



**UNIVERSIDAD  
DON VASCO A.C.**

**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Escuela de Ingeniería Civil.**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE  
UN EDIFICIO DE SEIS NIVELES EN CONCRETO  
REFORZADO EN LA CIUDAD DE URUAPAN,  
MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Alexander Rocha Vilchis.**

**Asesor: M.I. Luis Arturo Muñoz Galindo.**

Uruapan, Michoacán, a 26 de junio del 2017.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE.

### Introducción.

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento del problema. . . . .	2
Objetivos. . . . .	3
Pregunta de investigación. . . . .	4
Justificación. . . . .	4
Marco de referencia. . . . .	5

### Capítulo 1.- Análisis estructural.

1.1.- Concepto de análisis estructural. . . . .	6
1.2.- Clasificación de cargas. . . . .	8
1.2.1.- Cargas muertas. . . . .	9
1.2.2.- Cargas vivas. . . . .	10
1.2.3.- Cargas por impacto. . . . .	11
1.2.4.- Cargas laterales. . . . .	11
1.3.- Combinación de cargas. . . . .	14
1.4.- Análisis tridimensional. . . . .	16

1.5.- Análisis sísmico.	17
1.5.1.- Aspectos generales.	17
1.5.2.- Antecedentes.	17
1.5.3.- Zonas sísmicas en la República Mexicana.	21
1.5.4.- Pasos para diseño sismoresistente.	23
1.5.5.- Clasificación de las construcciones según el RCDF.	25
1.5.5.1.- Por su uso.	25
1.5.5.2.- Según su estructuración.	26
1.5.6.- Coeficiente sísmico.	26
1.5.7.- Reducción por ductilidad.	27
1.5.8.- Elección del Método de análisis.	29
1.5.9.- Método de análisis estático.	29
1.5.10.- Método de análisis dinámico.	30
1.6.- Análisis por computadora.	30

## **Capítulo 2.- Diseño estructural.**

2.1.- Concepto de diseño estructural.	33
2.2.- Objetivo de diseño estructural.	34



2.3.- Fundamentos del diseño.	36
2.4.- Códigos de diseño y de construcción.	38
2.5.- Sistemas estructurales.	40
2.5.1.- Definición de estructura.	43
2.5.2.- Elementos estructurales.	44
2.6.- Etapas de diseño estructural.	48
2.7.- Materiales.	50
2.7.1.- Concreto	50
2.7.1.1.- Tipos de cementos portland.	52
2.7.1.2.- Aditivos.	53
2.7.1.3.- Acero de refuerzo.	55
2.7.1.4.- Agregados.	59

### **Capítulo 3.- Resumen de macro y micro localización.**

3.1.- Generalidades.	60
3.1.1.- Objetivo.	61
3.1.2.- Alcance de proyecto.	62
3.2.- Resumen ejecutivo.	63

3.3.- Entorno geográfico. . . . .	63
3.3.1.- Macro y microlocalización. . . . .	63
3.3.2.- Geología regional y de la zona de estudio. . . . .	68
3.3.3.- Hidrología regional y de la zona de estudio. . . . .	68
3.3.4.- Uso del suelo regional y de la zona de estudio. . . . .	68
3.4.- Informe fotográfico. . . . .	69
3.5.- Alternativas de solución. . . . .	74
3.6.- Procesos de análisis. . . . .	74

**Capítulo 4.- Metodología.**

4.1.- Método empleado. . . . .	76
4.1.1.- Método matemático. . . . .	77
4.2.- Enfoque de la investigación. . . . .	77
4.2.1.- Alcance de la investigación. . . . .	80
4.3.- Diseño de la investigación. . . . .	82
4.3.1.- Clasificación del diseño no experimental. . . . .	83
4.4.- Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	84
4.5.- Descripción del proceso de investigación. . . . .	85

## **Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de datos.**

5.1.- Descripciones y consideraciones generales. . . . .	87
5.1.1.- Estructuración. . . . .	94
5.1.2.- Descripción de la estructura y materiales. . . . .	97
5.2.- Análisis de cargas. . . . .	98
5.3.- Análisis de la estructura. . . . .	118
5.4.- Espectro para diseño sísmico. . . . .	121
5.5.- Determinación de elementos mecánicos. . . . .	125
5.5.1.- Nervaduras. . . . .	125
5.5.2.- Trabes. . . . .	136
5.5.3.- Columnas. . . . .	144
<b>Conclusión. . . . .</b>	<b>163</b>
<b>Bibliografía. . . . .</b>	<b>166</b>
<b>Anexos.</b>	

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

El diseño estructural se ha venido desarrollando a lo largo de los años gracias al estudio del comportamiento de los materiales y sus características tanto físicas como mecánicas en situaciones determinadas, y eso a su vez, ha llevado el mejoramiento en la forma de construir, tanto en el ahorro de material que es la parte económica, como la parte de seguridad estructural de la misma manera nos permite el diseño estructural es la factibilidad del proyecto, los tres puntos anteriores ya citados en el texto son los factores a satisfacer en una estructura.

Al diseñar una estructura se toma en cuenta todos y cada uno de los factores que pueden influir en ella, desde las cargas a las que serán sometidas, se puede definir de una manera más confiable el dimensionamiento de los elementos, esto por el estudio que hay continuamente en el ámbito del diseño estructural.

En el análisis estructural se analiza ya una estructura con un pre dimensionamiento de los elementos que trabajan dentro de la estructura, así como el comportamiento de las características que tiene en ciertos casos, y con ciertas cargas que lo harán más crítico y mejor para su estudio.

En la biblioteca de las instalaciones de la Universidad Don Vasco ubicada en la ciudad de Uruapan, Michoacán, en una investigación realizada se encontraron varios títulos de tesis que tenían relación con el tema de tesis aquí presentada, algunos de los cuales se presentaran en la parte siguiente.

La primera tesis encontrada lleva como título “Análisis y diseño de un edificio de concreto de cuatro niveles para la aplicación del Instituto Morelos secundaria y preparatoria”, realizada en el año 2007 por Zoila Lizbeth Sandra Selene Lezcano Álvarez, esta tenía como objetivo llevar a cabo un diseño de aulas para el Instituto Morelos en concreto, para ampliar de manera eficiente el área para la educación.

La segunda tesis lleva por nombre “Análisis y diseño estructural de la superestructura para un edificio de acero de tres niveles para aulas en Uruapan, Michoacán”, elaborado en el año 2012 por Michael Joaquín Mendoza, su objetivo era el de diseñar el edificio del Instituto Morelos para aulas en acero para lidiar con los problemas de cupo.

El tercer escrito lleva por título “Análisis y diseño para edificio de mampostería” hecho por Rogelia Arquímedes Mercado Olivo en el año 2003, su objetivo era diseñar un edificio de mampostería de cuatro niveles y analizar su comportamiento, obtuvo que el tabique de barro rojo recocido no es adecuado para este tipo de construcción.

### **Planteamiento del problema.**

La base de cualquier investigación siempre ha sido una pregunta o un problema que no ha sido resuelto, para tener una respuesta o una solución, en este caso se tiene una necesidad creciente de vivienda en la población. La solución a ello se tiene con la construcción de más y mejores viviendas para solventar esta necesidad de manera eficiente y al alcance de la población, ya que, en la ciudad de Uruapan,

Michoacán se tiene una economía en crecimiento. Se eligió el concreto el concreto reforzado para el edificio ya que no necesita mano de obra especializada.

Otro punto importante de esta investigación es el elaborar edificios habitacionales para satisfacer esta necesidad que a diferencia de las tradicionales casas habitación que se ha construido en la ciudad, se necesita menos espacio y se puede dar mejor y más céntrica localización, a un precio más accesible.

La falta de esta necesidad básica en una comunidad, pueblo o ciudad causaría muchos problemas y un estancamiento en la economía de la misma, entonces se tendrá la pregunta, ¿Por qué hacer un edificio habitacional de concreto reforzado?, esto se tendrá por la localización del edificio y que no impacta mucho en la economía, además se cumplirá con la satisfacción de la necesidad de vivienda, no se necesitará mano de obra especializada ya que será de concreto reforzado.

## **Objetivos.**

### **Objetivo general.**

Analizar y diseñar la superestructura de un edificio en concreto reforzado con las características necesarias para que cumpla con las normas ya establecidas y que cumpla de la mejor manera posible con las necesidades planteadas de proyecto y de la estructura y que sea económicamente viable.

### **Objetivos particulares:**

1. Utilizar el concreto reforzado como material principal.

2. Revisar el comportamiento del edificio.
3. Diseñar para obtener el mejor comportamiento estructural y que sea económica.
4. Cumplir con las normas de construcción en concreto.
5. Optimizar de manera eficiente la construcción.
6. Cumplir las necesidades dadas.

### **Pregunta de investigación.**

Al ya tener las necesidades planteadas del problema y la solución de la misma se requiere tener que elaborar una solución, y de esto surge la pregunta, ¿cómo será el análisis y diseño de la superestructura de un edificio de concreto reforzado de seis niveles?, ¿Cuáles serán sus características para un diseño en concreto reforzado?

### **Justificación.**

El diseño en una estructura es lo primero que se debe de elaborar, ya que es una parte fundamental para saber el comportamiento de la misma y las dimensiones más apropiadas para cumplir una necesidad que se tiene, después se tiene que analizar de tal manera que no tenga deformaciones fuera de la normativa y se comporte de una manera estable y con seguridad, después viene su rediseñamiento de la estructura ya que es como se corrige el primer diseño.

El concreto es muy noble ya que no se necesita mucha experiencia ni especialización para poder trabajarlo, aunque eso no indica que no requiera. Se puede

conseguir muy fácil y en cuanto a una construcción, su mantenimiento es muy poco al acero.

Esta tesis será de gran aporte ya que hay muy pocas tesis de análisis y diseño estructural en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco y apoyo a generaciones posteriores para una consulta y guía, junto con otros escritos que están ya en la biblioteca.

### **Marco de Referencia.**

Este proyecto está elaborado para la ciudad de Uruapan, Michoacán, la cual tiene una población de 315,350 habitantes 162,908 son mujeres 152,442 son hombres, es la ciudad más importante del estado de Michoacán de Ocampo sólo después de la ciudad de Morelia que es la capital del estado, se encuentra a una altura de 1,620 msnm y sus coordenadas geográficas son 19°25'10" N y 102°03'30" O respecto al meridiano de Greendwich.

La principal actividad económica del municipio es la agricultura, en esta actividad domina ampliamente el cultivo y cosecha de aguacate que deja el mayor recurso al municipio y al estado de Michoacán. También se cultivan en menor cantidad el maíz, caña de azúcar entre otros cultivos.

Su clima predominante es el templado semihúmedo con lluvias en verano. Cuenta con los servicios básicos como es la electricidad, telefonía fija y satelital, agua potable, transporte, drenaje, entre otros.



# CAPÍTULO 1

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En este capítulo se abordará el análisis estructural, este se refiere a revisión del comportamiento de una estructura a cargas a las que se le someterá durante su vida útil, ya sean vivas, muertas o de algunas fuentes menos directas en la estructura, como el viento y la carga que ejerce un sismo dentro de ella, esta información será muy útil para elegir el tipo de elemento que contendrá la estructura, así como determinar las cargas que se presentaran en ella.

También se tendrá el tipo de cargas a las que está sometida la estructura y en momento se podrán tomar en cuenta, así como algunos métodos de análisis.

### 1.1.- Concepto de análisis estructural.

“Para asegurar el comportamiento adecuado y confiable de la estructura, el ingeniero estructural debe ser capaz de predecir con exactitud la respuesta del sistema estructural a perturbaciones probables (fuerzas, desplazamientos, etc.)” (Beaufait; 1977: 2)

Como indica Beaufait (1977), las predicciones de la respuesta de la estructura se fundamentan básicamente en análisis de algunos modelos, los cuales tienen que ser muy aproximados a la realidad, estos pueden ser de manera física la cual consta de un modelo hecho en laboratorio y muy aproximados a la realidad; una forma diferente es utilizar un modelo matemático que represente la realidad de la estructura

en números o mezcla de ambos los cuales son para verificar el modelo matemático con el modelo físico en laboratorio.

Continuando con lo anterior, en un sistema estructural hay tres condiciones que hay que considerar, estas son: la resistencia, la rigidez y la estabilidad.

**a) Análisis de resistencia.** – La resistencia se determina a partir del análisis de esfuerzo en el modelo, en este análisis se incluye por lo general la evaluación de esfuerzos normales, cortantes y normales inducidos por flexión producidos por toda aquella acción que la estructura deba resistir. El estado de esfuerzo de la estructura debe satisfacer a la acción de las fuerzas y los desplazamientos basándose en los límites de los materiales dados ya por las propiedades de la mecánica de materiales continuando con Beaufait (1977).

Para cumplir con el objetivo de resistencia es necesario escoger y proporcionar el material de tal manera que en cualquiera de los puntos seleccionados el esfuerzo no exceda los valores permisibles del material. Cuando el tipo de material no es muy confiable o no se tiene información exacta es necesario tomar factores de seguridad al analizarlo, estos factores son la respuesta y propuesta de la experiencia del ingeniero proyectista, o de los códigos que reglamentan el diseño estructural tras mucho tiempo de investigación.

**b) Análisis de rigidez.** - La rigidez es la propiedad que se refiere a la íntima relación que existe entre la carga aplicada y las deformaciones resultantes en la estructura o miembro estructural, se da lugar en a modo de desplazamientos en función de las

dimensiones físicas del elemento que se considera y de las propiedades mecánicas que se le atribuyen al material o materiales.

