

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

**ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS SISTEMAS DE ENTREPISOS MÁS
UTILIZADOS EN COLOMBIA**



JORGE ELIECER AVILA BELTRAN

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2016

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

**ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS SISTEMAS DE ENTREPISOS MÁS
UTILIZADOS EN COLOMBIA**

GRUPO DE INVESTIGACION: ESCOMPAT

LINEA DE INVESTIGACION: LA OPTIMIZACION ESTRUCTURAL

DOCENTE INVESTIGADOR:

ARNOLDO BERROCAL OLAVE

AUXILIAR DE LA INVESTIGACION

JORGE ELIECER AVILA BELTRAN

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2016

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

Cartagena de indias D. T. y C, 2 de abril de 2016.

Comité

INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE GRADO

Facultad de ingeniería

Programa de ingeniería civil

Cordial saludo,

Por medio de a presente, me remito a ustedes con el objeto de presentar el documento final de trabajo de grado titulado “**ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS SISTEMAS DE ENTREPISOS MÁS UTILIZADOS EN COLOMBIA**” para otorgar el título de ingeniero civil, elaborado por el estudiante JORGE ELIECER AVILA BELTRAN, a quien he asesorado durante la elaboración de la siguiente investigación.

Atentamente:

ARNOLDO BERROCAL OLAVE

Director del proyecto de grado

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma de jurado

JAIRO JOSE ALVIS ALY

Firma de jurado

WALBERTO RIBERA MARTINEZ

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi madre que ha sido el motivo principal de impulso para terminar esta carrera y a todas las demás personas que de una u otra manera han sido participes en el proceso de forma directa o indirecta, gracias a su esfuerzo y a sus ganas de que saliera adelante hoy todo lo que soy y lo que he aprendido ha sido gracias a ella.

JORGE ELIECER AVILA BELTRAN

AGRADECIMIENTOS

A mis familiares y amigos que confiaron y creyeron en mí y han contribuido a que este logro pudiera convertirse en una realidad.

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN.....	11
2	INTRODUCCION	14
3	MARCO DE REFERENCIA	16
3.1	MARCO TEÓRICO	16
3.1.1	Criterios de selección	19
3.1.2	Losas armadas en dos direcciones.....	28
3.1.3	Lámina colaborante (steel deck)	32
3.1.4	Reticular celular	35
3.1.5	Pórticos losa columna	39
3.1.6	Conceptos generales sobre costos	41
3.2	ESTADO DEL ARTE	48
3.2.1	Proyecto consultado 1	49
3.2.2	Proyecto consultado 2	51
3.2.3	Proyecto consultado 3	56
3.2.4	Proyecto consultado 4	58
3.2.5	Proyecto consultado 5	59
3.2.6	Proyecto consultado 6	61
4	OBJETIVOS Y ALCANCE.....	65
4.1	OBJETIVO GENERAL	65
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	65
4.3	ALCANCE	65
5	METODOLOGIA	69
5.1	TIPO DE INVESTIGACION.....	69
5.2	TECNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACION	69
5.3	TECNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACION	80
5.3.1	Análisis cuantitativo.....	80
5.3.2	Análisis de costos.....	80
6	RESULTADOS.....	81
6.1	DERIVAS.....	82
6.2	CUANTÍAS DE CONCRETO Y ACERO POR METRO CUADRADO	87
6.3	COSTOS E INDICADORES	92

Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia

7	CONCLUSIONES	96
8	RECOMENDACIONES	98
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
10	ANEXOS	102
10.1	DESPIECES TÍPICOS DE VIGAS	102
10.2	DESPIECES TÍPICOS DE SECCIONES PARA COLUMNAS.....	103
10.3	DESPIECE DE LOSAS	104
10.4	FORMATOS APU MATERIALES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Espesores mínimos de losa en 1 dirección.....	21
Tabla 2. Tabla modelo empleada por los fabricantes de láminas acanaladas	24
Tabla 3. Avalúo de cargas	75
Tabla 4. Resumen de volúmenes de concreto para cada sistema de losa.....	78
Tabla 5. Resumen de cantidades de acero para cada sistema de losa	78
Tabla 6. Cantidad de aligerante en % por metro cuadrado de losa	79
Tabla 7. Índices generales	95

LISTA DE FIGURAS

fig. 1. Tipos de losas	18
fig. 2. Espesores de losas según su luz y tipo.....	19
fig. 3 tipos de losas.....	20
fig. 4 Esquema para tipos de apoyo de losa	22
fig. 5 Plata de las láminas acanaladas sobre los elementos de apoyo	23
fig. 6 losas en una dirección.....	24
fig. 7 características geométricas de las losas nervadas y aligeradas.....	27
fig. 8 losas en dos direcciones.....	28
fig. 9 franjas de diseño	29
fig. 10 ejemplo de forjado colaborante	32
fig. 11 remate en banos	33
fig. 12 viga mixta	34
fig. 13 pilares mixtos.....	34
fig. 14 secciones típicas de losas reticulares	35
fig. 15 ejemplo de armadura (b).....	38
fig. 16 ejemplo armado (c).....	39
fig. 17 pórtico equivalente.....	40
fig. 18 secciones para calcular rigideces	40
fig. 19 diagrama de selección.....	68
Fig. 20 Planta típica del proyecto.....	71
fig. 21. Modelo 3D de la estructura base inicial	72
fig. 22. Planta sistema losa maciza en una dirección	73
fig. 23. Planta sistema de losa maciza en dos direcciones	73
fig. 24. Planta sistema de losa nervada en una dirección	73
fig. 25. Planta sistema de losa nervada en dos direcciones	74
fig. 26. Planta sistema losa columna	74
fig. 27. Planta sistema de losa reticular celulado	74
fig. 28. Planta sistema de losa steel deck	75
fig. 29. Espectro elástico de aceleraciones.....	76
fig. 30. Combinaciones de diseño establecidas por la norma NSR-10	77

1 RESUMEN

TITULO

ANALISIS DE COSTOS DE LOS SISTEMAS DE ENTREPISO MÁS UTILIZADOS EN COLOMBIA

El objetivo principal de este proyecto es determinar, a través de un análisis de costos de los diferentes tipos de entrepiso (losas) más utilizados en Colombia, cuál será el sistema de entrepiso más eficiente y económico a implementar en una edificación representativa con una altura máxima de 15 metros.

Para llevar a cabo este proyecto se ha dividido en cinco fases que se describen a continuación:

La fase uno consiste en una revisión bibliográfica donde se deberá realizar una búsqueda general de todos los sitios donde se pueda encontrar información referente al tema de investigación, como primera fuente de información se tendrán las bases de datos de la universidad de Cartagena donde se encontrarán artículos científicos relacionados con el tema, libros de diseño estructural y análisis de costos, además de muchos otros documentos que se pueden encontrar en la internet, con el fin de estructurar un marco teórico que permita fundamentar la investigación planteada.

En la fase dos que es la etapa de planificación y diseño se tomará un edificio base representativo de cinco niveles con una planta típica, se estudiara el caso particular de una estructura aporricada de concreto reforzado con capacidad mínima de disipación de energía (DMI), se realizarán los diseños estructurales basados en que la edificación estará en una zona de amenaza sísmica baja como la que se presenta en la ciudad de Cartagena, luego se le implementará a toda la edificación cada uno de los diferentes sistemas de entrepiso (por separado) a los que se realizará su diseño y el posterior análisis de costos para así definir cuál de ellos es el más económico.

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

En la fase de realización del proyecto se modelarán cada uno de los sistemas utilizando el software de diseño ETABS versión 15.0.0 que es un programa de análisis y diseño de edificaciones que desde hace más de 30 años ha estado en continuo desarrollo, para brindarle al ingeniero civil una herramienta confiable, sofisticada y fácil de usar.

En la fase preliminar de los análisis e interpretación de resultados en general, corresponde al estudio de los resultados obtenidos por medio de la metodología planteada de diseño de los diferentes sistemas de entrepiso seleccionados por el investigador con relación al enfoque metodológico adoptado en la misma.

Y finalmente la comunicación de los resultados para permitir que se critiquen y con ello se enriquezca nuestra colaboración al saber científico.

ABSTRACT

The main objective of this project is to determine, through a cost analysis of different types of mezzanine (slabs) most used in Colombia, which is the system more efficient and economical to implement in a representative building with a maximum height mezzanine of 15 meters.

To carry out this project has been divided into five phases described below:

Phase one consists of a literature review where you must make a general search of all sites can find information related to research, as a first source of information databases of the University of Cartagena where you will find will have items related scientific subject, books structural design and cost analysis, and many other documents can be found on the internet, in order to structure a theoretical framework to support the proposed investigation.

In phase two is the stage of planning and designing a representative basis of five levels with a typical plant building is taken, the particular case of a frame structure of reinforced concrete with a minimum capacity of energy dissipation (DMI) is studied, is undertake structural designs based on which the building is in an area of low seismic hazard as it is presented in the city of Cartagena, then you implement the whole building each of the different systems mezzanine (separately) to the which will take its design and subsequent cost analysis in order to define which of them is the most economical.

In the implementation phase of the project were modeled each using design software ETABS version 15.0.0 which is a program of analysis and design of buildings that for more than 30 years has been in continuous development systems to provide the civil engineer a reliable, sophisticated and easy to use tool.

In the preliminary phase of analysis I've interpretation of results generally corresponds to the study of the results obtained by the methodology proposed design of the different systems mezzanine selected by the researcher in relation to the methodological approach adopted in it.

And finally the communication of results to allow them to criticize and thus our collaboration to enrich scientific knowledge.

2 INTRODUCCION

Actualmente en la industria de la construcción es necesario adelantarse a los hechos para poder hacer frente a las dificultades e ir tomando las medidas necesarias para resolver problemas potenciales, es por esto que los análisis de costos tienen una gran importancia en la dirección de una obra como apoyo para tomar las más acertadas decisiones, por medio de las cuales se alcanzarán eficientemente los objetivos.

Los análisis de costos muestran anticipadamente los ingresos, gastos y la situación financiera de la constructora en algún punto futuro en el tiempo. La predicción sistemática ayuda a la función de control principalmente en dos aspectos:

- ❖ Primero, al mostrar los resultados que se obtendrán si se ponen en práctica los planes.
- ❖ Segundo, permiten evaluar el rendimiento, indicando las áreas que requieran atención o acción correctiva.

En el uso común que se le da a los análisis de costos, se entiende como un plan integrador y coordinado, expresado en términos financieros, de las operaciones y recursos de una entidad.

El análisis de costos es integrador porque toma en cuenta todas las áreas y actividades de la obra como un todo, de tal modo que va a contribuir con el objetivo global de la misma. El análisis de costos comprenderá las operaciones que son las actividades propias que realiza la constructora, las cuales se van a traducir en los ingresos que se obtendrán, así como todos los gastos que se van a generar. (Ruiz Villafaña., 2011)

Por tanto en la siguiente investigación se referirá al tema de análisis de costos de sistemas de entrepiso para edificaciones con sistema estructural de pórticos losa-columna resistente a momentos de concreto reforzado, con capacidad mínima de disipación de energía (DMI) en zonas de amenaza sísmica baja con una altura máxima de 15 metros.

La característica principal de este análisis es que existe en el mercado una variedad de sistemas de entrepiso que se pueden implementar y cada uno de ellos posee costos diferentes.

La investigación de esta problemática se realizará por el interés de conocer cuál es el sistema de entrepiso óptimo a implementar desde el punto de vista económico con el fin de reducir los costos de construcción y el tiempo de ejecución de la obra.

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

Este trabajo de investigación fue realizado con anterioridad en el año 2008, cumpliendo con las exigencias de la norma NSR-98 y los costos que presentaban los materiales en ese momento. Debido a la actualización de la norma a NSR-10 y la implementación de nuevos materiales para la construcción se hace necesario actualizar dicho análisis de costos.

Se analizará, a modo de ejemplo, un edificio de 15 metros de altura, utilizando el criterio de resistencia última como método de diseño, de acuerdo a lo estipulado en la Norma NSR-10 para el diseño sísmico de edificios, este proyecto pertenece a la línea de investigación de optimización estructural y el proceso de investigación se desarrollará con los lineamientos establecidos en área de estructuras y construcciones civiles del programa de Ingeniería Civil.

3 MARCO DE REFERENCIA

En esta primera parte se definirán las teorías con las cuales se abordará el estudio, este trabajo de investigación pertenece a una serie de modelos de análisis de costos previamente realizados a otros tipos de elementos y estructuras que sirven como guía para enmarcar la presente investigación.

En particular este proyecto de investigación que lleva como nombre “ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENTREPISO MÁS UTILIZADOS EN COLOMBIA”, se ha realizado con anterioridad en la universidad de Cartagena, en esa primera investigación que lleva como nombre “INCIDENCIA DEL USO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE LOSAS EN EL COSTO FINAL DE LA EDIFICACIÓN”, fue realizada en el año 2008 tomando como base los parámetros establecidos en la norma NSR-98. En la actualidad estamos al final del segundo semestre del año 2016 y desde aquella primera investigación ha habido muchos avances en la ingeniería civil, como nuevos materiales para la construcción, nuevos métodos de diseño y la actualización de la norma NSR-98 a la NSR-10.

Desde este punto de vista se hace necesario un estudio completamente nuevo sobre cómo han cambiado los diseños de las estructuras y los precios de los materiales para la construcción, y finalmente teniendo en cuenta todas estas actualizaciones hay que definir cómo influyen estas en el costo final de una edificación en Colombia.

De esta forma, puede haber diferentes ideas, inversiones, tecnología y metodología con un diferente enfoque, pero todas ellas destinadas a resolver las necesidades del ser humano en todas sus facetas.

3.1 MARCO TEÓRICO

Una obra de construcción es un proceso productivo durante el cual se colocan, ensamblan o transforman materiales u otros productos terminados hasta obtener un producto, edificio u obra civil, previamente definido en planos, con especificaciones determinadas.

Los costos de este proceso provienen de los pagos que se efectúan para:

- ❖ Construir cada elemento definido en los planos y especificaciones
- ❖ Administrar y coordinar el proceso

- ❖ Implantar la obra en su medio ambiente legal y profesional
- ❖ Comercializar el resultado, cuando sea del caso

Estos cuatro tipos de costos, que se denominarán en su orden costos directos, gastos generales, costos indirectos y costos comerciales, no solo definen grandes segmentos de una obra y el alcance que puede tener un presupuesto sino que, además, tiene formas distintas de calcularse porque cada uno incluye compras de diferente índole.

- a) **Costos directos:** compra de materiales y productos manufacturados. Utilización de personas y equipos para realizar labores de colocación, transporte, transformación o ensamble de aquellos.
- b) **Gastos generales:** sueldos u honorarios de profesionales que coordinen y dirijan el proceso de construcción. Instalaciones, equipos y personal auxiliar que permitan desarrollarlo adecuadamente.
- c) **Costos indirectos:** elaboración de diseños o estudios técnicos. Derechos de conexión a las redes de servicios públicos. Impuestos asociados con la actividad constructora.
- d) **Costos comerciales:** intereses del capital y costos asociados. Comisiones y costos relacionados con las ventas. Administración y gerencia del proyecto completo. (consuegra, 2002)

Las losas son elementos estructurales horizontales cuyas dimensiones en planta son relativamente grandes en comparación con su espesor, donde las cargas se aplican perpendiculares a su plano, por lo tanto la deformación es similar a la de una viga con la diferencia de poseer curvatura en las dos direcciones según la relación en las dimensiones de la placa. Se emplean para proporcionar superficies planas y útiles. Las losas separan horizontalmente el espacio vertical conformando diferentes niveles y constituyen a su vez, el piso de uno de ellos y el techo del otro.

La losa es el principal sostén para las personas, elementos, maquinarias que puedan desarrollar de forma segura todas las actividades y a veces de contribuir a la estabilidad de los edificios. Es el elemento que recibe directamente la carga.

Las losas de entrepisos y techos, aparte de su función estructural cumplen con otras funciones tales como: control ambiental, seguridad e instalaciones, pavimentos o pisos. Por lo tanto la losa

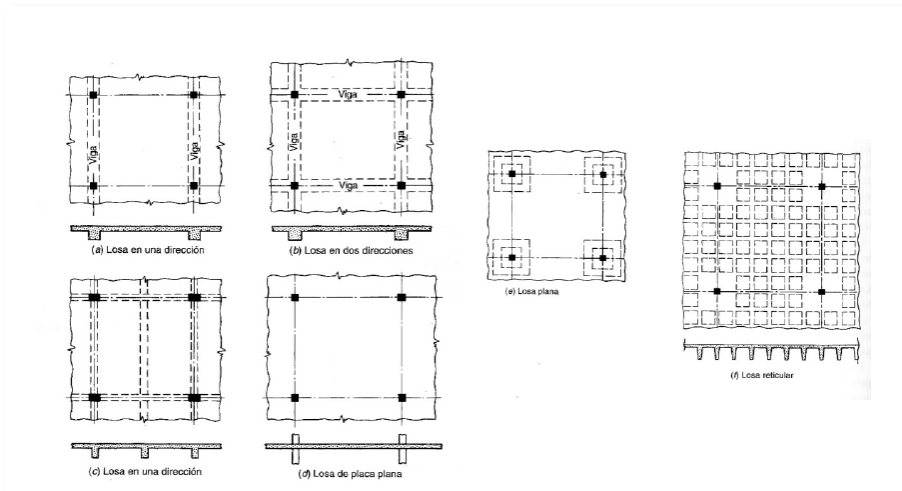
acabada, está formada por la estructura, pavimento, capa aislante, cielo falso o cielo raso. (Avalos, 1998; Cuevas y Robles, 1997; Mendez, 1991; Nilson y Winter, 1994).

Tipos: La clasificación realizada sobre las losas se realiza según varios criterios: distribución del refuerzo, forma estructural, composición, apoyos y construcción.

- ❖ Según la distribución del refuerzo: reforzada una dirección, reforzada en dos direcciones.
- ❖ Según su forma estructural: Plana, Reticular, Nervada, Vigas profundas, Vigas realzadas.
- ❖ Según su composición: Maciza, Nervada, (Casetón, Fibra de vidrio, Metálico, Combinación de bloques de madera, Madera recuperable o no recuperable, Poliestireno expandido).
- ❖ Lámina acanalada de acero (steel deck).
- ❖ Según los apoyos: Sobre muros, Sobre columnas.
- ❖ Según su construcción: Vaciadas “in situ”, Prefabricadas (Losa TT, Vigas T, Vigueta y bovedilla, Spancrete, Siporex)

(Avalos, 1998; McCormac, 1996; Mendez, 1991)

fig. 1. Tipos de losas

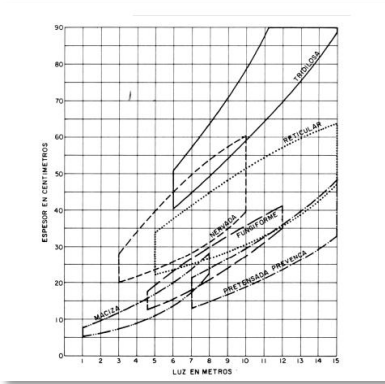


Fuente: Diseño de estructuras de concreto Nilson, A. y Winter, G.

3.1.1 Criterios de selección

Entre los factores que influyen para seleccionar un tipo de losa están: cargas a soportar, luces, seguridad contra incendio, aislamiento térmico y acústico, peso propio del piso, aspecto inferior de la losa (liso o con nervios visibles), posibilidad de ubicación de conductos, tuberías, alambrado, mantenimiento, tiempo de construcción, altura permisible del piso, estabilidad, deflexiones mínimas y economía.

fig. 2. Espesores de losas según su luz y tipo



Fuente: manual para proyectos de estructuras de concreto armado por Arnal, E. y Epelboim, S.

De estos factores, la longitud y cargas son los más influyentes en la selección. La resistencia se considera como la posibilidad de soportar cargas sin deformaciones excesivas, además se debe considerar las implicaciones arquitectónicas. La Figura 3, indica una relación entre espesores y luces para diferentes tipos de losas con fines comparativos, aunque las ecuaciones que se indican posteriormente, corresponden al método más empleado en el diseño estructural (Arnal y Epelboim, 1985; Avalos, 1998; McCormac, 1996).

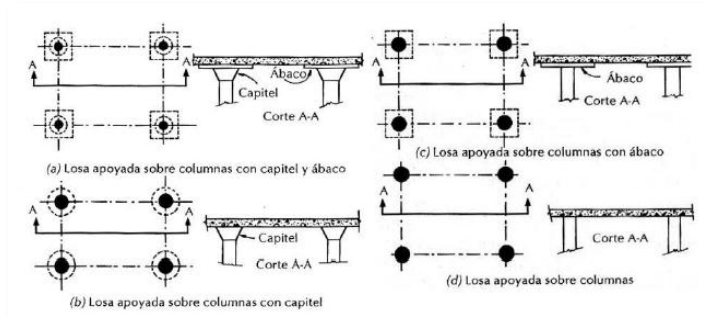
3.1.1.1 Espesor mínimo

Para establecer el espesor mínimo de losa se emplea el criterio de rigidez, para garantizar deflexiones que no exceden la permisible, ya que este es el factor que por lo general rige el diseño de losas. A continuación se indica los espesores mínimos para losas planas, macizas, nervadas, reticulares y lámina colaborante de acero.

3.1.1.2 Losas planas

Losas que no incluyen vigas, se utilizan cuando las longitudes no son muy largas y las cargas no son muy pesadas. Una variante incorpora una región con un sobre espesor de losa en la vecindad de la columna denominado ábaco, otra variante emplea columnas con capitel que es una forma acampanada en la parte superior, la Figura 4 muestra estas variantes.

fig. 3 tipos de losas



Fuente: aspectos fundamentales del concreto reforzado por Gonzales, O. y Robles, F.

Las Ecuaciones 1 y 2 permiten establecer el espesor mínimo de la losa plana (González y Robles, 1997).

$$d_{min} = kl \left(1 - \frac{2c}{3l} \right) \quad (1)$$

Dónde:

$$\text{Losa sin ábaco } k = 0,00075^4 \sqrt{f_s w} \geq 0,025$$

$$\text{Losa con ábaco } k = 0,0006^4 \sqrt{f_s w} \geq 0,02$$

$$f_s = 0,60 f_y ;$$

f_y = esfuerzo de fluencia del acero.

w = carga de servicio; $w = CP + CV$;

l = luz mayor;

c = dimensión de la columna paralela a l

Tableros exteriores y losas aligeradas $d_{min} = 1,2d$

$$h_{min} = d_{min} + 3 \quad (2)$$

Dónde:

b_{min} =Espesor mínimo de losa plana.

b_{min} =13 cm losa sin ábaco;

b_{min} =10 cm losa con ábaco.

3.1.1.3 Losa maciza y nervada

Las losas macizas se construyen en los siguientes espesores: 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 25,26, 28 y 30 cm. Mientras que las losas nervadas se construyen en: 20, 25 y 30 cm y su uso más empleado es 20 cm para losas de techo sin acceso; 25 cm para techos con acceso o entrepisos y 30 cm para luces grandes en edificios públicos.

Para clasificarla según la dirección de armado, se establece la relación indicada en la Ecuación 3.

$$\frac{L_{MAYOR}}{l_{menor}} \begin{cases} > 2 \rightarrow 1 \text{ dirección} \\ < 2 \rightarrow 2 \text{ direcciones} \end{cases} \quad (3)$$

Tabla 1. Espesores mínimos de losa en 1 dirección

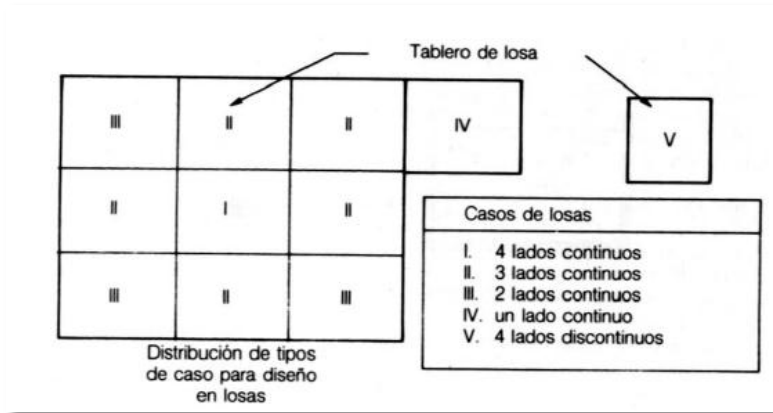
caso de losa	maciza	nervada
V 2 extremos discontinuos	l/20	l/16
II y III 1 extremo continuo	l/24	l/18,5
I 2 extremos continuos	l/28	l/21
IV voladizo	l/10	l/8

3.1.1.3.1 Espesor losa una dirección

Para establecer el espesor de la losa se aplica la Tabla 1 a cada panel de la losa y se escoge el mayor espesor obtenido. La Tabla 1 hace referencia a los casos de losas indicados en la Figura 5. Cabe destacar que la longitud a emplear debe ser la menor, por lo tanto, se recomienda en la etapa de diseño colocar la mayoría de las luces menores de cada panel en el mismo eje de la

planta de la edificación, ya que el armado de la losa se coloca en la menor longitud y debe ser continuo de un panel al siguiente.

fig. 4 Esquema para tipos de apoyo de losa



3.1.1.3.2 Espesor losa dos direcciones

El espesor de losa en dos direcciones no depende de las condiciones de apoyo, ni la composición. La Ecuación 4 establece el espesor mínimo para este tipo de losa, cabe destacar que el perímetro se refiere al de cada panel, por lo tanto el espesor debe ser el mayor de todos los espesores requeridos para cada panel.

$$e = \frac{\text{perimetro}}{180} \quad (4)$$

3.1.1.4 Losa reticular

Las losas reticulares son un tipo de losa nervada que emplea casetones para aligerar la losa, a diferencia con las que emplean bloques piñata, presenta huecos en la parte inferior que forman una retícula. El espesor de la losa depende del tamaño del casetón.

El espesor mínimo se determina según la Ecuación 1 si no posee vigas en el perímetro o mediante la Ecuación 4 para el caso contrario.

3.1.1.5 Lamina acanalada de acero (steel deck)

Las láminas acanaladas de acero o steel deck, en los últimos años han llegado a ser muy popular, sobre todo en edificios de oficina. El acero por lo general es galvanizado por lo que si queda expuesto puede dejarse tal como vino del fabricante.

En el caso de la steel deck, el procedimiento para determinar el tipo de lámina a emplear consiste en forma general en establecer la separación de los elementos de apoyo (correas) que es capaz de sostener las cargas de servicio (CP+CV) sobre la losa (Carga aplicada en la losa menor a la indicada en la tabla).

Cada fabricante proporciona una tabla donde indica la separación de los apoyos y la carga máxima que es capaz de soportar para dicha separación y calibre de placa. La Tabla 2 indica un modelo de la tabla proporcionada por el fabricante, donde se busca que el valor de carga máxima de la tabla sea ligeramente mayor al valor de la carga que se va a aplicar en el proyecto, luego para esta carga se determina el calibre y separación de los apoyos señalado en dicha tabla.

La Figura 6, representa la forma en que se coloca las láminas acanaladas sobre los apoyos o correas, destaca que la dirección es perpendicular a la de los apoyos y la separación de las correas es la de los apoyos, obtenida de la tabla del fabricante (tabla similar al modelo de la Tabla 2).

fig. 5 Plata de las láminas acanaladas sobre los elementos de apoyo

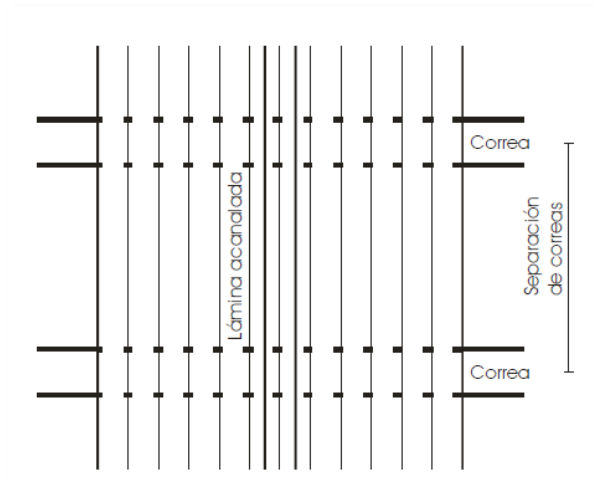


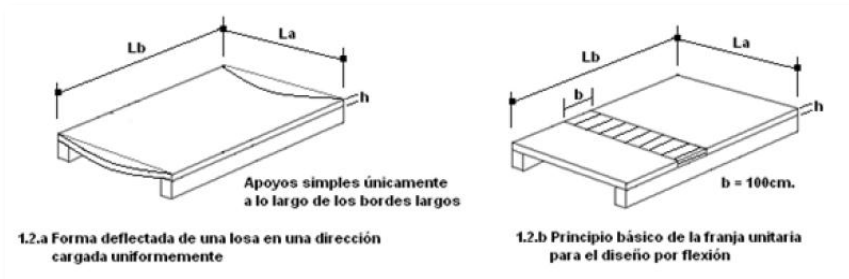
Tabla 2. Tabla modelo empleada por los fabricantes de láminas acanaladas

calibre	separación de apoyos en metros				
	1	1,5	2	...	Smax
calibre 1	carga 11	carga 12	carga 13	...	carga 1m
calibre 2	carga 21	carga 22	carga 23	...	carga 2m
...
calibre n	carga n1	carga n2	carga n3	...	carga nm

3.1.1.6 Losas armadas en una dirección

Las losas armadas en una dirección se caracterizan porque la relación entre las dimensiones de sus lados es mayor que dos, por lo que el elemento presenta una curvatura de deflexión más marcada en una dirección como se aprecia en la figura 5. El refuerzo principal se distribuye paralelo a la dirección donde se presenta la mayor curvatura. (medina , 2013)

fig. 6 losas en una dirección



Fuente: diseño de losas Nilson Arthur

Las losas en una dirección se comportan esencialmente como vigas. Puede considerarse que la losa es una viga cuyo ancho es la longitud del apoyo, o bien como se hace más frecuentemente, puede suponerse que la losa está formada por una serie de vigas paralelas e independientes de un metro de ancho que se flexionan uniformemente para el caso de las losas macizas, y viguetas en forma de T para losas aligeradas.

