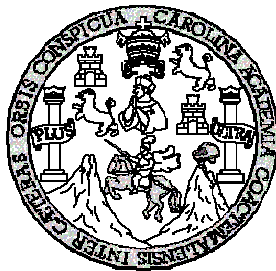


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL SISTEMA DE
LOSAS PREFABRICADAS VIGUETA Y BOVEDILLA, LOSA
Densa Y LOSA-ACERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JULIO CESAR ROSALES VELIZ

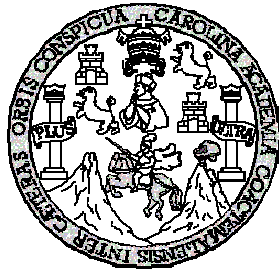
ASESORADO POR: ING. JORGE O. ENRÍQUEZ DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Isurr Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Lionel Barrillas Romillo
EXAMINADOR	Ing. Eduardo Ramírez Saravia
EXAMINADOR	Ing. Miguel Angel Dávila Calderon
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL SISTEMA DE LOSAS PREFABRICADAS VIGUETA Y BOVEDILLA, LOSA DENSA Y LOSA-ACERO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 24 de marzo de 2004.

Julio César Rosales Véliz

DEDICATORIA

A Dios

Quien me puso en las manos las oportunidades y las habilidades para obtener este logro.

A mis padres

Julio Cesar Rosales Archila
Ada Rosina Veliz de Rosales
por darme la vida, su apoyo, buena guía
y servirme de ejemplo.

A mi hermano

Marco Antonio. Por darme antes que todo su amistad, por apoyarme y ser alguien muy especial.

AGRADECIMIENTOS

A Rita María

Por ser la persona que es y por darme su apoyo en todo.

A Carlos (Balu, Meléndez, Moncada)

Por la amistad y ayuda en este trabajo.

A Gabriel M., Rái, Raul, Juan, Ana L.
Ana José, Giovanni, Steve, Carlos E.
Sergio.

Por su amistad y apoyo.

Al ingeniero Jorge Enríquez

Por su amistad, apoyo, y buenos consejos.

A mis tíos

A la Oficina las Gradadas

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XII
1. LOSAS	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Aplicaciones en la ingeniería civil.....	1
1.3 Tipos de losas.....	2
1.3.1 Según su tipo de apoyo.....	2
1.3.2 Según su constitución.....	5
1.3.3 Según el tipo de materiales utilizados.....	6
2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOSAS	11
2.1 Materiales.....	11
2.1.1 Concreto.....	12
2.1.1.1 Características.....	12
2.1.1.2 Proceso de mezclado.....	14
2.1.1.3 Propiedades del concreto.....	15
2.1.2 Acero.....	16
2.1.2.1 Lámina de losa-cero.....	19

2.2	Tipos de cargas verticales que afectan el diseño de las losas.....	21
2.2.1	Cargas verticales.....	23
2.2.1.1	Carga viva.....	24
2.2.1.2	Carga muerta.....	25
2.3	Descripción de los diferentes sistemas de losas.....	25
2.3.1	Losas.....	26
2.3.1.1	Vigueta y bovedilla.....	26
2.3.1.2	Losas densa.....	30
2.3.1.3	Losa-acero.....	31
3.	ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	31
3.1	Diseños de losas (con apoyos en los cuatro extremos, de 4 metros por 3 metros).....	31
3.1.1	Diseño de vigueta y bovedilla.....	36
3.1.2	Diseño de losa densa.....	44
3.1.3	Diseño de losa-acero.....	48
4.	COSTOS.....	53
4.1	Generalidades.....	53
4.1.1	Características de los costos.....	53
4.2	Aplicaciones en la ingeniería civil.....	57
5.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	59
5.1	Integración de costos generales.....	59
5.1.1	Losa densa.....	59
5.1.2	Losa vigueta y bovedilla.....	62
5.1.3	Losa-acero	

5.1.4	64
5.2 Comparación de ventajas y desventajas técnico económicas.....	65
5.2.1 Determinación de los parámetros de comparación....	66
5.2.2 Evaluación y determinación de factores técnico económicos de cada método constructivo analizado..	67
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	77

ÍNDICE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Losa que actúa en una dirección	3
2	Losas que actúa en dos direcciones	4
3	Losas de concreto prefabricada	6
4	Losa de concreto densa	8
5	Losa de concreto pretensionada	9
6	Losa-acero	10
7	Fragmento de malla electrosoldada	18
8	Vista perfil de lámina de losa-acero	19
9	Losa de vigueta y bovedilla con sus componentes	26
10	Vigueta típica, utilizada en el sistema de vigueta y bovedilla	28
11	Bovedilla de cemento-arena	29
11	Sistema losa-acero y sus componentes	32
13	Sección típica de losa nervada	36
14	Dimensiones de losa nervada	37
15	Sección de losa de 4m x 4m	39
16	Planta de losa de 4m x 4m	39
17	Detalle losa vigueta y bovedilla	41
18	Planta de losa vigueta y bovedilla de 4 m x 3 m	43
19	Detalle armado de losa densa de 4 x 3 m	46
20	Sección de corte de armado de losa densa de 4 x 3 m	46
21	Detalle armado de losa densa de 4 x 4 m	48

22	Sección de corte de armado de losa densa de 4 x 4 m	48
23	Detalle de losa-acero utilizada en la losa de 4 x 3 m	52
24	Detalle de sección de losa-acero utilizada en la losa de 4 x 4 m	53
25	Cuantificación de mano de obra para losas de 4 x 3 m	67
26	Cuantificación de mano de obra para losas de 4 x 4 m	68
27	Cuantificación de materiales de construcción para losa de 4x3 m	69
28	Cuantificación de materiales de construcción para losa de 4x4 m	70
29	Comparación de costos/m ²	71

TABLAS

I	Cargas vivas en edificaciones según las normas para Guatemala AGIES NR-2 2000	24
II	Dimensiones y cargas utilizadas en la comparación de los distintos sistemas de losas.	35
III	Dimensiones de viguetas	42
IV	Momentos calculado y armados de acero propuestos para cada lado corto.	45
V	Momentos calculado y armados de acero propuestos para cada lado largo.	45
VI	Momentos calculado y armados de acero propuestos para cada lado corto.	47
VII	Momentos calculado y armados de acero propuestos para cada lado largo.	47
VIII	Sobre cargas admisibles de losacero según el calibre y espesor de concreto a fundir.	49
IX	Maximos claros sin apuntalamiento en losacero	50
X	Cuantificación sistema losa densa 4x3 m	60
XI	Cuantificación sistema losa densa 4x4 m.	61
XII	Cuantificación sistema losa vigueta y bovedilla 4x3 m	62
XIII	Cuantificación sistema losa vigueta y bovedilla 4x4 m	63
XIV	Cuantificación sistema losacero 4x3 m	64
XV	Cuantificación sistema losacero 4x4 m	65
XVI	Costos/m ² de los distintos sistemas de losas. (Vigueta y bovedilla, losa densa y losacero) losa de 4x4 m y losa de 4x3 m.	72

LISTA DE SÍMBOLOS

kg/m	Kilogramos por unidad métrica.
kg/m²	Kilogramos por metro cuadrado.
kg/m³	Kilogramos por metro cúbico.
KSI	Kilogramos por pulgada cuadrada.
MPa	Mega pascales, unidad de fuerza.
Mu	Momento ultimo.
Mu(-)	Momento último a compresión.
Mu(+)	Momento último a tensión.
PSI	Libras por pulgada cuadrada.
Wcm	Carga muerta.
WCv	Carga viva.

GLOSARIO

Acero	Aleación o unión de hierro más carbono, que tiene mayor resistencia que el hierro. Comúnmente la gente lo llama hierro, utilizado en la construcción como refuerzo.
Aditivo	Sustancia química que se le agrega al concreto u hormigón para cambiar sus propiedades. Ejemplo: aditivo para hacer el hormigón más resistente.
Aligerar	Rebajar, bajar, disminuir peso.
Barra	Varilla de acero.
Casetón	Cajón de madera común o poliuterano.
Conector	Barra de acero que se utiliza para trabar los muros.
Confinamiento	Amarre perimetral de muros.
Costos directos	Aquéllos cuya incidencia monetaria en un producto o en una orden de trabajo puede establecerse con precisión (materia prima, jornales, etc.).

Costos indirectos	Aquéllos que no pueden asignarse con precisión, por lo tanto se necesita una base de prorrateo (seguros, lubricantes, etc.).
Diámetro	Distancia entre puntos opuestos de una circunferencia; medida sobre una línea que pasa por el centro.
Estribo	Varilla de hierro, figurada en forma de rectángulo.
Hormigón	O concreto, mezcla de cemento, arena, piedra triturado, agua y algunas veces un aditivo para cambiar su propiedad.
Losa	Estructura plana, horizontal, de hormigón reforzado, que separa un nivel de la edificación, de otro o que puede servir de cubierta.
Luz	Distancia que separa dos columnas o muros. Se mide de centro a centro de los apoyos.
Maciza	De un sólo material, homogénea, que funciona como un todo.
Monolítica	De una sola pieza.
Terraza	Losa que sirve de cubierta a una vivienda.

RESUMEN

La comparación del sistema de losa de vigueta y bovedilla, losa plana, y losa-acero, se da de la necesidad de dar a conocer tres formas de construcción de losas y evaluar cual de estos sistemas es más eficiente, eficaz y adecuado, para ser utilizado, según necesidades. Todo lo anterior tomando como punto de comparación **el costo** de cada sistema.

Se determinará cual de los tres sistemas elegidos es el más adecuado según las necesidades y requisitos, esto por medio de un análisis de las características de cada sistema, para luego obtener el costo de cada uno de ellos. Esto debido a que el costo se puede utilizar como parámetro de comparación representativo de cuál es más conveniente para ser utilizado, siempre y cuando las necesidades técnicas y requerimientos estructurales así lo permitan. Y de esta manera obtener una guía para los profesionales, que será de gran utilidad para implementar estos sistemas constructivos de forma adecuada en la construcción.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis comparativo de los tres sistemas diferentes de construcción de losas con el fin de conocer las ventajas y desventajas técnicas y económicas entre los sistemas de losa plana, vigueta y bovedilla y losa-acero.

Específicos

1. Lograr identificar las ventajas y desventajas técnicas y económicas de los distintos sistemas de construcción seleccionados para su comparación.
2. Presentar a los profesionales de ingeniería civil un estudio que ayude a utilizar de forma eficiente y adecuada un sistema de losa idóneo a las necesidades técnicas y económicas de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Como profesional se busca la eficiencia, excelencia y el uso racional de los materiales disponibles, desde el punto de vista de la ingeniería, tomando como referencia el factor económico que incide directamente en la economía de las estructuras construidas en Guatemala y sus distintas necesidades. Basado en lo anterior, surgió la idea de realizar una comparación de costos de algunos sistemas constructivos de losas, con el fin de llegar a establecer el sistema más conveniente para el desarrollo de los diferentes proyectos en Guatemala.

Al hablar de conveniencia 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 a 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. Siempre de acuerdo a la situación económica de la región.

1. LOSAS

1.1 Generalidades

Las losas se consideran como uno de los elementos más delicados en la construcción, ya que una colocación incorrecta del acero de refuerzo puede llevarla al colapso, sin necesidad de que sobrevenga un sismo.

Las losas son elementos estructurales utilizados en la construcción, con el fin de proporcionar superficies planas y útiles. Éstos son considerados bidimensionales, ya que la tercera dimensión es muy pequeña con relación a las otras dos.

Estas superficies planas, por lo general horizontales, pueden estar apoyadas perimetralmente o en voladizo en vigas de concreto, muros de mampostería o de concreto, en vigas de acero estructural, algunas veces directamente apoyadas sobre columnas o directamente sobre el terreno en forma continua.

1.2 Aplicaciones en la ingeniería civil

Básicamente, las losas son el elemento estructural que se utiliza en la construcción para separar una superficie de otra, de manera que sirven para techos y pisos.

- **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, del calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un piso a otro.
- **Función estructural:** Las losas o placas 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.

1.3 Tipos de losas

Hay distintas clasificaciones que se dan para las losas, entre las cuales se pueden identificar las siguientes:

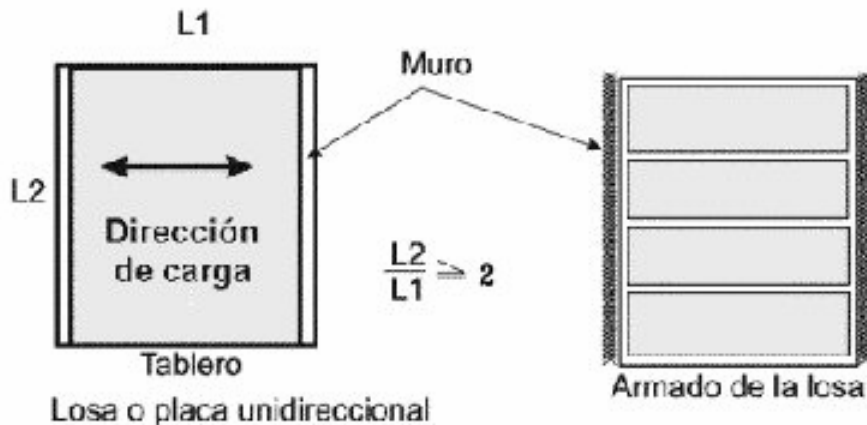
Según su tipo de apoyo, se pueden dar los siguientes tipos de losas

- Losa apoyada sobre vigas en dos de sus lados opuestos
- Losa apoyada sobre muros en dos lados opuestos
- Losa apoyada sobre cuatro vigas en sus bordes
- Losa apoyada sobre cuatro muros en sus bordes

- Losa apoyada sobre columnas directamente (placa plana)
- Losa reticular apoyada sobre columnas directamente
- Losa apoyada sobre el terreno

Losas unidireccionales son aquellas en la cuales la carga se transmite en una dirección hacia los muros portantes o vigas; son, generalmente, losas rectangulares en las que un lado mide por lo menos 2 veces más que el otro. Es el sistema más utilizado en Guatemala.

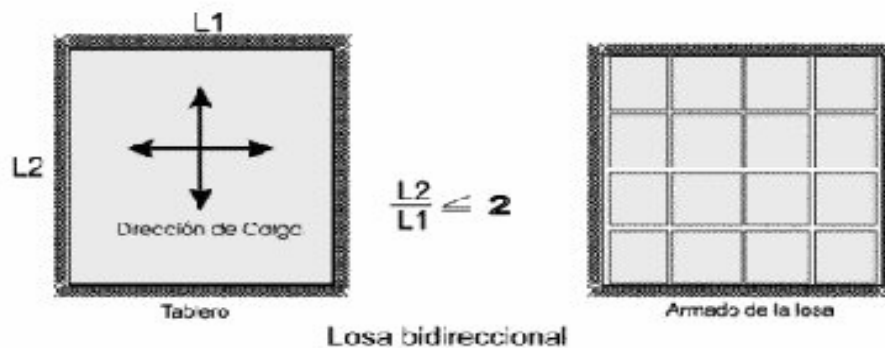
Figura 1. Losa que actúa en una dirección



Fuente: Código ACI sección 318. Pág. 94

Losas o placas bidireccionales: Cuando se dispone de muros portantes o vigas en los cuatro costados de la placa y la relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la placa es de 2 ó menos, se utilizan placas reforzadas en dos direcciones.

Figura 2. Losas que actúan en dos direcciones



Fuente: Código ACI sección 318. Pág. 96

Las losas apoyadas en dos de sus lados trabajan en una sola dirección, transmitiendo la carga en la dirección de los apoyos. Los otros tipos de losa trabajan transmitiendo su carga en dos direcciones perpendiculares entre sí, siempre y cuando la relación de largo/ancho de sus luces sea menor o igual que 2 y en el caso de losas nervadas, que se coloquen nervios en sus dos direcciones perpendiculares.

Las losas que trabajan en una dirección o unidireccionales se comportan básicamente como vigas anchas que se suelen diseñar tomando como referencia una franja de ancho unitario (un metro de ancho). Esto sucede cuando las losas rectangulares se apoyan en dos extremos opuestos, careciendo de apoyos en los otros bordes restantes.

También, cuando las losas rectangulares se apoyan en sus cuatro lados, y la relación largo/ancho, como ya se había mencionado, es mayor o igual a 2, la losa trabaja fundamentalmente en la dirección más corta.