El diseñador estructural debe controlar las deformaciones o deflexión en un sistema estructural determinando la rigidez con la que deben contar los elementos que formaran el sistema estructural, mediante el análisis de rigidez del modelo. Existen ya en los códigos de diseño deformaciones permisibles para ciertos casos y ciertos tipos de miembros estructurales, sino se encontrará se debe apegar a la experiencia adquirida y al buen criterio del ingeniero diseñador.

**c)Análisis de estabilidad.** - La estabilidad de un miembro estructural se refiere a la deformación por pandeo en una estructura vertical al ser aplicada una fuerza axial de compresión sobre ella. Esta forma de falla apunta directamente la esbeltez, las propiedades mecánicas de el o los materiales del miembro, o una combinación de ambos. En este tipo de análisis el diseñador debe de incluir las inestabilidades locales, que va desde lo más mínimo que se refiere a que se presentan solo en una porción aislada del miembro y lo dejan inservible y la inestabilidad torsional, esta se refiere a una torsión excesiva de una porción de la estructura o el sistema total esto de acuerdo con Beaufait (1977).

## **1.2.- Clasificación de cargas.**

Dicho por McCormac (1983), la clasificación de las cargas es uno de los puntos más complejos y delicados al que se enfrenta un ingeniero estructurista el cual consiste en calcular las cargas que pueden afectar y aplicarse a un sistema estructural. De

estas cargas no se pueden obviar ninguna de las cuales pueden actuar a lo largo de la vida útil de la estructura para su correcto funcionamiento. Viento, sismo, capas de hielo, son algunos de los factores que pueden influir.

### **1.2.1.- Cargas muertas.**

“Las cargas muertas son las cargas de magnitud constante que se mantiene en una sola ubicación. La constituyen el peso propio de la estructura y otras cargas vinculadas permanentemente a la misma.” (McCormac; 1983: 3)

Un claro ejemplo de las cargas muertas en un edificio diseñado en acero, el peso del acero, de las instalaciones hidráulicas-sanitarias, de los muros, pisos, etc.

En el diseño de una estructura es importante puntualizar el peso de todas las partes que lo conformarán, a fin de calcular los esfuerzos a los que será sometida. Las dimensiones exactas de los elementos que conformaran la estructura no se conocerán hasta que se efectúe el análisis de esfuerzos para poder determinar los elementos que lo formarán. Se debe tener en cuenta la variación del peso de los elementos tomados en cuenta en el primer diseño con los pesos del diseño final ya que varían considerablemente, es necesario tener que ejecutar un nuevo análisis con datos del diseño final para lograr un resultado más preciso y eficiente.

Existen otras formas de evaluación de las estructuras mediante el análisis con estructuras similares o mediante la consulta de fórmulas o tablas contenidas en algunos manuales de Ingeniería civil.

### **1.2.2.- Cargas vivas.**

“Las cargas vivas son cargas que no permanecen en una sola ubicación y cuya magnitud puede variar.” (McCormac; 1983: 3). De manera más explícita y más directa, las cargas vivas son las que no son cargas muertas, estas a su vez se dividen en dos tipos de cargas vivas, son:

1.- Cargas vivas móviles. - Que son aquellas cargas que se mueven por si solas como son las personas, vehículos y grúas.

2.- Cargas móviles. - Que son las cargas que necesitan algún tipo de movimiento externo para ser movidas y que no son fijos como lo son, los muebles, algún producto almacenado para su posterior uso, y la nieve.

Las cargas vivas que se presentan en los tipos de construcciones más frecuentes en México lo especifican sus códigos de diseño dados ya por sus características y datos, en este caso están contenido los valores en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF) y por consiguiente en los códigos de cada uno de los estados de la República Mexicana.

De acuerdo con Leet (2006), se menciona que los reglamentos de construcción en situaciones en las que se tiene un área tributaria muy grande es posible reducir su carga viva, ya que no se considera posible que se esté cargando en cada punto de la superficie con el valor máximo que se considera para análisis y diseño.

### **1.2.3.- Cargas por impacto.**

Las cargas por impacto son causadas valiéndose del nombre, por el impacto o vibración repentino de un cuerpo en un lapso corto de tiempo, por lo cual tienen un mayor esfuerzo si estas mismas cargas se aplicaran de manera suave y lenta en la estructura. Un claro ejemplo de estas cargas es, la caída de una estructura en el piso de una bodega causando un mayor impacto con relación a cargar lentamente ese mismo piso con la estructura.

### **1.2.4.- Cargas laterales.**

Las cargas laterales tienen dos grandes divisiones: las que se consideran por el efecto de viento y las que son causadas por sismos o terremotos.

1.- Cargas laterales por viento o cargas eólicas partiendo de Leet (2006). - Son aquellas cargas que se dan por vientos presentes en un huracán, tornado o vientos un poco más débiles, estas cargas son difíciles de calcular ya que pueden cambiar de intensidad, velocidad y dirección muy rápidamente respecto al tiempo. Los vientos que se pueden producir por un tornado o huracán pueden ser muy fuertes, capaz de destruir techos de lámina, romper ventanas, tirar postes de suministro eléctricos y de otros servicios.

Pero para calcular estas cargas, el viento se admite como un fluido y así es posible calcular su valor de carga y entender un poco más el comportamiento. La magnitud de la carga por viento en una estructura puede influir por varios factores, de las cuales unas son características del propio viento como lo son, la velocidad y

dirección, y otras propias de la estructura y del terreno en el que se desplanta, como puede ser la rigidez, forma y rugosidad de la estructura, también el perfil del terreno.

En el cálculo de esta carga lo determina la densidad de la masa del aire, está a su vez depende directamente con la temperatura pues a menor temperatura el aire tiende a volverse más denso y por consiguiente cuando se está más cerca al nivel del mar la densidad desciende, de igual manera tenemos la velocidad del aire; esta velocidad le afectan muchos factores como lo pueden ser si en el lugar en que se hará el cálculo de esta carga es un lugar despejado de árboles, si es un lugar montañoso, este puede romper la velocidad, sin embargo un lugar donde está totalmente sin vegetación y de una topografía plana ayuda a que la velocidad no se afecte y mantenga su fuerza.

El viento como tal, es un factor muy importante en algunos de los lugares donde las velocidades de viento pueden ser muy fuertes, donde hay probabilidad de huracán o tornado, o simplemente dadas las alturas de la estructura donde es necesario ya tomar como uno de los factores principales.

Existe un proceso llamado liberación de vórtice, esta liberación continuando con Leet (2006), el aire al pasar cierta velocidad de manera constante sobre los objetos tiende a tener partículas que son retardadas por la fricción superficial con el objeto, en esta parte existen algunas partículas de aire que se quedan retenidas y son liberadas periódicamente y fluyen solas, este es el proceso que se llama liberación de vórtice como se muestra en la figura siguiente:

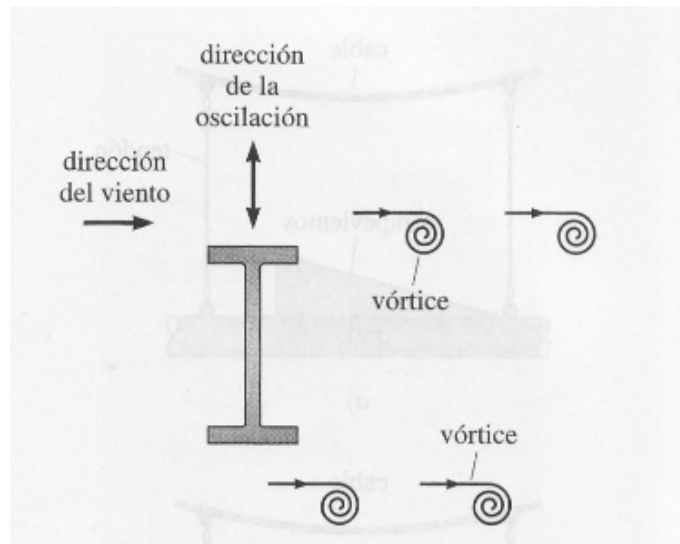


Imagen 1.1. Vórtices separándose de una trabe de acero, estos al escaparse se genera un movimiento vertical en la trabe debido a la reducción inducida de la presión.

Fuente: Leet; 2006: 45

Al liberarse esta energía de carga lateral en el objeto, las cargas a las que se le somete por efecto de viento son variables y si este periodo de liberación se acerca con el periodo natural de la estructura tiende a generar movimientos horizontales en ella. A lo largo del tiempo estos movimientos se transforman en oscilaciones mucho más fuertes que sacudirán la estructura y pueden conducir a su falla. Esto se puede corregir agregando un cortaviento que modifican los vórtices al alejarlos o agregando elementos que rigidicen la estructura y esto hará cambiar el periodo natural de la estructura.

Esta carga es un factor que influirá o no en el diseño dependiendo directamente de las características del lugar donde se diseñara y analizara la estructura y en qué grado puede participar para la afectación de ella como tal, un ejemplo es que, si en un lugar se requiere diseño de un edificio pero en ese lugar hay poca velocidad de viento



y una mínima probabilidad de ocurrencia de desastres naturales que contengan viento, entonces este no es una carga a tomar en cuenta, esto en base a Leet (2006).

2.- Cargas laterales por sismo.- En esta parte cabe mencionar que las columnas son elementos estructurales que son diseñados en su mayoría para soportar carga axial, y están sometidas a compresión principalmente, por este motivo al estar expuestas a cargas laterales en presencia de sismos presentan en ellas desplazamientos horizontales, ellos se generan por la poca tolerancia a la flexión horizontal, estos desplazamientos tienden a ser cero en la base de la estructura pero, se incrementan con la altura.

Estos desplazamientos laterales se presentan en la estructura como grietas en los muros, daños en las tuberías, pequeños movimientos horizontales que pueden dar lugar a mareos en los ocupantes esto se puede agravar de acuerdo con el número de piso en que se encuentra, a mayor altura suelen ser más perceptibles y obvias estas afectaciones. Estos movimientos tienden a corregirse colocando unos muros rigidizantes o columnas de manera diagonal en los marcos de la estructura para tener mayor restricción lateralmente.

### **1.3.- Combinación de cargas.**

La seguridad de las estructuras se dará con la combinación de las cargas que puedan tener más probabilidad de ocurrencia en la vida útil de una edificación, así se tomarán tres tipos de combinaciones basadas en las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal (2004).

1.- Este primer tipo de combinación incluye aquellas que consideran acciones permanentes (cargas muertas) y acciones variables (cargas vivas), aquí se consideran todas aquellas cargas que actúan de manera permanente en la estructura y las diferentes cargas vivas, de estas la más desfavorable se tomará como la intensidad máxima en el periodo de vida útil de la estructura y el resto se tomará como la intensidad que puede tomar en corto plazo por ejemplo en un sismo o en caso de querer hacerlo a largo plazo, se tomará la intensidad media que puede tomar a lo largo de la vida de la estructura, este caso se aplicará un factor de carga de 1.4 y cuando se trate de una edificación del grupo A, este factor se cambiará por 1.5. Las edificaciones tipo A, son aquellas construcciones que pueden ser causa de la pérdida de un gran número de vidas, y que son indispensables en un momento de emergencia o que pueden afectar gravemente a la sociedad como pueden ser, escuelas, hospitales, terminales de transporte, centrales eléctricas, estadios, estaciones de bomberos, depósitos de sustancias inflamables.

2.- En esta parte se podrán tomar en cuenta las cargas permanentes o muertas, cargas vivas o variables y las cargas accidentales, estas dos primeras cargas (viva y muerta) se tomarán con el valor máximo probable en la vida útil de la estructura mientras que la carga accidental se tomará solo una en cada combinación, en este caso el factor de carga será de 1.1, este será aplicado a cada una de las cargas que afecten el resultado.

3.- Esta última se refiere al diseño para cargas por viento y sismo, estos tienen lugar en las Normas Técnicas correspondientes y se aplican un factor de carga de 0.9

cuando esta sea favorable a la estabilidad a la estructura, continuando de las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal (2004).

#### **1.4.- Análisis tridimensional.**

Partiendo de lo mencionado por Rochel (2012), las estructuras de primera mano se toman como miembros en dos dimensiones para su mejor análisis, esto hace un tanto más fácil su proceso de análisis y diseño, pero al unirse a otros miembros estructurales se genera una estructura tridimensional y se pueden calcular con el Método de elementos finitos, pero existen algunos inconvenientes, como lo son:

- 1.- Contiene un número grande de grados de libertad lo cual origina un proceso tardado y una forma de ingresar y sacar datos de manera ineficiente.
- 2.- Existe una alta probabilidad de tener errores y equivocarse debido al manejo de grandes cantidades de información.
- 3.- Se produce una deficiencia al querer interpretar los datos por la magnitud de datos que se procesaron.

Por esta cuestión este tipo de análisis se reserva para el análisis de estructuras que son muy especiales o partes de una estructura con propiedades y características muy inusuales.

## **1.5.- Análisis sísmico.**

### **1.5.1.- Aspectos generales.**

Como menciona Meli (2009), la acción de un sismo en una estructura no solamente depende de la intensidad de él, sino que va acompañado de otros factores, entonces se tiene que existe una relación íntima entre el movimiento sísmico, las propiedades mecánicas y físicas del suelo donde esta desplantada la estructura y las condiciones y características de la estructura misma.