3.1.1.7 Losas macizas armadas en una dirección

Estas losas se usan en el diseño de escaleras o en entrepisos y cubiertas correspondientes a luces muy pequeñas ya que en luces considerables se generan altos costos, otro aspecto es que

aumentan en forma considerable la masa de la estructura. También son muy usadas para ubicar cargas concentradas como tanques de almacenamiento de agua potable. Para el análisis y diseño de este tipo de losas se usa el método de franja unitaria, en el cual se toma una franja de la losa como una viga y se diseña a flexión, siendo una viga de poco peralte con un ancho b , para el diseño supuesto unitario, de espesor h y altura efectiva d . En la norma NSR-10 en el título E.5 se proporcionan procedimientos simplificados para el dimensionamiento y cálculo de este tipo de losas.

3.1.1.7.1 Análisis y diseño

3.1.1.7.1.1 Para carga de gravedad distribuida.

Uso: Cuando la relación de luces es igual o mayor a dos.

Análisis: Se efectúa por el procedimiento de la Teoría Elástica, teniendo en cuenta la alternancia de cargas o el empleo de los coeficientes de la norma NSR-10 si cumple las limitaciones.

❖ Coeficientes de la NSR-10: Limitaciones

- Se tienen dos o más luces
- Luces aproximadamente iguales, la más larga de dos luces adyacentes no puede ser mayor que la más corta en más de 20%.
- Las cargas son uniformemente distribuidas.
- La carga viva unitaria no excede tres veces la carga muerta unitaria.
- Los elementos son prismáticos.

3.1.1.7.1.2 Aberturas en losas

Las losas suelen presentar aberturas para pases de ductos, tuberías, etc. A fin de evitar que la resistencia de la losa se vea afectada, se le provee de refuerzo adicional a su alrededor. Si las aberturas son muy grandes, es necesario colocar vigas en sus bordes.

Las varillas de acero que atraviesan la abertura se cortan y se colocan a su alrededor con la longitud de anclaje necesaria para desarrollar su esfuerzo de fluencia. En las esquinas de las

aberturas, tienden a formarse grietas diagonales. Para evitarlas se les coloca refuerzo inclinado. Este acero no debe ser de denominación menor que la del refuerzo principal de la losa. (serrano zelada , 2015)

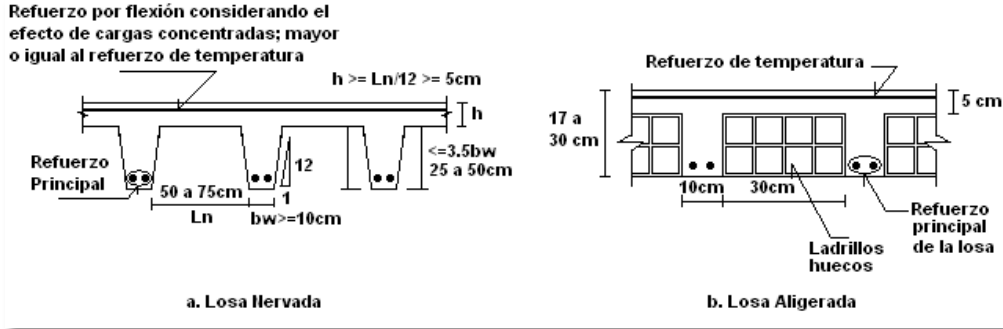
3.1.1.8 Losas nervadas armadas en una dirección

Las losas macizas, como ya se ha indicado, son diseñadas como vigas de ancho unitario. Este tipo de estructuras no son convenientes si se trata de salvar luces grandes, pues resultan muy pesadas y antieconómicas. Tienen poca rigidez y vibran demasiado. Debido a su poco peralte, requieren mucho refuerzo longitudinal y si el espesor se incrementa para disminuir la cantidad de acero e incrementar su rigidez, el peso propio aumenta considerablemente.

Las losas nervadas permiten salvar la situación anterior. Están constituidas por una serie de pequeñas vigas T, llamadas nervaduras o viguetas, unidas a través de una losa de igual espesor que es el ala de la viga. En la figura 7 se muestra la sección de una losa nervada en la que se aprecia que el refuerzo se concentra en el alma de las viguetas.

Las losas nervadas son más ligeras que las losas macizas de rigidez equivalente, lo que les permite ser más eficientes para cubrir luces grandes. Son elaboradas haciendo uso de encofrados metálicos. Si se prefiere una losa cuya superficie inferior sea uniforme se rellena los espacios vacíos con ladrillos huecos o materiales análogos. En este caso, la sección es similar a la mostrada en la figura 7. Este tipo de losas son más conocidas como losas aligeradas y son de uso muy común en edificaciones tanto grandes como pequeñas, pero sobretudo en estas últimas por el ahorro de concreto que se consigue. Las losas aligeradas no requieren el uso de encofrados metálicos pues el ladrillo actúa como encofrado lateral de las viguetas.

fig. 7 características geométricas de las losas nervadas y aligeradas



Fuente: diseño de losas

3.1.1.8.1 Disposiciones para losas nervadas

La norma NSR-10 y la NTE E.060 dan algunas recomendaciones acerca de las características geométricas de las losas nervadas o aligeradas que son el producto de las observaciones efectuadas en experiencias constructivas pasadas.

Entre ellas se tiene:

- ❖ Las losas nervadas consisten en una combinación monolítica de nervios o viguetas regularmente espaciados y una losa colocada en la parte superior que actúa en una dirección o en dos direcciones ortogonales
- ❖ El ancho de las nervaduras no debe ser menor de 100 mm y debe tener una altura no mayor de 3,5 veces su ancho mínimo.
- ❖ El espaciamiento libre entre las nervaduras no debe exceder de 750 mm.
- ❖ Las losas nervadas que no cumplan con las limitaciones anteriores deben diseñarse como losas y vigas comunes.
- ❖ El espesor de la losa no debe ser menor que $1/12$ de la distancia libre entre las nervaduras, ni menor de 50 mm.
- ❖ La losa debe llevar refuerzo perpendicular a los nervios diseñado para resistir la flexión, considerando las cargas concentradas si las hubiera, pero no menor que el que se estipula la Tabla 1.2.
- ❖ Cuando se requiera embeber ductos o tuberías en la losa, el espesor de ésta en cualquier punto deberá ser, como mínimo, 25 mm mayor que la altura total del ducto o tubería. Se

deberán considerar refuerzos o ensanches de los nervios o viguetas en caso que estos ductos o tuberías afecten a la resistencia del sistema.

- ❖ La resistencia a la fuerza cortante V_c proporcionada por el concreto de las nervaduras podrá ser considerada 10% mayor a la prevista. Adicionalmente, podrá incrementarse la resistencia al corte disponiendo armadura por corte o ensanchando los nervios o viguetas en las zonas críticas.

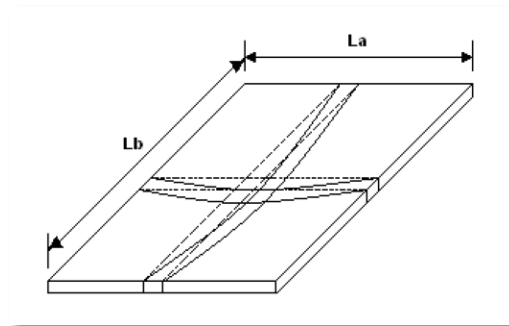
3.1.1.8.2 Análisis y diseño

Las losas aligeradas se calculan por vigueta.

3.1.2 Losas armadas en dos direcciones

Las losas armadas en dos direcciones son losas que transmiten las cargas aplicadas a través de flexión en dos sentidos figura 8. Este comportamiento se observa en losas en las cuales la relación entre su mayor y menor dimensión es menor que dos.

fig. 8 losas en dos direcciones



Fuente: diseño de losas

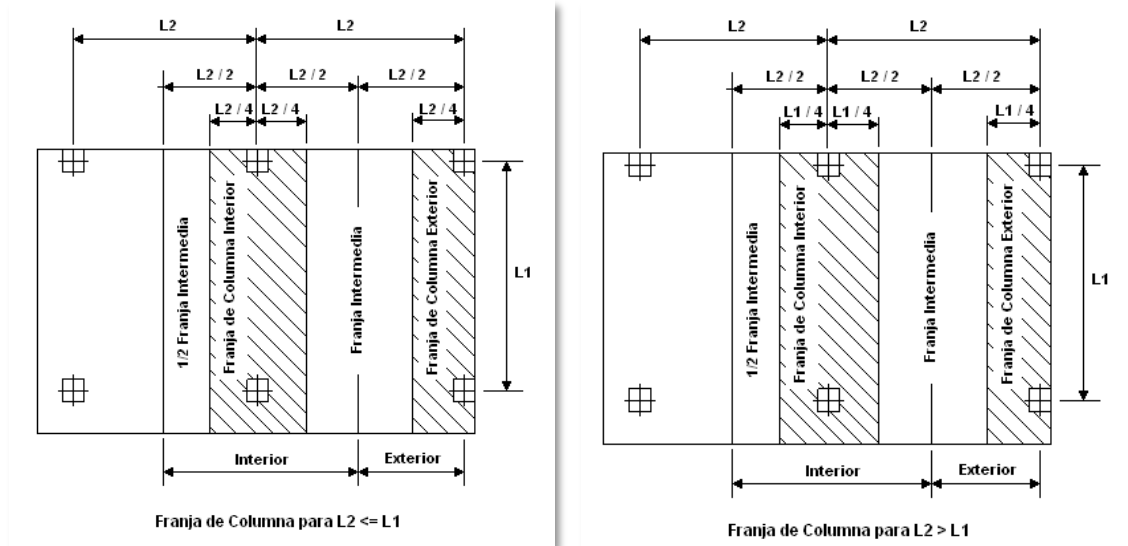
3.1.2.1 Criterios para el dimensionamiento de losas armadas en dos sentidos

3.1.2.1.1 Franja de diseño

Para analizar un sistema de losas en dos direcciones ya sea mediante el Método de Diseño Directo o mediante el Método del Pórtico Equivalente, el sistema de losas se divide en franjas de

diseño que consisten en una franja de columna y la mitad de una o dos franjas intermedias, como se ilustra en la figura 9.

fig. 9 franjas de diseño



Fuente: diseño de losas

3.1.2.1.2 Definición de las franjas de diseño

La franja de columna se define como una franja que tiene un ancho igual a la mitad de la luz transversal o longitudinal, cualquiera sea el valor que resulte menor. La franja intermedia es una franja limitada por dos franjas de columna. Sin embargo, para aplicar las definiciones dadas por la norma NSR-10 para franjas de columna en las cuales la luz es variable a lo largo de la franja de diseño, el diseñador debe aplicar su juicio profesional.

3.1.2.2 Método de los coeficientes de la NSR-10 para losas en dos direcciones

La determinación precisa de momentos en losas en dos direcciones, con varias condiciones de continuidad en los bordes soportados, es matemáticamente muy compleja y no es adecuada para la práctica de diseño. Por esta razón se han adoptado varios métodos simplificados para determinar momentos, cortantes y reacciones para este tipo de losas. Con respecto a la NSR-10, todos los sistemas de losas de concreto reforzado en dos direcciones que incluyen losas apoyadas

en los bordes, losas y placas planas, deben analizarse y diseñarse de acuerdo con un método unificado. Sin embargo, la complejidad de este método generalizado, en particular para sistemas que no cumplen los requisitos que permiten realizar el análisis mediante el "método de diseño directo" del Código actual, ha llevado a muchos ingenieros a continuar utilizando el método de diseño de la norma NSR-10 de para el caso especial de losas en dos direcciones, apoyadas en vigas de borde relativamente altas y rígidas, en los cuatro lados de cada uno de los paneles de la losa. Desde 1963 este método se utiliza en forma amplia para losas apoyadas en los bordes por muros, vigas de acero o vigas monolíticas de concreto, cuya altura total no sea menor que aproximadamente tres veces el espesor de la losa. Aunque no formó parte del Código ACI de 1977 o de versiones posteriores, se permite su uso continuo bajo la disposición del Código actual con relación a que un sistema de losa puede diseñarse utilizando cualquier procedimiento que satisfaga las condiciones de equilibrio y de compatibilidad geométrica, siempre y cuando se demuestre que la resistencia de diseño en cada sección es por lo menos igual a la resistencia requerida, y que se cumplen los requisitos de funcionalidad.

3.1.2.3 Método directo para losas en dos direcciones

Es un procedimiento simplificado que permite determinar los momentos de diseño de losas armadas en dos direcciones. Los elementos diseñados haciendo uso de este procedimiento satisfacen los requerimientos de resistencia de la estructura y también la mayor parte de las condiciones necesarias para un adecuado comportamiento bajo cargas de servicio. Este método compatibiliza la simplicidad de su procedimiento con los resultados obtenidos a través de procedimientos teóricos y las observaciones efectuadas a lo largo de los años en que se ha trabajado con este tipo de estructuras.

Este método se aplica en las dos direcciones de armado de la losa por separado. Para el análisis, esta se divide en secciones constituidas por una franja de columna y dos medias franjas centrales, una a cada lado. Estas porciones de losa son tratadas como vigas anchas y chatas y son analizadas independientemente una de la otra.

Este método consta básicamente de tres etapas:

- ❖ Determinación del momento estático total, M_o , igual a la suma del momento positivo al centro de la luz entre apoyos y la semisuma de los momentos negativos en ellos.
- ❖ Distribución del momento total estático entre los apoyos y el centro de la luz.
- ❖ Distribución de los momentos positivos en la franja de columna y las medias franjas centrales respectivamente.

3.1.2.3.1 Limitaciones del método

1. La losa debe contar como mínimo con tres paños en cada dirección.
2. Los paños deben ser rectangulares con una relación entre la mayor y menor dimensión centro a centro menor que 2.
3. Las luces centro a centro de paños adyacentes no deberán diferir en más de un tercio de la luz mayor de las dos.
4. Las columnas podrán desfasarse de su eje principal en no más de un 10% de la luz entre línea de centro de columnas sucesivas.
5. Todas las cargas aplicadas deberán ser de gravedad y uniformemente distribuidas en todo el paño. La carga viva deberá ser menor que dos veces la carga muerta. La alternancia de carga viva es prevista por el método.
6. En los paños apoyados en vigas en los cuatro lados, la rigidez relativa de las vigas en direcciones perpendiculares no será mayor que 5 ni menor que 0.2, es decir:

$$0,2 \leq \frac{\alpha_1 L_2^2}{\alpha_2 L_1^2} \leq 5$$

Dónde:

L1: Dimensión centro a centro del paño en la dirección de análisis.

L2: Dimensión centro a centro del paño en la dirección perpendicular al análisis

α_1 : Parámetro de relación de rigidez de viga a rigidez de losa, evaluado en la dirección L1.

α_2 : Parámetro de relación de rigidez de viga a rigidez de losa, evaluado en la dirección L2.

7. Al aplicar este método, no se permite redistribución de esfuerzos en los apoyos. Sin embargo, estos se pueden modificar hasta en un 10% siempre que se efectúe el ajuste necesario en el momento positivo para mantener inalterado el momento estático final. (serrano zelada , 2015)

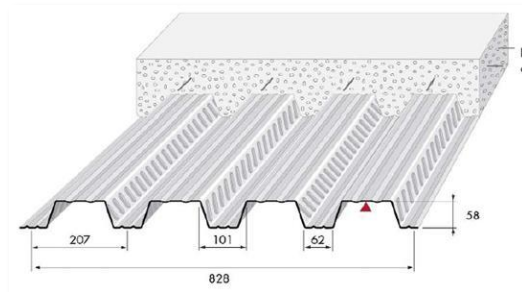
3.1.3 Lámina colaborante (steel deck)

Conexión de elementos de acero sometidos a tracción con elementos de hormigón trabajando a compresión. Por ejemplo, losa mixta conformada por una chapa de acero resistente cumpliendo la función de armadura inferior, sometida a la tracción y hormigón trabajando a compresión, vigas de acero trabajando en forma conjunta con una losa de hormigón, pilares mixtos cuya sección está conformada por perfiles de acero y el relleno de hormigón

3.1.3.1 Losa mixta

Se compone de una chapa de acero resistente (steel-deck) sobre la cual se vierte el hormigón fresco en cuya masa se coloca una malla de acero.

fig. 10 ejemplo de forjado colaborante



Fuente: universidad de la republica

La chapa cumple diferentes funciones: oficia de plataforma de trabajo para el montaje, se utiliza como encofrado, se comporta como una estructura propia durante el llenado, en la fase de construcción sirve para rigidizar y estabilizar la estructura. La función principal en el estado final es ejercer de armadura inferior sometida a la tracción de la losa de hormigón.

La losa se puede componer de un hormigón normal o aligerado. La malla de armadura evita la figuración por la retracción del hormigón durante el secado. Si bien la chapa oficia de armadura de flexión, en algunos casos se requieren refuerzos:

- ❖ En las losas continuas, además de contar con la malla de acero se puede necesitar también armadura superior para resistir momentos negativos en los apoyos.
- ❖ Armaduras adicionales en los bordes de los huecos (barras situadas en los valles de la chapa, de sección equivalente a la chapa interrumpida y barras transversales en la capa de compresión).
- ❖ Capa adicional de barras para mejorar el comportamiento frente al fuego.

Para la contención del hormigón durante el vertido se utilizan cantoneras en los remates perimetrales. Las mismas suelen ser perfiles angulares metálicos. Dichos elementos deben tener la adecuada resistencia en la fase del vertido del hormigón de manera que no se deformen así como para recibir las placas de anclaje de la fachada, que en algunos casos suele ser el muro cortina.

fig. 11 remate en banos



Fuente: estructuras mixtas de acero y hormigón

3.1.3.2 Viga mixta

Aquí el hormigón y el acero colaboran para resistir la flexión dentro de la misma sección, el hormigón colabora trabajando a compresión y el acero sometido a tracciones.

La viga puede estar conectada a una losa maciza de hormigón, a una losa nervada o una losa mixta propiamente dicha.

fig. 12 viga mixta



Fuente: constructalia.com

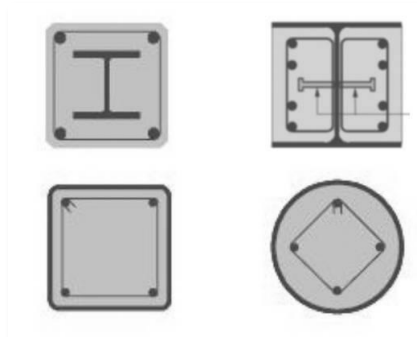
3.1.3.3 Pilares mixtos

En este caso se conjuga la capacidad resistente del acero con la del hormigón, logrando así mayor resistencia y esbeltez.

Podemos tener distintos tipos de secciones:

- Secciones embebidas (acero totalmente cubierto por el hormigón).
- Secciones rellenas de hormigón (hormigón totalmente cubierto por el acero, es el caso de los perfiles tubulares de acero que ofician de encofrado del hormigón).
- Secciones parcialmente embebidas (sección de acero cubierta parcialmente por hormigón).

fig. 13 pilares mixtos



Fuente: estructuras mixtas de acero y hormigón

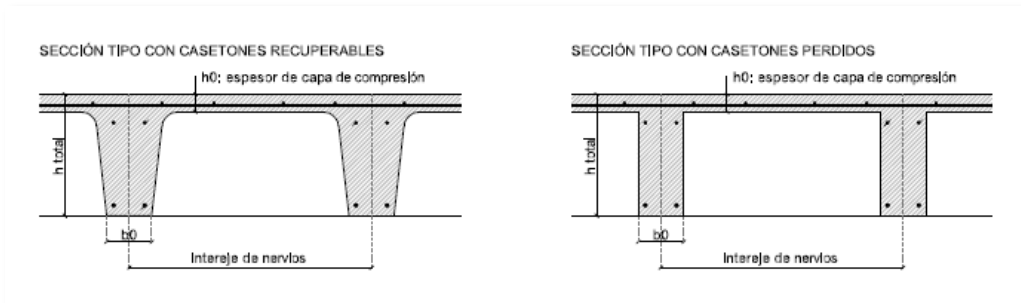
3.1.4 Reticular celular

Para el proyecto de los forjados reticulares de la estructura de un edificio cuyo dimensionado requiere definir el tipo de forjado (con casetones perdidos o recuperables), las dimensiones de la sección de hormigón (canto, ancho y separación de nervios, capa de compresión) y su armado longitudinal y transversal.

3.1.4.1 Consideraciones iniciales

Los forjados reticulares son losas planas sin vigas, compuestas por nervios en dos direcciones, que pueden construirse con moldes recuperables o con aligeramientos permanentes.

fig. 14 secciones típicas de losas reticulares



Fuente: universidad politécnica de Madrid

- ❖ Canto del forjado: En el caso de forjados aligerados sometidos a cargas habituales (carga muerta: 1-2 KN/m²; sobrecarga de uso: 2-3 KN/m²) se recomienda un canto $h \geq L/25$ con espesores de capa de compresión $h_0 \geq 50$ mm.
- ❖ Nervios: inicialmente, se adoptará un ancho mínimo $b_w \geq 120$ mm que será revisado a la vista de los requerimientos de Resistencia al fuego y del E.L.U esfuerzo cortante. La separación entre nervios estará comprendida entre 700 y 1000 mm.
- ❖ Macizados: en la zona que rodea a los soportes puede optarse por zonas macizadas del 15-18% de la luz, aproximadamente (lo que requerirá el armado de los nervios a cortante a la salida del macizado) o macizados de mayor extensión (25% de la luz, aproximadamente) lo

que puede que evite tener que armar los nervios con cercos a la salida del macizado, pero aumenta el consumo de hormigón y el peso del forjado.

- ❖ Se dispondrán macizados (vigas) en los bordes del forjado, en su perímetro exterior y en los huecos, de ancho no menor que el canto ni 250 mm.
- ❖ Recubrimiento de las armaduras (NSR-10 tabla C.7.5.2.1): el recubrimiento mínimo de las armaduras se indica en la norma NSR-10 tabla C.7.5.2.1 dependiendo de la clase de exposición definidas en NSR-10 tabla C.4.2. Puede tenerse en cuenta la contribución de los revestimientos, facilitándose criterios para el uso de morteros de revestimiento.
- ❖ Protección contra el fuego (NSR-10 C.7.7.8): se respetarán los valores mínimos de las dimensiones del forjado (Canto, ancho del nervio, espesor de la capa de compresión) y de los recubrimientos mecánicos de sus armaduras según NSR-10 Seguridad Incendios. teniendo en cuenta la Resistencia al fuego requerida en el proyecto. Deberá tomarse en consideración si los aligeramientos son permanentes o el forjado se construye con moldes recuperables, con el fin de evaluar la exposición del nervio a la acción del fuego desde el nivel inferior.

3.1.4.2 Análisis estructural (NSR-10 CR.21.2.4)

El análisis de estructuras formadas por soportes y forjados sin vigas (losas planas o forjados reticulares) puede llevarse a efecto mediante:

- ❖ Modelos de barras en tres dimensiones
- ❖ Emparrillados planos para modelizar el forjado, simulando las coacciones de apoyos producidas por los soportes
- ❖ Pórticos virtuales planos en las dos direcciones

En los dos primeros casos, la modelización completa del forjado permite la obtención de las solicitaciones en cada nervio para su posterior dimensionado.

En el caso del análisis por pórticos virtuales planos, aplicable cuando se cumplen ciertas condiciones geométricas de luces y alineaciones de soportes, se obtienen las solicitaciones de los forjados (vigas virtuales del pórtico) en cada dirección y, a continuación, se realiza una distribución de dichas solicitaciones entre los nervios.

3.1.4.2.1 Trazado de armaduras

En la página 35, se indican las longitudes mínimas del armado longitudinal de los nervios de un forjado reticular analizado por pórticos virtuales.

En la página 35, se representa un armado genérico de un forjado reticular que contempla las recomendaciones de la página 35 y 36 para la armadura longitudinal de los nervios y que incluye un posible armado a punzonamiento en la unión soporte/forjado y a cortante en la salida de los nervios del macizado

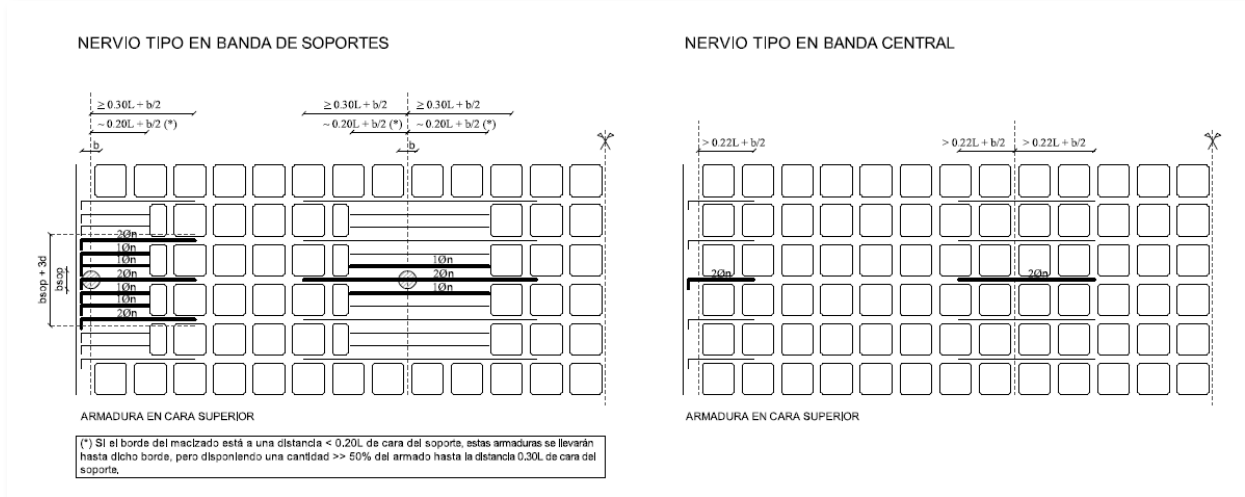
Se recomienda dimensionar la cara superior de los nervios en los macizados con cuatro redondos, que se distribuirán en planta dos sobre la prolongación del alma del nervio aligerado y dos entre los nervios. Además, debe disponerse un armado suplementario (ej. $2\phi 8$ por nervio) al armado de los nervios en la cara inferior de la zona macizada, para evitar la figuración.

Las vigas de borde deberán ser armadas de acuerdo con las solicitaciones (flexión, torsión, cortante) pero con armado no inferior a $4\phi 12$ y cercos $\phi 6/0.5d$.

