



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones

**Influencia del tipo de ligaduras en viguetas de acero en tableros
de losas con placas colaborantes, comparando cuantías por metro
cuadrado y capacidad resistente**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
Ingeniera Civil con Énfasis en Gerencia de Construcciones**

Nombre del Autor:

PATRICIA DANIELA FERNÁNDEZ GÓMEZ

Nombre del Director:

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

Cuenca, Ecuador

2021

DEDICATORIA

Para quienes me han formado, educado, inculcado los mejores valores y sobretodo me han dado un hogar donde el amor, respeto y apoyo nunca han faltado. Esto es principalmente por y para ustedes papá y mamá. Un logro muchos que faltan.

A mi familia y amigos que llegaron a ser como una familia durante mi carrera universitaria, esto no pude lograrlo sin su gran ayuda y constancia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor de tesis, Ing. José Fernando Vázquez, por su apoyo, su conocimiento profesional y tiempo al elaborar la tesis. A la Universidad del Azuay por recibirme en sus aulas y poder ser parte de esta gran experiencia. Finalmente, al Arq. Anibal Agila por darme mi primer trabajo con grandes oportunidades de experiencia laboral y brindarme facilidades con fines universitarios.

RESUMEN

Influencia del tipo de ligaduras en viguetas de acero en tableros de losas con placas colaborantes, comparando cuantías por metro cuadrado y capacidad resistente

Los tableros de losa con placas colaborantes son muy usados en la construcción. Es importante conocer su comportamiento y el tipo de ligaduras de las viguetas a cortante o a momento, analizando parámetros de las diferentes opciones como son la cantidad de acero por metro cuadrado, la capacidad resistente, desempeño ante acciones sísmicas y gravitatorias, además se valora la eficiencia de las viguetas en función del largo por el ancho del tablero. En la investigación se compara la información y resultados de los diferentes análisis mediante modelos representativos para obtener áreas de optimización con ingeniería de valor. Los gráficos estadísticos se obtienen a través del cruce de variables resultantes con la utilización de un software comercial especializado. Los resultados de uso de diferentes ligaduras son variables, dependiendo del uso de vigas cargadoras o brochales.

Palabras claves: Vigueta a cortante, vigueta a flexión, losa con placa colaborante, análisis de modelos

ABSTRACT

Composite concrete slabs with steel decking have been currently used in the construction industry. It's important to know how it behaves and the type of joints on shear and or moment joists, analyzing parameters of the different options such as the amount of steel per square meter, the resistant capacity, performance against seismic and gravitational actions, in addition its valued joist's efficiency based on the length by width of the deck. In this research will be compared the information and results of the different analyzes using representative models to obtain optimized areas with value engineering. The statistical graphs are collected through the crossing of resulting variables with the use of specialized commercial software. The results of using different types of joists joints are variable, depending on the usage of loaded beams or secondary beams.

Keywords: shear beam, bending beam, Composite concrete slabs with steel decking, model analysis



Firmado electrónicamente por:
JOSE FERNANDO
VAZQUEZ CALERO



Firmado electrónicamente por:
JOSE FERNANDO
VAZQUEZ CALERO

Ing. José Fernando Vázquez Calero

Thesis Director

Ing. José Fernando Vázquez Calero

Faculty Director

Patricia Daniela Fernández Gómez

Author

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
ALCANCE	4
ESTADO DEL ARTE	4
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
1.1. Losas mixtas con placa colaborante	6
1.2. Sistemas aporticados de acero.....	7
1.3. Perfiles laminados y conformados	7
1.4. Uniones a cortante y a momento de viguetas	8
1.5. Tableros con brochales.....	10
CAPÍTULO II.....	11
PREDISEÑO DE LA ESTRUCTURA	11
2.1.1. Tipo de zona sísmica.....	16
2.1.2. Tipo de suelo	17
2.2. Tipos de vigas, viguetas y brochales	17
2.2.1. Tipos de vigas.....	17
2.2.2. Tipos de viguetas.....	20
2.2.3. Tipos de brochales.....	21
2.3. Tipos de columnas.....	21
2.4. Tipos de ligaduras	22
2.5. Placa colaborante.....	24
2.6. Cargas gravitatorias.....	26
2.6.1. Cargas Vivas	26
2.6.2. Cargas Muertas.....	27
2.7. Acción Sísmica.....	27
CAPÍTULO III	28

CONFIGURACIÓN DE MODELOS	28
3.1. Columnas.....	30
3.2. Vigas.....	31
3.3. Viguetas.....	32
3.4. Brochal	33
CAPÍTULO IV	36
MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA	36
4.1. Datos ingresados a CYPE	36
CAPÍTULO V.....	51
OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	51
5.1. Parámetros de los tableros.....	51
5.1.1. Tipo de unión	51
5.1.2. Sección del tablero	51
5.1.3. Área	51
5.1.4. Peso	51
5.1.5. Porcentaje de cumplimiento	51
5.2. Análisis de resultados.....	52
5.2.1. Incidencia del peso a momento	52
5.2.2. Incidencia del peso a cortante	53
5.2.3. Incidencia del peso a momento con brochal	55
5.2.4. Incidencia del peso a cortante con brochal.....	56
5.2.5. Porcentaje de cumplimiento del tablero con brochal y sin brochal.....	58
5.2.6. Porcentaje de cumplimiento del tablero con brochal y sin brochal, a momento y a cortante	60
CAPÍTULO VI	65
ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS DE LAS CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES	65
.....	66
CAPÍTULO VII.....	67
CONCLUSIONES	67

RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXO 1:	71
TABLA COMPLETA CON VIGUETAS DE ACERO EN TABLEROS DE LOSA CON PLACA COLABORANTE CON Y SIN BROCHAL	71
.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	2
Figura 2	3
Figura 1. 1	6
Figura 1. 2	7
Figura 1. 3	8
Figura 1. 4	9
Figura 1. 5	10
Figura 1. 6	10
Figura 2. 1	11
Figura 2. 2	12
Figura 2. 3	12
Figura 2. 4	13
Figura 2. 5	13
Figura 2. 6	14
Figura 2. 7	14
Figura 2. 8	15
Figura 2. 9	15
Figura 2. 10	16
Figura 2. 11	16
Figura 2. 12	17
Figura 2. 13	18
Figura 2. 14	19
Figura 2. 15	19

Figura 2. 16	20
Figura 2. 17	20
Figura 2. 18	21
Figura 2. 19	21
Figura 2. 20	22
Figura 2. 21	23
Figura 2. 22	24
Figura 2. 23	25
Figura 2. 24	25
Figura 2. 25	26
Figura 2. 26	26
Figura 3. 1	30
Figura 3. 2	31
Figura 3. 3	33
Figura 3. 4	33
Figura 3. 5	34
Figura 3. 6	35
Figura 4. 1	37
Figura 4. 2	38
Figura 4. 3	39
Figura 4. 4	41
Figura 4. 5	45
Figura 4. 6	46
Figura 4. 7	49
Figura 4. 8	50
Figura 5. 1	53
Figura 5. 2	54
Figura 5. 3	56
Figura 5. 4	57
Figura 5. 5	59
Figura 5. 6	61

Figura 5. 7	61
Figura 5. 8	63
Figura 5. 9	63
Figura 6. 1	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1	24
Tabla 2. 2	25
Tabla 2. 3	25
Tabla 2. 4	26
Tabla 3. 1	31
Tabla 3. 2	32
Tabla 4. 1	40
Tabla 4. 2	43
Tabla 4. 3	47
Tabla 5. 1	52
Tabla 5. 2	53
Tabla 5. 3	54
Tabla 5. 4	55
Tabla 5. 5	56
Tabla 5. 6	57
Tabla 5. 7	58
Tabla 5. 8	59
Tabla 5. 9	60
Tabla 5. 10	62
Tabla 6. 1	65

INTRODUCCIÓN

La construcción ha ido progresando a lo largo del tiempo, no solo en la mejora de los materiales, sino también en el correcto uso de los elementos al momento de realizar un diseño estructural. Esto ayuda a aumentar la resistencia de una edificación y al mismo tiempo se reducen los costos, sabiendo que se pueden utilizar elementos específicos para cada tipo de situación presentada dentro de un proyecto. Las losas con placas colaborantes presentan grandes ventajas, ya que el acero y el hormigón, al actuar conjuntamente, éstas logran tener menor peso, un diseño óptimo con ahorro de concreto, facilidad de transporte, rápido montaje, reduce el encofrado en losas, entre otros (Pfenniger, s.f.).

El presente tema de investigación compara el comportamiento de viguetas y sus ligaduras a vigas principales, sean estas a cortante o a flexión, rígidas, semi-rígidas o articuladas, en un tablero de losa con placa colaborante. Analiza parámetros de las diferentes opciones, como son la cantidad de acero por metro cuadrado, la capacidad resistente, desempeño ante acciones sísmicas y gravitatorias. Compara la eficiencia de las viguetas en función del largo por el ancho del tablero.

El uso del acero en la construcción inició en Alemania en 1742, donde se incrementó la capacidad productiva del hierro forjado y la fundición; éste se lo usó para construir cubiertas, cúpulas y naves en edificios industriales. Luego, cuando se perfeccionó el funcionamiento de elevadores, fue usado en edificaciones de varias plantas (Molina Mata, 2009). El uso del acero ha incrementado considerablemente al pasar los años, no solo se lo utilizó para elementos básicos como los anteriormente especificados, fue subiendo de niveles hasta alcanzar ser parte fundamental de una estructura entera de un edificio. Es decir, ya no solo el hormigón fue tomado en cuenta para construir, es más, ambos materiales se unieron para poder generar una mejor resistencia al proporcionar sus características fusionadas.

“Las losas mixtas compuestas por un perfil conformado metálico y hormigón han proliferado abundantemente en las últimas décadas en construcción por su simplicidad de ejecución, ligereza, sencillez de puesta en obra y sus tolerancias controladas en entornos de fabricación. La unión simbiótica entre el perfil de acero con embuticiones y el hormigonado in situ las convierten en un elemento estructural alternativo a la losa maciza convencional para requerimientos moderados de capacidad resistente y luces” (García,2018). Se han realizado varios estudios, principalmente usando el método de los elementos finitos para lograr mejorar el comportamiento resistente y la fluencia de los distintos aspectos que componen las losas con

placas colaborantes. En un trabajo encontrado acerca de este tema señala que se ha propuesto y verificado, mediante datos experimentales con modelos finitos, que utilizan un elemento de interfaz para modelar las propiedades de unión entre la plataforma de acero y la losa de hormigón, investigando la resistencia última de las losas compuestas (Plans, Alamillo, Ferrer, & Marimon, 2017).



Figura 1

Estructura de hormigón

Nota. Tomado de E-struct.



Figura 2

Estructura de acero

Nota. Tomado de catálogo de IPAC.

Este trabajo investigativo se diferencia por dos factores importantes. Como primer punto, se han realizado investigaciones solo de las losas con placas colaborantes, mas no con las viguetas. Segundo, se realizarán modelaciones que serán comparadas mediante gráficos representativos para obtener áreas de optimización, teniendo en cuenta la ingeniería de valor. El software que se utilizará se llama CYPE, en el cual se ingresarán los diferentes modelos de losas con placas colaborantes y las diferentes ligaduras que pueden ser colocadas, para así analizar en qué condiciones serían aptas estas uniones. Se han publicado investigaciones en las cuales se usa un método de elementos finitos específico, pero ninguno ha sido realizado con este programa; para el uso del software, todo dependerá de la cantidad de acero presente en la losa, la capacidad resistente y cómo éstas actuarían en la presencia de un sismo.

Dentro del área de la construcción, cada ingeniero que realiza el diseño estructural lo hace a su criterio de lo que ha aprendido. Al iniciar con cualquier diseño no está todo claro desde un principio, sabiendo que cada edificio tiene sus particularidades que deben ser analizadas con claridad antes de ser ejecutado. Sería de gran ayuda tener una guía acerca de los tipos de ligaduras que se podrían emplear en las viguetas que se encuentran en losas con placas colaborantes. Se esperan resultados concisos para obtener la aceptación debida y puedan tener un acceso a la investigación donde podrán aclarar las dudas al presentarse este tipo de elemento estructural en cualquier proyecto a ejecutar.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia del tipo de ligaduras en viguetas de acero en tableros de losas con placas colaborantes para analizar si es mejor usar una articulación, empotramiento o armando las viguetas atravesadas con un brochal, tomando en cuenta la cuantía de acero, la capacidad resistente y la economía de la misma.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar las modelaciones con gráficos que sean necesarios, hasta obtener los resultados precisos del tipo de ligaduras que más se ajusten a la realidad.
- Analizar los resultados obtenidos para poder optimizar los diferentes parámetros.

ALCANCE

Las estructuras metálicas analizadas en este trabajo investigativo, se enfoca principalmente en encontrar el mejor tipo de ligadura en una edificación ubicada en la provincia del Azuay. Estas edificaciones tienen tres pisos con nueve paños, los cuales se variaron las dimensiones.

Una vez diseñada la misma en un software especializado, se logra observar y comparar cuál unión, ya sea a momento o cortante, es la más óptima y económicamente viable. Como segundo punto, se realizan comparaciones con sistemas con brochales y sin brochales, tomando en cuenta que las viguetas acortan luces en los tableros de losa. Se hacen las respectivas observaciones de los gráficos que se obtienen mediante tablas que presentan los pesos de las vigas y viguetas, porcentajes de aprovechamiento y análisis de rubros para el óptimo presupuesto.

ESTADO DEL ARTE

El uso del acero en el Ecuador ha ido incrementando desde el año 1968, donde el crecimiento demográfico ha establecido desarrollar nuevas técnicas al momento de construir y es aquí donde entra el acero. Se ha ido implementando desde entonces obteniendo excelentes resultados. Desde el 2000 hasta al 2001 incrementó un 7%. En el 2013, el desarrollo del sector del acero ha tenido un crecimiento importante gracias al encadenamiento productivo dentro del área constructiva en el Ecuador, lo cual ha resultado un consumo intermedio de acero del 65% superior al de la industria manufacturera con el 59%.

Comparando costos entre las construcciones convencionales con las del uso de acero, se ha llegado a la conclusión de que hay una reducción en lo que engloba los encofrados, mano de obra y el tiempo. Para los encofrados se utiliza mucha madera, la misma que no puede ser dada muchos usos, es decir, se debe pedir en grandes cantidades cuando se construye con hormigón. La mano de obra se relaciona directamente con el tiempo, puesto que se necesitará al personal por menos tiempo del que se requeriría en una construcción tradicional (Zambrano Songora, 2017).

Con lo antes expuesto, muchas de las obras ejecutadas en el Ecuador han decidido ir implementando el uso del acero, siendo esta una de las alternativas más viables que se puede encontrar por el momento.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Losas mixtas con placa colaborante

Las losas compuestas que consisten principalmente en plataformas de acero perfilado conformadas en frío y concreto estructural, son usadas cada vez más en construcciones de acero. Este sistema es una plataforma de acero continua en dos vanos entre las vigas de acero de soporte y durante la construcción se vierte hormigón lo cual forma una losa compuesta unidireccional continua.

La plataforma de acero tiene dos funciones principales. En primer lugar, sirve como encofrado permanente que soporta el hormigón húmedo durante la construcción. En segundo lugar, actúa como refuerzo externo de la losa, soportando la tensión inducida por el momento flector positivo a lo largo de la vida de la estructura (Gholamhoseini, Gilbert, Bradford, & Chang, 2014).

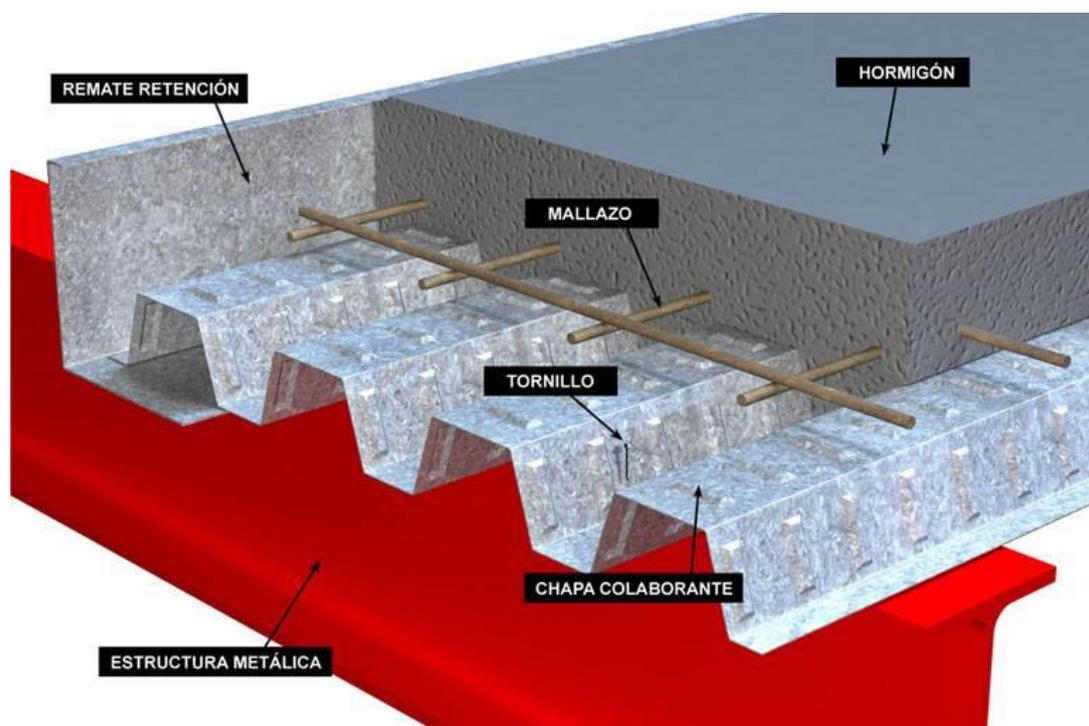


Figura 1. 1

Losa con placa colaborante.

Nota. Tomado de Alacero.

1.2. Sistemas aporticados de acero

Son elementos o conjuntos de elementos de acero que forman la parte resistente y sustentante de una construcción. Poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura (Diéguez, Morón, & Casarin, 2015).

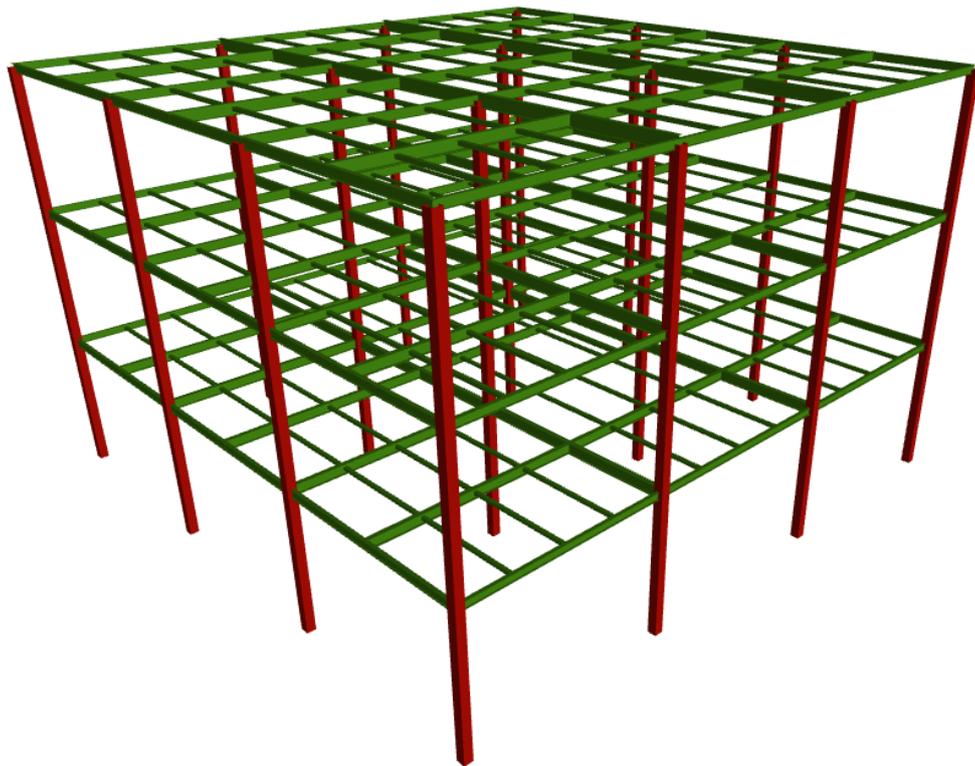


Figura 1. 2

Sistema aporticado de acero.

Nota. Elaborado por la autora.

1.3. Perfiles laminados y conformados

Consiste en hacer pasar los lingotes a través de trenes de laminación formado por rodillos cilíndricos que giran con sentidos opuestos a igual velocidad y dan forma al producto, a pesar de que su nombre es “laminado en frío” este no se realiza a temperatura ambiente, sino algo inferior a los 500°C y va produciendo en el metal una deformación plástica paulatina seguida de un endurecimiento posterior progresivo.

El laminado en frío incrementa notablemente la resistencia del metal, sin embargo, como el proceso se aplica con fuerzas de tracción en las barras, las pruebas de laboratorio indican una disminución de los esfuerzos cedentes a compresión. Mediante la laminación en frío se obtienen secciones de pared delgada de formas diversas, las cuales pueden estar expuestas a una peligrosa corrosión. Para evitar este efecto, es recomendable galvanizar el acero o dotarlo de algún tipo de protección antes de laminarlo.

Otro proceso notable se realiza a altas temperaturas, comprendidas entre la de re cristalización y la de fusión del metal, originando un proceso de recuperación y re cristalización del acero que no provoca su endurecimiento posterior como en el caso del laminado en frío (Molina Mata, 2009).