Cuando las losas se sustentan en dos direcciones ortogonales, se desarrollan esfuerzos y deformaciones en ambas direcciones, y es por eso que reciben el nombre de losas bidireccionales. Siempre tomando en consideración que cuando las losas de este tipo están sustentadas en sus cuatro lados y la relación largo/ancho es menor a 2, se considera una losa que trabaja en ambos sentidos.

1.3.2 Según su constitución, se pueden clasificar en

- Losas macizas
- Losas aligeradas
- Losas combinadas o compuestas: losa-acero

Cuando el concreto es el material que ocupa todo el espesor de la losa, se le denomina a ésta losa densa o maciza. No utilizan ningún tipo de aligerante. Se usan con espesores hasta de 15 cm, generalmente utilizan doble armado de acero, una en la parte inferior y otra en la parte superior ya que con esto cubren la necesidad de acero que es provocada por los momentos, tanto positivo como negativo.

Las losas aligeradas son aquellas que forman vacíos en un patrón rectilíneo, los cuales aligeran la carga muerta debido al peso propio.

En el caso de las losas aligeradas, el concreto no ocupa todo el espesor de la losa y esto es creado por elementos como lo son la bovedilla de material

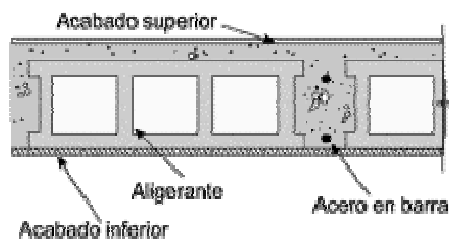
pómez o elementos de poliuretano, y estos elementos se denominan elementos aligerantes y también por elementos que sirven de formaleta temporal.

Cuando se refiere a un sistema combinado de losas, es la combinación de un material como lo es el acero o la madera con el concreto. Una de estas combinaciones nos da un elemento estructural denominado sistema mixto, entre los cuales se encuentra el sistema de losa-acero.

1.3.3 Según el tipo de materiales estructurales

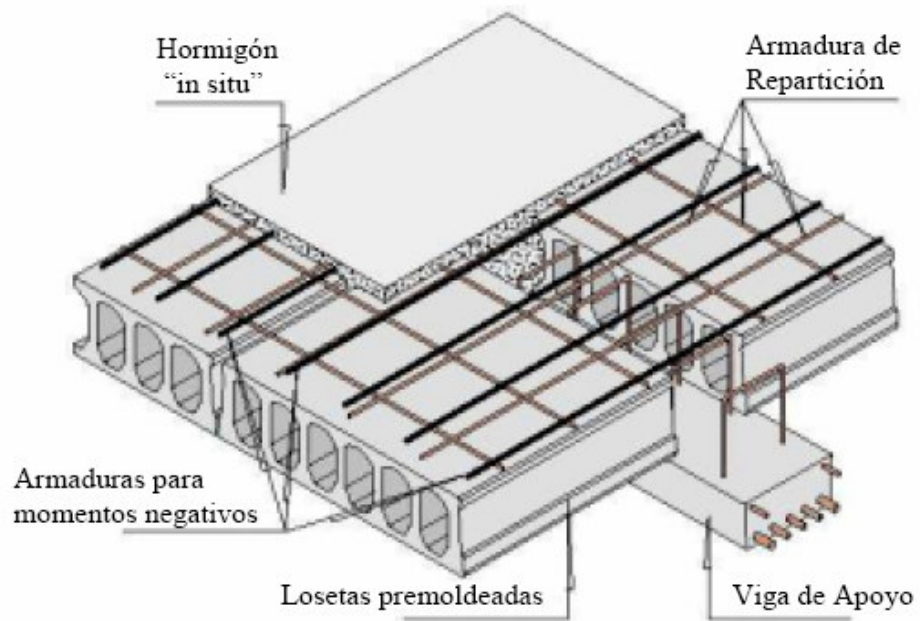
Losas o placas en concreto (hormigón) reforzado: Son las más comunes que se construyen y utilizan, como refuerzo, barras de acero corrugado o mallas metálicas de acero.

Figura 3. Losas de concreto prefabricada



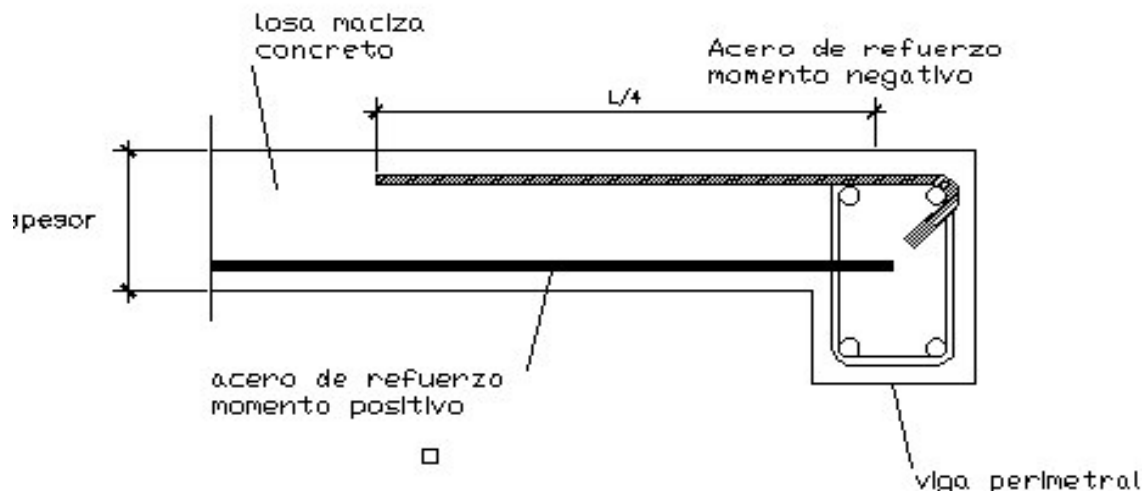
Losa de concreto reforzado

Continuación



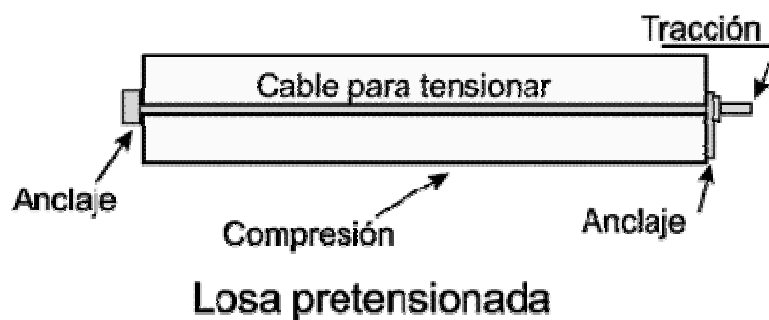
Fuente: Manual de detalles constructivos. Losatec. Pág. 105

Figura 4. Losa de concreto densa y detalle de armado de acero vista en corte longitudinal



Losas o placas en concreto (hormigón) pretensado: Son las que utilizan cables traccionados y anclados que le transmiten compresión a la placa. Este tipo de losa es de poca ocurrencia en el medio guatemalteco y sólo lo utilizan las grandes empresas constructoras que tienen equipos con los cuales tensionan los cables.

Figura 5. Losa de concreto pretensionada

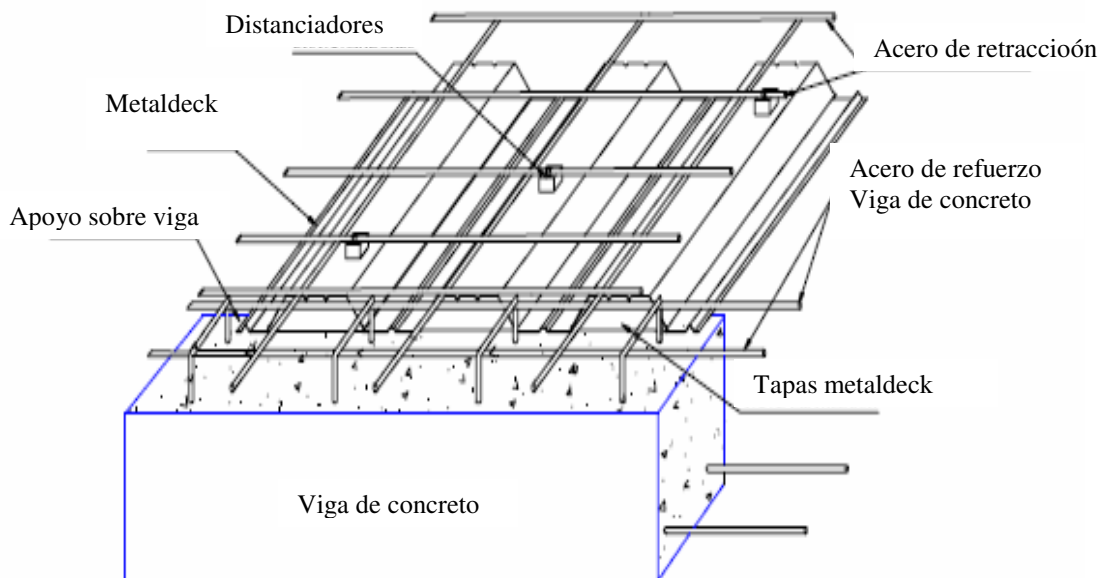


Fuente: Centro de la construcción guía numero 9. Pág. 36

Losa o placa apoyada en madera: Son las fabricadas sobre un entarimado de madera, complementadas en la parte superior por un diafragma en concreto reforzado.

Losa o placa en lámina de acero: Es la que se funde sobre una lámina de acero delgada y que configura simultáneamente la formaleta y el refuerzo inferior del concreto que se funde encima de ella. Este sistema será utilizado en la comparación que se hace más adelante.

Figura 6. Losa-acero



Fuente: Manual de uso del sistema de losa-acero. Pág 47

2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOSAS

2.1 Materiales

En lo que se refiere a los materiales para la construcción de losas, estos deben de ser de la mejor calidad y cumplir con todas las normas y/o especificaciones de cada caso y del país o región donde se desarrollará el proyecto. En este caso se utilizarán las normas basadas en el código ACI que son las que rigen la construcción en Guatemala.

Entre los materiales que se utilizan en la construcción de losas están el concreto y el acero de refuerzo, el cual se puede presentar en varillas de acero corrugadas, malla electro soldada o en el caso del sistema losa-acero se utiliza una lámina con un troquel especial, que permite una adherencia entre el

concreto y la lámina produciendo una acción compuesta entre ambos materiales.

Existen diferencias muy marcadas entre los metales y el concreto que son importantes, tales como la baja resistencia a la tracción, la alta resistencia ante la compresión y la falta de ductilidad en el concreto.

Aunque el concreto tiene un uso generalizado, también tiene algunas limitaciones como la baja resistencia a la contracción, los movimientos térmicos y la permeabilidad.

2.1.1 Concreto

Hormigón o concreto es un material utilizado en la construcción y se obtiene mezclando adecuadamente cemento, agua, algunos materiales gruesos como la grava y otros refinados, y una pequeña cantidad de aire. Luego de esta mezcla se le da la forma y dimensiones deseadas utilizando las formaletas, hasta que se endurece.

El hormigón es casi el único material de construcción que llega en bruto a la obra. Esta característica hace que sea muy útil en construcción, ya que puede moldearse de muchas formas. Presenta una amplia variedad de texturas y colores, se utiliza para construir muchos tipos de estructuras, que con la utilización de refuerzos adecuados como el acero y polímeros especiales son utilizados en autopistas, calles, puentes, túneles, presas, grandes edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas, embarcaderos y muelles, aceras, silos o bodegas, factorías, casas, etc.

2.1.1.1 Características

Su resistencia en tensión es baja, pero reforzándolo con acero y a través de un diseño adecuado se puede lograr que la estructura sea tan resistente a las fuerzas a tensión como a las de compresión. Su larga duración se evidencia en la conservación de columnas construidas por los egipcios hace más de 3,600 años.

Los componentes principales del hormigón son pasta de cemento, agua y aire, que puede entrar de forma natural y dejar unas pequeñas cavidades o se puede introducir artificialmente en forma de burbujas.

Los materiales inertes pueden dividirse en dos grupos: materiales finos como la arena, y materiales gruesos como grava, piedras o escoria.

En general, se llaman materiales finos si sus partículas son menores que 6.4 mm y gruesos si son mayores, pero según el grosor de la estructura que se va a construir, el tamaño de los materiales varía mucho. En la construcción de elementos de pequeño grosor se utilizan materiales con partículas pequeñas, de 6.4 mm ó menos. En la construcción de presas se utilizan piedras de 15 cm de diámetro o más. El tamaño de los materiales no debe exceder la quinta parte de la dimensión más pequeña de la pieza de hormigón que se vaya a construir .

Agregados: Normalmente constituyen el 60-70% del volumen total del concreto. Las variables del agregado son el tamaño, la forma, la porosidad, la gravedad específica, la absorción de la humedad, la resistencia a la abrasión y la estabilidad química.

Otras adiciones (aditivos): Se pueden agregar otros agentes al concreto, aparte de los ya mencionados, como:

- **Los aceleradores:** disminuyen el tiempo de fraguado lo cual es necesario a bajas temperaturas. El cloruro de calcio es el más común.
- **Los retardantes:** aumentan el tiempo de fraguado necesario en un clima muy caliente.
- **Los reductores de agua (plastificante):** suministran una buena trabajabilidad para una buena relación agua-cemento. Un ejemplo es lignosulfato (subproducto de la pulpa de madera).
- **Las puzolanas: reaccionan con la cal:** y se liberan durante el fraguado. La ceniza pulverizada del carbón quemado es la puzolana común.
- **Los plastificantes:** aumentan la trabajabilidad o fluidez de la mezcla del concreto.

2.1.1.2 Proceso de mezclado

El diseño de la mezcla de concreto se basa en los requerimiento de la estructura a ser fundida, ya que se toman los parámetros de diseño, colocación, ubicación características del elemento a fundir, y algunas otras características solicitadas en los distintos casos.

Este proceso comienza con la elección de los materiales adecuados, ya que la materia prima del concreto, tiene que tener tamaño, forma, densidad, peso específico adecuado para cada diseño. Esto por que dependiendo de

dónde y cómo sea colocado el concreto exige algunas características especiales. Y estas van combinadas con las características técnicas que exige el elemento estructural que se fundirá.

Además de las características el diseño de las mezclas de concreto se basa en la relación agua-cemento necesaria para obtener una mezcla plástica y manejable, según las condiciones específicas de colocación, de tal manera que se logre un concreto de durabilidad, impermeabilidad y resistencia que esté de acuerdo con los requisitos.

Esta relación agua/cemento tiene que lograr que el concreto sea una mezcla homogénea y que todos los materiales finos y gruesos estén cubiertos totalmente.

Al mezclar el cemento con agua, los compuestos del cemento reaccionan y forman una pasta aglutinadora (como un tipo de gel). Si la mezcla está bien hecha, como debería de ser siempre, cada partícula de arena y cada trozo de grava queda envuelta por la pasta y todos los agujeros que existan entre ellas quedarán rellenos. Cuando la pasta se seca y se endurece, todos estos materiales quedan ligados, formando una masa sólida.

2.1.1.3 Propiedades del concreto

Resistencia a la compresión: La reacción de hidratación de la pasta de cemento depende del tiempo. La resistencia a la compresión aumenta significativamente con la baja relación agua-cemento.

Factores que afectan directamente la resistencia del concreto:

Humedad: la reducción o remoción de la humedad superficial disminuirá o frenará totalmente la reacción de hidratación. Si se interrumpe el curado húmedo y se deja la exposición al aire seco, frena completamente el curado. Es interesante observar que si se reestablece el curado con el aire húmedo, la resistencia aumentará.

Temperatura: el tipo correcto de pasta de cemento, la relación de agua-cemento y el tratamiento para obtener una resistencia óptima variará dependiendo de la temperatura ambiente.

Contracción: la contracción se puede presentar en dos etapas. En la primera etapa, el concreto está en estado plástico. Esta etapa es dependiente del agua, del tiempo y de la temperatura.

Hay pérdida de agua en las formaletas y también en la evaporación, además del consumo de agua de hidratación y el efecto neto es de disminuir el volumen.