La capa de compresión del forjado deberá armarse con mallas de igual cuantía en ambas direcciones (ej.: para $h_0 = 50$ mm puede disponerse una malla # $\phi 6/150$ mm). (documento EE4, 2009)

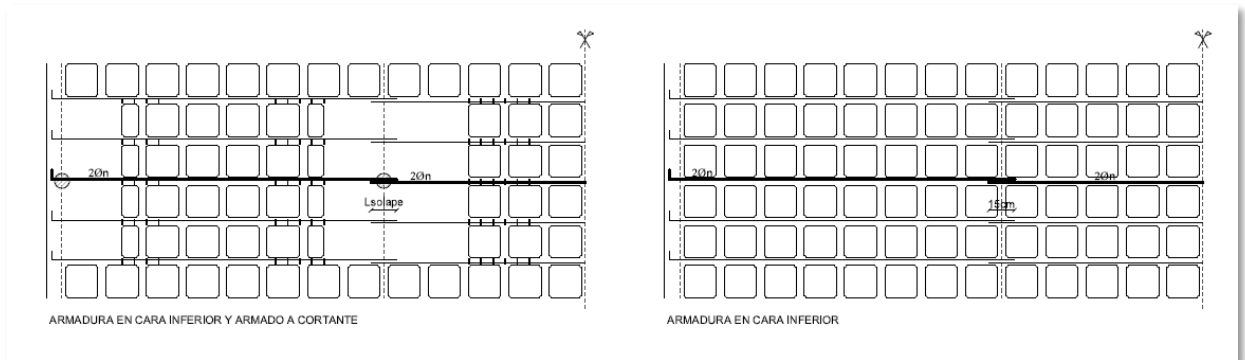
Ejemplo genérico de armado de un forjado reticular:

fig. 14 ejemplo de armado (a)



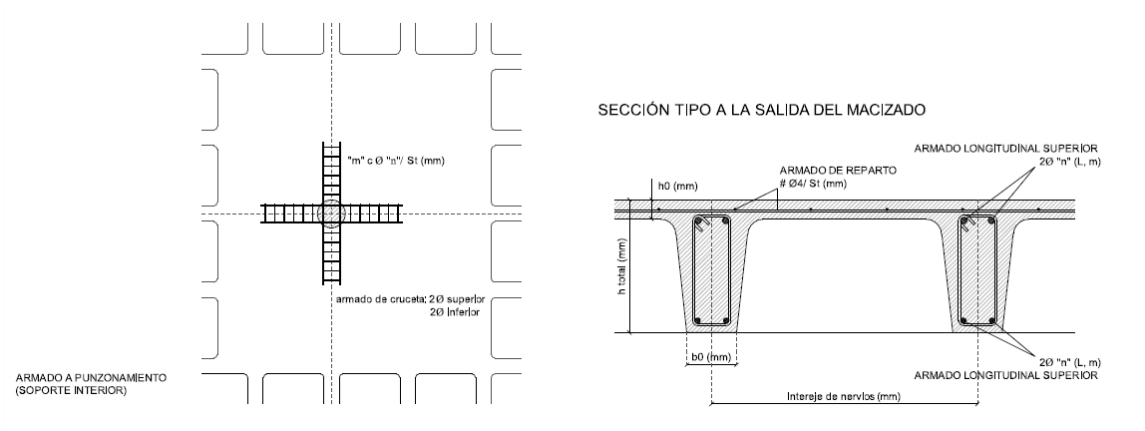
Fuente: universidad politécnica de Madrid

fig. 15 ejemplo de armadura (b)



Fuente: universidad politécnica de Madrid

fig. 16 ejemplo armado (c)



Fuente: universidad politécnica de Madrid

3.1.5 Pórticos losa columna

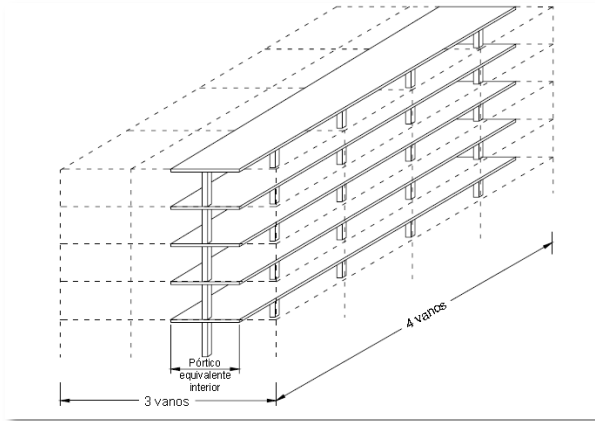
El Método del Pórtico Equivalente convierte un sistema aporticado tridimensional con losas en dos direcciones en una serie de pórticos bidimensionales (vigas placa y columnas), un sistema en el cual cada pórtico se extiende en la totalidad de la altura de la estructura, como se ilustra en la Figura 17. El ancho de cada pórtico equivalente se extiende hasta la mitad de la luz entre los centros de las columnas. El análisis completo del sistema de losas en dos direcciones consiste en analizar una serie de pórticos interiores y exteriores equivalentes que atraviesan la estructura transversal y longitudinalmente. Para cargas gravitatorias, las vigas placa en cada entepiso o cubierta (nivel) se pueden analizar de forma independiente, considerando empotrados los extremos más alejados de las columnas.

El análisis elástico mediante el Método del Pórtico Equivalente se aplica a estructuras en las cuales las columnas están dispuestas formando un patrón básicamente ortogonal, con hileras de columnas dispuestas en forma longitudinal y transversal.

El método de análisis se aplica a losas con o sin vigas entre apoyos.

El Método del Pórtico Equivalente se puede utilizar para analizar una estructura solicitada por cargas laterales, siempre que las rigideces de los elementos del pórtico se modifiquen para tomar en cuenta la figuración y otros factores relevantes.

fig. 17 pórtico equivalente

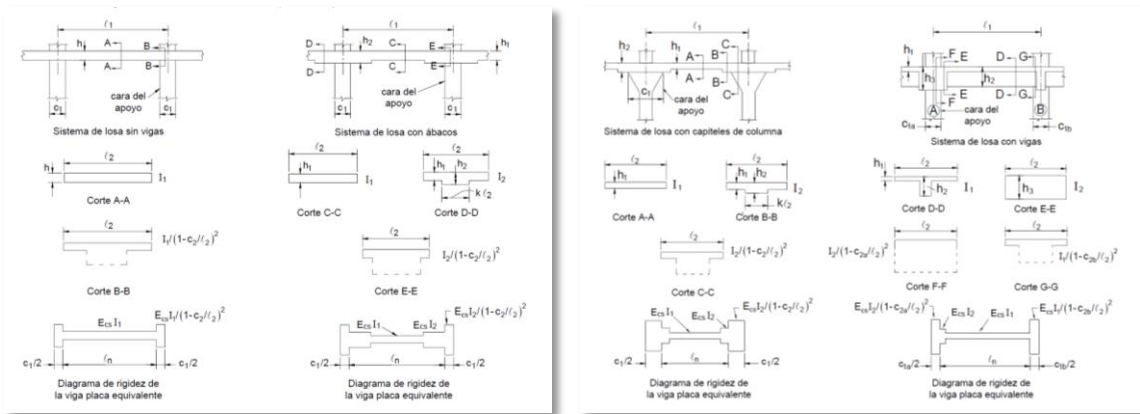


Fuente: modelo de pórtico equivalente

3.1.5.1 Vigas placa

En las Figuras 17 y 18 se ilustran algunos tipos habituales de sistemas de losas con y sin vigas entre sus apoyos. Para cada tipo se indican las secciones transversales usadas para determinar la rigidez de las vigas placa, entre los centros de los apoyos. Para el Método del Pórtico Equivalente se pueden usar los diagramas de rigidez de las vigas placa equivalentes para determinar las constantes de distribución de momentos y los momentos de los extremos empotrados. (inti , 2010)

fig. 18 secciones para calcular rigideces



Fuente: modelo de portico equivalente

3.1.6 Conceptos generales sobre costos

3.1.6.1 Introducción y generalidades de los costos

Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto, la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla, a cuyo fin se tomó como base la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante. La forma o el método para realizar esa determinación son diferentes según sea el objeto que se persiga con ella.

Cuando se trata únicamente de determinar si el costo de una obra guarda la debida relación con los beneficios que de ella se espera obtener, o bien si las disponibilidades existentes bastan para su ejecución, es suficiente hacer un presupuesto aproximado, tomando como base unidades mensurables en números redondos y precios unitarios que no estén muy detallados. Por el contrario, éste presupuesto aproximado no basta cuando el estudio se hace como base para financiar la obra, o cuando el constructor la estudia al preparar su proposición, entonces hay que detallar mucho en las unidades de medida y precios unitarios, tomando en cuenta para estos últimos no sólo el precio de los materiales y mano de obra, sino también las circunstancias especiales en que se haya de realizar la obra. Esto obliga a penetrar en todos los detalles y a formar precios unitarios partiendo de sus componentes.

3.1.6.2 Características de los costos

Para lograr un congruente y óptimo aprovechamiento en el análisis de precios unitarios (APU), es necesario desglosar el costo por sus integrantes los cuales se dan en el diagrama general de balance de una obra.

El diagrama general de balance de obra presupone el inicio, lo cual puede ser un proyecto de investigación, un proyecto para construcción o un servicio.

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

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

2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. El costo está precedido de costos anteriores y éste a su vez es integrante de costos posteriores. En la cadena de procesos que definen la productividad de un país, el costo de un concreto hidráulico por ejemplo, lo constituyen los costos de los agregados pétreos, el aglutinante, el agua para su hidratación, el equipo para su mezclado, etcétera, éste agregado a su vez, se integra de costos de extracción, de costos de explosivos, de costos de equipo, etcétera, y el concreto hidráulico puede a su vez, ser parte del costo de una cimentación, y ésta de una estructura, y ésta de un conjunto de edificios y éste de un plan de vivienda, etcétera.

Es por ello el interés, de los analistas de precios unitarios, en la justa evaluación del proceso productivo, para que en la medida de la intervención de los precios unitarios, se haga comparativo a escala nacional o internacional el producto —ya sea un proyecto, construcción, investigación o servicio—, conscientes de la responsabilidad que implica como eslabones de esa cadena que sin disminuir su calidad, debe producir beneficios justos y por tanto, sanos desarrollos a nivel persona, familia, empresa y país.

3.1.6.3 Definición de costos indirectos

Se denominan costos indirectos a toda erogación necesaria para la ejecución de un proceso constructivo del cual se derive un producto; pero en el cual no se incluya mano de obra, materiales ni maquinaria.

Todo gasto no utilizable en la elaboración del producto es un costo indirecto, generalmente está representado por los gastos para dirección técnica, administración, organización, vigilancia, supervisión, fletes, acarreos y prestaciones sociales correspondientes al personal técnico, directivo y administrativo.

Es necesario hacer notar que el costo indirecto está considerado en dos partes:

1. El costo indirecto por administración central y,
2. El costo indirecto por administración de campo.

Observando los conceptos que integran el costo directo, se concluye que se puede determinar el valor del mismo con la precisión que se desee y, en caso de omisión o error, ello sólo afecta al concepto en particular de que se trate.

Sin embargo, una omisión u error en caso del costo indirecto afectará a todos los costos directos de los conceptos de un contrato.

Cuando el costo indirecto se refiere a la administración de campo, cualquier error y omisión afectará únicamente a la obra en particular.

En cambio, cuando el costo indirecto se refiere a la administración central, el efecto cubrirá a todos los contratos de la empresa constructora.

Durante el cálculo de los costos indirectos, se presenta la necesidad de evaluar, en especial, dos de los costos indirectos ya mencionados que se derivan de la organización propia de cada empresa y de cada proyecto por realizar.

Para poder determinar con mayor precisión los gastos que se generan por concepto de administración central y de campo, es primordial conocer la estructura de organización de las oficinas generales y la de cada obra en particular.

Ello obliga a establecer el organigrama para cada caso y describirlo en forma detallada con el objeto de poder determinar, consecuentemente, los recursos necesarios para su mejor funcionamiento y mayor eficiencia en el desarrollo de funciones y, por ende, para evaluar el

importe que se genera en cada caso de acuerdo con los recursos para su operación. A los gastos de operación, también se les llama Costos Indirectos de Operación.

3.1.6.4 Definición de costos directos

El costo directo se define como: "la suma de los costos de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo".

3.1.6.4.1 Elaboración del costo directo

La secuencia para la elaboración del costo directo es como sigue:

Planos y especificaciones. Es el punto de partida para la elaboración del costo directo, para llegar al Precio Unitario y finalmente al presupuesto, se deben estudiar perfectamente todos los planos de cortes, isométricos, equipos, estructurales, instalaciones y de fachadas, así como las especificaciones que en ellos se proponen.

Entre más detallados estén los planos, se tiene una mayor oportunidad de obtener el costo directo más preciso y, por ende, un presupuesto acertado.

Determinación de los conceptos de obra. Del estudio anterior se deduce el tipo de obra de que se trata para hacer una apreciación de las partidas y conceptos que en ella puedan intervenir. También el estudio anterior sirve para determinar el alcance de cada uno de los conceptos de obra, es decir, de acuerdo al procedimiento constructivo, es posible delimitar el alcance del concepto de obra, esto es, que incluye y que no se incluye. Por otra parte, el establecimiento de estos conceptos permiten realizar las correcciones necesarias, tanto a las especificaciones como a los mismos alcances de éstas para adaptarse correctamente a la obra en cuestión, entre más clara sea la especificación y más definidos sus alcances, se tendrá una mejor herramienta para efectuar los análisis correspondientes.

Lista de materiales. Del estudio de los planos se obtiene la lista de materiales fijos, es decir, aquellos materiales que serán instalados y quedarán permanentes en la obra; del estudio de las especificaciones se obtiene la clase de material requerido; también este estudio permite determinar el volumen de materiales de consumo necesario para realizar la instalación de los materiales permanentes.

Cuantificación de conceptos. Para la realización de esta actividad es necesario seguir un método que permita cuantificar los conceptos en una forma ordenada y precisa, así como verificar en forma directa las cantidades de obra obtenidas.

Maquinaria y equipo. El análisis de los planos y especificaciones también permite determinar el procedimiento constructivo a seguir y, por lo tanto, se puede determinar la maquinaria y equipo necesario para el desarrollo de la obra en cuestión, esto obliga a determinar los costos horarios de la maquinaria y equipo que intervendrán en la obra y que formarán parte del costo directo.

3.1.6.5 Precios unitarios

3.1.6.5.1 Definición de precios unitarios

El artículo 185 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas del estado de sonora México y Servicios Relacionados con las mismas define como Precio Unitario:

“ARTICULO 185. Para los efectos de la Ley y este Reglamento, se considerará como precio unitario: El importe de la remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado, ejecutado conforme al proyecto, especificaciones de construcción y normas de calidad.

El precio unitario se integra con los costos directos correspondientes al concepto de trabajo, los costos indirectos, el costo por financiamiento, el cargo por la utilidad del contratista y los cargos adicionales.”

3.1.6.5.2 Integración de precios unitarios

Artículo 187. El análisis, cálculo e integración de los precios unitarios para un trabajo determinado deberá guardar congruencia con los procedimientos constructivos o la metodología de ejecución de los trabajos, con el programa de ejecución convenido, así como con los programas de utilización de personal y de maquinaria y equipo de construcción, debiendo tomar en cuenta los costos vigentes de los materiales, recursos humanos y demás insumos necesarios en el momento y en la zona donde se llevarán a cabo los trabajos, sin considerar el impuesto al valor agregado. Lo anterior, de conformidad con las especificaciones generales y particulares de construcción y normas de calidad que determine la dependencia o entidad.

3.1.6.6 Presupuestos

3.1.6.6.1 Generalidades

El presupuesto de obra lo definen como la valoración o estimación económica a priori de un producto o servicio. Se basa en la previsión del total de los costos involucrados en la construcción de la obra, incrementados con el margen de beneficio que se tenga previsto.

Para conocer el presupuesto de obra de un proyecto se deben seguir los siguientes pasos básicos a nivel general son:

- ❖ Registrar y detallar los distintos conceptos de obra que intervengan en el proyecto.
- ❖ Hacer las cuantificaciones y anotaciones de cada concepto de obra.
- ❖ Conocer el precio unitario de cada concepto de obra.
- ❖ Multiplicar el precio unitario de cada concepto por su medición respectiva. Contenido de un Presupuesto de Obra:
- ❖ Formación de Precios: El cuadro de precios unitarios de los materiales, mano de obra y elementos auxiliares como herramientas que componen las partidas o unidades de obra del proyecto.
- ❖ Catálogo de obra: Un cuadro de precios unitarios de los conceptos, de acuerdo con la cuantificación.
- ❖ El presupuesto de obra como tal, que contendrá la estimación económica global, desglosada y ordenada según el previo estudio de la cuantificación de los conceptos.

El Presupuesto mostrará claramente si los precios dados incluyen o no conceptos como: gastos generales, impuestos, tasas y otras contribuciones; seguros; beneficios, costos de certificación y visado; permisos y/o licencias; y cualquier otro concepto aplicable que pueda influir en el costo final de ejecución del objeto del proyecto de obra.

3.1.6.6.2 Catálogo de obra

El Catálogo de obra constituye uno de los documentos básicos del Proyecto, en él se especifican los conceptos a considerar que se determinan con la mayor precisión posible, así como las cantidades a realizar en cada concepto de obra.

El catalogo se divide en partidas y subpartidas; las subpartidas contienen los conceptos a considerar para el presupuesto y construcción del proyecto.

En cada partida debe detallarse: el lugar en que los conceptos de obra han de ejecutarse, y el número (cantidad) de partes.

Las diferentes subpartidas del catálogo de obra llevarán una numeración correlativa dentro de la partida en cual están incluidas, se indicará la partida de la que forman parte y separado con un punto el número de orden.

Los conceptos se obtienen a partir de los planos suministrados, que deben contener especificadas todas las cotas necesarias, además de detalles técnicos que se requieran para calcular las cantidades, globales y específicas.

3.1.6.6.3 Números generadores

Se pueden definir como el documento mediante el cual se lleva a cabo la cuantificación o volumetría de un trabajo o concepto de obra ejecutada, misma que se presentará a cobro debidamente ubicada y referenciada por ejes, tramos, áreas, etc. Utilizando croquis donde se explicarán detalladamente sus dimensiones, con el propósito de soportar las revisiones del supervisor.

Los generadores de obra son el conjunto de operaciones aritméticas referentes al cálculo de volúmenes de obra de cada uno de los conceptos que se encuentran definidos en el catálogo, el cual forma parte del presupuesto y que están llevándose a cabo en el proceso de construcción de la obra. Se pueden calcular en base a los planos, y ratificando en obra. El generador siempre estará referido a los ejes marcados en el proyecto y se enumerarán según la clave del concepto; así también se harán en unidades de medida que están definidas en el catálogo.

3.1.6.6.4 Cuantificación

La cuantificación de un presupuesto de obra, es el conjunto de operaciones que se realizan sobre cada concepto de obra para obtener su cantidad. Tiene como misión precisar y determinar los volúmenes de cada partida o volumen de obra que configuran la totalidad del objeto del presupuesto. Deben incluir el número de conceptos y definir las características, modelos, tipos y

dimensiones de cada partida de obra o elemento del objeto del proyecto. Se realiza sobre planos definitivos, aunque en la práctica, en la obtención de las cuantificaciones se suelen encontrar y solucionar incorrecciones en los planos. Preferentemente las unidades en las que se expresan las cantidades deben ser la utilizadas en el sistema internacional de unidades.

3.1.6.6.5 Integración del presupuesto

La cuantificación debe contener un listado completo de las partidas de obra que configuran la totalidad del proyecto. Se subdividirá en distintas partidas o subpartidas (capítulos), correspondientes a las partes más significativas del objeto del proyecto siguiendo el mismo criterio que en memoria y pliego de condiciones. Servirá de base para la realización del presupuesto de obra.

3.1.6.6.6 Escalatorias

Escalación es la variación de costos que se produce por motivo de inflación (incremento) o deflación (disminución), derivada del cambio de los precios de los insumos y demás componentes que integran la estructura de costos de las contrataciones asociados a bienes, obras o servicios.

La ley contempla que cuando a partir de la presentación de la propuesta ocurran circunstancias de orden económico no previstas en el contrato, que determinen un aumento o reducción en los costos de los insumos que intervengan en los trabajos aún no ejecutados, dichos costos podrán ser revisados conforme al programa de ejecución general de los trabajos pactado. (Razura, 2012)

3.2 ESTADO DEL ARTE

La tecnología avanza a pasos agigantados. Se puede utilizar software especializado en los cálculos y diseños de estructuras. El hormigón translúcido permitirá tener menos carga, mayor resistencia e iluminación en los interiores.

Anteriormente para poder medir la resistencia de un edificio o una estructura, conocer si podría soportar las grandes cargas, así como su propio peso, había que realizar muchos cálculos físicos y matemáticos, mediante la utilización de fórmulas. Ahora existen diferentes tipos de software muy útiles para los ingenieros civiles tales como el ETABS o el SAP2000, los cuales permiten diseñar

edificios desde la nada, estructuras que salgan de la imaginación y al mismo tiempo mediante el ingreso de datos, tipos de materiales, grosores de columnas, de losas, vigas, número de varillas, además de otros tipos de datos calcular resistencias, deformaciones, y mediante animaciones conocer si el edificio resistirá o no a según los datos ingresados.

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala. Se está buscando la utilización de nanotecnología en los polímeros utilizados en carreteras, los barandales puedan auto repararse si llegasen a sufrir daños por impactos, así también aplicarlo en el asfalto de las carreteras para saber en qué parte se encuentra el daño, ya sea esto un bache o fisuras, conocer de su estado y si necesitase revisión. (NARANJO LARREA, 2012)

3.2.1 Proyecto consultado 1

3.2.1.1 Losas compuestas, métodos de experimentación y diseño.

3.2.1.1.1 Descripción

Se conceptualiza el término de losas compuesta, resaltando las ventajas y campos de aplicación de esta tipología estructural. Se explican, en orden aproximadamente cronológico, los más relevantes estudios experimentales llevados a cabo con sus conclusiones parciales, así como los métodos de cálculo y diseño principales aceptados por la comunidad científica internacional.

3.2.1.1.2 Resultados obtenidos

Muchos investigadores han considerado el efecto de las incrustaciones en la lámina a través de ensayos que miden precisamente la resistencia a cortante. A continuación un resumen de los principales hallazgos de esta etapa:

- ❖ Mientras mayores sean las caras verticales de las incrustaciones en contacto con el hormigón, más efectiva será la resistencia a cortante. Las caras que están perpendiculares al plano de deslizamiento son más efectivas que las caras inclinadas. Las embuticiones en forma de V y las rectas se comportan de forma bastante similar.

- ❖ Las discontinuidades en la forma de las incrustaciones (tales como cruces) causa el efecto negativo de incrementar la flexibilidad de la lámina, promoviendo un más fácil deslizamiento del hormigón sobre la lámina.
- ❖ Incrementar la frecuencia de las embuticiones a costa de reducir el tamaño de estas, no causa mejoramiento de la resistencia a cortante.
- ❖ Muy efectivo resulta incrementar la profundidad de las embuticiones, no obstante, deberá tenerse especial cuidado contra el desgarrado que pudiera ocurrir durante el proceso de producción. La profundidad resulta uno de los factores de forma más influyentes.
- ❖ La localización óptima de las embuticiones resulta en la mitad de la franja plana. Las embuticiones en las esquinas de las zonas planas o en las alas resultan muy difíciles de construir y no son del todo eficientes. Las embuticiones en las alas sometidas a tracción tienden a ponerse planas bajo el efecto de las cargas, reduciendo así su efectividad. Por su parte, las embuticiones localizadas en las alas a compresión actúan como si fueran deformaciones iniciales, promoviendo así el efecto de pandeo.
- ❖ El espesor de la lámina metálica es directamente proporcional a la resistencia a cortante.
- ❖ Los perfiles re-entrantes mejoran la capacidad estructural entre un 63 y un 88%, teniendo dependencia lineal del área de hormigón bajo la porción re-entrante. Sin embargo, láminas de este tipo pero carentes de embuticiones toman solo la mitad del esfuerzo cortante que serían capaz de asimilar las mismas chapas pero con embuticiones.
- ❖ El estudio de láminas planas con embuticiones mostró que el fallo ocurre por sobrecarga expresada en aplastamiento local del hormigón cuando la relación entre la altura de las embuticiones y su espaciamiento es menor que 0.10. Cuando esta relación es mayor que 0.19, la probeta falla por el plano de cortante del hormigón, plano que se extiende desde la parte más alta de una embutición hasta la próxima.

3.2.1.1.3 Discusión y análisis

Las losas compuestas representan una tipología estructural altamente eficiente, tanto por la rapidez de su ejecución, como por el ahorro de materiales y la alta resistencia que con ellas se puede lograr.

En el caso específico de los países del Caribe, como Cuba, que son frecuentemente visitados por huracanes cada vez más violentos, puede constituir la solución ideal para edificar en serie viviendas con cubiertas resistentes a los ciclones.

La losa compuesta, por su estética agradable, puede ser indistintamente empleada tanto para edificaciones de zonas rurales como en zonas urbanas.

Las losas compuestas vienen siendo empleadas en la construcción desde inicios del siglo pasado, por lo que se cuenta con una vasta teoría y práctica sobre sus formas de utilización y métodos de cálculo y diseño.

En los últimos años se ha incrementado ostensiblemente el interés de la comunidad científica mundial, sobre todo europea, por llevar hasta el límite de optimización el aprovechamiento de la capacidad resistente de este probado sistema estructural.

Las tendencias actuales de investigación están encaminadas al empleo de los métodos de simulación numérica por ordenador para estudiar los fenómenos de interacción local en la interface de contacto entre las embuticiones y el bloque de hormigón contenido.

3.2.2 Proyecto consultado 2

3.2.2.1 “Diseño, fabricación y ensayo de una losa unidireccional de hormigón liviano con Poliestireno expandido reciclado modificado para fines habitacionales” (LEÓN BARRÍA, 2013)

3.2.2.1.1 Descripción

Las losas constituyen uno de los elementos estructurales que aportan la mayor parte del peso propio a la estructura, lo que deriva en diversas limitantes de diseño y costos.

La memoria tuvo por objetivo estudiar una losa de hormigón para una luz de 2,7

(m), con peso inferior a la de una losa tradicional mediante el reemplazo del agregado grueso por Poliestireno expandido modificado (MEPS), amigable con el medio ambiente y con atributos aceptables de costo-resistencia. Para ello se diseñó y confección una losa unidireccional a escala real a base de MEPS de elaboración propia, utilizando como materia prima desechos de construcción con el fin de evaluar su deformación a través de ensayos de carga.

Para finalizar, se presenta un análisis de costo-resistencia y la respectiva comparación entre este y el peso propio de la losa propuesta con otros sistemas de losas existentes en el mercado chileno.

Mediante el estudio se concluyó que el sistema cumple con criterios del código

ACI 318M-11 disminuyendo un 28,5% el peso propio de la losa en comparación a la de un hormigón tradicional, a un bajo costo de fabricación y con resistencia más que satisfactoria para cargas habitacionales.

3.2.2.1.2 Resultados obtenidos

Del ensayo a compresión realizado a probetas cúbicas, se infiere que la resistencia de diseño del hormigón cumple satisfactoriamente con la resistencia mínima esperada, así como su densidad aparente para cada una de las amasadas utilizadas.

En cuanto al ensayo de carga y descarga se aprecia la aceptabilidad del comportamiento de la losa frente a cargas y descargas impuestas. El elemento no mostró ninguna evidencia de falla (grietas, descascaramiento, aplastamiento de hormigón comprimido, etc.). La flecha máxima (Δ_1) y flecha residual (Δ_r) cumplen con las exigencias de la norma ACI 318M-11 siguientes:

$$\Delta_1 = \leq \frac{l^2}{20000 * h}$$
$$\Delta_1 = \leq \frac{270^2}{20000 * 13}$$
$$\Delta_1 = \leq 0,28(cm) \rightarrow 2,8(mm)$$

Ciclo	Δ_1 (mm)	$\Delta_1 \leq 2,8$ (mm)
1er	0,74	Cumple
2do	0,64	Cumple
3er	0,73	Cumple
4to	0,78	Cumple

Tabla 5.1: Verificación de flecha máxima.
(Fuente: Elaboración propia)

$$\Delta_1 = \leq \frac{\Delta_1}{4}$$

Ciclo	Δ_1 (mm)	$\Delta_1/4$ (mm)	Δ_r (mm)	$\Delta_r \leq \frac{\Delta_1}{4}$
1er	0,74	0,185	0,03	Cumple
2do	0,64	0,16	0,06	Cumple
3er	0,73	0,1825	0,15	Cumple
4to	0,78	0,195	0,19	Cumple

Tabla 5.2: Verificación de flecha residual.
(Fuente: Elaboración propia)

Paralelamente, se observó que el módulo de elasticidad experimental superó en un 27,8% al teórico calculado según la norma ACI-318M11 para hormigones livianos.

En cuanto a la curva carga-deformación del ensayo a la rotura, podemos distinguir las tendencias del comportamiento a flexión de la losa con agregados livianos. En ella no se percibe el tramo elástico, ya que el momento de agrietamiento fue superado en el ensayo realizado previamente, no obstante denota la curvatura de deformación elasto-plástica que disminuye su pendiente progresivamente pasando al estado plástico, infiriendo el colapso del hormigón en compresión y luego la fluencia del acero. Así la falla generada fue de tipo dúctil.

La deformación de servicio permitida (0,75 cm) es igualada entre los 1061 y 1100 (kgf/m²), en tanto que la falla del hormigón se generó aproximadamente a los 1180 (kgf/m²) con una deformación cercana a los 0,93 (cm) comenzando a generarse la primera fisura mayor o grieta. La carga máxima que se pudo aplicar al elemento corresponde a 1399 (kgf/m²) la que generó una deformación de 3,493 (cm).