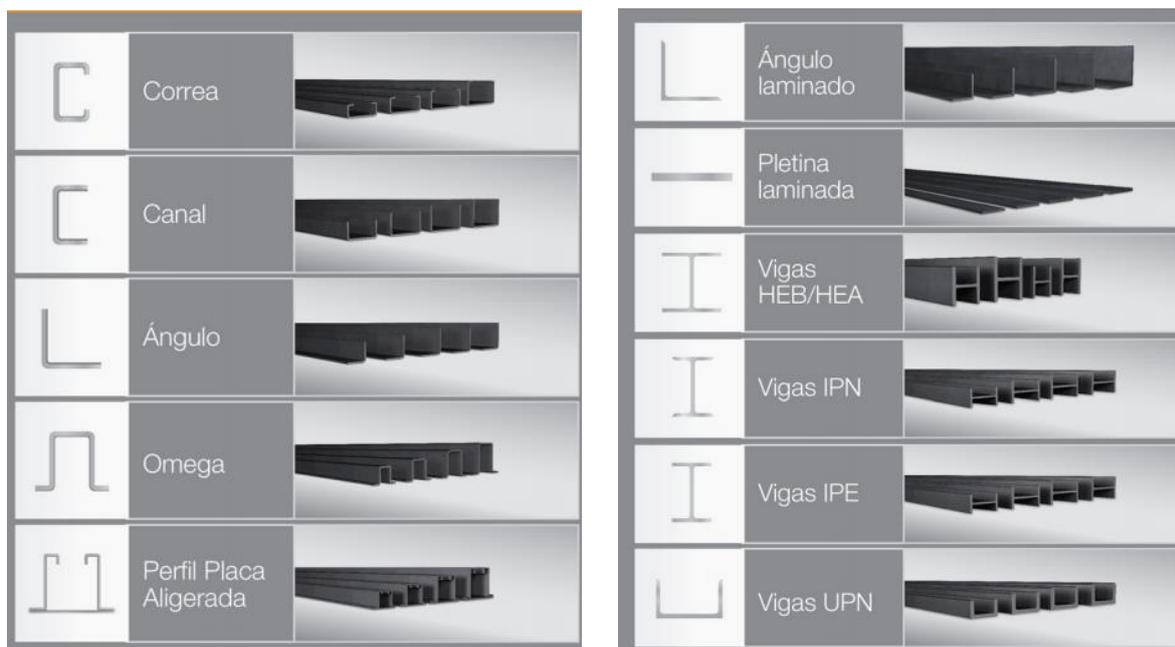


Figura 1.3

Perfiles laminados y conformados.

Nota. Tomado del catálogo de IPAC.

1.4. Uniones a cortante y a momento de viguetas

Las viguetas son pequeñas armaduras de cuerdas paralelas cuyos miembros se fabrican a menudo con varillas, ángulos livianos u otros perfiles laminados.

Las uniones para un edificio sin contraventeo lateral tienen conexiones de viga simplemente apoyada. Si se considera que las juntas actúan como articulaciones sin fricción, el entramado podría desplazarse lateralmente, lo que ocasionaría un desplazamiento lateral. Para resistir este tipo de desplazamientos, el mejor método es colocar contraventeo diagonal completo. Es

recomendable usar solamente en el seno de muros sólidos y alrededor de pozos de elevador, tiros de escalera y otros muros en los que se planean pocas aberturas o ninguna.

Para edificios con alturas menores de 8 o 10 pisos, las vigas y traves se conectan entre sí y a las columnas en sus extremos, por medio de conexiones del tipo de apoyo simple. A medida que el edificio crece, es necesario usar un sistema contraventeo definido o juntas resistentes al momento, las cuales pueden usarse en edificios más bajos, aprovechando la ventaja de continuidad y así tener perfiles menores para las vigas y menor espesor de los pisos. Las ménsulas resistentes al momento también pueden ser necesarias en algunos lugares para cargas aplicadas fuera de los ejes de las columnas. Las conexiones más usadas son dos: la soldada en taller y atornillada en campo, y la atornillada y soldada en campo (McCormac, 2002).

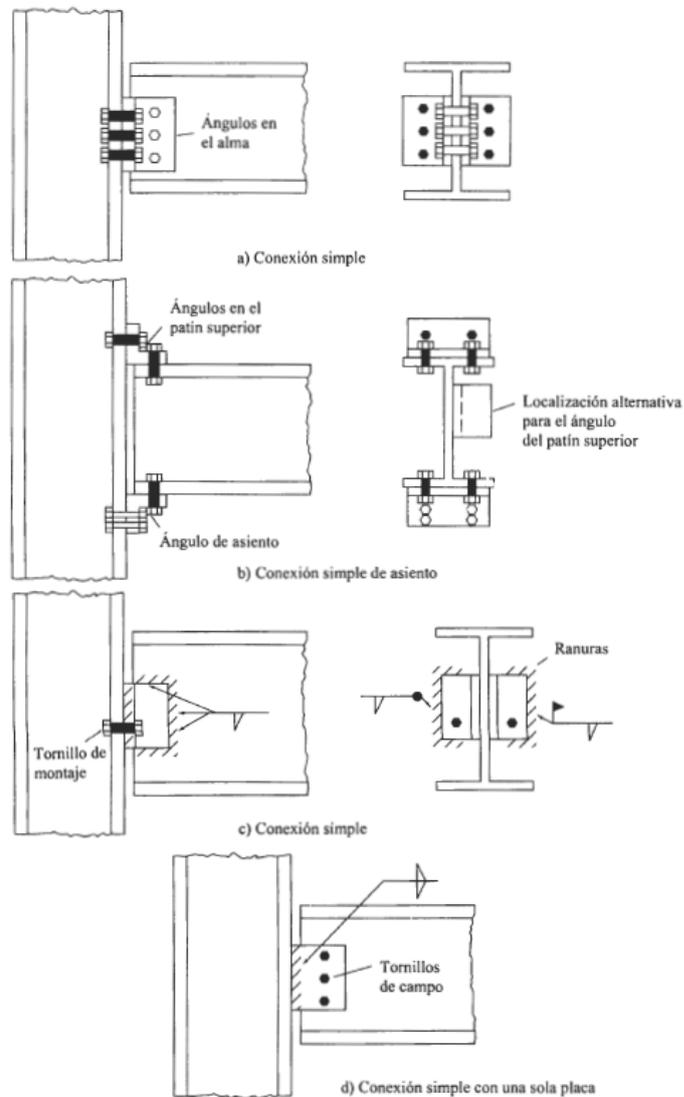


Figura 1. 4

Ejemplos de conexiones simples en viguetas de acero.

Nota. Tomado de Diseño de Estructuras de Acero (p.496), por McCormac, 2002.

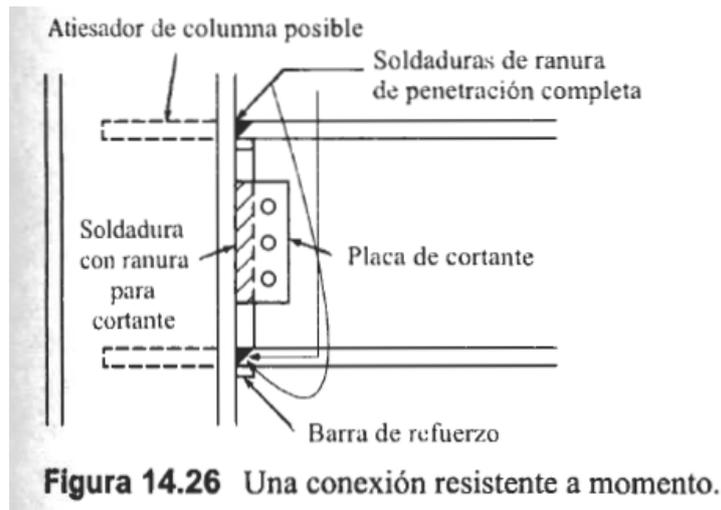


Figura 1. 5

Ejemplos de conexiones simples.

Nota. Tomado de *Diseño de Estructuras de Acero* (p.473), por McCormac, 2002.

1.5. Tableros con brochales

Se analizará tableros de losas que utilicen brochales para acortar la luz entre viguetas. Un brochal no es más que una viga que parte de una columna a una viga o de una viga a una viga, tiene esa característica, es decir, no es un elemento con uniones a cortante, pero se le considera como una viga secundaria.

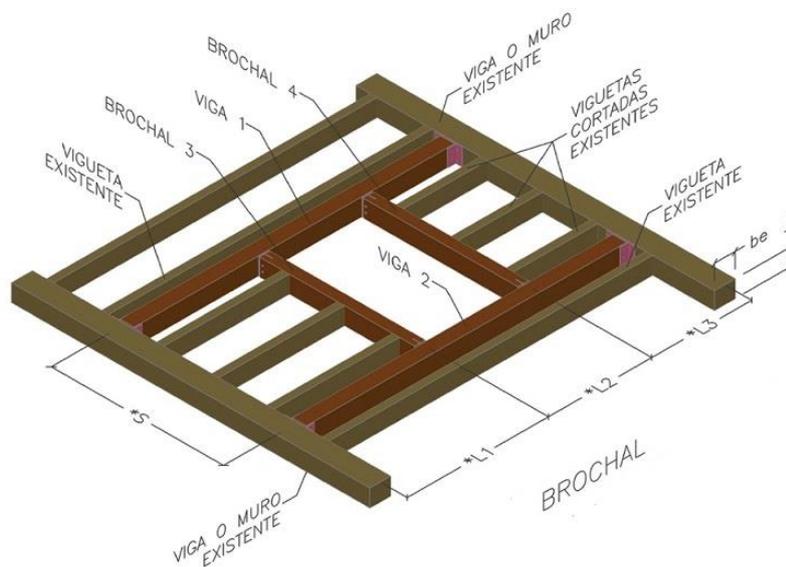


Figura 1. 6

Tablero con brochal.

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de brochales*, por E-struct, 2017.

CAPÍTULO II

PREDISEÑO DE LA ESTRUCTURA

2.1. Ubicación de estructuras a analizar

Las edificaciones a modelar serán localizadas en la ciudad de Cuenca, Azuay, donde el índice de crecimiento poblacional en siete años es del 15%. Se plantea que hasta el 2020 se tiene una población de 636.996 habitantes, según estudios del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Este incremento de personas en el cantón provoca que la construcción de viviendas aumente rápidamente. La distribución de permisos de construcción por cantones es la siguiente: Guayaquil (15.9%), Cuenca (7.8%) y Daule (6.2%); siendo Cuenca el segundo cantón con mayor crecimiento de obras de construcción. La ciudad ha empezado a crecer hacia sus afueras, tomándose Ricaurte, Challuabamba y Baños. Existen zonas en los extremos urbanos como son Yanuncay y San Sebastián donde también se sigue observando su crecimiento como se pueden ver en las siguientes imágenes comparadas entre el 2009 y 2018, expuesto por la plataforma digital de bienes raíces Properati.



Figura 2. 1

Sector de Yanuncay en el año 2009.

Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>



Figura 2. 2
Sector de Yanuncay en el año 2018.
Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>



Figura 2. 3
Sector de Challuabamba en el año 2009.
Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>



Figura 2. 4

Sector de Challuabamba en el año 2018.

Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>



Figura 2. 5

Sector de San Sebastián en el año 2009.

Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>

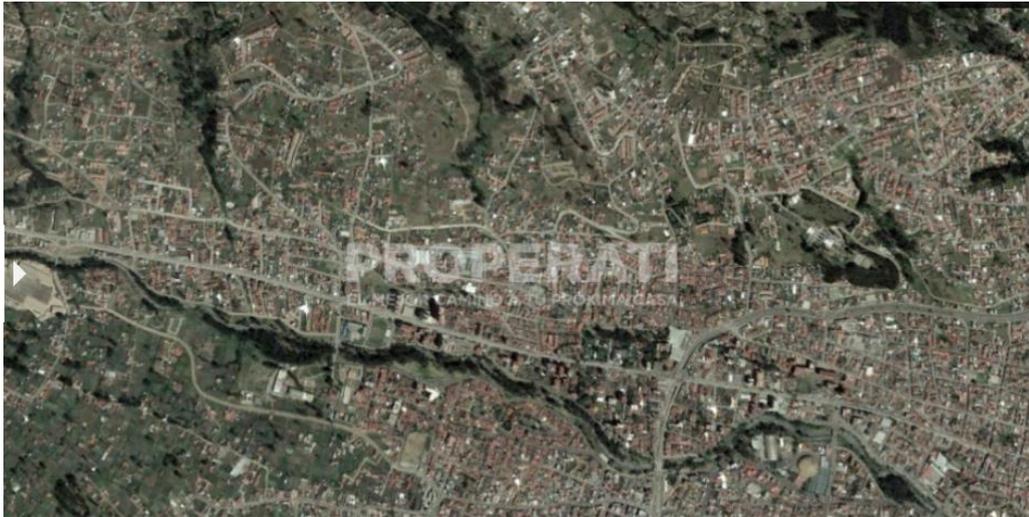


Figura 2. 6
Sector de San Sebastián en el año 2017.
Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>



Figura 2. 7
Sector de Baños en el año 2010.
Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>

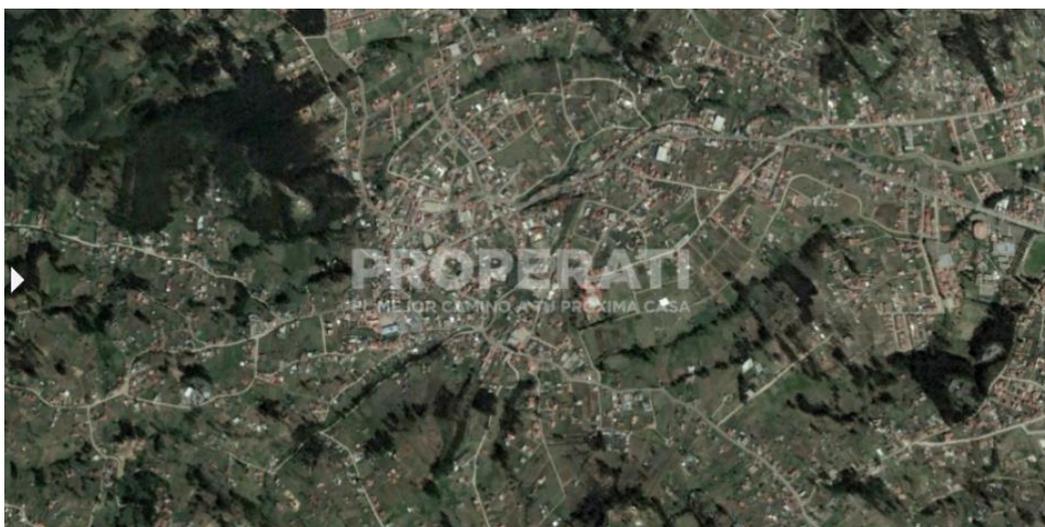


Figura 2. 8

Sector de Baños en el año 2017.

Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>

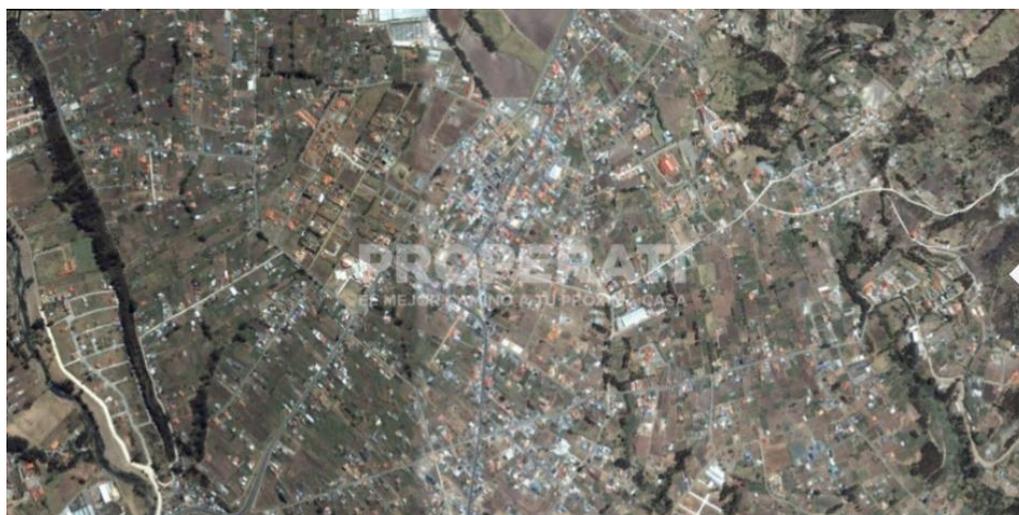


Figura 2. 9

Sector de Baños en el año 2009.

Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>



Figura 2. 10
 Sector de Baños en el año 2018.
 Nota. Tomado de <https://blog.properati.com.ec>

2.1.1. Tipo de zona sísmica

En la NEC se representa con la letra Z y se define la misma como la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, siendo esta una fracción de la aceleración de la gravedad.

En el mapa se pueden observar seis zonas que están divididas según el factor Z.

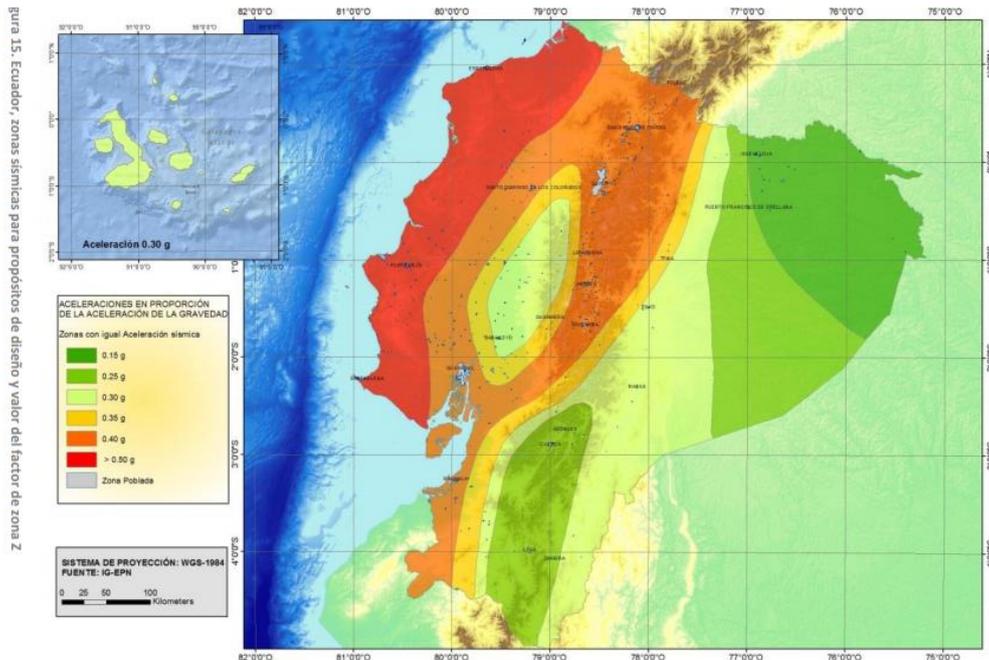


Figura 2. 11
 Mapa para diseño sísmico del Ecuador.
 Nota. Tomado de *Cargas Sísmicas: Diseño Sismo Resistente* (p. 27), por NEC.

Se obtuvieron estos valores con estudios de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), incluyendo la zona con mayor peligro sísmico con una saturación de 0.50 g.

El recuadro marcado representa la ciudad de Cuenca, encontrándose en con un $Z=0.25$ g.

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25

Figura 2. 12

Valor del factor Z para poblaciones del Ecuador.

Nota. Tomado de *Cargas Sísmicas: Diseño Sismo Resistente* (p. 28), por NEC.

2.1.2. Tipo de suelo

En la ciudad de Cuenca, se encuentra el suelo tipo C, el cual representa suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda a cortante (360 – 760 m/s), que cumplan con 50 o más números de golpes del ensayo de penetración estándar o que la onda cortante promedio que sobreyace al semi espacio sea mayor o igual a 100 KPa.

2.2. Tipos de vigas, viguetas y brochales

2.2.1. Tipos de vigas

Según McCormac, las vigas son miembros que soportan cargas transversales, usadas en sentido horizontal sujetas a las cargas gravitatorias y verticales. Los tipos de vigas son las siguientes:

- Viguetas: son vigas estrechamente dispuestas para soportar los pisos y techos de edificios.
- Dinteles: se colocan sobre aberturas en muros de mampostería.
- Vigas de fachada: soportan las paredes exteriores de edificios y también parte de las cargas de los pisos y corredores.
- Largueros de puente: son las vigas en los pisos de puentes que corren paralelas a la superficie de rodamiento.
- Vigas de piso: son las vigas que en muchos pisos de puentes corren perpendicularmente a la superficie de rodamiento y se usan para transferir cargas del piso, de los largueros de puente a las trabes o armaduras sustentantes.

