

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME FINAL DEL CURSO:
GESTIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

TITULO DEL INFORME FINAL:
**FACTORES PARA ESCOGER UN TIPO DE LOSA DE ENTREPISO PARA
EDIFICACIONES COMERCIALES**

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
KEVIN FREDY AGUILAR CRUZ N° DE CARNÉ AC15010
KELLY MICHELLE CRUZ VALDEZ N° DE CARNÉ CV16006
CRISTIAN JOSUÉ FUENTES MARTÍNEZ N° DE CARNÉ FM18024

DOCENTE ASESOR:
ING. MILTON RICARDO ANDRADE CHINCHILLA

NOVIEMBRE DE 2023
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



RECTOR

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DRA. EVELYN FARFÁN MATA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDO. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE

FISCAL GENERAL

LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES



DECANO

MSC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO

VICEDECANA

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA

SECRETARIO

DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

JEFE DE DEPARTAMENTO

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

RESUMEN

Este ensayo aborda la selección de tipos de losa para edificaciones comerciales, buscando determinar la mejor opción. Se destaca la necesidad de conocer en detalle cada sistema constructivo, considerando diseño, ventajas y desventajas. Se enfatiza en variables como tiempo, mano de obra, materiales y montaje, cuantificadas en un indicador de costo. La comparación entre los sistemas de losa de vigueta y bovedilla, losa densa y losa de acero busca determinar la opción más adecuada. Los objetivos incluyen investigar factores comunes y comparar los sistemas. La revisión de la literatura define las losas y su función. La metodología describe una investigación descriptiva y cualitativa. Se consideran variables como losas de entepiso, geometría del edificio y cargas. Los resultados se centran en los factores como la geometría del edificio, cargas, uso del edificio y aspectos económicos. El cuadro comparativo destaca la comparación de los sistemas en los factores investigados. Las conclusiones resaltan la importancia de conocer las ventajas y desventajas de cada sistema, enfatizar la toma de decisiones informada, seguir normas constructivas y estar al tanto de innovaciones en el mercado de la construcción en El Salvador.

Palabras clave : *Selección de losa, Edificaciones comerciales, Sistema constructivo, Comparación de sistemas, Construcción en El Salvador.*

ABSTRACT

This essay addresses the selection of slab types for commercial buildings, aiming to determine the best option. It emphasizes the need to thoroughly understand each construction system, considering design, advantages, and disadvantages. Variables such as time, labor, materials, and assembly are highlighted and quantified in a cost indicator. The comparison among the slab systems of rib and block, dense slab, and steel decking aims to determine the most suitable option. Objectives include investigating common factors and comparing systems. The literature review defines slabs and their function. The methodology describes a descriptive and qualitative research approach, considering variables such as floor slabs, building geometry, and loads. Results focus on factors like building geometry, loads, building use, and economic aspects. The comparative table highlights the systems' comparison in the investigated factors. Conclusions emphasize the importance of understanding the advantages and disadvantages of each system, emphasizing informed decision-making, adherence to construction standards, and staying informed about innovations in the construction market in El Salvador.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo general:.....	2
Objetivos específicos:	2
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	3
Definición de losas	3
Funciones de una losa	3
Clasificación de las losas	3
Materiales de cada tipo de losa	7
Sistema constructivo de cada tipo de losa	8
Comportamiento estructural de las losas de entrepiso	17
Comparación del comportamiento estructural de cada losa	17
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
Tipo de investigación	22
Diseño de la investigación	22
Variables	22
Variable 1: Losas de entrepiso.....	22
Operacionalización de variable:	22
Variable 2: Geometría (forma) del edificio.....	22
Operacionalización de variable:.....	22
Variable 3: Cargas	22
Operacionalización de variable:.....	23
PROCEDIMIENTO	23
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
GEOMETRÍA (FORMA) DEL EDIFICIO.....	24
CARGAS.....	25
Cargas admisibles para cada tipo de losa	26
TIPO DE USO DEL EDIFICIO	29
Losas densa:	29
Losas de acero:	30
Losas de vigueta y bovedilla:.....	31
ECONÓMICO	32
COMPARACIÓN DE CADA LOSA EN LOS CUATRO FACTORES INVESTIGADOS	35
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	40

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	41
--------------------------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de losas.....	4
Figura 2: Losa densa.....	4
Figura 3: Losa aligerada.....	4
Figura 4: Losas combinadas	5
Figura 5: Losa reticular con material de relleno.....	5
Figura 6: Losa unidireccional.....	6
Figura 7: Losa bidireccional.....	6
Figura 8: Vista lateral	9
Figura 9: Vista en planta	9
Figura 10: Parrilla de acero de refuerzo	10
Figura 11: Armado de acero de refuerzo.....	10
Figura 12: Colado de losa de concreto.....	11
Figura 13: Colocación de viguetas	12
Figura 14: Colocación de franja de bovedilla	12
Figura 15: Apuntalamiento provisional de viguetas	13
Figura 16: Trazo y alineación de lámina.....	14
Figura 17: Componentes de losa acero	15
Figura 18: Colocación de pernos para centrar la sección compuesta	15
Figura 19: Instalación en estructuras de concreto.....	16
Figura 20: Instalación en estructuras de concreto por medio de placas de anclas ahogadas.....	16
Figura 21: Formas de apuntalamiento para losa acero	16
Figura 22: Parámetros de diseño	17
Figura 23: Ensayos con base a la teoría de la resistencia última.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempo necesario para remover elementos del encofrado.....	11
Tabla 2: Comparación porcentual	20
Tabla 3: Carga viva máxima admisible (kg/m ²).....	26
Tabla 4: Sobrecarga Permisible (kg/m ²)	27
Tabla 5: Precio de losas	32
Tabla 6: Cuadro comparativo del factor de geometría (forma) del edificio	35
Tabla 7: Cuadro comparativo del factor de cargas	36
Tabla 8: Cuadro comparativo del factor del tipo de uso del edificio	37
Tabla 9: Cuadro comparativo del factor económico	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Índice de estabilidad sismo en X	18
Gráfico 2: Índice de estabilidad sismo en Y	18
Gráfico 3: Momentos máximo sobre columnas	18
Gráfico 4: Contraflecha en viga	19
Gráfico 5: Deflexión por carga viva	19
Gráfico 6: Deflexión por carga muerta.....	19
Gráfico 7: Área de zapatas.....	20

INTRODUCCIÓN

En el presente ensayo se desarrolla el tema “Factores a evaluar para escoger un tipo de losa para edificaciones comerciales”, con el cual se pretende realizar una comparativa entre cada tipo de losa para determinar cuál de ellas es la mejor opción para el uso que se busca.

Para este ensayo se debe conocer muy detalladamente cada sistema constructivo, como es el diseño, sus ventajas y desventajas, para luego ser comparadas y establecer cuál es la más adecuada, según las necesidades.

Estas variables implican el tiempo, cantidad de mano de obra, materiales ser utilizados y montaje, entre otros. La cuantificación y valorización de este grupo de factores vienen a dar un indicador, el cual es denominado costo.

El costo, conjuntamente con las otras variables, proporcionará un grado de conveniencia, proporcionando entre ellos un punto de comparación. Dicha comparación servirá para que, como profesionales, se pueda implementar el sistema constructivo de losas adecuado a cada necesidad y especificaciones de cada proyecto.

La comparación del sistema de losa de vigueta y bovedilla, losa densa, y losa de acero, se da con el objetivo de conocer cuál de estos sistemas es el más adecuado para edificaciones comerciales, y se determinara mediante un análisis de las características de cada sistema.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Investigar los factores más comunes a evaluar para escoger un tipo de losa vigueta y bovedilla, densa y losa de acero para edificaciones comerciales.

Objetivos específicos:

- Describir los factores más comunes de la losa vigueta y bovedilla, densa y losa de acero para edificaciones comerciales.
- Comparar los factores más comunes de la losa vigueta y bovedilla, densa y losa de acero para edificaciones comerciales.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Definición de losas

Una losa es una estructura horizontal plana de hormigón armado que separa un nivel de otro, que se utiliza comúnmente en la construcción para formar techos, pisos y superficies horizontales en edificios y estructuras (Ceroform S.A de C.V., 2023).

Funciones de una losa

Las losas cumplen varias funciones importantes en la construcción, dependiendo de su ubicación y aplicación específica. Algunas de las funciones clave de las losas son las siguientes:

- **Función estructural:** las losas deben ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, al igual que su propio peso y el de los acabados. Además, pueden formar algunas veces un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto (Reyes Alvarez, 2013).
- **Función arquitectónica:** separa los espacios verticales, formando los diferentes niveles de una construcción. Para que esta función se cumpla de una manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un piso a otro (Reyes Alvarez, 2013).

La aplicación correcta de las losas en el proyecto, brindará una vivienda segura, y diseñada para soportar las cargas vivas y muertas que la afectarán en el transcurso de su vida útil, por lo que el éxito de su correcta construcción dependerá de la acertada elección de materiales y mano de obra, dependiendo el proyecto a construir (Reyes Alvarez, 2013).

Clasificación de las losas

Según (Casco & Majano, 2019), las losas se clasifican, según los materiales y según como transmiten la carga (figura 1):

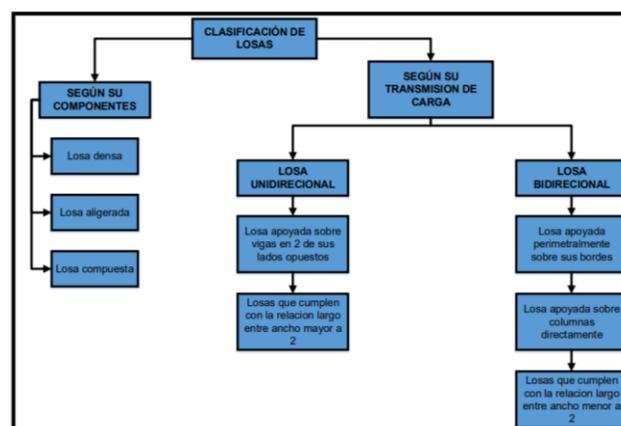


Figura 1: Clasificación de losas

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- Según los materiales

Los tipos de losas según los materiales o elementos para su constitución son: losas densas, reticulares, nervadas y losas combinadas o compuestas.

- a) Losa densa: Los materiales que componen este sistema son, el concreto y acero de refuerzo. 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.

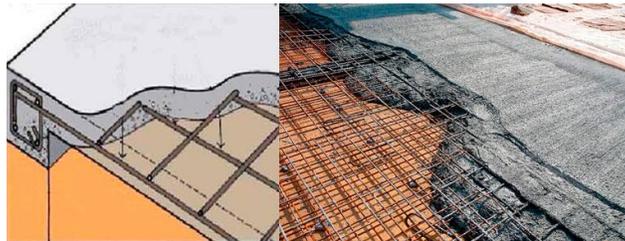


Figura 2: Losa densa

Fuente: (Bloqueras.ORG, s.f.)