En un diseño sismoresistente no solo se necesita el tomar en cuenta el conjunto de cargas estáticas que se aplican en una estructura, sino además se debe de elegir un sistema estructural que sea eficiente e idóneo para absorber los efectos de un sismo y en la observación en los dimensionamientos en los elementos estructurales y no estructurales.

Continuando con Meli (2009), se tiene que tomar en cuenta el diseño sismoresistente ya que en muchas regiones este es el principal causante de colapsos en estructuras. Aun cuando no se tengan muchos datos de ocurrencia de sismos en la zona en un factor muy importante a tomar en cuenta, sobre todo si es el diseño de una estructura de gran importancia.

### **1.5.2.- Antecedentes.**

Los sismos son explicados por la teoría de tectónica de placas, partiendo de la existencia de una capa de la geología de la tierra llamada Litosfera la cual está

conformada por alrededor de 80 km de espesor y esta a su vez está constituida por varias placas tectónicas como se muestra a continuación:

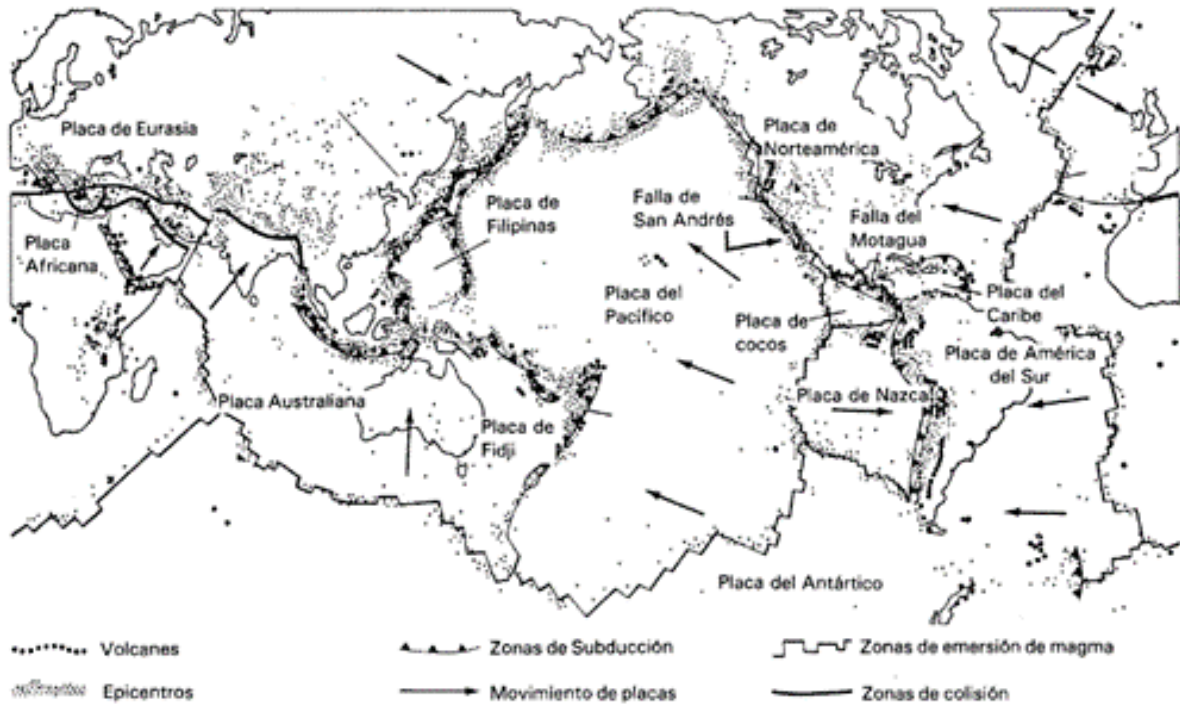


Imagen 1.2 Placas tectónicas, localización de epicentros de terremotos y volcanes.

Fuente: Meli; 2009: 411

Las generaciones de los sismos se ocasionan principalmente por el movimiento de las placas tectónicas, estas pueden ser ocasionadas por el movimiento de placas por la reacción a la salida de magma en las capas menos densas de la litosfera ejerciendo grandes presiones en las placas que se encuentran en el punto de salida. Otra manera de que se provoque un sismo es el confrontamiento de una placa oceánica con una placa continental, esto genera una subducción de la placa oceánica al ser de menor espesor sobre la continental.

Basado en Meli (2009), alguna otra manera de que se genere un sismo, cuando se encuentran dos placas continentales que se mueven en sentido opuesto provocando una sobreelevación en la litosfera, estas formaciones también son conocidas como grandes cadenas montañosas, en la siguiente imagen se muestran las maneras en las que se provoca un sismo antes descritas:

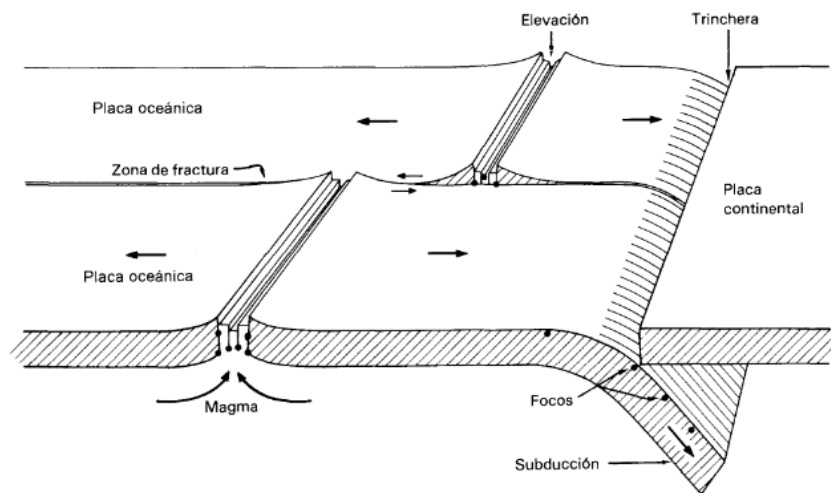


Imagen 1.3 Subducción de placas.

Fuente: Meli; 2009: 412

El movimiento de las placas tectónicas se da de manera muy suave y continua a lo largo de mucho tiempo, entre ellas se genera una resistencia al movimiento llamado fricción, pero al vencerse esta resistencia se da un movimiento brusco y este a su vez provoca la liberación de energía muy fuerte, esta liberación puede ser aún mayor dependiendo directamente del área afectada, también produce vibraciones en el suelo que se transmiten por la superficie terrestre.

En México la gran mayoría de los sismos se provocan en los límites de la placa de cocos, ahí existe una subducción con la placa norteamericana, esta se localiza no

muy lejos de las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, como se muestra en la siguiente imagen de mapa.

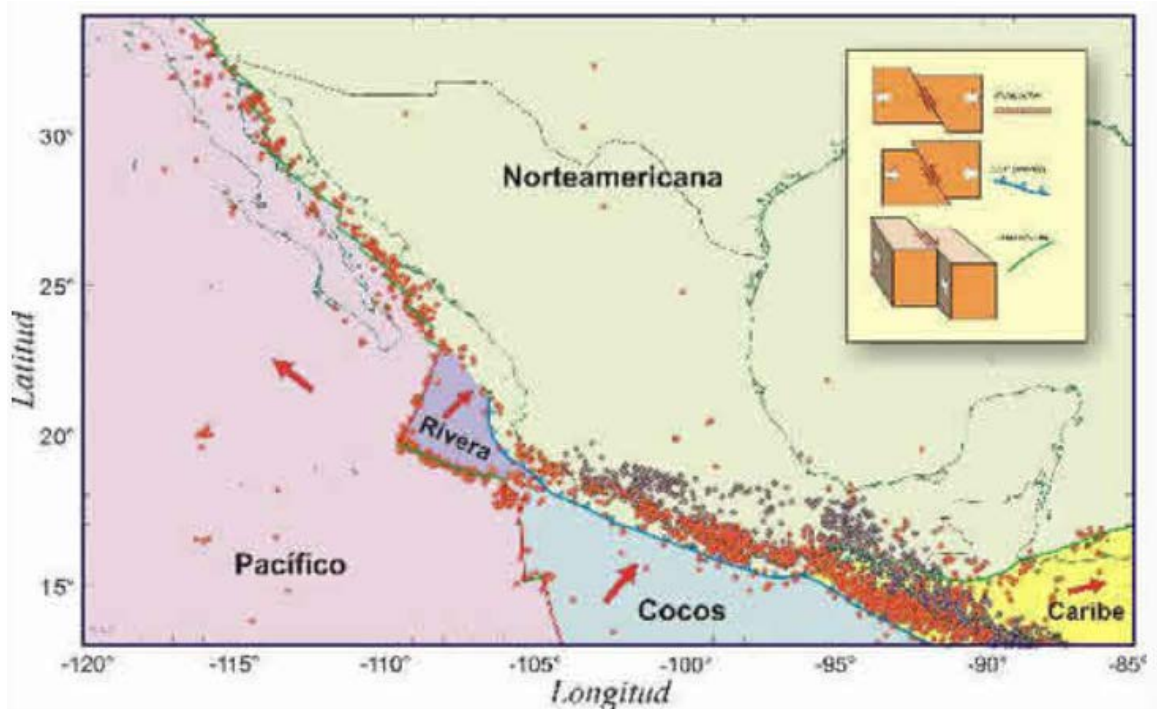


Imagen 1.4 Subducción entre la Placa de cocos y la Placa Norteamericana.

Fuente: portalweb.sgm.gob.mx

También, en la imagen anterior se muestran algunos puntos en diferentes colores, estos representan los epicentros de los sismos en México. Al liberarse energía del movimiento de placas se generan tres tipos de ondas, las primeras viajan rápidamente y se van debilitando con la distancia, estas ondas son llamadas P o longitudinales, que son las que contienen más intensidad, después le siguen las llamadas S o secundarias, y las últimas y de menor intensidad que las anteriores, las Superficiales. La velocidad y la distancia a la que se pueden trasladar depende de las

características mecánicas del vehículo, en este caso el suelo, dado es el caso de algunos tipos de suelo que amplifican localmente la frecuencia cuando son transitados.

La escala más conocida para medir la intensidad (medida de la potencia del sismo), de un sismo que se ve íntimamente relacionada con la cantidad de energía liberada, independientemente de donde se haga la observación se llama escala de Richter, esta escala se aumenta 32 veces de una unidad a otra, un ejemplo es que un sismo en escala Richter 2.0 es menor 32 veces que un sismo de 3.0 en la misma escala.

De igual manera existen escalas para medir la magnitud que es el movimiento del terreno en un sitio dado. La medida o forma de medir más utilizada y conocida se llama escala de Mercalli, esto en base a Meli (2009).

### **1.5.3.- Zonas sísmicas en la República Mexicana.**

Basado en la información proporcionada por el Servicio Sismológico Nacional [www.ssn.unam.mx](http://www.ssn.unam.mx), México está dividido en cuatro zonas sísmicas enmarcadas por letras, A, B, C y D. Esta división e investigación se realizó con fines de diseño antisísmico y basado en información de sismos y movimientos de las placas tectónicas en los registros y demás información. La zona A en donde no se han registrado sismos en los últimos 80 años y no se esperan sismos de magnitud considerable. La zona D es donde se tiene registros de sismos de gran magnitud y su ocurrencia es alta. Las zonas B y C son el intermedio entre las zonas A y D. En la parte de abajo se mostrará un mapa de zonificación de la República Mexicana.





Imagen 1.5 Zonificación sísmica de la República Mexicana.

Fuente: [www.ssn.unam.mx](http://www.ssn.unam.mx)

En la siguiente imagen se hace un enfoque en el estado de Michoacán, con los límites geográficos municipales y la zonificación que divide al estado en materia de sismicidad por las zonas antes mencionadas.



Imagen 1.6 Mapa de la zonificación del estado de Michoacán.

Fuente: Reglamento de Construcción del Estado de Michoacán (RCEM)

#### 1.5.4.- Pasos para diseño sismoresistente.

Los pasos a seguir implicados para el diseño sismoresistente basado en Meli (2009), son:

1.- La definición de la acción de diseño. - Estas acciones de diseño están ya determinadas en los reglamentos de construcción para los diferentes tipos de estructuras de acuerdo con su zona en la que será construida, pero en construcciones de particular importancia se tiene es necesario ejecutar estudios para determinar la acción de diseño, para este estudio es necesario conocer las características y

comportamiento del suelo de desplante, estas son de carácter geológicas, topográficas y la mecánica de suelos.

2.- La sección de la estructura adecuada. - En esta parte del diseño sismoresistente se debe de elegir la estructura más adecuada e idónea para absorber de la mejor manera los efectos del sismo, dados como las principales características fundamentales las de los materiales y el acomodo de los elementos que se consideran no estructurales para que se logre un comportamiento no desfavorable en las acciones que induce un sismo en la estructura.

3.- El cálculo de la respuesta estructural. - Existen una gran variedad de métodos de análisis sísmico, pero estos se dividen en dos ramas, la primera en el análisis estático en el cual se consideran una equivalencia de fuerzas estáticas, y en la segunda el análisis dinámico, este a diferencia del primero se usa para analizar el comportamiento de una estructura en el movimiento de la base de la cimentación.