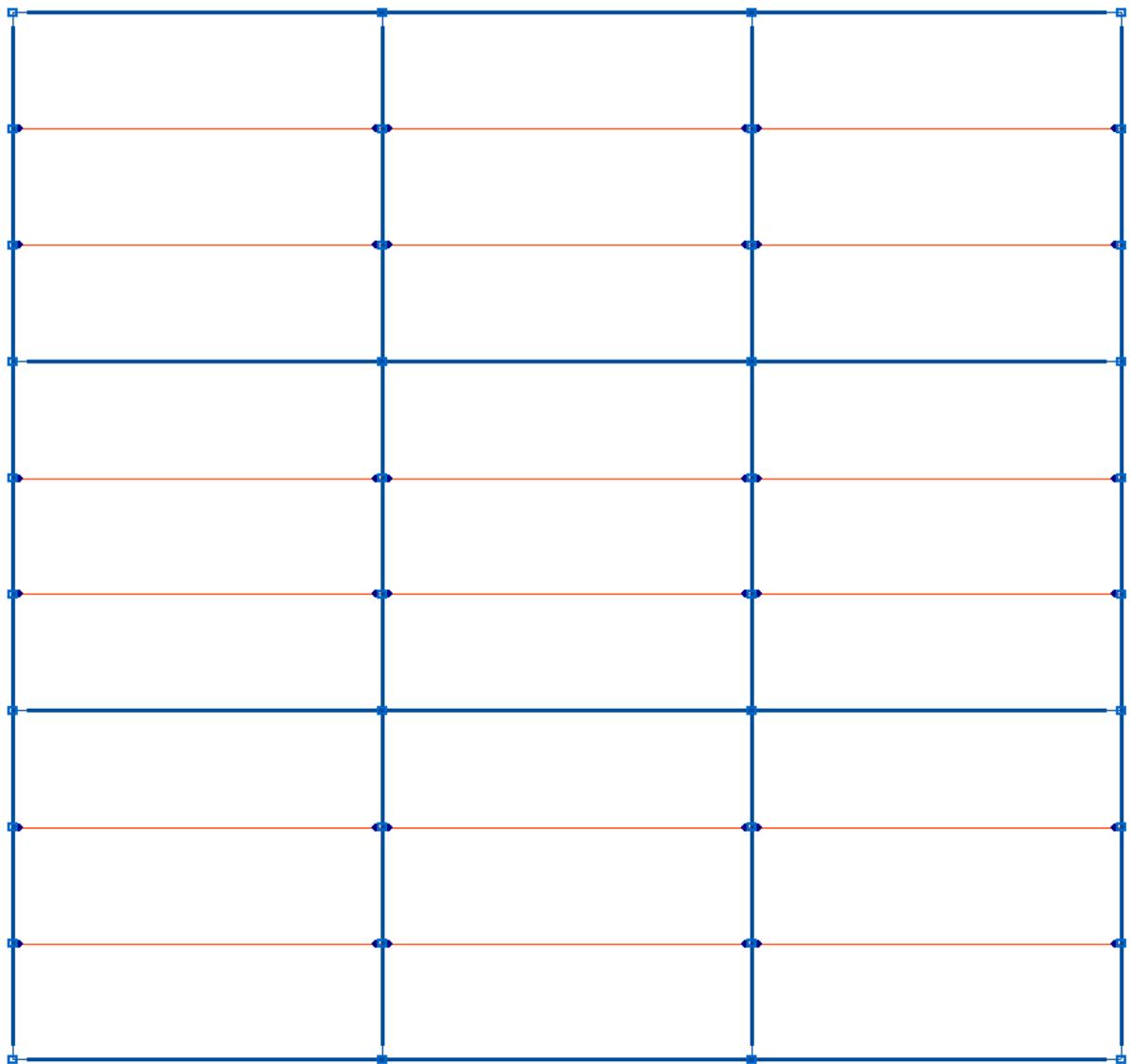


Figura 2. 13

Viguetas.

Nota. Las viguetas se encuentran de color rojo. Elaborado por la autora.



Figura 2. 14

Dintel.

Nota. Tomado de <https://www.arkiplus.com/dintel-en-construccion>.



Figura 2. 15

Largueros y vigas de puente.

Nota. Tomado de <https://www.alamy.es/imagenes/puente-de-viga-de-largueros.html>.

2.2.2. Tipos de viguetas

Vigas IPE: Son los principales elementos estructurales utilizados en grandes edificios metálicos, sistemas estructurales de gran envergadura, puentes, túneles.

Vigas IPN: Es una viga de alta resistencia a la fricción, al peso y a los golpes. Es ideal para el soporte de polipasto en plantas industriales, para grúas o tecles y rieles de transporte de carga, inclusive en puentes.

Vigas UPN: Se caracterizan por ser un producto laminado, cuya sección tiene forma de “U”.

Vigas HEB: Son un perfil laminado cuya sección transversal tiene forma de doble T, con alas más anchas que un perfil doble T de tipo IPN o IPE. Este tipo de viga es ideal para pilotes, columnas, vigas, puentes, rieles, pipe racks.



Figura 2. 16

Viga IPE.

Nota. Tomado del catálogo de DIPAC.

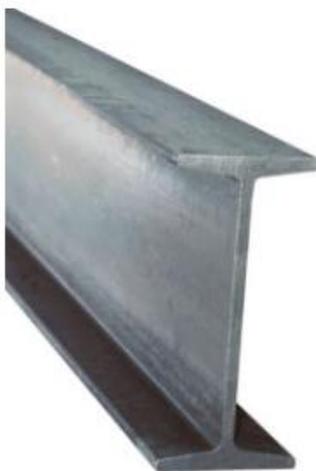


Figura 2. 17

Viga IPN.

Nota. Tomado del catálogo de DIPAC.



Figura 2. 18

Viga UPN.

Nota. Tomado del catálogo de DIPAC.



Figura 2. 19

Viga HEB

Nota. Tomado del catálogo de DIPAC.

2.2.3. Tipos de brochales

Existen dos tipos:

- Brochales a cortante: Las viguetas que conforman el brochal tienen articulaciones a cortante.
- Brochales a momento: Las viguetas que conforman el brochal tienen uniones a momento.

2.3. Tipos de columnas

Las columnas armadas deben satisfacer la Especificación AISC 360-10, a menos que esta sea modificada por esta sección. La transferencia de fuerzas internas y esfuerzos entre elementos

de la columna armada debe ser realizada por medio de la soldadura. Se encuentran cuatro tipos de secciones transversales para columnas:

- Sección “I” soldadas
- Cruciformes
- De cajón aradas
- De cajón de ala ancha

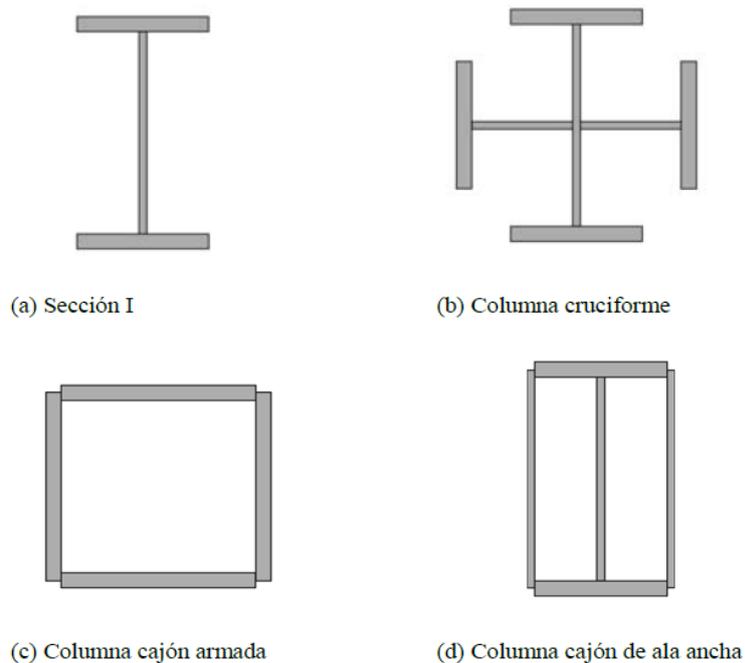


Figura 2. 20

Tipos de columnas.

Nota. Tomado de *Estructuras de Acero* (p. 76), por NEC.

2.4. Tipos de ligaduras

La existencia de las ligaduras supone siempre una coacción en esa extremidad de la pieza, en el sentido donde se impide el movimiento de cualquiera de los tres ejes o de los giros alrededor de dichos ejes. El número máximo de coacciones puede ser 6 (Calavera, 1999).

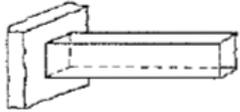
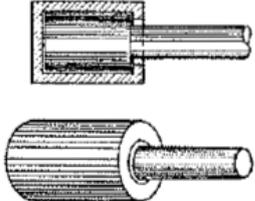
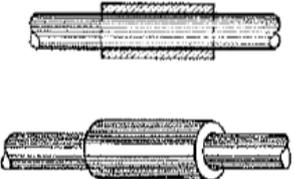
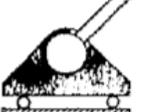
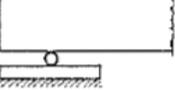
ESQUEMA	DENOMINACIÓN	REACCIONES	GRADOS DE LIBERTAD
	EMPOTRAMIENTO	6	0
	COJINETE	5	1
	DESILIZADERA	4	2
	RÓTULA ESFÉRICA	3	3
	RÓTULA SOBRE RODILLOS	2	4
	APoyo ESFÉRICO	1	5

Figura 2. 21

Enlaces en estructuras espaciales.

Nota. Tomado de *Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón* (p. 28), por J. Calavera.

ESQUEMA DE REACCIONES	DENOMINACIÓN	REACCIONES	GRADOS DE LIBERTAD	REPRESENTACIONES ESQUEMÁTICAS
	EMPOTRAMIENTO	3	0	
	ARTICULACIÓN	2	1	
	RODILLO	1	2	

Figura 2. 22

Enlaces en estructuras planas.

Nota. Tomado de *Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón* (p. 28), por J. Calavera.

2.5. Placa colaborante

La placa colaborante trabaja como un encofrado permanente, proporcionando el refuerzo de tensión para los sistemas de losas de tablero mixtas. Este tablero también proporciona un piso de seguridad que funciona como una plataforma al momento de realizar los trabajos de construcción.

Tabla 2. 1

Características de placas colaborantes de la Figura 2.23.

3W-H36	3WHF-36 (con lamina inferior perforada)
3 pulgadas de altura del nervio	3 pulgadas de altura del nervio
36 pulgadas de ancho útil	36 pulgadas de ancho útil
10 a 14 pies rango de longitud	11 a 15 pies rango de longitud

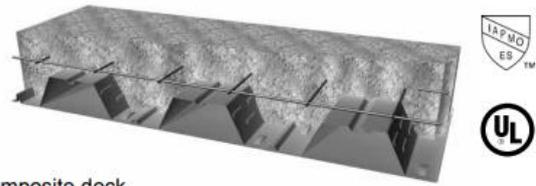
Nota. Elaborado por la autora.

3WxH-36 Hi Form®



Composite deck

3WxHF-36 Hi Form®



Composite deck

Figura 2. 23

Placas colaborantes tipo 3WxH-36 y 3WxHF-36.

Nota. Tomado de *Composite Deck and Non-Composite Deck for Floor and Roof Deck Applications* (p. 2), por ASC Steel Deck.

Tabla 2. 2

Características de placas colaborantes de la Figura 2.24.

2W-H36	2WHF-36 (con lamina inferior perforada)
2 pulgadas de altura del nervio	2 pulgadas de altura del nervio
36 pulgadas de ancho útil	36 pulgadas de ancho útil
7 a 12 pies rango de longitud	9 a 13 pies rango de longitud

Nota. Elaborado por la autora.

2WH-36 Hi Form®



Composite deck

2WHF-36 Hi Form®



Composite deck

Figura 2. 24

Placas colaborantes tipo 2WxH-36 y 2WxHF-36.

Nota. Tomado de *Composite Deck and Non-Composite Deck for Floor and Roof Deck Applications* (p. 2), por ASC Steel Deck.

Tabla 2. 3

Características de placas colaborantes de la Figura 2.25.

BH-36	BHF-36 (con lamina inferior perforada)
1.5 pulgadas de altura del nervio	1.5 pulgadas de altura del nervio
36 pulgadas de ancho útil	36 pulgadas de ancho útil
7 a 10 pies rango de longitud	7 a 12 pies rango de longitud

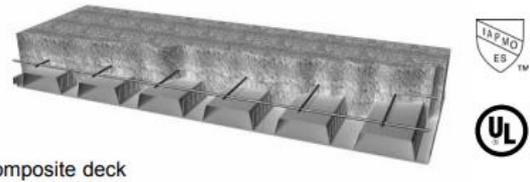
Nota. Elaborado por la autora.

BH-36 Hi Form®



Composite deck

BHF-36 Hi Form®



Composite deck

Figura 2. 25

Placas colaborantes tipo BH-36 y BHF-36.

Nota. Tomado de *Composite Deck and Non-Composite Deck for Floor and Roof Deck Applications* (p. 2), por ASC Steel Deck.

Tabla 2. 4

Características de placas colaborantes de la Figura 2.26.

NH-32	NHF-32 (con lamina inferior perforada)
1.5 pulgadas de altura del nervio	1.5 pulgadas de altura del nervio
36 pulgadas de ancho útil	36 pulgadas de ancho útil
7 a 10 pies rango de longitud	7 a 12 pies rango de longitud

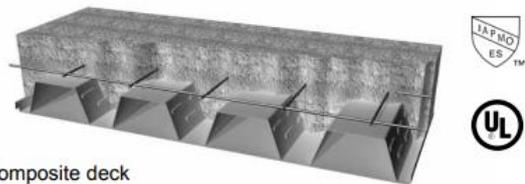
Nota. Elaborado por la autora.

NH-32 Hi Form®



Composite deck

NHF-32 Hi Form®



Composite deck

Figura 2. 26

Placas colaborantes tipo NH-32 y NHF-32.

Nota. Tomado de *Composite Deck and Non-Composite Deck for Floor and Roof Deck Applications* (p. 3), por ASC Steel Deck.

2.6. Cargas gravitatorias

2.6.1. Cargas Vivas

La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizará en el cálculo, depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de

personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras (NEC, 2014).

Un tipo de carga viva son las cargas móviles, las cuales aparecen al momento de construir la edificación, como camiones, personas, grúas, etc. Las cargas movibles son aquellas que pueden ser desplazadas, como muebles, materiales, lluvia, etc. Otras cargas se presentan al momento de construir como el viento, lluvia, sismo, suelos, etc. (McCormac).

2.6.2. Cargas Muertas

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura (NEC, 2014).

Para el diseño estructural se debe aproximar las cargas muertas. Estos deben ser comparados con los pesos estimados, y si tienen grandes discrepancias, será necesario repetir el análisis previamente calculado para obtener un nuevo diseño más exacto (McCormac, 2002).

2.7. Acción Sísmica

La carga sísmica es una carga lateral, la cual puede ser diseñada con estructuras de acero y construirse económicamente para resistir estas fuerzas causadas durante un sismo. Sin embargo, es elevado el costo para proporcionar resistencia sísmica a estructuras ya existentes.

Durante un sismo hay una aceleración en la superficie terrestre, la cual se descompone en elementos verticales, son considerados insignificantes, y horizontales, pueden llegar a ser graves. Para el análisis sísmico de una estructura se debe realizar un estudio de la respuesta estructural al movimiento causado por el mismo (McCormac, 2002).

CAPÍTULO III

CONFIGURACIÓN DE MODELOS

Las estructuras a modelar tendrán una configuración la cual variará según el análisis que se realice al respectivo sistema. Se los dividió en las siguientes partes:

- Estructura a momento
- Estructura a cortante
- Estructura a momento con brochal
- Estructura a cortante con brochal

Todas las edificaciones a diseñar, tendrán 3 pisos de 3 metros de altura cada uno. Cada planta tendrá 3 tableros de medidas variadas, donde estos pueden llegar a ser simétricos o asimétricos.

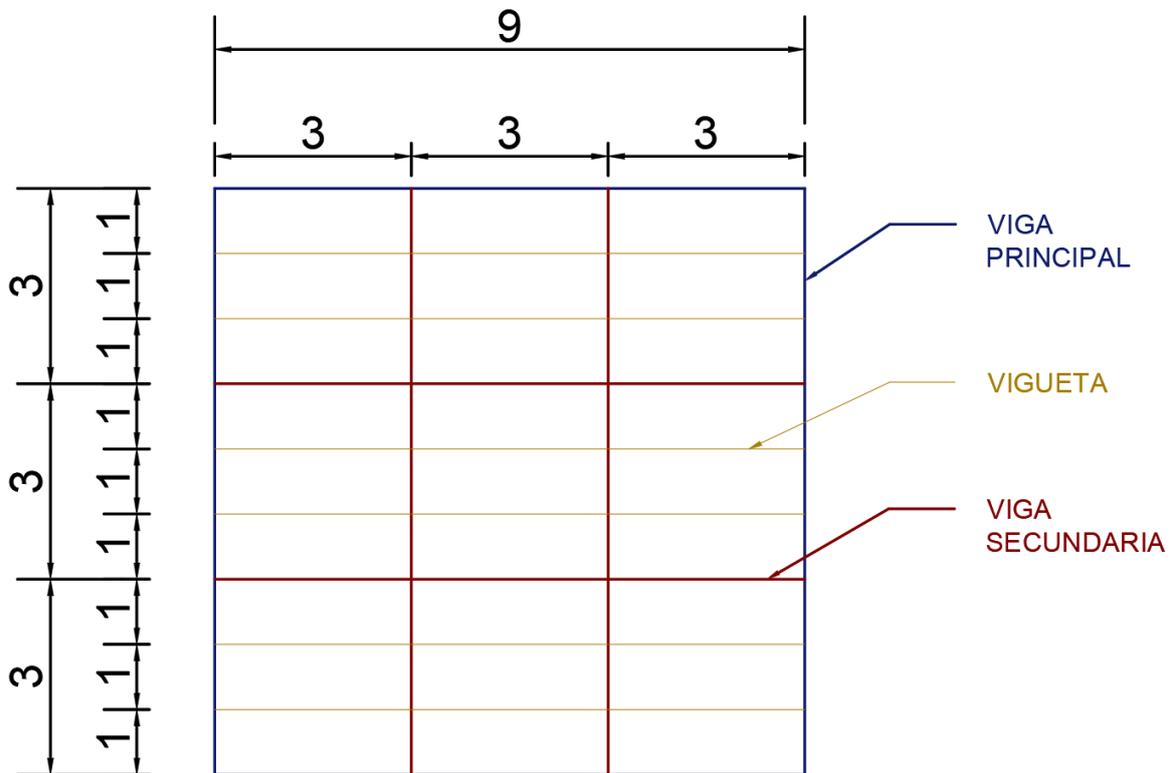


Figura 3. 1

Tablero de entrepiso a momento con sus respectivos elementos.

Nota. Elaborado por autora

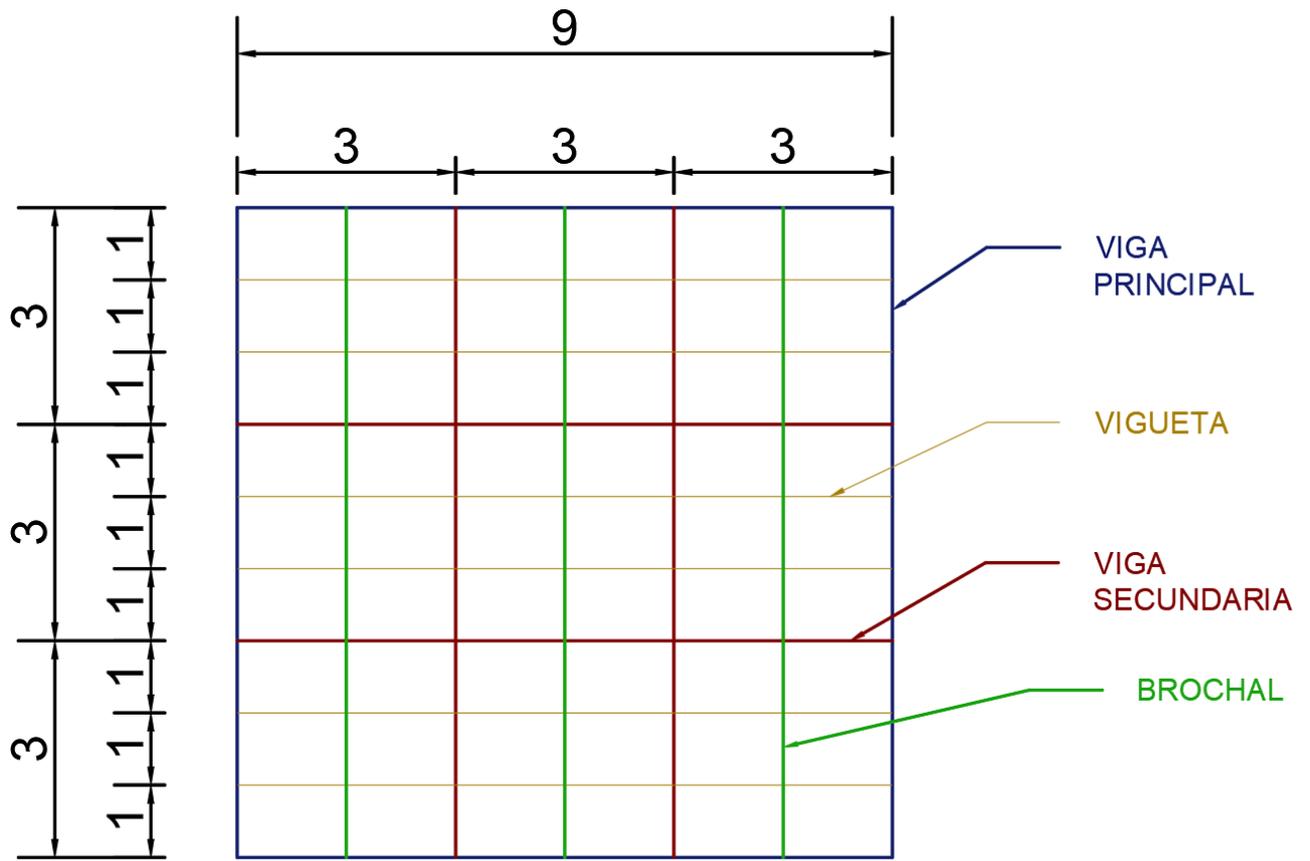


Figura 3. 2
Tablero de entrepiso a momento con brochal y sus respectivos elementos.
 Nota. Elaborado por autora

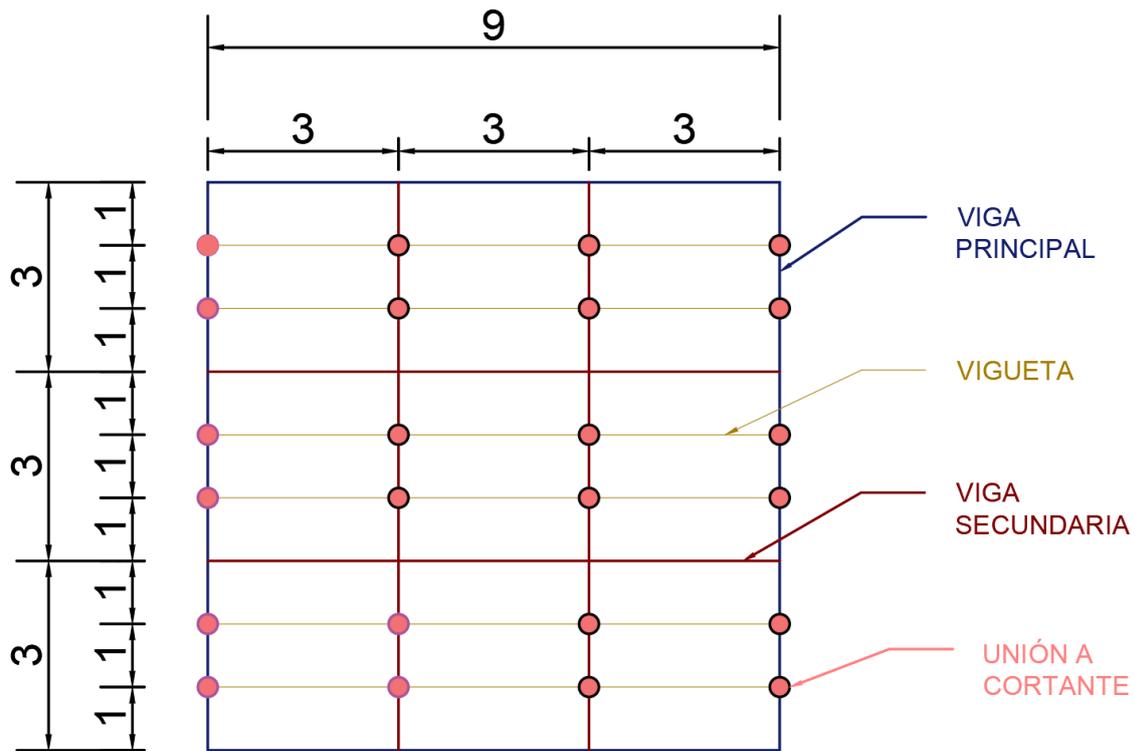


Figura 3. 3
 Tablero de entepiso con uniones a cortante y sus respectivos elementos.
 Nota. Elaborado por autora.