- b) Losas aligeradas: Esta tipología 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 creado por elementos como lo son la bovedilla de material pómez o elementos de poliuretano, y estos se denominan elementos aligerantes y también por elementos que sirven de formaleta temporal.

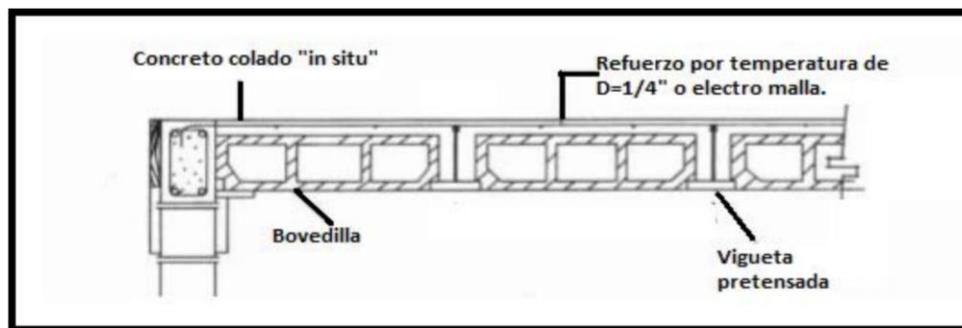


Figura 3: Losa aligerada

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- c) Losas combinadas o compuestas: Es un sistema de losa, cuya combinación puede realizarse de un material como lo es el acero o la madera con el concreto. Una de estas combinaciones da un elemento estructural denominado sistema mixto, entre los cuales se encuentra el sistema de losa-

acero; en el sistema de losa-acero los materiales que componen a este sistema son: la lámina galvanizada, electromalla y concreto.



Figura 4: Losas combinadas

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- d) Losa reticular celular: Son un tipo de sistema que como su nombre lo indica, están compuestas por vigas a modo de nervios, ofreciendo gran rigidez y enlazan los pilares de la construcción. Los materiales que componen a este sistema son: acero de refuerzo, material de relleno el cual es casetón de poliestireno y concreto.

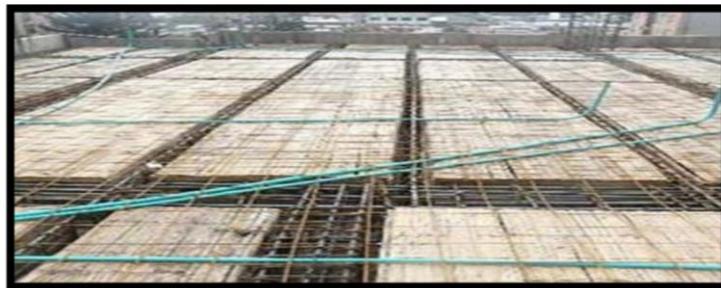


Figura 5: Losa reticular con material de relleno

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- Según como transmiten la carga

Los sistemas de losa densa según la relación de sus lados, determina la transmisión de carga, y estas se clasifican como unidireccional o bidireccional.

- a) Losa Unidireccional: Cuando la relación de luces, lado largo a lado corto es mayor a 2 ($L/S > 2$), el armado de la losa se realizará en la dirección corta (Figura 6). También se incluye refuerzo por temperatura, debido a la contracción que se produce en el concreto.

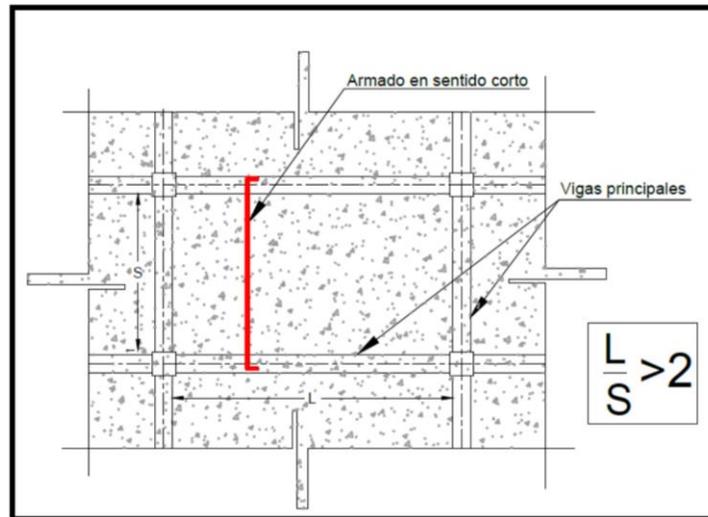


Figura 6: Losa Unidireccional

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- b) Losa Bidireccional: 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.

Si la relación de luces, lado largo a lado corto es menor o igual a 2 ($L/S \leq 2$), el armado de la losa se realiza en ambas direcciones, debido a que por la geometría de la losa se producen esfuerzos en ambos sentidos, por lo tanto, no se requiere, refuerzo por temperatura.

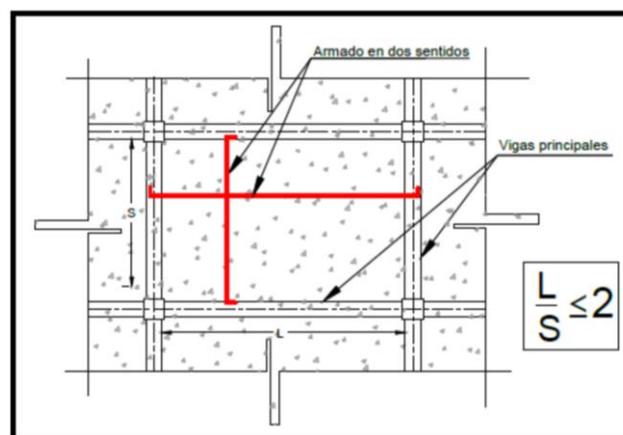


Figura 7: Losa Bidireccional

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

Materiales de cada tipo de losa

- Losa Densa

Las losas densas se construyen típicamente utilizando materiales de alta resistencia que pueden soportar cargas pesadas y proporcionar una superficie duradera y estable. Los materiales más comunes utilizados en la construcción de losas densas incluyen:

- **Concreto:** Es una mezcla compuesta principalmente por cemento, agregados (como arena y grava) y agua, que al fraguar forma una masa sólida y resistente (Concreto Solido De Mexico, 2019).
- **Materiales de encofrado:** El encofrado es un proceso utilizado en la construcción para dar forma y soporte temporal a las estructuras de hormigón como muros, columnas, losas o vigas. El encofrado puede ser de diferentes materiales, como madera (tablas), acero, aluminio, plástico o sistemas prefabricados que combinan varios de estos materiales (Rodríguez Cubero).
- **Acero de refuerzo:** El acero de refuerzo es conocido también como ferralla y como su nombre lo indica es empleado para el refuerzo de estructuras y demás obras que estén sujetos a altas cargas. El acero es incrustado en el concreto de manera que pueda soportar los esfuerzos tanto de tensión, como de compresión (Aceros Arequipa).

- Losa de acero

Una losa de acero también conocida por sistema de lámina colaborante, como se mencionó anteriormente, es un sistema de construcción que combina elementos de acero y concreto para crear una estructura resistente y eficiente. Los materiales clave utilizados en una losa de acero según (Catálogo GALVANISSA, 2019) son:

- **Refuerzo por temperatura:** En algunos casos, se puede utilizar una malla de refuerzo de acero para mejorar la capacidad de carga y la resistencia de la losa.
- **Concreto:** Sobre la lámina de acero, se coloca una capa de concreto, que forma la superficie de la losa y su espesor depende del diseño estructural. Esta capa de concreto puede ser colada in situ en el lugar de construcción.
- **Perno de cortantes:** Sirven para evitar vibraciones y trasladar fuerza cortante de la losa a la viga de acero, haciendo que ambos elementos trabajen como unidad.
- **Elementos de soporte:** pueden ser vigas de concreto o acero.

- Losa Vigueta y bovedilla

La construcción de una losa de vigueta y bovedilla implica el uso de varios materiales, cada uno con una función específica en el sistema. Los materiales

típicos utilizados en una losa de vigueta y bovedilla encontrados en (Catálogo COPRESA, 2012) son los siguientes:

- **Viguetas:** Las viguetas son elementos estructurales que actúan como las vigas principales de la losa. Por lo general, están hechas de acero o concreto y se colocan a lo largo de la superficie de la losa para soportar las cargas. Las viguetas de acero son más comunes en aplicaciones comerciales e industriales, mientras que las viguetas de concreto son utilizadas en proyectos residenciales y algunas aplicaciones comerciales.
- **Bovedillas:** Las bovedillas son bloques o unidades de material ligero que se colocan entre las viguetas para llenar el espacio y reducir el peso total de la losa. Estas unidades pueden estar hechas de diversos materiales, siendo el poliestireno expandido (EPS) uno de los más comunes debido a su ligereza y propiedades de aislamiento térmico y acústico. También hay bovedillas de otros materiales, como cerámica o arcilla expandida.
- **Malla de refuerzo:** En algunos casos, se puede utilizar una malla de refuerzo de acero o fibra de vidrio entre las viguetas para mejorar la resistencia y la distribución de carga de la losa. Esto es especialmente común en aplicaciones comerciales e industriales.
- **Concreto:** Sobre las bovedillas y las viguetas se coloca una capa de concreto que forma la superficie de la losa. Este concreto puede ser colado in situ en el lugar de construcción, y su espesor puede variar según los requisitos del proyecto.

Sistema constructivo de cada tipo de losa

- Losa densa

El sistema constructivo de las losas de entrepiso densas es una técnica utilizada en la construcción de edificios y estructuras para formar los pisos entre diferentes niveles. A diferencia de los sistemas de vigueta y bovedilla o losas aligeradas, en las losas densas se utiliza un material continuo, como concreto, para formar la estructura del entrepiso. Explicación detallada del sistema constructivo de las losas de entrepiso densas:

Se presentan los pasos a seguir, para la construcción de una losa densa:

a) Instalación de encofrado

1. Se iniciará con la colocación de los arrastres a una distancia comúnmente de 1 metro en ambos sentidos.
2. Se colocan sobre los puntales en las vigas y se clavan, con las bridas.

3. Una vez que se ha completado la colocación de las tarimas, se revisan los niveles para ver que el encofrado se encuentra a la altura deseada.
4. Para rigidizar el encofrado se clavan las cruceetas en los puntales, estos se clavarán alternadamente.
5. Una vez realizado lo anterior se procede a la colocación de la frontera de la losa, ésta se fabrica a base de duela.
6. Las fronteras se colocan en todo el perímetro que abarque la losa, ésta se fija por medio de barros clavados a las viguetas.
7. Por último, se hará un chequeo general de los niveles para evitar que la losa quede desnivelada, porque una vez que el concreto es vaciado sobre el encofrado es imposible nivelarla.