Las fisuras mayores o grietas se comenzaron a formar a los 1180 (kgf/m²), siendo al menos un 16% inferior a la carga de colapso. Esto permite inferir que en caso de falla de un elemento estructural en servicio, este anunciará su condición insegura visualmente a través de grietas y notorias deformaciones, permitiendo una intervención de sustitución y/o reparación.

3.2.2.1.3 Discusión y análisis

El experimento llevado a cabo, muestra que la resistencia a compresión obtenida por las amasadas, satisface los requerimientos mínimos para hormigones estructurales livianos.

Por otra parte, la densidad del hormigón modificado en base a MEPS es significativamente menor al del hormigón tradicional, disminuyendo un 28,5% el peso de la losa. Esto es relevante ya que al abordar proyectos de diseño entrega diversos beneficios, tales como: elementos con menor sollicitación y por ende menor sección, fundaciones más pequeñas y/o menos esbeltas y disminución del peso sísmico. Si a lo antes mencionado sumamos el bajo costo de elaboración de esta losa en relación a las existentes en el mercado nacional, se puede inferir su ventaja económica, siendo factible de utilizar en proyectos de edificación.

Paralelamente, el desempeño de esta losa es comparable a la de una de hormigón tradicional, cumpliendo exitosamente con normativas, factores de carga y deformaciones admisibles. Por esta razón, el hormigón en estudio puede diseñarse de forma eficaz con las normas, recomendaciones y métodos utilizados para el diseño de elementos estructurales de hormigón con las características de peso normal.

Desde una perspectiva de resistencia, el elemento en estudio superó el valor predicho por las estimaciones, llegando a soportar cargas cinco veces mayores a las requeridas por el diseño, concluyéndose su gran capacidad para soportar cargas, satisfaciendo así necesidades habitacionales, comerciales e incluso industriales.

Observando la resistencia según la deformación, el módulo de Young experimental superó en un 27,8% al teórico, por lo que se concluye que, al menos para la mezcla utilizada en el presente estudio, el valor propuesto por la norma ACI 318M-11 es conservador.

En cuanto a la relación costo-resistencia se concluye que económicamente la losa en base a MEPS es la más conveniente del mercado, con uno de los pesos propios más bajos, superado únicamente por la losa con bovedillas de EPS.

Durante el estudio surgieron diversas limitantes entre las que destacan la no consideración de la granulometría de los MEPS en la dosificación del hormigón, pudiendo derivar en una fluctuación desfavorable de la banda granulométrica además de perjudicar la trabajabilidad. También, el acabado superficial del elemento realizado resultó rugoso debido a la flotabilidad de los MEPS durante el proceso de hormigonado, el cual puede verse acentuado producto de un vibrado excesivo siendo recomendable ejecutar dicho procedimiento con precaución.

Por otra parte, la resistencia a compresión obtenida por las amasadas, satisface de manera estrecha los requerimientos mínimos para hormigones estructurales livianos, por lo que se recomienda la utilización de una dosificación con mayor resistencia o un menor porcentaje de reemplazo de MEPS a modo de incrementar los límites de seguridad para dicha resistencia en su utilización en obra.

Este trabajo de titulación ha sido una primera aproximación en el estudio de este tipo de material para la confección de losas, en la que por cierto pueden existir limitaciones o falta de profundidad en algunos temas analizados. No obstante es posible considerarla como un buen punto de partida para investigaciones adicionales y como base para estudios futuros comparativos que permitan caracterizar beneficios y perjuicios de sus implementaciones.

Para finalizar, los resultados obtenidos en esta memoria, permiten inferir que el comportamiento de losas unidireccionales fabricadas con hormigón liviano estructural en base a MEPS, cumple con las normativas de diseño siendo una opción viable desde una perspectiva técnica, económica y ambiental.

Este estudio abre campo a la posibilidad de nuevas investigaciones que permitan determinar la factibilidad de implementación de una losa unidireccional con reemplazo del agregado fino por MEPS, con el fin de alivianarla produciendo menor impacto en su resistencia. A su vez, resulta interesante la utilización de mezclas con MEPS en la carpeta de losas con bovedillas de EPS, ya que permitiría obtener una losa con valores mínimos de peso propio.

3.2.3 Proyecto consultado 3

3.2.3.1 Nuevo criterio sustentable para la elección de losas de concreto de edificios (molina, 2015)

3.2.3.1.1 Descripción de la construcción y tipos de losas estudiadas

El edificio utilizado como construcción de análisis para el estudio se encuentra localizado en el barrio de Gracia, Barcelona, España; se trata de un edificio plurifamiliar con muros en los costados entre medianeras, fachada principal colindante con la calle y posterior con patio central de la manzana; su distribución horizontal responde a la típica arquitectura local de la ciudad, representada por tres plantas subterráneas para estacionamientos, dos primeras plantas con uso destinado a centro comercial, cuatro siguientes plantas para uso de viviendas y una cubierta o azotea plana. Su distribución detallada está dividida de la siguiente forma:

1) Planta o piso (P) Parking (PA): Niveles -4, -3 y -1, con 16 y 14 plazas de estacionamiento para los niveles -4 y -3, y diáfano en el nivel -1. Todos ellos cuentan con elevador, escalera de salida al exterior y rampa para acceso al parking.

2) Planta baja (PB): Destinada a centro comercial (C), sin divisorias o distribución interior, cuenta con una rampa de acceso al estacionamiento, dos elevadores, salida por escalera a la calle y el vestíbulo de acceso a las áreas de vivienda.

3) Primera nivel 1 (entresuelo): Sin divisorias o distribución interior, destinada para el uso de centro comercial, su división es diáfana, cuenta con escaleras y dos elevadores para el acceso a las viviendas superiores, cubierta y parking.

4) Planta Viviendas (PV): Niveles 2, 3, 4 y 5, cada nivel está constituido por ocho departamentos, cuentan con zonas comunes, pasillos de acceso a las viviendas, escaleras y dos elevadores para su acceso y comunicación horizontal.

En la planta +2 está localizada además una oficina para la gestión del inmueble.

5) Cubierta del edificio (PC): Cuenta con paneles solares y maquinaria de instalaciones y telecomunicaciones comunitarias, cuenta con escalera y dos elevadores para su acceso.

3.2.3.1.2 Análisis de los resultados

El programa NWT permite acceder a los reportes de residuos generados por peso (t), volumen (m³) y coste (en euros, €) de cada uno de los sistemas. Los resultados así obtenidos fueron después analizados para determinar similitudes, diferencias y tendencias de cada sistema de estudio, con el fin último de poder así establecer de forma cuantificable y con criterio sostenible, información de la elección más adecuada de losas, para que en futuras propuestas de edificación puedan ser ponderadas con este criterio.

3.2.3.1.3 Discusión y análisis

La determinación de los tipos y cantidades de residuos que se generan en la construcción, ya sea desde la fase de diseño o durante el proceso de la construcción, es un factor que puede aumentar el potencial de la sustentabilidad.

Este factor puede ir desde la selección óptima preliminar de un material, hasta la realización más acertada de un sistema constructivo que reduzca los residuos, y por lo tanto, también el impacto ambiental.

Se puede decir que la elección del tipo de elemento estructural para una losa puede llegar a ser eficiente desde la perspectiva de la sustentabilidad y del cuidado del medioambiente, y que en la actualidad este criterio sustentable de selección debería ser considerado también como un parámetro más a implementar en la toma de decisión cuando se define una losa óptima.

El parámetro normalizador de mano de obra (h) y las unidades de medida de metros cúbicos (m³) y metros cuadrados (m²) poseen coeficientes de sensibilidad más altos al ser éstos de mayor recorrido de variabilidad; por tanto, éstos son más sensibles para poder determinar límites, y deberían ser considerados como parámetros de decisión.

Considerando los resultados analizados en la comparativa de los residuos generados de todos los sistemas, y teniendo en cuenta a los parámetros de homogeneización propuesta, la losa maciza es el sistema que genera inferiores cantidades de residuos; convirtiéndose este sistema en el elemento losa que genera un menor impacto ambiental.

Seguido de éste, y en orden descendente, le siguen: la losa bidireccional, la losa unidireccional con semi-vigueta armada, y por último, la losa unidireccional con semi-vigueta pretensada (anecdóticamente éste último es uno de los más utilizado en la actualidad por su alta capacidad de constructiva, reducción de tiempos y economía de obra).

Por lo que respecta a la tipología de materiales residuales que producen estas losas, el concreto y el acero son los que con gran diferencia terminan siendo materiales residuales; por lo que éstos son los de más apremio en su previsión de uso, control y gestión. Entonces, son los que se deberían analizar tanto en el diseño como en la construcción de los edificios.

3.2.4 Proyecto consultado 4

3.2.4.1 Propuesta de entrepiso para viviendas de uno y dos pisos en sistema constructivo liviano: evaluación a carga vertical estática y modelación en elementos finitos (madera , 2014)

3.2.4.1.1 Descripción

Como alternativa de entrepiso para las viviendas del sistema constructivo liviano, se desarrolló una propuesta basada en el trabajo en conjunto de materiales y elementos livianos ya existentes, logrando una respuesta adecuada ante las sollicitaciones de carga estática.

Este sistema se fundamentó en la utilización de perfiles livianos de acero rolados en frío, adosados a una loseta de ferrocemento a través de conectores de cortante. Inicialmente, se ensayaron a flexión dos propuestas del sistema para determinar las cargas últimas y las deflexiones causadas por carga de servicio. Empleando los resultados obtenidos y la metodología de elementos finitos con el programa Ansys Ins., se realizó un modelo computacional para simular el ensayo a flexión realizado en una de las probetas estudiadas, llevando a cabo un análisis estático tridimensional no lineal de acuerdo a las propiedades de los materiales empleados en la probeta, a las condiciones de apoyo del ensayo y a la carga aplicada.

Este modelo, fue posteriormente ajustado según los resultados del ensayo, identificando los parámetros que incidían en la respuesta estática del sistema, lo cual servirá para predecir el comportamiento a flexión de losas de este tipo con diferentes configuraciones geométricas.

3.2.4.1.2 Resultados y discusión

Así como fue presentado por Larrua (2006), el fracaso en el especímenes fue producido por la separación de la losa y las vigas cuando la carga máxima resistida por los conectores se superaron, por lo que las viguetas trabajan en la sección simple, es decir, las vigas y la losa trabajó como elementos independientes. Este fracaso fue dúctil incluso después de llegar a la carga máxima, lo que indica que el sistema será capaz de soportar grandes deformaciones sin colapsar. En el caso específico de la losa, las grietas por esfuerzo de tracción se observaron en el tercio central, se ratifica la pérdida de sección compuesta, así como localizado el aplastamiento y fallas debido al desprendimiento de los conectores.

3.2.4.1.3 Conclusiones

A partir de los resultados experimentales a gran escala de la dos muestras del sistema de losa propuesto, se demostró que este tipo de losas puede resistir la carga factorizada a la que va a ser sujeta durante su vida útil antes de alcanzar la carga de rotura, con un factor de seguridad igual a 1,36. De esta manera se concluye que este sistema de losa propuesto puede ser considerado como una alternativa para la construcción de viviendas de peso ligero.

3.2.5 Proyecto consultado 5

3.2.5.1 Comportamiento sísmico de conexiones sometidas a punzonamiento cortante en sistemas de losa plana (Department of Civil Engineering, india, 2015)

3.2.5.1.1 Descripción

3.2.5.1.2 Resultados

Los sistemas estructurales de losas planas tienen una gran aplicabilidad debido a sus ventajas funcionales y económicas. Inicialmente, las losas planas de hormigón armado tenían gotas y columnas con capiteles y se consideraban las estructuras de elección para la construcción de almacenes y cargas pesadas porque el corte no era un problema. Posteriormente se desarrollaron placas, sin gotas ni capitales de columna y debido al encofrado más barato requerido, eran populares para los edificios residenciales y de oficinas. Las placas planas presentan un mayor punzonamiento en la zona de columnas y son más propensos a fallar debido a la cizalla de perforación en lugar de falla de flexión. El presente estudio analítico investiga la influencia de

algunos de los parámetros que rigen el comportamiento de las conexiones bajo la cizalla de punzonado, que son la resistencia del hormigón, que relaciona los aspectos de la columna, grosor de la losa y carga por gravedad. El programa de Informática de Análisis Estructural 2000 V14 se utiliza para modelar columnas y placas como elementos de marco y de concha, respectivamente. Parámetros que se han llevado a cabo en estudios sobre relación de aspecto y relación profundidad-a-palmo utilizando el control de desplazamiento no lineal, análisis estático de pushover para investigar la influencia de estos parámetros sobre la capacidad de corte en las conexiones intermedias y de las columnas de esquina, que probaron ser los criterios gobernantes para prescribir límites de deriva para sistemas de placas planas en zonas sísmicas.

3.2.5.1.3 Resultados

La naturaleza local y frágil de la cizalla de punzonado conduce a falla en forma de trituración del hormigón en la periferia de la columna, antes de que el refuerzo de acero alcance valores de rendimiento. Los parámetros que influyen en la resistencia al corte del sistema de placa plana es la fuerza cortante, refuerzo a flexo compresión, relación de aspecto de la columna, grosor de la losa, carga por gravedad y reforzamiento por corte. En el presente trabajo, el comportamiento del punzonado se estudia la resistencia al cizallamiento considerando algunos parámetros concretamente a la resistencia del hormigón, la relación de aspecto de la columna, el espesor de la losa y la carga por gravedad. La respuesta del piso intermedio, se está considerando en el tercer piso. Los resultados y discusiones obtenidos pertenecen a sistemas de placas planas sólo en las columnas de esquina y conexiones intermedias del edificio. Los valores de desplazamiento (Δ) del edificio son normalizados con respecto a la altura del edificio (H_b). La capacidad de cizalla de punzonado de la columna correspondiente a la conexión (τ) se normaliza con respecto a la cizalla de **diseño y fuerza de conexión ($\tau_c = 0,25 f_{ck} 1/2$)**.

3.2.5.1.4 Discusión y análisis

El análisis no lineal de la construcción de placa plana se realizó para averiguar la influencia de los parámetros (relación de aspecto y lapso de **to depth ratio**) en la perforación de capacidad de corte para el intermedio y conexiones de la columna de esquina. La relación de aspecto y **lapso de**

todepth mostró la influencia significativa en el punzonado, capacidad de corte de la columna intermedia y rincón de placa plana conexión.

3.2.6 Proyecto consultado 6

3.2.6.1 Análisis técnico y económico de losas de entrepiso (ramos ruguel, 2002, Perú)

3.2.6.1.1 Descripción

Con la finalidad de proponer sistemas de entrepiso más ventajosos que el sistema de losas aligeradas con ladrillos de arcilla comúnmente usada por un sector de la construcción, se realizó la tesis titulada “*Análisis técnico y económico de losas de entrepiso*”. Un objetivo es determinar las diferencias entre las losas compuestas con las láminas colaborantes, las losas aligeradas en una y dos direcciones y las losas compuestas con viguetas pretensadas, determinando las luces que se pueden cubrir con estos sistemas bajo ciertas condiciones de servicio. Además realizamos diseños para dos paños de losa, que permitieron establecer el sistema de entrepiso más adecuado. A lo largo del desarrollo de la tesis, describimos la metodología a seguir para los diseños.

Proponemos reemplazar los tradicionales ladrillos de arcilla por el poliestireno, material que reduce el peso del elemento aligerante de un entrepiso en un 99 %, lo que disminuye el peso propio del sistema en un 40 % aproximadamente; además, le confiere al sistema de entrepiso propiedades de aislante térmico y acústico.

3.2.6.1.2 Resultados

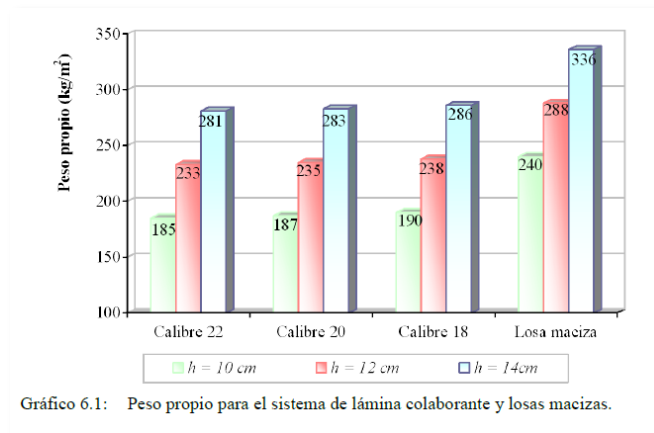
El poliestireno puede presentarse en multitud de formas y tamaños que se ajusten a las necesidades específicas de la construcción, permitiendo el uso de mayores dimensiones que las comúnmente utilizadas originando una mayor manejabilidad del alineamiento del elemento aligerante, ya que sólo basta alinear una menor cantidad de casetones de grandes dimensiones.

Para aligerantes pesados como las unidades de arcilla no es necesario utilizar dispositivos de fijación ya que su propio peso funcionará como anclaje, lo cual necesariamente no garantiza el

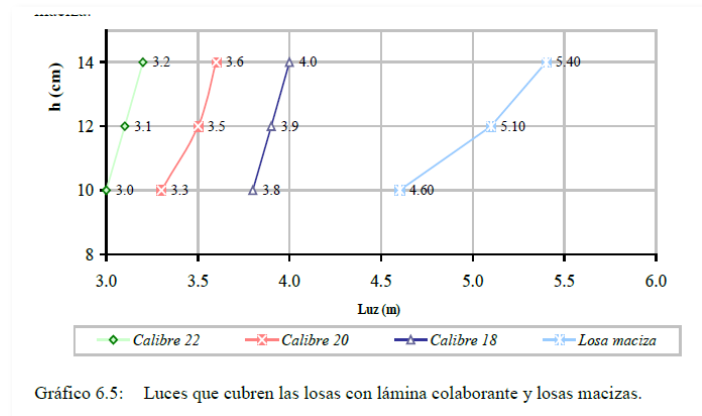
Análisis de costos de los sistemas de entrepiso más utilizados en Colombia

alineamiento adecuado de los elementos. Debido al uso de un mayor número de unidades resulta difícil realizar un alineamiento que garantice el ancho uniforme de las viguetas del entrepiso.

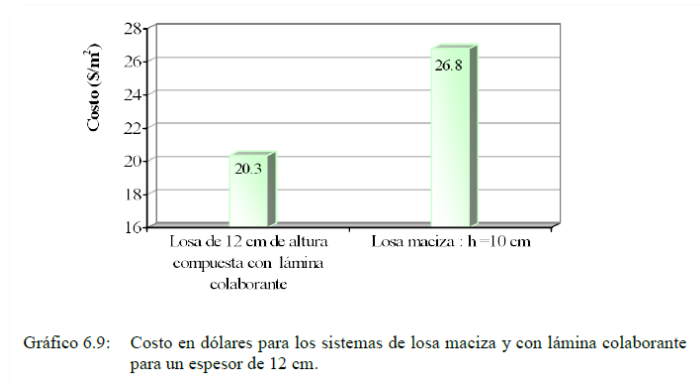
En el gráfico 6.1 representamos los valores del peso propio de una losa maciza y del sistema de entrepiso compuesto con láminas colaborantes de 2" de calibres 22, 10 y 18 para espesores de 10, 12, 14 cm. El sistema de losas compuestas con láminas colaborantes posee pesos propios menores en un 20%, aproximadamente, con respecto a las losas macizas.



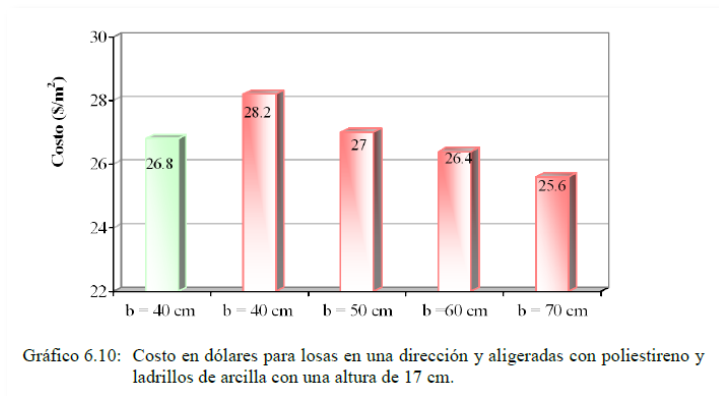
El gráfico 6.5 muestra las luces a cubrir con las losas compuestas con lámina colaborante (2") y losas macizas en dos direcciones. Éste indica que el sistema compuesto con lámina colaborante permite cubrir menores luces con respecto a una losa maciza.



En la siguiente gráfica mostramos el costo para el sistema compuesto con lámina colaborante y losa maciza.



En el gráfico 6.10 observamos que el costo por metro cuadrado de la losa aligerada con ladrillo de arcilla y distancia entre viguetas de 40 cm (barra verde) es semejante al costo de la losa aligerada con poliestireno (barra rosada) y espaciado entre viguetas de 60 cm. El costo por metro cuadrado de una losa de 40 cm de distancia entre viguetas se incrementa aproximadamente en un 8 % cuando se utiliza como material aligerante el poliestireno.



3.2.6.1.3 Discusión y análisis

En este estudio desarrollamos metodologías para el dimensionamiento de las losas de entepiso en una y dos direcciones con tres tipos de sistemas propuestos: Sistema con láminas colaborantes, con losas coladas en el lugar y con losas compuestas con viguetas pretensadas. Su dimensionamiento lo hemos realizado con ayuda de las hojas de cálculo y verificado con el programa estructural Sap2000.

Para cada sistema de losas presentamos gráficamente las luces máximas alcanzables, dependiendo de las cargas consideradas y de las condiciones de contorno de la losa. También establecemos las diferencias entre estos sistemas desde el punto de vista económico, de aligeramiento y de manejo de materiales en la obra. Esto da una visión global de las características y del funcionamiento de los sistemas de las losas propuestos en esta investigación.

4 OBJETIVOS Y ALCANCE

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar, a través de un análisis de costos de los diferentes tipos de entrepiso más utilizados en Colombia, cual es el sistema de entrepiso más eficiente y económico a implementar en una edificación con una altura máxima de 15 metros.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Identificar los costos de materiales, tiempos de ejecución, volúmenes y cantidades de obra para cada uno de los sistemas de entrepiso contemplados en esta investigación
- ❖ Medir la diferencia a través de un análisis de costos de cada sistema de entrepiso, por medio de la evaluación de los costos finales de materiales consumidos por cada sistema incluyendo la mano de obra.
- ❖ Determinar cuál es el sistema de entrepiso más eficiente y económico de los contemplados en este proyecto de investigación con el fin de estimar cual será el costo final de cada sistema.
- ❖ Realizar un informe técnico-económico sobre cuál será el mejor sistema de entrepiso a seleccionar de entre los contemplados, a partir de los análisis de resultados obtenidos sobre los costos finales de cada uno de ellos.

4.3 ALCANCE

Este proyecto de investigación se limitará a edificaciones con sistema estructural de pórticos losa-columna resistentes a momentos (incluye reticular celulado) hechos de concreto reforzado con una capacidad mínima de disipación de energía (DMI) ubicadas en zonas de amenaza sísmica baja como la establece la norma NSR-10 en su título A en el inciso número 4-b de la tabla A.3-3, con una altura máxima de 15 metros; la finalidad del proyecto de investigación es diseñar esta

estructura con 7 tipos de sistema de entrepiso más utilizados en Colombia para luego realizar un análisis económico y definir cuál será el sistema de entrepiso más económico que se puede implementar en este tipo de edificaciones. (reglamento colombiano de construcción sismo resistente, 2010)

Esta investigación se llevó a cabo durante el primer periodo académico del año 2016. Se realizó en el departamento de Bolívar, en la jurisdicción del Distrito de Cartagena, cuyas coordenadas geográficas son 10° 25' 25" N 75° 31' 31" O. Este municipio posee una superficie de 709.1 Km², con una población de 955.250 habitantes, se lograron establecer parámetros que faciliten la toma de decisiones sobre cuál será el sistema de entrepiso óptimo a implementar en sus proyectos de diseño y construcción y poder realizar edificaciones de manera rentable, esto puede traer como beneficio la planeación y ejecución de la edificación en menor tiempo, con menos recursos y a un menor costo cumpliendo con las especificaciones de la norma NSR-10.

Se tomaron los siguientes sistemas de entrepiso más utilizados en Colombia:

- ❖ Aligerada en una dirección
- ❖ Aligerada en dos direcciones
- ❖ Maciza con vigas descolgadas en una dirección
- ❖ Maciza con vigas descolgadas en dos direcciones
- ❖ Losa cero (Steel deck)
- ❖ Reticular celular
- ❖ Pórticos losa columna

Tomando estos diferentes sistemas como base principal se escogerá el que más se ajuste a las necesidades de cada proyecto, se podrá elegir según la prioridad (costo o rigidez), facilitando la toma de decisiones entre los participantes.

El concepto principal de la investigación es que se diseñó una edificación de 15 metros de altura y a esta se le implementó por separado cada uno de los diferentes sistemas de entrepiso mencionados, para así poder determinar cómo varían los costos con cada uno de estos sistemas. Al mismo tiempo se mirará cómo influyen las diferentes variables que hacen parte de todo el proceso de diseño y construcción, como por ejemplo: facilidad de diseño, rigidez que aporta a la

estructura, costo de los materiales, disponibilidad de los materiales, calidad de la mano de obra, accesos, tiempo de ejecución entre otras.

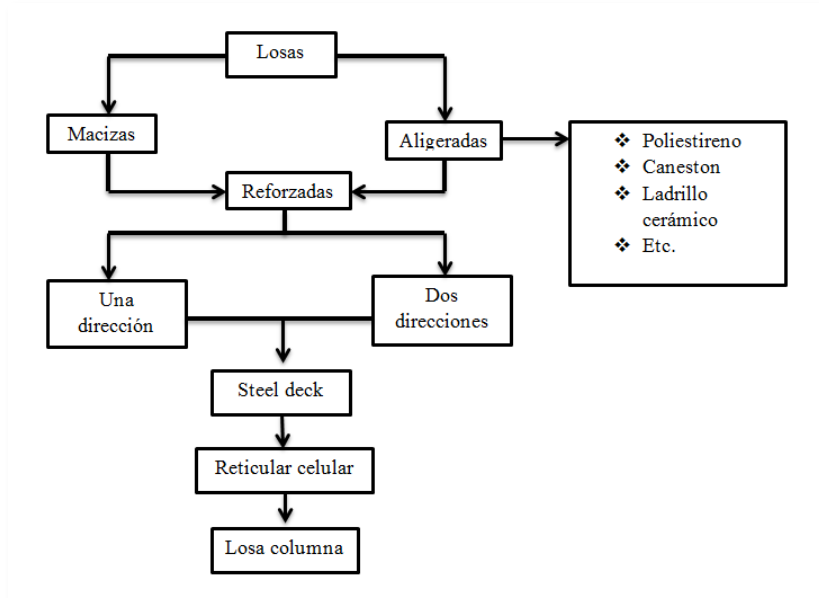
Para el diseño de los sistemas de entrepiso y el análisis de costos se tubo en cuenta los parámetros establecidos en la norma NSR-10, y los diferentes conceptos utilizados en el APU (análisis de precios unitarios).

Los resultados buscados en este proyecto de investigación son tener definidos los diferentes parámetros que hacen encarecer o en lo contrario abaratar los costos del uso de un sistema de entrepiso específico para poder definir con certeza cuál será el más económico dependiendo del tipo de proyecto que se vaya a construir y el lugar donde este se vaya a ejecutar.

El producto final que se entregará es una metodología de selección de cuál será el mejor sistema de entrepiso a implementar en una edificación teniendo en cuenta parámetros de diseño como:

- ❖ Cargas a soportar
- ❖ Luces a cubrir
- ❖ Aislamiento térmico y acústico
- ❖ Peso propio del elemento
- ❖ Tiempo de construcción
- ❖ Deflexiones mínimas
- ❖ Economía

fig. 19 diagrama de selección



Fuente: autor

En esta investigación solo se trabajó con losas reforzadas quedando como base para futuras investigaciones el análisis y diseño de losas pretensadas y postensadas. (platinum, 2010).