3.1. Columnas

Las columnas a utilizar serán de tipo C, con un acero de C250x8 mm, el cual se mantendrá igual tomando en cuenta que la altura y los pisos serán constantes. Si fuese el caso contrario, al tener cuatro o más pisos, se aumentaría un 20% de la cuantía cada dos pisos.

En esta investigación se enfocó principalmente en los tableros de losa de los entepisos, es decir, no se diseñaron las columnas para cada modelo obtenido, pero las columnas aumentan la cuantía al igual que el sistema resistente.



Figura 3. 4
 Columnas de acero cuadradas.
 Nota. Tomado de Catálogo IPAC.

3.2. Vigas

Se deberá elegir la viga que se ajuste mejor a la estructura, siendo una viga tipo IPE, las cuales estarán ubicadas conformando los tableros de losa de cada entrepiso.

Tabla 3. 1
Perfiles de vigas IPE.

IPE
80
100
120
140
160
180
200
220
240
270
300
330
360
400
450
500
550
600

Nota. Elaborado por la autora.



Figura 3. 5
Ejemplo de perfil IPE.

Nota. Elaborado por la autora.

3.3. Viguetas

El perfil de acero conformado será de un doble cajón soldado discontinuo de tipo G. Estos se ubicarán en el lado donde se necesite acortar la luz del tablero, siendo ubicadas de viga a viga, dándole una mayor estabilidad a la estructura y por consecuencia, las vigas ocupan menor cuantía al diseñarlas.

Tabla 3. 2
Perfiles de viguetas doble G.

DOBLE G
80x40x15x3
100x50x15x3
100x50x20x4
100x50x25x5
125x50x15x3
125x50x20x4
125x50x25x5
125x50x30x6
150x50x15x3
150x50x20x4
150x75x25x5
150x75x30x6
175x50x15x3
175x75x25x4
175x75x25x5
175x75x30x6
200x50x15x3
200x75x25x4
200x75x25x5
200x75x30x6
250x75x25x4
250x100x25x5
250x100x30x6
300x100x30x4

Nota. Elaborado por autora.



Figura 3. 6

Ejemplo de perfil doble G.

Nota. Tomado de catálogo de IPAC.

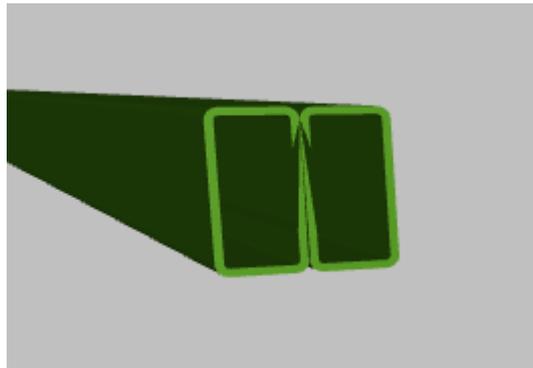


Figura 3. 7

Visualización de doble G en CYPE.

Nota. Elaborado por la autora.

3.4. Brochal

Para armar el brochal, se coloca una viga transversal en la mitad de cada paño de la planta, el cual tiene un perfil de acero conformado igual al de las vigas principales, tipo IPE.

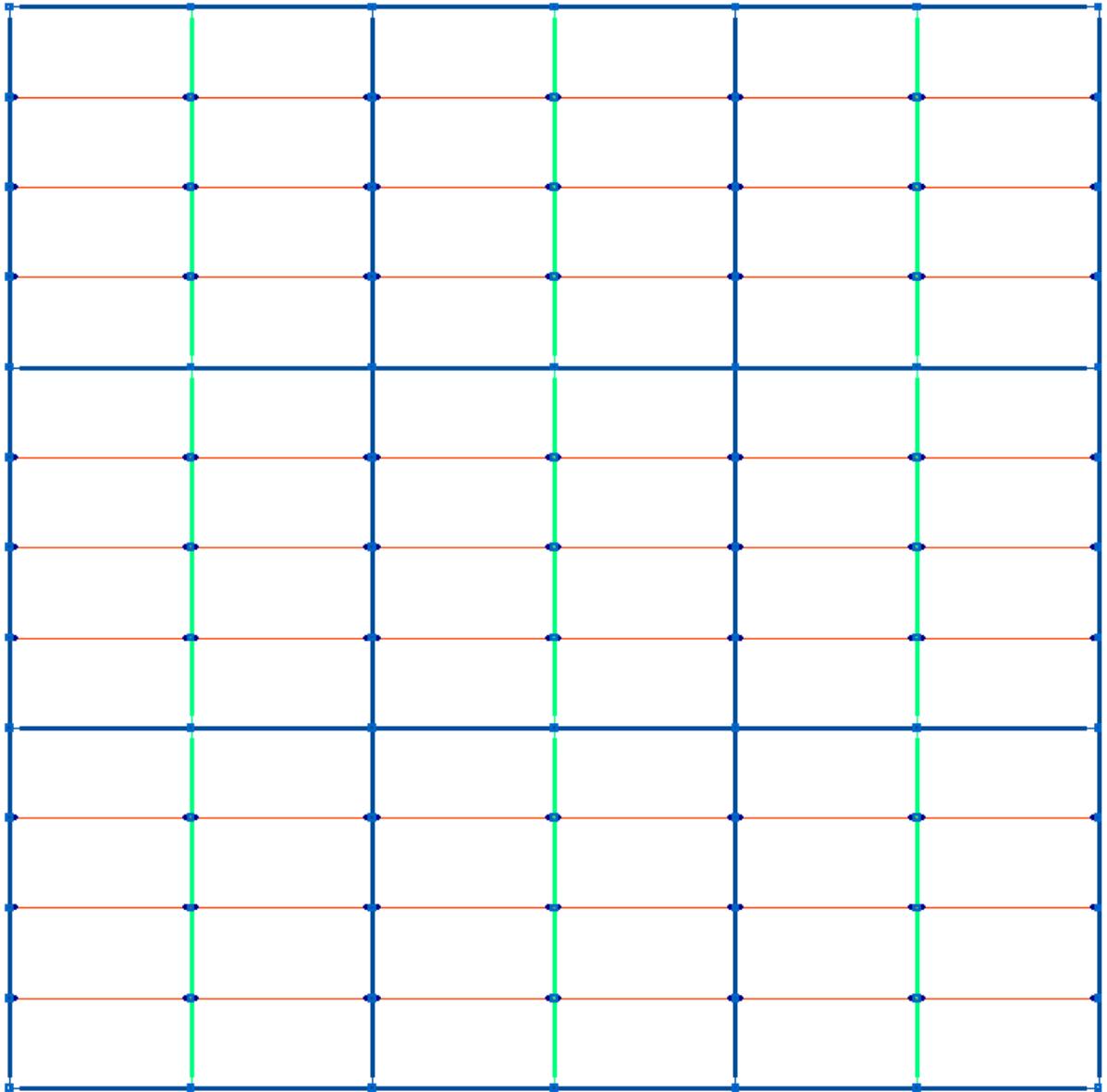


Figura 3. 8
Tablero de entrepiso con brochal.
Nota. Elaborado por autora

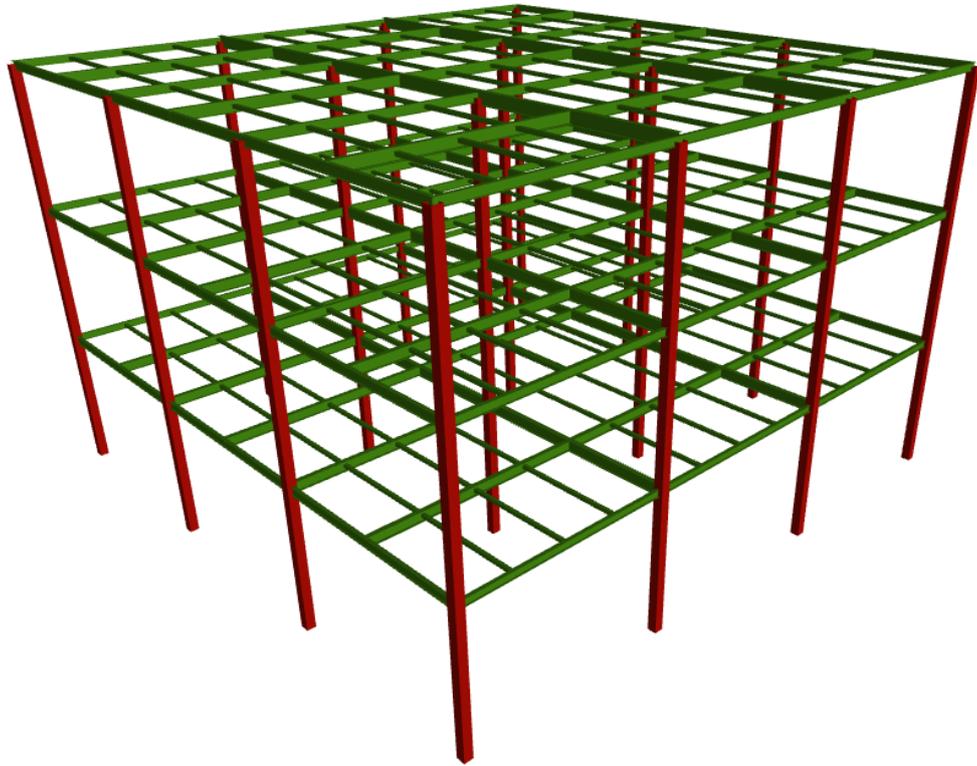


Figura 3. 9
Estructura de acero modelada en CYPE.
Nota. Elaborado por autora

CAPÍTULO IV

MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Una vez establecido la configuración de la estructura, se toman todos los elementos antes mencionados y se los optimiza hasta encontrar un modelo ideal. A ideal hace referencia a que se logre, con la menor cuantía posible, obtener un edificio bien diseñado, donde todos los elementos estén cumpliendo con las normas, que sea sísmicamente resistente y económicamente racional.

4.1. Datos ingresados a CYPE

Primero, para ejecutar el análisis de las estructuras, se ingresaron los siguientes datos:

- Normas del hormigón: ACI 318M-1, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC360-10 (LRFD), Eurocódigo 5 y Eurocódigo 9
- Resistencia a la compresión de 240 kg/cm^2
- Normativa para el cálculo de la acción sísmica: NEC-SE-DS 2014
- Coeficiente de reducción en X y Y: 6
- Zona sísmica tipo II
- Tipo de suelo C
- Terreno de fundación:
Situaciones persistentes: 1.5 kp/cm^2
Situaciones sísmicas y accidentales: 1.5 kp/cm^2

 Acero de barras ×

Pilares

Amadura longitudinal	Grado 60 (Latinoamérica) ▾
Amadura transversal	Grado 60 (Latinoamérica) ▾

Vigas

Amadura superior de montaje	Grade 60 ▾
Amadura superior de refuerzo	Grade 60 ▾
Amadura inferior	Grade 60 ▾
Amadura transversal	Grade 60 ▾
Amadura de piel	Grade 60 ▾

Cimentación

Zapatatas	Grade 60 ▾
Encepados	Grade 60 ▾
Vigas centradoras y de atado	Grade 60 ▾

Figura 4. 1

Acero de barras

Nota. Tomado de CYPE.

Obra vacía

Nomas: ACI 318M-11, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Eurocódigo 5 y Eurocódigo 9

Perfiles		Hormigón armado	
Acero laminado	A36	Hormigón para pilares	f'c=240
Acero conformado	A36	Hormigón para vigas de forjado	f'c=240
Madera	Aserada, procedente de coníferas o ...	Hormigón para elementos de cimentación	f'c=240
Aluminio	EN AW-5083 - F	Acero de barras	Grado 60 (Latinoamérica) y Grade 60
Hormigón	f'c=240	Características del árido	15 mm, 30 mm
		Recubrimientos	Memas de acero

Acciones		Terreno de cimentación	
<input checked="" type="checkbox"/> Con sismo dinámico	NEC-SE-DS 2014 (Ecuador)	<input type="checkbox"/> Verificar deslizamiento de zapatas	
Criterio de armado por ductilidad	Según NEC-SE-DS 2014	Adherencia (a')	0.000 kp/cm ²
Resistencia al fuego		Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d')	25.00 grados
Estados límite (combinaciones)		Situaciones persistentes	1.50 kp/cm ²
Hipótesis adicionales		Situaciones sísmicas y accidentales	1.5 kp/cm ²
Cimentación			
Proceso constructivo			

Opciones	
Pilares	Cimentación
Vigas	Uniones

Cancelar < Anterior Siguiete > Terminar

Figura 4. 2
Datos generales para iniciar a diseñar
 Nota. Tomado de CYPE.

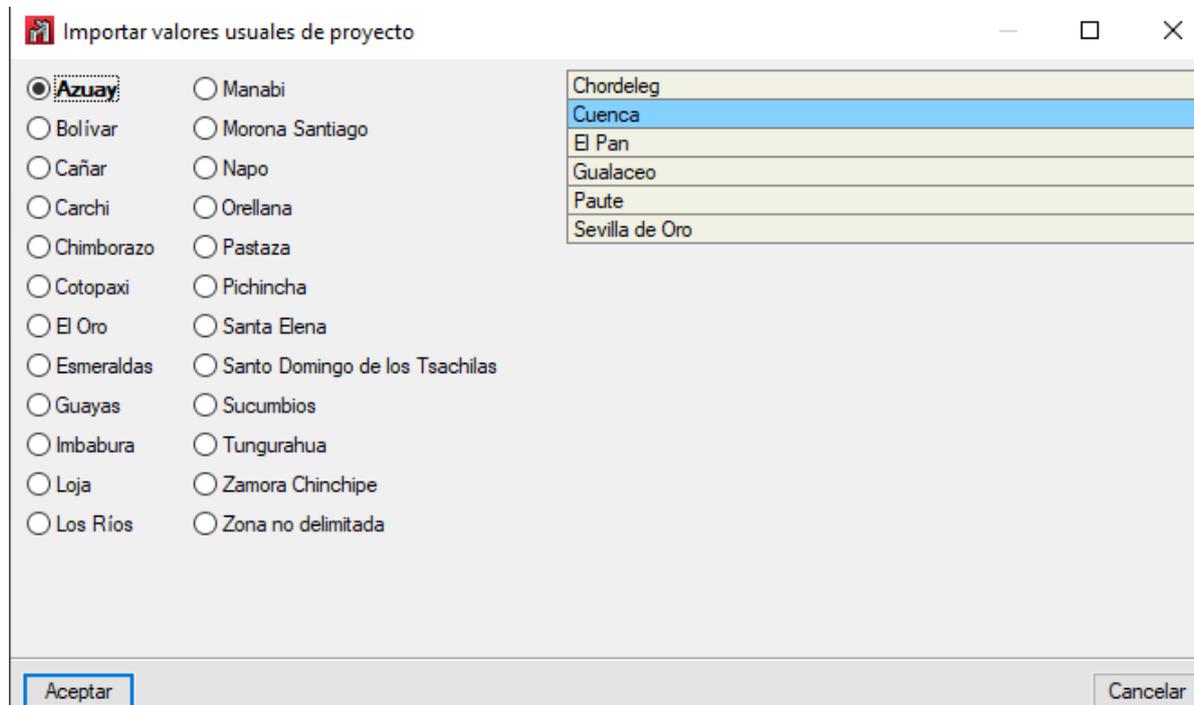


Figura 4.3
Tipo de suelo y zona sísmica
Nota. Tomado de CYPE.

Se generó una tabla con las distintas dimensiones que los tableros tendrían, donde el ancho y largo mínimo debían ser de 3 metros y máximo 7 metros.

Tabla 4. 1
Secciones de tablero en ambos sentidos.

SECCIÓN DE TABLERO	
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
3-3.5-4	3-3.5-4
3-3-3.5	3-3-3.5
3-4-5	3-4-5
3-3.5-3.5	3-3.5-3.5
3-4-4	3-4-4
4-4-4.5	4-4-4.5
4-4.5-4.5	4-4.5-4.5
4-4.5-5	4-4.5-5
4-5-5.5	4-5-5.5
5-5-5.5	5-5-5.5
5-5.5-5.5	5-5.5-5.5
5-5.5-6	5-5.5-6
5-6-6	5-6-6
5-6-6.5	5-6-6.5
5-6-7	5-6-7
6-6-6.5	6-6-6.5
6-6.5-6.5	6-6.5-6.5
6-6.5-7	6-6.5-7
6.5-6.5-7	6.5-6.5-7
6.5-7-7	6.5-7-7

Nota. Elaborado por autora.

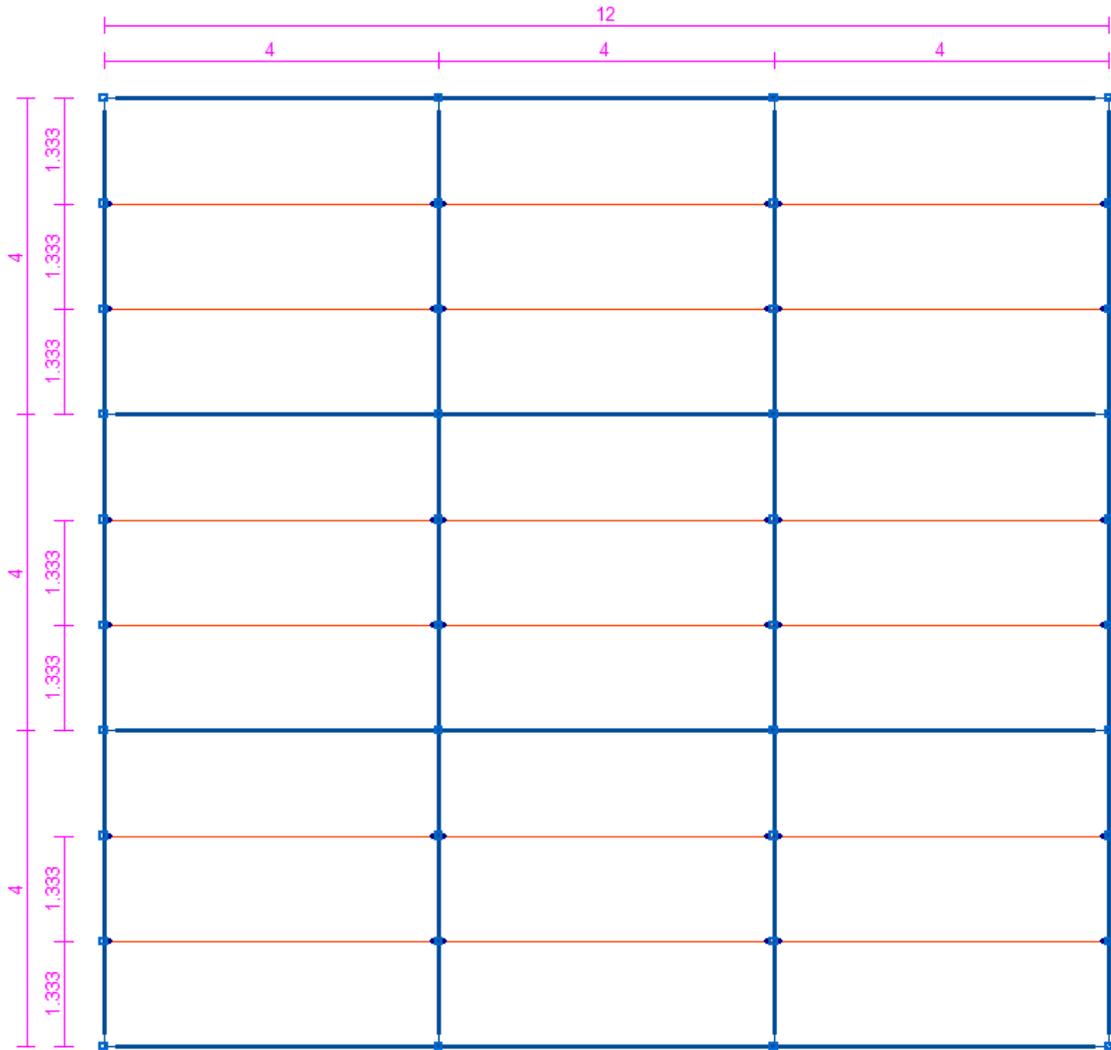


Figura 4. 4

Tablero de entrepiso con sus respectivas dimensiones.

Nota. Elaborado por la autora.

