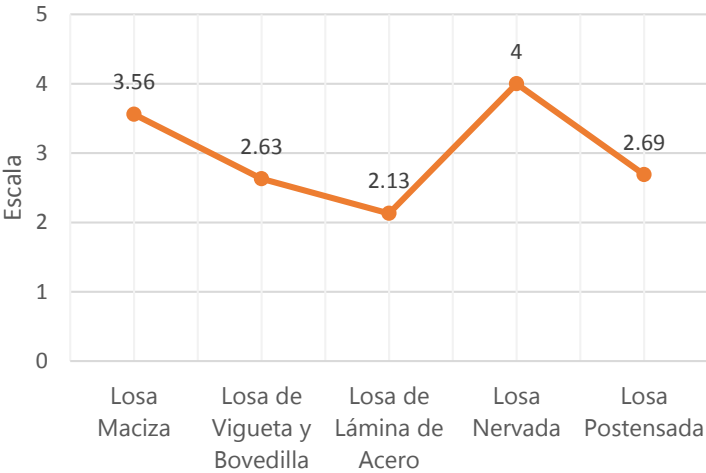


Ilustración 48 Tiempos de Construcción por m²

Se puede observar que según la opinión de los expertos el sistema con mejores rendimientos es el de losas aligeradas de lámina/acero con un puntaje promedio de 2.13 y el sistema con rendimientos más bajos es el de losas nervadas con un puntaje de 4.

5.6.7 NIVEL DE DISPONIBILIDAD DE MATERIALES:

A continuación, se observa la opinión de los expertos en relación con la disponibilidad de materiales en el mercado, se les fue pedido que clasificaran cada sistema de losas de entrepiso asignando un número del 1-5 a cada alternativa, siendo 1 la alternativa con mayor disponibilidad de materiales en el mercado y 5 la alternativa con menor disponibilidad. Se muestra la clasificación promediada a continuación:

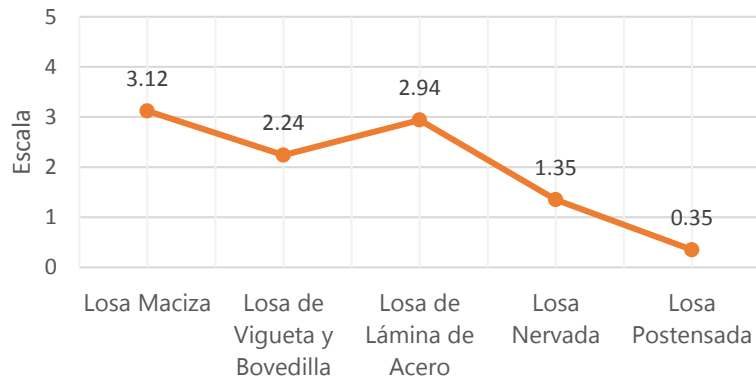


Ilustración 49 Nivel de Disponibilidad de Materiales de cada Sistema

Se observa que el sistema que mayor disponibilidad de materiales en el mercado posee son las losas macizas que obtuvo un puntaje promedio de 1.88 y el sistema que menor disponibilidad tiene son las losas postensadas con un puntaje promedio de 4.65.

5.6.8 SISTEMA MÁS RECOMENDADO UTILIZAR EN EL DISTRITO CENTRAL

A continuación, se presentan qué sistemas son más recomendados utilizar en el Distrito Central según los ingenieros expertos. Se muestran los resultados en el gráfico siguiente:

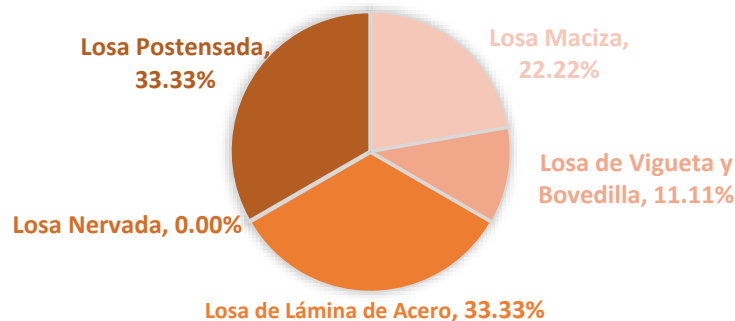


Ilustración 50 Sistemas más Recomendados por Expertos

5.7 MATRIZ DE PONDERACIÓN DE CRITERIOS

La matriz de ponderación de criterios es una herramienta para determinar el nivel de importancia que tiene cada criterio de evaluación, el cual queda definido porcentaje obtenido en la ponderación. Se realiza una comparación individual de cada uno de los criterios con respecto a los demás, seleccionando el criterio que tiene mayor relevancia entre ellos en cada casilla. A/B simboliza que ambos criterios son de igual importancia)

Tabla 21 Matriz de Ponderación de Criterios

Proyecto		Selección de Sistemas de Losas de Entrepiso para Edificios Aplicando Ingeniería de Valor
Equipo de Trabajo	Delmis Álvarez, Alex Villatoro	
Sistema por Evaluar	Sistemas de Losas de Entrepiso	
Etapas	Etapa V	