5 METODOLOGIA

Un proyecto de investigación es aquel que se refiere a un conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetos relacionados con la generación, adaptación o aplicación creativa de conocimiento. Para ello se sigue una metodología definida que prevé al logro de determinados resultados bajo condiciones limitadas de recursos y tiempo, especificados en un presupuesto y en un cronograma, respectivamente. (colciencias , 2013)

5.1 TIPO DE INVESTIGACION

El proyecto que se puede realizar se enmarca dentro de una investigación de carácter descriptivo, teniendo en cuenta que “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. En definitiva permiten medir la información recolectada para luego describir, analizar e interpretar sistemáticamente las características del fenómeno estudiado con base en la realidad del escenario planteado. (Hernández, Fernández y Baptista, 2003)

Se escogió este tipo de investigación porque se busca realizar un análisis de la variación del costo final de un proyecto de construcción dependiendo del tipo de sistema de entrepiso que se implemente en este, para luego realizar un análisis cuantitativo de cada uno de los sistemas de entrepiso para luego determinar cómo influyen cada uno de estos en el costo final y en el tiempo de ejecución del proyecto.

5.2 TECNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACION

Toda investigación, sin importar su espacio de actuación, requiere de una búsqueda, lectura, interpretación y apropiación de información relacionada con el tema objeto de estudio, es decir de un marco teórico referencial. En relación a la etapa de documentación, se recolecto información especialmente Internet, libros digitales, revistas electrónicas, informes de investigaciones, bases de datos.

5.2.1.1 Fases de la Investigación

5.2.1.2 Fase 1: Revisión bibliográfica

Se realizó una búsqueda general de todos los sitios donde se pueda encontrar información referente al tema de investigación, como primera fuente de información se tomó las bases de datos de la universidad de Cartagena donde se encontraron artículos científicos relacionados con el tema, libros de diseño estructural y análisis de costos y fuentes particulares y además de muchos otros documentos que se pueden encontrar en la internet, con el fin de estructurar un marco teórico que permitiera fundamentar la investigación planteada.

La base de datos que se consultó para buscar la documentación de estos artículos fue HBSCOhost en la cual se encontraron cinco artículos científicos referentes al tema de análisis de costos, diseño y construcción de sistemas de entrepiso.

En cuanto a los libros consultados estos fueron *estructuras de concreto Jorge Ignacio Segura Franco* y *estructuras de concreto Nilson Arthur*, donde se encontró la teoría para el diseño y dimensionamiento de las diferentes estructuras.

En cuanto a los documentos de internet se buscaron los relacionados con el análisis de costos, diseño de sistemas de entrepiso o tesis realizadas en otras universidades a nivel nacional e internacional relacionadas con el tema de análisis de costos en sistemas de entrepiso.

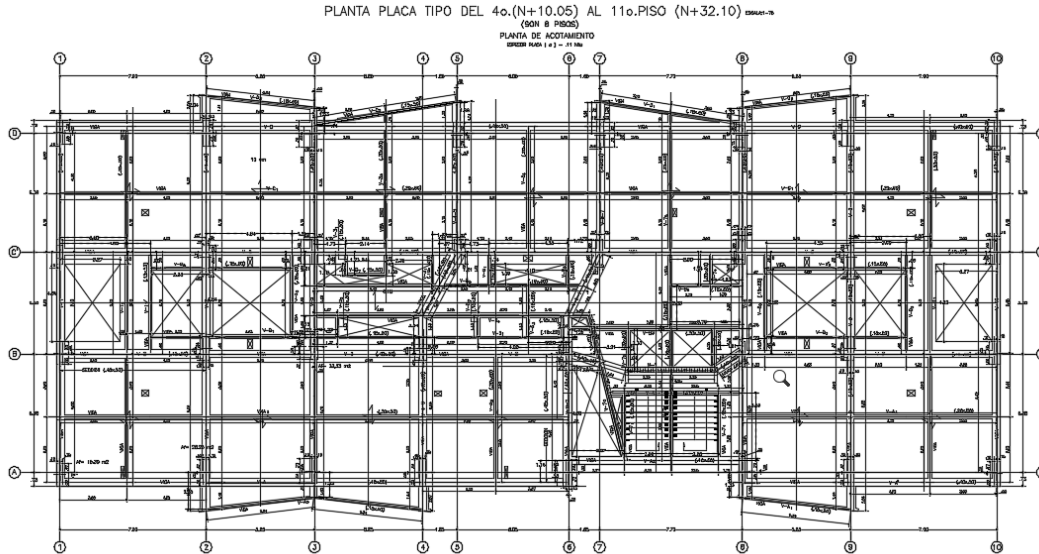
En esta fase también se consideran algunas reflexiones, análisis y consideraciones propias del investigador. Asimismo, se seleccionó una metodología de investigación que se consideró válida para aplicarla a diferentes investigaciones que poseen características similares a las que se quiere investigar.

5.2.1.3 Fase 2: Planificación y diseño

En primera instancia se tomó un edificio base de cinco niveles con una planta típica, este tiene una estructura aporticada de concreto reforzado con capacidad mínima de disipación de energía (DMI), se realizaron los diseños estructurales basados en que la edificación estará en una zona de amenaza sísmica baja como lo es la ciudad de Cartagena, luego se le implemento a toda la edificación cada uno de los diferentes sistemas de entrepiso lo que indica que se realizaron siete

diseños en total por cada sistema de losa utilizado a los que se le realizó el análisis de costos para definir cuál de ellos es el más económico.

Fig. 20 Planta típica del proyecto



Fuente: Arnoldo Berrocal Ingenierías

El diseño específico de los elementos estructurales se realizó con los parámetros establecidos en la NSR-10 utilizando el método de resistencia última.

Una vez que los diseños cumplieron con todos los requerimientos normativos establecidos en la NSR-10, la modelación con el programa ETABS 2015 y el diseño de los elementos con los programas DC-CAD y SAFE 2014 se calcularon las cantidades de obra y a estas se le realizó el análisis de precios unitarios (APU) para cada uno de los elementos diseñados.

Finalmente se establecieron ventajas y desventajas de los diferentes sistemas realizando comparaciones entre cada uno de ellos, y de esta manera se establecieron parámetros para tener en cuenta en el momento de elegir cual será el sistema de entrepiso más económico a implementar en un determinado proyecto.

5.2.1.4 Fase 3: Realización del proyecto

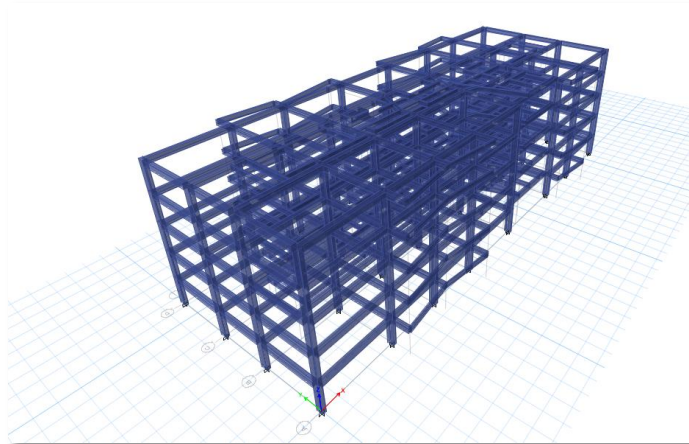
5.2.1.4.1 Predimensionamiento

Basado en los planos arquitectónicos entregados y las luces máximas entre columnas que presenta el proyecto se realizó un predimensionamiento de los elementos estructurales según los parámetros de la NSR-10 y la metodología encontrada en los documentos consultados.

5.2.1.4.2 Modelación

Realizado el predimensionamiento de la estructura se ingresaron los datos en el programa ETABS 2015 creando así los diferentes modelos a los cuales se les realizo un análisis estático teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la NSR-10.

fig. 21. Modelo 3D de la estructura base inicial



Teniendo este modelo base se le asignan las características de cada tipo de losa (por separado) y a estos modelos se le aplicaron cargas verticales y fuerzas horizontales que actuaran en la estructura, los modelos realizados son los que se muestran en las figuras 22 a 28.

fig. 22. Planta sistema losa maciza en una dirección

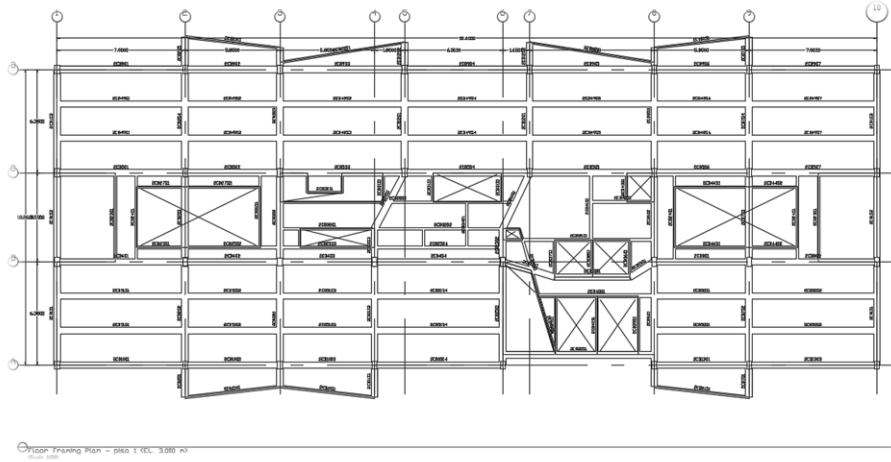


fig. 23. Planta sistema de losa maciza en dos direcciones

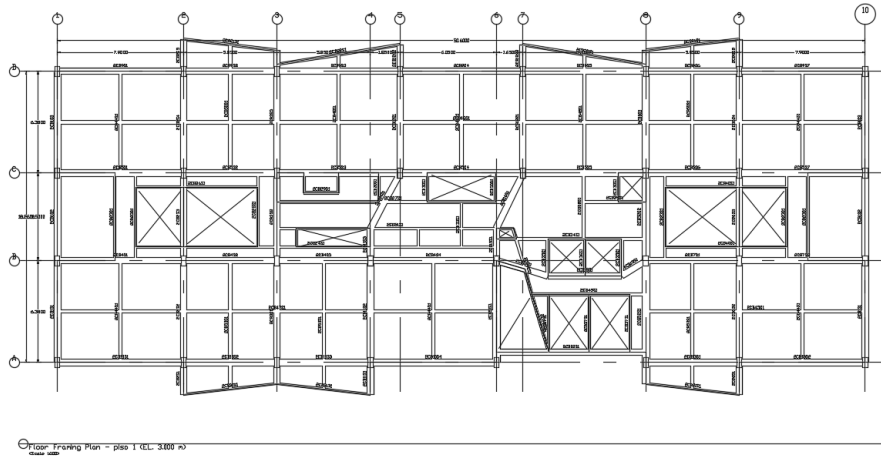


fig. 24. Planta sistema de losa nervada en una dirección

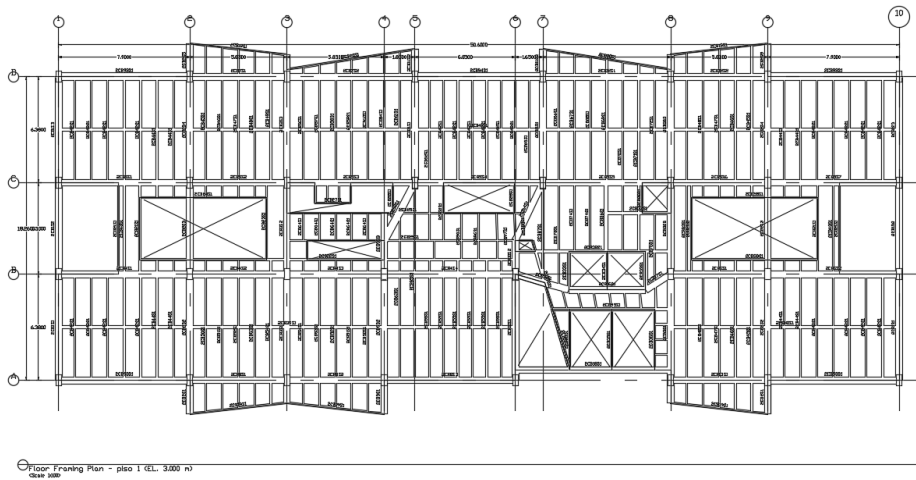


fig. 25. Planta sistema de losa nervada en dos direcciones

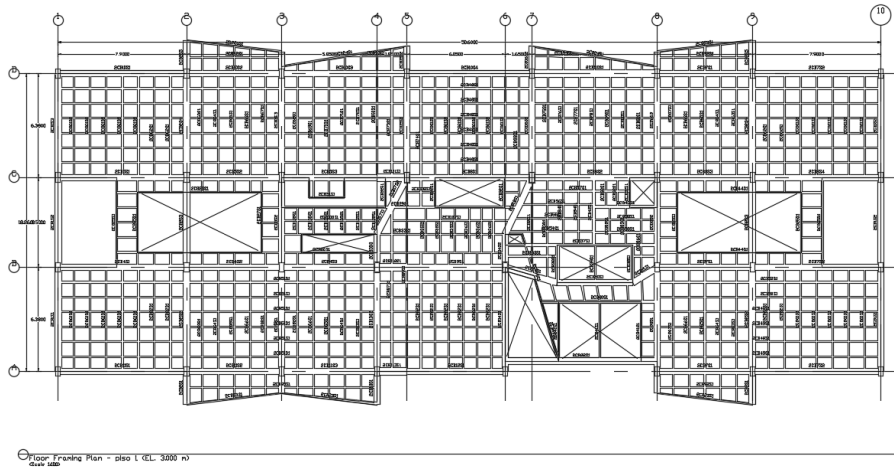


fig. 26. Planta sistema losa columna

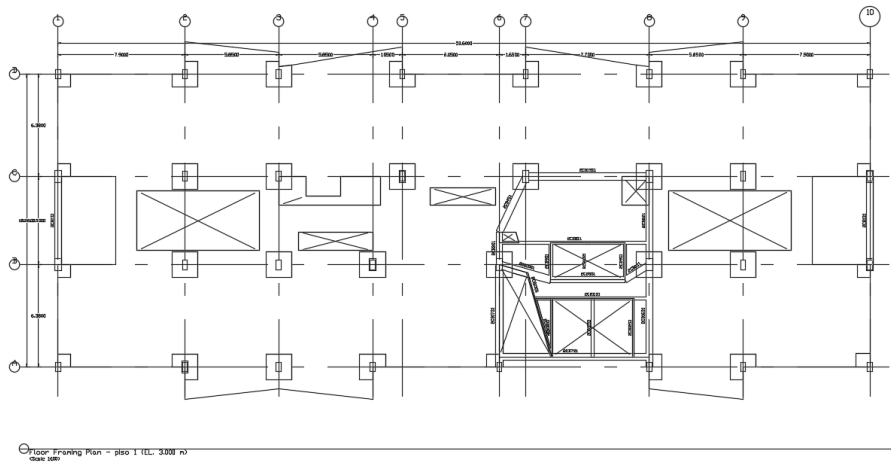


fig. 27. Planta sistema de losa reticular celulado

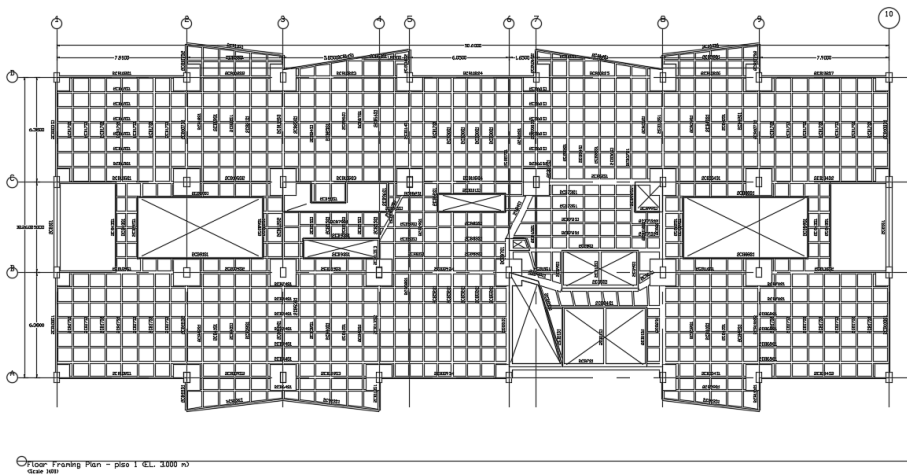
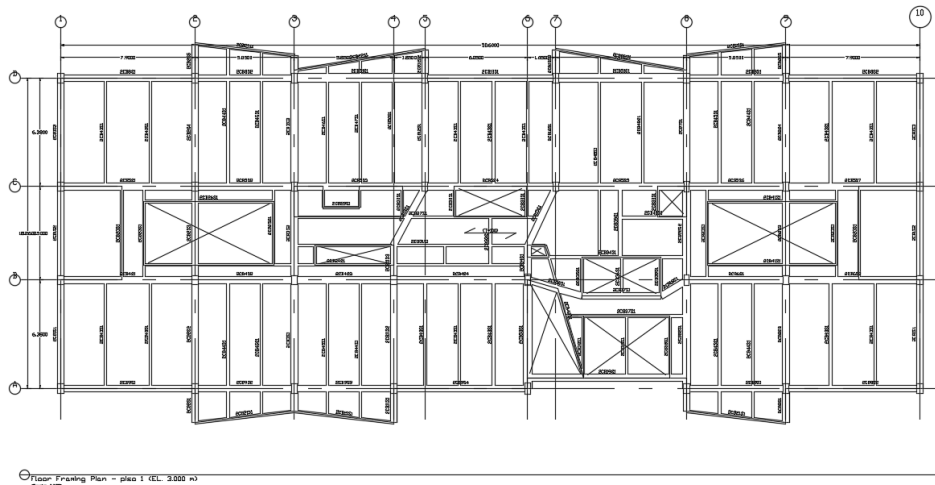


fig. 28. Planta sistema de losa steel deck



5.2.1.4.3 Asignación de cargas

Como se mencionó anteriormente las estructuras están sometidas a cargas verticales y cargas horizontales las cargas verticales son aquellas que son impuestas por el peso propio de la estructura, las cargas impuestas por los acabados que las conocemos como cargas muertas y las cargas móviles que las llamamos cargas vivas.

Para determinar las cargas verticales se realizó un avalúo de cargas según esta descrito en la norma NSR-10 título B para determinar la carga muerta que actúan por cada metro cuadrado de superficie de losa estas se muestran en la tabla 3 y la carga viva que se estima de 0.2 tn/m^2 .

Tabla 3. Avalúo de cargas

Elementos	q tn/m ²
muros	0.315
cielo raso	0.050
acabados (pisos)	0.080
Σ=	0.445

Las cargas impuestas por los elementos estructurales tales como columnas, vigas y losas son introducidas de forma automática por el programa Etabs 2016.

Las cargas horizontales son las impuestas por los sismos y los vientos y pese a que en este proyecto se está analizando un edificio de cinco (5) pisos no se tuvo en cuenta la acción del viento.

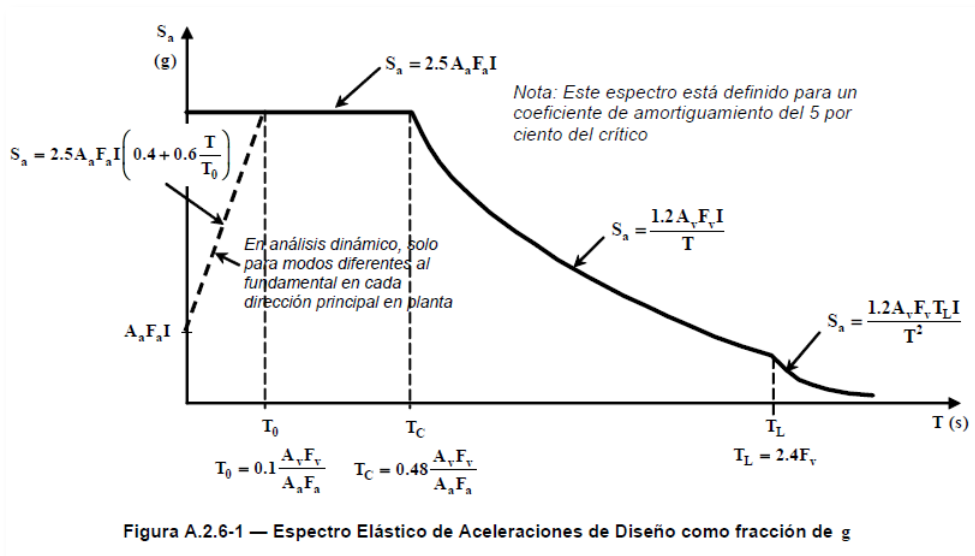
Para determinar las cargas impuestas por sismos fue necesario realizar una serie de pasos teniendo en cuenta el lugar donde estará ubicada la edificación y una serie de parámetros que se encuentran descritos en la norma.

El edificio estará ubicado en la ciudad de Cartagena y se asumió que el suelo de fundación es un suelo tipo D según la clasificación de los perfiles de suelos establecidos en la norma ya que este es el tipo de suelo que usualmente se encuentra en la ciudad, el uso de la edificación será de tipo residencial y por este motivo se le asignó un grupo de importancia igual a 1.

Inicialmente a los modelos se les asignó una serie de cargas arbitrarias actuando en el centro de masa de cada piso con el fin de determinar la rigidez de la edificación y con estas las deformaciones causadas en cada piso y con estos datos determinar el periodo fundamental de la edificación.

Conocido el periodo de la edificación se ingresa con este valor al diagrama de espectro de aceleraciones establecido por la norma y se realiza el cálculo del cortante basal que actúa en el edificio.

fig. 29. Espectro elástico de aceleraciones



Luego de calcular el cortante en la base del edificio se realiza la distribución en altura de esta fuerza utilizando el método de fuerza horizontal equivalente y de esta manera determinamos las fuerzas horizontales reales que actúan en el centro de masa de cada piso.

Estas cargas son ingresadas en el programa Etabs 2016 y con estas se crean las combinaciones básicas de diseño establecidos en la norma NSR-10 sección B.2.3 y B2.4. Como se muestra en el ejemplo de la figura 30.

fig. 30. Combinaciones de diseño establecidas por la norma NSR-10

$D + F$	(B.2.3-1)
$D + H + F + L + T$	(B.2.3-2)
$D + H + F + (L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-3)
$D + H + F + 0.75(L + T) + 0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-4)
$D + H + F + W$	(B.2.3-5)
$D + H + F + 0.7E$	(B.2.3-6)
$D + H + F + 0.75W + 0.75L + 0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-7)
$D + H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-8)
$0.6D + W + H$	(B.2.3-9)
$0.6D + 0.7E + H$	(B.2.3-10)

Deben considerarse los efectos más desfavorables de viento y de sismo tomándolos independientemente.

$1.4(D + F)$	(B.2.4-1)
$1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-2)
$1.2D + 1.6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e) + (L \text{ ó } 0.8W)$	(B.2.4-3)
$1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-4)
$1.2D + 1.0E + 1.0L$	(B.2.4-5)
$0.9D + 1.6W + 1.6H$	(B.2.4-6)
$0.9D + 1.0E + 1.6H$	(B.2.4-7)

Nota: la norma establece que a estas fuerzas sísmicas se le debe asignar un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico definido para cada sistema estructural y cada grado de capacidad de disipación de energía del material estructural, este coeficiente se conoce como R_0 .

Para el presente proyecto se estableció que este tendrá un sistema estructural de pórticos resistentes a momentos de concreto con capacidad de disipación de energía mínima (DMI) con

Análisis de costos de los sistemas de entrepiso más utilizados en Colombia

una altura máxima de 15 metros (5 pisos) y que solo se podrá construir en zonas de amenaza sísmica baja y para este caso particular el valor de coeficiente de disipación de energía R_0 es de 2.5 según lo establece la tabla A.3-3 de la norma NSR-10.

5.2.1.4.4 Diseño

En la fase de diseño se utilizó el software DC-CAD para el diseño específico de columnas y vigas ya que este programa se basa en el análisis estructural para generar planos de construcción de elementos de acero reforzado, Vigas, Columnas y Muros en 2 y 3 dimensiones. Además de generar cartillas de figuración en estructuras de concreto reforzado.

Para el diseño de las losas se utilizó el programa SAFE 2014 este es una herramienta para el diseño de sistemas de piso de concreto y fundaciones. Desde la elaboración y disposición hasta la producción de detalles dibujo.

Los resultados arrojados por el programa DC-CAD y por el programa SAFE 2014 para el cálculo de cantidades de concreto y acero se muestran en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Resumen de volúmenes de concreto para cada sistema de losa

CONCRETO M3/m2	maciza		nervada		losa columna	reticular	steel deck
	1 direccion	2 direcciones	1 direccion	2 direcciones			
columnas	0.016	0.018	0.014	0.018	0.025	0.019	0.020
vigas	0.135	0.117	0.141	0.164	0.021	0.125	0.115
losas	0.10	0.09	0.05	0.05	0.25	0.05	0.10
area de construccion m2	943.34	943.34	943.34	943.34	943.34	943.34	943.34
total m3 /m2=	0.251	0.225	0.205	0.233	0.297	0.194	0.235

Tabla 5. Resumen de cantidades de acero para cada sistema de losa

ACERO KG/m2	maciza		nervada		losa columna	reticular	steel deck
	1 direccion	2 direcciones	1 direccion	2 direcciones			
columnas	2.983	3.549	2.158	2.857	4.254	3.574	4.018
vigas	10.005	8.740	9.487	12.660	2.380	11.299	8.929
losas	2.888	2.599	0.627	0.697	21.458	0.767	1.533
area de construccion m2	943.34	943.34	943.34	943.34	943.34	943.34	943.34
total kg acero/m2 =	15.88	14.89	12.27	16.21	28.09	15.64	14.48

Tabla 6. Cantidad de aligerante en % por metro cuadrado de losa

ALIGERANTE M2	nervada		reticular
	1 direccion	2 direcciones	
Area total en planta	1030.02	1030.02	1030.02
area vacios	128.24	128.24	128.24
Area real	901.78	901.78	901.78
Area total de aligerante	659.60	739.40	716.87
aligerante/m2 %	73.14	81.99	79.50

Como se puede observar en la tabla 6 solo hay tres sistemas de losa que demandan aligerante y para este caso la losa nervada en dos direcciones es la que requiere una mayor cantidad de aligerante un 82% por cada metro cuadrado de superficie de losa.

5.2.1.5 Fase 4: Análisis de interpretación de resultados

En general, esta fase corresponde al estudio de los resultados obtenidos por medio de la metodología planteada de diseño de los diferentes sistemas de entrepiso seleccionados por el investigador con relación al enfoque metodológico adoptado en la misma.

Una vez aplicada la metodología, se procedió a realizar el tratamiento correspondiente para el análisis de los mismos, por cuanto la información que arrojó será la que indique las conclusiones a las cuales llega la investigación, por cuanto mostrará todos los requerimientos técnicos, de diseño y materiales de construcción que demandan cada uno de los diferentes sistemas considerados para este proyecto.

Posteriormente, se procedió a la elaboración de conclusiones, las cuales pueden ser punto de partida para futuras investigaciones que guarden relación con el tema.

5.2.1.6 Fase 5: Comunicación de los resultados

Toda investigación es un proceso público, incluyendo tanto los métodos empleados como los resultados. Al conocerse los resultados se permite que se critiquen y con ello que se enriquezca nuestra colaboración al saber científico. Ponencias en congresos o reuniones científicas, nacionales e internacionales, redacción de un artículo o informe sobre la investigación para publicar en una revista o libro. (psicologia online, 2014)

5.3 TECNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACION

El análisis de la información en el proceso investigativo, depende del enfoque y del tipo de investigación que se haya seleccionado, como también de los objetivos que se hayan planteado.