Se incrementaban las dimensiones tanto en el eje x como en el eje y, hasta obtener el tablero máximo.

Al ir aumentando sus dimensiones, los elementos de los rediseñaba hasta encontrar un tablero de losa óptimo. Mientras se incrementaban las luces, las viguetas y vigas adaptaban un mayor tamaño.

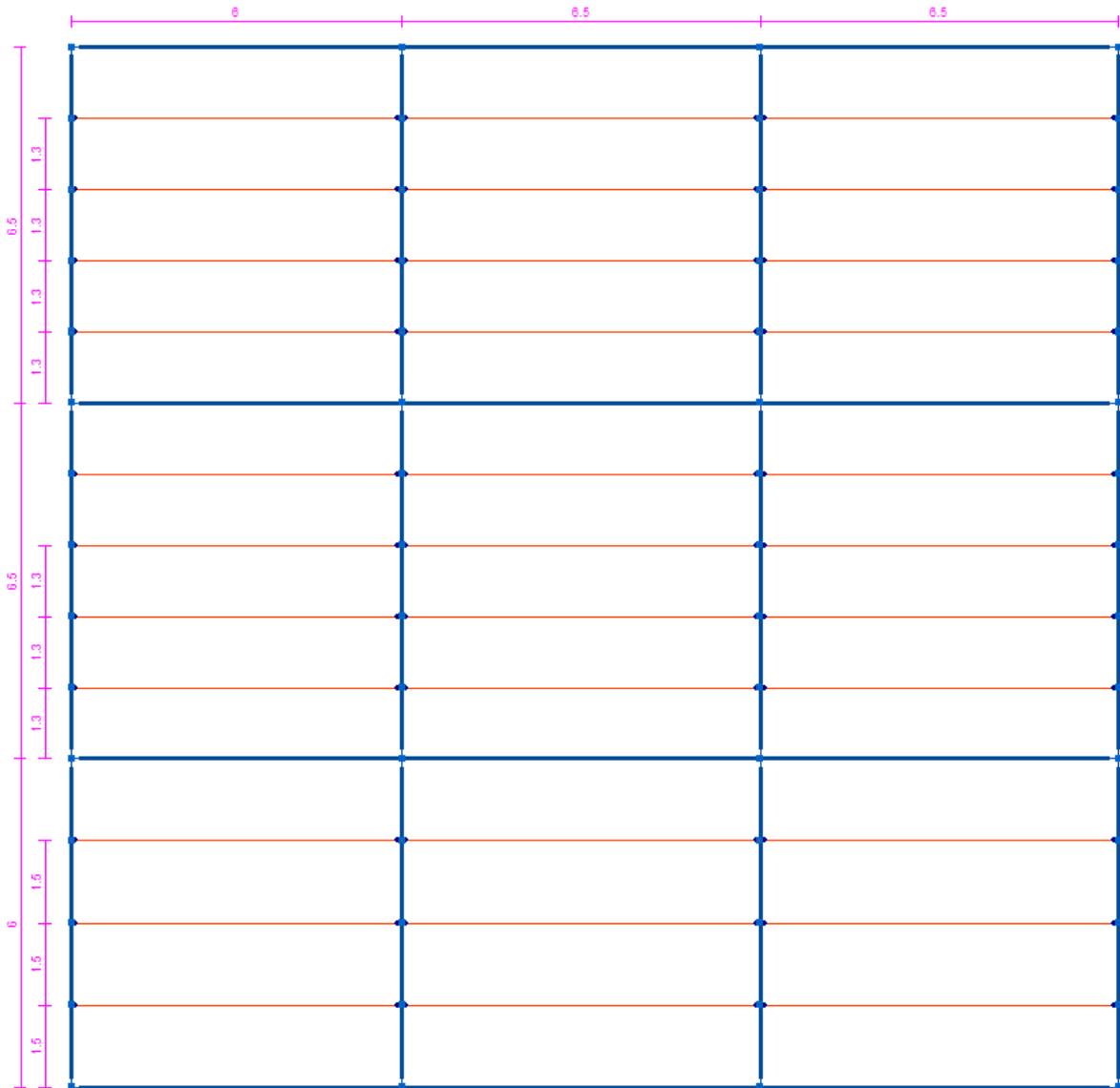


Figura 4. 5
Tablero de entrepiso a cortante con sus dimensiones
Nota. Elaborado por autora

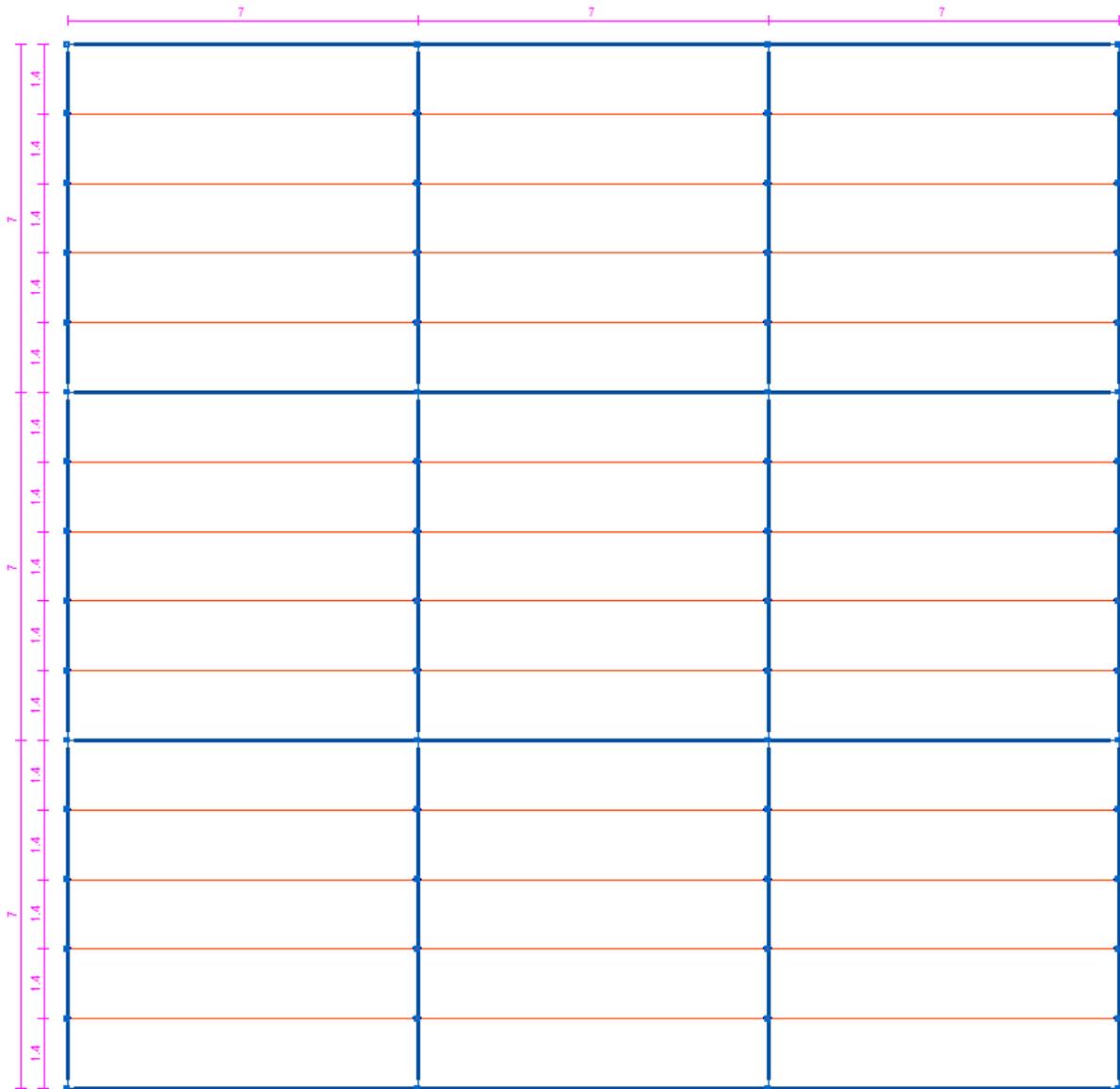


Figura 4. 6
Tablero de entrepiso a cortante con sus dimensiones
Nota. Elaborado por autora

Luego de cada modelo, se debía analizar las uniones a momento y a cortante.

Tabla 4. 2
Tipo de ligadura con su respectiva sección.

TIPO DE UNION DE VIGUETA	SECCIÓN DE TABLERO	
	LARGO	ANCHO
VIGUETA A MOMENTO	3	3
VIGUETA A CORTANTE	3	3
VIGUETA A MOMENTO	4	4
VIGUETA A CORTANTE	4	4
VIGUETA A MOMENTO	5	5
VIGUETA A CORTANTE	5	5

VIGUETA A MOMENTO	6	6
VIGUETA A CORTANTE	6	6
VIGUETA A MOMENTO	7	7
VIGUETA A CORTANTE	7	7
VIGUETA A MOMENTO	3-3.5-4	3-3.5-4
VIGUETA A CORTANTE	3-3.5-4	3-3.5-4
VIGUETA A MOMENTO	3-3-3.5	3-3-3.5
VIGUETA A CORTANTE	3-3-3.5	3-3-3.5
VIGUETA A MOMENTO	3-4-5	3-4-5
VIGUETA A CORTANTE	3-4-5	3-4-5
VIGUETA A MOMENTO	3-3.5-3.5	3-3.5-3.5
VIGUETA A CORTANTE	3-3.5-3.5	3-3.5-3.5
VIGUETA A MOMENTO	3-4-4	3-4-4
VIGUETA A CORTANTE	3-4-4	3-4-4
VIGUETA A MOMENTO	4-4-4.5	4-4-4.5
VIGUETA A CORTANTE	4-4-4.5	4-4-4.5
VIGUETA A MOMENTO	4-4.5-4.5	4-4.5-4.5
VIGUETA A CORTANTE	4-4.5-4.5	4-4.5-4.5
VIGUETA A MOMENTO	4-4.5-5	4-4.5-5
VIGUETA A CORTANTE	4-4.5-5	4-4.5-5
VIGUETA A MOMENTO	4-5-5.5	4-5-5.5
VIGUETA A CORTANTE	4-5-5.5	4-5-5.5
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5.5	5-5-5.5
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5.5	5-5-5.5
VIGUETA A MOMENTO	5-5.5-5.5	5-5.5-5.5
VIGUETA A CORTANTE	5-5.5-5.5	5-5.5-5.5
VIGUETA A MOMENTO	5-5.5-6	5-5.5-6
VIGUETA A CORTANTE	5-5.5-6	5-5.5-6
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6	5-6-6
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6	5-6-6
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6.5	5-6-6.5
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6.5	5-6-6.5
VIGUETA A MOMENTO	5-6-7	5-6-7
VIGUETA A CORTANTE	5-6-7	5-6-7
VIGUETA A MOMENTO	6-6-6.5	6-6-6.5
VIGUETA A CORTANTE	6-6-6.5	6-6-6.5
VIGUETA A MOMENTO	6-6.5-6.5	6-6.5-6.5
VIGUETA A CORTANTE	6-6.5-6.5	6-6.5-6.5
VIGUETA A MOMENTO	6-6.5-7	6-6.5-7
VIGUETA A CORTANTE	6-6.5-7	6-6.5-7
VIGUETA A MOMENTO	6.5-6.5-7	6.5-6.5-7
VIGUETA A CORTANTE	6.5-6.5-7	6.5-6.5-7
VIGUETA A MOMENTO	6.5-7-7	6.5-7-7
VIGUETA A CORTANTE	6.5-7-7	6.5-7-7

Nota. Elaborado por la autora.

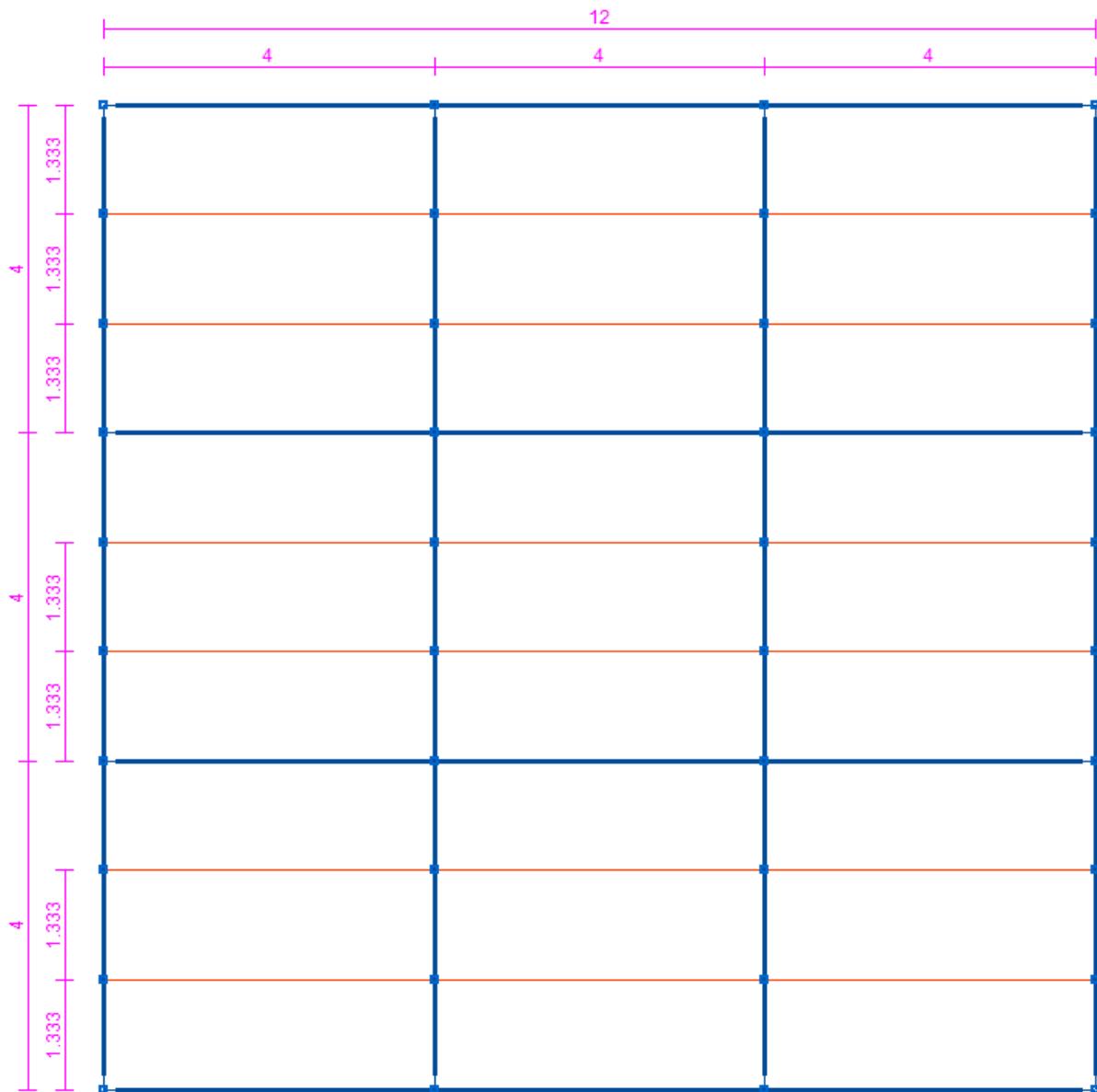


Figura 4. 7
Tablero de entrepiso con uniones a momento.
Nota. Elaborado por la autora.

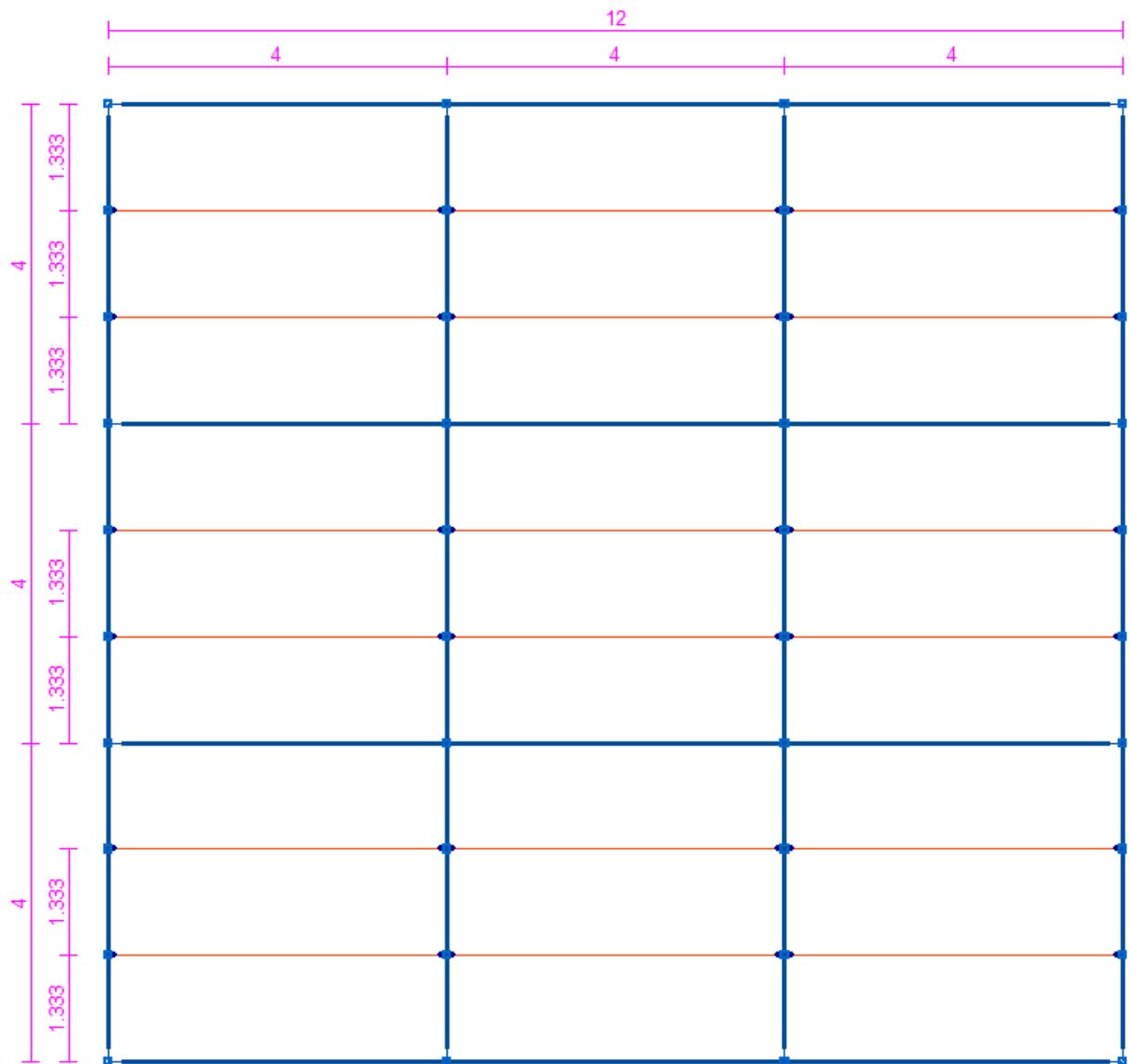


Figura 4. 8

Tablero de entrepiso con uniones a cortante.

Nota. Elaborado por la autora.

Para el último análisis, se modelaron estructuras que contengan brochales:

En estos casos, los elementos estructurales disminuyeron su tamaño comparando a los tableros de entrepiso con sus mismas dimensiones sin brochales. Al final se obtuvo una tabla con todo lo antes mencionado (Anexo 1).

Tabla 4. 3

Tableros de entrepiso con o sin brochal.

TIPO DE UNION DE VIGUETA	SECCIÓN DE TABLERO		NÚMERO DE TABLEROS SIMÉTRICOS	TIENE BROCHAL	
	LARGO	ANCHO		SÍ	NO
VIGUETA A MOMENTO	5	5	3	x	-
VIGUETA A CORTANTE	5	5	3	x	-
VIGUETA A MOMENTO	5	5	3	-	x
VIGUETA A CORTANTE	5	5	3	-	x
VIGUETA A MOMENTO	6	6	3	x	-
VIGUETA A CORTANTE	6	6	3	x	-
VIGUETA A MOMENTO	6	6	3	-	x
VIGUETA A CORTANTE	6	6	3	-	x
VIGUETA A MOMENTO	7	7	3	x	-
VIGUETA A CORTANTE	7	7	3	x	-
VIGUETA A MOMENTO	7	7	3	-	x
VIGUETA A CORTANTE	7	7	3	-	x
VIGUETA A MOMENTO	3-4-5	3-4-5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	3-4-5	3-4-5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	3-4-5	3-4-5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	3-4-5	3-4-5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	4-4-5	4-4-5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	4-4-5	4-4-5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	4-4-5	4-4-5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	4-4-5	4-4-5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	4-4.5-5	4-4.5-5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	4-4.5-5	4-4.5-5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	4-4.5-5	4-4.5-5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	4-4.5-5	4-4.5-5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	4-5-5	4-5-5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	4-5-5	4-5-5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	4-5-5	4-5-5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	4-5-5	4-5-5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5.5	5-5-5.5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5.5	5-5-5.5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5.5	5-5-5.5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5.5	5-5-5.5	0	-	x

VIGUETA A MOMENTO	5-5.5-5.5	5-5.5-5.5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	5-5.5-5.5	5-5.5-5.5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	5-5.5-5.5	5-5.5-5.5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	5-5.5-5.5	5-5.5-5.5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	5-5.5-6	5-5.5-6	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	5-5.5-6	5-5.5-6	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	5-5.5-6	5-5.5-6	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	5-5.5-6	5-5.5-6	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6	5-6-6	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6	5-6-6	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6	5-6-6	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6	5-6-6	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6.5	5-6-6.5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6.5	5-6-6.5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6.5	5-6-6.5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6.5	5-6-6.5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	5-6-7	5-6-7	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	5-6-7	5-6-7	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	5-6-7	5-6-7	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	5-6-7	5-6-7	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	6-6-6.5	6-6-6.5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	6-6-6.5	6-6-6.5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	6-6-6.5	6-6-6.5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	6-6-6.5	6-6-6.5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	6-6.5-6.5	6-6.5-6.5	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	6-6.5-6.5	6-6.5-6.5	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	6-6.5-6.5	6-6.5-6.5	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	6-6.5-6.5	6-6.5-6.5	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	6-6.5-7	6-6.5-7	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	6-6.5-7	6-6.5-7	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	6-6.5-7	6-6.5-7	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	6-6.5-7	6-6.5-7	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	6.5-6.5-7	6.5-6.5-7	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	6.5-6.5-7	6.5-6.5-7	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	6.5-6.5-7	6.5-6.5-7	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	6.5-6.5-7	6.5-6.5-7	0	-	x
VIGUETA A MOMENTO	6.5-7-7	6.5-7-7	0	x	-
VIGUETA A CORTANTE	6.5-7-7	6.5-7-7	0	x	-
VIGUETA A MOMENTO	6.5-7-7	6.5-7-7	0	-	x
VIGUETA A CORTANTE	6.5-7-7	6.5-7-7	0	-	x

Nota. Elaborado por la autora.