La segunda etapa de contracción ocurre después del endurecimiento inicial de la pasta. Se debe a una hidratación adicional y a un enfriamiento de la masa. Esto generalmente produce pocas dificultades, pero en algunos casos la masa de concreto no endurece uniformemente, debido a la falta de homogeneidad en la humedad de los alrededores, como en el caso de encontrarse por encima o por debajo del suelo.

Resistencia a la abrasión y durabilidad: la abrasión se vuelve muy importante en las carreteras, en los pisos de concreto y los vertedores de las represas. Como es de esperarse, un concreto más fuerte tiene mejor resistencia al desgaste. Sin embargo, existen otros agentes que tienen un efecto sobre la durabilidad del concreto. Por ejemplo, algunos suelos tienen un alto contenido

de sulfato debido a la reacción química de éste con los componentes del cemento.

2.1.2 Acero

El acero de refuerzo es muy utilizado en la construcción en lo que es la combinación de acero con el concreto, formando elementos estructurales de concreto reforzado. El acero entonces es de gran utilidad para:

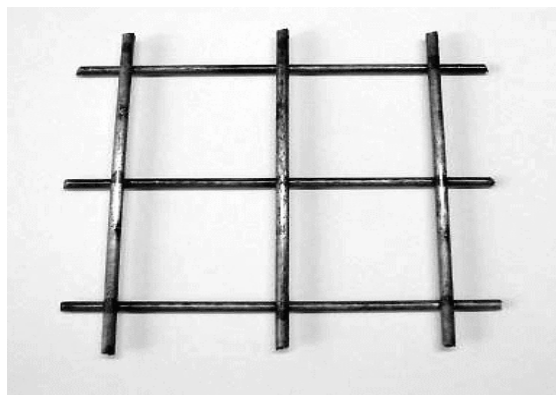
Aumentar ductilidad, ya que cuando se combina con el concreto, en el elemento estructura se da un aumento considerable en lo que es la resistencia, así como también aumenta en dicho elemento la resistencia de los esfuerzos a tensión y compresión, torsión, también ayuda a disminuir el agrietamiento.

En lo que se refiere a elementos de concreto postensados como pretensados, es usual que se utilice acero en forma de varillas, las cuales ayudan a contrarrestar la aparición de grietas en el elemento estructural, ya que se controlan la contracción y los cambios volumétricos por temperatura.

Las varillas de acero corrugado pueden conseguirse en el mercado guatemalteco en diámetros nominales que van desde 3/8". Hasta 1^{3/8"}, esta nomenclatura va en incrementos de 1/8". Llegando los diámetros más grandes de aproximadamente 1^{3/4"} y 2^{1/4"} . de diámetro.

La malla de acero de refuerzo: es un elemento utilizado para la simplificación de la utilización de varillas de acero individuales, a continuación se presenta más de este material.

Figura 7. Fragmento de mallaelectrosoldada



Fuente: http://www.lespron.com.mx/esp/malla_electrosoldada.htm

Tiene el propósito fundamental de absorber los efectos de la retracción de fraguado del concreto y de los cambios térmicos que ocurran en el elemento estructural.

Proporciona el esfuerzo estructural necesario en:

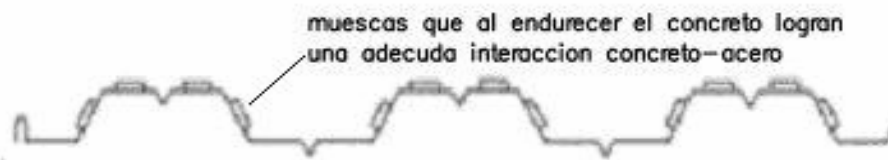
- Losas de cimentación, entrepisos, azotea y pavimentos rígidos (calles, autopistas, aeropuertos, etc.)
- Revestimientos de silos, cascarones, bóvedas, túneles, canales, etc.
- Muros divisorios de carga y de contención
- Elementos prefabricados (tubos de concreto, vigas pretensadas, etc.)
- Capas de compresión en sistemas de losas prefabricadas

Esta malla de refuerzo, de alta resistencia, está conformada por barras con resistencia a la fluencia de al menos 4200 kg/cm^2 ó por mallas electrosoldadas de alambroón. Debe tener un área mínima de 0.00075 veces el área de concreto por encima de la formaleta de madera o lámina de losa-acero, con un área de acero de por lo menos 0.6 cm^2 por metro de ancho de la losa (malla 15×15 y $\varnothing = 5 \text{ mm}$).

La malla mantiene el control de las grietas, en especial si se mantiene cercana a la superficie superior de la losa.

2.1.2.1 Lámina de losa-acero

Figura 8. Vista perfil de lámina de losa-acero



Fuente: Manual de losa-acero (metaldeck). Pág. 157

La lámina de losa-acero es un material con una geometría para que la relación entre el acero y el concreto sea adecuada y trabajen estos dos materiales de forma simultánea.

El diseño de la lámina losa-acero logra que el concreto tenga una mejor superficie de contacto. Esto afecta directamente lo que es la capacidad de carga que tiene el elemento combinado, a lo que es el esfuerzo de corte.

Esta lámina es un material que tiene la finalidad de que la formaleta o apuntalamiento temporal sea eliminado en un buen porcentaje o en su totalidad, ya que la misma lámina es utilizada con dicho fin.

La utilización de lámina losa-acero de un ancho efectivo aproximadamente de 0.91 metros incrementa la efectividad a la hora de su colocación.

El acero utilizado es del tipo laminado en frío (Cold rolled) con un comportamiento esencialmente elastoplástico, con esfuerzo de fluencia mínimo nominal igual a 2325 kg/cm^2 ($33 \text{ ksi} = 228 \text{ Mpa}$) y con un módulo de elasticidad igual a $2.07 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$. El acero debe cumplir con la Sección A3 de la última edición del **American Iron and Steel Institute**.

El proceso de galvanizado se desarrolla a partir de láminas de acero laminado en frío, las cuales se someten a un proceso de inmersión en caliente en un baño de zinc fundido para obtener los recubrimientos deseados, según las Normas ASTM A-6531.

Estas especificaciones deben de ser tomadas en cuenta a la hora de comprar las láminas, ya que como se puede leer, son las especificaciones que se contemplan en las Normas ASTM. Por lo que los proveedores del producto tienen que estar anuentes a dichas normas, y cumplir con ellas.

La lámina de acero tiene dos funciones principales, que son:

- Durante el proceso constructivo, sirve como formaleta permanente o para conformar una plataforma segura de trabajo y elimina la necesidad de armar y remover las formaletas temporales comúnmente utilizadas.

Antes del endurecimiento del concreto fresco, la lámina debe soportar su propio peso, más el peso del concreto fresco y las cargas adicionales.

- Como componente estructural definitivo, conforma el refuerzo positivo de la losa. Una vez endurecido, el concreto y el acero actúan en forma compuesta para resistir las cargas muertas y las cargas vivas sobreimpuestas.

La interacción se forma a partir de una combinación de adherencia superficial entre el concreto y el acero y por medios mecánicos mediante la restricción impuesta por la forma de la lámina, a través de resaltes en la superficie, hendiduras o dispositivos para transferencia de cortante, tales como pernos o alambres transversales uniformemente espaciados. En este estado deben calcularse igualmente los esfuerzos y las deflexiones máximos y compararlos con los admisibles correspondientes.

Adicionalmente, la losa en construcción compuesta y la viga de acero o concreto reforzado que sirve de apoyo a la misma, pueden interconectarse convenientemente mediante conectores de cortante para producir una sola unidad estructural a flexión, la cual tiene mayor resistencia y rigidez que una losa y viga independientes.

2.2 Tipos de cargas verticales que afectan el diseño de las losas

Es posible diferenciar las **cargas** según distintos criterios. La descripción de cada tipo dado a continuación responde a una de las tantas maneras de clasificarlas y se toma como base para presentar las diferencias entre cada una de ellas.

Clasificación de las cargas según su origen, tiempo de aplicación de las mismas, variación en el tiempo y superficie de incidencia:

Clasificación de las acciones según su origen:

- Gravitacionales (muertas/permanentes y vivas/ocupacionales)
- De viento
- Sísmicas
- Empujes (líquidos y/o terraplenes)
- Por deformaciones impuestas

Las **cargas gravitacionales** actúan sobre una estructura como consecuencia de la acción de la gravedad (atracción de la tierra).

La **carga de viento** (masa de aire en movimiento) actúa sobre una construcción cuando la misma se halla interpuesta en su desplazamiento. La cara de la construcción expuesta al viento (a barlovento) recibirá una presión de la masa de aire, y las caras opuestas (sotavento), succión.

La **carga sísmica** es un fenómeno natural impredecible. Repentinamente se generan desplazamientos del terreno de cimentación debido a una brusca liberación de energía, producida en la corteza terrestre por fractura de las rocas que la componen y movimientos de placas tectónicas.

Denominamos **cargas de empuje o naturales**, aquellas que ejercen los líquidos sobre las paredes y el fondo del recipiente que los contenga (presión).

También una construcción por debajo del nivel freático recibe un empuje ascendente (principio de Arquímedes) denominado supresión.

Las paredes de un sótano, como muros de contención de suelo, reciben un empuje activo cuya variación en altura depende del paramento del muro, de la sustentación del mismo y del tipo de suelo.

Si en cambio, la estructura por acciones exteriores tiende a "empujar" al suelo circundante, dicho empuje se denomina pasivo como el que producen los apoyos de un arco si no se les conecta ambos mediante un tensor.

Existen además cargas sobre una estructura manifestadas por **deformaciones impuestas** sobre ella.

Tal es el caso de un descenso local de una base, que varía la sustentación estimada habiendo supuesto un comportamiento rígido de terreno de fundación. También la deformación excesiva de las vigas o losas del entrepiso determinan cargas que provocan acciones a considerar.

2.2.1 Cargas verticales

Para el diseño, se puede decir que las cargas actúan en forma uniformemente distribuida sobre la totalidad del panel, como una carga típica por unidad de área de losa, la cual se utiliza para todos los paneles y en todos los pisos que contengan sección de losa típica.

Si se presentaran grandes cargas concentradas, éstas requieren apoyos adicionales y deben de ser consideradas por aparte de la carga distribuida.

Para losas y cargas normales, las pequeñas cargas concentradas que se presenten se distribuyen automáticamente en toda la losa por medio del refuerzo de repartición, en caso de losas en una dirección, y por el efecto de trabajo en dos direcciones en losas bidireccionales.

2.2.1.1 Carga viva o de ocupación

Son todas aquéllas que gravitan sobre la estructura con una intensidad variable en el tiempo. Se deben considerar para el análisis y diseño estructural de las losas.

**Tabla I. Cargas vivas en edificaciones según las normas para
Guatemala AGIES NR-2 2000**

Tipos de ocupación o uso	Carga viva (kg/m ²)
Vivienda	200
Oficina	250
Hospitales - encamamiento y habitaciones	200
Hospitales - servicios médicos y laboratorio	350
Hoteles - alas de habitaciones	200
Hoteles - servicios y áreas públicas	500
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas o de escape	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300
Áreas de salida y/o escape	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas y áreas a nivel de calle	500
Salones de reunion	
Con asientos fijos	300
Sin asientos fijos	500
Escenarios y circulaciones	500
Instalaciones deportivas públicas	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Canchas deportivas	*

Continuación

Tipos de ocupación o uso	Carga viva (kg/m ²)
Estacionamientos y garages	
Automóviles	250
Vehículos pesados	según vehículo
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500
Bodegas	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1200
Aulas y escuelas	200
Bibliotecas	
Áreas de lectura	200

Depósito de libros	600
Almacenes	
Minoristas	350
Mayoristas	500

Fuente: AGIES

2.2.1.2 Cargas muertas

Son aquellas que ocupan una posición fija y permanente en la estructura. Estas cargas se refieren al peso propio de las losas, así como el de los elementos estructurales que se apoyen sobre las losas, como muros y acabados arquitectónicos.

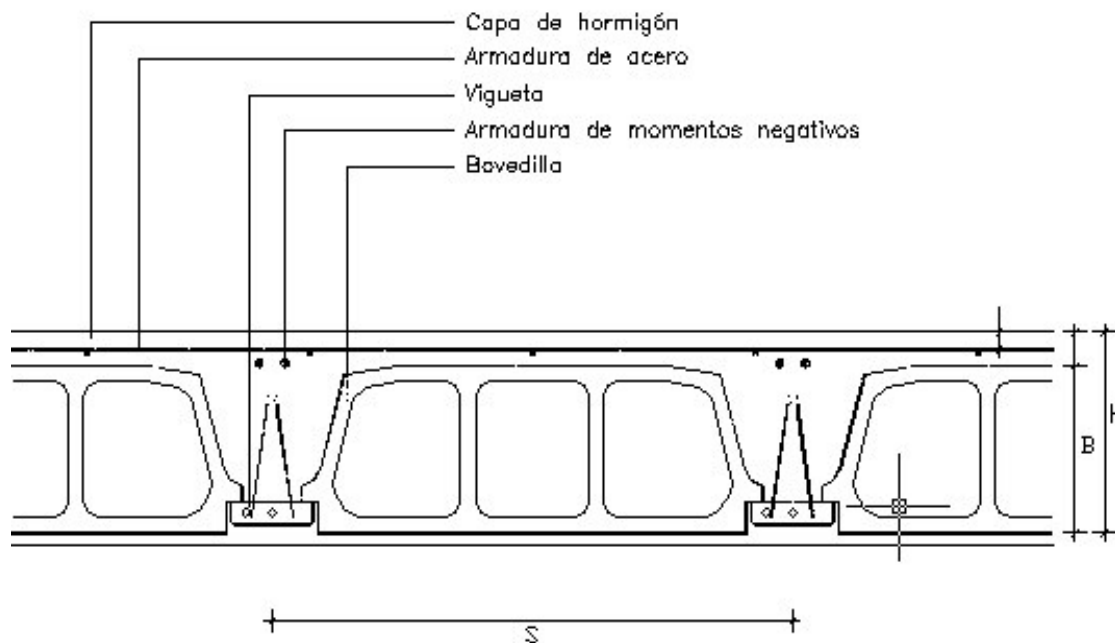
2.3 Descripción de los diferentes sistemas de losas a ser comparados

2.3.1 Losas

Son tres los diferentes sistemas de losas a ser comparados, los cuales son el sistema de vigueta y bovedilla, el sistema de losa densa y losa-acero. Los cuales se presentan a continuación.

2.3.1.1 Vigueta y bovedilla

Figura 9. Losa de vigueta y bovedilla con sus componentes



El sistema de vigueta y bovedilla, utilizado para la construcción de entresijos y cubiertas, está compuesto por una serie de vigas espaciadas usualmente de 0.50 a 0.90 metros, denominadas viguetas (figura 9).

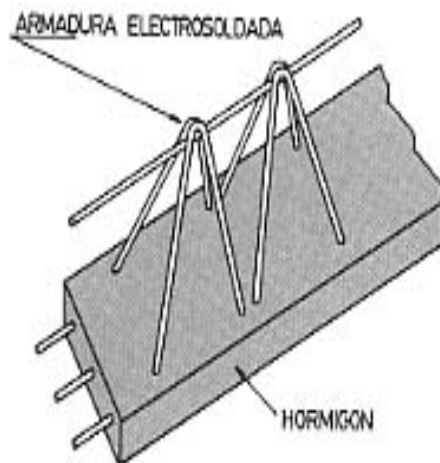
Los espacios entre las viguetas son llenados, en este caso, por la bovedilla de cemento-arena y una losa de compresión hecha de concreto de $f'c= 200 \text{ kg/cm}^2$, con espesor mínimo de 4 cm.

La losa generalmente está armada con una malla electrosoldada 6x6-10/10 y rodeada perimetralmente por una cadena o trabe armada con 4 varillas y estribos, en la que la vigueta penetra por lo menos 5 cm.

La semivigueta es un elemento prefabricado. Es uno de los componentes principales, ya que éste soporta el resto de materiales que conforman la losa. Está hecha de un *joist* al que se le funde una pastilla de concreto de un tamaño estándar, dependiendo del tipo de vigueta a utilizar,

agregando además las varillas de acero necesarias para soportar la tensión, si la hubiera.