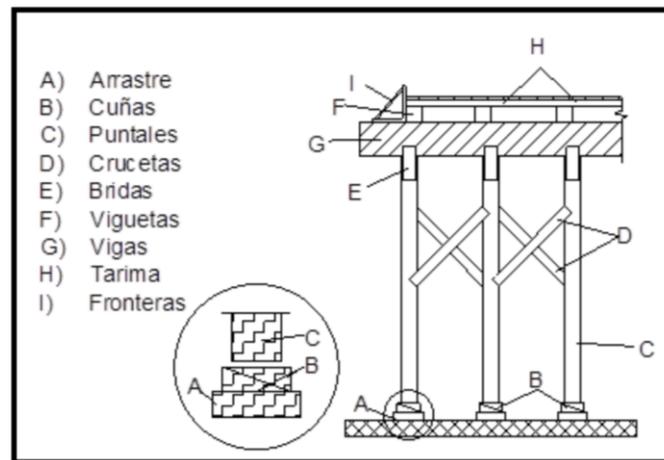


Figura 8: vista lateral

Fuente: (Casco & Majano, 2019)



Figura 9: vista en planta

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- b) Proceso de armado de acero de refuerzo en la losa Para la colocación del acero de refuerzo de la losa (emparrillado), es primordial guiarse del plano estructural, se marcará en el encofrado la separación de las varillas y la distribución de las mismas, hasta tener las marcas en los dos sentidos.

- Se verifican en los planos las características del armado en planta para ver los detalles.
- Se colocarán las varillas rectas, éstas irán con los ganchos necesarios, se hará en los dos sentidos. La colocación de acero del emparillado se hará con el siguiente criterio:
- Las varillas en el claro largo son las que quedarán arriba de las varillas de claro corto.
- Colocadas las varillas del emparillado, se amarrarán las perimetrales, para garantizar la localización correcta de las varillas. El amarre se realiza con alambre recocido según lo especifique el plano.
- Se colocan en las franjas centrales a la mitad de las varillas rectas bajas, las que llevarán columpio o bayoneta, este doblez se hará con la grifa. Ya realizados los columpios se amarran todos los cruce restantes para proceder a colocar los bastones en lo alto del armado a la mitad de las varillas con columpio y se amarran con una varilla adicional. Una vez terminado el reforzado de la losa se calza el reforzado por medio de los helados, y verifique que el reforzado coincida con el plano.



Figura 10: Parrilla de acero de refuerzo

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

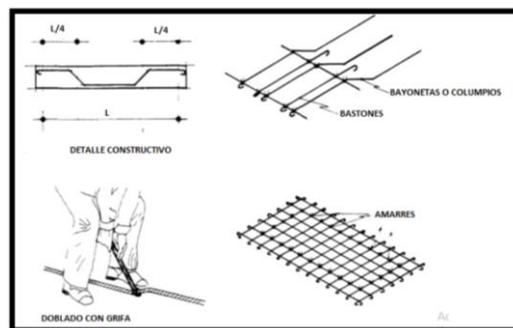


Figura 11: Armado de acero de refuerzo

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

c) Colado de la losa de concreto reforzado

Luego de tener el encofrado y el armado de la losa, se lleva a cabo el proceso de vaciado de concreto, el cual puede ser mezclado en obra o traído de una planta de premezclado.



Figura 12: Colado de losa de concreto

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

d) Descimbrado de la losa

Consiste en remover la obra falsa y acarrear el material utilizado para el encofrado fuera de la zona de trabajo, almacenándola, limpiándola e impregnándola nuevamente con diésel o aceite para sus posteriores usos.

El encofrado podrá quitarse dependiendo del tipo de concreto a utilizar (normal o rápida) de acuerdo a la siguiente tabla.

Tiempo necesario para descimbrado de losa ¹⁰				
Temperatura superficial del concreto (°C)	>24°	16°	8°	2°
Fondos de encofrado(días)	2	3	5	8
Puntales (días)	7	9	13	20

Tabla 1: Tiempo necesario para remover elementos del encofrado

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- **Vigueta y bovedilla**

El sistema constructivo de losa de vigueta y bovedilla es un método comúnmente utilizado en la construcción de entresijos y techos en edificaciones residenciales y comerciales. Este sistema se caracteriza por su eficiencia en el uso de materiales,

su capacidad para soportar cargas y su facilidad de instalación. Sistema constructivo de las losas de vigueta y bovedilla:

El proceso descrito a continuación es sobre una losa compuesta de vigueta y bovedilla y está basado según catálogo COPRESA.

Proceso de instalación

En la construcción de elementos estructurales, uno de los aspectos principales, es el procedimiento adecuado para efectuar el trabajo de la mejor manera, esto se consigue siguiendo los pasos adecuadamente.

- a) Apuntalamiento: se colocan puntales y largueros de apoyo y nivelación, y se retiran a los 7 días de la aplicación de la capa de concreto.
- b) Colocación de viguetas: colocar las viguetas apoyadas sobre los muros estructurales que soportaran el peso de la losa.

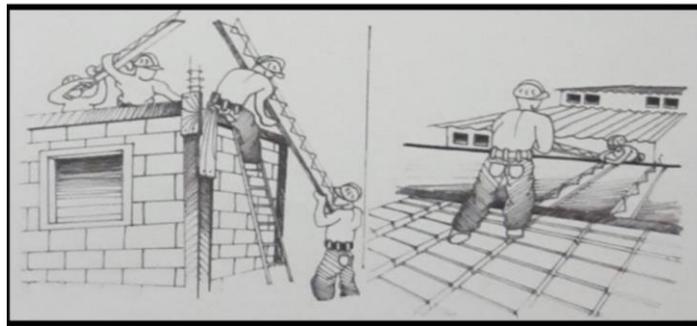


Figura 13: Colocación de viguetas

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- c) Alinear viguetas: se colocan bovedillas en los extremos de las viguetas para obtener la separación correcta, además de facilitar la posterior colocación de las demás bovedillas de forma alineada.
- d) Colocar las bovedillas: se colocan las bovedillas, cuidando que queden bien asentadas y lo más juntas posible.

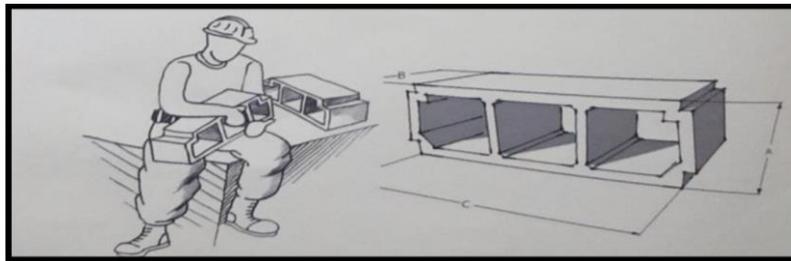


Figura 14: Colocación de franja de bovedilla

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

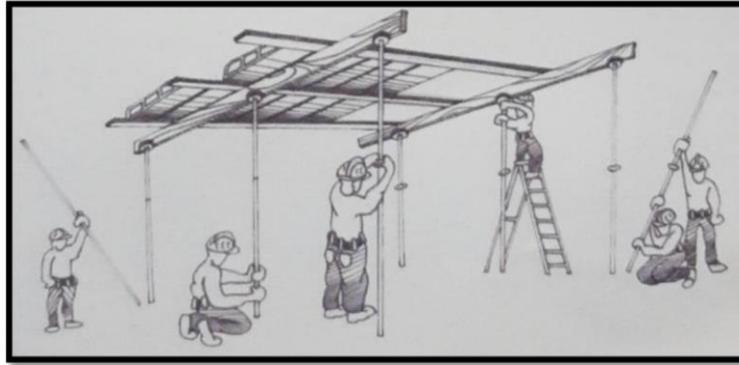


Figura 15: Apuntalamiento provisional de viguetas

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- e) Colocar electro malla: se presenta y corta al tamaño requerido y se ajusta con alambre de amarre a la varilla superior de las viguetas, y a las cadenas de cerramiento.
- f) Colado de la capa de concreto: se tapan los huecos de las bovedillas con material en los extremos y/o aquellas que se hayan recortado para ajustar el claro.

- Losa de acero

El sistema constructivo de losa de acero, también conocido como sistema de entrepiso losacero, es un método popular en la construcción de edificios en los que se utilizan paneles de acero galvanizado, como elemento principal para formar la estructura de entrepisos. Este sistema es ampliamente utilizado debido a su eficiencia, versatilidad y capacidad para soportar cargas significativas. A continuación, se proporciona una explicación detallada del sistema constructivo de las losas de acero:

se detalle el proceso constructivo basado en las especificaciones para la instalación según la empresa GALVADECK.

Especificaciones técnicas para la instalación de losa acero según Galvadeck.

La siguiente información está basada en el catálogo: "Especificaciones técnicas Galvadeck".

En el presente catálogo se presenta las siguientes especificaciones para la instalación de la losa acero:

- Lámina galvanizada de acuerdo a la norma ASTM A-653 grado 37
- ($F_y=2590 \text{ kg/cm}^2$).
- La longitud mínima de apoyo en los extremos para el GALVADECK deberá ser igual a 3.8 cm. (1.5").

- El recubrimiento mínimo de concreto sobre el GALVADECK será igual a 5 cm, y el recubrimiento sobre malla electrosoldada de 2.5 cm.
- En secciones compuestas, el recubrimiento mínimo sobre la parte superior de un elemento conector (perno, canal CPS, ángulo, etc.) deberá ser 1.3 cm. (1/2").
- Se deberá tomar en cuenta todas las especificaciones del reglamento de construcción concreto del ACI 318 última edición.

Proceso de instalación de losa acero

- a) Puntos a verificar antes de iniciar la instalación de losa acero.
1. Verificar que todas las conexiones de la estructura que reciben al Galvadeck se encuentren terminadas.
 2. Localización del arranque para la instalación de la primera lámina.
 3. El trazo y alineación de la lámina; para esto se pueden utilizar como guía hilo, gis, entre otros.

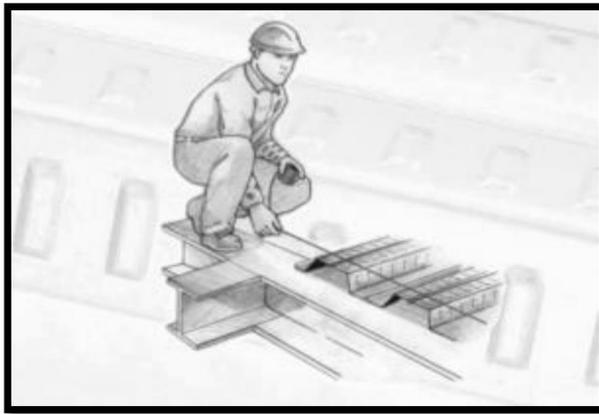


Figura 16: Trazo y alineación de lámina

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

b) Instalación de lámina colaborante

La instalación de lámina colaborante se puede realizar en estructuras de acero, así como de concreto como se explica a continuación:

- Instalación en estructuras de acero
1. Plenamente sujeta la lámina, se procede a la fijación por medio de puntos de soldadura E-60 de mínimo 20 mm o pijas de diámetro 1/4", modulándose a cada 30 cm (cada valle) en los Galvadeck 25 y 30. Para los Galvadeck 15 se modulan a cada 15 cm en apoyos de los extremos, cambiándolo de la modulación a cada 30 cm en los intermedios.