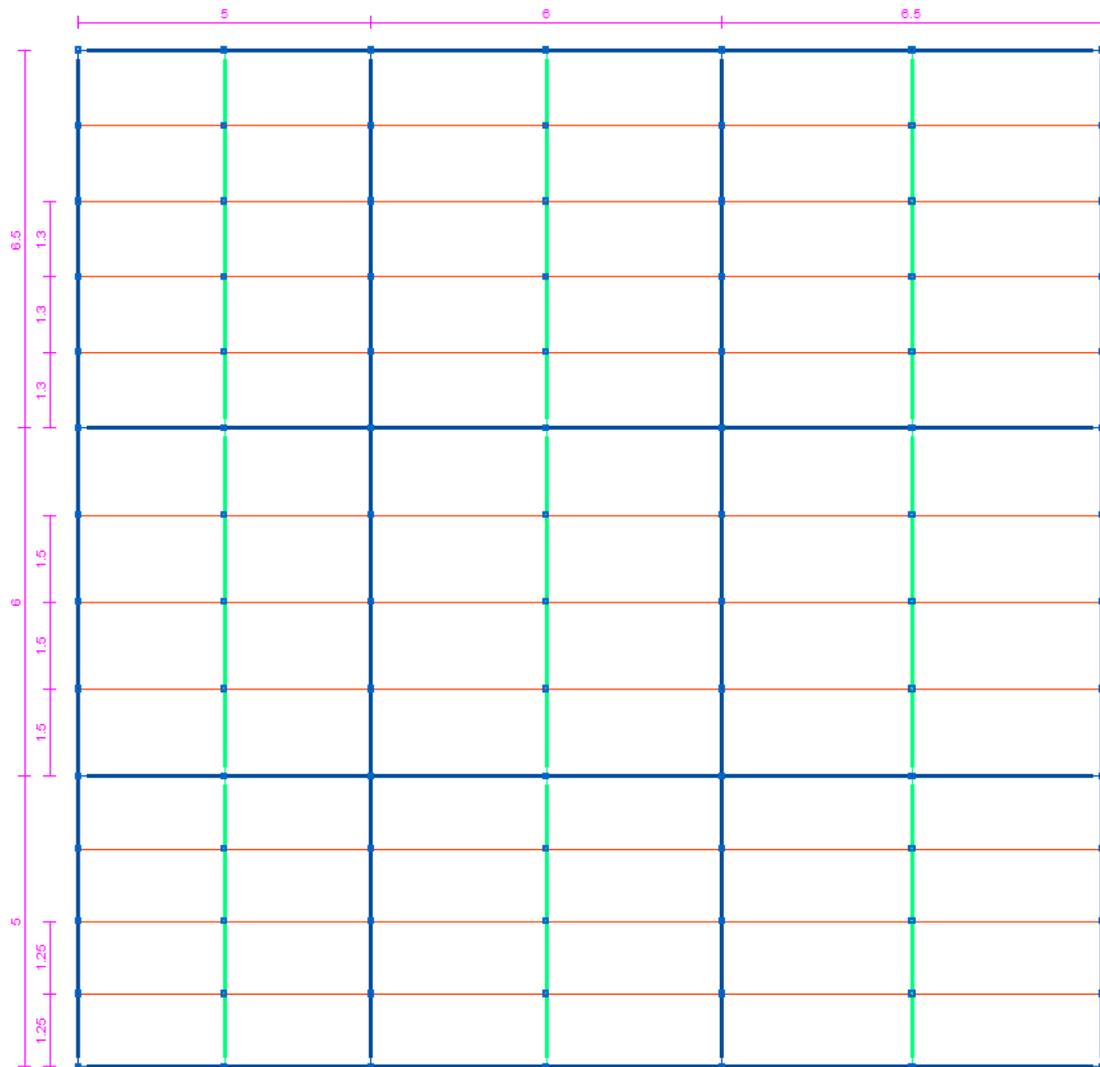


Figura 4. 9
 Tablero de entepiso con brochal con uniones a momento.
 Nota. Elaborado por la autora.

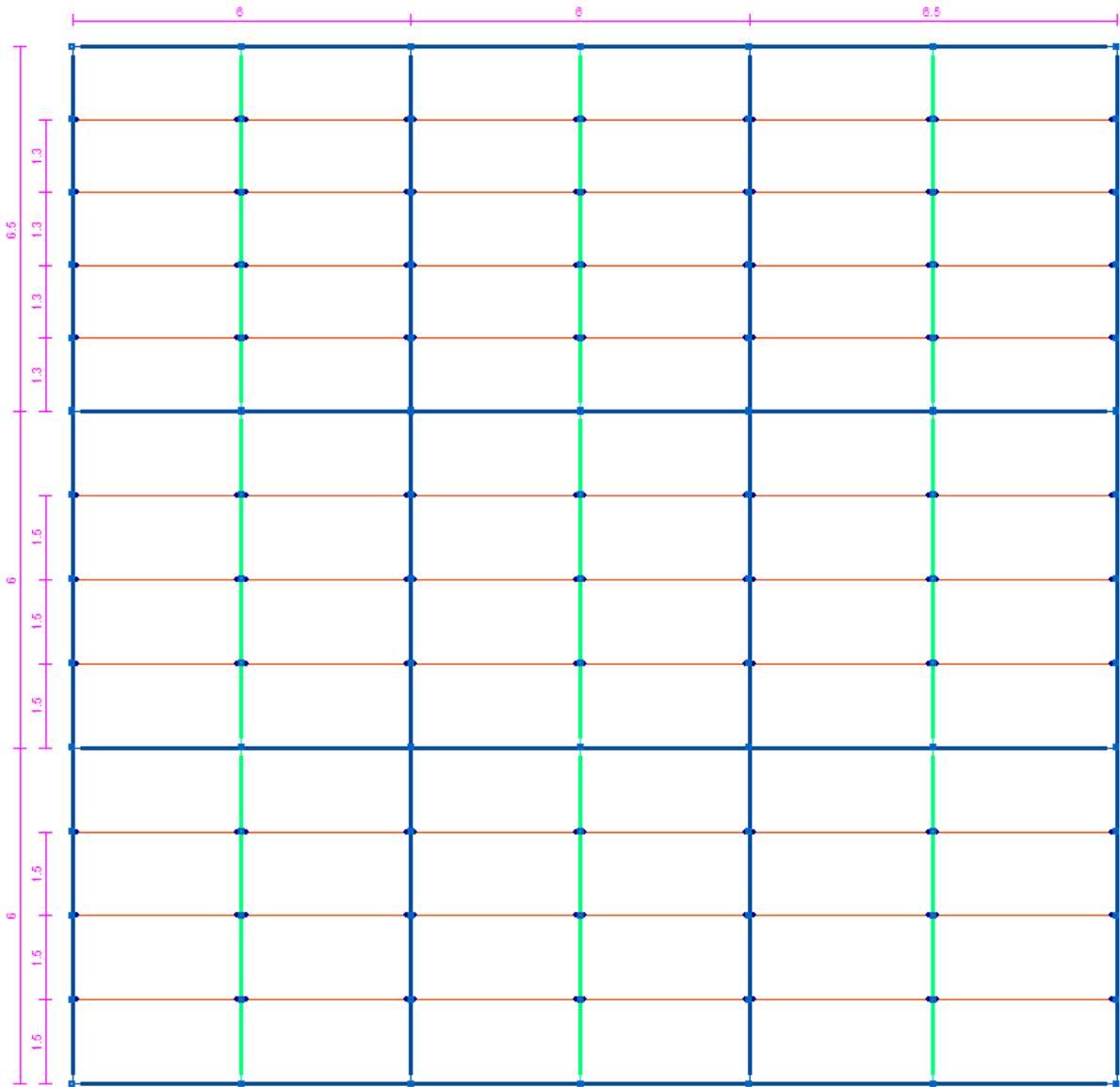


Figura 4. 10
Tablero de entrepiso con brochal con uniones a cortante.
 Nota. Elaborado por la autora.

CAPÍTULO V

OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1. Parámetros de los tableros

Al obtener los tableros de entresijos optimizados, se hizo un primer análisis tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Tipo de unión
- Sección del tablero
- Área
- Peso
- Porcentaje de cumplimiento

5.1.1. Tipo de unión

Este punto específicamente se refiere a si la unión se encuentra a cortante o a momento, tanto en las uniones de vigueta con brochal, vigueta con viga principal y las de viga con viga principal.

5.1.2. Sección del tablero

Los tableros se fueron dimensionando según se modelaban las estructuras en el software. Inicialmente se empezaron con luces de 3 metros, abarcando al final con luces de hasta 7 metros.

5.1.3. Área

El área de las estructuras varió de acuerdo a las secciones antes mencionadas.

5.1.4. Peso

Para este parámetro, se dividió por elementos el peso a analizar:

- Peso de viguetas
- Peso de vigas principales
- Peso de brochal

5.1.5. Porcentaje de cumplimiento

El porcentaje de cumplimiento es un dato que el software especializado nos da al momento de modelar la estructura y se corre el programa. Esto permitió optimizar lo máximo posible para lograr obtener datos reales y específicos al momento de realizar las conclusiones.

5.2. Análisis de resultados

5.2.1. Incidencia del peso a momento

De los tableros modelados, se utilizaron los diseñados a momento optimizados para obtener tanto los pesos de las viguetas como de las vigas cargadoras. Una vez recolectados todos los datos, se procedió a sacar un promedio general para su respectivo análisis.

Tabla 5. 1

Relación de peso de viguetas y de vigas cargadoras a momento.

MOMENTO				
PESO TOTAL	Peso Vigüeta	Peso VC	VIGUETAS	V CARGADORAS
17.73	6.62	11.10	37.37%	62.63%
21.51	8.68	12.83	40.37%	59.63%
29.65	14.16	15.49	47.75%	52.25%
32.84	15.37	17.47	46.80%	53.20%
38.02	18.91	19.11	49.74%	50.26%
27.14	10.72	16.42	39.51%	60.49%
18.94	6.53	12.42	34.45%	65.55%
30.40	13.00	17.40	42.76%	57.24%
19.24	7.39	11.84	38.43%	61.57%
21.02	7.96	13.05	37.89%	62.11%
24.11	9.28	14.84	38.47%	61.53%
25.45	10.23	15.22	40.21%	59.79%
31.87	14.79	17.08	46.41%	53.59%
22.58	9.42	13.16	41.72%	58.28%
32.70	14.64	18.06	44.78%	55.22%
32.01	14.18	17.82	44.31%	55.69%
32.21	14.76	17.45	45.82%	54.18%
32.66	15.30	17.36	46.84%	53.16%
36.32	17.35	18.97	47.76%	52.24%
38.87	17.39	21.48	44.73%	55.27%
34.06	15.44	18.62	45.33%	54.67%
35.06	17.40	17.65	49.65%	50.35%
40.91	18.46	22.44	45.14%	54.86%
37.16	17.09	20.06	46.00%	54.00%
38.46	18.10	20.36	47.06%	52.94%
PROMEDIO			43.57%	56.43%

Nota. Elaborado por la autora.

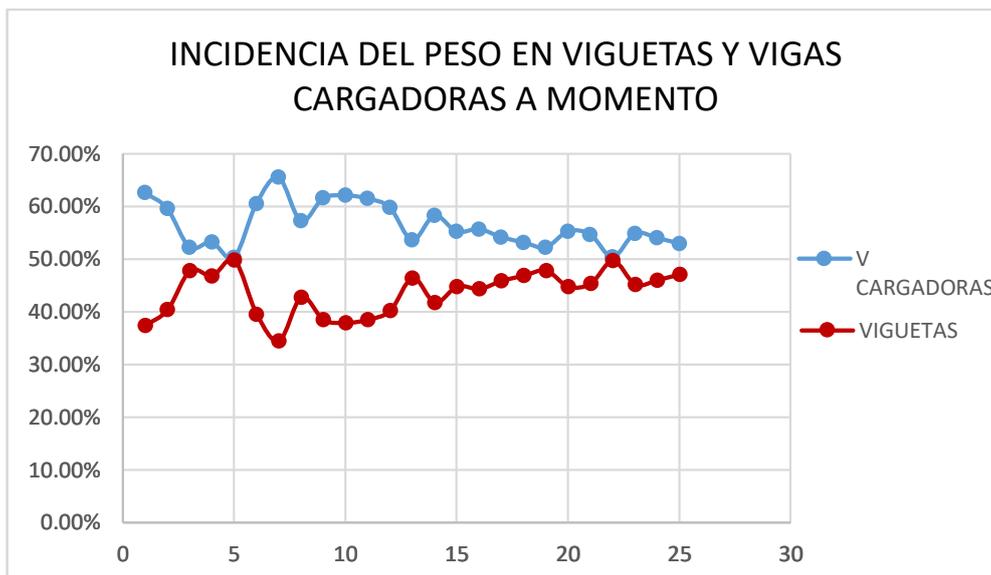


Figura 5. 1
Incidencia del peso en viguetas y vigas cargadoras a momento.
 Nota. Elaborado por la autora.

Las viguetas ocupan menor peso al momento de ser diseñadas a momento.

5.2.2. Incidencia del peso a cortante

Se realizó el mismo procedimiento del punto anterior, pero con el tablero a cortante.

Tabla 5. 2
Relación de peso de viguetas y de vigas cargadoras a cortante.

RELACIÓN DE PESOS				
CORTANTE				
PESO TOTAL	Peso Vigüeta	Peso VC	VIGUETAS	V CARGADORAS
17.73	6.62	11.10	37.37%	62.63%
22.01	8.68	12.83	39.44%	58.27%
31.74	14.16	15.49	44.60%	48.81%
34.02	15.37	17.47	45.18%	51.36%
40.01	18.91	19.11	47.27%	47.76%
27.58	10.72	16.42	38.87%	59.52%
21.24	6.53	12.42	30.72%	58.45%
31.93	13.00	17.40	40.71%	54.50%
20.75	7.39	11.84	35.64%	57.08%
19.51	7.96	13.05	40.81%	66.91%
26.43	9.28	14.84	35.10%	56.13%
26.13	10.23	15.22	39.16%	58.24%
33.08	14.79	17.08	44.71%	51.64%
24.67	9.42	13.16	38.18%	53.33%

33.14	14.64	18.06	44.18%	54.48%
33.40	14.18	17.82	42.47%	53.37%
33.98	14.76	17.45	43.43%	51.36%
34.17	15.30	17.36	44.77%	50.81%
37.69	17.35	18.97	46.03%	50.35%
40.68	17.39	21.48	42.74%	52.81%
36.99	15.44	18.62	41.73%	50.33%
37.58	17.40	17.65	46.32%	46.98%
41.65	18.46	22.44	44.33%	53.88%
38.92	17.09	20.06	43.92%	51.55%
39.47	18.10	20.36	45.86%	51.60%
PROMEDIO			41.74%	54.09%

Nota. Elaborado por la autora.

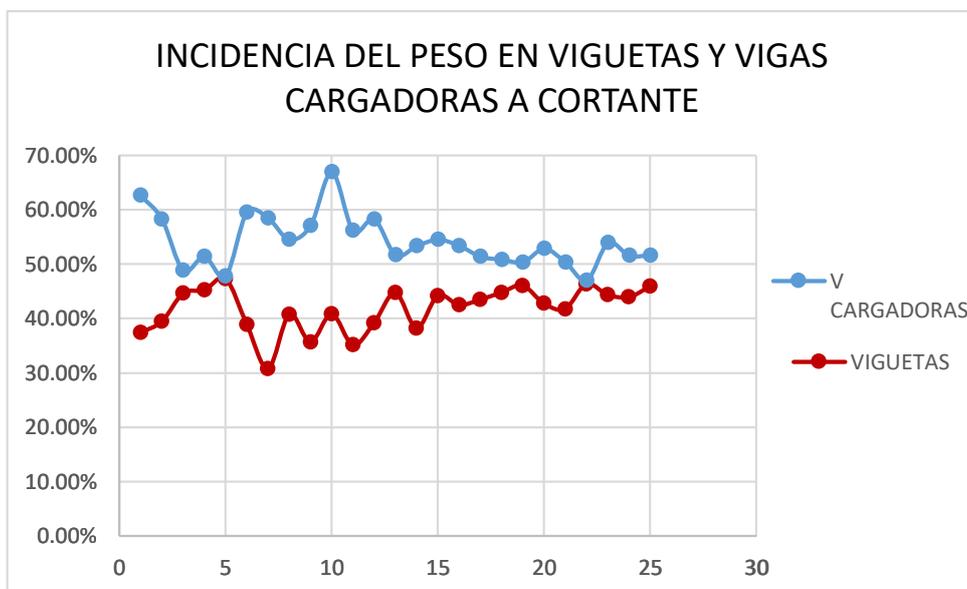


Figura 5. 2

Incidencia del peso en viguetas y vigas cargadoras a cortante.

Nota. Elaborado por la autora.

Las viguetas están por debajo de las vigas cargadoras, es decir, su incidencia es mucho menor a la de las vigas cargadoras en un tablero de entrepiso.

Tabla 5. 3

Diferencia de pesos promedio.

	VIGUETAS	VC	DIFERENCIA
MOMENTO	43.57%	56.43%	12.86%
CORTANTE	41.74%	54.09%	12.34%

Nota. Elaborado por la autora.

La incidencia en tableros con viguetas a momento y a cortante comparado con las vigas cargadoras, en un caso su diferencia es del 12.86% y en el otro del 12.34%, respectivamente; es decir, con viguetas y vigas cargadoras a cortante es menor su peso.

Las viguetas a cortante se optimizan un 1.83% y las vigas cargadoras, las cuales son la parte resistente del tablero, tienen una diferencia del 2.34%, generando un ahorro del 4.17% al diseñar un tablero de losa con placa colaborante a cortante.

5.2.3. Incidencia del peso a momento con brochal

Para este análisis, se utilizaron los tableros diseñados a momento con brochal optimizados, comparando sus pesos promedios.

Tabla 5. 4

Relación de peso de viguetas y de vigas cargadoras a momento.

MOMENTO				
PESO TOTAL	Peso Vigüeta	Peso VC	VIGÜETAS	V CARGADORAS
25.72	9.34	16.38	36.33%	63.67%
28.26	8.24	20.02	29.15%	70.85%
32.82	12.08	20.74	36.82%	63.18%
24.18	6.93	17.25	28.65%	71.35%
22.31	5.56	16.74	24.94%	75.06%
24.47	7.39	17.08	30.20%	69.80%
24.79	8.36	16.43	33.72%	66.28%
23.09	6.55	16.54	28.38%	71.62%
26.00	8.20	17.80	31.55%	68.45%
27.38	7.80	19.57	28.50%	71.50%
27.15	8.07	19.09	29.70%	70.30%
30.17	8.83	21.34	29.26%	70.74%
31.27	8.62	22.66	27.55%	72.45%
29.25	8.55	20.69	29.25%	70.75%
32.51	11.58	20.93	35.63%	64.37%
34.51	11.32	23.19	32.81%	67.19%
36.51	11.33	25.18	31.03%	68.97%
36.67	15.78	20.89	43.04%	56.96%
PROMEDIO	8.77	18.66	31.47%	68.53%

Nota. Elaborado por la autora.

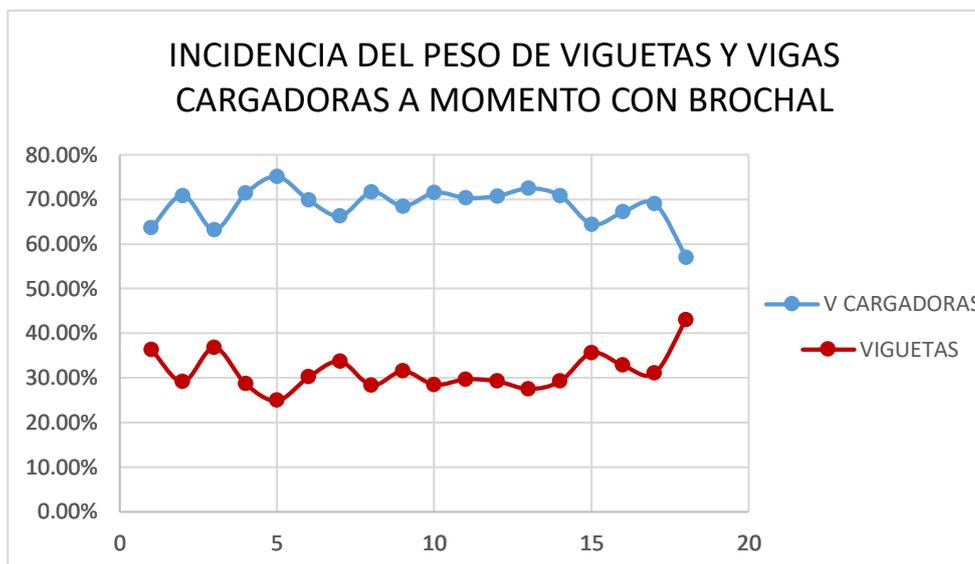


Figura 5. 3

Incidenca del peso en viguetas y vigas cargadoras con brochal a momento.