Figura 10. Vigueta, utilizada en el sistema de vigueta y bovedilla



Fuente: Monolit

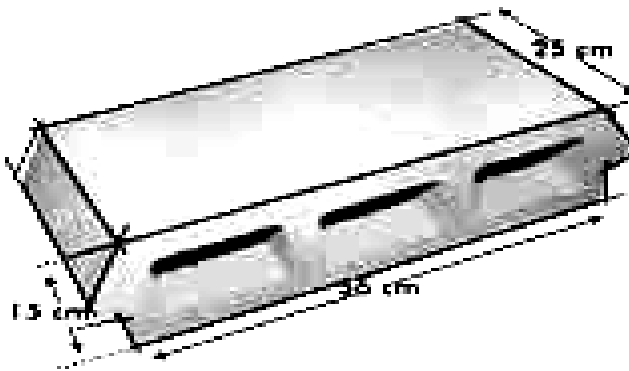
Las viguetas están reforzadas con armadura electrosoldada, lo que garantiza su resistencia. La bovedilla de pomez aligera el peso muerto de la losa debido a que se utiliza menos concreto.

Es un sistema de gran versatilidad para construir losas. Se fabrican según el requerimiento de cada obra. Este sistema es uno de los más utilizados en Guatemala.

Entre sus características principales está la menor cantidad de concreto que requiere, debido a la utilización de la bovedilla como elemento aligerante. También disminuye la cantidad de formaleta y apuntalamiento o parales.

Las bovedillas son elementos que sirven para aligerar y son utilizados para construir losas apoyadas directamente sobre viguetas. Las bovedillas están hechas de materiales tan variados como cemento-arena, poliestireno y barro. En este caso se utilizarán las de cemento-arena. Éstas brindan mayor consistencia que el block y garantizan una mejor seguridad antes, durante y después de su colocación.

Figura 11. Bovedilla de cemento-arena



Fuente: www.zitro.com.cr

Este sistema es muy utilizado y presenta algunas ventajas y desventajas analizadas durante visitas a obras.

Ventajas

- Facilidad en el procedimiento constructivo, al no requerir mano de obra especializada.
- Ahorro de hasta un 40% en la formaleta de la losa.
- Ahorro en el tiempo de la construcción de la losa.

Inconvenientes

- Se complica la ejecución de pases y "losas bajas".
- Se debe prestar especial atención, cuando se apoyan paredes sobre la losa. En muchos casos, no puede aplicarse esta solución.
- Requiere de una capa de compresión de hormigón que generalmente tiene entre 3cm y 5cm de espesor.
- El proyecto arquitectónico debe ser modulado.
- Es muy limitada la posibilidad de ejecutar voladizos. Se requiere adoptar soluciones particulares que deben ser estudiadas, calculadas y detalladas en cada caso.

2.3.1.2 Losas densas

El sistema más antiguo utilizado en la construcción. Este tiene la particularidad que es fundido sobre una formaleta o tarima. Se funde un espesor uniforme y es adecuado para cargas intermedias a grandes.

Entre sus principales ventajas se pueden mencionar:

- Flexibilidad de dimensiones y formas.
- Sencillez de ejecución.

- Se pueden ejecutar fácilmente pases de distintas dimensiones y formas para instalaciones y "losas bajas" en locales húmedos.
- En forma conjunta con las vigas y columnas forman un sistema rígido capaz de trasladar la carga horizontal; principalmente debida al viento y/o sismo; a los elementos resistentes.

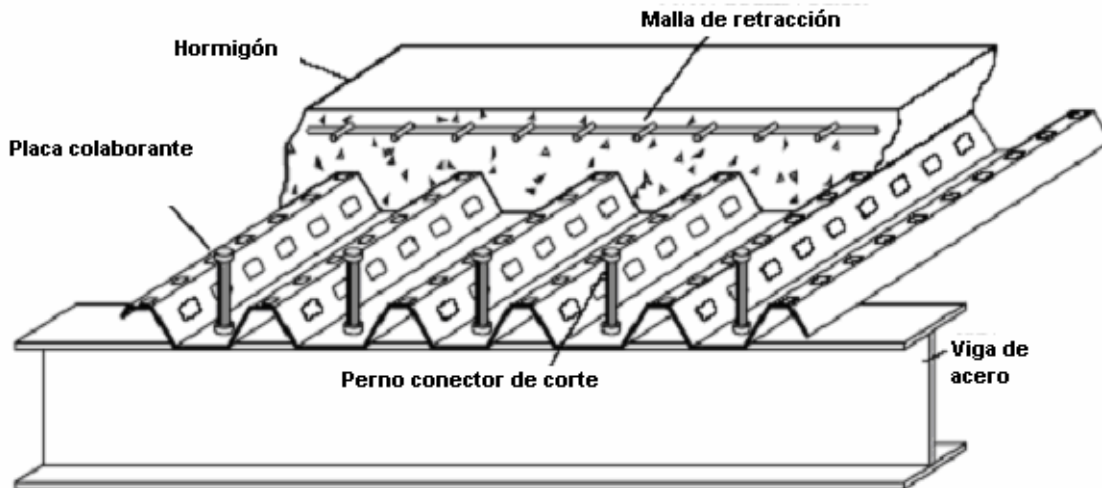
Inconvenientes

- Requiere de un importante apuntalamiento que se incrementa notablemente cuando las alturas de los entresijos son mayores a las tradicionales.
- Hay un período de secado a determinar en cada caso, en el cual debe mantenerse en forma total el apuntalamiento efectuado. A posteriori hay otro lapso de tiempo en el cual se le puede retirar de forma parcial.
- El rango óptimo de utilización del mismo es hasta 3 m. en losas apoyadas en una dirección y 6 m. para losas en dos direcciones. Para luces mayores debe incrementarse notablemente el espesor de las mismas, resultando en la solución antieconómica.

2.3.1.3 Losa-acero

El sistema losa-acero es un sistema de losas de entresijo y de cubierta que incorpora láminas de acero formadas en frío, galvanizadas y una losa de concreto reforzada, vaciada sobre dichas láminas y que actúan de manera monolítica, conformando una sección compuesta.

Figura 11. Sistema losa-acero y sus componentes



Fuente: Acesco. Manual Metaldeck. Pág. 35

Componentes del sistema:

- La lámina perfilada, propiamente dicha, de losa-acero
- Sistema de fijación de la lámina sobre vigas (metálicas o de hormigón armado, sobre la base de clavos disparados, tornillos autorroscantes, o puntos de soldadura)
- Hormigón de peso normal (2400 Kg/m³) y con una resistencia cilíndrica de 210 Kg./cm²

- La malla de acero electrosoldada, colocada en la parte superior de la losa, absorbe las posibles fisuras por contracción (en iguales condiciones que en una losa tradicional).
- Conectores de cortante (opcionales)

En el sistema de losa-acero se logra la interacción del perfil metálico con el concreto, por medio de protuberancias que trae consigo. Parte del espesor de concreto se convierte en patín de compresión, mientras que el acero resiste los esfuerzos de tensión y la malla electrosoldada resiste los esfuerzos ocasionados por los cambios de temperatura en el concreto. Este sistema integra lámina de acero obtenido por proceso de laminación en frío, galvanizada y conectores de cortante que van soldados a la estructura de apoyo.

Es un sistema desarrollado para uso en losas de entrepisos metálicos en edificios.

Sus componentes básicos son: lámina acanalada con indentaciones, concreto, malla electro-soldada (refuerzo por temperatura) y como accesorio opcional, los conectores de corte para el efecto de viga compuesta o para incrementar la capacidad propia de la losa-acero.

La forma de fijar la lámina a la estructura de soporte (*joists*, vigas, canales, etc.) es por medio de puntos de soldadura, clavos de disparo o tornillos auto-taladrantes o conectores de cortante.

El sistema puede utilizarse en edificaciones donde la estructura principal es de concreto o en de acero y debe conectarse adecuadamente a las vigas principales de apoyo para servir de diafragma estructural y así conformar

elementos compuestos con la estructura principal. Adicionalmente puede apoyarse convenientemente sobre muros estructurales en mampostería o concreto.

Antes de fraguar el concreto, la lámina soporta el peso del concreto, sirviendo ésta como formaleta. Una vez fraguado el concreto, trabajan en conjunto el concreto y el acero, como un sólo cuerpo estructural. Dependiendo de la separación entre apoyos y el calibre de la losa-acero, se obtienen diferentes capacidades de carga.

Este sistema reemplaza la armadura de varillas de hierro, funcionando como armadura de tracción para los momentos flectores positivos en el trabajo a la flexión de la losa durante la vida útil de la edificación.

Ventajas

La construcción es acelerada por la eliminación del encofrado y los apuntalamientos, con la ventaja adicional de poder trabajar en varios niveles al mismo tiempo, poder llenar los sectores de losas de distintas ubicaciones y niveles, según sea la conveniencia de la obra, y permitir también que otros gremios avancen con sus labores simultáneamente, ya que las áreas de trabajo están despejadas al no haber apuntalamientos.

3. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

3.1 Diseño de losa

Para el diseño de los tres sistemas de construcción de losas que se analizarán en este capítulo, se han tomado varias consideraciones de diseño, las cuales se describen a continuación:

Se han tomado como dimensiones para los tres sistemas de construcción analizados, una losa de 4 m x 3 m, una losa de 4 m x 4 m. Las losas están apoyadas en los cuatro extremos, soportadas por vigas.

La losa tendrá una carga viva (Cv) y una carga muerta (Cm), presentados a continuación:

Tabla II. Dimensiones y cargas utilizadas en la comparación de los distintos sistemas de losas

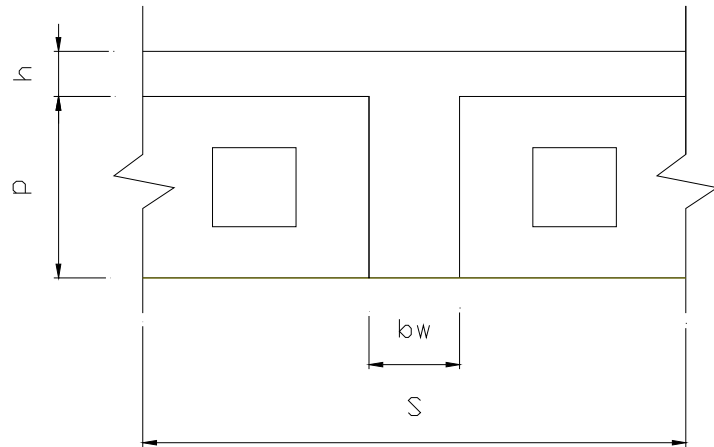
	Dimensiones de las losas analizadas (metros)	Cm (kg/m²)	Cv (kg/m²)
1	4x3	200	100
2	4x4	100	200

Con estos parámetros se procede a mostrar una breve descripción del diseño de cada sistema.

3.1.1 Diseño vigueta y bovedilla

Para el diseño de vigueta y bovedilla se utilizaron los siguientes datos:

Figura 13. Sección típica de losa nervada



Una losa de 4x4 m, con viguetas de concreto y bovedillas material pomez.

Carga viva: 200 Kg/m²
 Carga muerta: 100 Kg/m²
 Concreto $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$
 Acero $fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Se procede a dimensionar las secciones, utilizando Manual de Diseño de Losas Nervuradas del ACI Sección 3.

Distancia entre apoyos:

$L = 4 \text{ m.}$ en ambos sentidos.

Peralte de P

En nervios simplemente apoyados, siendo este el caso $P = L/16$

$P = 0.25 \text{ cm.}$

Base del Patin o $B_w \geq 4''$ o 0.10 m.

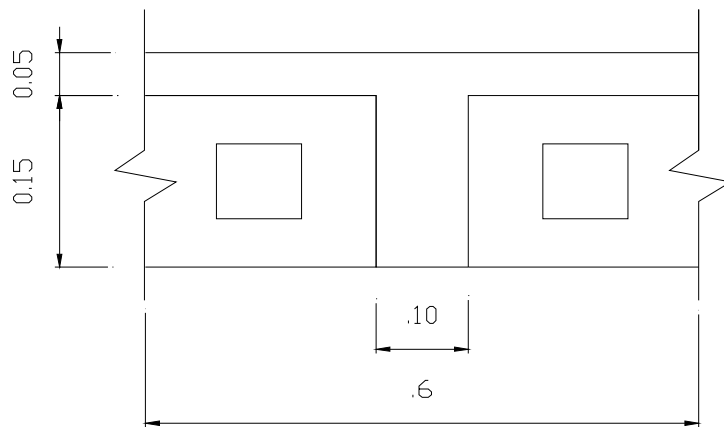
Ancho tributario o $S \leq 30''$ o 0.762 m.

Peralte o $H \geq 11/2''$ o 0.038m y $h \geq S/12$

Espesor se calcula espesor = $S/12 = 60/12 = 5$ cm

Estos parámetros llevan a plantear la siguiente sección de la losa diseñada:

Figura 14. Dimensiones de losa nervada



Con estas dimensiones se procedió a integrar las cargas:

Carga viva x ancho tributario

La carga viva utilizada es de 200 kg/m^2

$C_v: 200 \text{ kg/m}^2 \times 0.60 \text{ m} = 120 \text{ kg/m}$.

Carga muerta

Carga de la losa = C_{losa}: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.60 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$.

Sobre carga = C_{sc}: $100 \text{ kg/m}^2 \times 0.60 \text{ m} = 60 \text{ kg/m}$.

Carga bovedilla = C_{bovedilla}: $13 \text{ kg/U} \times 5 \text{ u/m} = 65 \text{ kg/m}$.

Carga viga = C_{viga}: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.05 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} = 12 \text{ kg/m}$.

Total carga muerta = 209 kg/m .

Carga última (C_u)

$$\begin{aligned}
Cu &= 1.7 (Cv) + 1.4(Cm) \\
&= 1.7 (120 \text{ kg/m.}) + 1.4 (209 \text{ kg/m}) \\
&= 496.6 \text{ kg/m.}
\end{aligned}$$

Cálculo de Momentos últimos (Mu):

Para una viga simplemente apoyada según el Código ACI

$$Mu(+)= \frac{Cu \times (l)^2}{8} = \frac{496.6 \text{ kg / m} \times (4\text{m})^2}{8} = 993.2 \text{ kg-m.}$$

$$Mu (-)= \frac{Cu \times (l)^2}{12} = \frac{496.6 \text{ kg / m} \times (4\text{m})^2}{12} = 662.1 \text{ kg-m.}$$

Ya con estos momentos se procedió a calcular el acero de refuerzo:

El cual dio, utilizando un programa de computadora jc-Diseño en concreto, los siguientes datos:

Para el Mu(+) el acero es 2.50 cm² cumple con 2 No. 4

Para el Mu(-) el acero es 1.60 cm² cumple con 2 No. 3

Figura 15. Sección de losa de 4 m x 4 m

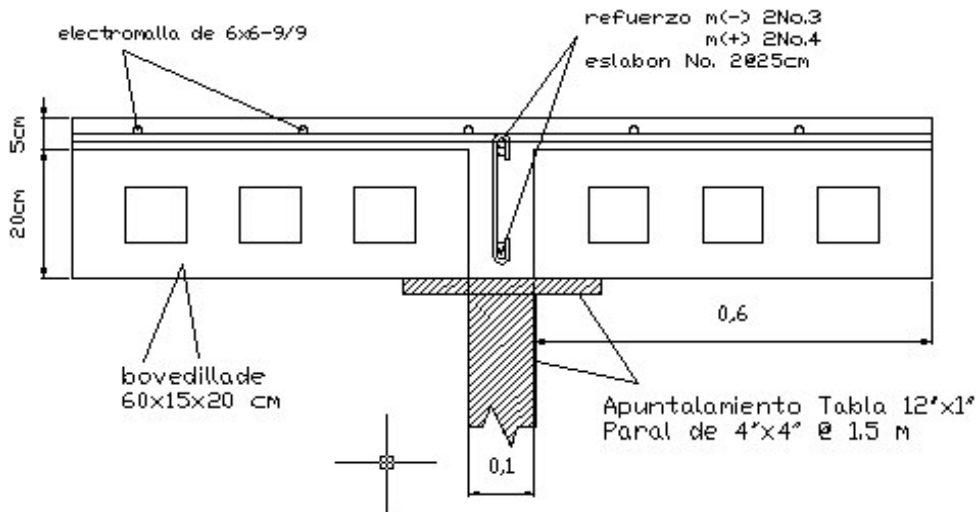
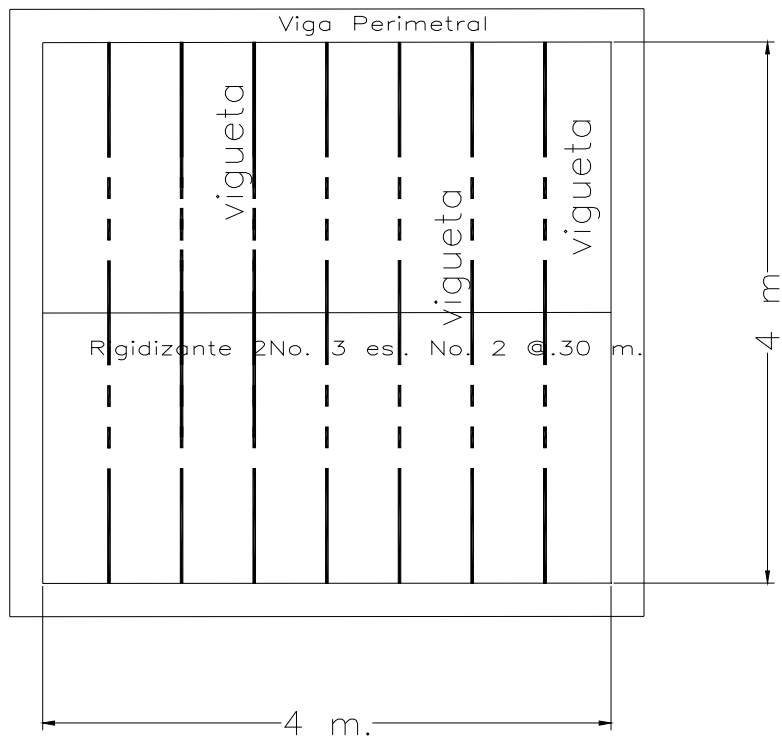


Figura 16. Planta de losa de 4 m x 4 m



Para la losa con dimensiones de 3 x 4 m se utilizaron los datos proporcionados en la tabla No.III, la cual presenta el sistema de vigueta prefabricada:

Dimensiones de la losa

Lado corto = $L_a=3$ m. X lado largo= $L_b=4$ m.