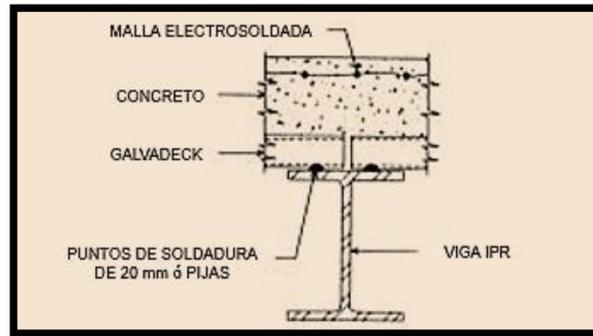


Figura 17: Componentes de losa acero

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

2. Se puede fijar la lámina utilizando pernos de cortante los cuales, hacen trabajar la losa como sección compuesta donde mayor eficiencia y menor peso por m²de construcción.

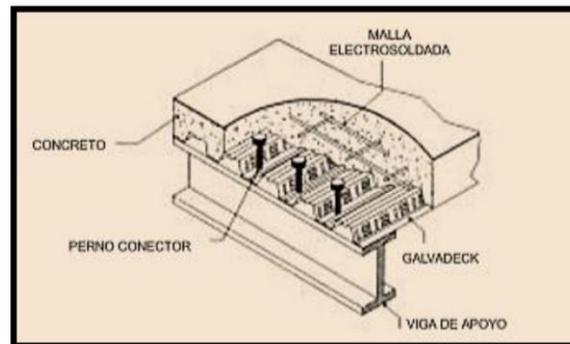


Figura 18: Colocación de pernos para centrar la sección compuesta

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- Instalación en estructuras de concreto.
1. Se instalará el GalvaDeck dentro de la sección a colar de trabe, la cual quedará completamente monolítica después de fraguado el elemento.

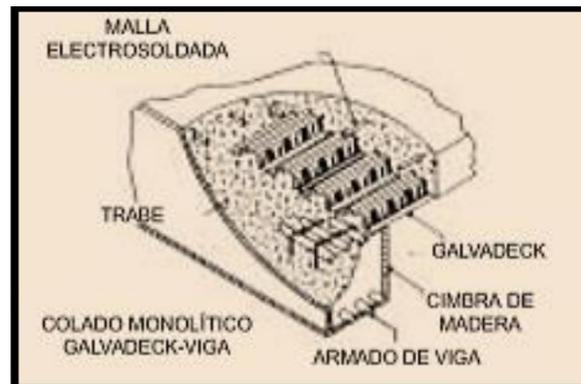


Figura 19: Instalación en estructuras de concreto

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

2. Otra opción puede ser colocar placas con anclas ahogadas a la trabe de concreto y después recibir el Galvadeck, sujetándolo con puntos de soldadura, pijas o pernos.

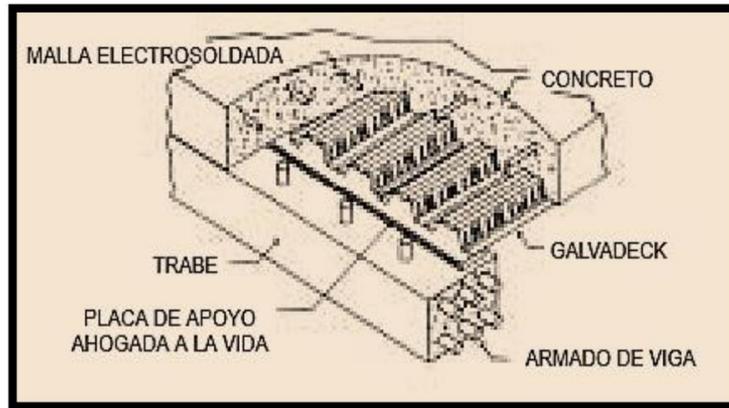


Figura 20: instalación en estructuras de concreto por medio de placas de anclas ahogadas

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

- c) Colocación de malla electrosoldada.

Ya instalado la lámina colaborante se procede a colocar la malla electro soldada (acero por temperatura) sobre la lámina, procurando obtener un recubrimiento mínimo de 2.5 cm sobre el tope de concreto, controlado con silletas de alambón o gavetas de concreto pobre.

- d) Colocación de apuntalamientos.

Se coloca el apuntalamiento temporal si es requerido el cual, si es de madera, será de 4"x4" colocándose la puntal madrina a cada 0.80 m a centros máximo. Se pueden manejar también andamios metálicos para lograr el mismo objetivo.

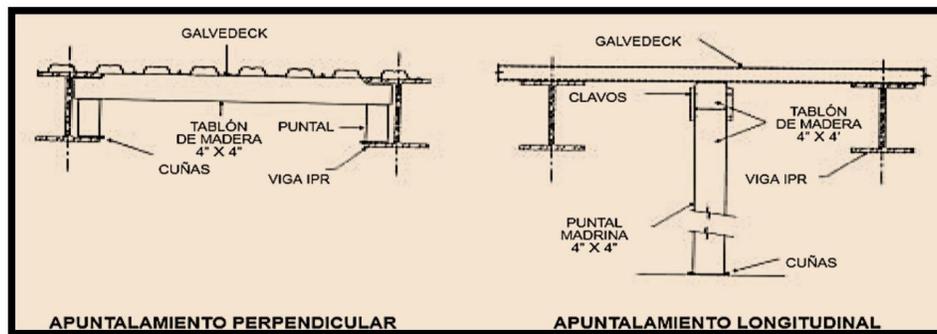


Figura 21: formas de apuntalamiento para losa acero

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

e) Colocación de tablonces de madera sobre la lámina.

Esto se hace con el objetivo de distribuir la carga de los trabajadores, y evitar así cargas directas a la lámina que pueden producir deformaciones, las cuales después de fraguada la losa quedaran de madera permanente.

f) Colocación de concreto sobre lámina colaborante.

Antes de colocar el concreto sobre la lámina se deberá de eliminar el polvo o cualquier residuo de aceite o grasa.

Comportamiento estructural de las losas de entrepiso

Que es el comportamiento estructural:

El comportamiento estructural es la forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas externas; las relaciones matemáticas existentes entre las fuerzas generalizadas y los desplazamientos generalizados son conocidas usualmente como relaciones constitutivas de la estructura (Eden capcha ingeniería, 2017).

Comparación del comportamiento estructural de cada losa

Las comparaciones se obtuvieron del diseño estructural de un edificio de 6 niveles obtenido de una investigación de que lleva por título: “Comparación del comportamiento estructural y económico de los diferentes sistemas de losas de entrepiso, usados en estructuras de concreto reforzado para edificios de cinco pisos de altura”

ASPECTOS GENERALES	
Proyecto	Vivienda Multifamiliar
Grupo de uso	I
Número de niveles	6
Área construida	385.32m ²
Área piso tipo	61.21m ²
Altura de diseño	14.7m
Tipo de cimentación	Zapatillas aisladas
Norma de diseño	NSR-10
Materiales	Concreto f'c=21Mpa Acero de refuerzo fy=420Mpa Acero estructural fy=351.5Mpa
Método de diseño	Resistencia Última
Método de análisis sísmico	Análisis Dinámico Elástico Espectral
Método de cálculo sísmico	Modal espectral dinámico
Sistema de resistencia sísmica	Pórticos en concreto reforzado (DMO)
Sistema de entrepisos	Losa maciza Losa aligerada Losa sobre lamina colaborante Losa placa fácil
Procesamiento electrónico	Sap2000
Capacidad Portante	249.4kN/m ²

Figura 22: Parámetros de diseño

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

En el apartado 8.0 “Análisis de resultado” de la investigación ya citada en el párrafo anterior se encontraron los siguientes resultados obtenidos de un análisis estructural mediante el software SAP 2000.