A	A/B	C	A	A	A
	B	C	B/D	B	B
		C	C	E	C
			D	D	D
				E	E/F
					F

Criterios de Evaluación			
ID	Descripción	Total	% Total
A	Costo	4	22%
B	Tiempo	4	22%
C	Propiedades Mecánicas	4	22%
D	Mano de Obra	3	17%
E	Disponibilidad de Materiales	2	11%
F	Propiedades Físicas	1	6%
Total		18	100%

Fuente: Elaboración propia

5.8 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS

Se evaluó cada sistema de losas de entrepiso de acuerdo con el porcentaje obtenido en la matriz de ponderación de criterios y según la escala definida por los parámetros en la matriz

de justificación de la escala, aplicando la escala a cada uno de los sistemas analizados basándose en las características y especificaciones técnicas propias de cada uno de estos.

Tabla 22 Matriz de Evaluación de Criterios

Matriz de Evaluación de Criterios							
Criterio de Evaluación	Peso	Concepto	Calificación				Total
			1	2	3	4	
Costo	22%	Losa Maciza	x				0.22
		Losa Aligerada de Lámina/Acero			x		0.67
		Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla		x			0.44
		Losa Nervada		x			0.44
		Losa Postensada	x				0.22
Tiempo	22%	Losa Maciza	x				0.22
		Losa Aligerada de Lámina/Acero		x			0.44
		Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla			x		0.67
		Losa Nervada	x				0.22
		Losa Postensada			x		0.67
Propiedades Mecánicas	22%	Losa Maciza		x			0.44
		Losa Aligerada de Lámina/Acero		x			0.44
		Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla		x			0.44
		Losa Nervada		x			0.44
		Losa Postensada			x		0.67
Mano de Obra	17%	Losa Maciza			x		0.50
		Losa Aligerada de Lámina/Acero			x		0.50
		Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla			x		0.50
		Losa Nervada		x			0.33
		Losa Postensada	x				0.17
Disponibilidad de Materiales	11%	Losa Maciza				x	0.44
		Losa Aligerada de Lámina/Acero				x	0.44
		Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla		x			0.22
		Losa Nervada			x		0.33
		Losa Postensada	x				0.11
Propiedades Físicas	6%	Losa Maciza			x		0.17
		Losa Aligerada de Lámina/Acero				x	0.22
		Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla		x			0.11
		Losa Nervada		x			0.11
		Losa Postensada			x		0.17

Fuente: Elaboración propia

Se debe sumar el puntaje obtenido en cada criterio por cada sistema para obtener el puntaje total de cada uno de ellos, siendo los puntajes totales para cada sistema de losas de entrepiso los siguientes:

Tabla 23 Puntaje Total

Puntaje Total	
Losa Aligerada de Lámina/Acero	2.72
Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla	2.39
Losa Postensada	2.00
Losa Maciza	2.00
Losa Nervada	1.89

5.9 DESEMPEÑO DE LAS ALTERNATIVAS

Se realizó un porcentaje de mejora con respecto a sistema de losa aligerada de lámina/acero y se proporciona el índice de valor como el coeficiente de la calificación obtenida de cada sistema entre su costo por metro cuadrado.

$$\text{Índice de Valor (IV)} = \frac{\text{Puntaje total}}{\text{Costo}}$$

Ecuación 2 Índice de Valor

$$\% \text{ de mejora} = \frac{\text{Puntaje total de alternativa} - \text{Puntaje total de la óptima alternativa}}{\text{Puntaje total de la óptima alternativa}}$$

Ecuación 3 Porcentaje de Mejora

$$\% \text{ de mejora del IV} = \frac{\text{IV de valor de alternativa} - \text{IV de la óptima alternativa}}{\text{IV de la óptima alternativa}}$$

Ecuación 4 Porcentaje de Mejora del Índice de Valor

Fuente: (Carrillo, 2005)

Se presenta la tabla de resultados de acuerdo con el desempeño de las alternativas.

Tabla 24 Desempeño de las Alternativas

Alternativa	Puntaje Total	% de Mejora	Costo Total	Índice de Valor (P/C)	% de Mejora del IV
Losa Aligerada de Lámina/Acero	2.72	--	L 1,042.93	0.002610	--
Losa Maciza	2.22	-26.53%	L 1,526.06	0.001311	-49.79%
Losa Postensada	2.22	-26.53%	L 2,033.33	0.000984	-62.32%
Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla	2.39	-12.24%	L 1,163.19	0.002054	-21.32%
Losa Nervada	1.89	-30.61%	L 2,033.33	0.000929	-64.41%

VI. CONCLUSIONES

Se han considerado las condiciones de mercado, especificaciones técnicas, fichas de costos unitarios, condiciones del sector construcción en conjunto con la opinión de los expertos para seleccionar, mediante la aplicación de la Ingeniería de Valor, el tipo de losa de entrepiso más recomendado para edificios de apartamentos en el Distrito Central.