4.- El dimensionamiento y detallado de la estructura. - Dice Meli (2009), que en este paso se deben considerar un número alto de secciones, pero al considerarse esto se debe de hacer énfasis en las uniones y conexiones entre los elementos ya sean estructurales o no estructurales, ya que se debe de evitar una falla frágil en los elementos, ya que en los criterios de diseño se aceptan que la estructura entre en estado inelástico.

En lo que implica la acción sísmica, las características inelásticas de los materiales y de los elementos estructurales, la ductilidad son factores o características que adquieren una gran importancia en el diseño sismoresistente ya que las cargas

por sismo tienden a sobrepasar las deformaciones permisibles, y estas características pueden ayudar a mantener dentro de los márgenes y que no tenga un daño alguno los miembros de la estructura.

Se tienen varios procedimientos para calcular la respuesta de una estructura ante las sollicitaciones que el sismo de diseño introduce en ella, estos métodos que son aceptados por las normas.

#### **1.5.5.- Clasificación de las construcciones según el RCDF.**

##### **1.5.5.1.- Por su uso.**

Las construcciones se clasifican de acuerdo a su uso según el RCDF, como se muestra en la siguiente descripción:

**Grupo A.-** Son construcciones que su funcionamiento es sumamente importante en algún desastre natural o percance social, que causaría la pérdida de vidas humanas directa o indirectamente, y su nivel de concentración de personas es demasiado grande. Estas son escuelas, hospitales, subestaciones eléctricas, estaciones de bomberos, estadios, almacenes o instalaciones que contengan residuos tóxicos o que pueden causar explosiones y daños a la salud.

**Grupo B.-** Son construcciones de una menor importancia, pero más que la del grupo C, en este, se encuentran hoteles, centros de reunión gasolineras, bodegas ordinarias, bardas que excedan los 2.5 metros, y también construcciones que puedan afectar construcciones del grupo A.

**Grupo C.-** Son construcciones de menor importancia, por lo general son de un costo bajo y no representan un peligro social.

#### **1.5.5.2.- Según su estructuración.**

La clasificación es la siguiente:

Tipo 1.- Edificios, naves industriales, salas de espectáculos, en estructuras las cuales se encuentran más del 50 por ciento de su masa en la parte superior, también edificaciones que contengan marcos o elementos en cada nivel que resistan las cargas laterales.

Tipo 2.- Tanques.

Tipo 3.- Muros de retención.

Tipo 4.- Otras estructuras.

#### **1.5.6.- Coeficiente sísmico.**

“Se entiende por coeficiente sísmico al coeficiente de la fuerza cortante horizontal en la base de la construcción, sin reducir por ductilidad, y el peso  $W$  de la misma sobre dicho nivel” (Manual de diseño por sismo; 1977: 4)

En la siguiente tabla se mostrará los valores de “ $c$ ” para estructuras del grupo B, según sea su uso.

Zona	c
I Terreno firme	0.16
II Terreno de transición	0.20
III Terreno compresible	0.24

Tabla 1.1 Coeficiente sísmico para estructuras del tipo B

Fuente: manual de diseño por sismo; 1977: 5

Quando estos factores se requieran utilizar en estructuras del tipo A, este factor tendrá que ser multiplicado por 1.3.

#### 1.5.7.- Reducción por ductilidad.

Aquí se reducirá la ductilidad teniendo el factor del coeficiente sísmico entre el valor del factor  $Q^I$  este factor se obtiene para cada método de análisis dinámico y estático. Este factor está en función de  $Q$ , del cual se mostrará una tabla en el siguiente espacio.

I.	<p>Se usará <math>Q = 4</math> cuando se cumplan los requisitos siguientes:</p> <p>1.- La resistencia en todos los entresijos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventeados de acero o concreto reforzado, o bien por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado en los que cada entresijo los marcos son capaces de resistir, sin contar muros ni contravientos, cuando menos 50 por ciento de la fuerza sísmica actuante.</p> <p>2.- Si hay muros ligados a la estructura en la forma especificada en el caso I del artículo 204 del Reglamento, éstos se deben tener en cuenta, en el análisis, pero su contribución a la capacidad ante fuerzas laterales totales sólo se tomará en cuenta si estos muros son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventeados, y los muros de concreto reforzado son capaces de resistir al menos 80 por ciento de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería.</p>
----	---

3.- El mínimo cociente de capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más de 35 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente en cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que se puedan contribuir a la resistencia, en particular, los muros que se hallen en el caso I a que se refiere el artículo 204 del Reglamento.

4.- Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que se fijan las normas complementarias correspondientes.

5.- Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para marcos dúctiles que fijan las normas complementarias correspondientes.

II.- Se adoptará  $Q = 3$  cuando se satisfacen las condiciones 2, 4 y 5 del caso I y en cualquier entrepiso dejan satisfacer las condiciones 1 a 3 especificadas para el caso I, pero la resistencia en todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero, por marcos de concreto reforzado con losas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos rígidos de concreto reforzado, por muros de este material, por combinación de éstos y muros o por diagramas de madera contrachapada. Las estructuras con losas planas deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.

III.- Se usará  $Q = 2$  cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero o de concreto reforzado, contraventeadas o no, muros o columnas de concreto reforzado, que no cumplen con algún entrepiso los especificados por los casos I y II de esta sección, o por muros de mampostería de piezas macizas confinadas por castillos, dadas, columnas o trabes de concreto reforzado o de acero que satisfacen inclinadas o por sistemas de muros formados por duelas de madera horizontales o verticales combinados con elementos diagonales de madera maciza. También se usará  $Q = 2$  cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o presforzado, con las excepciones que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.

IV.- Se usará  $Q = 1.5$  cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entrepisos por muros de mampostería de piezas huecas, confinadas o con refuerzo interior, que satisfacen los requisitos de las normas complementarias respectivas, o por combinaciones de dichos muros con elementos como los descritos para los casos II y III, o por marcos y armaduras de madera.

V.- Se usará  $Q = 1$  en estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada al menos parcialmente por elementos materiales diferentes de los arriba especificados, a menos que se haga un estudio que demuestre, a satisfacción del Departamento, que se puede emplear un valor más alto que el que aquí se especifica.

En todos los casos se usará para toda la estructura en la dirección de análisis el valor mínimo de  $Q$  que corresponda a los diversos entrepisos de la estructura en dicha dirección.

El factor  $Q$  se puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de esta en dichas direcciones.

Tabla 1.2 Requisitos para el uso de factores de comportamiento sísmico, ( $Q$ ).

Fuente: Meli; 2009: 449

### **1.5.8.- Elección del Método de análisis.**

Para esto según Manual de diseño por sismo (1977), dice que se debe de elegir el método de análisis de acuerdo con su altura de la estructura, el límite entre los dos métodos es una altura de 60 metros, si se tiene una estructura menor de dicha altura se utilizará el Método de análisis estático, de lo contrario cuando es mayor a 60 metros se utilizará el Método de análisis dinámico, en cual de igual manera se puede utilizar en estructuras menores de esos 60 metros.

### **1.5.9.- Método de análisis estático.**

Para ejecutar este tipo de análisis se deberán seguir los siguientes pasos:

- 1.- Las fuerzas cortantes se tomarán como puntos de carga donde se acumula la masa y esta carga se tomará por un coeficiente proporcional a la altura.
- 2.- Se podrán tomar en cuenta valores de cargas menores a las que se pueden calcular con el valor de la carga anterior, tomando en cuenta el valor aproximado de la vibración fundamental de vibración de la estructura.
- 3.- En las estructuras que tengan más de 50 por ciento de su masa en el extremo superior se tomará en cuenta además las aceleraciones verticales de la amasa superior que tienen relación directa con el volteo.
- 4.- Términos para evaluar las fuerzas en tanques, apéndices cuyas construcciones tenga elementos que difieren de su construcción.



5.- El momento de volteo se podrá reducir en un marco o grupo de elementos estructurales, a excepción de péndulos invertidos.

#### **1.5.10.- Método de análisis dinámico.**

Según Bazán (1999), se deben de tomar en cuenta todos los grados de libertad posibles para que la representación de las deformaciones que se pueden presentar, así como las fuerzas de inercia que puedan generarse en tres dimensiones sean un tanto más reales ante un movimiento sísmico en una estructura. Existe una gran variedad de programas que se basan en el método de elementos finitos, que facilitan de una manera importante en análisis dinámico de modelos de tres dimensiones con cualquier distribución de masas y rigideces, esto bajo la hipótesis de comportamiento elástico.

#### **1.6.- Análisis por computadora.**

Como indica McCormac y Elling (1994), hoy en día al culminar los estudios universitarios y empezar a laborar en alguna empresa o por cuenta propia se tiene al alcance un gran número de computadoras ya sean portátiles o de escritorio, estas se pueden programar fácilmente para que ella realice los análisis y diseños estructurales, pero es necesario que se aprenda la teoría, porque las máquinas pueden hacer cálculos en segundos o milésimas de ellos, pero eso no tendrá un criterio que se tiene que formar a base de entender la teoría que fundamenta los cálculos. Cuando se programa una máquina para hacer operaciones matemáticas, solo te arrojará un

número, pero el ingeniero con bases firmes teóricas, tiene el deber de analizar esos resultados y tomar decisiones en base a ellas. La máquina ayuda a hacer los cálculos de manera eficiente, pero nunca le quitará la responsabilidad al ingeniero con el diseño de estructuras.

Refiere Leet (2006), que el análisis de algunas estructuras era un procedimiento demasiado largo y muy tedioso hasta el año de 1950, un ejemplo claro es el análisis de una estructura con una cantidad elevada de miembros y uniones como lo es una armadura, puede requerir algunos días hasta meses de trabajo de ingenieros con experiencia, aunado a esto se necesitaban muchas maneras de estudiar el comportamiento de la estructura, lo cual tenían como resultado valores con poca fiabilidad.

En la actualidad existen programas computacionales capaces de analizar una estructura de manera rápida y mucho más precisa, pero también existen estructuras que son un poco más tediosas y su tiempo de obtención del análisis es un tanto más tardado.

En la actualidad existen dos tipos de programas que nos dan dos opciones de análisis, programas de primer y segundo orden.

a) La mayoría de los programas computacionales para estructuras generan un análisis de primer orden al suponer los siguientes puntos:

1.- Un comportamiento elástico lineal.

2.- Que los miembros de la estructura no se ven afectada por las deformaciones o sea que no se ve cambiada la geometría.

3.- Que las columnas no pierden rigidez flexionante por la actuación de compresión sobre ellas.

b) Los programas de segundo orden son un tanto más complejos en su manejo y en estos se supone una manera distinta de la anterior.

1.- Comportamiento inelástico.

2.- Cambios de geometría y otros efectos que influyen en la magnitud de las fuerzas que se encuentran presentes en los miembros estructurales.

Este tipo de programa es más difícil de utilizar, pero en cambio arroja resultados más precisos y exactos, con base a lo citado por Leet (2006).

Los programas para análisis de estructuras son elaborados por personal altamente capaz, que son especialistas en estructuras, pero también son matemáticos y programadores, aunado a esto el ingeniero que lo utilice debe de tomar en cuenta todos y cada uno de los factores que influyen en la estructura. También, aunque la computadora ahorre largas horas de cálculos, es necesario que el ingeniero conozca la teoría básica para así asegurar que los resultados que arroje la máquina sean del entendimiento de la persona que la está utilizando y también que le dé la habilidad y seguridad de elegir un modelo matemático que sea adecuado a las necesidades reales de proyecto.

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO ESTRUCTURAL**

En este capítulo se aborda la definición del diseño estructural, dando sus objetivos más importantes, algunos de los elementos más comunes e importantes en la construcción, materiales más comunes, así como los métodos de diseño estructural que tienen un mayor uso en la industria de la construcción.

#### **2.1.- Concepto de diseño estructural.**

“El diseño estructural se define como un conjunto de actividades a desarrollar para determinar las características físicas de una estructura, de manera que sea posible garantizar la absorción de cargas a las que va a estar sujeta en las diferentes etapas de su vida útil sin sufrir daño alguno.” (Gallo Ortiz; 2005: 1)

Una estructura es una definición muy general, sin embargo, una estructura está conformada a su vez por un conjunto de subsistemas estructurales, estos a su vez deben de tener la mejor combinación para tener el mejor comportamiento esto de acuerdo con Gallo Ortiz (2005), para cumplir con la seguridad, ser económicas, funcionales y duraderas.

Partiendo de lo citado por Meli (2009), es el proceso en el que, el ingeniero proyectista define la forma, características y dimensiones de una estructura tomando en cuenta la confiabilidad de los materiales y comportamiento bajo los efectos de las acciones a las que puede ser sometida la estructura. También se tiene que relacionar con la parte económica y la estabilidad, seguridad y así tener el diseño más idóneo

con para construir. Esta parte está íntimamente ligada con la capacidad de imaginar el sistema estructural adecuado junto con el previo conocimiento de la formación recibida en la escuela.

## **2.2.- Objetivo de diseño estructural.**

Uno de los objetivos más importantes, sin duda, es el que la estructura o sistema estructural, mejor dicho, soporte las fuerzas a las que será sometido a lo largo de su vida, sin llegar a el colapso ni a un mal comportamiento bajo la acción de éstas.

La estabilidad es otro punto a tomar en cuenta ya que ésta depende directamente con el sistema estructural elegido, este sistema debe ser el más idóneo posible para cumplir con las necesidades de la construcción y no ser afectado por las acciones a las que será expuesto.