Nota. Elaborado por la autora

Al momento de usar brochales, las viguetas siguen ocupando menor peso en un tablero de losa, en este caso se optimiza mucho más que un tablero sin brochal.

5.2.4. Incidencia del peso a cortante con brochal

Se realizó el mismo procedimiento del punto anterior, pero con el tablero con brochal a cortante.

Tabla 5. 5

Relación de peso de viguetas y de vigas cargadoras con brochal a cortante.

CORTANTE				
PESO TOTAL	Peso Vigüeta	Peso VC	VIGUETAS	V CARGADORAS
23.27	5.96	17.30	25.63%	74.37%
26.47	6.76	19.71	25.53%	74.47%
29.88	9.92	19.96	33.21%	66.79%
23.53	5.48	18.06	23.27%	76.73%
21.37	4.96	16.41	23.22%	76.78%
22.88	5.15	17.73	22.52%	77.48%
24.26	5.68	18.58	23.41%	76.59%
23.85	5.77	18.08	24.19%	75.81%
23.98	5.59	18.39	23.31%	76.69%
26.78	7.37	19.41	27.53%	72.47%
26.17	7.16	19.02	27.34%	72.66%
30.25	8.38	21.87	27.71%	72.29%
32.10	9.28	22.83	28.90%	71.10%

28.47	7.50	20.96	26.35%	73.65%
29.72	8.43	21.29	28.37%	71.63%
33.85	9.45	24.39	27.93%	72.07%
32.15	10.42	21.73	32.41%	67.59%
31.76	8.86	22.90	27.91%	72.09%
PROMEDIO			26.60%	73.40%

Nota. Elaborado por la autora.

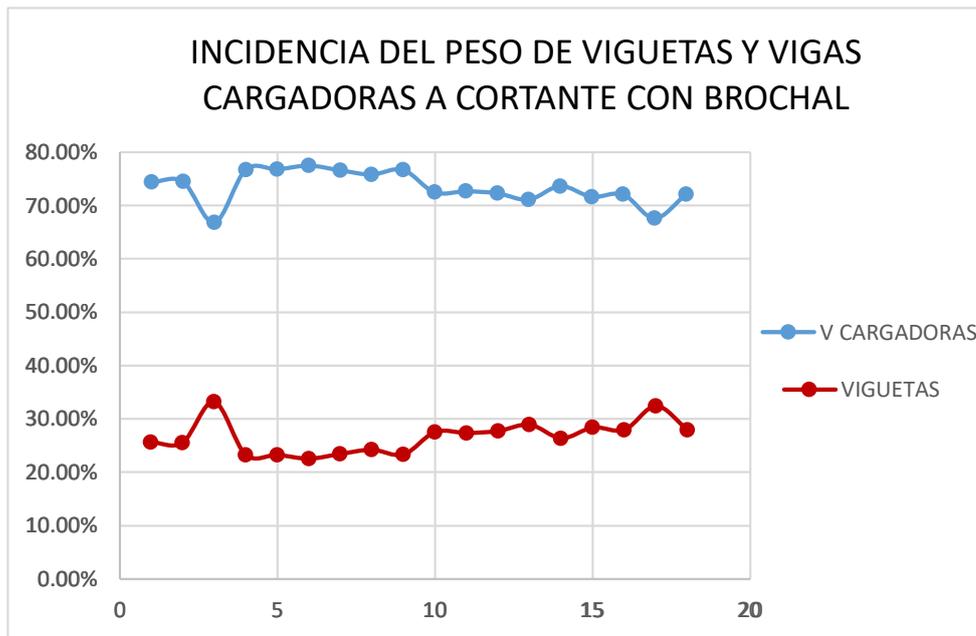


Figura 5.4

Incidencia del peso en viguetas y vigas cargadoras con brochal a cortante.

Nota. Elaborado por la autora.

Los resultados arrojan que las vigas cargadoras han sido la parte que ocupa mayor peso en un tablero, esto se debe a que es la parte resistente del tablero.

Tabla 5.6

Diferencia de pesos promedio.

	VIGUETAS	VC	DIFERENCIA
MOMENTO	31.47%	68.53%	37.05%
CORTANTE	26.60%	73.40%	46.81%

Nota. Elaborado por la autora.

En este caso, usando brochal en los tableros tenemos un resultado diferente. La incidencia con viguetas a momento y cortante comparado con las vigas cargadoras, en el primer caso su diferencia es de 37.05% y el segundo de 46.81%, respectivamente; es decir, con viguetas a cortante es menor el peso, pero es mayor el peso de las vigas cargadoras. Comparado con el porcentaje de peso de las vigas cargadoras, a momento su peso es mucho menor.

Para los tableros con brochal es factible diseñar las vigas y viguetas a momento.

5.2.5. Porcentaje de cumplimiento del tablero con brochal y sin brochal

El porcentaje de cumplimiento en los tableros a momento se los obtuvieron al diseñar en CYPE, donde se pudo ir comparando hasta encontrar un tablero con viguetas y vigas cargadoras óptimo.

Tabla 5. 7

Porcentaje de cumplimiento de viguetas sin brochal y con brochal.

VIGUETA	
SIN BROCHAL	CON BROCHAL
96.18%	99.99%
98.36%	116.90%
105.02%	92.60%
98.35%	100.83%
114.36%	108.58%
115.85%	118.89%
103.87%	130.67%
83.75%	115.84%
96.06%	101.44%
97.49%	90.43%
95.33%	99.03%
99.90%	101.29%
98.60%	96.90%
105.70%	97.95%
91.43%	90.63%
101.52%	102.69%
103.99%	99.81%
96.63%	101.04%
PROMEDIO	100.13%
	103.64%

Nota. Elaborado por la autora.

Tabla 5. 8

Porcentaje de cumplimiento de vigas cargadoras sin brochal y con brochal.

	VIGA CARGADORA	
	SIN BROCHAL	CON BROCHAL
	98.94%	97.51%
	105.02%	119.97%
	100.39%	99.95%
	105.79%	100.84%
	98.70%	97.08%
	102.66%	92.92%
	114.03%	101.41%
	97.63%	96.00%
	96.42%	102.26%
	94.13%	102.81%
	96.92%	104.34%
	98.45%	106.01%
	99.41%	102.05%
	93.80%	106.71%
	98.87%	104.64%
	95.20%	97.10%
	94.14%	101.55%
	93.52%	97.84%
PROMEDIO	99.11%	101.72%

Nota. Elaborado por la autora.

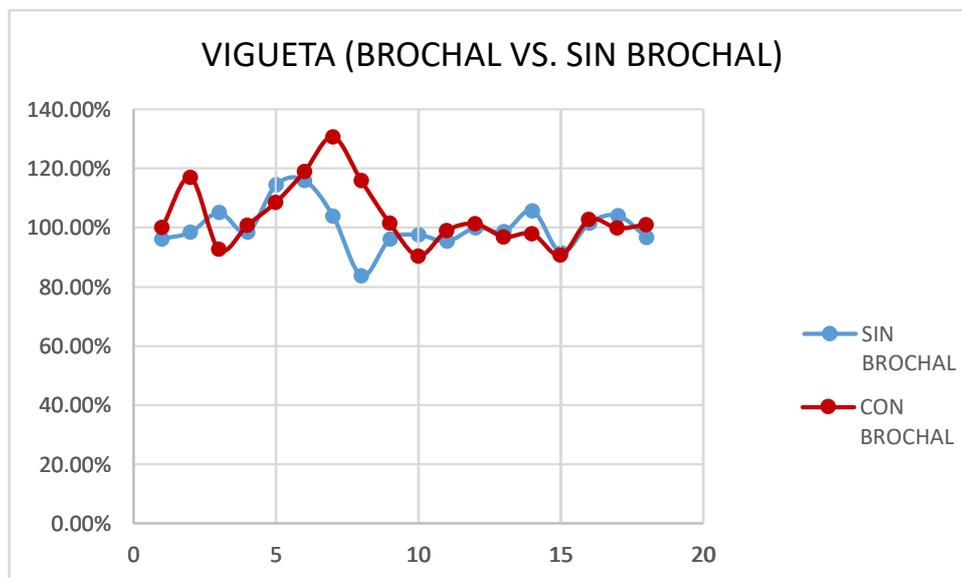


Figura 5. 5

Porcentaje de cumplimiento de viguetas con brochal y sin brochal.

Nota. Elaborado por la autora.

Se comparan los porcentajes de cumplimiento, obteniendo que las viguetas con brochal tendrían un diseño optimizado.

5.2.6. Porcentaje de cumplimiento del tablero con brochal y sin brochal, a momento y a cortante

Tabla 5. 9

Porcentaje de cumplimiento de vigas cargadoras sin brochal y con brochal, a momento y a cortante.

VIGA CARGADORA			
MOMENTO B	MOMENTO	CORTANTE B	CORTANTE
96.03%	96.72%	97.06%	92.10%
94.42%	92.77%	96.83%	77.33%
96.59%	96.15%	96.21%	90.89%
95.94%	95.07%	95.99%	94.28%
96.48%	95.01%	97.75%	92.55%
96.48%	91.67%	99.38%	98.65%
96.95%	96.31%	85.02%	98.65%
97.88%	85.41%	96.52%	88.97%
95.02%	93.19%	98.55%	99.00%
96.83%	98.77%	94.69%	96.07%
95.22%	94.35%	98.25%	95.84%
98.83%	99.19%	94.72%	93.57%
97.07%	91.49%	97.65%	97.54%
99.52%	97.21%	97.52%	91.10%
98.37%	94.07%	99.49%	98.81%
97.68%	94.19%	93.35%	97.00%
91.50%	92.58%	97.20%	98.99%
99.30%	95.95%	97.78%	98.07%
PROM	96.67%	94.45%	96.33%

Nota. Elaborado por la autora.

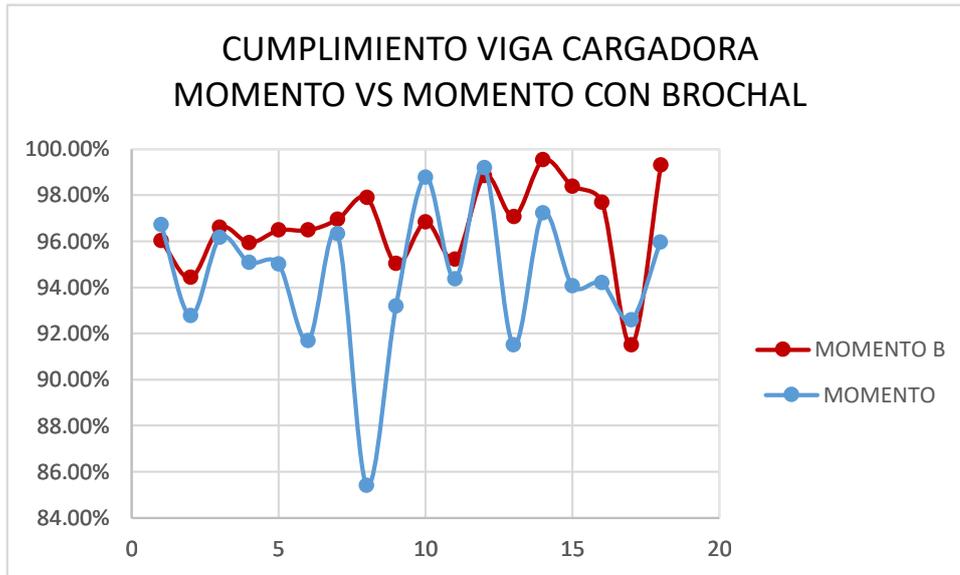


Figura 5. 6

Porcentaje de cumplimiento de vigas cargadoras con brochal y sin brochal, a momento.

Nota. Elaborado por la autora.

Los modelos de tableros de losa de entepiso cumplen con mejores porcentajes al ser diseñados con vigas cargadoras a momento. Teniendo un porcentaje de 96.67%, en cambio las vigas cargadoras a momento sin brochal tienen un 94.45%.

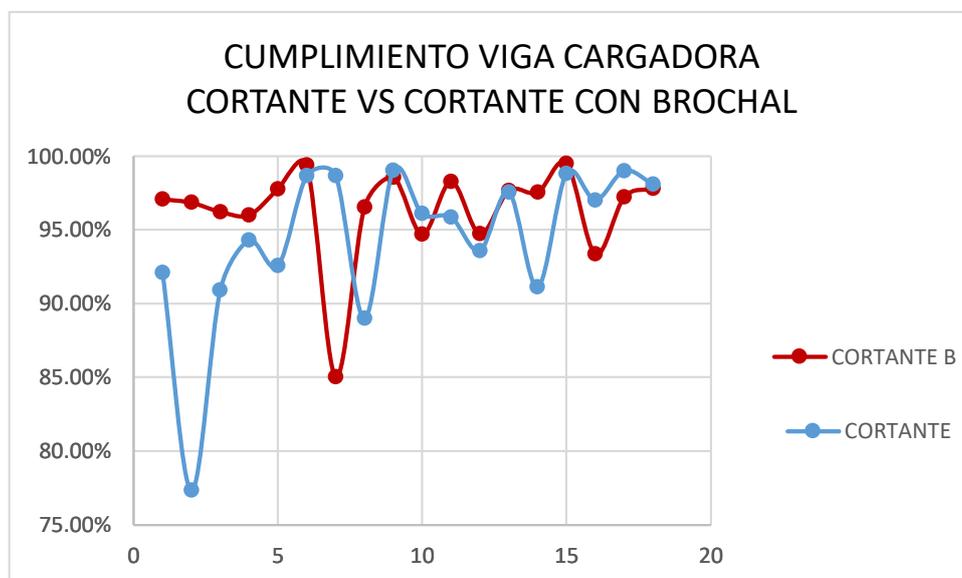


Figura 5. 7

Porcentaje de cumplimiento de vigas cargadoras con brochal y sin brochal, a cortante.

Nota. Elaborado por la autora.

La viga cargadora a cortante resulta tener mejor porcentaje de cumplimiento con brochal, con un promedio de 96.33% comparado a la viga cargadora sin brochal, teniendo un promedio de 94.41%.

Tabla 5. 10

Porcentaje de cumplimiento de viguetas sin brochal y con brochal, a momento y a cortante.

VIGUETA			
MOMENTO B	MOMENTO	CORTANTE B	CORTANTE
70.97%	89.52%	70.98%	76.58%
90.54%	88.79%	94.14%	90.27%
90.99%	99.21%	98.26%	98.39%
95.66%	98.05%	91.09%	99.69%
88.48%	96.88%	81.49%	81.49%
96.92%	94.41%	84.75%	81.49%
98.62%	94.41%	75.47%	81.50%
97.97%	77.86%	94.32%	92.97%
95.80%	83.82%	94.44%	92.69%
90.47%	96.17%	94.18%	98.65%
93.44%	94.90%	94.36%	93.69%
91.64%	92.27%	96.13%	92.36%
95.18%	96.30%	98.22%	98.32%
94.93%	97.62%	96.28%	92.36%
87.34%	94.91%	96.37%	92.42%
89.65%	99.82%	98.05%	98.33%
92.66%	99.34%	92.84%	98.32%
91.22%	95.05%	87.72%	98.36%
PROM	91.80%	93.85%	91.06%

Nota. Elaborado por la autora.

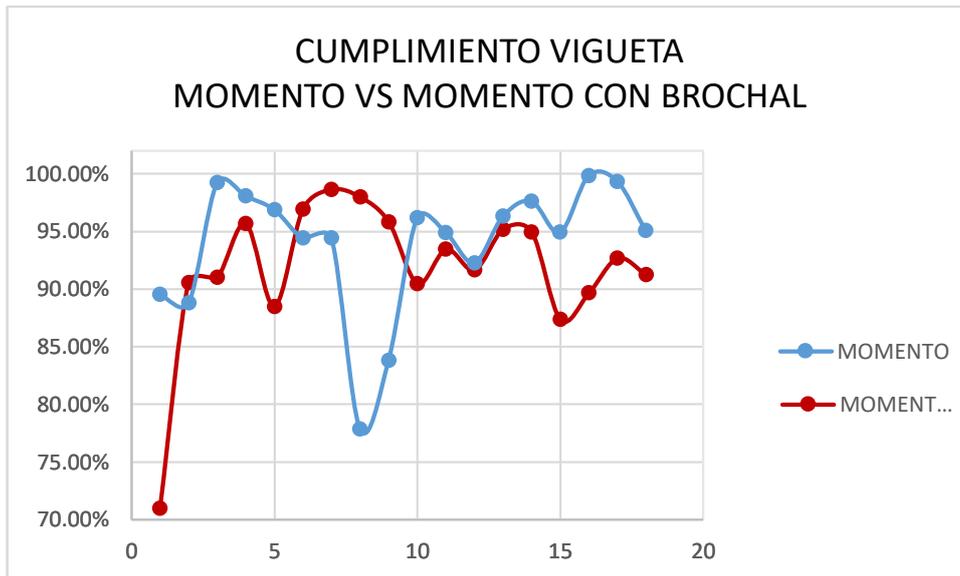


Figura 5. 8
 Porcentaje de cumplimiento de viguetas con brochal y sin brochal, a momento.
 Nota. Elaborado por la autora.

Las viguetas a momento, en este caso, son optimizadas al diseñarlas sin brochal.

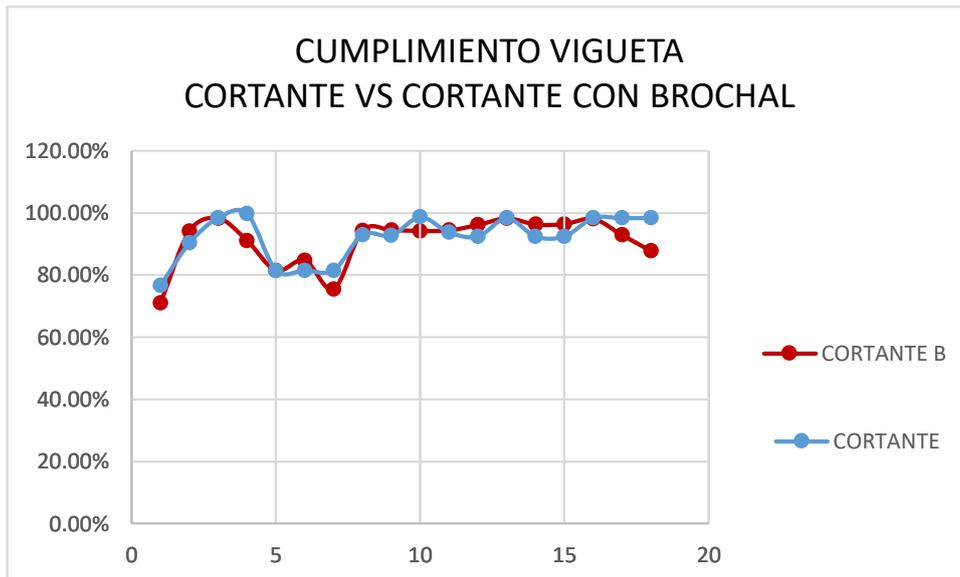


Figura 5. 9
 Porcentaje de cumplimiento de viguetas con brochal y sin brochal, a cortante.
 Nota. Elaborado por la autora

Las viguetas a cortante, con un 92.10% son mejor diseñadas sin brochal, comparadas a las que tienen brochal con un 91.06%.

- Según los datos obtenidos, el uso de brochal optimiza la estructura. Sabiendo que las vigas cargadoras son la parte resistente de un tablero de entepiso, tienen mayores porcentajes de cumplimiento al ser diseñados con brochal. Esto no quiere decir que las viguetas no sean importantes, pero comparando las diferencias en los gráficos, son mínimas las diferencias entre un tablero con o sin brochal.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS DE LAS CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES

Para realizar el análisis del presupuesto, se tomaron en cuenta los datos de las estructuras a momento, a cortante, a momento con brochal y a cortante con brochal. Con un costo de \$3 el kg de acero, donde se encontró el menor peso por metro cuadrado de la estructura.

Tabla 6. 1

Análisis de costo según el peso

PESO							
MOMENTO	COSTO kg/m ²	CORTANTE	COSTO kg/m ²	MOMENTO CON BROCHAL	COSTO kg/m ²	CORTANTE CON BROCHAL	COSTO kg/m ²
29.65	\$ 88.94	31.74	\$ 95.21	25.72	\$ 77.16	23.27	\$ 69.80
32.84	\$ 98.52	34.02	\$ 102.06	28.26	\$ 84.77	26.47	\$ 79.41
38.02	\$ 114.06	40.01	\$ 120.02	32.82	\$ 98.47	29.88	\$ 89.65
30.40	\$ 91.21	31.93	\$ 95.80	24.18	\$ 72.54	23.53	\$ 70.60
28.09	\$ 84.27	30.69	\$ 92.08	22.31	\$ 66.92	21.37	\$ 64.10
31.87	\$ 95.61	33.08	\$ 99.23	24.47	\$ 73.40	22.88	\$ 68.63
29.63	\$ 88.90	30.76	\$ 92.27	24.79	\$ 74.37	24.26	\$ 72.78
32.70	\$ 98.09	33.14	\$ 99.43	23.09	\$ 69.26	23.85	\$ 71.55
32.01	\$ 96.02	33.40	\$ 100.19	26.00	\$ 78.01	23.98	\$ 71.94
32.21	\$ 96.63	33.98	\$ 101.94	27.38	\$ 82.13	26.78	\$ 80.33
32.66	\$ 97.99	34.17	\$ 102.51	27.15	\$ 81.46	26.17	\$ 78.52
36.32	\$ 108.97	37.69	\$ 113.07	30.17	\$ 90.51	30.25	\$ 90.76
38.87	\$ 116.61	40.68	\$ 122.04	31.27	\$ 93.82	32.10	\$ 96.31
34.06	\$ 102.17	36.99	\$ 110.98	29.25	\$ 87.74	28.47	\$ 85.40
35.06	\$ 105.17	37.58	\$ 112.73	32.51	\$ 97.53	29.72	\$ 89.16
40.91	\$ 122.73	41.65	\$ 124.95	34.51	\$ 103.54	33.85	\$ 101.54
37.16	\$ 111.48	38.92	\$ 116.77	36.51	\$ 109.52	32.15	\$ 96.44
38.46	\$ 115.38	39.47	\$ 118.40	36.67	\$ 110.00	31.76	\$ 95.28
33.94	\$ 96.57	35.55	\$ 101.14	28.72	\$ 81.74	27.26	\$ 77.59

Nota. Elaborado por la autora.