1. Se ha definido la Ingeniería de Valor como una metodología eficaz para desarrollar un análisis en función de los criterios definidos para calificar un producto o servicio, ya que su aplicación ha permitido medir el aporte de los diferentes sistemas de losas de entrepiso en edificios de apartamentos considerando las variables involucradas en la selección de sistemas constructivos, lo que ha generado la posibilidad de seleccionar la opción más eficaz y eficiente y lograr optimizar los recursos disponibles del proyecto.
2. Se han descrito los sistemas de losas de entrepiso más utilizados en el Distrito Central y se ha encontrado que existen diferencias significativas en los procesos constructivos, peraltes, requerimientos de encofrado, materiales de construcción, elementos estructurales, especialización de mano de obra, costos por metro cuadrado, longitud de los claros, cargas muertas y efectos en la rigidez de los edificios, diferencias que han ayudado a identificar en cada sistema de losas de entrepiso, a través de sus propiedades mecánicas y físicas, mayor o menor capacidad de adaptación a las condiciones características de los edificios que prevalecen en el Distrito Central.
3. Se ha realizado un análisis de dos criterios primordiales de acuerdo con la aplicación de la Ingeniería de Valor, los costos y tiempos de construcción por m^2 , para lo cual se ha utilizado el software CYPE Ingenieros (de acceso libre) con excepción de la losa postensada, cuyos costos y tiempos se han obtenido directamente de las encuestas y entrevistas que se han realizado a expertos en el tema.

Análisis que ha proporcionado como resultado los costos y tiempos de construcción por m^2 para cada sistema de losas de entrepiso para un edificio de apartamentos de entre 7-10 niveles de altura y luz de los claros de los entrepisos de entre 4-6 metros de longitud, resultados que se han definido en el siguiente cuadro resumen:

Tabla 25 Resultados Costo y Tiempo

Sistema de Losa	Costo (L/m ²)	Tiempo (JRD/m ²)
Losa Aligerada de Lámina/Acero	1,042.93	0.22
Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla	1,163.19	0.20
Losa Nervada	1,210.45	0.22
Losa Maciza	1,526.06	0.24
Losa Postensada	2,033.33	0.21

El sistema de losa aligerada con lámina de acero ha resultado el más eficiente en cuanto a costo por m² de construcción, L1,042.93/m² y el sistema de losa aligerada de vigueta y bovedilla el más eficiente en cuanto a tiempo por m² de construcción, 0.22 JRD/m². En cambio, el sistema de losa postensada ha resultado el más ineficiente en cuanto a costos, L2,033.33/m² y la losa maciza la más ineficiente en cuanto a tiempo de construcción por m². De lo anterior se ha concluido que existen diferencias significativas en cuanto a los costos, sin embargo, los tiempos varían muy poco de un sistema a otro.

4. Se han definido como criterios para la evaluación de los sistemas de losas de entrepiso por medio de la metodología de la Ingeniería de Valor los siguientes:

Tabla 26 Criterios de Evaluación

Criterios de Evaluación	
Criterio	Descripción
Costo	Valoración del costo directo por m ²
Tiempo	Tiempo necesario por m ² para la construcción, instalación y ejecución del sistema de losa
Propiedades Físicas	Grado de desempeño en propiedades como peso volumétrico y térmico-acústicas
Propiedades Mecánicas	Grado de desempeño en propiedades de la resistencia
Disponibilidad de Materiales	Nivel de disponibilidad a la adquisición de los materiales necesarios para ejecutar la actividad
Mano de Obra Calificada	Nivel técnico o de conocimiento que es requerido para desarrollar la actividad

5. Se ha concluido, de acuerdo con el resultado de la aplicación de la Ingeniería de Valor en cada uno de los sistemas de losas de entrepiso y según los criterios considerados para aplicar la metodología, que el sistema más adaptable para edificios de apartamentos en el Distrito Central bajo las características establecidas (entre 7-10 niveles de altura y luz de los claros de los sistemas de losa de entrepiso entre 4-6 metros de longitud) es la Losa Aligerada de Lámina/Acero, ya que presenta mayor disponibilidad de materiales en el mercado, mayor adaptabilidad a las distintas condiciones de diseño y ventajas mecánicas como la sustitución del acero de refuerzo por la lámina de acero, que es auto soportable y no requiere encofrado. Esto agiliza el proceso de construcción brindando ventajas considerables en cuanto a costos y brindando optimización de los recursos disponibles para la construcción de este tipo de edificaciones.

VII. RECOMENDACIONES

Tener en consideración el tipo de edificación para un análisis de mayor precisión en la selección de un sistema de losas de entrepiso, debido a que la magnitud de las cargas de un edificio varía dependiendo de su ocupación y utilización, lo cual requeriría distintas condiciones de diseño, modificando las condiciones consideradas en esta investigación.