Con base en lo citado por Nilson (2012), una estructura debe ser segura contra el colapso y funcional en condiciones de servicio para que ésta cumpla con su propósito. Otro aspecto a considerar es la funcionabilidad, ésta se refiere a que las deflexiones que se puedan producir en la estructura sean tolerables, en caso de que se presenten grietas deben de ser pequeñas, que tenga una vibración muy baja dentro del rango permisible. El último factor a considerar es la resistencia, ésta debe de ser la suficiente para soportar las cargas a las que será sometida a lo largo de su vida. En la realidad no se puede saber la realidad cuál es el valor de las cargas a las que será sometida ni la resistencia exacta de los materiales, para poder determinar con valores más exactos la seguridad que se tiene en alguna estructura, entonces existen algunas

incertidumbres respecto al diseño, análisis y construcción de una estructura, por ello es que se tiene un margen de seguridad al realizar lo ya dicho.

Algunas de las fuentes para este margen de seguridad son:

- 1.- Existe una diferencia entre las cargas reales de la estructura a las cargas que se suponen.
- 2.- La distribución puede ser diferente de la que se considera.
- 3.- Las suposiciones de los puntos anteriores pueden causar una variación en los momentos, cortantes y valores calculados, un tanto distintos que los que en realidad actúan en la estructura.
- 4.- El comportamiento de la estructura supuesta puede diferir del comportamiento real esto debido al poco conocimiento.
- 5.- En la ejecución del proyecto puede variar el dimensionamiento de los elementos de los definidos.
- 6.- El esfuerzo puede no estar en la posición definida.
- 7.- La resistencia real de los materiales puede ser diferente de la resistencia especificada.

Para la definición de las especificaciones de seguridad deben ponerse en consideración las consecuencias de la falla. Por ejemplo, existen casos en los que la falla es insignificante, pero en algunas ocasiones la falla puede poner en peligro a decenas de vida humanas, por consiguiente, en este tipo de fallas se debe de poner especial atención en caso de que ocurra. También la posibilidad de desalojar el

inmueble y evitar a toda costa una falla súbita. Con todo lo anterior se deduce que no es fácil tener un margen de seguridad apropiado a alguna estructura, pero existen algunos estudios que basados en ellos es más fácil elegir el margen más recomendable de acuerdo con las características de las estructuras, estos márgenes se encuentran ya preestablecidos en los códigos y reglamentos de construcción, como indica Nilson (2012).

### **2.3.- Fundamentos de diseño.**

La resistencia real de la estructura es la característica más importante, la cual debe ser lo suficiente para poder con un margen de seguridad las cargas a las que podría estar expuesto a lo largo de su vida. Por tanto, se dimensionan los elementos, se selecciona la dimensión del concreto y la cantidad de acero de refuerzo para que soporte las fuerzas resultantes de sobrecarga, utilizando cargas mayores a las que podría tener a lo largo de su vida, esta forma de diseñar se conoce como ***diseño a la resistencia***.

En estructuras de concreto reforzado cercanas a la falla, uno de los materiales ya sea concreto o acero de refuerzo, entraran en un rango inelástico no lineal. Por un lado, el concreto es un elemento estructural alcanza su máxima resistencia y seguía su falla, en el acero en un elemento cercano a la falla estará sobrepasando el comportamiento elástico lineal en o aun por encima del límite de fluencia. Entonces la resistencia nominal de un elemento debe calcularse en base al comportamiento inelástico de los materiales que lo integran.

Un elemento también debe mostrar un comportamiento adecuado bajo las cargas de servicios normales. Un ejemplo, las flexiones en una viga tienen que estar dentro de los rangos aceptables y el número y espesor de las fisuras deben de estar controladas. Las condiciones límites de servicio son importantes, aunque el objetivo inicialmente sea la resistencia.

Otra manera de dimensionamiento diferente del método de la resistencia se basa en dimensionar los elementos de manera que los esfuerzos en el acero y en el concreto resultantes de las cargas normales estén dentro de los límites especificados. Estos límites son conocidos como **esfuerzos admisibles**, son una fracción del esfuerzo de falla de los materiales. El concreto responde de manera razonablemente elástica para esfuerzos de compresión que no excedan la mitad de su resistencia, en tanto el acero permanece elástico hasta su esfuerzo de fluencia. Entonces los elementos pueden diseñarse con métodos elásticos cuando los esfuerzos por cargas de servicio sean menores que estos límites.

Si los elementos son diseñados con estas cargas de servicio, el margen de seguridad se logra determinando esfuerzos admisibles bajo cargas de servicio que son fracciones propiamente pequeñas de la resistencia a compresión del concreto y del esfuerzo de fluencia del acero. Esta metodología de diseño es llamada **diseño para cargas de servicio**. En la práctica se establecen valores para los esfuerzos admisibles este valor para el concreto la mitad de su resistencia a la compresión, y para el acero es la mitad de su esfuerzo de fluencia.



## **2.4.- Códigos de diseños y de construcción.**

Como cita Meli (2009), los reglamentos de diseño y construcción son documentos oficiales que tienen la función de proteger del colapso y mal funcionamiento de una estructura a una sociedad, el grado de protección que puede lograrse con la ayuda de un reglamento de construcción no es absoluto, sino se debe lograr que sea óptimo, que tenga buen desempeño con las consecuencias de las posibles fallas y el costo de incrementar la seguridad.

Estos mismos objetivos se deben de cumplir con las recomendaciones, normas y especificaciones que, aunque no tienen un valor legal, si cumplen con ello.

Estos reglamentos son elaborados generalmente por un grupo de profesionistas especializados en la materia y supervisados por personal que está interesada en él, e instituciones. Este reglamento contiene el punto de vista de la persona que redactó y la acumulación de conocimientos confiables que existen el día de la elaboración.

Existe controversia en cuanto al enfoque que deben de tener los reglamentos de construcción, que tienen que tener solo requisitos generales de seguridad y de funcionamiento dejando así una amplia libertad para que el ingeniero proyectista cumpla con los requerimientos, otra manera es el de prescribir de manera más detallada los procedimientos y pasos que deben de seguirse para lograr el nivel de seguridad deseada.

Entonces los reglamentos se dividen en dos maneras de regir como se muestra a continuación.

**1.- Los reglamentos funcionales.** - Estos son los primeros descritos anteriormente y también reciben el nombre de **requisitos de comportamiento**, estos tienen más libertad en cuanto al diseño, fomentan la innovación, pero tienen la gran dificultad de no poder comprobar si el diseño cumple con los requisitos de comportamientos establecidos.

**2.- Los reglamentos prescriptivos.** - Este tipo de reglamento es más rígido y da menos libertad al obligar al proyectista a cumplir con una serie de requisitos para poder cumplir con la mayoría de casos que pueden presentarse, la ventaja de este tipo de reglamento es que el proyectista tiene en claro hacia dónde va y que su diseño cumple con los requisitos establecidos. La mayoría de los reglamentos que existe son de este el ultimo tipo continuando con Meli (2009).

El **Reglamento de Construcción para el Distrito Federal (RCDF)** es un reglamento prescriptivo ya que al tener definidas las formas de diseño y criterio da lugar a un reglamento rígido y con poco grado de libertad, este incluye un planteamiento general del problema de diseño que es aplicable a todo tipo de estructuras. Los requisitos particulares que se derivan de la aplicación de estos principios generales a los materiales y tipos de estructurales específicos se sitúan fuera del cuerpo principal del reglamento y se agrupan en un conjunto de **Normas Técnicas Complementarias (NTC)**, de esta manera se intenta que el reglamento sufra menos modificaciones y su vigencia sea mayor, ya que sus principios están poco sujetos a verse modificados por el avance en conocimientos de estructura o por el surgimiento de nuevos materiales de construcción.

El campo de aplicación del reglamento está limitado a edificaciones urbanas, por consiguiente, no tiene participación en el diseño de puentes, presas y estructuras industriales particularmente complejas.

## **2.5.- Sistemas estructurales.**

El proceso más importante de diseño es la selección del sistema estructural, también conocida como estructuración, concordando con Meli (2009). El buen comportamiento es el resultado de una buena elección o de la opción más adecuada a las necesidades de nuestro proyecto, para absorber y soportar las acciones a las que va a estar sujeta nuestra estructura.

En la etapa de estructuración se elige el tipo de material del que será construida la estructura, el sistema estructural principal, el acomodo y dimensiones preliminares de los elementos estructurales que conformaran la construcción.

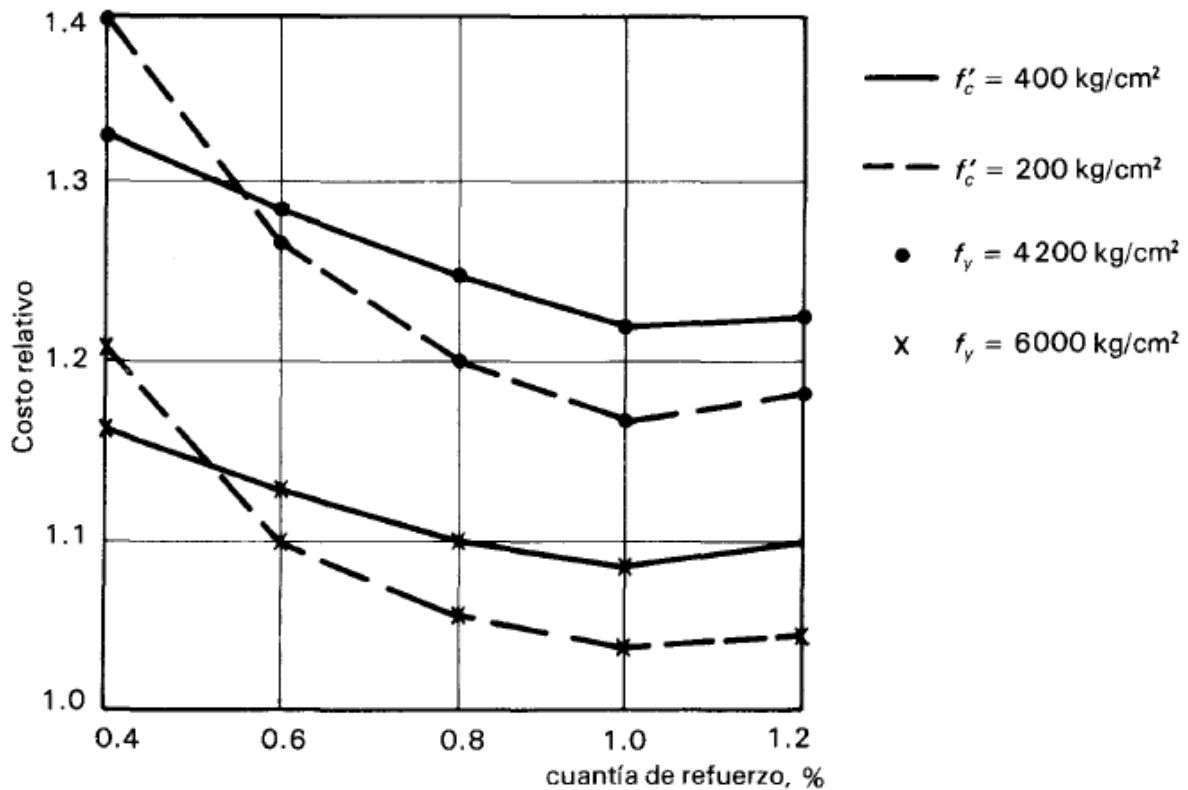
De igual manera se tendrán diversas características geométricas que están en las normas pertinentes que especifican las condiciones de carga a las que se debe considerar en el diseño y en los límites de respuesta los cuales deben de ser respetados. Cuando se elige el sistema estructural es posible optimizar la geometría de los diferentes elementos que lo conforman, también las dimensiones de cada uno de ellos, haciendo en lo posible una estructura ligera.

Una forma de elegir de manera inicial es elegir un sistema estructural que cumpla con las restricciones y que sea aceptable, después de ejecutar un análisis para los diferentes tipos de cargas a las cuales será sometida y con esto encontrar las

dimensiones de los elementos estructurales principales que cumplen con requisitos de las normas a las cuales se sujeta. Después, se busca variaciones en la estructura para ver si cual es la mejor configuración para una mejor eficiencia. Por consiguiente, se repite la ejecución del análisis y se comparan los resultados, tanto en peso como en el comportamiento de la estructura, eligiendo la mejor o más adecuada configuración del sistema estructural.

Otro factor a tomar en cuenta, por ejemplo, en una sección de concreto reforzado, son la selección del tipo de concreto y del tipo de acero de refuerzo, las cuales pueden definir el tamaño y la geometría de la sección dadas las necesidades de carga con las que tendrá que cumplir. Cada una de las características de la sección tendrá una variante en cuanto a el costo de la sección por los factores que influyen en ella, mano de obra, costo de acero, costo de concreto, cimbra, etc.

En la siguiente gráfica se muestra una comparativa entre los costos de un elemento estructural, en este se puede analizar un criterio en el que se puede considerar para un posterior diseño de un elemento con relación al costo mínimo posible. Esta gráfica corresponde al costo de una sección de longitud unitaria de una viga diseñada para resistir el momento flexionante dado con diferentes peraltes, calidades de concretos y diferente porcentaje de acero.



Gráfica 2.1 Variación del costo de la viga de concreto reforzado con respecto de la cantidad de refuerzo y la calidad de concreto.