- Índice de inestabilidad: para conocer los desplazamientos de cada losa

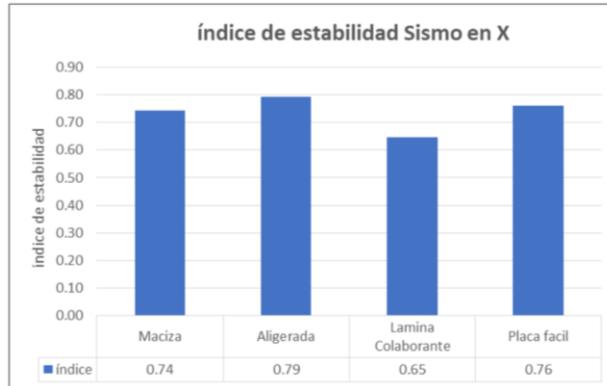


Gráfico 1: Índice de estabilidad sismo en X

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

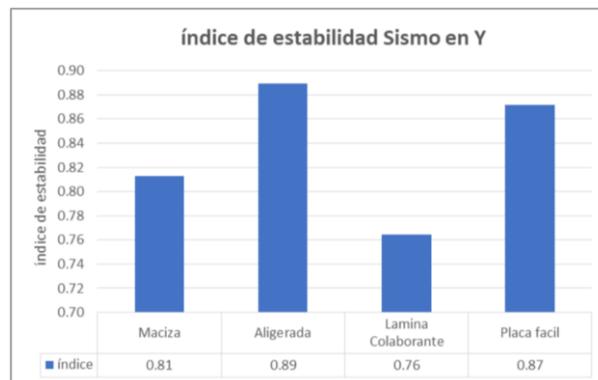


Gráfico 2: Índice de estabilidad sismo en Y

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

- Momentos máximos

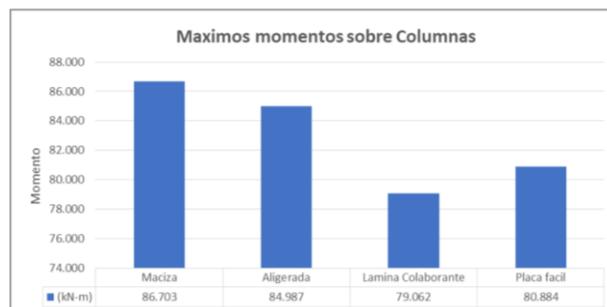


Gráfico 3: Momentos máximo sobre columnas

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

- Contraflecha en viga

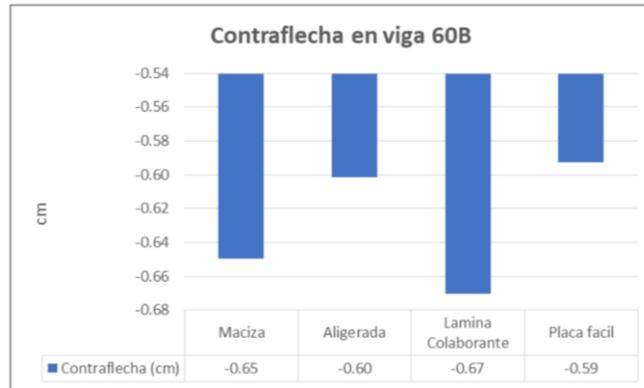


Gráfico 4: Contraflecha en viga

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

- Deflexiones



Gráfico 5: Deflexión por carga viva

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

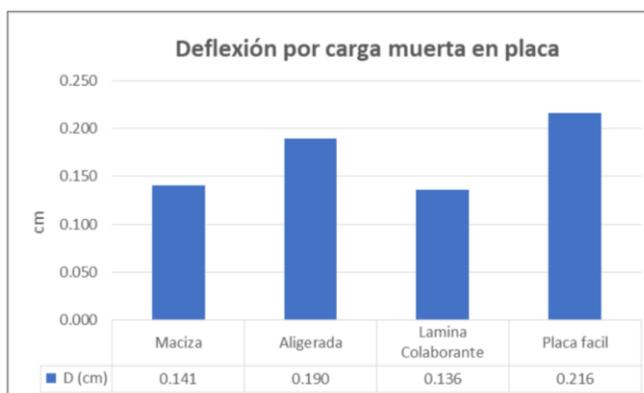


Gráfico 6: Deflexión por carga muerta

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

- Área de zapatas para cada tipo de losa

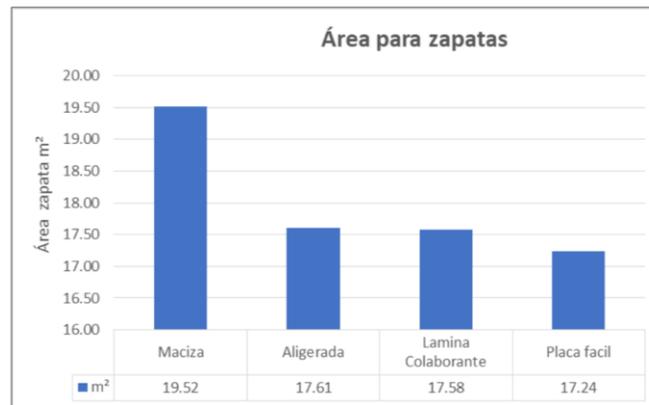


Gráfico 7: Área de zapatas

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

(Vargas & Cuellar, 2021), A continuación, se presenta la matriz comparativa entre los principales resultados obtenidos, basándose en la losa maciza como el sistema de referencia, esto debido a que es el sistema tradicional, y en la mayoría de los parámetros es el sistema con la cantidad máxima.

COMPARACIÓN PORCENTUAL				
MATERIAL	LOSA MACIZA	LOSA ALIGERADA	LAMINA COLABORANTE	PLACA FACIL
Carga muerta	100%	71.99%	73.08%	60.30%
Desplazamientos en X	94%	100.00%	81.68%	96.06%
Desplazamientos en Y	91%	100.00%	86.02%	98.07%
Momentos en Columnas	100%	98.02%	91.19%	93.29%
Deflexión carga viva	72%	94.79%	68.10%	100.00%
Deflexión carga Muerta	65%	87.74%	63.07%	100.00%
Cuantía de acero	93%	100.00%	91.52%	93.98%
Volumen vigas-columnas	100%	94.49%	94.46%	94.31%
Área de las zapatas	100%	94.49%	94.46%	94.31%
Precios unitarios	100%	65.36%	81.90%	70.17%
Presupuesto global	100%	91.22%	92.15%	89.38%

	MAYOR VALOR
	VALOR MEDIO
	MENOR VALOR

Tabla 2: Comparación porcentual

Fuente: (Vargas & Cuellar, 2021)

De los datos anteriores se extrajeron las siguientes conclusiones del comportamiento estructural de las losas de entepiso:

- Las dimensiones y los refuerzos de las columnas no variaron entre los diferentes sistemas.

- La placa fácil reduce las cargas muertas en un 40.4% con respecto a las cargas generadas por una placa maciza, la cual es el tipo de losa más con mayor carga muerta.
- El índice de estabilidad es mayor un 22% en sentido X y un 16% en sentido Y en la placa aligerada en una dirección, en comparación con la placa con lamina colaborante donde el índice de estabilidad se encuentra en 0.65 y 0.76 en sentido X y Y respectivamente.
- La placa fácil presenta una disminución del 11.7% del área de las zapatas con respecto a las solicitadas para la placa maciza, la cual requiere 19.52m².
- La placa con lámina colaborante desarrolla deflexiones 32% menores, con respecto a las deflexiones en la placa fácil, en la que se encuentran las mayores deflexiones por carga viva.
- La placa con lámina colaborante desarrolla deflexiones 37% menores, con respecto a las deflexiones en la placa fácil, en la que encuentran las mayores deflexiones por carga muerta.
- La placa con lámina colaborante desarrolla momentos en las columnas 9% menos con respecto a los desarrollados en losa maciza, la cual presenta las mayores solicitaciones.
- Para algunos sistemas con índices de estabilidad bajos como la lámina colaborante, se podría disminuir la sección de las columnas debido a que las solicitaciones para estos sistemas son menores.
- La losa maciza requiere una cimentación con mayor área debido al peso por carga muerta, no obstante, los sistemas de placa fácil, placa aligerada y metaldeck no varían considerablemente en este aspecto.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

La investigación a realizarse será descriptiva y según el tipo de la recolección de datos tendrá un enfoque cualitativo.

Diseño de la investigación

La investigación es no experimental – descriptivo debido a que solo se describen y comparan las variables establecidas y no se realiza ningún experimento a modificación en dichas variables.

Variables

En este caso, se consideran tres variables principales: Losas de entrepiso, Geometría (forma) del edificio, Cargas.

Variable 1: Losas de entrepiso

Definición: Las denominadas losas o placas de entrepiso, son unos elementos rígidos que pueden separar un piso de otro, las cuales son construidas en forma de vigas sucesivas o monolíticamente y que se apoyan sobre los muros estructurales.

Operacionalización de variable:

- Losa densa: Se describirán sus materiales de construcción, las cargas admisibles y otras características como su costo y su uso.
- Losa vigueta y bovedilla: Se describirán sus materiales de construcción, las cargas admisibles y otras características como su costo, su uso en base a catálogos ya establecidos.
- Losa de acero: Se describirán sus materiales de construcción, las cargas admisibles y otras características como su costo, su uso en base a catálogos ya establecidos.

Variable 2: Geometría (forma) del edificio

Definición: la geometría de un edificio implica la medición y descripción detallada de sus características físicas y espaciales para comprender su diseño y estructura de manera cuantitativa y precisa. Esto es fundamental en la arquitectura y la construcción para planificar, diseñar y evaluar edificios de manera efectiva.

Operacionalización de variable:

- Dimensiones de planta: se buscará una relación entre la forma de la planta de un edificio y el tipo de losa que se adapte mejor dependiendo en gran medida de la carga a soportar.

Variable 3: Cargas

Definición: Implica identificar y medir las diferentes categorías de cargas que actúan sobre una losa de construcción horizontal.

Operacionalización de variable:

- Cargas de diseño estructural: Se establecerá para que tipos de cargas pueden ser diseñadas cada tipo de losa.
- Cargas admisibles: Se establecerá cuanta carga soporta cada losa y de que depende su capacidad.
- Tipo de uso del edificio: las cargas dependen en gran medida del tipo de uso del edificio.

PROCEDIMIENTO

Recolección de información: se buscará información de cada factor que determinan la elección de cada uno de los tres tipos de losa.

Comparar las losas en los diferentes factores estudiados: establecer las diferencias de cada losa resaltando sus mayores ventajas.

Para estos factores a investigar no se les otorgara ponderación alguna ya que el ensayo no tiene como objetivo puntuar o establecer un factor más importante que otro, por tanto, basado en experiencia o apoyado en otras investigaciones es decisión del lector dar una importancia o ponderación a cada factor según su criterio.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para esta investigación se tomaron cuatro factores importantes para la determinación del tipo de losa a usar en edificaciones de viviendas y/o comerciales siendo esto factores los siguientes:

GEOMETRÍA (FORMA) DEL EDIFICIO

La geometría de un edificio constructivo se refiere a la forma y estructura del edificio en términos de sus dimensiones y características físicas. Los edificios pueden tener una amplia variedad de formas y diseños geométricos, que incluyen:

1. Rectangular: Edificios con forma de rectángulo o cuadrado, con lados perpendiculares y ángulos rectos.
2. Cilíndrico: Edificios con una forma de cilindro, como silos o algunas torres.
3. Triangular: Edificios con forma de triángulo, con tres lados y tres ángulos.
4. Circular: Edificios con una forma de círculo, como cúpulas o algunos auditorios.
5. Trapezoidal: Edificios con una forma de trapecio, con dos lados paralelos y dos lados no paralelos.
6. Poligonal: Edificios con formas poligonales irregulares, como museos o estructuras arquitectónicas modernas.
7. Elipsoidales: Edificios con formas elipsoidales, que son menos comunes pero pueden verse en arquitectura contemporánea.
8. Asimétricos: Edificios que no siguen un patrón geométrico regular y tienen formas irregulares y no simétricas.

La geometría de un edificio también se relaciona con la disposición de ventanas, puertas, techos, escaleras y otros elementos arquitectónicos que contribuyen a su apariencia y funcionalidad. Cada edificio se diseña cuidadosamente teniendo en cuenta su propósito, estética y contexto, lo que influye en su forma y estructura geométrica.

La elección del tipo de losa en un edificio puede depender de varios factores, incluyendo la geometría del edificio. Diferentes tipos de losas tienen ventajas y desventajas en términos de carga estructural, flexibilidad de diseño y eficiencia económica. A continuación, se describen algunos tipos comunes de losas y cómo su elección puede verse influenciada por la geometría del edificio:

1. Losas de Concreto Macizo:

- Las losas de concreto macizo son una opción robusta y versátil que se utiliza comúnmente en edificios de geometría rectangular o cuadrada. Son adecuadas para cargas pesadas y pueden soportar grandes luces. Sin embargo, su espesor suele ser mayor que otras losas, lo que puede afectar la altura total del edificio.

2. Losa Aligerada:

- Las losas aligeradas, como las losas de vigueta y bovedilla, son adecuadas para edificios con geometría rectangular o cuadrada. Son más livianas y permiten ahorrar en el peso total de la estructura. Esto puede ser beneficioso en edificios de varios pisos.