La estadística constituye una herramienta fundamental para el análisis de la información. Sin embargo es necesario precisar y seleccionar el tratamiento estadístico dependiendo del enfoque cuantitativo o cualitativo, de la escala de medición de las variables, de las hipótesis y de los objetivos. La estadística es fundamental para resolver problemas de descripción de datos, análisis de muestras, contrastación de hipótesis, medición de relaciones y predicciones. (gallardo , 1999)

5.3.1 Análisis cuantitativo

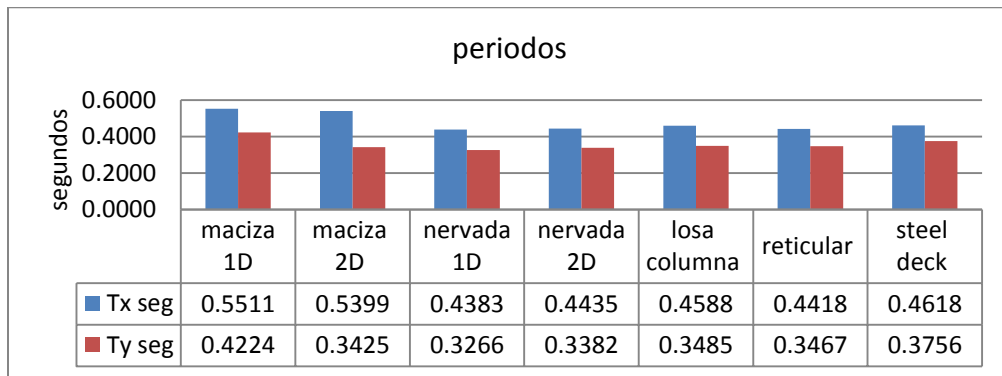
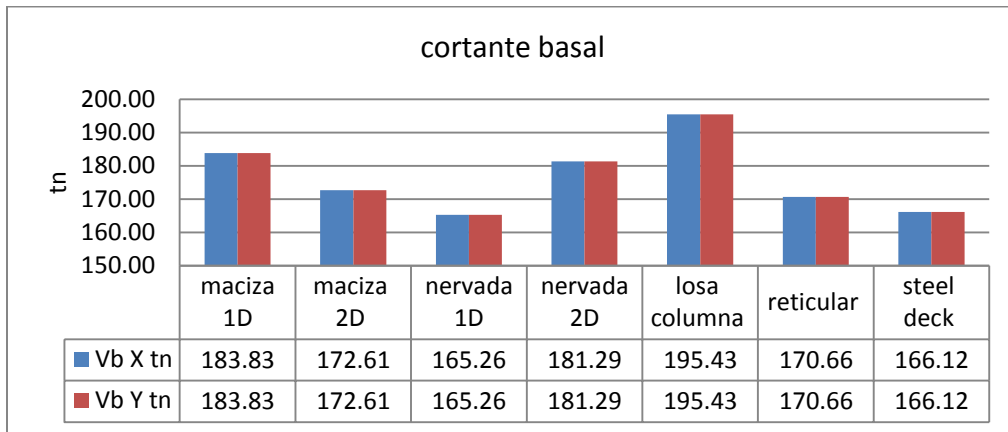
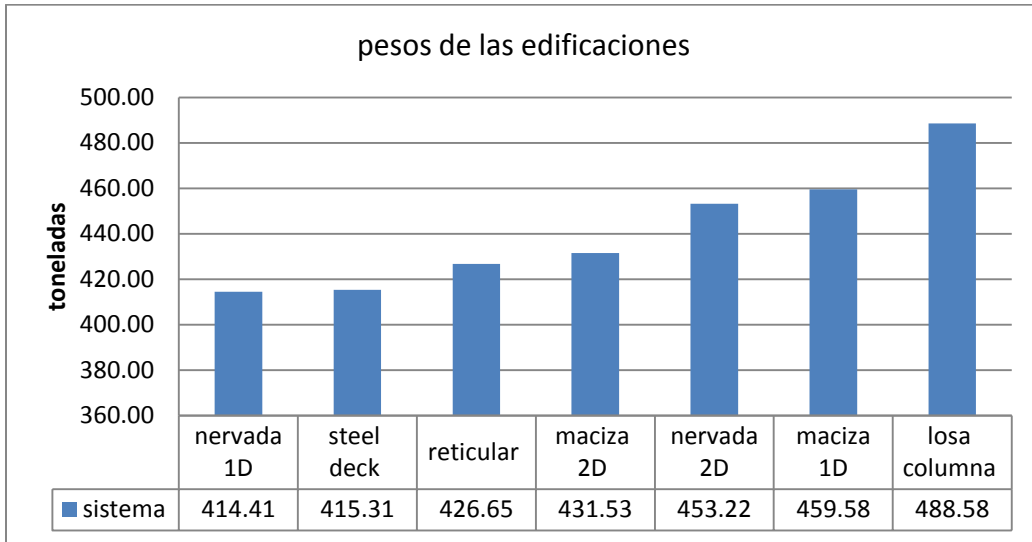
Con la información obtenida en la etapa de documentación se procedió a realizar cada diseño según las solicitudes del proyecto y posteriormente el análisis de los resultados de estos diseños, luego se calcularon las cantidades de obra que demanda cada tipo de sistema de entrepiso.

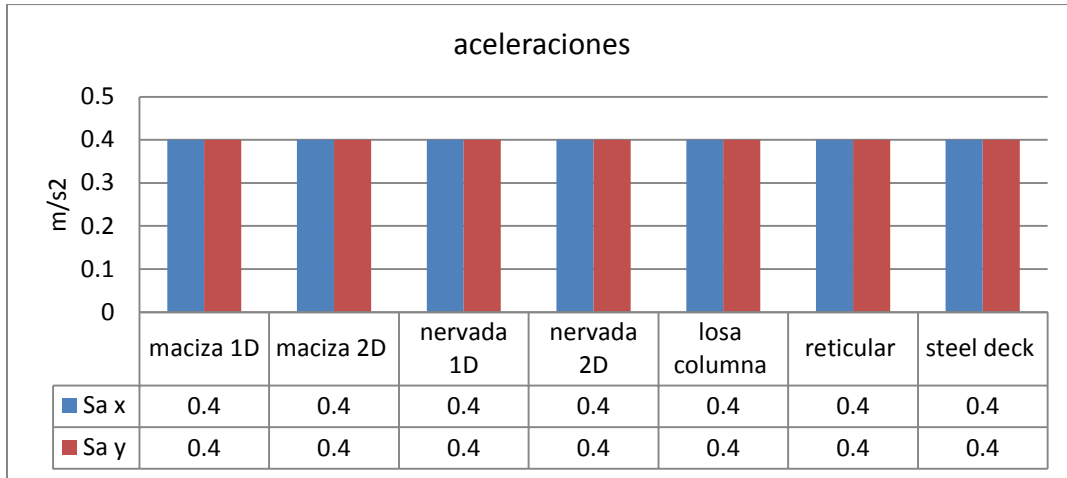
5.3.2 Análisis de costos

También es conocido como análisis de costo-beneficio o ACB, es una descripción detallada de los riesgos y las ganancias potenciales de un proyecto. Para realizarlo se procedió de la siguiente manera:

- ❖ Se definieron las unidades de costo del proyecto que serán el tiempo y la cantidad de dinero invertida como principales.
- ❖ Los costos se definieron con base a tablas actualizadas donde están definidos los precios de los materiales tangibles del proyecto previsto.
- ❖ Se realizó el análisis y comparación de los costos y los beneficios del proyecto.
- ❖ Se calculó el tiempo de amortización del proyecto.
- ❖ Con base en el análisis de costo beneficio (ACB) se tomó la decisión de cuál será el sistema de entrepiso más económico que se puede implementar en la edificación.

6 RESULTADOS





6.1 DERIVAS

❖ Losa maciza en una dirección

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements X					
Pisos	Z	ΔX	h piso	ΔX Max	Índice X
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.17	3	3.00	0.06
piso 4	12	0.36	3	3.00	0.12
piso 3	9	0.52	3	3.00	0.17
piso 2	6	0.62	3	3.00	0.21
piso 1	3	0.52	3	3.00	0.17

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements Y					
Pisos	Z	Δy	h piso	Δy Max	Índice Y
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.04	3	3.00	0.01
piso 4	12	0.07	3	3.00	0.02
piso 3	9	0.10	3	3.00	0.03
piso 2	6	0.11	3	3.00	0.04
piso 1	3	0.08	3	3.00	0.03

❖ Losa maciza en dos direcciones

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements X					
Pisos	Z	ΔX	h piso	ΔX Max	índice X
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.18	3.00	3.00	0.06
piso 4	12	0.40	3.00	3.00	0.13
piso 3	9	0.57	3.00	3.00	0.19
piso 2	6	0.65	3.00	3.00	0.22
piso 1	3	0.52	3.00	3.00	0.17

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements Y					
Pisos	Z	ΔY	h piso	ΔY Max	índice Y
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.12	3.00	3.00	0.04
piso 4	12	0.22	3.00	3.00	0.07
piso 3	9	0.31	3.00	3.00	0.10
piso 2	6	0.35	3.00	3.00	0.12
piso 1	3	0.22	3.00	3.00	0.07

❖ Losa nervada en una dirección

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements X					
Pisos	Z	ΔX	h piso	ΔX Max	Índice X
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.116074	3	3	0.039
piso 4	12	0.234889	3	3	0.078
piso 3	9	0.337617	3	3	0.113
piso 2	6	0.402426	3	3	0.134
piso 1	3	0.316988	3	3	0.106

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements Y					
Pisos	Z	ΔY	h piso	ΔY Max	Índice Y
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.1	3	3	0.033
piso 4	12	0.16	3	3	0.053
piso 3	9	0.22	3	3	0.073
piso 2	6	0.25	3	3	0.083
piso 1	3	0.15	3	3	0.050

❖ Losa nervada en dos direcciones

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements X					
pisos	Z	ΔX	h piso	ΔX Max	Índice X
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.001603	3	3	0.001
piso 4	12	0.003306	3	3	0.001
piso 3	9	0.004751	3	3	0.002
piso 2	6	0.005793	3	3	0.002
piso 1	3	0.005332	3	3	0.002

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements Y					
pisos	Z	ΔY	h piso	ΔY Max	Índice
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.001021	3	3	0.000
piso 4	12	0.00187	3	3	0.001
piso 3	9	0.002615	3	3	0.001
piso 2	6	0.003019	3	3	0.001
piso 1	3	0.002254	3	3	0.001

❖ Sistema Losa columna

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements X					
Pisos	Z	ΔX	h piso	ΔX Max	Índice X
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.20	3.00	3.00	0.07
piso 4	12	0.41	3.00	3.00	0.14
piso 3	9	0.55	3.00	3.00	0.18
piso 2	6	0.63	3.00	3.00	0.21
piso 1	3	0.45	3.00	3.00	0.15

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements Y					
Pisos	Z	Δy	h piso	Δy Max	Índice Y
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.13	3.00	3.00	0.04
piso 4	12	0.23	3.00	3.00	0.08
piso 3	9	0.30	3.00	3.00	0.10
piso 2	6	0.31	3.00	3.00	0.10
piso 1	3	0.19	3.00	3.00	0.06

❖ Sistema reticular celularo

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements X					
Pisos	Z	ΔX	h piso	ΔX Max	Índice X
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.179	3.000	3.000	0.060
piso 4	12	0.346	3.000	3.000	0.115
piso 3	9	0.493	3.000	3.000	0.164
piso 2	6	0.577	3.000	3.000	0.192
piso 1	3	0.422	3.000	3.000	0.141

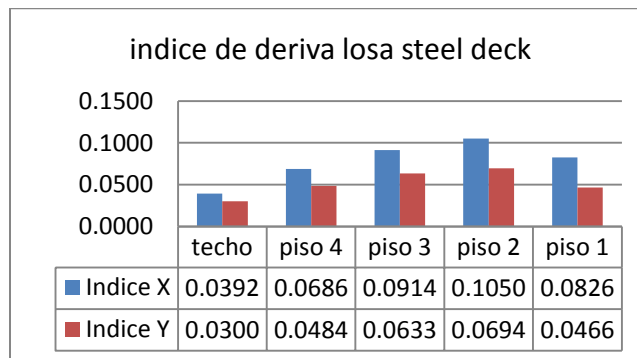
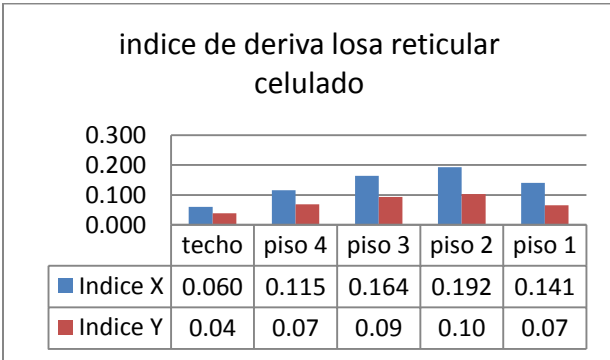
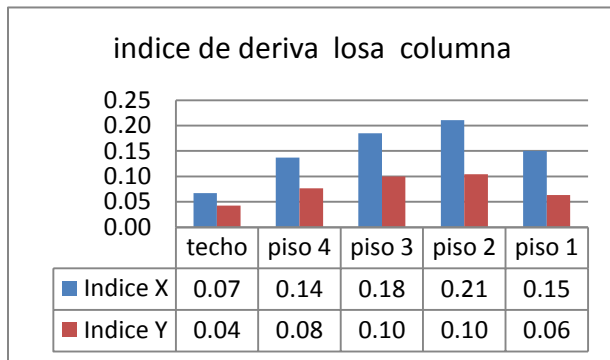
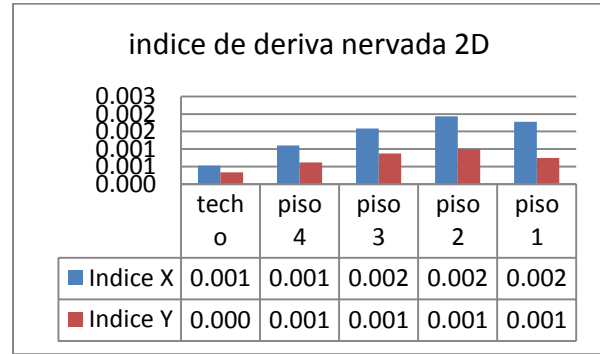
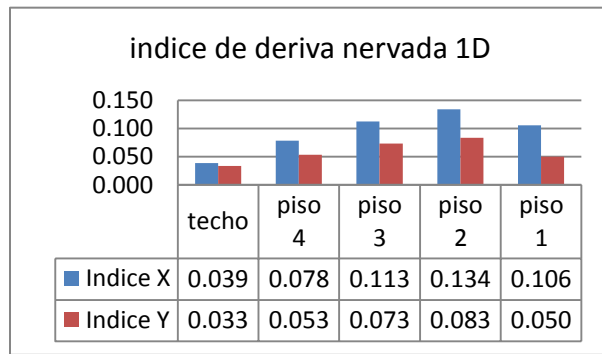
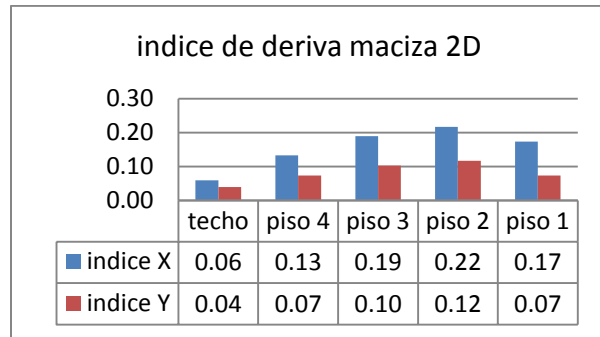
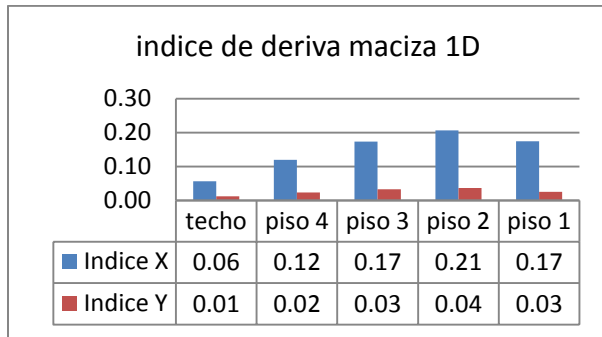
TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements Y					
Pisos	Z	Δy	h piso	Δy Max	Índice Y
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.12	3.00	3.00	0.04
piso 4	12	0.21	3.00	3.00	0.07
piso 3	9	0.28	3.00	3.00	0.09
piso 2	6	0.31	3.00	3.00	0.10
piso 1	3	0.20	3.00	3.00	0.07

❖ Losa Steel deck

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements X					
Pisos	Z	ΔX	h piso	ΔX Max	Índice X
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.1176	3	3	0.0392
piso 4	12	0.2058	3	3	0.0686
piso 3	9	0.2741	3	3	0.0914
piso 2	6	0.3151	3	3	0.1050
piso 1	3	0.2478	3	3	0.0826

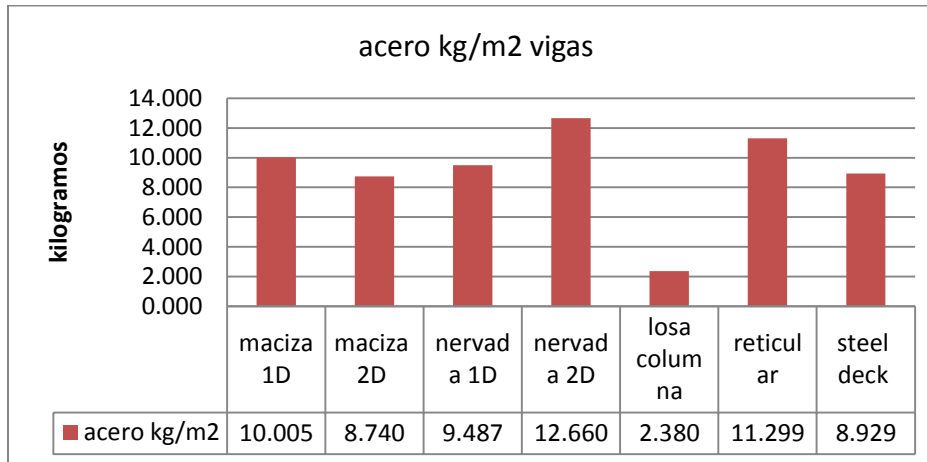
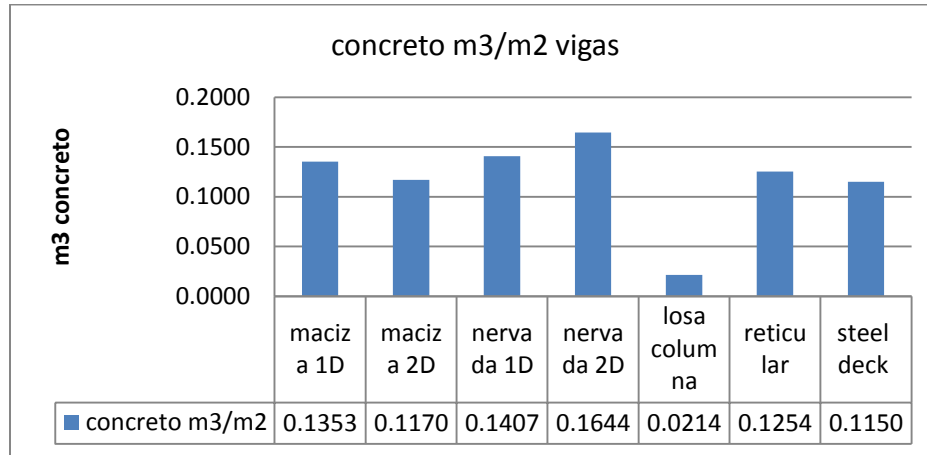
TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements Y					
Pisos	Z	Δy	h piso	Δy Max	Índice Y
	m	cm	m	cm	
techo	15	0.0900	3	3	0.0300
piso 4	12	0.1453	3	3	0.0484
piso 3	9	0.1899	3	3	0.0633
piso 2	6	0.2083	3	3	0.0694
piso 1	3	0.1399	3	3	0.0466

ÍNDICES DE DERIVAS

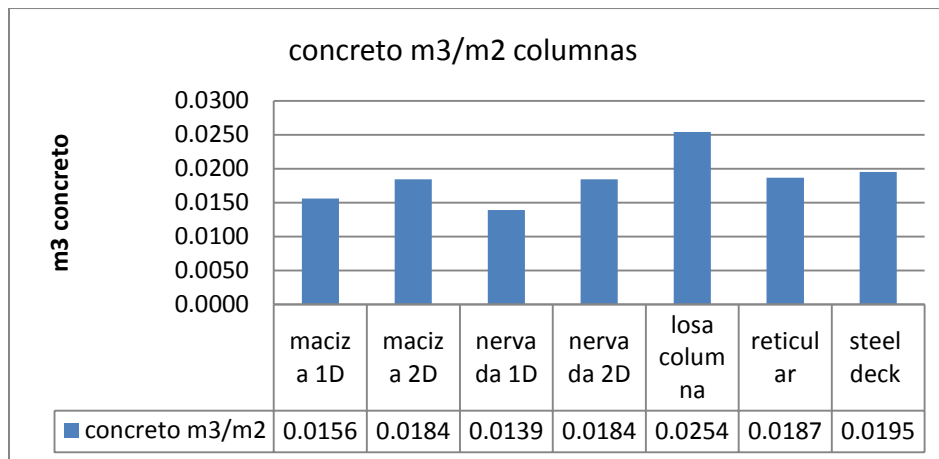


6.2 CUANTÍAS DE CONCRETO Y ACERO POR METRO CUADRADO

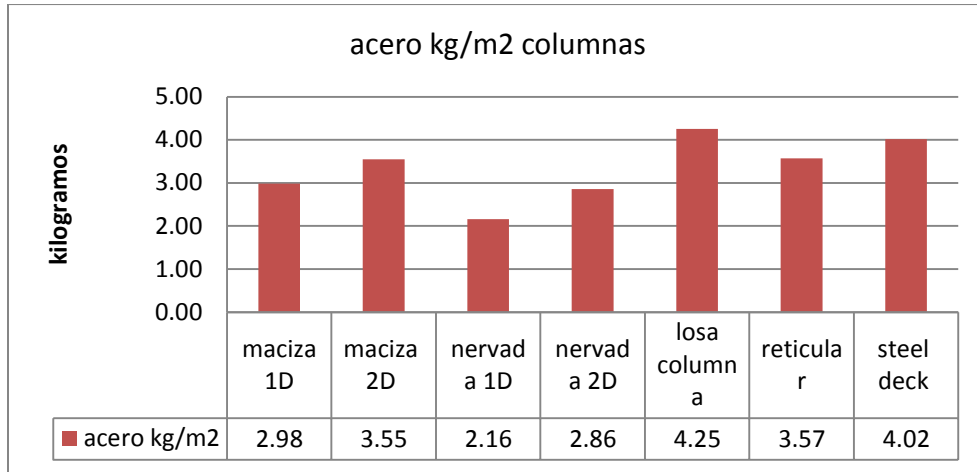
❖ Vigas



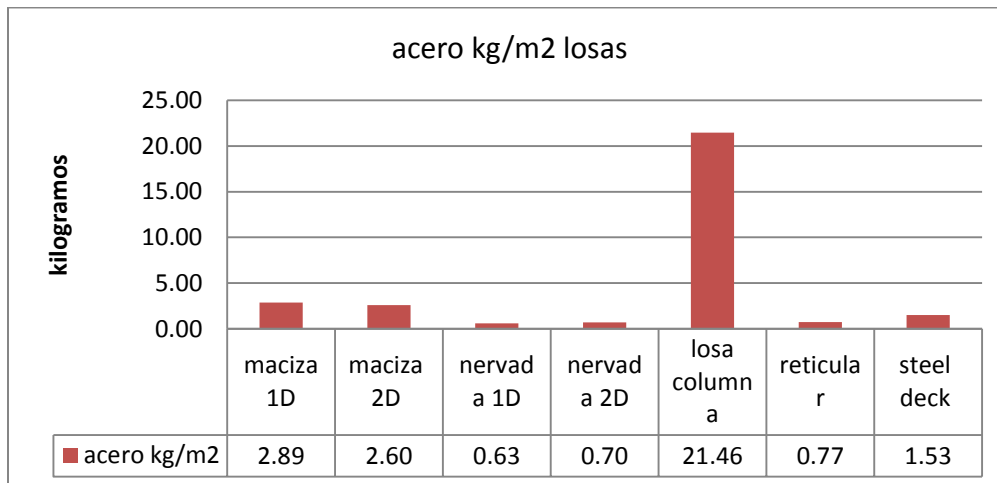
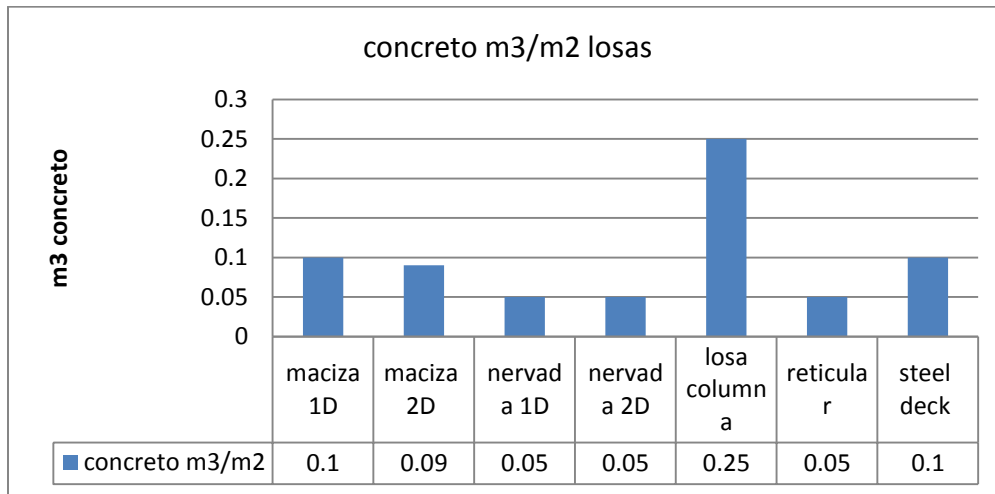
❖ Columnas



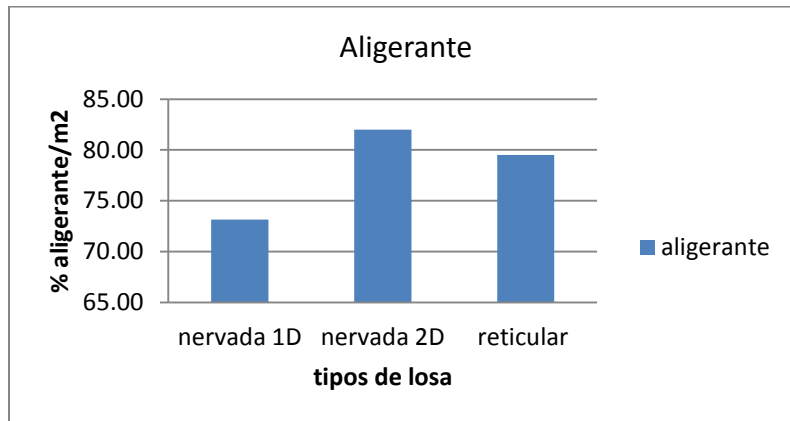
Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia



❖ Losas

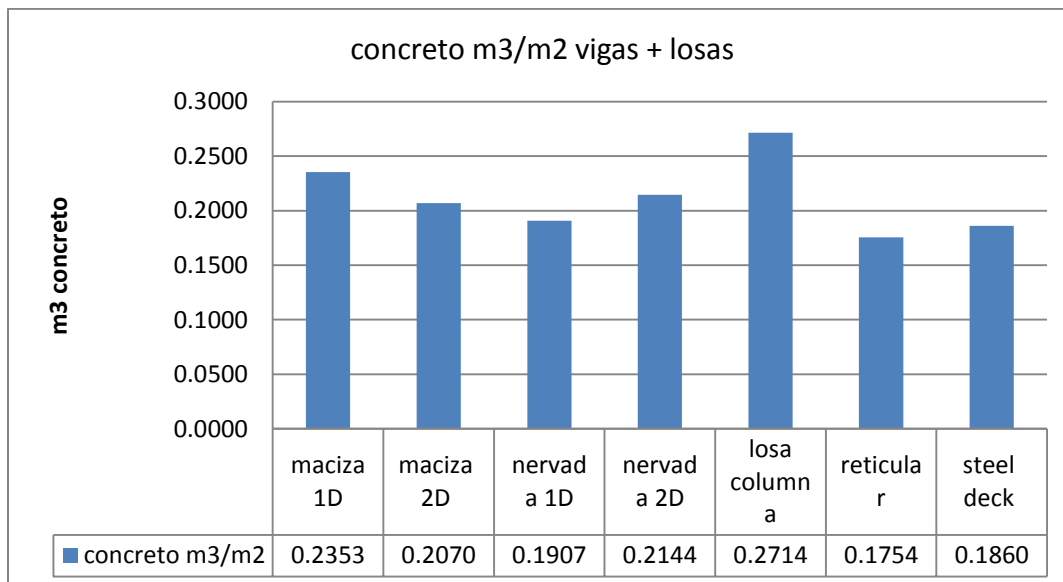


Análisis de costos de los sistemas de entepiso más utilizados en Colombia

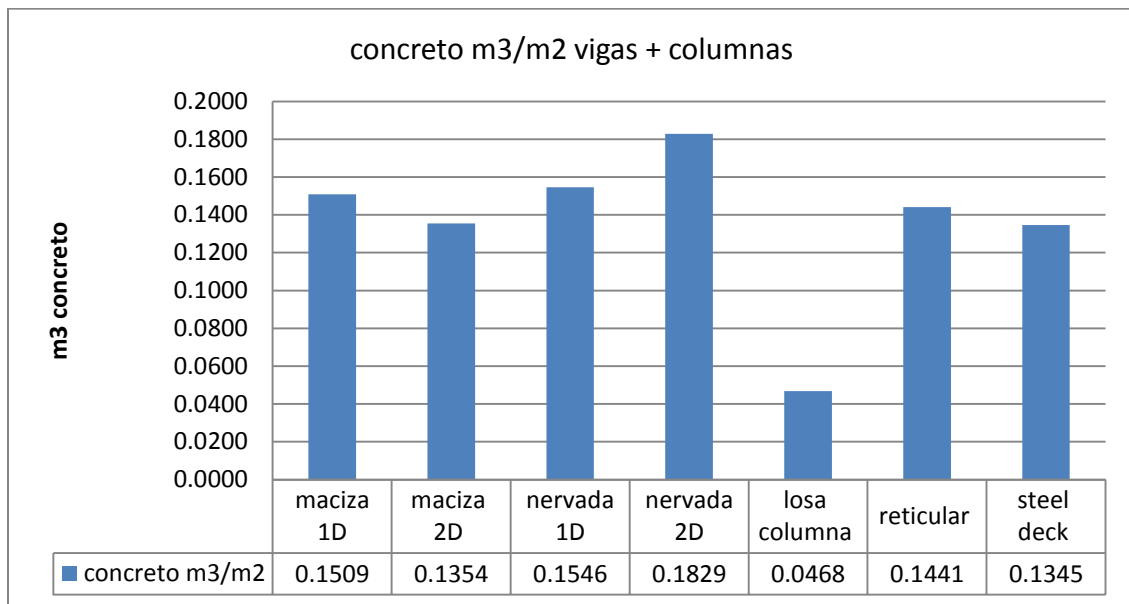
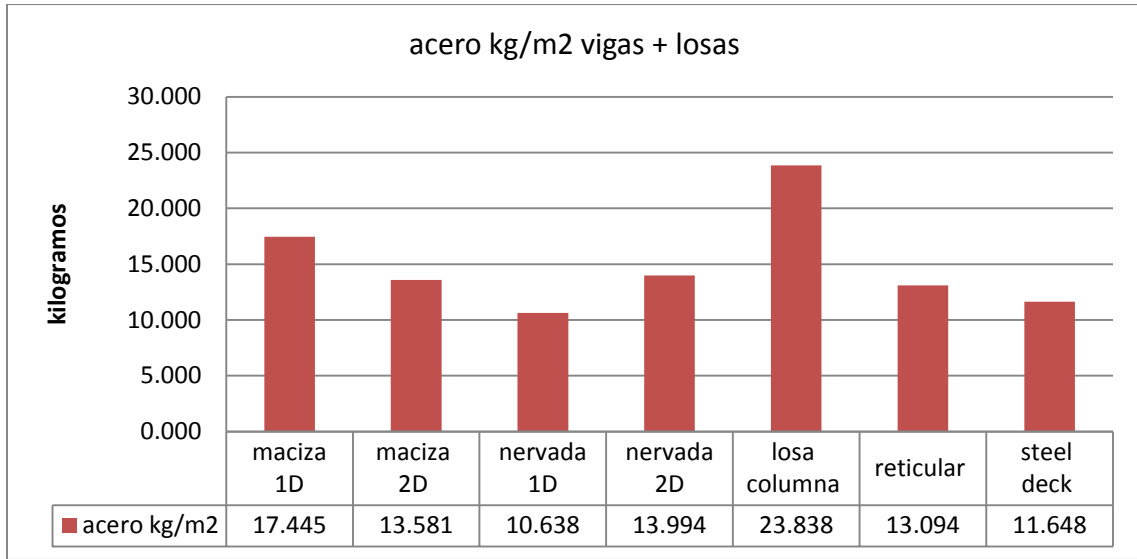


Cabe resaltar que el aligerante que se tomó como referencia para utilizar en este proyecto será de poliestireno para los sistemas que lo demandan que en este caso solo son los sistemas nervados en una y dos direcciones y la losa reticular. De la tabla 6 podemos observar que el sistema que demanda un mayor consumo de aligerante por cada metro cuadrado de superficie de losa es la losa nervada en dos direcciones con un porcentaje aproximado de 82% de la superficie total de un metros cuadrados.