Fuente: Meli; 2009: 263

En esta gráfica se aprecia que las cantidades de acero de refuerzo más económicas son cercanas a un 1 por ciento, continuando con Meli (2009), que el costo aumenta al elevar la resistencia del concreto y disminuye al aumentar el acero de refuerzo. Estas condiciones son contrarias en elementos sometidos a carga axial como son columnas, en estos elementos la situación es un tanto distinta ya que la condición más económica corresponde a la cantidad mínima de acero de refuerzo y el costo de la sección se reduce notablemente al aumentar la resistencia del concreto.

Los resultados anteriores son factores a tomar en cuenta en un diseño solo como dato a considerar, ya que, no se toma ningún factor a considerar como los reglamentos, el comportamiento en un sistema estructural, o su comportamiento en sismo, y por consiguiente se puede eliminar la condición de la economía al diseñar con todos estos factores que son dejados a un lado para la obtención de los datos de la gráfica.

Continuando con Meli (2009), es difícil dar recomendaciones generales para la elección de un sistema estructural adecuado. Ya que en cada necesidad de un sistema estructural intervienen diferentes aspectos los cuales son particulares de cada caso que deben de ser evaluados por el proyectista basado en los conocimientos respecto a los sistemas estructurales, características de los materiales y su comportamiento en conjunto. También debe de considerar las condiciones de carga y el comportamiento ante ellas del sistema estructural con sus características.

### **2.5.1.- Definición de estructura.**

“Una estructura se refiere a un sistema de partes conectada que se utiliza para soportar una carga. Entre los ejemplos más importantes relacionados con la ingeniería civil están los edificios, los puentes, las torres; en otras ramas de la ingeniería puede decirse que son importantes las estructuras de barcos, aviones, los tanques, los recipientes de presión, los sistemas mecánicos y las estructuras de soporte de líneas eléctricas también son importantes.” (Hibbeler; 2012: 3)

### **2.5.2.- Elementos estructurales.**

La clasificación de cada una de las estructuras es muy importante ya que tienen diferentes formas y sus funciones son un tanto diferentes, también sus características cambian, ventajas y mayor viabilidad de acuerdo con las necesidades del proyecto. A continuación, de acuerdo con Hibbeler (2012), se describe de manera más explícita algunos de los elementos más importantes y algunas de las estructuras más comunes como son: tensores, vigas, columnas, armaduras, cables, arcos, marcos y estructuras superficiales.

#### **Tensores:**

Son elementos estructurales sometidos a una fuerza de tensión debido a esto tienden a ser elementos delgados y la tendencia es iniciar la elección a partir de varillas, barras, ángulos y canales, estos tienden a llamarse tensores puntuales.

#### **Vigas:**

Son elementos rectos horizontales que tienen como función principalmente el sostener cargas verticales y son mayormente apoyadas en el principio y final de ella, este apoyo puede ser sencillo, empotrada o anclada, también puede estar apoyada sólo de un extremo y esto se le llama viga en voladizo. Estas se diseñan primeramente para resistir momentos en flexión, pero en casos en donde el elemento es muy corto y soporta grandes cargas, la fuerza cortante interna puede ser bastante grande, entonces puede ser esta fuerza cortante regir en el diseño de la viga.

Cuando se utiliza como material el acero o aluminio, la sección más eficiente es un IPR, IPS que son elementos con la geometría de una "I" o "H", en este tipo de sección las fuerzas desarrolladas en los patines inferior y superior soportan los momentos, mientras que el alma o parte central del elemento tiende a resistir las fuerzas de cortante a la que se expone.

En cuanto a vigas de concreto se inclinan en tener secciones transversales rectangular por la facilidad de construcción en el campo, aunque también puede elaborarse en un taller o fábrica para su posterior traslado a obra. El concreto se elabora con acero de refuerzo debido a su deficiencia al someterlo a tensión, entonces se colocan varillas en donde el elemento será sometido a tensión.

### **Columnas:**

Las columnas son elementos generalmente verticales diseñados para soportar carga axial. Cuando el elemento se diseña en acero las secciones son tubulares y perfiles como IPR, en cuanto al concreto se tienden a utilizar secciones circulares y cuadradas con acero de refuerzo (varilla, alambrón, alambre). Existen casos en los que la columna están sujetas simultáneamente a carga axial y a momento de flexión, en estos casos los elementos son llamados columnas de viga.

### **Tipos de estructuras.**

Se conoce como sistema estructural a la combinación de elementos estructurales, estos sistemas están constituidos por uno o más elementos estructurales. Los tipos básicos de estructuras son los siguientes:



## **Armaduras.**

Este tipo de estructura se usa cuando se necesita salvar un claro grande sin importar el tamaño o peralte de la misma. Este tipo de estructura consta en elementos delgados, generalmente colocados de forma triangular. Existen dos tipos de armaduras, planas y espaciales. Las armaduras planas se componen de elementos puestos en el mismo plano y se utilizan en la construcción generalmente para el soporte de puentes y techos, en cambio las armaduras espaciales tienen los elementos en tres dimensiones y son usadas para torres, grúas y algunos tipos de techos y soportes.

Las armaduras tienen una ventaja muy clara frente a las vigas, y este es la cantidad de material para el soporte de una carga determinada. Toda la armadura se deforma por la distribución geométrica de sus elementos y debido a la fuerza a las que es sometida que se convierte en tensión y compresión en sus elementos. Los elementos pueden ser largos o cortos con diferente acomodo para el mejor soporte de cargas. Según Hibbeler (2012), es factible generalmente usar una armadura en claros de 9 a 122 metros, aunque es posible utilizarlas para salvar claros mayores.

## **Cables y arcos.**

Estos tipos de estructuras se utilizan para cubrir distancias largas, generalmente los cables son flexibles y se utilizan para soportar cargas a tensión en puentes y en techos de edificios. Solo está limitado por un colgamiento, sus pesos y los métodos de

anclaje que se utilicen. Este tipo de estructura tiene ventajas sobre las armaduras y vigas después de 46 metros según las necesidades.

El arco por el contrario obtiene su resistencia en compresión, puesto que tiene una curvatura, este tipo de estructura debe de ser rígido para mantener su forma, por consiguiente, se traduce en fuerzas cortantes y de momento que se deben considerar en el diseño. Generalmente se usan en estructuras para puentes, techos, y otras más.

### **Marcos.**

Son estructuras compuestas por vigas y columnas conectadas entre sí rígidamente o por articulaciones. Este tipo de estructura está sometido a cargas internas axiales, cortantes y momento. Es de las estructura más importantes y utilizadas en un edificio.

### **Estructuras superficiales.**

Este tipo de estructuras tienen un espesor muy pequeño en comparación con sus demás dimensiones, y puede variar el tipo de material con el que están hechas según las necesidades que tiene el proyecto, desde materiales flexibles que son llamadas tenso estructuras, hasta materiales rígidos como el concreto hidráulico reforzado. Estas últimas pueden tener varias formas como placas plegadas, cilindros entre otros, y reciben el nombre de placas delgadas o cascarones.

Estas estructuras trabajan de forma similar a la de un cable o arco, por trabajar sobre todo en tensión o compresión y experimentan poca flexión.

## **2.6.- Etapas de diseño estructural.**

Partiendo de Meli (2009), existen tres etapas importantes para entender la esencia del diseño estructural y estas son:

### **a). – Estructuración.**

Esta es la parte fundamental del diseño ya que en esta etapa se elige el sistema estructural, el material con que será construida la estructura, dimensiones y características, aquí juega un papel muy importante la creatividad y criterio del ingeniero estructurista ya que se tendrá que elegir el sistema más eficiente de acuerdo con la bondad de sus resultados.

### **b). - Análisis.**

Es la determinación de la respuesta de la estructura bajo los efectos de las acciones a las que se puede estar sometida a lo largo de su vida útil. Para determinar esto se necesita:

**1.- Modelar la estructura.** - Esto se refiere a idealizar el modelo de una estructura de manera teórica para poder analizarla, esto incluye hacer partícipes a los elementos que están involucrados en ella como pueden ser vigas, columnas, losas, marcos y demás elementos que participaran en la estructura, también se deben de considerar

las dimensiones, formas del elemento que se considerara, de igual manera se necesita conocer o proponer las características. Después del resultado del análisis y diseño se podrán ir afinando y cambiando de forma más conveniente a la estructura.

**2.- Determinación de las acciones de diseño.-** Posteriormente, se tendrán que determinar el valor de las cargas que pueden efectuar alguna acción en la estructura, por lo general el ingeniero proyectista se apega a los reglamentos o códigos de construcción que rigen en el lugar de construcción ya que está obligado a cumplirlos, sin embargo, muchas de las veces queda como responsabilidad del proyectista elegir y determinar el valor de diseño de alguna carga o la obtención de datos que ayuden a determinar dicha carga. En este paso surge mucho la duda e incertidumbre del ingeniero a cargo ya que, en realidad, es difícil prever cuanto será la mayor carga a la que será o puede ser sometida la estructura.

**3.- Determinar los efectos de las acciones de diseño en el modelo estructural elegido.** - Esta parte es propiamente el análisis estructural donde se determinan las fuerzas internas que son momentos flexionantes, de torsión, fuerzas axiales, cortantes así también se determinan las deformaciones en la estructura y las flechas. Este tema de análisis estructural no se profundizará, ya que se definirá más detalladamente en el siguiente capítulo.

**c). - Dimensionamiento.**

En el dimensionamiento se definen los detalles de la estructura, así como se revisa con los códigos y reglamentos para verificar la seguridad y que cumplan con lo

estipulado en ellos. También se elaboran los planos y especificaciones de cada uno de los elementos que conforman a la estructura.

Cabe mencionar que estas tres etapas no son la única y una manera de seguir los pasos a diseñar una estructura, ya que están íntimamente ligadas y para obtener las características y especificaciones particulares de cada elemento se tiene que pasar varias veces hasta que al analizar la estructura se comporte de la mejor manera cumpliendo en todo momento con la finalidad de su construcción y verificar si están apegados con los códigos.

## **2.7.- Materiales.**

### **2.7.1.- Concreto.**

“El **concreto** es una mezcla de arena, grava y roca triturada, u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado.” (McCormac; 2011: 1)

El concreto comparte la alta resistencia a la compresión al igual que la gran mayoría de agregados pétreos y una baja resistencia a la tensión. Sin embargo, en el **concreto reforzado** la cual consiste en una combinación entre concreto y acero, el acero le proporciona al concreto la resistencia a la tensión. También, es uno de los materiales más importantes en la construcción, ya que con este material se puede construir casi todo tipo de estructura.

Este material ha tenido un gran éxito a nivel mundial en la construcción ya que, en él, se presentan algunas de las ventajas siguientes:

- En comparación con otros materiales, tiene resistencia considerable a la compresión por unidad de costo.
- El concreto reforzado es el mejor material para resistir las acciones de fuego y agua, esto debido a que, en presencia de fuego de una intensidad media, los elementos con un recubrimiento considerable de concreto sobre el acero de refuerzo, solo sufren daño superficial.
- Las estructuras que son hechas de concreto reforzado son muy rígidas.
- Su mantenimiento es menor o poco.
- Tiene una larga vida útil en comparación con otros materiales. El concreto en condiciones normales de uso, puede usarse de manera indefinida sin tener una reducción en sus capacidades de carga. Esto tiene explicación debido a que la resistencia del concreto no disminuye con el paso del tiempo, en realidad aumenta con el tiempo debido al largo proceso de solidificación del concreto.
- Es el material más económico disponible para cimentaciones como lo son: losas de piso, zapatas aisladas y corridas, pilares, entre otras.
- Una de las características muy propias e importantes, es la posibilidad de colarlo en una amplia gama de formas, que pueden variar según la necesidad de la construcción.
- Los agregados que se utilizan para su elaboración pueden ser locales de bajo costo como es arena, grava y agua en su mayoría, y cantidades bajas de cemento y acero de refuerzo.

- No se requiere mano de obra calificada para su elaboración y manejo como es el caso de otros materiales como el acero estructural.

Algunas de sus desventajas se enmarcan en los siguientes puntos:

- Necesita acero de refuerzo al someterlo a tensión.
- Se requiere de cimbras para el modelado del concreto hasta que endurezca lo suficiente.
- Baja resistencia por unidad de peso. Entonces se puede tener una estructura pesada ya que los miembros serán relativamente grandes cuando se tenga que tener una resistencia alta.

#### **2.7.1.1.- Tipos de cemento Portland.**

Este tipo de cemento según McCormac (2011), necesita aproximadamente dos semanas para adquirir la resistencia necesaria para no necesitar la cimbra, pero alcanzan la resistencia de diseño hasta los 28 días, después de esto siguen generando más resistencia a través del tiempo.

El uso de cementos de fraguado rápido se da cuando las necesidades de secado son muy rápidas, ya que pueden obtener resistencias deseadas de 3 a 7 días. Este tipo de cemento puede utilizarse en emergencias o también cuando queremos acelerar el periodo de entrega de una obra.

Existen también los cementos que son resistentes a los cloruros y sulfatos.

La American Society for Testing and Materials (ASTM), clasifica los cementos portland en cinco tipos diferentes:

Tipo I: Es el cemento de uso múltiples, utilizado en la construcción en general.

Tipo II: Es un cemento que tiene menor calor de hidratación que el anterior y puede resistir a una exposición menor a sulfatos.

Tipo III: Es un cemento de fraguado rápido, este tipo de cemento alcanza en las 24 horas el doble de resistencia que el cemento Tipo I. Este, contrario del cemento Tipo II, produce un alto calor de hidratación.