Espesor de losa

0.15 m.

Especificaciones materiales:

Concreto $f'c = 245$ Kg/cm²

Acero $f_y = 4200$ Kg/cm²

Especificaciones cargas:

Carga muerta 200 Kg/m²

$C_{muerta} = 200 \text{ kg/m}^2 (0.60 \text{ m}) = 120 \text{ kg/m}$

Carga losa: 2400 kg/m³ (0.05m x 0.60) = 72 kg/m

Carga bovedilla: 12 kg/unidad x 5 unidades = 60 kg/m

Carga vigueta: 2400 kg/m³ (0.15m x 0.10m) = 36 kg/ m
= 168 kg/m

Carga viva 100 Kg/m²

$C_{viva} = 100 \text{ kg/m}^2 (0.60) = 60 \text{ kg/m}$

De la tabla III se tomaron las dimensiones de las viguetas que iban a ser utilizadas según el claro de la losa a ser cubierto.

El claro de la losa es de 3 m, por lo que se optó por la vigueta de 3.10 m. utilizando una bovedilla de 10 cm de peralte, 5 cm de fundición y un espesor total de losa de 15 cm.

Figura 17. Detalle losa vigueta y bovedilla

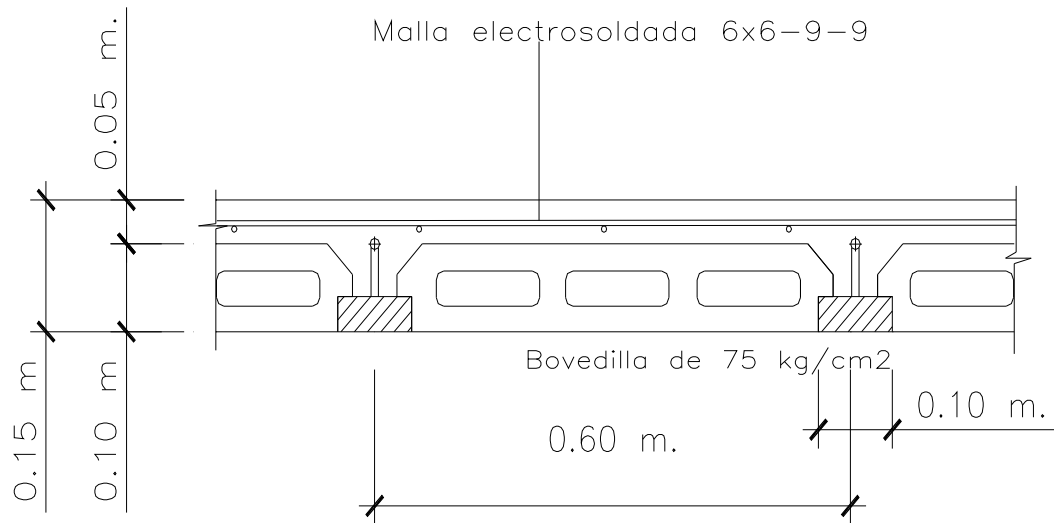


Tabla III. Dimensiones de viguetas

Tabla de dimensiones de viguetas	
Peralte de losa terminado 0.15 m Peralte de movedilla 0.10 m Bastones No. 2 de L/4 a cada .30 m	
Nomenclatura (distribuidor P=peralte, L=largo)	Longitud de concreto de vigueta (m)
P 15 L 130	1.3
P 15 L 150	1.5
P 15 L 170	1.7
P 15 L 190	1.9
P 15 L 210	2.1
P 15 L 230	2.3
P 15 L 250	2.5
P 15 L 270	2.7
P 15 L 290	2.9
P 15 L 310	3.1
P 15 L 330	3.3
P 15 L 350	3.5
P 15 L 370	3.7
P 15 L 390	3.9
P 15 L 410	4.1
P 15 L 430	4.3

Fuente: Monolit

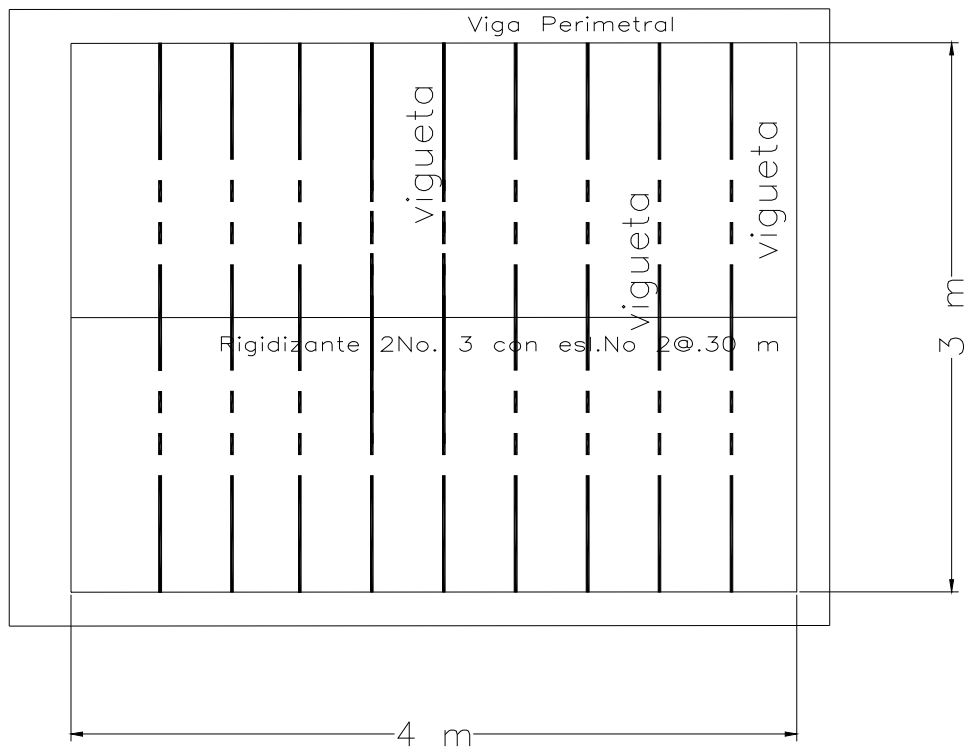
También se recomienda electromalla de 6x6 -9/9 y bastones No. 3 a cada 0.35 m.

La bovedilla a ser utilizada como aligerante 10 cm. de peralte, 0.60 m. de largo y 0.20 m. de ancho y de una resistencia de 75 kg/cm².

Un rigidizante se colocará, el cual está comprendido por 2 varilla de acero No.3 con eslabones No.2 a cada 0.30 m.

Estos datos serán los que se utilizarán para la cuantificación de los materiales con el fin de sacar el costo final de la losa.

Figura 18. Planta de losa vigueta y bovedilla de 4m. X 3m



3.1.2 Diseño de losa densa

Este diseño está basado en el método 3 del ACI.

Dimensiones de la losa: lado corto= $L_a=3$ m. X lado largo= $L_b=4$ m.

Relación a/b para determinar en que sentido trabaja la losa.

$m = a/b = 4/3 = 1.33$ Trabaja en dos sentidos por ser menor que 2.

Espesor de losa:

$t = 14/180 = 0.077 = 0.10$ m., ya que el espesor mínimo en una losa, según el Código ACI.

Especificaciones materiales:

Concreto $f'c = 245$ Kg/cm².

Acero $f_y = 4200$ Kg/cm².

Especificaciones cargas:

Peso propio 2400 Kg/m³ x 0.10 m = 240 Kg/m².

Carga muerta 200 Kg/m².

Carga viva 100 Kg/m².

La losa es según el método 3 del ACI, un caso 1, ya que es discontinua en sus cuatro lados.



Caso 1

Carga muerta: 440 kg/m²

Carga viva: 100 kg/m²

Tabla IV. Momentos calculados y armados de acero propuestos para cada lado corto

Abajo lado corto			Bordes discontinuos lado corto		
Ma(+)	N3@	N4@	Ma(-)	N3@	N4@
615.98	0.28	0.3	205.33	0.3	0.3

Tabla V. Momentos calculados y armados de acero propuestos para cada lado largo

Abajo lado largo			Bordes discontinuos lado largo		
Ma(+)	N3@	N4@	Ma(-)	N3@	N4@
412.9	0.3	0.3	137.63	0.3	0.3

S max calculado $3t = 3 \times 10 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$.

Figura 19. Detalle armado de losa densa de 4 x 3 m

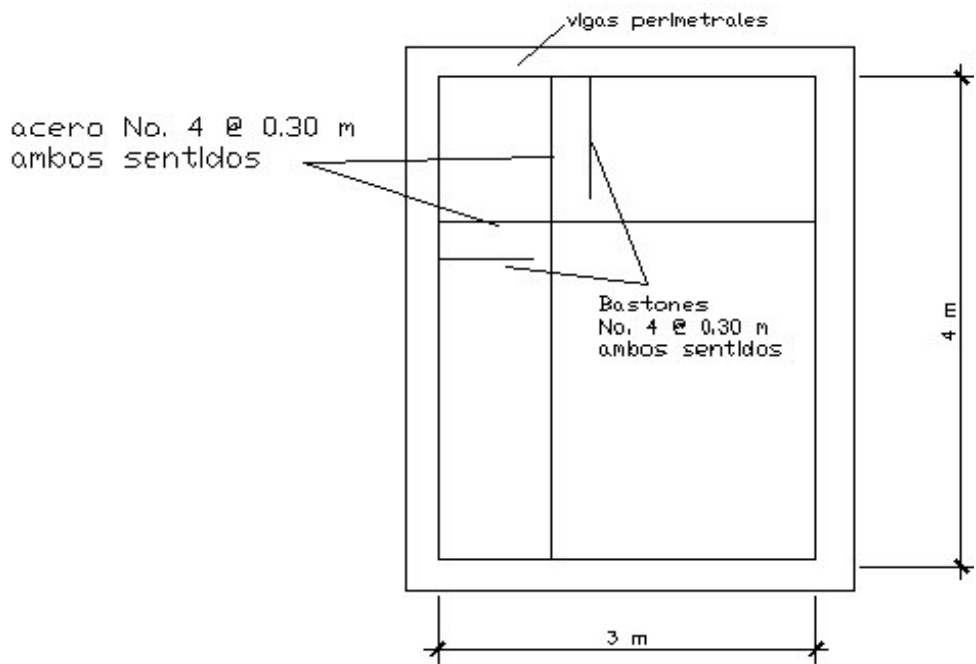
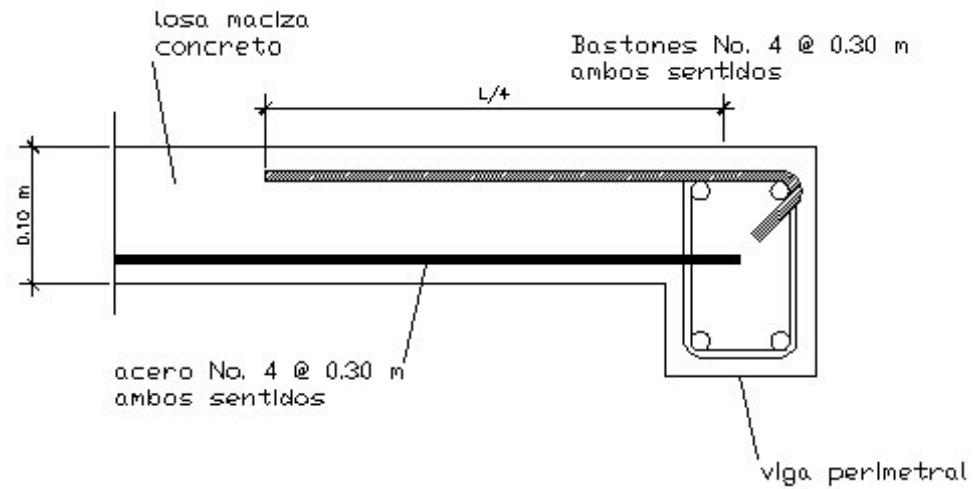


Figura 20. Sección de corte de armado de losa densa de 4 x 3 m



Para la losa con dimensiones 4x4 m. se utilizó el mismo método, siendo los resultados los siguientes:

L_a y $L_b = 4$ m.

$t = 10$ cm.

Concreto $f'_c = 245$ Kg/cm².

Acero $f_y = 4200$ Kg/cm².

Peso propio losa = $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,10 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}^2$

Carga viva = 200 kg/m^2

Tabla VI. Momentos calculados y armados de acero propuestos para cada lado corto

Abajo lado corto			Bordes discontinuos lado corto		
Ma(+)	N3@	N4@	Ma(-)	N3@	N4@
470	0.30	0.3	156.67	0.3	0.3

Tabla VII. Momentos calculados y armados de acero propuestos para cada lado largo

Abajo lado largo			Bordes discontinuos lado largo		
Ma(+)	N3@	N4@	Ma(-)	N3@	N4@
470	0.3	0.3	156.67	0.3	0.3

Figura 21. Detalle armado de losa densa de 4 x 4 m

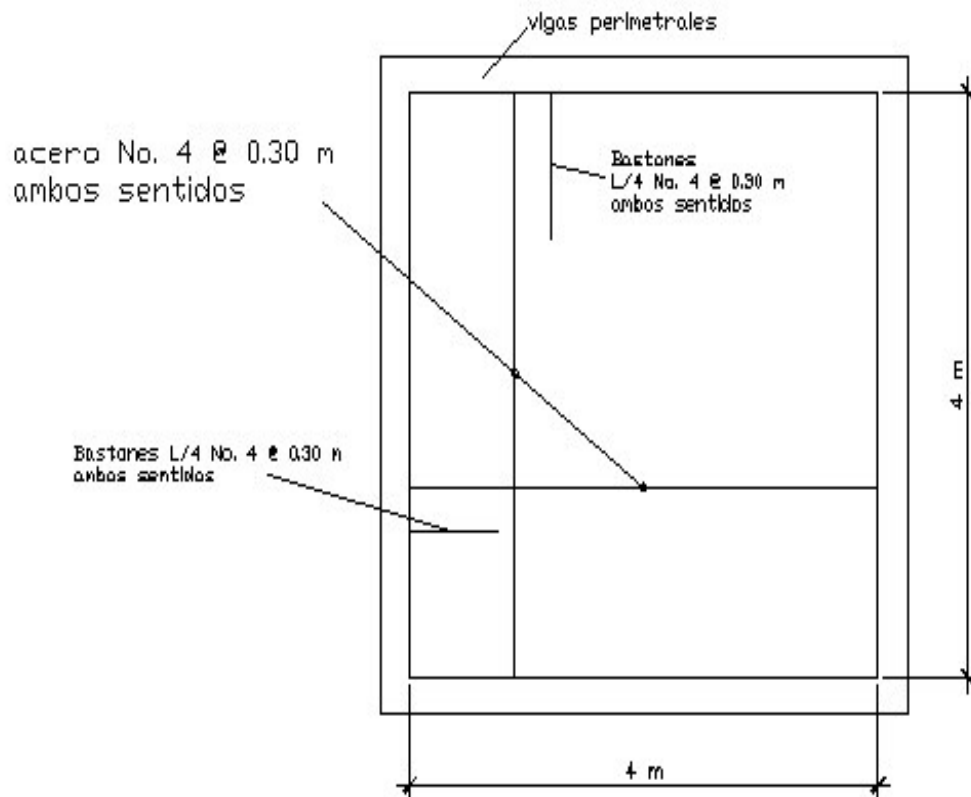
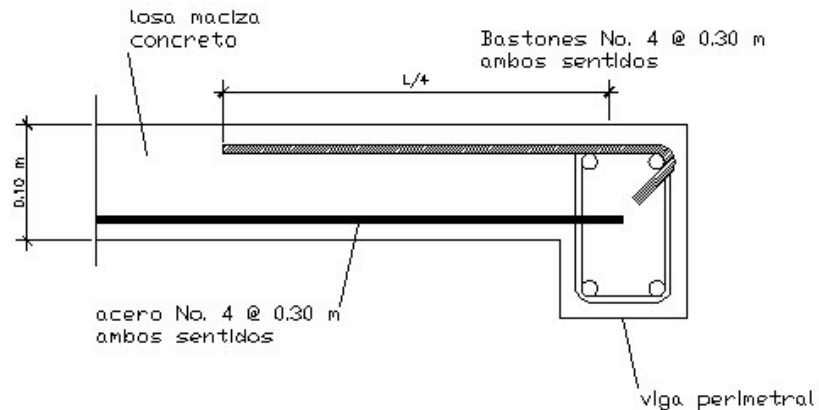


Figura 22. Sección de corte de armado de losa densa de 4 x 4 m



De lo anterior se obtiene el armado de cada losa para luego ser cuantificado y comparado con los otros sistemas de losas.