1. Utilizar la metodología de la Ingeniería de Valor para seleccionar los sistemas de losas de entrepiso para edificios en otras zonas del país considerando una evaluación de las variables en función de las características de la zona, de manera que su ponderación arroje resultados específicos y sea posible proponer una categorización de acuerdo con cada zona específica del país.
2. Mantener actualizada la innovación de materiales y procedimientos constructivos de losas de entrepiso para edificios que se van implementando día a día en la industria de la construcción, innovaciones que podrían presentar alternativas eficientes y eficaces por medio de las mejoras significativas en la reducción de costos o tiempos de construcción, sin comprometer las especificaciones técnicas del proyecto, optimizando los recursos disponibles.
3. Implementar la asesoría de expertos en el tema de losas postensadas ya que requieren un alto grado de tecnicismo, tanto para su diseño como su elaboración, con un alto grado de complejidad para el cálculo de fichas de costo unitarios debido a que en Honduras son pocas las empresas que se dedican a la construcción mediante este sistema, información que no es compartida debido a las políticas de confidencialidad de las empresas y protección de derechos de autor.
4. Tomar en consideración que el resultado de la Ingeniería de Valor depende de los criterios de evaluación seleccionados, criterios que pueden diferir para futuros investigadores, además de que la zona de investigación puede ser distinta a la elegida para la presente investigación.
5. Proponer la Ingeniería de Valor para seleccionar el sistema de losas de entrepiso para edificios, de manera que cumpla con las normas de diseño y parámetros establecidos para el óptimo desempeño, como una herramienta de apoyo para los profesionales de

la Ingeniería Civil de Unitec, de manera que se convierta en una diferencia en el campo de la construcción.

6. Realizar un análisis con mayor precisión considerando vigas, columnas, acabados y otros elementos importantes, para lograr obtener un costo más aproximado a las necesidades del proyecto.
7. Hacer una recolección de fuentes de información sobre sistemas de losas de entrepiso e Ingeniería de Valor que sirva de punto de partida para los investigadores de Honduras.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society of Testing Materials. (2014). *ASTM INTERNATIONAL*. Obtenido de Práctica estándar para realizar ingeniería de valor (VE) / Análisis de valor (VA) de proyectos, productos y procesos: <https://www.astm.org/Standards/E1699.htm>
- Arquitectura Integral (Dirección). (2019). *TIPOS DE LOSA LOSA POSTENSADA PROCESO CONSTRUCTIVO* [Película].
- ARTOSKETCH (Dirección). (2019). *Conoce 5 distintos tipos de LOSAS * Proceso constructivo y características ** [Película].
- Beltrán, L., & Rodríguez, P. (2017). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA INGENIERÍA DE VALOR DURANTE LA FASE DE DISEÑO EN DOS PROYECTOS DE LIMA METROPOLITANA*. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- Borjas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra. *Salud en Tabasco*, 333-338.
- Calero, M. (19 de septiembre de 2018). *Construir América Central y El Caribe*. Obtenido de Se ratifica el crecimiento del sector construcción en Honduras: <https://revistaconstruir.com/ratifica-crecimiento-construccion-honduras/>
- Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción. (2019). Inflationario del sector vivienda. *Infraestructura sinónimo de desarrollo*, 37.
- Carrillo, G. (16 de Diciembre de 2005). *Tecnológico de Monterrey*. Obtenido de RI TEC: https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/567265/DocsTec_4258.pdf?sequence=1
- Casco, J., & Majano, D. (2019). *Análisis Comparativo de los Diferentes Sistemas de Entrepiso en Edificios*. San Salvador: Ciudad Universitaria.
- Chaves, J. (2008). *Estudio de mercado para el sector construcción en Honduras*. San José : Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica.

- Chincilla, J. (2013). *ANÁLISIS BENEFICIO / COSTO ENTRE SISTEMAS DE LOSAS DE MADERA, ACERO, PREFABRICADAS Y LOSAS TRADICIONALES*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Comisión Técnica. (2008). *Código Hondureño de Construcción*. Tegucigalpa: Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras.
- Consejo Nacional de Inversiones . (18 de Julio de 2019). *CNI*. Obtenido de INFORME DEL COMPORTAMIENTO DE LA ECONOMÍA POR RAMA DE ACTIVIDAD Y SU IMPACTO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO A DICIEMBRE DE 2018 Y PERSPECTIVAS 2019: <https://cni.hn/informe-del-comportamiento-de-la-economia-por-rama-de-actividad-y-su-impacto-en-el-crecimiento-economico-a-diciembre-de-2018-y-perspectivas-2019/>
- Digital, S. (28 de Septiembre de 2017). *Construir América y El Caribe*. Obtenido de Un 8% ha crecido la construcción de vivienda vertical en Honduras: <https://revistaconstruir.com/en-8-ha-crecido-construccion-de-vivienda-vertical-en-honduras/>
- Grupo Degloema. (21 de Marzo de 2017). *Grupo Degloema*. Obtenido de <http://degloema.com/arquitectura-sustentable/sistemas-constructivos-en-losas-y-sus-ventajas/>
- International Organization for Standardization. (04 de Noviembre de 2011). *INTECO*. Obtenido de Sostenibilidad en la construcción de edificios. Principios generales. Requisitos.: <https://www.inteco.org/shop/product/inte-iso-15392-2011-sostenibilidad-en-la-construccion-de-edificios-principios-generales-requisitos-1367?search=INTE%2FISO+15392%3A2011>
- Jergeas, G., & Cooke, V. (1997). Value engineering during the project execution phase. *AACE International Transactions*, 32.
- Lawrence, M. (1972). *Techniques of Value Analysis and Engineering*. New York: Mac-Graw Hill.