Tipo IV: Es un tipo de cemento de baja producción y muy lenta disipación de calor, es usado generalmente en estructuras de concreto de gran tamaño.

Tipo V: Es un cemento que puede estar expuesto a grandes concentraciones de sulfatos, un claro ejemplo es en muelles y puertos marítimos.

Si el cemento que se necesita no está disponible, se pueden agregar algún tipo de aditivo que modifique el comportamiento de tal, para cumplir con las características necesarias.

#### **2.7.1.2.- Aditivos.**

Los aditivos continuando con McCormac (2011), son los materiales que se agregan al concreto durante o antes del mezclado para modificar alguna característica o comportamiento. A continuación, se describen algunos de los tipos de aditivos más comunes.



1.- Aditivos inclusivos de aire. Se usan generalmente para incrementar la resistencia del concreto al congelamiento y derretimiento; se hace una incorporación de aire al concreto, en modo de burbujas o vacíos que se dan lugar en el concreto, de esta manera al congelarse el agua que se induce y expandirse se sitúa en los espacios de aire que se agregan, esto genera menos grietas al concreto a la hora de liberación del agua congelada.

2.- Aditivos acelerantes. Como lo es el cloruro de calcio, que acelera la obtención de la resistencia. Por lo general son usados en climas fríos o donde se requiere un pronto retiro de cimbra. Este tipo de cementos con cloruro de calcio, no debe ser agregado a concretos reforzados, a concretos con cimbras metálicas o aluminio ahogado debido a la corrosión que genera en aceros.

3.- Aditivos retardadores. Este tipo de aditivos se usa para retardar el tiempo de fraguado del concreto, así como los aumentos de temperatura. Estos pueden ser ácidos o azúcares derivados del azúcar. Son utilizados cuando se requieren grandes cantidades de concreto continuo, otra aplicación puede ser cuando se necesitan acabados aparentes.

4.- Plastificantes. Son aditivos de sulfatos orgánicos, se utiliza para mejorar el manejo del concreto convirtiéndolo más fluido sin la necesidad del aumento de agua, también se puede generar más resistencia al concreto agregando este tipo de aditivos y disminuyendo la cantidad de agua en comparación con la misma cantidad de cemento y el agua necesaria, ya que la resistencia puede bajar considerablemente al agregar más agua.

5.- Materiales impermeables. Se pueden agregar al agua que se utilizara para el concreto algún tipo de jabón o algunos productos derivados del petróleo, que pueden ayudar a retardar la penetración del agua en los concretos porosos.

### **2.7.1.3.- Acero de refuerzo.**

El acero de refuerzo concordando con McCormac (2011), usado en las estructuras de concreto puede ser en forma de varillas (corrugadas o lisas) o malla soldada de alambre. Las varillas corrugadas tienen costillas (o protuberancias), que se usan para aumentar la adherencia entre el concreto y el acero, tienen mayor uso en la construcción. El uso de varillas lisas no es muy frecuente, más que para rodear las varillas longitudinales, o sea transversalmente.

Las varillas redondas lisas tienen diámetros de  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{5}{8}$  que son fracciones de pulgadas, en cambio en las varillas corrugadas tenemos tamaños del #3 al #11 y de ahí da un salto a varillas del #14 y #18, estos números son en octavos de pulgada hasta la varilla #8, las varillas #9, #10 y #11 son redondas pero cuentan con las medidas como si fueran cuadradas, 1plg x 1plg, 1"1/8plg x 1"1/8plg y 1"1/4plg x 1"1/4plg, de manera muy parecida las varillas #14 y #18, corresponden a varillas cuadradas, 1"1/2plg x 1"1/2plg y de 2" x 2". Las varillas se pueden comprar comercialmente en longitudes de 12 metros en México. En la tabla siguiente se muestran los tamaños, nombres y algunos valores en el sistema métrico internacional.

Varillas estándar de libra-pulgada			Varillas con valores aprox. en el sistema métrico		
Número de varilla	Diámetro (plg)	Área (plg <sup>2</sup> )	Número de varilla	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )
3	0.375	0.11	10	9.5	71
4	0.500	0.20	13	12.7	129
5	0.625	0.31	16	15.9	199
6	0.750	0.44	19	19.1	284
7	0.875	0.60	22	22.2	387
8	1.000	0.79	25	25.4	510
9	1.128	1.00	29	28.7	645
10	1.270	1.27	32	32.3	819
11	1.410	1.42	36	35.8	1006
14	1.693	2.25	43	43.0	1452
18	2.257	4.00	57	57.3	2581

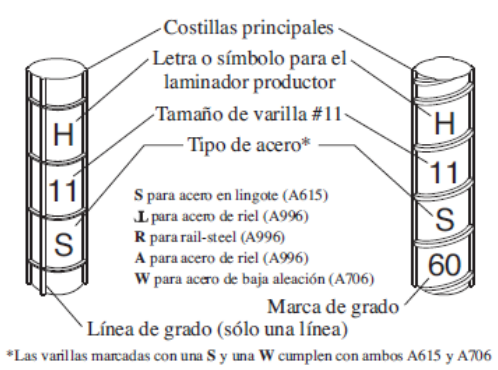
Tabla 2.1. Tamaños y áreas de las varillas de refuerzo.

Fuente: McCormac; 2011: 26.

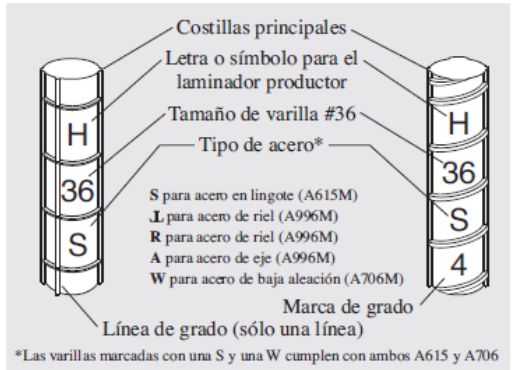
Las mallas soldadas de alambre son usadas generalmente para refuerzo de losas, pavimentos, cascarones, entre otros, este tipo de malla se hace con alambres estirados en frío, colocados en retícula mayormente. Los tamaños y separación de los cuadros de la malla pueden ser iguales o diferentes en ambas direcciones según la necesidad del proyecto.

Identificación de las marcas de las varillas.

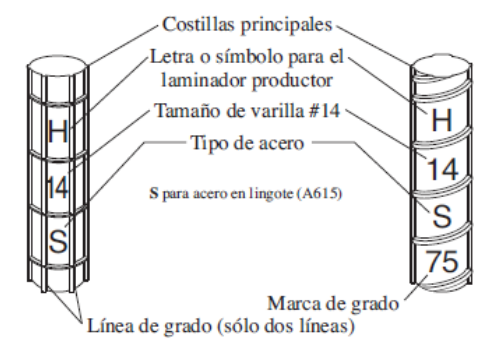
Es importante conocer e identificar las dimensiones y grados de las varillas de refuerzo para la prevención de errores, están tienen marcas impresas en la superficie que describen las características de ellas, las imágenes que se muestran a continuación dan una breve explicación.



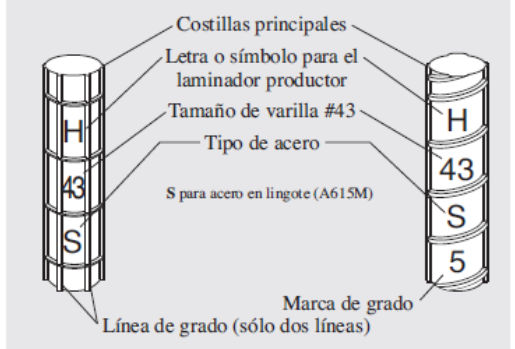
GRADO 60



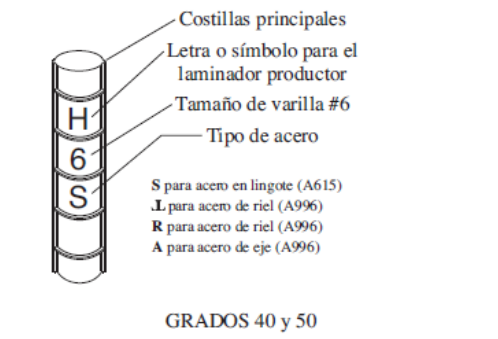
GRADO 420



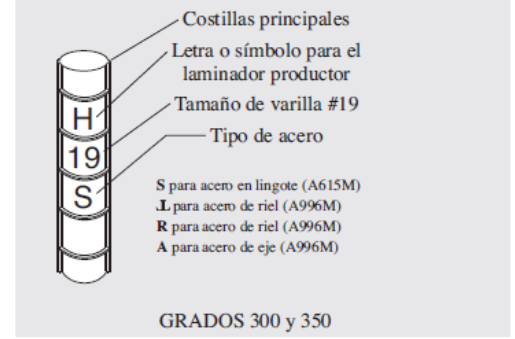
GRADO 75



GRADO 520



GRADOS 40 y 50



GRADOS 300 y 350

Imagen 2.1. Marcas de identificación para varillas estándar ASTM.

Fuente: McCormac; 2011: 27

## **Grados de las varillas.**

Las varillas pueden elaborarse a partir de acero de lingotes, de ejes o rieles. Pero es raro que se fabriquen varillas de acero de ejes y rieles ya que los aceros usados demuestran muy poca ductilidad. Las varillas pueden tener diferente grado como son Grado 40, Grado 50, Grado 60, Grado 75 entre otros, donde el Grado 50 equivale a 50 000  $\text{li/plg}^2$  que son 3515  $\text{kg/cm}^2$  y así sucesivamente. El grado de las varillas se indica con números o líneas continuas, por ejemplo, una varilla de grado 60 tiene ya sea un número 60 o una línea longitudinal continua, además el corrugado, el grado 75 tiene el número 75 o dos líneas adicionales al corrugado. Y pueden ser diferentes tipos de varilla como se muestra a continuación:

- 1.- ASTM A615: Varillas que están elaboradas de lingote lisas y corrugadas. Estas varillas están marcadas con la letra S, son las varillas de refuerzo más común.
- 2.- ASTM A706: Varillas lisas y bajas de una aleación baja. Están marcadas con la letra W, son usados cuando se requiere tener propiedades controladas a la tensión o para propósitos de soldadura.
- 3.- ASTM A996: Varillas corrugadas de acero de riel o de ejes. Son marcadas por la letra R.
- 4.- Cuando se producen varillas para cumplir con especificaciones A615 y A706, deben tener ambas marcas S y W.

#### **2.7.1.4.- Agregados.**

Los agregados son generalmente agregados finos o arenas, y agregados gruesos o gravas (piedra triturada o cribada), estos ocupan aproximadamente tres cuartas parte del volumen del concreto. Se considera agregado fino al material que pasa por la malla No. 4, y el tamaño máximo del agregado grueso es un tercio del espesor de las losas, o tres cuartos de la separación libre entre varillas de refuerzo, pero también depende del juicio del ingeniero.

Los agregados deben de cumplir con ciertas características continuando con McCormac (2011), deben de ser fuertes, durables y limpios. La resistencia de los agregados juega un papel importante ya que de ellas depende gran parte de la resistencia del concreto, las propiedades de ellos influyen directamente en la durabilidad, y no deben de tener polvo o alguna sustancia o material ya que puede afectar en la adherencia entre el cemento y agregado.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se abordará todo lo relacionado con el sitio donde se ubica el proyecto, como su ubicación geográfica, características geológicas, geográficas, topográficas, hidrológicas, de población, entre otras.

#### **3.1.- Generalidades.**

El presente trabajo fue elaborado en el estado de Michoacán, perteneciente a México, su nombre oficial Estados Unidos Mexicanos, este a su vez se encuentra en América del Norte, al norte se encuentra Estados Unidos de América, al sur se delimita con Guatemala y Belice, al este con el océano Atlántico, el Golfo de México y una pequeña parte conocida como mar de Antillas, y al oeste con el océano Pacífico.

México ocupa el catorceavo lugar a nivel mundial en extensión territorial al tener cerca de 2 000 000 km<sup>2</sup>, mientras que entre los países del continente americano ocupa el sexto lugar, después de Canadá, EUA, Brasil, Argentina y Groenlandia. Tiene una población de 119 millones 530 mil 753 habitantes según datos arrojados por una encuesta intercensal en el 2015 realizada por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), por esto se encuentra entre los once países más poblados del mundo. El idioma oficial es el español, aunque se cuenta con un registro de 72 lenguas indígenas dentro del territorio nacional.

México también conocido como República Mexicana está compuesta por 32 estados siendo la Ciudad de México la capital del país y sede de los poderes de gobierno, ejecutivo, legislativo y judicial por ser República, estos estados en los cuales está dividido el territorio nacional se mostrarán en el siguiente mapa.



Mapa 3.1. Mapa de la República Mexicana con división estatal y nombres.

Fuente: [www.cuentame.inegi.org.mx](http://www.cuentame.inegi.org.mx)

### 3.1.1.- Objetivo.

El objetivo de la tesis es el análisis y diseño de la superestructura de un edificio habitacional de seis niveles usando las especificaciones del RCDF (Reglamento de



Construcción del Distrito Federal), para obtener así las medidas de seguridad pertenecientes para un edificio de esta magnitud, y tomar todas las características que se requieren.