3.1.3 Diseño de losa-acero

Dimensiones de la losa
 $L_a=3 \text{ m.} \times L_b=4 \text{ m.}$

Espesor de losa: determinado por el espesor y sobrecarga definido en la tabla No. IV.

Especificaciones materiales:

Concreto $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$

Acero $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Especificaciones cargas:

Peso propio $2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.05 \text{ m} = 120 \text{ Kg/m}^2$

Carga muerta superpuesta 200 Kg/m^2

Carga viva 100 Kg/m^2

Lámina de losa-acero, calibre 22, sección 4, normalizado por ASTM A-653.

Para obtener el tipo de lámina a ser utilizada se recurrió a la utilización de la siguiente tabla, la cual da los parámetros de losa-acero a ser utilizados en este caso.

Tabla VIII. Sobre cargas admisibles de losa-acero según el calibre y espesor de concreto a fundir

Losa-acero Sección 4 Sobrecarga admisible (kg/m ²)															
	Calibre	Espesor de concreto (cm)	Separación entre apoyos (m)												
			1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4
Sin conectores	24	5	1537	1313	984	741	556	412	298	206	130				
		6	1653	1429	1058	783	574	411	282	178					
		8	1842	1640	1179	838	579	337	217						
		10	2000	1812	1257	847	535	292	100						
		12	2000	1937	1286	805	439	154							
	22	5	2000	1533	1126	1044	815	637	496	382	289	211	146		
		6	2000	1653	1194	1129	871	670	510	381	276	189	116		
		8	2000	1858	1698	1277	857	707	510	350	219	111			
		10	2000	2000	1895	1388	1003	703	465	273	116				
		12	2000	2000	2000	1456	1003	652	372	147					
	20	5	2000	2008	1474	1120	851	845	679	544	435	343	267	203	147
		6	2000	2008	1591	1192	888	907	720	568	444	342	255	183	
		8	2000	2008	1791	1300	1304	1011	778	591	437	310	203	113	
		10	2000	2008	2000	1886	1432	1079	799	514	389	176			
		12	2000	2008	2000	2000	1521	1107	778	513	296	116			
	18	5	2000	2000	2000	1657	1305	1032	815	835	692	574	474	390	318
		6	2000	2000	2000	1803	1407	1098	853	900	739	605	492	397	316
		8	2000	2000	2000	2000	1582	1198	1258	1012	811	645	506	388	287
		10	2000	2000	2000	2000	1707	1755	1388	1093	851	650	482	340	218
		12	2000	2000	2000	2000	2000	1914	1483	1135	851	615	417	249	107

Fuente: Ingasa

Tabla IX. Maximos claros sin apuntalamiento en losa-acero

Losa-acero Seccion 4, Claros Máximos Sin Apuntalamiento						
CALIBRE	APOYO	Espesor de Concreto				
		5 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm
24		1.77	1.70	1.59	1.50	1.42
		2.38	2.29	2.15	2.03	1.93
		2.41	2.32	2.17	2.05	1.95
22		2.12	2.04	1.90	1.79	1.69
		2.83	2.73	2.55	2.40	2.28
		2.91	2.80	2.61	2.46	2.33
20		2.46	2.36	2.19	2.06	1.95
		3.20	3.08	2.89	2.72	2.58
		3.31	3.19	2.98	2.81	2.76
18		3.00	2.87	2.67	2.50	2.36
		3.85	3.71	3.48	3.28	3.11
		3.98	3.84	3.59	3.39	3.22

Fuente Ingasa

Utilizando la tabla VII se obtuvo el calibre adecuado para la fundición de la losa con dimensiones de 3 m x 4 m. Siendo esta la losa-acero sección 4 calibre 22. Y para la losa de 4 m x 4 m de igual manera se utilizó la tabla IV.

Figura 23. Detalle de losa-acero utilizada en la losa de 4 x 3 m

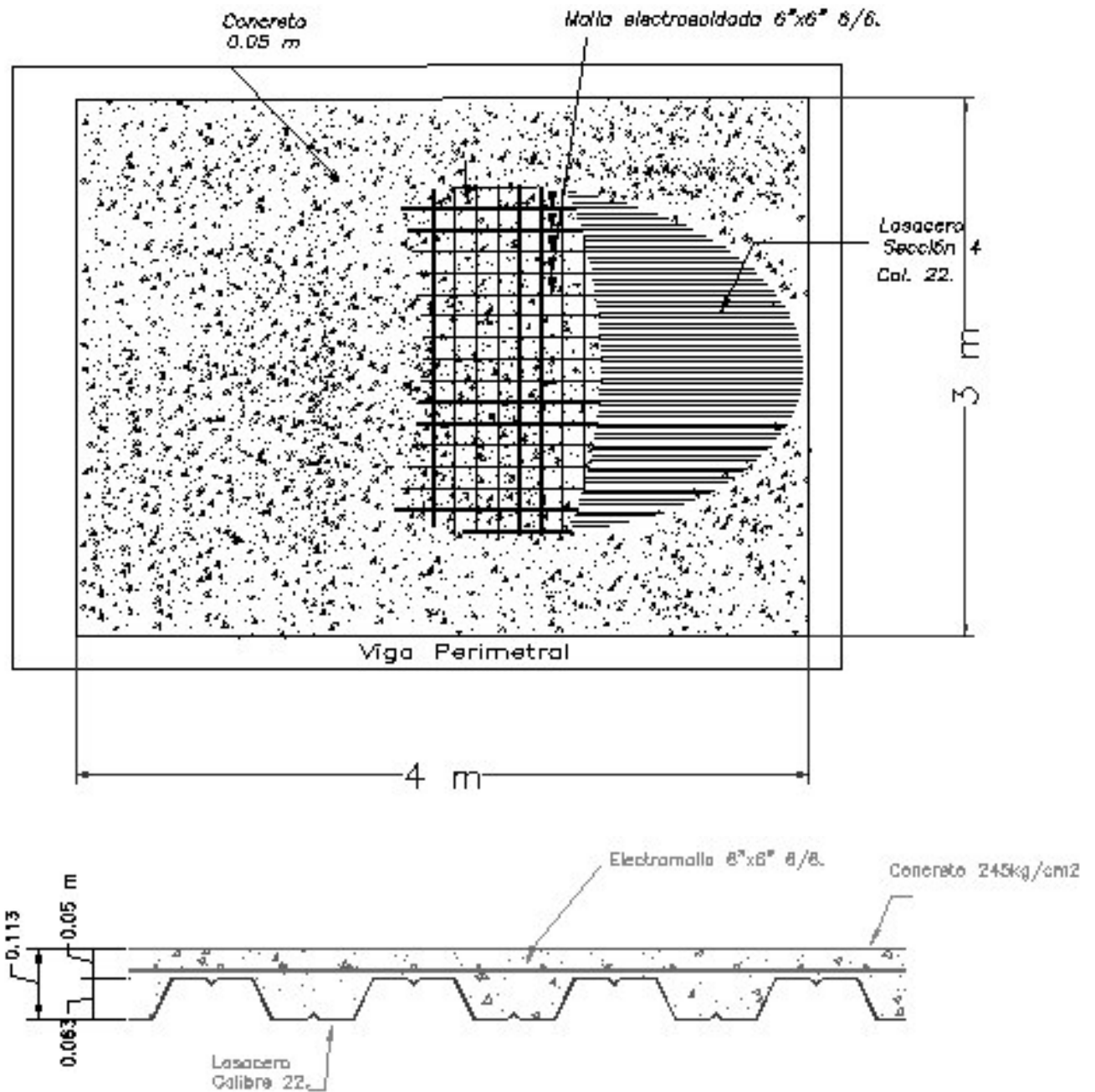
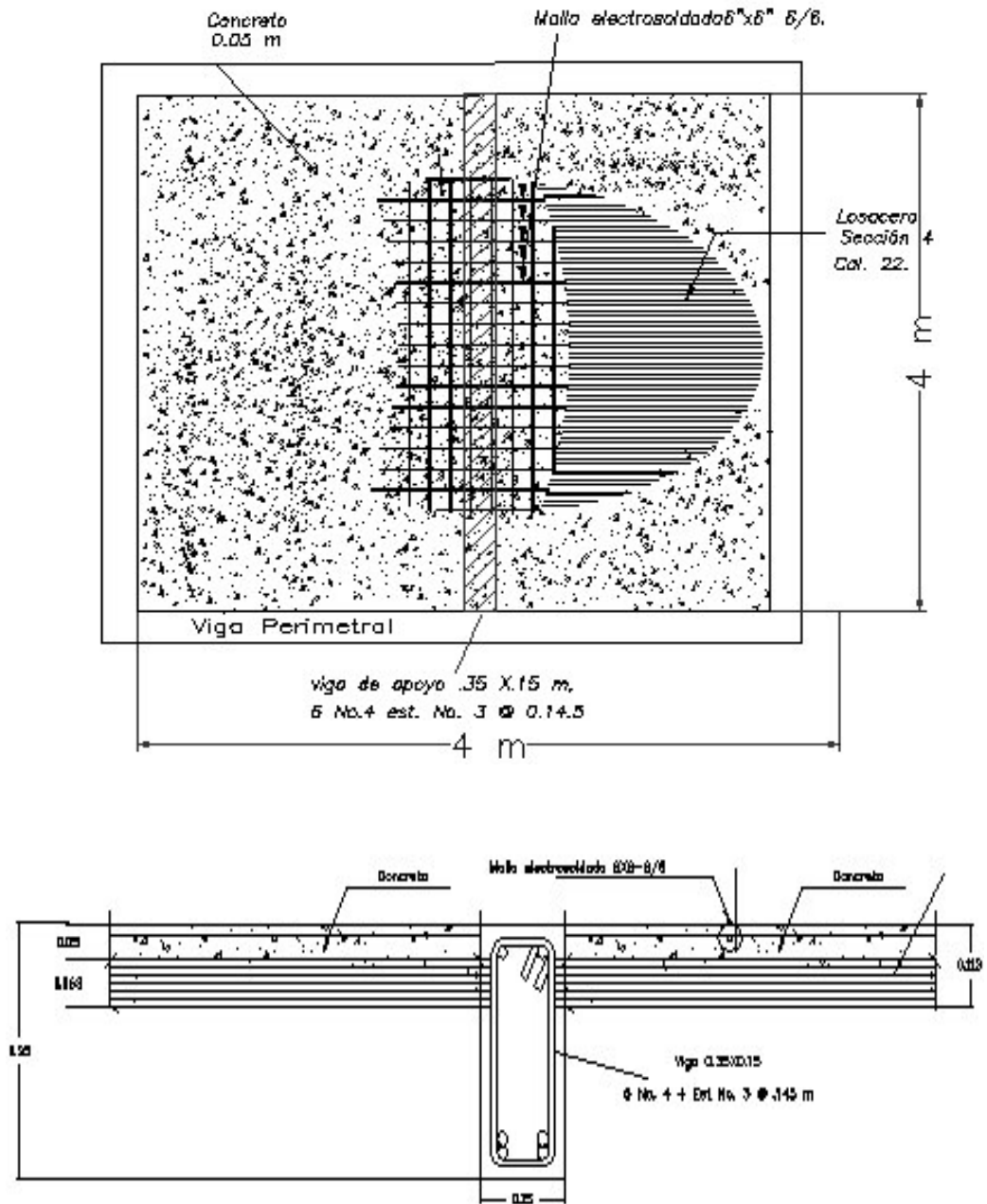


Figura 24. Detalle de losa-acero utilizada en la losa de 4 x 4 m



4. COSTOS

4.1 Generalidades

Costo es el valor que representa el monto total de lo invertido (tiempo, dinero y esfuerzo) para comprar o producir un bien o un servicio. En este caso viene a ser lo invertido en la producción de un elemento estructural.

En este caso, el elemento estructural es: el sistema de vigueta y bovedilla, el sistema de losa densa y el sistema de losa-acero.

Para dicho análisis se tomaron las estimaciones de valor de las partes de los distintos métodos de construcción que están vigentes al segundo semestre del año 2004 en el mercado de Guatemala. Constituyen un punto importante de partida para la valoración de los sistemas analizados.

4.1.1 Características de los costos

Para lograr un óptimo aprovechamiento en el análisis de precios unitarios, es necesario desglosar el costo por sus integrantes.

Dado que el análisis de un costo es, en forma genérica, la evaluación de un proceso determinado, sus características serán:

El análisis de costo es aproximado. El no existir dos procesos constructivos iguales, el intervenir la habilidad del personal (mano de obra) y el basarse en condiciones promedio de consumos, insumos y desperdicios, permite asegurar que la evaluación monetaria del costo no puede ser matemáticamente exacta.

El análisis de costo es específico. Por consecuencia, si cada proceso constructivo se integra basándose en sus condiciones periféricas de tiempo, lugar y secuencia de eventos, el costo no puede ser genérico.

El análisis de costo es dinámico. El mejoramiento constante de materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costos de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas impositivos, de prestaciones sociales, etcétera, permite recomendar la necesidad de una actualización constante de los análisis de costos.

El análisis de costo puede elaborarse inductiva o deductivamente. Si la integración de un costo se inicia por sus partes conocidas, si de los hechos se infiere el resultado, se estará analizando el costo de manera inductiva. Si a través de razonamiento se parte del todo conocido para llegar a las partes desconocidas, se estará analizando el costo de manera deductiva.

En un sistema de costos por órdenes, los tres elementos básicos del costo son

- Materiales
- Mano de obra

- Costos indirectos

El costo de materiales puede dividirse en materiales directos e indirectos.

Materiales directos: Constituyen el primer elemento de los costos de producción. Estos son los materiales que realmente entran en el producto que se está fabricando.

Materiales indirectos: Son todos aquellos materiales usados en la producción, que no entran dentro de los materiales directos. Estos se incluyen como parte de los costos indirectos de fabricación.

La contabilización de los materiales se divide en dos secciones

- **Compra de materiales:** las materias primas y los suministros empleados en la producción se solicitan mediante el departamento de compras. Éstos materiales se guardan en la bodega de materiales, bajo el control de un empleado y se entregan en el momento de presentar una solicitud aprobada de manera apropiada.
- **Uso de materiales:** el siguiente paso en el proceso de manufacturación consiste en obtener las materias primas necesarias de la bodega de materiales. Existe un documento, fuente para el consumo de materiales en un sistema de órdenes de trabajo: **La requisición de materiales.**

La requisición de materiales muestra el número de orden de trabajo, el número del departamento, las cantidades y las descripciones de los materiales solicitados. También se muestra el costo unitario y el costo total.