- Marina, A. (2013). *EDIFICACIÓN SUSTENTABLE - CRITERIOS Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES MÍNIMOS*. Mexico D.F. : Secretaría de Economía.
- Monterrey, P. y. (s.f.). *Panel y Acanalados Monterrey*. Obtenido de <https://panelyacanalados.com/blog/que-es-un-entrepiso/>
- NANOPDF Inc. . (16 de Mayo de 2018). *NANOPDF.com*. Obtenido de Ingeniería de valor en la construcción : https://nanopdf.com/download/ingenieria-de-valor-en-la-construccion_pdf
- Ramos, M. (2002). *Análisis técnico y económico de losas de entrepiso*. Piura: Universidad de Piura.
- S., E. (1998). Powerful Productivity Tool. *Computers Industrial Engineering. Value Engineering*, 3-4.
- Sarmiento Mera , J. J., & Simbaña Vinueza, I. D. (2018). *Losas en Edificaciones*. Quito: Unicersidad Central de Ecuador.
- SENICO. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Sepúlva, F. (6 de Mayo de 2019). *Academia*. Obtenido de Ingeniería de Valor: https://www.academia.edu/37384721/Ingenier%C3%ADa_de_valor
- Sepúlveda, F. (s.f.). *academia*. Obtenido de https://www.academia.edu/37384721/Ingenier%C3%ADa_de_valor
- SJVE. (22 de Agosto de 1997). *Society of Japanese Value Engineering*. Obtenido de Value Engineering: <https://www.sjve.org/eng/value-engineering>
- Souza, E. (27 de Julio de 2019). *Plataforma Arquitectura*. Obtenido de ArchDaily: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/921723/tipos-de-losas-de-hormigon-ventajas-y-desventajas>

ANEXOS

Ficha Costo Unitario Losa Aligerada de Lámina/Acero

EHX005 m² Losa compuesta con lámina colaborante.

Losa compuesta de 10 cm de canto, con lámina colaborante de acero galvanizado con forma acanalada, de 0,75 mm de espesor, 44 mm de altura de perfil y 172 mm de intereje, 10 conectores soldados de acero galvanizado, de 19 mm de diámetro y 81 mm de altura y concreto reforzado realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia blanda, mezclado en obra, y fundido con medios manuales, volumen total de concreto 0,062 m³/m²; acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía total de 1 kg/m²; y malla soldada tipo 6x6 10/10 de acero Grado 70; apoyado todo ello sobre estructura metálica. Incluso piezas angulares para remates perimetrales y de voladizos, tornillos para fijación de las láminas, alambre de atar, separadores y agente filmógeno para el curado de concretos y morteros. El precio incluye el corte, doblado y conformado de la armadura en taller de obra y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
1	Materiales				
mt07pcl010aacba	m ²	Perfil de lámina de acero galvanizado con forma acanalada, de 0,75 mm de espesor, 44 mm de altura de perfil y 172 mm de intereje, 7 a 8 kg/m ² y un momento de inercia de 30 a 40 cm ⁴ .	1.050	L396.26	L416.07
mt07pcl020	m	Pieza angular de lámina de acero galvanizado, para remates perimetrales y de voladizos.	0.040	L595.93	L23.84
mt07pcl030	Ud	Tornillo autotaladrante rosca-metal, para fijación de láminas.	6.000	L2.52	L15.12
mt07aco020k	Ud	Separador homologado para losas.	3.000	L1.69	L5.07
mt07aco110g	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según ASTM A 615.	1.050	L20.00	L21.00
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0.029	L23.70	L0.69
mt07ame120aa	m ²	Malla soldada tipo 6x6 10/10 de acero Grado 70, con varillas lisas espaciadas 15,24x15,24 cm de 3,43 mm de diámetro, según ASTMA 185 y ASTMA 497.	1.150	L18.40	L21.16
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0.014	L32.32	L0.45
mt01arg000i	m ³	Arena cribada.	0.036	L295.13	L10.62
mt01arg001ie	m ³	Agregado grueso homogeneizado de tamaño máximo 12,5 mm.	0.054	L270.93	L14.63
mt08cem000i	kg	Cemento gris en sacos.	23.332	L3.52	L82.13
mt07cem040a	Ud	Conector de acero galvanizado con cabeza de disco, de 19 mm de diámetro y 81 mm de altura, para fijar a estructura de acero mediante soldadura a la lámina colaborante.	10.000	L15.12	L151.20
mt08cur020a	l	Agente filmógeno para el curado de concretos y morteros.	0.150	L33.65	L5.05