3. Losa de Acero (Losa Acero):

- Las losas de acero, como las losas de acero colaborante (losa de acero), son adecuadas para edificios con geometría rectangular o cuadrada. Son ligeras y ofrecen una mayor capacidad de carga en comparación con las losas de concreto. Son comunes en edificios industriales y comerciales.

La elección del tipo de losa dependerá de varios factores, incluida la forma y la geometría del edificio, la carga estructural prevista, el presupuesto y los objetivos de diseño. En proyectos con geometría inusual o compleja, es posible que se requieran soluciones de diseño y estructurales personalizadas para satisfacer las necesidades específicas del edificio.

CARGAS

Las cargas que soporta una losa se refieren a las fuerzas y presiones que actúan sobre una losa de concreto o cualquier otro material de construcción horizontal. Estas cargas son esenciales para el diseño y la construcción de la losa, y pueden variar dependiendo de su ubicación y uso.

Cargas a las que está expuesta la losa:

- Carga viva

Se consideran como cargas vivas los pesos que se producen por el uso y ocupación de las construcciones y que no tiene carácter permanente. Las cargas especificadas no incluyen el peso de equipos, muebles u objetos de peso fuera de lo común, como cajas fuertes, libreros pesados o cortinajes en salas de espectáculo (Reglamento Para La Seguridad Estructural De Las Construcciones, 1996).

Para un piso habitacional según el reglamento de seguridad estructural se toma una carga viva de 170 kg/cm²

- Carga muerta

Se consideran cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo (Reglamento Para La Seguridad Estructural De Las Construcciones, 1996).

- Cargas sísmicas

Las losas densas sirven como un método para rigidizar una estructura sobre todo en estructuras de acero y por tanto darle mayor resistencia ante un sismo.

Las losas aligeradas y las losas de aceros pueden ayudar a alivianar una edificación de concreto reforzado.

Cargas admisibles para cada tipo de losa

- Losa vigueta y bovedilla

Según en el catálogo de COPRESA las cargas admisibles de una losa tradicional de vigueta y bovedilla depende de la luz libre y el grosor de la losa como se muestra en la siguiente tabla:

Luz Libre (mts)	TIPO DE VIGUETA					
	VT1-15	VT1-20	VT1-25	VT2-25	VT1-27	VT1-40
	Carga Viva Máxima Admisible (Kg / m ²)					
2	1272					
2.2	1115	1656	2094			
2.4	989	1468	1847			
2.6	884	1314	1647			
2.8	796	1185	1482			
3	721	1077	1343			
3.2	657	983	1225	1411		
3.4	601	903	1123	1296		
3.6	551	832	1034	1196		
3.8	507	770	956	1108		
4	468	714	887	1030		
4.2	433	665	825	961	1002	
4.4	401	620	770	899	935	
4.6		580	720	842	874	
4.8		543	675	768	820	
5		496	633	688	770	
5.2		437	596	617	724	1139
5.4			544	554	683	1065
5.6			489	497	644	997
5.8			438	447	608	934
6				401	576	877
6.2					545	823
6.4					516	774
6.6					490	728
6.8					465	685
7					423	644
7.2						607
7.4						571
7.6						538
7.8						506
8						477

Tabla 3: Carga viva máxima admisible (kg/m²)

Fuente: (Catálogo COPRESA)

Donde se puede resumir que para una luz de 2 metros la carga máxima admisible de una VT1-15 es de 1272 kg/m² y para una luz máxima de 8 metros la carga admisible es de 477 kg/m².

- **Losa de acero (Galvadeck)**

Según el catálogo de GALVANISSA la sobrecarga permisible depende del calibre y perfil de la lámina de acero, luz libre y el espesor del concreto como se muestra en la siguiente tabla:

SOBRECARGA PERMISIBLE (kg/m ²)											
Calibre	Luz libre (m)	Galvadeck Perfil 63				Galvadeck Perfil 75					
		Espesor de concreto (cm)				Espesor de concreto (cm)					
		5	6	8	10	12	5	6	8	10	12
24	2.00	1050	1277	1948	2577	3109	1317	1575	2247	3136	3954
	2.40	670	819	1271	1874	2531	850	1022	1476	2079	2835
	2.80	440	543	863	1924	1853	570	689	1010	1441	1984
	3.20	291	365	598	918	1335	387	474	708	1028	1433
22	2.00	1245	1511	2043	2575	3107	1592	1930	2608	3285	3962
	2.60	742	903	1318	1881	2306	990	1170	1605	2187	2899
	3.20	423	521	780	1135	1601	582	693	964	1332	1784
	3.80	243	306	475	714	1031	351	423	603	850	1159
20	2.00	1243	1509	2040	2563	3105	1592	1930	2608	3285	3962
	2.80	754	905	1290	1747	2114	998	1166	1582	2110	2722
	3.60	378	459	675	965	1342	520	612	846	1146	1525
	4.40	188	236	364	543	781	277	331	472	659	897

Sin apuntalamiento temporal Con un apuntalamiento temporal al centro

Tabla 4: Sobrecarga Permisible (kg/m²)

Fuente: (Catálogo GALVANISSA)

De la tabla se puede resumir que para la luz mínima que es de 2 metros lo mínimo que soportaría 1050 kg/m² con perfil 63, calibre 24 y un espesor de concreto de 5 cm, y la carga máxima es de 3962 kg/m² con perfil 75, calibre 20 o 22 y un espesor de concreto de 12 cm.

Para la luz máxima de 4.4 metros lo mínimo que soportaría es 188 kg/m² con perfil 63, calibre 20, y un espesor de concreto de 5 cm, y la carga máxima es de 897 kg/m² con perfil 75, calibre 22 y un espesor de concreto de 12 cm.

- **Losa Densa**

La capacidad de carga de una losa densa se determina mediante cálculos estructurales que consideran varios factores. Estos factores incluyen la resistencia del material utilizado en la losa, la distribución de la carga sobre la superficie de la losa, la geometría y espesor de la losa, así como las condiciones de apoyo y restricciones.

En general pueden distinguirse dos filosofías para el análisis y/o diseño de sistemas de losas de concreto reforzado (Casco & Majano, 2019):

1. Métodos basados en la teoría elástica.
2. Métodos basados en la teoría plástica o análisis límite.

Existen además algunos métodos que usan fundamentos de ambas teorías. Cualquiera sea el método elegido, las losas deben satisfacer las siguientes condiciones (Casco & Majano, 2019):

- Que, bajo cargas de servicio, las deformaciones y fisuras deben permanecer dentro de los límites aceptables.
- Que, bajo estados de cargas excepcionales, posean una adecuada ductilidad y coeficiente de seguridad elevado para evitar el colapso de la misma. Es decir, cumplir requisitos de resistencia y ductilidad.

Métodos basados en la teoría elástica (teoría clásica)

La teoría clásica de análisis elástico se basa en las siguientes hipótesis (Casco & Majano, 2019):

- a) La losa se comporta como un material isótropo, homogéneo y elástico para estados de carga de servicio, y por lo tanto en ese rango es válida la ley de Hooke.
- b) El espesor de la losa es suficientemente pequeño como para que se ignoren las deformaciones por corte, pero a su vez ese espesor es suficiente como para ofrecer resistencia a flexión (y no comportarse como una membrana), y que las deformaciones en su plano sean despreciables.
- c) La flecha en un punto cualquiera de la placa es pequeña con respecto a su espesor.

La distribución de momentos y corte en las placas obtenidas a partir de esta teoría elástica es tal que:

- Las condiciones de equilibrio son satisfechas en cada punto de la losa.
- Se deben satisfacer las condiciones de contorno.
- Las tensiones son proporcionales a las deformaciones, o, en otras palabras, los momentos flectores son proporcionales a las curvaturas lo cual implica relación constitutiva seccional lineal.

Métodos basados en la teoría plástica (análisis límite)

El análisis límite o del estado último reconoce que, debido a la plasticidad, es posible que ocurra una redistribución de los momentos y los cortes más allá de los límites dados por la teoría elástica antes de que se alcance la capacidad última de la losa. Esta redistribución de momentos es factible cuando la sección de concreto no está sobre reforzada. Una vez alcanzada la resistencia de fluencia, la sección puede

incrementar notablemente sus valores de curvatura con poca variación con relación a la resistencia que corresponde al comienzo de plasticidad de la armadura fraccionada. De esta forma, el análisis límite permite evaluar la carga última o máxima de la losa y la redistribución de momentos y cortes para esta carga, suponiendo que las secciones de la losa son lo suficientemente dúctiles como para permitir que ocurra la redistribución de esfuerzos internos (Casco & Majano, 2019).

Para determinar la carga última de un sistema de losas de concreto reforzado existen, de acuerdo a los teoremas de Prager, dos alternativas: un método basado en el límite superior o un método apoyado en los teoremas del límite inferior (Casco & Majano, 2019).

Los métodos basados en los teoremas del límite inferior dan como resultado una carga última que o bien es la correcta o está por debajo de este valor; es decir, la carga última nunca es sobre estimada: se está del lado de la seguridad. Un método conocido es el de las franjas de Hillerborg (Casco & Majano, 2019).

Los métodos basados en teoremas del límite superior, por el contrario, llevan a una carga última que es o la correcta o una que supera este valor. En el método basado en la teoría de las líneas de fluencia (a veces llamadas líneas de rotura) de Johansen, se postulan una serie de mecanismos de colapso para el sistema de losas en estudio y de su análisis, aquel que conduzca a la menor carga última se toma como el correcto o el más aproximado. Si no fuera el valor correcto la solución sobre estimaría en cierto rango la carga máxima que el sistema puede soportar (Casco & Majano, 2019).

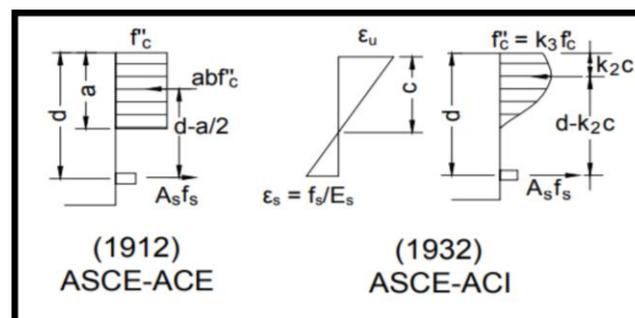


Figura 23: Ensayos con base a la teoría de la resistencia última

Fuente: (Casco & Majano, 2019)

TIPO DE USO DEL EDIFICIO

Losa densa:

La losa densa es adecuada para diversas construcciones que requieren una estructura sólida, estable y resistente. En este sentido y para que te des una idea de su versatilidad, a continuación, te presentamos una lista de sitios en los que se emplea dicho sistema de construcción.