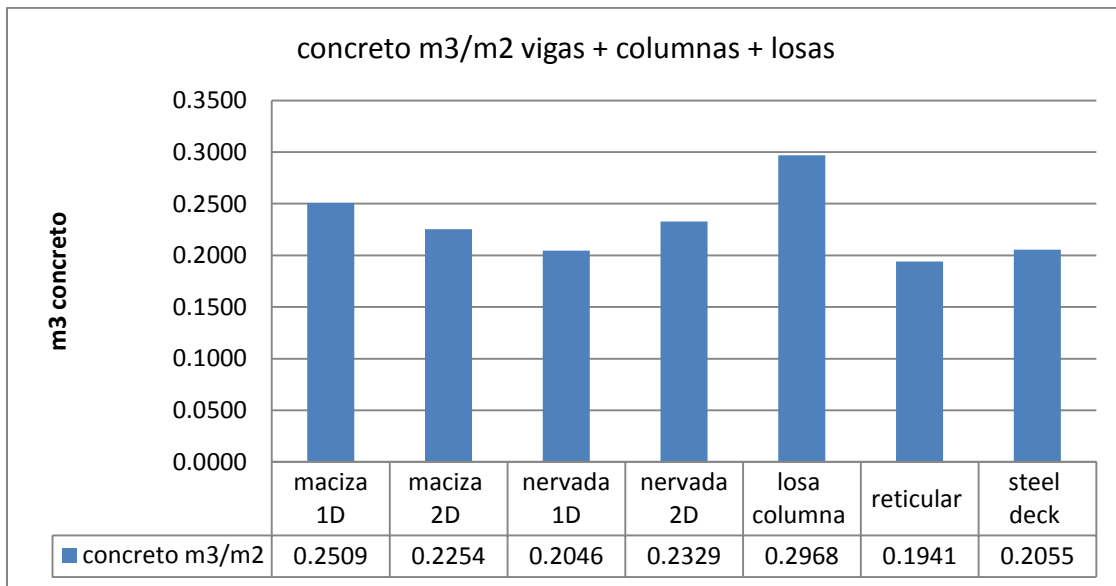
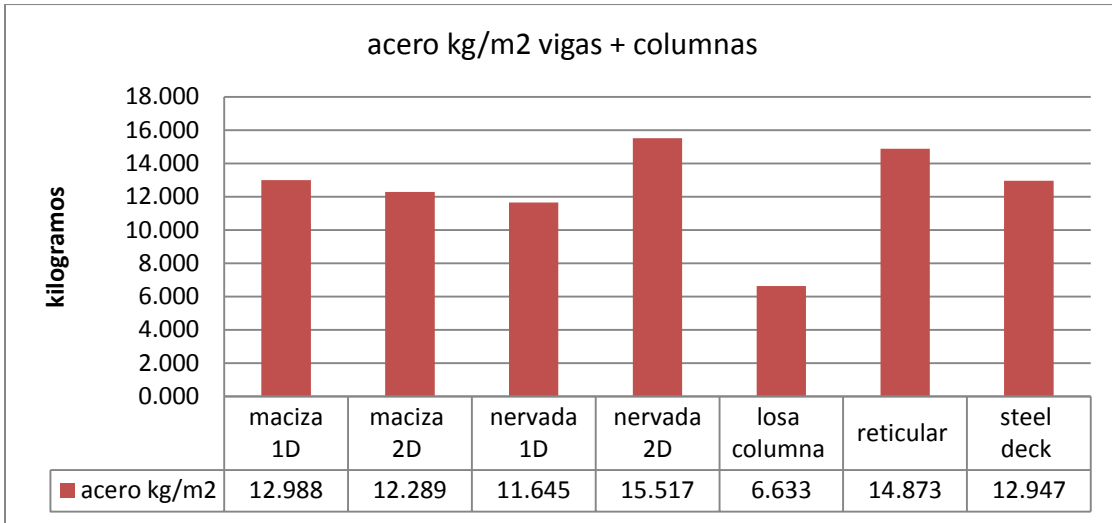
❖ Combinadas



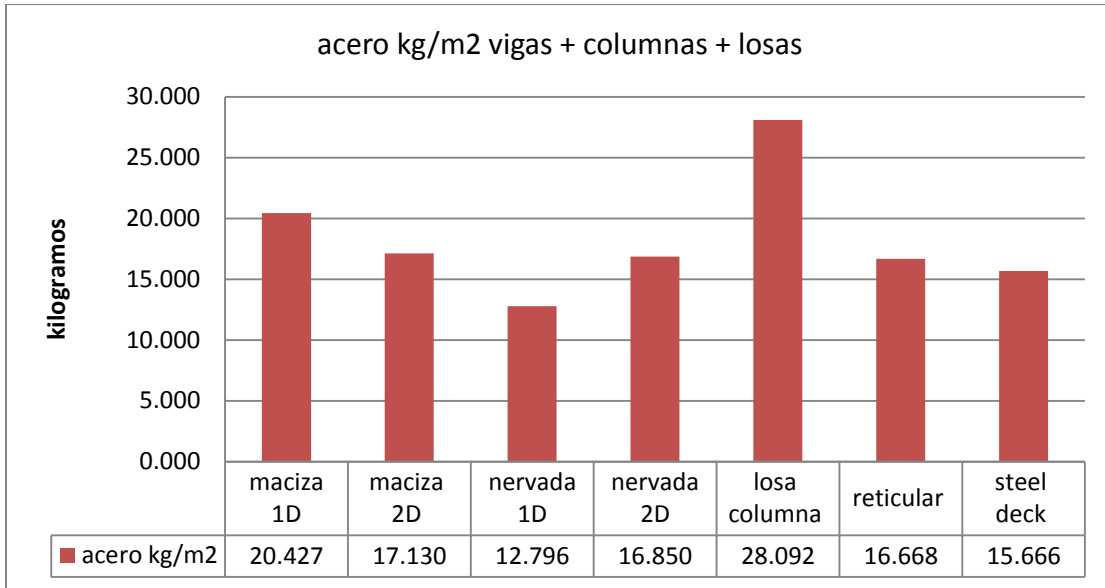
Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia



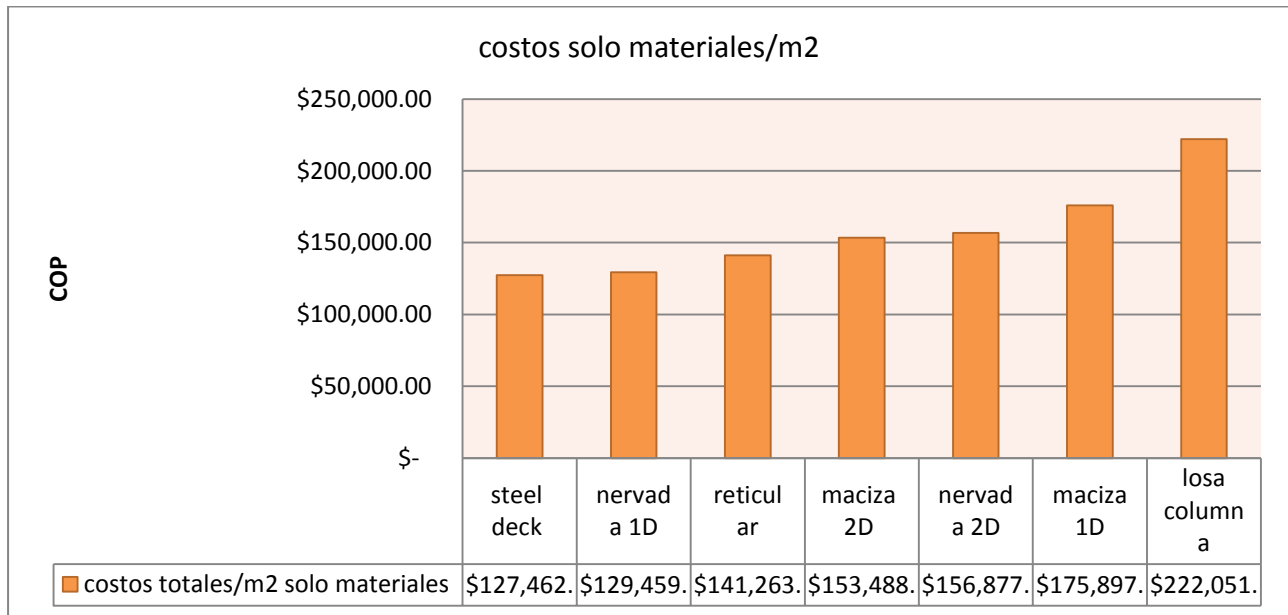
Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia



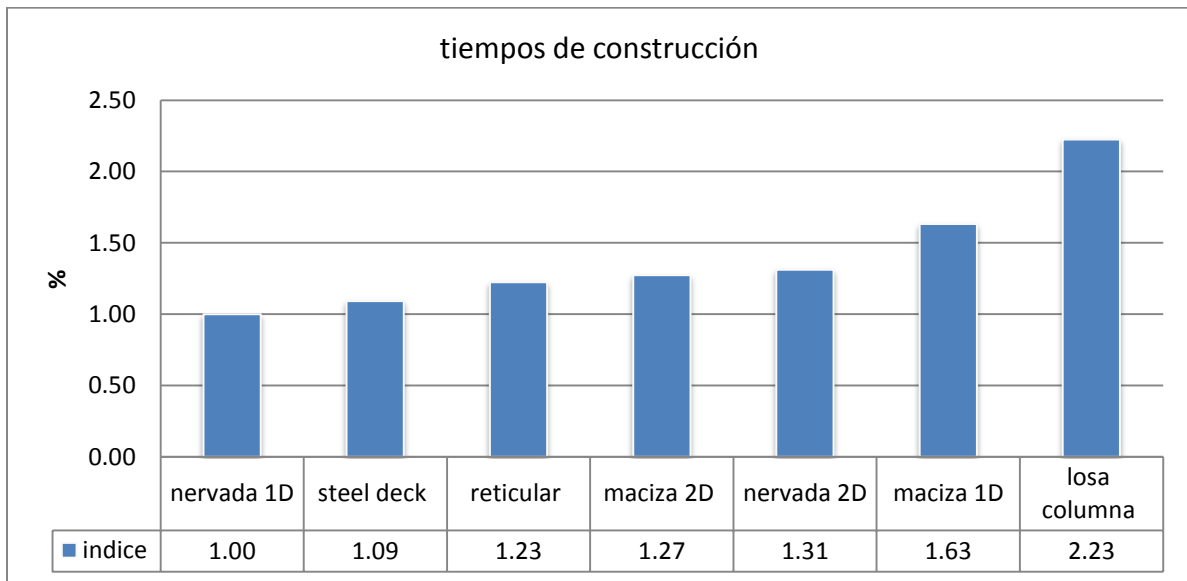
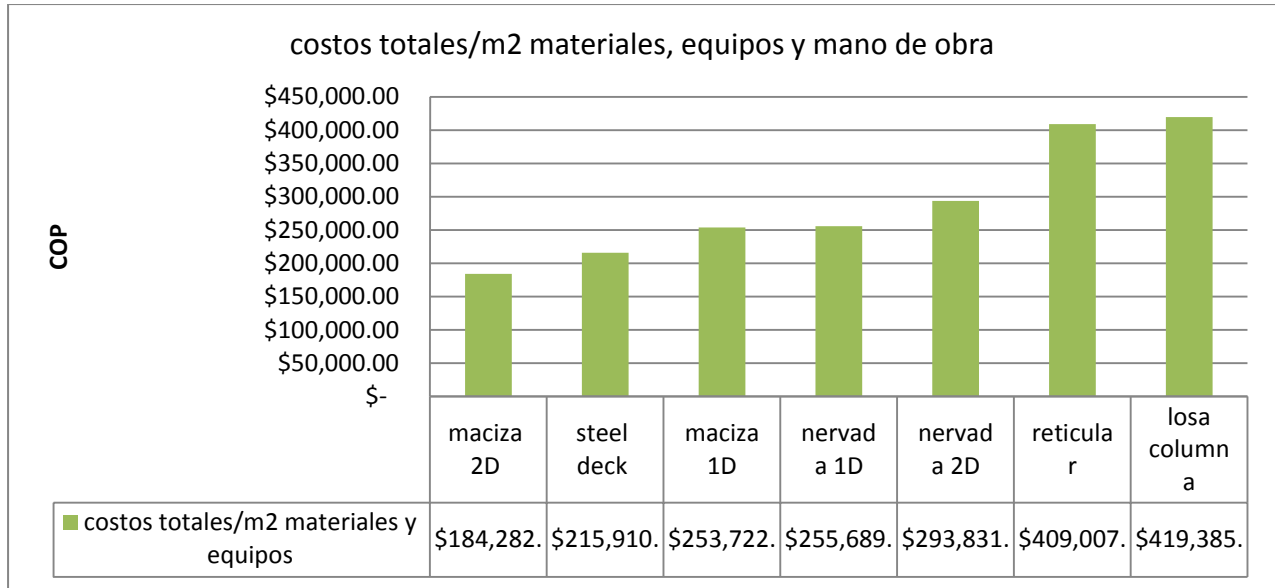
Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia



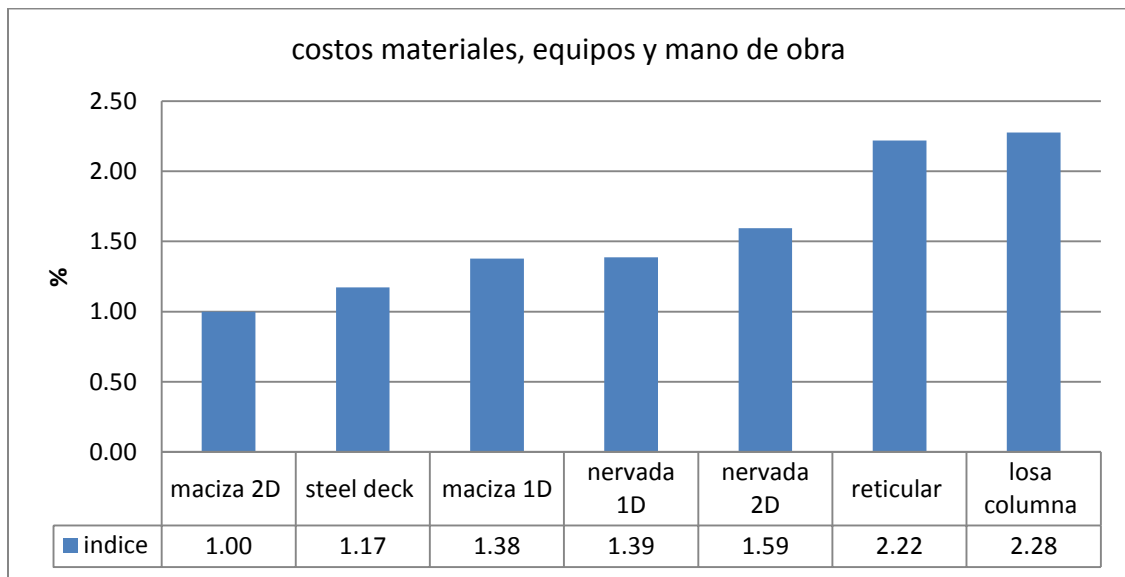
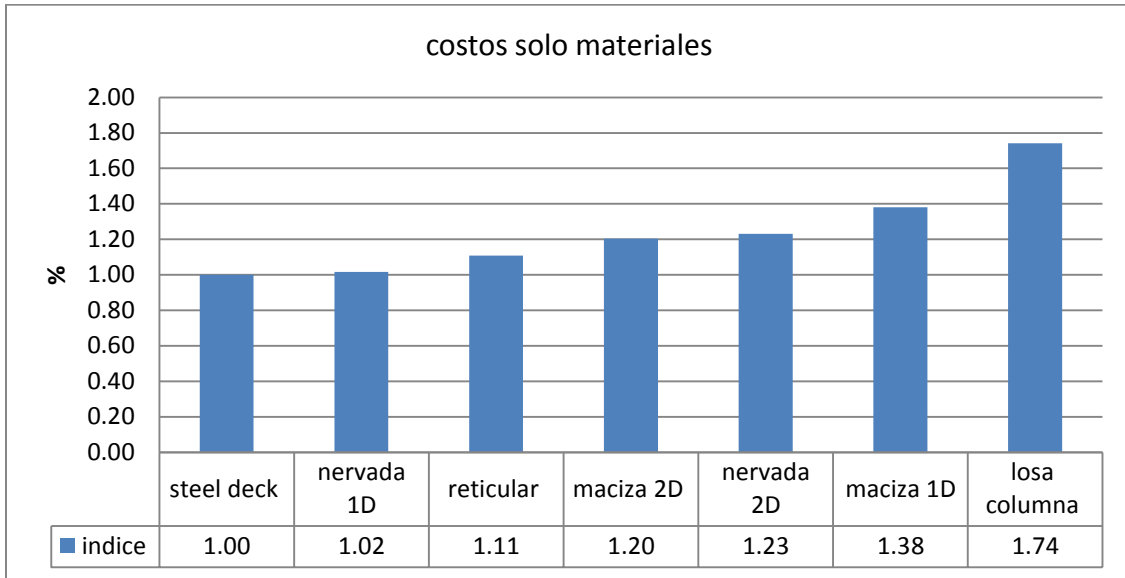
6.3 COSTOS E INDICADORES



Análisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia



INDICES



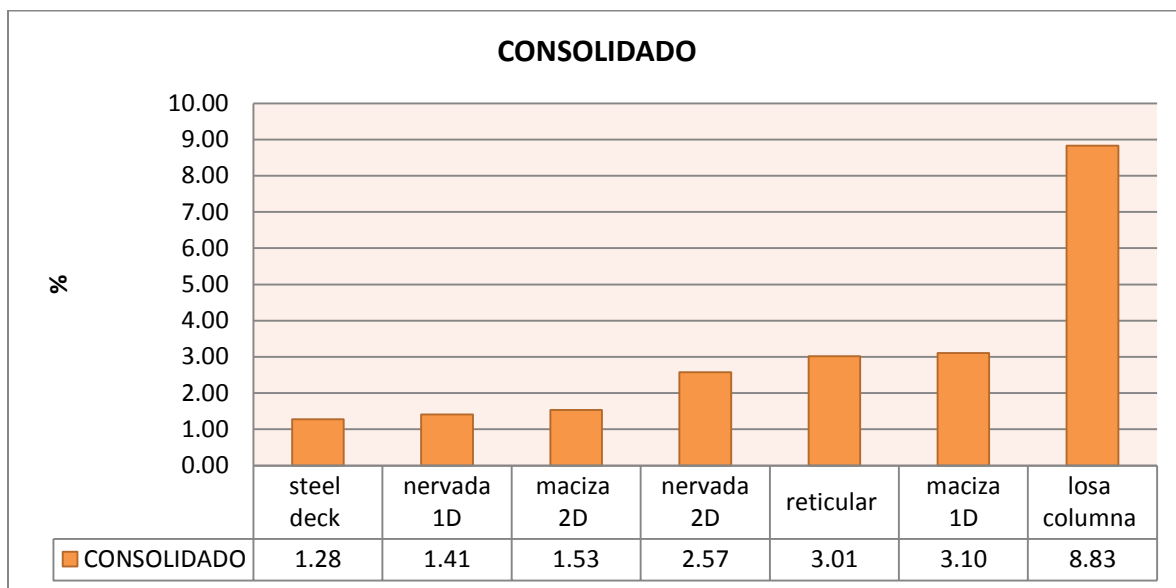
En la tabla 7 se muestra una serie de índices comparativos entre los diferentes factores que influyen directamente en el costo final de una edificación, como lo es el costo de los materiales, el costo de los equipos, la mano de obra y el tiempo de construcción de la obra. Basándonos en ellos y determinando el valor de cada uno para cada sistema de losa, se puede determinar el aumento en porcentaje con respecto a los demás tomando como referencia el de menor valor y asignándole un valor de uno (1) y de allí calcular su equivalencia con respecto a los demás.

Análisis de costos de los sistemas de entropiso más utilizados en Colombia

Una vez realizado esto se toma el producto entre cada uno de ellos ya que son mutuamente independientes y se le asigna un consolidado final que indica el orden de los costos finales para cada sistema de losa.

Tabla 7. Índices

sistema	costos solo materiales	costos materiales y equipos m. de obra	tiempos de construcción	CONSOLIDADO
maciza 1D	1.38	1.38	1.63	3.10
maciza 2D	1.20	1.00	1.27	1.53
nervada 1D	1.02	1.39	1.00	1.41
nervada 2D	1.23	1.59	1.31	2.57
losa columna	1.74	2.28	2.23	8.83
reticular	1.11	2.22	1.23	3.01
steel deck	1.00	1.17	1.09	1.28



7 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en la realización de esta investigación podemos concluir lo siguiente:

Se determinó que el sistema de entrepiso más económico es el sistema steel deck o de lámina colaborante, debido a que al emplear este sistema en una estructura aporticada demanda una menor cantidad de elementos de soporte secundarios que ayudan a la losa, además de que la lámina metálica colaborante absorbe gran parte los momentos positivos de la losa, reduciendo así la demanda de acero de refuerzo para esta y además cumple la función de formaleta al momento de fundir la losa, y genera un ahorro en alquiler de formaletería para losas.

Pese a que dentro de los alcances de esta investigación no se contempla la cimentación, quedaría abierto el argumento para posteriores investigaciones que determinarían como se vería afectado el costo de cada sistema si incluiríamos los costos de los cimientos ya que al implementar un tipo específico de losa esta le aporta un peso específico diferente al peso que le añadiría si se usa un tipo de losa diferente, demandando así una cimentación de mayor o menor tamaño según el tipo de losa que sea implementada.

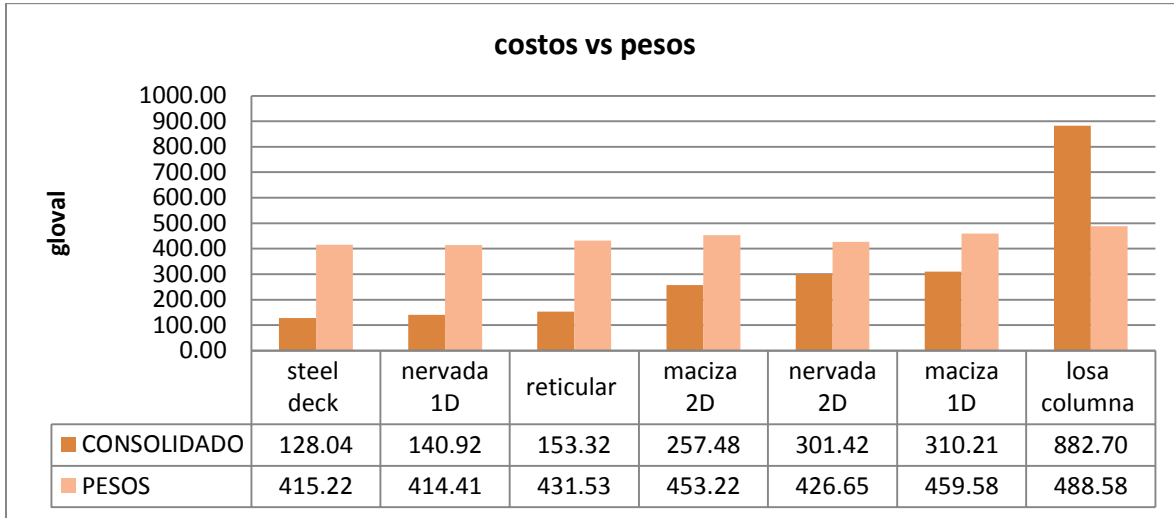
El sistema de losa nervada en una dirección es la segunda más económica con una diferencia del 13% por encima de la losa steel deck, y en tercer lugar el sistema de losa maciza en dos direcciones con un porcentaje del 12% por encima de la nervada en una dirección, ya que este es uno de los más utilizados por que permite el ahorro del aligerante y demanda una menor cantidad de acero en el refuerzo de la losa. Lo que plantearía que al momento de la escogencia de entre cualquiera de los sistemas se podría tener en cuenta los siguientes aspectos.

- ❖ El aumento del porcentaje de 13 % no elevaría los costos en gran magnitud cuando la edificación es de baja altura como lo es la edificación contemplada en esta investigación, lo que indica que dicho aumento en el porcentaje si afectaría el valor total de la obra cuando la edificación sea de mediana o gran altura.
- ❖ Los tiempos de ejecución de cada sistema de losa sería un factor determinante ya que la losa steel deck se construye mucho más rápido que la losa nervada en una dirección y la losa maciza en dos direcciones debido a que la lámina colaborante es usada como formaleta lo que permite fundir los elementos mucho más rápido y conlleva a un ahorro

en el alquiler de equipos para Fomaleteria, pago a trabajadores, maquinaria entre otros gastos directos e indirectos.