Subtotal materiales: L767.03

2	Equipo y maquinaria				
mq06hor010	hr	Mezcladora de concreto.	0.039	L32.60	L1.27
mq08sol030	hr	Equipo y elementos auxiliares para soldadura de conectores.	0.500	L340.98	L170.49

Subtotal equipo y maquinaria: L171.76

3	Mano de obra				
mo047	hr	Montador de estructura metálica.	0.679	L76.02	L51.62
mo094	hr	Ayudante de montador de estructura metálica.	0.263	L56.66	L14.90
mo043	hr	Armador de hierro.	0.037	L76.02	L2.81
mo090	hr	Ayudante de armador de hierro.	0.036	L56.66	L2.04
mo113	hr	Peón de albañilería.	0.071	L52.38	L3.72
mo112	hr	Peón especializado de albañilería.	0.075	L53.27	L4.00
mo045	hr	Armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.015	L76.02	L1.14
mo092	hr	Ayudante de armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.061	L56.66	L3.46

1.776

Subtotal mano de obra: L83.69

4	Herramienta menor				
	%	Herramienta menor	2.000	L1,022.48	L20.45
Coste de mantenimiento decenal: L 62,58 en los primeros 10 años.			Costos directos L1,042.93		

Fuente: Elaboración propia utilizando Programa CYPE Ingenieros

Ficha Costo Unitario Losa Nervada

EHR015 m² Losa nervada con bovedilla removible.

Losa nervada de concreto reforzado con bovedilla removible, horizontal, con 15% de zonas macizas, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto total 30 = 25+5 cm, realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia blanda, premezclado, y fundido con bomba, volumen 0,193 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de ábacos, nervaduras y zunchos, cuantía 19 kg/m²; nervaduras de concreto "in situ" de 20 cm de espesor, intereje 78 cm; bovedilla removible de PVC, 64x70x25 cm; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla soldada tipo 6x6 10/10 de acero Grado 70, con varillas espaciadas 15,24x15,24 cm de Ø 3,43 mm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado visto con textura lisa, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 20 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos, en zonas macizas y montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, formado por: superficie encofrante de bovedillas removibles; estructura soporte horizontal de portasopandas y guías metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos, en zonas aligeradas. Incluso alambre de atar, separadores, líquido desencofrante para evitar la adherencia del concreto al encofrado y agente filmógeno para el curado de concretos y morteros. El precio incluye el corte, doblado y conformado de la armadura en taller de obra y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
1 Materiales					
mt08eft035a	m ²	Tablero de madera tratada, de 30 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles, para encofrado de losa nervada con bovedilla removible, para dejar un acabado visto del concreto.	0.008	L1,088.16	L8.71
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado removible, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0.001	L1,831.56	L1.83
mt08eva035	m ²	Estructura soporte para encofrado de bovedillas removibles, compuesta de: portasopandas y guías metálicas y accesorios de montaje.	0.006	L2,047.03	L12.28
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0.027	L345.71	L9.33
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0.001	L5,131.80	L5.13
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0.006	L150.83	L0.90
mt08dba010b	l	Agente desmoldeante biodegradable en fase acuosa para concretos con acabado visto.	0.002	L129.80	L0.26
mt07cre010b	Ud	Bovedilla removible de PVC, 64x70x25 cm. Incluso piezas especiales.	0.028	L1,325.50	L37.11
mt07aco020h	Ud	Separador homologado para losas nervadas.	1.200	L1.21	L1.45
mt07aco110g	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según ASTM A 615.	19.950	L20.00	L399.00
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0.190	L23.70	L4.50
mt07ame120a	m ²	Malla soldada tipo 6x6 10/10 de acero Grado 70, con varillas lisas espaciadas 15,24x15,24 cm de 3,43 mm de diámetro, según ASTM A 185 y ASTM A 497.	1.100	L18.40	L20.24
mt10haf110a	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia blanda, premezclado, según ACI 318.	0.203	L2,473.41	L502.10
mt08cur010a	l	Agente filmógeno para el curado de concretos y morteros, con acabado visto.	0.150	L69.60	L10.44

Subtotal materiales: L1,013.28

2 Equipo y maquinaria					
mq06bhe010	hr	Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de concreto.	0.018	L3,299.16	L59.38

Subtotal equipo y maquinaria: L59.38

3 Mano de obra					
mo044	hr	Armador de encofrados.	0.575	L76.02	L43.71
mo091	hr	Ayudante de armador de encofrados.	0.575	L56.66	L32.58
mo043	hr	Armador de hierro.	0.250	L76.02	L19.01
mo090	hr	Ayudante de armador de hierro.	0.270	L56.66	L15.30
mo045	hr	Armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.012	L76.02	L0.91
mo092	hr	Ayudante de armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.045	L56.66	L2.55

1.745

Subtotal mano de obra: L114.06

4 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2.000	L1,186.72	L23.73
Coste de mantenimiento decenal: L 60,52 en los primeros 10 años.			Costes directos L1,210.45		

Fuente: Elaboración propia utilizando Programa CYPE Ingenieros

Ficha Costo Unitario Losa Aligerada de Vigüeta y Bovedilla

EHU010 m² Losa unidireccional con vigas planas y vigüetas prefabricadas.