- Edificios residenciales y viviendas

- Oficinas de varios pisos
- Edificios comerciales
- Inmuebles industriales
- Estacionamientos
- Puentes y viaductos
- Estadios, gimnasios y otras instalaciones deportivas

Losa de acero:

Las losas Losa de acero son especialmente adecuadas para ciertas aplicaciones de construcción, y su diseño específico las hace ideales en situaciones donde se requiere resistencia, durabilidad y eficiencia. Algunas de las construcciones y aplicaciones en las que se debe utilizar la losa Losa de acero incluyen:

1. Edificios industriales y comerciales: Las losas Losa de acero son comunes en almacenes, centros de distribución, fábricas y otros edificios industriales y comerciales, ya que pueden soportar cargas pesadas y son eficientes en términos de costos y tiempo de construcción.
2. Estacionamientos: Las losas Losa de acero se utilizan en estacionamientos de varios niveles debido a su capacidad para soportar el peso de vehículos y la rapidez con la que pueden ser instaladas.
3. Centros comerciales: En proyectos de construcción de centros comerciales, las losas Losa de acero son una opción común para los niveles superiores, ya que permiten una rápida construcción y proporcionan una base resistente para tiendas y áreas de tráfico pesado.
4. Edificios de oficinas: En edificios de oficinas de varios pisos, las losas Losa de acero se utilizan para los niveles superiores y los techos debido a su capacidad de carga y durabilidad.
5. Edificios de viviendas multifamiliares: A veces se utilizan en construcción de edificios de apartamentos y condominios, especialmente en los niveles de estacionamiento subterráneo o en los techos de las áreas comunes.
6. Edificios de uso mixto: En proyectos que combinan espacios comerciales con residenciales, las losas Losa de acero pueden ser útiles para proporcionar la resistencia necesaria en áreas de tráfico pesado.
7. Edificios de servicios públicos: Se utilizan en instalaciones industriales y de servicios públicos, como plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas de energía, donde se requiere resistencia a cargas pesadas y condiciones ambientales adversas.

8. **Proyectos de construcción rápida:** Debido a su capacidad de instalación rápida, las losas Losa de acero son ideales en proyectos que requieren plazos de construcción ajustados.

En general, las losas Losa de acero son una solución versátil y rentable en una variedad de aplicaciones de construcción, especialmente en proyectos comerciales, industriales y de gran envergadura donde se requiere una alta capacidad de carga y durabilidad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la elección del tipo de losa debe basarse en las necesidades específicas de cada proyecto y en la evaluación de un ingeniero estructural.

Losa de vigueta y bovedilla:

Las losas de vigueta y bovedilla son un sistema de construcción comúnmente utilizado en una variedad de aplicaciones de construcción, especialmente en aquellas donde se busca una solución económica y eficiente. Algunas de las construcciones y aplicaciones donde se debe utilizar la losa de vigueta y bovedilla incluyen:

1. **Viviendas residenciales:** Las losas de vigueta y bovedilla son muy populares en la construcción de viviendas residenciales, especialmente en casas de uno o varios niveles. Son económicas y permiten la creación de techos planos o ligeramente inclinados en viviendas.
2. **Edificios comerciales de bajo a mediano tráfico:** En edificios comerciales como pequeños negocios, restaurantes, tiendas minoristas y oficinas, las losas de vigueta y bovedilla son una opción rentable para techos y pisos.
3. **Edificios de servicios públicos:** Se utilizan en instalaciones como escuelas, clínicas, iglesias y otros edificios de servicios públicos con requisitos de presupuesto ajustados.
4. **Edificios industriales ligeros:** En algunas aplicaciones de baja carga, como almacenes ligeros y talleres, las losas de vigueta y bovedilla son adecuadas debido a su eficiencia de construcción.
5. **Edificios de varios niveles:** Si bien las losas de vigueta y bovedilla son más comunes en edificios de uno o dos pisos, también se utilizan en proyectos de varios niveles, especialmente en los niveles superiores o techos de edificios.
6. **Edificios de uso mixto:** En proyectos que combinan espacios comerciales con unidades residenciales, las losas de vigueta y bovedilla pueden ser una opción versátil para techos y pisos.

7. Renovaciones y ampliaciones: Las losas de vigueta y bovedilla se utilizan a menudo en renovaciones y ampliaciones de edificios existentes debido a su capacidad de adaptarse a diferentes estructuras.
8. Proyectos en regiones sísmicas o con suelos expansivos: La ligereza de las losas de vigueta y bovedilla puede ser una ventaja en áreas propensas a terremotos o suelos expansivos, ya que reduce las fuerzas sísmicas y minimiza los asentamientos diferenciales.

En resumen, las losas de vigueta y bovedilla son una opción versátil y económica en una variedad de aplicaciones de construcción. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la elección del tipo de losa debe basarse en las necesidades específicas de cada proyecto y en la evaluación de un ingeniero estructural para garantizar que cumpla con los requisitos de carga y resistencia adecuados.

ECONÓMICO

Cuadro comparativo de los diferentes precios de los diferentes tipos de losas para edificios. Tener en cuenta que estos precios son aproximados y pueden variar significativamente según la ubicación geográfica, el tamaño del proyecto y otros factores. Además, los precios están dados en dólares estadounidenses (USD) y se basan en costos promedio por metro cuadrado.

Tipo de Losa	Precio Promedio (USD por m ²)
Losa densa	\$70 - \$100
Losa Aligerada Vigueta-bovedilla	\$40-\$60
Losa de acero	\$30-\$50

Tabla 5: Precio de losas

Fuente: Propia

Este cuadro proporciona una estimación general de los costos por metro cuadrado para cada tipo de losa. Además, los costos pueden fluctuar con el tiempo debido a cambios en los precios de los materiales de construcción y la mano de obra. La elección del tipo de losa en la construcción de edificios no solo tiene un impacto significativo en la integridad estructural y el rendimiento del edificio, sino también en su viabilidad económica. Los costos asociados a la construcción, incluyendo materiales, mano de obra y tiempo, son factores cruciales que influyen en la decisión de qué tipo de losa utilizar. En este ensayo, exploraremos la parte económica de tres tipos comunes de losa en edificios: la losa de concreto macizo, la losa aligerada y la losa prefabricada.

- **Losa de densa:**

La losa de concreto macizo se caracteriza por su resistencia y durabilidad. Sin embargo, esta fortaleza viene con un precio. La principal ventaja económica de este tipo de losa radica en su larga vida útil y su capacidad para soportar cargas pesadas,

lo que reduce los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. Sin embargo, la losa de concreto macizo suele ser más costosa en términos de materiales y mano de obra iniciales. El concreto es un material relativamente costoso, y la cantidad necesaria para una losa de este tipo puede ser considerable. Además, el proceso de vertido y curado del concreto puede requerir un mayor tiempo de construcción en comparación con otros tipos de losa. Esto puede resultar en costos adicionales en términos de mano de obra y programación de la obra.

A pesar de los costos iniciales más elevados, la durabilidad y la resistencia a largo plazo pueden hacer que la losa de concreto macizo sea económicamente viable en proyectos que requieran una vida útil extendida y que estén dispuestos a asumir inversiones iniciales más altas.

- **Losa Aligerada:**

Las losas aligeradas son una opción económica en términos de materiales debido a su diseño eficiente. Incorporan elementos de aligeramiento, como bloques de poliestireno expandido o viguetas, que reducen la cantidad de concreto necesario. Esta eficiencia en el uso de materiales puede traducirse en costos de construcción más bajos en comparación con las losas de concreto macizo. Además, el proceso de construcción de las losas aligeradas tiende a ser más rápido, lo que puede ahorrar en costos laborales.

Sin embargo, las losas aligeradas pueden tener limitaciones en términos de capacidad de carga, lo que podría requerir estructuras de soporte adicionales en ciertos casos. La elección de una losa aligerada también puede depender de la naturaleza del proyecto. En edificios residenciales, comerciales o institucionales, donde las cargas son generalmente más ligeras, las losas aligeradas son una opción económica y eficiente.

- **Losas de Acero:**

Las losas de acero son una opción popular en la construcción de edificios comerciales e industriales debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad. En este ensayo, exploraremos la parte económica de las losas de acero en edificios, destacando sus ventajas y desafíos desde una perspectiva financiera.

Ventajas Económicas de las Losas de Acero: Eficiencia en el uso de materiales: Las losas de acero son livianas en comparación con otros materiales, como el concreto, lo que las convierte en una opción eficiente en términos de materiales. Este menor uso de materiales no solo reduce los costos iniciales de construcción, sino que también disminuye los costos relacionados con la cimentación y la estructura de soporte.

Velocidad de construcción: La construcción con losas de acero tiende a ser más rápida en comparación con otros sistemas, lo que puede traducirse en ahorros significativos en costos laborales y tiempos de construcción. Los elementos de

acero se pueden fabricar de antemano y ensamblar en el sitio de construcción de manera eficiente.

Adaptabilidad y versatilidad: Las losas de acero se pueden adaptar fácilmente a una variedad de diseños arquitectónicos y requisitos funcionales. Esto permite a los arquitectos y diseñadores tener mayor flexibilidad en la planificación de edificios, lo que puede llevar a soluciones económicas para proyectos de construcción complejos.

Menos costos de cimentación: Debido a su peso más ligero, las losas de acero ejercen menos presión sobre las cimentaciones en comparación con las losas de concreto. Esto puede resultar en cimentaciones más económicas y simplificar el proceso de construcción.

Desafíos Económicos de las Losas de Acero: Costos iniciales de materiales: Aunque las losas de acero son eficientes en términos de uso de materiales, el acero en sí puede ser un material costoso. Los precios del acero pueden variar en función de la disponibilidad y las condiciones del mercado, lo que puede influir en los costos iniciales del proyecto.

Aislamiento térmico y acústico: Las losas de acero tienden a tener propiedades de aislamiento térmico y acústico inferiores en comparación con las losas de concreto. Para compensar estas deficiencias, se pueden requerir inversiones adicionales en aislamiento, lo que aumenta los costos del proyecto.

Mantenimiento y protección contra la corrosión: El acero es susceptible a la corrosión, especialmente en entornos húmedos o agresivos. Para garantizar la durabilidad de las losas de acero, se deben tomar medidas de protección y mantenimiento adecuadas, lo que implica costos adicionales a lo largo de la vida útil del edificio.

Ciclo de vida y costos operativos: Aunque las losas de acero pueden ser rentables en términos de costos iniciales, es esencial considerar el ciclo de vida y los costos operativos a largo plazo. Esto incluye el costo de mantenimiento, reparaciones y eficiencia energética.