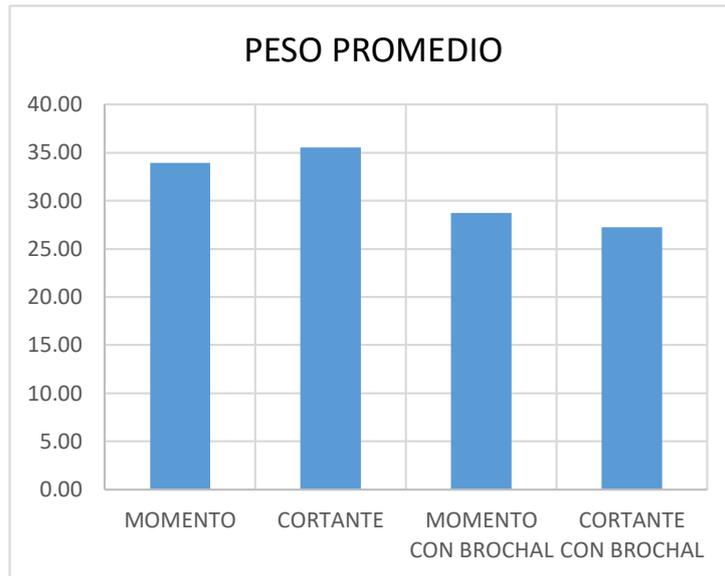


Figura 6. 1

Peso promedio de los tableros.

Nota. Elaborado por la autora.

Se obtuvo un costo promedio por metro cuadrado de cada instante, ya sea a momento, a cortante, a momento con brochal o a cortante con brochal. Resulta mejor usar brochal, ya sea a momento como a cortante, pero el más económico es el tablero con vigas cargadoras y viguetas a cortante.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

- Las viguetas a cortante y a momento se mantienen con una tendencia a menor sección para las viguetas a cortante, optimizando un promedio de 1.83%.
- Las vigas cargadoras a cortante y a momento tienen la misma tendencia, al ser diseñadas a cortante se optimizan el 2.34%.
- Diseñar a cortante tiene un promedio 4.17% de reducción de la cuantía a utilizar en el total de la edificación.
- Comparando tableros de viguetas con tableros de viguetas y brochales, se optimiza mejor el factor de cumplimiento los tableros con brochales a momento y viguetas a momento.
- Para el caso de los tableros con brochales, las viguetas optimizan su peso a cortante, mientras que las vigas cargadoras, siendo parte primordial de la estructura, su cuantía es menor a momento, por lo que es mejor diseñar tableros con brochal a momento.
- En definitiva, se tiene que, si se va a realizar un diseño sin brochal, la mejor alternativa es utilizar vigas cargadoras y viguetas a cortante, optimizando cuantía y costo. Lo ideal, de forma general, para tableros de losa con placas colaborantes sería un diseño ya sea viguetas a cortante o a momento con brochal, donde se ha comprobado que los pesos son menores y el porcentaje de cumplimiento es mayor, garantizando una optimización de materiales tanto en vigas cargadoras como en viguetas. Con el análisis promedio de costos, tenemos que es mejor a cortante, pero tomando en cuenta los porcentajes de cumplimiento y la cuantía antes analizados, el mejor diseño sería a momento con brochal.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda diseñar en CYPE las estructuras de acero, siendo un software que facilita tanto el ingreso de información como la obtención de resultados al correr el programa.
- Tomar en cuenta que todas las ligaduras estén actuando, ya sea a momento o a cortante, lo cual puede ser un gran causante de cambios en cuantía, pesos, dimensiones de perfiles, etc.
- CYPE tiene la característica de brindar el porcentaje de cumplimiento de los perfiles usados, entonces al momento de realizar cualquier modelo, se recomienda observar los errores que muestran para ver qué perfil se acerca más al perfil ideal que se puede utilizar para llegar a obtener la estructura optimizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrayago, I., Real, E., Mirambell, E., Marimon, F., & Ferrer, M. (2019). Experimental study on ferritic stainless steel trapezoidal decks for composite slabs in construction stage. *Thin-Walled Structures*, 13.
- ASC Steel Deck (2018). Floor Deck Design Guide. *Composite deck and non-composite deck for floor and roof deck applications*, 62.
- C. García, Caracterización micromecánica de la interacción acero-hormigón en las losas mixtas mediante el uso de modelos de elementos finitos, Collection of Métodos de Test (2018). 3 URL https://test.scipedia.com/wd/index.php/García_2018b
- Calavera, J. (1999). *Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón*. Madrid: INTEMAC.
- Chen, S., Shi, X., & Qiu, Z. (2011). Shear bond failure in composite slabs - a detailed experimental study. *Steel and Composite Structures*, 18.
- DIPAC. (S.f). *Tipos de vigas y usos*. Obtenido de DIPAC: <https://blog.dipacmanta.com>
- E-struct. (Julio de 2018). *e-struct*. Obtenido de <https://e-struct.com>
- Gholamhoseini, A., Gilbert, R. I., Bradford, M. A., & Chang, Z. T. (2014). LONGITUDINAL SHEAR STRESS AND BOND-SLIP RELATIONSHIPS IN COMPOSITE CONCRETE SLABS. *ENGINEERING STRUCTURES*, 12.
- Hedao, N.A., Gupta, L.M. & Ronghe, G.N. Design of composite slabs with profiled steel decking: a comparison between experimental and analytical studies. *Int J Adv Struct Eng* 4, 1 (2012). <https://doi.org/10.1186/2008-6695-3-1>
- Hou, M., Hu, K., Yu, J., Dong, S., & Xu, S. (2018). Experimental study on ultra-high ductility cementitious composites applied to link slabs for jointless bridge decks. *Composite structures*, 27.
- INEC. (1 de Noviembre de 2017). *Ecuador en cifras*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/conozcamos-cuenca-a-traves-de-sus-cifras/>
- IPAC, *Perfiles de acero (2019)*, catálogo de productos y servicios (Guayaquil, 2019).
- McCormac, J. C. (2002). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO: MÉTODO LRFD*. México D. F.: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
- MIDUVI, Cámara de la Construcción de Quito (2014). *Normas Ecuatoriana de la Construcción 2014. CARGAS (NO SÍSMICAS)*. Quito.
- MIDUVI, Cámara de la Construcción de Quito (2014). *Normas Ecuatoriana de la Construcción 2014. Estructuras de Acero*. Quito.
- MIDUVI, Cámara de la Construcción de Quito (2014). *Normas Ecuatoriana de la Construcción 2014. Peligro Sísmico: Diseño Sismo Resistente*. Quito

- Molina Mata, J. E. (2009). *Elaboración de un manual de diseño sismorresistente de edificaciones en acero bajo los sistemas SMF, SCBF, y EBF basado en las normas ANSI/AISC 360-05 y 341-05*. Caracas.
- Pfenniger, F. (s.f.). *Arquitectura+acero*. Obtenido de <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/steel-deck-o-losa-colaborante>
- Plans, A., Alamillo, D., Ferrer, M., & Marimon, F. (2017). COMPOSITE SLABS MICROMECHANICS CHARACTERIZATION OF THE STEEL-CONCRETE INTERACTION WITH FINITE ELEMENT MODELS. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 7.
- Porperati. (04 de Enero de 2019). *Cuenca crece y se acerca a parroquias aledañas*. Obtenido de <https://blog.properati.com.ec/>
- Rehman, N., Lam, D., Dai, X., & Ashour, A. (2016). Experimental study on demountable shear connectors in composite slabs with profiled decking. *Journal of Constructional Steel Research*, 12.
- Swaminathan, S., Siva, A., Senthil, R., & Prabu, K. (2016). Experimental Investigation on shear connectors in steel-concrete composite deck slabs. *Indian Journal of Science and Technology*, 8.
- Zambrano Songora, J. P. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO ECONÓMICO DE UNA VIVIENDA DE ESTRUCTURA DE ACERO Y UNA DE ESTRUCTURA CONVENCIONAL*. Machala.

ANEXO 1:
TABLA COMPLETA CON VIGUETAS DE ACERO EN
TABLEROS DE LOSA CON PLACA COLABORANTE
CON Y SIN BROCHAL

	SECCIÓN DE TABLERO		NÚMERO DE TABLEROS SIMÉTRICOS	TIENE BROCHAL		LUZ VIGUETA	LUZ CARGADORA	LUZ BROCHAL	CUMPLIMIENTO VIGUETAS	CUMPLIMIENTO DE VIGA CARGADORA	CUMPLIMIENTO BROCHAL	ÁREA	PESO DE LAS VIGUETAS	PESO DE LAS CARGADORAS	PESO VIGAS BROCHAL	PESO POR m2 (VIGUETAS)	PESO POR m2 (VIGAS CARGADORAS)	PESO POR m2 (VIGA BROCHAL)
	LARGO	ANCHO		SÍ	NO													
VIGUETA A MOMENTO	5	5	3	x	-	5	5	5	70.97%	96.03%	94.09%	675	6307.74	8633.43	2419.76	9.3448	12.79026667	3.58482963
VIGUETA A CORTANTE	5	5	3	x	-	5	5	5	70.98%	97.06%	81.92%	675	4024.39	8659.33	3020.29	5.962059259	12.82863704	4.474503704
VIGUETA A MOMENTO	5	5	3	-	x	5	5	-	89.52%	96.72%	-	675	9555.2	10456.2	-	14.15585185	15.49066667	-
VIGUETA A CORTANTE	5	5	3	-	x	5	5	-	76.58%	92.10%	-	675	10212.21	11209.8	-	15.1292	16.60711111	-
VIGUETA A MOMENTO	6	6	3	x	-	6	6	6	90.54%	94.42%	89.95%	972	8007.59	14728.17	4730.72	8.238261317	15.15243827	4.866995885
VIGUETA A CORTANTE	6	6	3	x	-	6	6	6	94.14%	96.83%	65.26%	972	6568.52	13323.18	5837.1	6.57736626	13.70697531	6.005246914
VIGUETA A MOMENTO	6	6	3	-	x	6	6	-	88.79%	92.77%	-	972	14940.05	16981.43	-	15.37042181	17.470607	-
VIGUETA A CORTANTE	6	6	3	-	x	6	6	-	90.27%	77.33%	-	972	16084.58	16981.43	-	16.54792181	17.470607	-
VIGUETA A MOMENTO	7	7	3	x	-	7	7	7	90.99%	96.59%	88.70%	1323	15987.35	22505.32	4930.66	12.08416478	17.01082389	3.726878307
VIGUETA A CORTANTE	7	7	3	x	-	7	7	7	98.26%	96.21%	82.96%	1323	19128.19	21084.31	5321.36	9.923046107	15.93674225	4.022191988
VIGUETA A MOMENTO	7	7	3	-	x	7	7	-	99.21%	96.15%	-	1323	25020.46	25281.4	-	18.919191232	19.10914588	-
VIGUETA A CORTANTE	7	7	3	-	x	7	7	-	98.39%	90.89%	-	1323	26775.15	26155.1	-	20.23820862	19.76953893	-
VIGUETA A MOMENTO	3-4-5	3-4-5	0	x	-	3-4-5	3-4-5	3-4-5	95.66%	95.94%	97.61%	432	2992.72	6195.53	1257.57	6.927592593	14.34150463	2.911041667
VIGUETA A CORTANTE	3-4-5	3-4-5	0	x	-	3-4-5	3-4-5	3-4-5	91.09%	95.99%	94.06%	432	2365.44	5751.85	2048.85	5.475555556	13.31446759	4.742708333
VIGUETA A MOMENTO	3-4-5	3-4-5	0	-	x	3-4-5	3-4-5	-	98.05%	95.07%	-	432	5615.73	7518.1	-	12.999375	17.40300926	-
VIGUETA A CORTANTE	3-4-5	3-4-5	0	-	x	3-4-5	3-4-5	-	99.69%	94.28%	-	432	5737.95	8056.93	-	13.28229167	18.65030093	-
VIGUETA A MOMENTO	4-4-5	4-4-5	0	x	-	4-4-5	4-4-5	4-4-5	88.48%	96.48%	98.23%	546.75	3041.92	7191.46	1962.42	5.563639689	13.15310471	3.589245542
VIGUETA A CORTANTE	4-4-5	4-4-5	0	x	-	4-4-5	4-4-5	4-4-5	81.49%	97.75%	97.70%	546.75	2712.74	6775.1	2195.1	4.961572931	12.39158665	4.014814815
VIGUETA A MOMENTO	4-4-5	4-4-5	0	-	x	4-4-5	4-4-5	4-4-5	96.88%	95.01%	-	507	5941.88	8299.73	-	11.71968442	16.37027613	-
VIGUETA A CORTANTE	4-4-5	4-4-5	0	-	x	4-4-5	4-4-5	4-4-5	81.49%	92.55%	-	507	6883.79	8678.33	-	13.57749507	17.1170217	-
VIGUETA A MOMENTO	4-4-5-5	4-4-5-5	0	x	-	4-4-5-5	4-4-5-5	4-4-5-5	96.92%	96.48%	98.55%	546.75	4039.53	7597.35	1740.11	7.388257888	13.89547325	3.18264289
VIGUETA A CORTANTE	4-4-5-5	4-4-5-5	0	x	-	4-4-5-5	4-4-5-5	4-4-5-5	84.75%	99.38%	96.30%	546.75	2817.07	7216.9	2474.52	5.152391404	13.1996342	4.525871056
VIGUETA A MOMENTO	4-4-5-5	4-4-5-5	0	-	x	4-4-5-5	4-4-5-5	4-4-5-5	91.67%	-	-	546.75	8086.26	9338.2	-	14.7896845	17.07946959	-
VIGUETA A CORTANTE	4-4-5-5	4-4-5-5	0	-	x	4-4-5-5	4-4-5-5	4-4-5-5	81.49%	98.65%	-	546.75	8472.35	9611.85	-	15.49583905	17.57997257	-
VIGUETA A MOMENTO	4-5-5	4-5-5	0	x	-	4-5-5	4-5-5	4-5-5	96.95%	99.50%	98.58%	588	4914.81	7661.13	2001.28	8.358520408	13.02913265	3.403537415
VIGUETA A CORTANTE	4-5-5	4-5-5	0	x	-	4-5-5	4-5-5	4-5-5	75.47%	85.02%	93.29%	588	3338.75	8257.89	2667.27	5.678416259	14.0443061	4.536173469
VIGUETA A MOMENTO	4-5-5	4-5-5	0	-	x	4-5-5	4-5-5	3-4-5	94.41%	-	-	588	8086.26	9338.2	-	13.75214286	15.88129252	-
VIGUETA A CORTANTE	4-5-5	4-5-5	0	-	x	4-5-5	4-5-5	3-4-5	81.50%	98.65%	-	588	8472.35	9611.85	-	14.4087585	16.34683667	-
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5-5	5-5-5-5	0	x	-	5-5-5-5	5-5-5-5	5-5-5-5	97.97%	97.88%	96.30%	720.75	4721.64	9502.82	2415.37	6.551009365	13.18462712	3.351189733
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5-5	5-5-5-5	0	x	-	5-5-5-5	5-5-5-5	5-5-5-5	94.32%	96.52%	95.92%	720.75	4158.53	9670.73	3359.45	5.76972598	13.41759279	4.66104752
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5-5	5-5-5-5	0	-	x	5-5-5-5	5-5-5-5	-	77.86%	-	-	720.75	10552.62	13014.36	-	14.64116545	18.05669095	-
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5-5	5-5-5-5	0	-	x	5-5-5-5	5-5-5-5	-	92.97%	88.97%	-	720.75	11233.43	12564.16	-	15.71062088	17.43206382	-
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	0	x	-	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	95.80%	95.02%	98.54%	768	6301.27	10437.36	3232.94	8.204778646	13.5903125	4.209557292
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	0	x	-	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	94.44%	98.55%	93.68%	768	4292.68	10276.59	3847.13	5.589427083	13.38097656	5.009283854
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	0	-	x	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	-	83.82%	93.19%	-	768	10893.02	13687.89	-	14.18361979	17.82277344	-
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	0	-	x	5-5-5-5-5	5-5-5-5-5	-	92.69%	99.00%	-	768	12484.37	13164.14	-	16.2556091	17.14080729	-
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5-6	5-5-5-6	0	x	-	5-5-5-6	5-5-5-6	5-5-5-6	96.83%	96.83%	87.42%	816.75	6373.79	11872.26	4115.01	7.803844506	14.53597796	5.038273646
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5-6	5-5-5-6	0	x	-	5-5-5-6	5-5-5-6	5-5-5-6	94.18%	94.69%	92.63%	816.75	6021.14	11513.48	4336.5	7.372072238	14.09670034	5.309458219
VIGUETA A MOMENTO	5-5-5-6	5-5-5-6	0	-	x	5-5-5-6	5-5-5-6	-	96.17%	98.77%	-	816.75	12053.97	14252.93	-	14.7584573	17.45078665	-
VIGUETA A CORTANTE	5-5-5-6	5-5-5-6	0	-	x	5-5-5-6	5-5-5-6	-	98.65%	96.07%	-	816.75	13505.41	14246.45	-	16.53554943	17.44285277	-
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6	5-6-6	0	x	-	5-6-6	5-6-6	5-6-6	93.44%	95.22%	92.28%	867	6992.8	12309.43	4239.71	8.065513264	14.1977278	4.890092272
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6	5-6-6	0	x	-	5-6-6	5-6-6	5-6-6	94.36%	98.25%	98.81%	867	6203.6	11945.11	4543.97	7.155247982	13.7752018	5.241026528
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6	5-6-6	0	-	x	5-6-6	5-6-6	5-6-6	94.90%	-	-	867	13264.64	15054.49	-	15.29946943	17.36388697	-
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6	5-6-6	0	-	x	5-6-6	5-6-6	5-6-6	93.69%	95.84%	-	867	14830.68	14795.6	-	17.10574394	17.0652858	-
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6-5	5-6-6-5	0	x	-	5-6-6-5	5-6-6-5	5-6-6-5	91.64%	98.83%	92.32%	918.75	8110.16	14493.06	5114.47	8.827385034	15.77475918	5.566770068
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6-5	5-6-6-5	0	x	-	5-6-6-5	5-6-6-5	5-6-6-5	96.13%	94.72%	88.63%	918.75	7701.97	14699.12	5394.72	8.383096599	15.99904218	5.871804082
VIGUETA A MOMENTO	5-6-6-5	5-6-6-5	0	-	x	5-6-6-5	5-6-6-5	-	92.27%	99.19%	-	918.75	15937.82	17432.89	-	17.34728707	18.97457415	-
VIGUETA A CORTANTE	5-6-6-5	5-6-6-5	0	-	x	5-6-6-5	5-6-6-5	-	92.36%	93.57%	-	918.75	16955.96	17670.55	-	18.45546667	19.232517	-
VIGUETA A MOMENTO	5-6-7	5-6-7	0	x	-	5-6-7	5-6-7	5-6-7	95.18%	97.07%	89.79%	972	8375.85	16043.2	5979.82	8.611712963	16.50534979	6.152078189
VIGUETA A CORTANTE	5-6-7	5-6-7	0	x	-	5-6-7	5-6-7	5-6-7	98.22%	97.65%	99.31%	972	9016.88	16526.45	5660.48	9.276625514	17.02520558	5.823539095
VIGUETA A MOMENTO	5-6-7	5-6-7	0	-	x	5-6-7	5-6-7	-	96.30%	91.49%	-	972	16901.86	20881.31	-	17.38874486	21.48282922	-
VIGUETA A CORTANTE	5-6-7	5-6-7	0	-	x	5-6-7	5-6-7	-	98.32%	97.54%	-	972	19095.66	20446.11	-	19.64574074	21.03509259	-
VIGUETA A MOMENTO	6-6-6-5	6-6-6-5	0	x	-	6-6-6-5	6-6-6-5	6-6-6-5	94.93%	99.52%	99.69%	1026.75	8783.09	15890.52	5355.9	8.554263453	15.47652301	5.216362308
VIGUETA A CORTANTE	6-6-6-5	6-6-6-5	0	x	-	6-6-6-5	6-6-6-5	6-6-6-5	96.28%	97.52%	97.98%	1026.75	7701.97	16118.52	5406.73	7.501309959	15.69858291	5.26586803
VIGUETA A MOMENTO	6-6-6-5	6-6-6-5	0	-	x	6-6-6-5	6-6-6-5	-	97.62%	-	-	1026.75	15851.72	19117.42	-	15.43873387	18.61935233	-
VIGUETA A CORTANTE	6-6-6-5	6-6-6-5	0	-	x	6-6-6-5	6-6-6-5	-	92.36%	91.10%	-	1026.75	18959.49	19024.47	-	18.46553689	18.52882396	-
VIGUETA A MOMENTO	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	0	x	-	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	87.34%	98.37%	93.80%	1083	12543.14	16807.71	5857.12	11.58184672	15.51958449	5.40823638
VIGUETA A CORTANTE	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	0	x	-	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	96.37%	99.49%	89.26%	1083	9132.53	16891.24	6161.39	8.432622345	15.59671283	5.689187442
VIGUETA A MOMENTO	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	0	-	x	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	-	94.91%	94.07%	-	1083	18849.12	19117.42	-	17.40454294	17.6522807	-
VIGUETA A CORTANTE	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	0	-	x	6-6-5-6-5	6-6-5-6-5	-	92.42%	98.81%	-	1083	21054.73	19640.07	-	19.44111727	18.13487535	-
VIGUETA A MOMENTO	6-6-5-7	6-6-5-7	0	x	-	6-6-5-7	6-6-5-7	6-6-5-7	97.68%	97.68%	94.99%	1140.75	12916.59	20078.85	6374.04	11.32289283	17.6014642	5.587587114
VIGUETA A CORTANTE	6-6-5-7	6-6-5-7	0	x	-	6-6-5-7	6-6-5-7	6-6-5-7	98.05%	93.35%	98.65%	1140.75	10784.16					