Estructura de concreto reforzado, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia blanda, premezclado, y fundido con bomba, con un volumen total de concreto en losa y vigas de 0,14 m³/m², y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²) en zona de refuerzo de negativos y conectores de vigüetas y zunchos y vigas, con una cuantía total de 11 kg/m², constituida por: LOSA EN UNA DIRECCIÓN: horizontal, de canto 30 = 25+5 cm; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos, estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos; vigüeta pretensada T-18; bovedilla de concreto, 60x20x25 cm; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla soldada tipo 6x6 10/10 de acero Grado 70, con varillas espaciadas 15,24x15,24 cm de Ø 3,43 mm; vigas planas; altura libre de planta de hasta 3 m. Incluso agente filmógeno para el curado de concretos y morteros. El precio incluye el corte, doblado y conformado de la armadura en taller de obra y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
1	Materiales				
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0.044	L808.04	L35.55
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado removible, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0.007	L1,831.56	L12.82
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0.027	L345.71	L9.33
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0.003	L5,131.80	L15.40
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0.040	L150.83	L6.03
mt08dba010d	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0.030	L47.24	L1.42
mt07bho010d	Ud	Bovedilla de concreto, 60x20x25 cm. Incluso piezas especiales.	5.250	L13.15	L69.04
mt07vau010a	m	Vigüeta pretensada, T-18, con una longitud media menor de 4 m.	0.165	L106.04	L17.50
mt07vau010b	m	Vigüeta pretensada, T-18, con una longitud media entre 4 y 5 m.	0.908	L113.27	L102.85
mt07vau010c	m	Vigüeta pretensada, T-18, con una longitud media entre 5 y 6 m.	0.495	L128.94	L63.83
mt07vau010d	m	Vigüeta pretensada, T-18, con una longitud media mayor de 6 m.	0.083	L157.86	L13.10
mt07aco020c	Ud	Separador homologado para vigas.	0.800	L1.69	L1.35
mt07aco110g	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según ASTM A 615.	11.550	L20.00	L231.00
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0.132	L23.70	L3.13
mt07ame120aa	m ²	Malla soldada tipo 6x6 10/10 de acero Grado 70, con varillas lisas espaciadas 15,24x15,24 cm de 3,43 mm de diámetro, según ASTM A 185 y ASTM A 497.	1.100	L18.40	L20.24
mt10haf110adc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia blanda, premezclado, según ACI 318.	0.147	L2,473.41	L363.59
mt08cur020a	l	Agente filmógeno para el curado de concretos y morteros.	0.150	L33.65	L5.05
Subtotal materiales:					L971.23

2	Equipo y maquinaria				
mq06bhe010	hr	Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de concreto.	0.019	L3,299.16	L62.68
Subtotal equipo y maquinaria:					L62.68

3	Mano de obra				
mo044	hr	Armador de encofrados.	0.631	L76.02	L47.97
mo091	hr	Ayudante de armador de encofrados.	0.620	L56.66	L35.13
mo043	hr	Armador de hierro.	0.145	L76.02	L11.02
mo090	hr	Ayudante de armador de hierro.	0.157	L56.66	L8.90
mo045	hr	Armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.011	L76.02	L0.84
mo092	hr	Ayudante de armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.046	L56.66	L2.61
Subtotal mano de obra:					L106.47

4	Herramienta menor				
	%	Herramienta menor	2.000	L1,140.38	L22.81
Coste de mantenimiento decenal: L 81,42 en los primeros 10 años.			Costos directos L1,163.19		

Fuente: Elaboración propia utilizando Programa CYPE Ingenieros

Ficha Costo Unitario Losa Maciza

EHL010 m² Losa maciza.

Losa maciza de concreto reforzado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia blanda, premezclado, y fundido con bomba, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; malla soldada tipo 6x6 3/3 de acero Grado 70, como malla superior y malla soldada tipo 6x6 3/3 de acero Grado 70, como malla inferior; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervaduras y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de concretos y morteros. El precio incluye el corte, doblado y conformado de la armadura en taller de obra y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye las columnas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
1	Materiales				
mt08eft030a	m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0.044	L808.04	L35.55
mt08eva030	m ²	Estructura soporte para encofrado removible, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0.007	L1,831.56	L12.82
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0.027	L345.71	L9.33
mt08cim030b	m ³	Madera de pino.	0.003	L5,131.80	L15.40
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0.040	L150.83	L6.03
mt08dba010d	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0.030	L47.24	L1.42
mt07aco020i	Ud	Separador homologado para losas macizas.	3.000	L1.69	L5.07
mt07aco110g	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según ASTM A 615.	22.050	L20.00	L441.00
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0.330	L23.70	L7.82
mt07ame120hh	m ²	Malla soldada tipo 6x6 3/3 de acero Grado 70, con varillas corrugadas espaciadas 15,24x15,24 cm de 6,2 mm de diámetro, según ASTM A 185 y ASTM A 497.	2.200	L60.03	L132.07
mt10haf110adc	m ³	Concreto f'c=210 kg/cm ² (3000 psi), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, consistencia blanda, premezclado, según ACI 318.	0.252	L2,473.41	L623.30
mt08cur020a	l	Agente filmógeno para el curado de concretos y morteros.	0.150	L33.65	L5.05