- ❖ Preferencia del cliente o por recomendaciones arquitectónicas, estos aspectos son importantes ya que el cliente puede estar interesado en algún tipo específico de acabado final para la edificación, por lo cual podría escoger cualquiera dentro de los diferentes sistema de losa de los contemplados en esta investigación, como lo es la losa maciza en una dirección o la losa nervada en una dirección que son los consecutivos más económicos después de la losa steel deck.
- ❖ El uso que vaya a tener la edificación también es un factor decisivo a la hora de la escogencia de un tipo de sistema de losa, ya que en instalaciones gubernamentales o de tipo militar se podría demandar un sistema de losa con gran robustez para soportar grandes cargas horizontales como las que se pueden presentan en bodegas de almacenamiento para lo cual el sistema losa columna seria el ideal a soportar este tipo de cargas.

8 RECOMENDACIONES



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se puede ver con facilidad que el sistema de losa que hace más liviana la estructura no es el más económico como se podría pensar en primera instancia e incluso el sistema que demanda un menor costo por materiales consumidos tampoco es el más económico al final, lo que quiere decir que al momento de escoger un sistema de losa hay que tener en cuenta diferentes factores que al final modificaran el costo de una edificación como lo son la maquinaria, los equipos, la mano de obra y los tiempos de construcción que demandan cada una para su ejecución.

Se deberá determinar la dimensión de los cimientos que demandaría el peso de cada estructura por la escogencia de un tipo específico de sistema de losa, para así evaluar cuál será el costo de dichos cimientos y luego analizar y finalmente escoger cual sería el sistema de losa optimo a implementar según los resultados obtenidos por la presente investigación.

El tiempo de ejecución de cada sistema de losa es un factor clave a la hora escoger un sistema u otro, se deberá evaluar cuál de los sistemas demanda un tiempo de ejecución menor ya que en el momento de la construcción de cualquier obra se tendrá un menor costo en equipos, mano de obra y financiación si la edificación se termina en un menor tiempo.

La escogencia de un determinado sistema de losa no solamente estaría basado por criterios económicos también se deberá tener en cuenta las necesidades que tenga el cliente, criterios

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

establecidos por la experticia del ingeniero diseñador, condiciones establecidas por los arquitectos, el uso que se le vaya a dar a la edificación, el lugar donde esta estará ubicada la obra.

Se recomienda una interacción desde el anteproyecto arquitectónico entre los arquitectos diseñadores y los ingenieros estructurales para que el ingeniero marque las pautas a seguir basado en sus conocimientos y experiencia, y demás tenerlo como consultor trabajando de la mano con los arquitectos.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

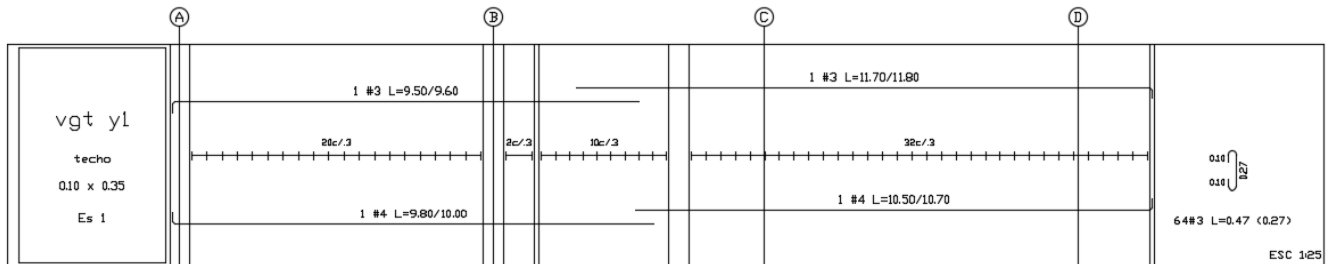
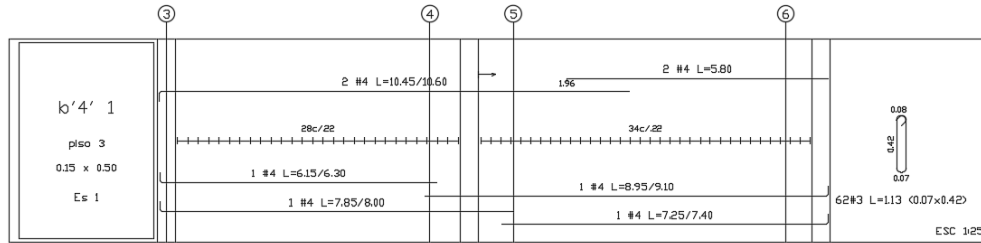
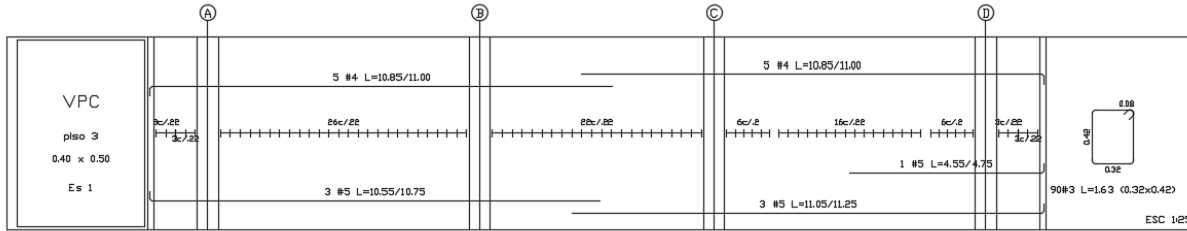
- LEÓN BARRÍA, J. G. (2013). *DISEÑO, FABRICACIÓN Y ENSAYO DE UNA LOSA DE HOMIGON LIVIANO CON POLIESTIRENO*. Chile : universidad austral de Chile .
- NARANJO LARREA, O. (1 de febrero de 2012). *GOUKICIVIL*. Recuperado el 29 de agosto de 2015, de GOUKICIVIL: <https://goukicivil.wordpress.com/>
- colciencias . (20 de marzo de 2013). *colciencias.gov.co*. Recuperado el 29 de agosto de 2015, de colciencias.gov.co: <http://www.colciencias.gov.co/faq/qu-es-un-proyecto-de-investigacion-cientifica-y-tecnologica>
- consuegra, j. g. (2002). *presupuestos de construccion* . bogota : bhandar editores.
- Department of Civil Engineering,. (2015). comportamiento sismico de conexiones sometidas a punzonamiento cortante en sistemas de losa plana . *Journal of Engineering and Technology*, 1-8.
- documento EE4. (8 de febrero de 2009). *ocw.upm.es*. Recuperado el 11 de septiembre de 2015, de ocw.upm.es: http://ocw.upm.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/practica-en-proyecto-de-estructuras-de-hormigon/material-de-clase-1/documentos/7-proyecto-de-elementos-estructurales/ee4_forjados_reticulares_2009.pdf
- gallardo , y. (1999). analisis de la informacion. En y. gallardo , *analisis de la informacion* (págs. 25-25). medellin : ICFES .
- inti . (2 de enero de 2010). *inti.gob.ar*. Recuperado el 11 de septiembre de 2015, de inti.gob.ar: <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/Capitulo20.pdf>
- madera , i. (2014). Propuesta de entrepiso para viviendas de uno y dos pisos en. *Ingeniería y Competitividad*, 1-10.
- medina , j. (2013). *sistemas estructurales* . caracas : universida de los andes .
- molina , f. (2015). Comparative analysis of the assessment. *researchgate* , 1-7.
- platinium. (2010). sistema de losas pretensadas . *platinium* , 1.
- psicologia online. (1 de enero de 2014). *psicologia online.com*. Recuperado el 24 de septiembre de 2015, de psicologia online.com: <http://www.psicologia-online.com/pir/comunicacion-de-resultados.html>
- ramos ruguel , m. (2002). *analisis tecnico economico de losas de entrepiso* . piura : universidad de piura .
- Razura, A. B. (2012). *costos y presupuesto*. mixico: instituto tecnologico de tepic.
- reglamento colombiano de construccion sismo resistente. (2010). *NSR-10*. bogota : asociacio colombiana de ingenieria sismica.
- Ruiz Villafaña., A. T. (25 de enero de 2011). <http://www.buenastareas.com/>. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de <http://www.buenastareas.com/>: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Importancia-Del-An%C3%A1lisis-De-Costos-En/1566592.html>

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

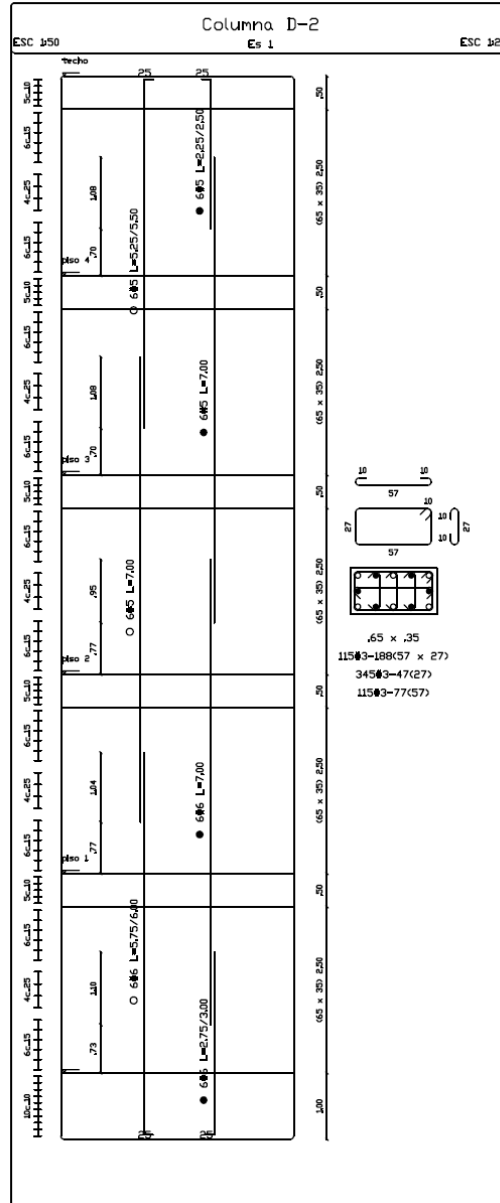
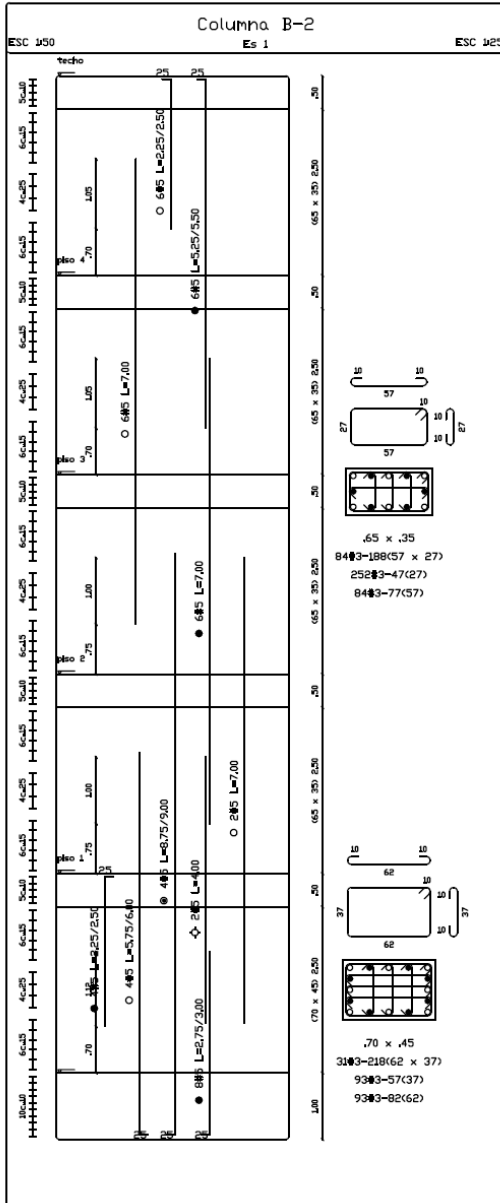
serrano zelada , o. (2015). analisis y diseño de losas . *academia* , 3-7.

10 ANEXOS

10.1 Despieces típicos de vigas

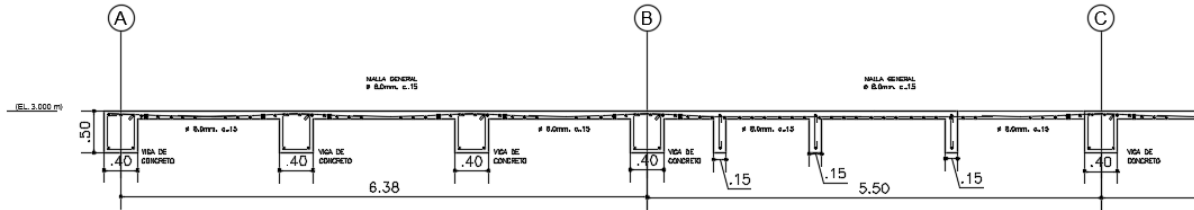


10.2 Despieces típicos de secciones para columnas

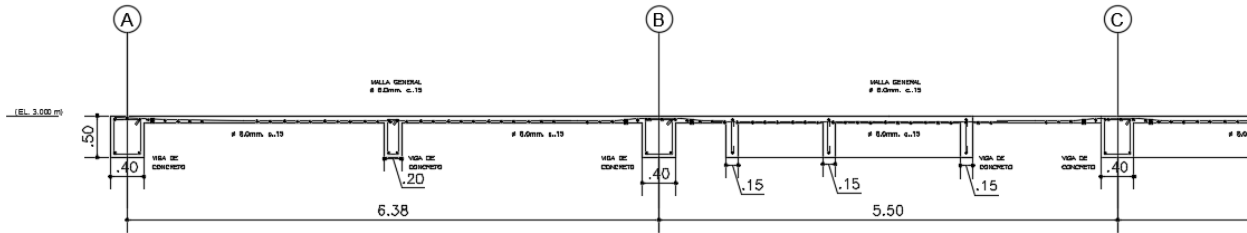


10.3 Despiece de losas

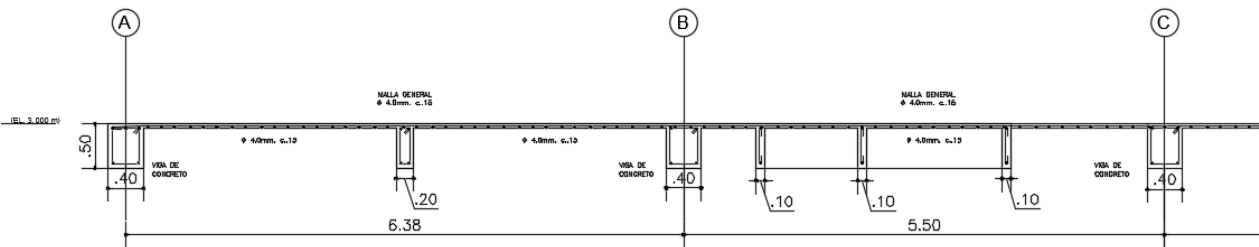
SECCIÓN TÍPICA DE PLACA MACIZA EN UNA DIRECCIÓN
ESPESOR PLACA = 10 cm ESD1029



SECCIÓN TÍPICA DE PLACA MACIZA EN DOS DIRECCIONES
ESPESOR PLACA = 8 cm ESD1028

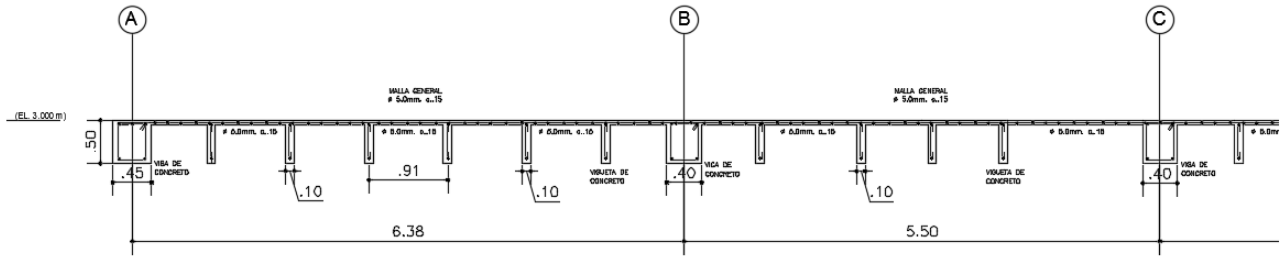


SECCIÓN TÍPICA DE PLACA NERVADA EN UNA DIRECCIÓN
ESPESOR PLACA = 9 cm ESD1026

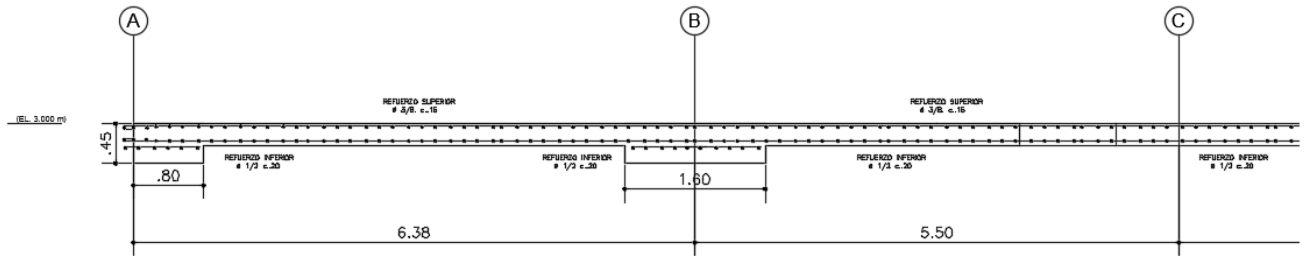


Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia

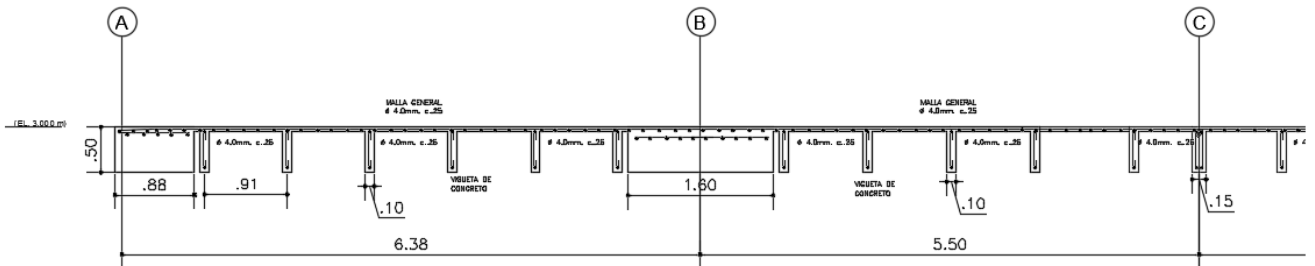
SECCIÓN TÍPICA DE PLACA NERVADA EN DOS DIRECCIONES
 ESPESOR PLACA = 8 cm EBO1:25



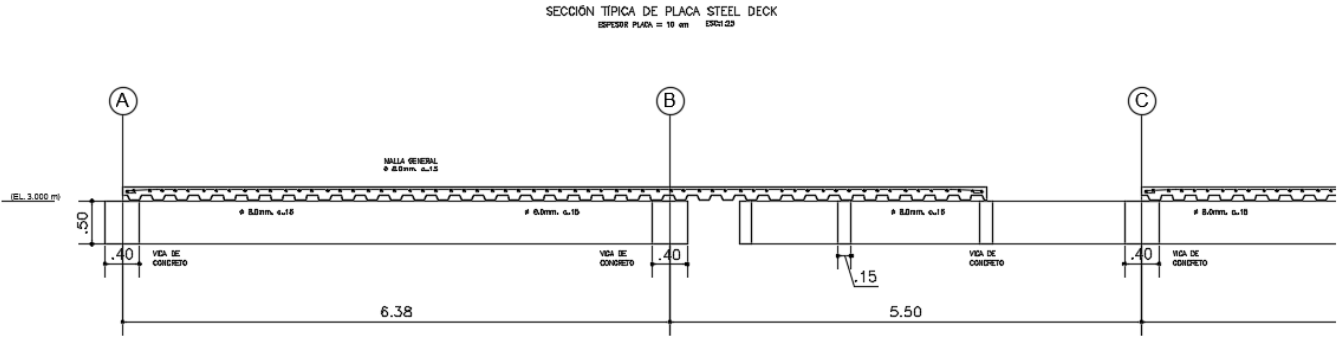
SECCIÓN TÍPICA DE PLACA LOSA COLUMNA
 ESPESOR PLACA = 16 cm EBO1:25



SECCIÓN TÍPICA DE PLACA RETICULAR CELULADO
 ESPESOR PLACA = 8 cm EBO1:25



Analisis de costos de los sistemas de entpiso mas utilizados en Colombia



10.4 Formatos APU materiales y elementos estructurales

NUMERO DEL ITEM:					Unidad:	M3
DESCRIPCION:	Concreto basico de 3000 psi 1:2:3					
EQUIPO						
Descripcion	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Vr. Unit.	Vr Parcial	
Mezcladora	Trompo	60,000.00	4.00	15,000.00		
Herramientas menores				1,000.00		
					Subtotal	16,000.00
MATERIALES EN OBRA						
Descripcion	Unidad	Prec. Unit.	Cantid.	Vr. Unit.	Vr Parcial	
Cemento	kg	500.00	350.00	175,000.00		
Arena	m3	50,000.00	0.60	30,000.00		
Agregado	m3	110,000.00	0.86	94,600.00		
Agua	lt	20.00	210.00	4,200.00		
					Subtotal	303,800.00
TRANSPORTES						
Descripcion	Vol.pes.Can	Dist.	M3-Km	Tarifa	Vr Unit.	Vr Parcial
Transporte cemento	350 kg			50.00	17,500.00	
					Subtotal	17,500.00
MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jor. Total	Rend.	Vr Unit.	Vr Parcial
3 ayudantes de albañileria	54,000.00	43,200.00	97,200.00	5.00	19,440.00	
1 oficial de albañileria	35,000.00	28,000.00	63,000.00	5.00	12,600.00	
	-	-	-			
					Subtotal	32,040.00
COSTOS INDIRECTOS						
Descripcion				%	Vr. Mat.	Vr Parcial
Desperdicio				0.05	303,800.00	15,190.00
					Subtotal	15,190.00
					Valor total actividad	384,530.00

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

NUMERO DEL ITEM:	94					Unidad:	KG
DESCRIPCION:	Acero de refuerzo de 60000 psi						
EQUIPO							
Descripcion		Tipo	Valor	Rendimiento	Vr. Unit.	Vr Parcial	
Herramientas menores			100.00	1.00	100.00		
cortadora de hierro			100.00	1.00	100.00		
					Subtotal	200.00	
MATERIALES EN OBRA							
Descripcion		Unidad	Prec. Unit.	Cantid.	Vr. Unit.	Vr Parcial	
Acero de refuerzo de 60000 psi		kg	2,950.00	1.00	2,950.00		
Alambre negro		kg	3,500.00	0.03	105.00		
					Subtotal	3,055.00	
TRANSPORTES							
Descripcion		Vol.pes.Can	Dist.	M3-Km	Tarifa	Vr Unit.	Vr Parcial
						Subtotal	-
MANO DE OBRA							
Trabajador		Jornal	Prestac.	Jor. Total	Rend.	Vr Unit.	Vr Parcial
1 oficial de herreria		30,000.00	24,000.00	54,000.00	200.00	270.00	
1 ayudante de herreria		17,000.00	13,600.00	30,600.00	200.00	153.00	
						Subtotal	423.00
COSTOS INDIRECTOS							
Descripcion					%	Vr. Mat.	Vr Parcial
Desperdicio					0.05	3,055.00	152.75
						Subtotal	152.75
						Valor total actividad	3,830.75

Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS OFICIALES						
NUMERO DEL ITEM:					Unidad:	ML
DESCRIPCION:	Columna de 0,30 x 0,50 concreto 3000 psi					
EQUIPO						
	Descripcion	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Vr. Unit.	Vr Parcial
	Vibrador	Electrico	40,000.00	9.00	4,444.44	
	Herramientas menores		450.00	1.00	450.00	
	Formaleta	Madera	10,980.00	1.00	10,980.00	
	Gatos metalicos	tubular	600.00	1.00	600.00	
					Subtotal	16,474.44
MATERIALES EN OBRA						
	Descripcion	Unidad	Prec. Unit.	Cantid.	Vr. Unit.	Vr Parcial
	Concreto de 3000 psi	m3	384,530.00	0.15	57,679.50	
	Puntillas de hierro	lb	2,500.00	0.60	1,500.00	
					Subtotal	59,179.50
TRANSPORTES						
	Descripcion	Vol.pes.Can	Dist.	M3-Km	Tarifa	Vr Unit.
					Subtotal	-
MANO DE OBRA						
	Trabajador	Jornal	Prestac.	Jor. Total	Rend.	Vr Unit.
	1 oficial de albañileria	30,000.00	24,000.00	54,000.00	10.00	5,400.00
	1 ayudante de albañileria	17,000.00	13,600.00	30,600.00	10.00	3,060.00
					Subtotal	8,460.00
COSTOS INDIRECTOS						
	Descripcion			%	Vr. Mat.	Vr Parcial
	Desperdicio			0.05	59,179.50	2,958.98
					Subtotal	2,958.98
					Valor total actividad	87,072.92

Analisis de costos de los sistemas de entrepiso mas utilizados en Colombia

		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS OFICIALES				
NUMERO DEL ITEM:					Unidad:	M2
DESCRIPCION:	Placa aligerada nervada icopor no recup e = 0,05 en conc 3000 psi					
EQUIPO						
	Descripcion	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Vr. Unit.	Vr Parcial
	Formaleta en madera para placa		18,630.00	1.00	18,630.00	
	Herramientas menores		500.00	1.00	500.00	
	Vibrador electrico		40,000.00	6.00	6,666.67	
	Tacos metalicos y cerchas		500.00	1.00	500.00	
					Subtotal	26,296.67
MATERIALES EN OBRA						
	Descripcion	Unidad	Prec. Unit.	Cantid.	Vr. Unit.	Vr Parcial
	Concreto de 3000 psi	m3	384,530.00	0.05	19,226.50	
	Puntillas de acero	lb	4,000.00	0.35	1,400.00	
	Puntillas de hierro	lb	2,100.00	1.80	3,780.00	
	Placa de icopor	m3	100,500.00	0.36	36,481.50	
					Subtotal	60,888.00
TRANSPORTES						
	Descripcion	Vol.pes.Can	Dist.	M3-Km	Tarifa	Vr Unit.
					Subtotal	-
MANO DE OBRA						
	Trabajador	Jornal	Prestac.	Jor. Total	Rend.	Vr Unit.
	1 oficial de albañileria	30,000.00	24,000.00	54,000.00	6.00	9,000.00
	2 ayudantes de albañileria	30,000.00	24,000.00	54,000.00	6.00	9,000.00
					Subtotal	18,000.00
COSTOS INDIRECTOS						
	Descripcion				%	Vr. Mat.
	Desperdicio				0.05	60,888.00
						3,044.40
					Subtotal	3,044.40
					Valor total actividad	108,229.07

Analisis de costos de los sistemas de entepiso mas utilizados en Colombia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS OFICIALES						
NUMERO DEL ITEM:					Unidad:	M2
DESCRIPCION:	Placa con lamina colaborante steel deck de 0,10 m en concreto de 3000 psi					
EQUIPO						
Descripcion	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Vr. Unit.	Vr Parcial	
Formaleta en madera para placa		16,980.00	1.00	-		
Herramientas menores		700.00	1.00	700.00		
Vibrador electrico		50,000.00	8.00	6,250.00		
Tacos metalicos y cerchas		750.00	1.00	750.00		
				Subtotal	7,700.00	
MATERIALES EN OBRA						
Descripcion	Unidad	Prec. Unit.	Cantid.	Vr. Unit.	Vr Parcial	
Concreto de 3000 psi	m3	384,530.00	0.10	38,453.00		
Puntillas de acero	lb	5,000.00	0.50	2,500.00		
Puntillas de hierro	lb	3,000.00	2.00	6,000.00		
lamina steel deck calibre 22	m2	24,468.09	1.00	24,468.09		
				Subtotal	71,421.09	
TRANSPORTES						
Descripcion	Vol.pes.Can	Dist.	M3-Km	Tarifa	Vr Unit.	Vr Parcial
					Subtotal	-
MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jor. Total	Rend.	Vr Unit.	Vr Parcial
1 oficial de albañilería	30,000.00	24,000.00	54,000.00	6.00	9,000.00	
2 ayudantes de albañilería	34,000.00	27,200.00	61,200.00	6.00	10,200.00	
					Subtotal	19,200.00
COSTOS INDIRECTOS						
Descripcion				%	Vr. Mat.	Vr Parcial
Desperdicio				0.05	71,421.09	3,571.05
					Subtotal	3,571.05
					Valor total actividad	101,892.14