COMPARACIÓN DE CADA LOSA EN LOS CUATRO FACTORES INVESTIGADOS

- Factor de geometría (forma) del edificio

Geometría	Losa de Vigueta Bovedilla	Losa de acero	Losa Densa
Rectangulares	Excelente para formas rectangulares	Excelente para formas rectangulares	Excelente para formas rectangulares
Cuadrada	Excelente para formas cuadradas	Excelente para formas cuadradas	Excelente para formas cuadradas
Formas irregulares	Puede ser utilizada pero su sistema constructivo se ve afectado ya que requiere de cortes y colocación más precisa en las bovedillas	Puede ser utilizada pero su sistema constructivo se ve afectado ya que requiere de cortes y colocación más precisa de la lámina de acero	Puede ser la losa más conveniente debido a que no necesita cortes de materiales específicos

Tabla 6: Cuadro comparativo del factor de geometría (forma) del edificio

Fuente: Propia

- Factor de cargas

Cargas	Losa de Vigueta Bovedilla	Losa de acero	Losa Densa
Cargas de diseño	Todas son aptas para el diseño de cargas vivas y muertas, en cuanto a carga sísmica si bien se sabe que los elementos principales para soportar dicha carga son las columnas y vigas las losas pueden ser utilizadas como un elemento de apoyo para rigidizar o aligerar la estructura para así tener un desempeño mas optimo ante un sismo.		
Cargas máximas permisibles	La carga máxima que soporta este tipo de losa depende de la luz libre y el tipo de vigueta, por lo tanto: <ul style="list-style-type: none"> - Una luz de 2 m soporta 1272 kg/m² - Una luz de 3 m soporta 1343 kg/m² 	Lo que determina la carga que soporta la losa de acero es el calibre de la lámina, el número de perfil que puede ser 63 o 75, espesor de concreto y la luz libre, siendo la luz el factor principal se tienen las	Para establecer las cargas máximas y mínimas que soporta una losa densa se necesita un diseño de la losa donde entran factores como las propias cargas a soportar, condiciones de apoyo, y materiales

	<ul style="list-style-type: none"> - Una luz de 4 m soporta 1030 kg/m² - Una luz de 5 m soporta 770 kg/m² - Una luz de 6 m soporta 877 kg/m² - Una luz de 7 m soporta 644 kg/m² - Una luz de 8 m soporta 477 kg/m² 	<p>siguientes cargas máximas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una luz de 2 m soporta 3954 kg/m² - Una luz de 3.2 m soporta 1784 kg/m² - Una luz de 4 m soporta 897 kg/m² 	<p>de la losa; como resistencia del concreto, diámetro y tipo de acero, espesor.</p> <p>Debido a esos factores y que la losa densa no es una losa del tipo prefabricada es necesario un diseño.</p>
Cargas mínimas permisibles	<p>Al igual que en la carga máxima para cargas mínimas depende de la luz y sobre todo el tipo de vigueta, por lo tanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una luz de 2 m soporta 1272 kg/m² - Una luz de 3 m soporta 721 kg/m² - Una luz de 4 m soporta 468 kg/m² - Una luz de 5 m soporta 496 kg/m² - Una luz de 6 m soporta 401 kg/m² - Una luz de 7 m soporta 423 kg/m² - Una luz de 8 m soporta 477 kg/m² 	<p>Las cargas mínimas que soporta la losa de acero dependen de los mismos factores que para las cargas máximas, teniendo eso en cuenta se tiene entonces:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una luz de 2 m soporta 1050 kg/m² - Una luz de 3.2 m soporta 423 kg/m² - Una luz de 4 m soporta 188 kg/m² 	

Tabla 7: Cuadro comparativo del factor de cargas

Fuente: Propia

- Factor del tipo de uso del edificio

Tipo de losa	Ventajas	Desventajas	Uso del edificio
Losa densa	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor fortaleza frente a las cargas pesadas y el tiempo. - Alta resistencia al fuego. - Estabilidad estructural, solidez y seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor inversión económica. - Estructura pesada. - Transmiten fácilmente las vibraciones, el ruido y el calor. - Más tiempo de fraguado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Edificios residenciales y viviendas. - Oficinas de varios pisos. - Edificios comerciales. - Inmuebles industriales. - Estacionamientos.
Losa vigueta y bovedilla	<ul style="list-style-type: none"> - Economía por su reducido costo directo e indirecto. - Versatilidad por su aplicación en todo tipo de diseño. - Reducción de mano de obra. - Elemento estructural monolítico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es inflamable. - Menor fortaleza frente a las cargas pesadas si no se toman las precauciones adecuadas al instalarla. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vivienda residencial, media y de interés social. - Oficinas, talleres, almacenes y escuelas. - Puentes peatonales.
Losa de acero	<ul style="list-style-type: none"> - Alta capacidad de soportar cargas. - Menor uso de material. - Se instala de forma rápida y limpia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las reparaciones en losa de acero pueden ser más complicadas que en otros sistemas de losas - Transmite el calor y el sonido con mayor facilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Edificios industriales y comerciales - Estacionamiento - Centros comerciales

Tabla 8: Cuadro comparativo del factor del tipo de uso del edificio

Fuente: Propia

- Factor económico

Factores Económicos	Losa de Vigueta Bovedilla	Losa de acero	Losa Densa
Costo de materiales	Generalmente más bajos	Moderados	Moderados a Altos
Costo de mano de obra	Moderados a Altos	Moderados	Moderados a Altos
Tiempo de construcción	Moderadamente más largo	Moderado a Rápido	Moderado a Rápido
Capacidad de carga	Limitada a moderada	Buena capacidad	Alta capacidad
Espesor de la losa	Moderado	Delgado	Moderado a Espeso
Aislamiento térmico y acústico	Limitado	Limitado	Puede ser mejorado
Mantenimiento (se refiere al mantenimiento a lo largo del tiempo de la vida útil de la losa)	Bajo	Bajo	Bajo
Durabilidad	Moderada	Buena	Excelente
Flexibilidad de diseño	Limitada	Buena	Limitada

Tabla 9: Cuadro comparativo del factor económico

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

En resumen, la elección entre losa densa, losa de acero o losa de vigueta y bovedilla dependerá de diversos factores, como las necesidades estructurales, la carga que debe soportar la losa, los costos y la eficiencia en la construcción.

Como se puede observar tanto la losa densa y losa de acero son buenas opciones para soportar altas cargas con la diferencia que la construcción de una losa densa puede ser más lenta en comparación con el sistema losa de acero, ya que el concreto debe ser vertido y fraguado sin el soporte inicial de la lámina metálica. Otra diferencia entre losa densa y losa de acero es que la losa de acero es más ligera debido a la presencia de la lámina metálica

La losa vigueta y bovedilla es la más ligera y con menor capacidad de soportar cargas, por lo tanto, este tipo de losa es comúnmente utilizado en construcciones residenciales y comerciales de baja altura. Este tipo de losa se utiliza en aplicaciones donde el peso reducido y la rapidez de construcción son consideraciones importantes. En cambio, la losa densa se utiliza en edificios de gran altura y losa de acero se utiliza en edificios comerciales.

Para proyectos con restricciones presupuestarias: Losa de acero puede ser una opción económica.

Para proyectos que requieren eficiencia en grandes luces y aislamiento térmico: La losa vigueta bovedilla podría ser más adecuada.

Para proyectos que priorizan resistencia a cargas y bajo mantenimiento: La losa densa podría ser la elección.

Por su proceso constructivo la losa densa puede ser la mejor opción para losas de formas irregulares o pocas convencionales ya que al ser un elemento sólido y de forma uniforme no necesita cortes y acomodamientos complejos de los materiales como en las losas de vigueta y bovedilla y losa de acero.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda conocer las ventajas y desventajas que tiene cada sistema constructivo de losas ya que es importante a la hora de la construcción, ya que estas pueden influir a la hora de la decisión sobre cual sistema es el más adecuado
- ✓ Se recomienda tomar en cuenta las características de los diferentes elementos que se utilizan en cada sistema, ya que cada sistema tiene que ser utilizado adecuadamente, siguiendo las normas y parámetros que rigen la construcción en El Salvador
- ✓ Se recomienda conocer las innovaciones y la introducción de nuevos sistemas en el mercado de la construcción ya que con esto puede maximizar la ejecución de cualquier proyecto
- ✓ Se recomienda que esta investigación sirva como base para futuros proyectos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Aceros Arequipa. (s.f.). Conoce más acerca del acero de refuerzo. Obtenido de Aceros Arequipa: <https://www.construyendoseguro.com/conoce-mas-acerca-del-acero-de-refuerzo/>
- ARQUINETPOLIS. (s.f.). LOSA DE ACERO: características y costos. Obtenido de ARQUINETPOLIS: <https://arquinetpolis.com/construccion/losa-de-acero-costos/>
- Bloqueras.ORG. (s.f.). Losa de concreto armado. Obtenido de Bloqueras.ORG: <https://bloqueras.org/losa-de-concreto-armado/>
- Casco , J., & Majano, D. (2019). Análisis comparativo de los diferentes sistemas de entepiso en edificios basado en aspectos de seguridad y costo [Trabajo de tesis]. Universidad De El Salvador, San Salvador, El Salvador. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20468>
- Ceroform S.A de C.V. (2023). Obtenido de Ceroform S.A de C.V.: <https://www.aceroform.com.mx/blog/que-es-una-losa/>
- Concreto Presforzado Salvadoreño S.A de C.V. (2012). Catálogo COPRESA. San Salvador, El Salvador.
- Concreto Solido De Mexico. (2019). 9 Tipos de concreto para la construcción. Obtenido de Concreto Solido De Mexico: <https://www.concretosolido.mx/9-tipos-de-concreto-para-la-construccion/>
- Eden capcha ingeniería. (17 de Enero de 2017). Comportamiento estructural. Obtenido de Eden capcha ingeniería: <https://ceaingenieria.blogspot.com/2017/01/comportamiento-estructural.html>
- Gobierno de El Salvador. (1996). Reglamento Para La Seguridad Estructural De Las Construcciones. Diario Oficial. Obtenido de <https://www.jurisprudencia.gob.sv/DocumentosBoveda/D/2/1990-1999/1996/10/89243.PDF>
- GRUPOFERROMAX. (2019). Catálogo GALVANISSA. El Salvador.
- Precios Unitarios. (s.f.). Guía de Losa de acero por un Ingeniero REAL. Obtenido de Precios Unitarios: <https://preciosunitariosconstruccion.com/obra-civil/losa-de-acero/>
- Reyes Alvarez, B. (2013). Análisis comparativo de costos entre losa prefabricada vigueta bovedilla, losa de acero y losa nervada con material de relleno; para la construcción de viviendas en la República de Guatemala

[trabajo de tesis]. Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3571_C.pdf

- Rodríguez Cubero, J. (s.f.). Encofrado, que es, tipos, usos y paso a paso. Obtenido de RAI PINTORES: <https://www.raipintores.com/blog/encofrado/>
- Vargas, J. E., & Cuellar, D. D. (2021). Comparación del comportamiento estructural y económico de los diferentes sistemas de losas de entrepiso, usados en estructuras de concreto reforzado para edificios de cinco pisos de altura [Monografía]. Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/26642>