Subtotal materiales: L1,294.86

2	Equipo y maquinaria				
mq06bhe010	hr	Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de concreto.	0.023	L3,299.16	L75.88

Subtotal equipo y maquinaria: L75.88

3	Mano de obra				
mo044	hr	Armador de encofrados.	0.547	L76.02	L41.58
mo091	hr	Ayudante de armador de encofrados.	0.547	L56.66	L30.99
mo043	hr	Armador de hierro.	0.377	L76.02	L28.66
mo090	hr	Ayudante de armador de hierro.	0.354	L56.66	L20.06
mo045	hr	Armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.013	L76.02	L0.99
mo092	hr	Ayudante de armador, en trabajos de colocación del concreto.	0.055	L56.66	L3.12

1.916

Subtotal mano de obra: L125.40

4	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2.000	L1,496.14	L29.92
Coste de mantenimiento decenal: L 76,30 en los primeros 10 años.			Costes directos L1,526.06		

Fuente: Elaboración propia utilizando Programa CYPE Ingenieros

ENCUESTA

Nombre: _____

Empresa: _____

Correo electrónico: _____

1. ¿Se dedica al diseño o construcción de edificios de apartamentos en el Distrito Central?

Si _____ No _____

2. Seleccione los sistemas de losas de entepiso con los que conoce.

- _____ Losa Maciza
- _____ Losa Aligerada de Vigüeta y Bovedilla
- _____ Losa Aligerada de Acero/Lámina
- _____ Losa Nervada
- _____ Losa Postensada

3. Enumere del 1-5 los sistemas de losa de entepiso de acuerdo a la mano obra especializada que se requiere para la construcción, 1 la opción que requiera mano de obra más especializada y 5 la opción con mano de obra menos especializada.

- _____ Losa Maciza
- _____ Losa Aligerada de Vigüeta y Bovedilla
- _____ Losa Aligerada de Acero/Lámina
- _____ Losa Nervada
- _____ Losa Postensada

4. Enumere del 1-5 los sistemas de losa de entepiso en función del costo directo por m2 de construcción, siendo 1 la opción de mayor costo y 5 la opción de menor costo.

- _____ Losa Maciza
- _____ Losa Aligerada de Vigüeta y Bovedilla
- _____ Losa Aligerada de Acero/Lámina
- _____ Losa Nervada
- _____ Losa Postensada

5. Según experiencia cual es el costo por m2 para cada uno de los sistemas de losa de entepiso para un edificio de apartamentos

Losa Maciza: _____

Losa Aligerada de Vigüeta y Bovedilla: _____

Losa Aligerada de Acero/Lámina: _____

Losa Nervada: _____

Losa Postensada: _____

6. Enumere del 1-5 los sistemas de losa de entepiso según su tiempo de construcción por m2, siendo 1 la opción que requiere menor tiempo de construcción por m2 y 5 la opción que requiere un mayor tiempo de construcción por m2:

- _____ Losa Maciza
- _____ Losa Aligerada de Vigüeta y Bovedilla
- _____ Losa Aligerada de Acero/Lámina

_____ Losa Nervada
_____ Losa Postensada

7. Según su experiencia cual sería de tiempo de construcción para cada sistema de losa de entrepiso.

Losa Maciza: _____
Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla: _____
Losa Aligerada de Acero/Lámina: _____
Losa Nervada: _____
Losa Postensada: _____

8. Enumere del 1-5 los sistemas de losa de entrepiso según su disponibilidad de materiales en el distrito central, siendo 1 la opción más accesible y 5 la menos accesible:

_____ Losa Maciza
_____ Losa Aligerada de Vigueta y Bovedilla
_____ Losa Aligerada de Acero/Lámina
_____ Losa Nervada
_____ Losa Postensada

9. De estos sistemas de losa entrepiso ¿cuál considera que es más recomendable para la construcción de edificios de apartamentos en el distrito central en este tiempo normal por m²?

10. De estos sistemas de losa entrepiso ¿cuál considera que es más recomendable para la construcción de edificios de apartamentos en el distrito central en este tiempo de pandemia por m²?

11. Seleccione del 1 al 5 las variables para la selección del sistema de losa de entrepiso para un edificio de apartamentos, siendo 1 la variable de mayor importancia y 5 la variable de menor importancia.

_____ Costo por m²
_____ Tiempo normal por m²
_____ Tiempo de pandemia por m²
_____ Mano de obra especializada
_____ Disponibilidad de materiales

12. ¿Cuál es el sistema de losa de entrepiso más utilizado en el Municipio Distrito Central?

¡Gracias por su tiempo y colaboración!