Cuando los materiales son directos, se realiza un asiento en el libro diario para registrar la adición de materiales al inventario de trabajo en proceso.

Cuando hay materiales indirectos, se cargan a una cuenta de control de costos indirectos de fabricación.

La mano de obra es el esfuerzo físico o mental, empleado en la fabricación de un producto. La empresa debe decidir, en relación con su fuerza laboral, qué parte de ésta corresponde a producción, qué parte a administración y qué parte a ventas, para luego catalogarlos como mano de obra directa o indirecta.

Mano de obra directa: es aquella directamente involucrada en la fabricación de un producto terminado que puede asociarse con éste con facilidad y que representa un importante costo de mano de obra en la elaboración de un producto.

Mano de obra indirecta: es aquella involucrada en la fabricación de un producto que no se considera mano de obra directa. La mano de obra indirecta se incluye como parte de los costos indirectos de fabricación. El trabajo de un supervisor es un ejemplo de mano de obra indirecta.

Los costos indirectos, se utilizan para acumular los materiales indirectos, la mano de obra indirecta y los demás costos indirectos de fabricación que no pueden identificarse directamente con los productos específicos y están ligados con los gastos técnico-administrativos.

Ejemplo de otros costos indirectos de fabricación, además de materiales indirectos y de la mano de obra indirecta, son arrendamientos, energía, calefacción y depreciación del equipo de la fábrica. Los costos indirectos pueden clasificarse además en fijos, mixtos y semivARIABLES.

4.2 Aplicaciones en la ingeniería civil

En el campo de la ingeniería civil es muy importante la planificación de los proyectos.

La planificación es el análisis de las variables que afectan en el desarrollo del proyecto.

Este análisis viene a ser una guía muy útil para el ingeniero civil durante el desarrollo del proyecto. Ya que si se toma en cuenta la totalidad las variables que se involucran tendrá una buena posibilidad de lograr sus objetivos y terminar el proyecto de una manera adecuada y cumpliendo con lo establecido en la planificación del proyecto. Llegando a decir que el proyecto terminó con un balance positivo.

El lograr este balance, es el objetivo de cualquier proyecto y es la diferencia entre el éxito y el fracaso a la hora de ejecutar cualquier obra civil, independientemente si es de carácter altruista o no.

5. ANÁLISIS DE COSTOS

Para el análisis de los costos se tomará el diseño de cada uno de los sistemas utilizados, se calculará su costo de construcción, incluyendo éste la mano de obra y los materiales de construcción, dejando pendiente y como criterio de cada ingeniero, los factores de utilidades, imprevistos, desperdicio y algún otro factor que sea necesario aplicar.

A continuación el detalle de los costos obtenidos después de una integración:

5.1 Integración de costos generales

Los costos fueron integrados utilizando las dimensiones de las losas y los parámetros de diseño obtenidos en el capítulo 3 de este documento así como también se utilizó el índice de precios de mano de obra y materiales de construcción de la Cámara de Construcción, dando los parámetros para la cuantificación de cada sistema la cual veremos en las tablas que van de las 10 a la 15.

5.1.1 Losa densa

La tabla X Y XI, que se presenta a continuación presenta la cuantificación del sistema de losa densa.

Tabla X. Cuantificación sistema losa densa 4x3 m

Mano de obra para sistema de losa densa					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Paraleado y entarimado	m2	12	Q 10.18	Q 122.16
2	Armadura de losa con hierro # 4	m2	12	Q 7.50	Q 90.00
3	Tacos de concreto 2x2x2"	Unidad	30	Q 0.13	Q 3.90
4	Fundición de losa con acabado (10 cm)	m2	12	Q 29.00	Q 348.00
5	Desentarimar	m2	12	Q 6.75	Q 81.00
Total mano de obra					Q 645.06
Materiales para sistema de losa densa					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Hierro # 4 GRADO 60	quintal	3.5	Q257.00	Q 899.50
2	Alambre de amarre	lb.	2.28	Q 4.10	Q 9.35
3	Madera de pino rústico	pie-tabla	550	Q 3.00	Q 1,650.00
5	Concreto f'c 245 kg/cm2	m3	1.2	Q710.00	Q 852.00
Total de materiales					Q 3,410.85
TOTAL				Q	4,055.91

Tabla XI. Cuantificación sistema losa densa 4x4 m

Mano de obra para sistema de losa densa					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Paraleado y entarimado	m2	16	Q 10.18	Q 162.88
2	Armadura de losa con hierro # 4	m2	16	Q 7.50	Q 120.00
3	Tacos de concreto 2x2x2"	Unidad	40	Q 0.13	Q 5.20
4	Fundición de losa con acabado (10 cm)	m2	16	Q 29.00	Q 464.00
5	Desentarimar	m2	16	Q 6.75	Q 108.00
Total mano de obra					Q 860.08
Materiales para sistema de losa densa					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Hierro # 4 GRADO 60	quintal	4.66	Q257.00	Q 1,197.62
2	Alambre de amarre	lb.	3.04	Q 4.10	Q 12.46
3	Madera de pino rústico	pie-tabla	740	Q 3.00	Q 2,220.00
4	Concreto f'c 245 kg/cm2	m3	1.6	Q710.00	Q 1,136.00
Total de materiales					Q 4,566.08
TOTAL				Q	5,426.16

5.1.2 Losa vigueta y bovedilla

La tabla XII y XIII, que se presenta a continuación la cuantificación del sistema de losa vigueta y bovedilla.

Tabla XII. Cuantificación sistema losa vigueta y bovedilla 4x3 m

Mano de obra para sistema de losa vigueta y bovedilla					
No.	Reglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Paraleado y entarimado	m2	5.00	Q 0.18	Q 50.90
2	Colocación de viguetas y bovedilla	m2	12.00	Q 15.00	Q 180.00
3	Colocación de malla electrosoldada+bastones	Unidad	1.00	Q 5.00	Q 5.00
4	Aramadura de rigidizante	ml	4.00	Q 5.75	Q 23.00
5	Tacos de concreto 2x2x2"	u	30.00	Q 0.13	Q 3.90
6	Fundición de losa con acabado (5 cm)	m2	12.00	Q 15.11	Q 181.32
7	Desentarimado	m2	5.00	Q 6.75	Q 33.75
Total mano de obra				Q	477.87
Materiales para sistema de losa vigueta y bovedilla					
No.	Reglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Hierro # 3 GRADO 60	quintal	0.24	Q257.00	Q 61.68
2	Hierro # 2	quintal	0.025	Q229.00	Q 5.73
3	Malla electrosoldada	u	1	Q276.00	Q 276.00
4	Alambre de amarre	lb.	1.06	Q 4.10	Q 4.35
5	Bobedillas de 12 cm (ancho) x 5 cm (alto)	Unidad	105	Q 3.10	Q 325.50
6	Viguetas de 4.5 m de largo por 10 cm peralte	Unidad	6	Q 90.00	Q 540.00
7	Madera de pino rústico	pie- tabla	374	Q 3.00	Q 1,122.00
9	Concreto f'c 245 kg/cm2	m3	0.75	Q710.00	Q 532.50
Total de materiales				Q	2,867.75
TOTAL				Q	3,345.62

Tabla XIII. Cuantificación sistema losa vigueta y bovedilla 4x4 m

Mano de obra para sistema de losa vigueta y bovedilla					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Paraleado y entarimado	m2	7.20	Q 0.18	Q 73.30
2	Colocación armado de viguetas y bovedilla	m2	16.00	Q 15.00	Q 240.00
3	Colocación de malla electrosoldada+bastones	Unidad	1.30	Q 5.00	Q 6.50
4	tacos de concreto 2x2x2"	u	40.00	Q 0.13	Q 5.20
5	Fundición de losa con acabado (5 cm)	m2	16.00	Q 15.11	Q 241.76
6	Desentarimado	m2	7.20	Q 6.75	Q 48.60
Total mano de obra				Q	615.36
Materiales para sistema de losa vigueta y bovedilla					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Hierro # 3 GRADO 60	quintal	0.61	Q257.00	Q 156.77
	Hierro # 4 GRADO 60	quintal	1	Q257.00	Q 257.00
2	Hierro # 2	quintal	0.025	Q229.00	Q 5.73
3	Malla electrosoldada	u	1.3	Q276.00	Q 358.80
4	Alambre de amarre	lb.	1.41	Q 4.10	Q 5.78
5	Bobedillas de 12 cm (ancho) x 5 cm (alto)	Unidad	112	Q 3.10	Q 347.20
6	Viguetas de 4 m de largo por 20 cm peralte	Unidad	7	Q 56.80	Q 397.60
7	Madera de pino rústico	pie- tabla	498	Q 3.00	Q 1,494.00
8	Concreto f'c 245 kg/cm2	m3	0.83	Q710.00	Q 589.30
Total de materiales				Q	3,612.18
TOTAL				Q	4,227.53

5.1.3 Losa-acero

La tabla XIV y XV, que se presenta a continuación la cuantificación del sistema de losa-acero.

Tabla XIV. Cuantificación sistema losa-acero 4x3 m

Mano de obra para sistema de losa-acero					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Paraleado y entarimado	m2	1.2	Q 10.18	Q 12.22
2	Colocado de losa-acero	m2	12	Q 9.01	Q 108.12
3	Tacos de concreto 2x2x2"	Unidad	30	Q 0.13	Q 3.90
4	Colocación de malla electrosoldada + bastones	m2	12	Q 5.00	Q 60.00
5	Fundición de losa con acabado (5 cm)	m2	12	Q 15.11	Q 181.32
6	Desentarimar	m2	1.2	Q 6.75	Q 8.10
Total mano de obra				Q	373.66
Materiales para sistema de losa-acero					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Hierro # 4 GRADO 60	quintal	0.35	Q257.00	Q 89.95
2	Malla electrosoldada 6x6-6/6	Unidad	1	Q276.00	Q 276.00
3	Alambre de amarre	lb.	2.28	Q 4.10	Q 9.35
4	Lámina de losa-acero cal. 22 unidades de 6 m	m2	12	Q 80.00	Q 960.00
5	Madera de pino rústico	pie- tabla	30	Q 3.00	Q 90.00
7	Concreto f'c 245 kg/cm2	m3	1.02	Q710.00	Q 724.20
Total de materiales				Q	2,149.50
TOTAL				Q	2,523.15

Tabla XV. Cuantificación sistema losa-acero 4x4 m

Mano de obra para sistema de losa-acero					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Paraleado y entarimado	m2	1.5	Q 10.18	Q 15.27
2	Armado de Viga con hierro No. 4	ml	24	Q 0.67	Q 16.08
3	Colocado de losa-acero	m2	16	Q 9.01	Q 144.16
4	Tacos de concreto 2x2x2"	Unidad	40	Q 0.13	Q 5.20
5	Colocación de malla electrosoldada	Unidad	1.3	Q 5.00	Q 6.50
6	Fundición de losa con acabado (5 cm)	m2	16	Q 15.11	Q 241.76
7	Desentarimar	m2	1.5	Q 6.75	Q 10.13
Total mano de obra				Q	439.10
Materiales para sistema de losa-acero					
No.	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Hierro # 4 GRADO 60	quintal	0.9	Q257.00	Q 231.30
2	Hierro # 3 GRADO 60	quintal	0.318	Q257.00	Q 81.73
3	Malla electrosoldada 6x6-6/6	Unidad	1.3	Q276.00	Q 358.80
4	Alambre de amarre	lb.	3.04	Q 4.10	Q 12.46
5	Lámina de losa-acero cal. 22 unidades de 6 m	m2	16	Q 80.00	Q 1,280.00
6	Madera de pino rústico	tabla	40	Q 3.00	Q 120.00
7	Concreto f'c 245 kg/cm2	m3	1.6	Q710.00	Q 1,136.00
Total de materiales				Q	3,220.29
TOTAL				Q	3,659.39

5.2 Comparación de ventajas y desventajas técnico económicas

Cada sistema analizado tiene sus ventajas y desventajas, las cuales dependen de factores de cada obra, diseño y disponibilidad de los materiales a ser utilizados en cada caso.

Lo anterior quiere decir que dependiendo, por ejemplo, en que región del país donde se construya, puede que la disponibilidad de viguetas de cierto tipo no esté disponible, y sea mejor hacer una losa densa.

También que en determinado proyecto se necesite un mayor avance, lo que daría la pauta para usar losa-acero.

Es decir, que este trabajo de graduación es una guía de lo que es cada sistema, sus materiales y cual es su costo en la ciudad de Guatemala. Tomando en cuenta que es importante evaluar, las características de cada sistema para elegir el más adecuado.

A continuación veremos los parámetros de comparación y las tendencias de las cuantificaciones de cada sistema.

5.2.1 Determinación de los parámetros de comparación

En lo que se refiera a la producción de un bien, influyen dos parámetros muy importantes, los cuales son, la mano de obra y la materia prima.

Este caso, la mano de obra para la construcción de los distintos sistemas y los materiales de construcción que serán utilizados para dicha construcción.

Como estos dos parámetros, tanto la mano de obra como los materiales de construcción, son parte esencial en cada sistema de losas, serán los que se usan para la comparación, ya que el análisis de cada uno de estos parámetros, en cada sistema, da como resultado un costo, el cual será el punto de comparación de cada sistema. Dejando siempre los factores administrativos a discreción de cada constructor.

5.2.2 Evaluación y determinación de factores técnico económicos de cada método constructivo analizado

En esta evaluación se observan varias características, las cuales darán una idea para desarrollar la cuantificación de cada parámetro en cada sistema constructivo. Para esta cuantificación se utilizó principalmente el índice proporcionado por la **Cámara Guatemalteca de la Construcción**, del segundo semestre del 2004, tanto de mano de obra como de materiales de construcción.

Este índice es actualizado semestralmente, por lo tanto es una herramienta muy utilizada por el gremio de la construcción para el cálculo de costos.

Figura 25. Cuantificación de mano de obra de cada sistema de losa. (Vigueta y bovedilla, losa densa y losa-acero) 4x3 m

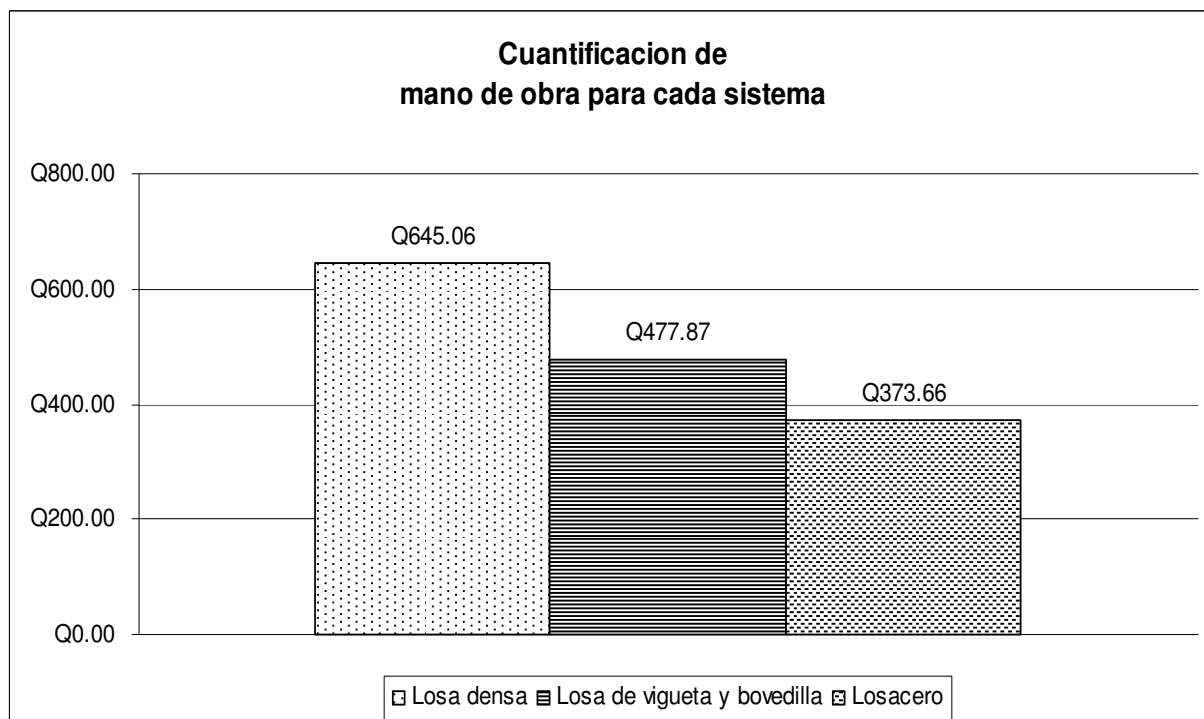
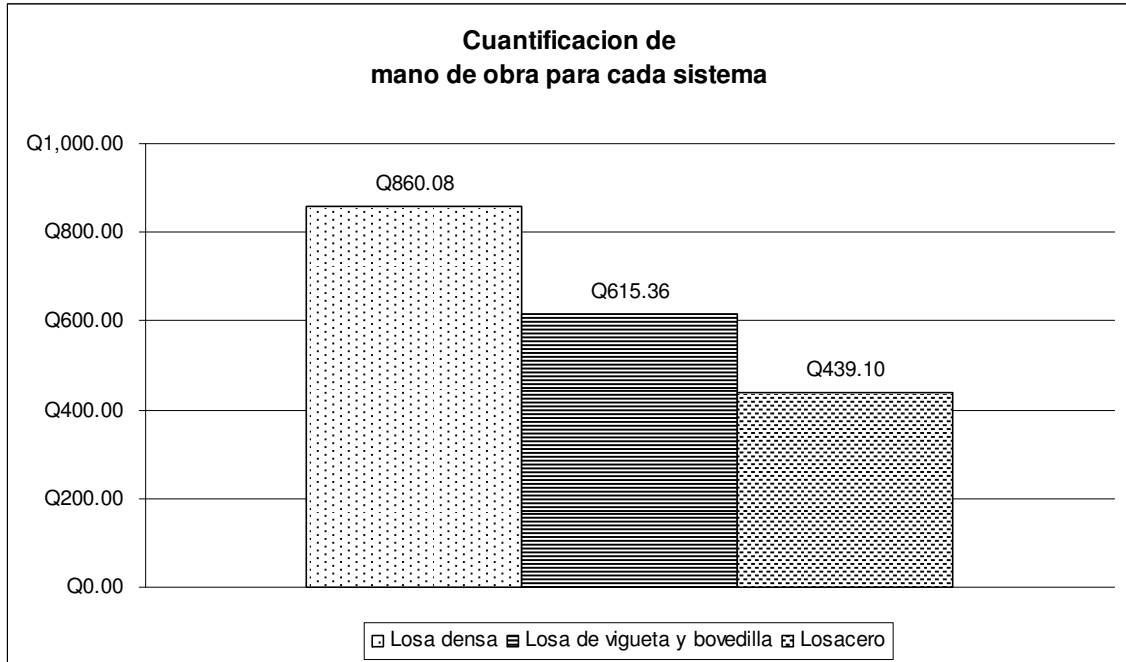


Figura 26. Cuantificación de mano de obra de cada sistema de losa (Vigueta y bovedilla, losa densa y losa-acero) de 4x4 m



En las figuras veinticinco y veintiséis se observa lo que es la mano de obra de cada sistema, en la cual se puede establecer que la mano de obra para el sistema de losa-acero es la de menor costo seguida por la del sistema de vigueta y bovedilla en la losa de 4x3 m y 4x4 m, y el sistema de losa densa queda por arriba de los dos.

Figura 27. Cuantificación de materiales de obra de cada sistema de losa. (Vigueta y bovedilla, losa densa y losa-acero) losa de 4x3 m

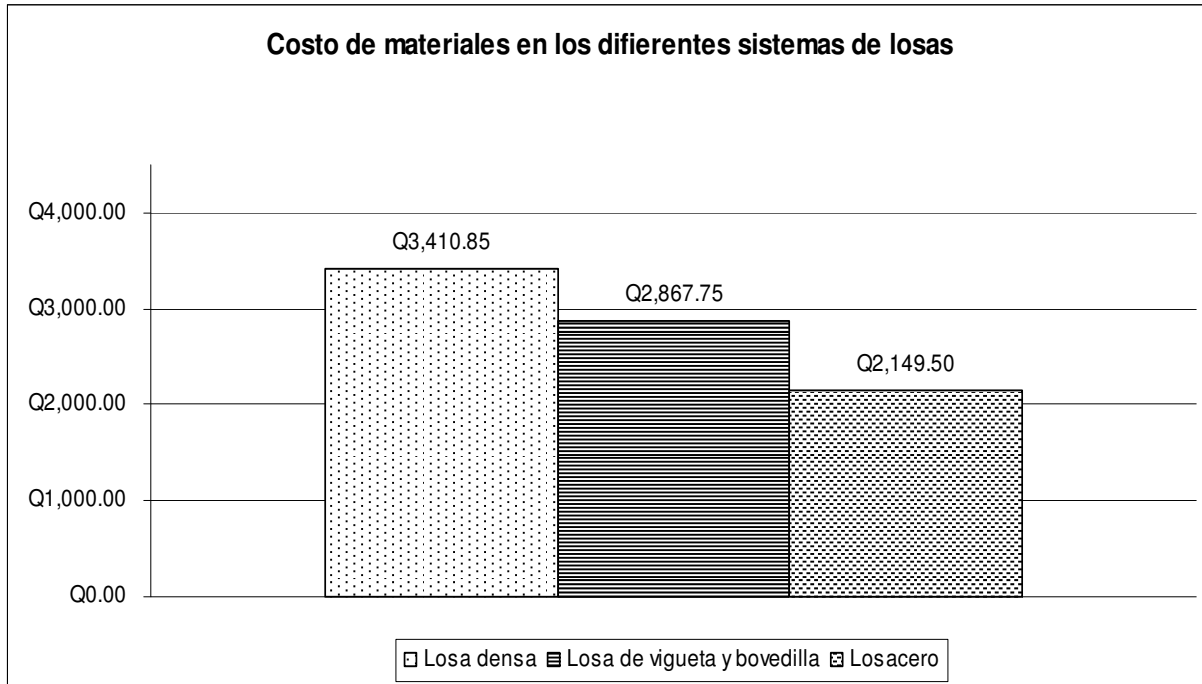
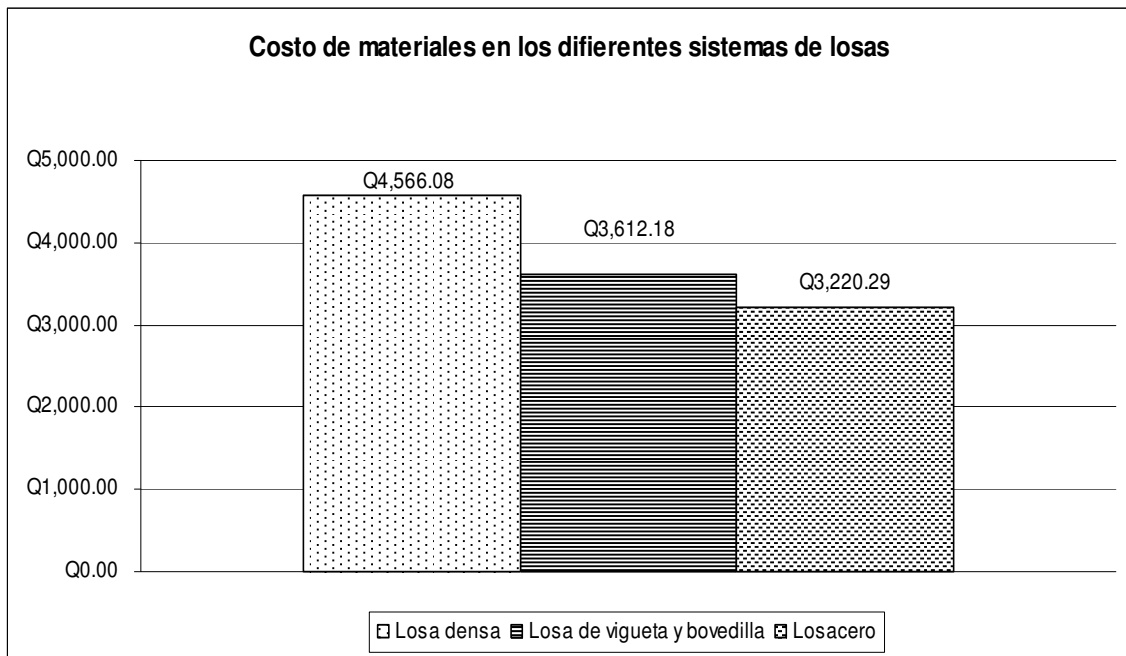


Figura 28. Cuantificación de materiales de obra de cada sistema de losa. (Vigueta y bovedilla, losa densa y losa-acero) losa de 4x4 m

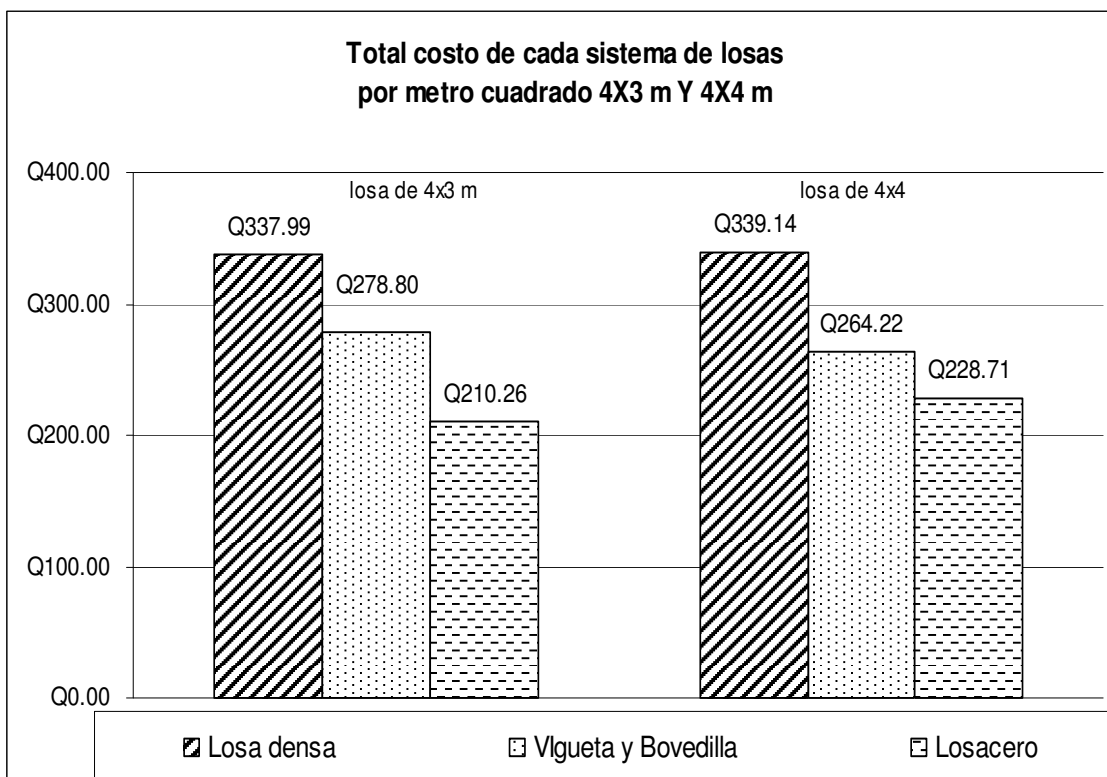


En la gráfica veintisiete y veintiocho se observa que, los materiales son el parámetro comparado, y en ella se establece que nuevamente losa-acero tiene el menor valor en la losa de 4x3 m., seguido por el sistema de vigueta y bovedilla, y la losa densa tiene el costo más alto de los materiales utilizados, lo cual se repite en la losa de 4x4 m. el sistema de losa-acero sigue por debajo del sistema de vigueta y bovedilla y losa densa. Y la losa de vigueta y bovedilla esta por debajo del sistema de losa densa.

Los materiales de construcción son lo más dinámicos en las comparaciones, ya que dependen de los costos de los fabricantes.

Tal es el caso del acero el cual en los últimos años a tenido un alza considerable debido a factores internacionales que afectan directamente su precio.

Figura 29. Comparación de costos/m² de los distintos sistemas de losas. (Vigueta y bovedilla, losa densa y losa-acero) losa de 4x4 m. y losa de 4x3 m



En la gráfica numero veintinueve se puede observar la cuantificación de los materiales de construcción y mano de obra integrados en una gráfica, la cual nos indica que el sistema de losa-acero, es el que presenta el menor costo/m² seguido por el sistema de vigueta y bovedilla y por último el sistema de losa densa.

Esto puede ser el punto de inicio a la hora de tomar una decisión sobre el sistema constructivo a seleccionar, siempre que se tomen en cuenta las características de cada sistema y la disponibilidad de los mismos. Así como las ventajas y desventajas en su diseño y en el montaje.

Tabla XVI. Costos/m² de los distintos sistemas de losas. (Vigueta y bovedilla, losa densa y losa-acero) losa de 4x4 m. y losa de 4x3 m

Tabla comparativa de costos / metro cuadrado			
Sistema de losa	Costo / metro cuadrado		
	Dimensiones		Promedio
	4x3 m.	4x4 m.	
Losa densa	Q 337.99	Q339.14	Q 338.56
Vigueta y bovedilla	Q 278.80	Q264.22	Q 271.51
Losa-acero	Q 210.26	Q228.71	Q 219.49

CONCLUSIONES

1. El sistema de losa-acero es el que menor costo presenta en la comparación seguido por el de vigueta y bovedilla y por último el de losa densa, tomando en cuenta que conforme aumento el área de la losas comparada, la ventaja de costo que tiene el sistema de losa-acero disminuyó su costo. Siendo el costo una de las características más importantes que se toman en cuenta a la hora de ejecutar un proyecto, esta comparación puede servir para tomar una decisión. Siempre que se tomen otras características de los distintos sistemas como lo son: el diseño, el tiempo y disponibilidad.
2. Hay ventajas y desventajas de cada sistema, que se presentaron en este trabajo, las cuales tienen que ser tomadas para elegir el sistema constructivo adecuado a la hora de su implementación en el mercado constructivo guatemalteco. Una de ellas es la mano de obra, ya que para cada sistema se tiene que tener el conocimiento para su implementación. Esto dado a que cada sistema presenta características que tienen que ser conocidas para no cometer errores a la hora del montaje de los distintos sistemas.
3. El área a ser cubierta por una losa, puede ser uno de los factores más importantes a la hora de la implementación de cualquiera de los sistemas analizados, como se pudo observar el sistema de losa-acero toma ligera ventaja comparado con el sistema de vigueta y bovedilla.

4. Uno de los factores determinantes a la hora de ejecutar un proyecto es la disponibilidad de madera, ya que se puede observar que es uno de los factores que más interfieren en el costo. Por lo que la disponibilidad del mismo es algo muy importante a la hora de tomar una decisión entre cada sistema.

RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta las características de los diferentes elementos que se utilizan en cada sistema es muy importante, ya que cada sistema tiene que ser utilizado adecuadamente y siguiendo las normas y parámetros que rigen la construcción en Guatemala.
2. Conocer qué ventajas estructurales tiene cada sistema también es importante a la hora de la construcción, ya que estas características pueden influir a la hora de la decisión sobre cual sistema es el más adecuado.
3. Es importante conocer los distintos sistemas constructivos, 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.
4. La disponibilidad de los materiales para cada sistema es de gran importancia ya que para este trabajo, se tomó en cuenta una disponibilidad de los mismos para la región metropolitana del departamento de Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. **American Steel Construction and Design**, Última edición.
2. **Building Code of American Concrete Institute**, Sección 3, 2002.
3. **Índice de precios de mano de obra y materiales de construcción**.
Cámara de la Construcción Guatemalteca, segundo semestre 2004.
4. Leonhardt, Frites. **Estructuras de Hormigón Armado**, Editorial El Ateneo, 1985.
5. Llopiz, Carlos Ricardo. **Losas de hormigón armado**, Editorial Diana, Septiembre 2001.
6. **Manual técnico de metaldeck**, ACESCO, segunda edición, Impreso en Barranquilla, Colombia 2001.
7. **Manual Técnico Constructivo**, Losatec, 2002.
8. Nilson, Arthur H. **Diseño de estructuras de concreto**, Editorial McGraw-Hill. Impreso en Colombia. 1997.
9. Suárez Salazar, Carlos, **Costos y tiempo en edificaciones**, Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F. 2001.