Dicho lo anterior en el RCDF hay especificaciones para las construcciones de concreto las cuales hay que utilizar si se requiere obtener un nivel de seguridad razonable y no llegue a ser una construcción económicamente inviable, esto da la certeza de estar dentro de lo permitido y estar trabajando dentro de la ley.

### **3.1.2.- Alcance de proyecto.**

En el presente trabajo se realizará y mostrará el proceso de un predimensionamiento previo a los elementos de la superestructura antes de esto se hará una elección para la forma en la que estará diseñado el edificio este proceso es llamado “estructuración”, en este caso se eligió por trabes, columnas y elementos planos (losas nervadas dados los requerimientos de la edificación).

Después de todo lo anterior se trasladará a un programa de computación llamado SAP 2000 en la cual se montará la superestructura con las características antes obtenidas, se analizará los resultados obtenidos y en base a ello se diseñará la edificación.

### **3.2.- Resumen ejecutivo.**

Para el siguiente trabajo solo se ocupó el plano arquitectónico el cual consta de una fachada, algunos cortes longitudinales y transversales, planos de las diferentes planas que enmarca la distribución y necesidades del edificio habitacional. No se necesitarán estudios de mecánica de suelos ya que solo se analizará y diseñará la superestructura del edificio.

A partir del plano se propondrá la ubicación de las trabes y columnas, también se elegirá el tipo de losa, en este caso será con nervaduras, y se propondrá un predimensionamiento para posteriormente analizar en un programa de computación, después de esto a partir de los datos recopilados se procederá el diseño estructural.

Se realizó una visita del lugar en que se ubicara el proyecto dado que se tiene que saber las dimensiones del terreno.

### **3.3.- Entorno geográfico.**

#### **3.3.1.- Macro y microlocalización.**

El lugar del estudio se localiza en el municipio de Uruapan en el estado de Michoacán de Ocampo. El estado de Michoacán está ubicado en la costa oeste del país, colinda al norte con los estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro, al suroeste con el Océano Pacífico, al este con el Estado de México y Guerrero, al oeste con los estados de Jalisco y Colima, y tiene una superficie territorial de 58 643 km<sup>2</sup>, tiene 247 km de costa.

Este estado cuenta con una población de 4 millones 351 mil 037 personas hasta el año 2010 según el INEGI, tiene 113 municipios de los cuales Morelia es su capital y su más importante municipio, seguido de Uruapan quien es el segundo municipio más importante a nivel estado, a continuación, se mostrará el mapa ubicando el estado de Michoacán en la República Mexicana.



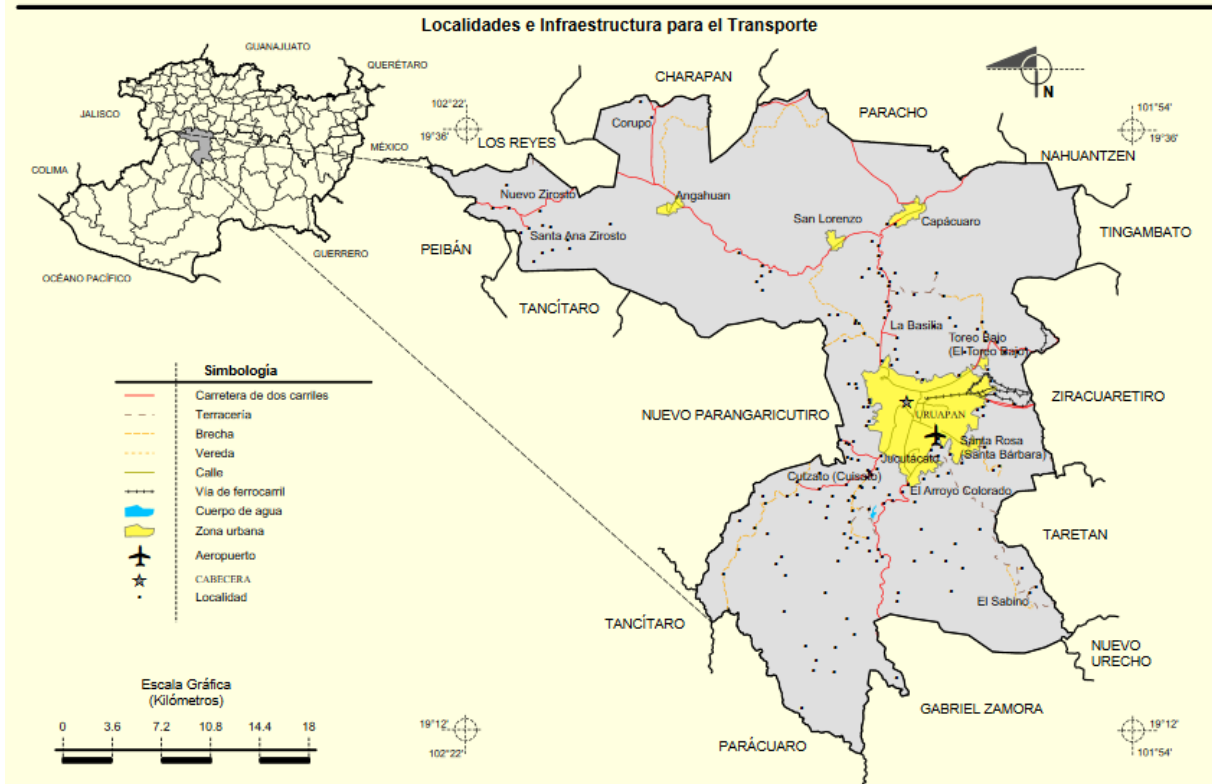
Mapa 3.2.- Mapa de la República Mexicana sin nombres resaltando el estado de Michoacán.

Fuente: [www.travelbymexico.com](http://www.travelbymexico.com)

Uruapan está ubicado entre los paralelos 19°11´ y 19°38´ de latitud norte y meridianos 101°56´ y 102°24´, tiene altitudes entre 700 y 3 300 msnm. Se delimita al norte con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho y Nahuatzen; al este con Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho y Gabriel Zamora; al sur con Gabriel Zamora, Parácuaro, Tancítaro y Nuevo Parangaricutiro, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Ocupa el 1.73% de la superficie total del estado de Michoacán y cuenta con una población de 334 749 habitantes según datos del INEGI en el 2015.

Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano mayormente, su temperatura varía entre los 12 a 26° según la temperatura del año, su mayor actividad económica es la agricultura, entre los frutos que destacan mas es el aguacate, el cual también se procesa y exporta a varios países entre ellos EUA, Canadá, Japón, entre algunos países más, el municipio también es conocido como la “Capital mundial del aguacate”, debido a la importancia y derrama económica que tiene en el municipio y a nivel nacional, y al aportar la mayor cantidad de aguacate al mundo. Es uno de los municipios que tiene mayores ingresos en el estado de Michoacán.

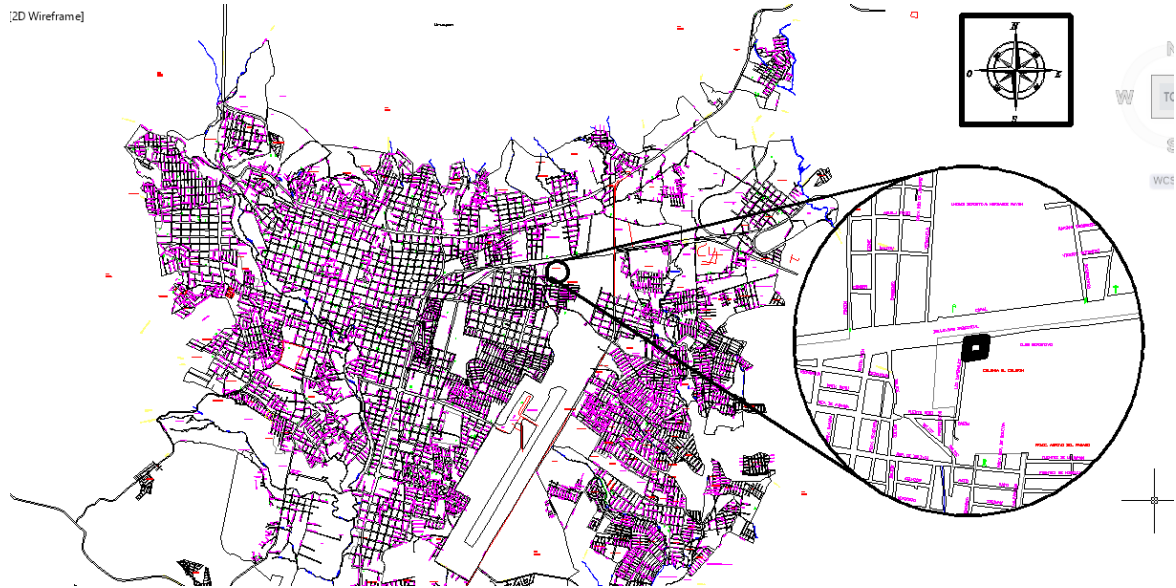
A continuación, se presentará un mapa de la localización del municipio de Uruapan en el estado de Michoacán, en el que se puede apreciar de manera más específica la localización, su extensión y sus límites que lo enmarcan como municipio.



Mapa 3.3.- Mapa del estado de Michoacán resaltando el municipio de Uruapan (Macrolocalización).

Fuente: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

Más especificaciones el sitio de estudio está localizado en el domicilio conocido como Boulevard Industrial S/N, Colonia El Colorín esquina con la calle Los Caporales de la misma Colonia, en la ciudad de Uruapan, Michoacán. En los siguientes mapa e imagen se muestra la Microlocalización del sitio de estudio.



Mapa 3.4.- Microlocalización.

Fuente: Propia.



Imagen 3.1.- Imagen aérea de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth.

### **3.3.2.- Geología regional y de la zona de estudio.**

Se tiene que los suelos en su mayoría agrícola y forestal, en su menor parte tenemos que es de uso ganadero, según datos del INEGI se tiene que los suelos de esta zona datan de los periodos Mesozoico, Cretácico inferior y superior.

### **3.3.3.- Hidrología regional y de la zona de estudio.**

La región se encuentra totalmente dentro de la región hidrológica del Balsas, también está dentro de la cuenca del río Tepalcatepec-Infiernillo.

Contiene corrientes de agua perenne e intermitente, las corrientes perennes que se presentan en la zona son Cupatitzio, El Guayabo, Comparan, El Salto, Parotillas, El Salitre, Acumbaro y El Platanillo, siendo el más importante para la ciudad de Uruapan el Río Cupatitzio del cual se toma la mayoría de agua que se suministra a ellas.

### **3.3.4.- Uso del suelo regional y de la zona de estudio.**

El uso del suelo de la zona es mayormente usado para agricultura y una menor parte usada por la zona urbana, la vegetación que abunda en la zona está compuesta por bosques, pastizal y selva.

En la ubicación de interés se tienen pastizales ya que no ha sido construido nada por el momento, pero se removió la vegetación propia de la zona con anterioridad.



### **3.4.- Informe fotográfico.**

A continuación, se presenta una serie de fotografías que ayudan a una mejor apreciación de la zona de estudio en el que se observan algunas características de ella, y de las cualidades que pueden tener, como son el relieve, la transividad del lugar, entre algunas cosas.

En la imagen siguiente se puede apreciar la calle que se encuentra frente al lugar de interés con vista hacia la ciudad.



Imagen 3.2.- Calle frente a la zona de estudio.

Fuente: Propia.



En esta imagen siguiente se muestra la única esquina que se tiene actualmente en este predio.



Imagen 3.3.- Única esquina de la zona de estudio.

Fuente: Propia.

Después tenemos una visión más amplia de la zona de estudio vista desde el centro del Boulevard Industrial.



Imagen 3.4.- Vista desde el centro del Boulevard Industrial.

Fuente: Propia.

También se puede apreciar la transitividad de la zona.



Imagen 3.5.- Transitividad de la zona.

Fuente: Propia.



La única esquina con una visión más amplia de la zona, con vista a la salida de Uruapan, Michoacán esto se puede observar en las siguientes dos imágenes.



Imagen 3.6.- Apreciación de la única esquina más amplia.

Fuente: Propia.



Imagen 3.7.- Esquina desde otro ángulo.

Fuente: Propia.

Algunas más imágenes del sitio de interés.



Imágenes 3.8 y 3.9.- Imágenes extra.

Fuente: Propia.

### **3.5.- Alternativas de solución.**

Algunas de las alternativas estudiadas en este proyecto son el uso de concreto armado o el uso de perfiles de acero como elementos estructurales, al estudiar las ventajas y desventajas de cada uno de ellos como puede ser, la economía, mano de obra especializada requerida, mantenimiento y algunos otros factores, se optó por el concreto ya que, no ocupa de mano de obra especializada, requiere de menos mantenimiento, y algunas características más que privilegian en las necesidades de proyecto.

Otra de las opciones es en cuanto a la estructuración, si se debía usar muros de carga, castillos, trabes y columnas; o sería por trabes y columnas, según la perspectiva propia es de mejor ayuda proponerlo como trabes y columnas, ya que es más eficiente el análisis y no intervienen muchos elementos estructuralmente hablando, y más veloz su construcción.

### **3.6.- Procesos de análisis.**

Para los análisis primeramente se tuvo que hacer un predimensionamiento de los elementos estructurales por un método de tanteo, anterior a ello se tuvo que elegir la estructuración que consta de elegir como ya se había explicado los elementos y su función en la superestructura, después de esto se lleva a montar en un programa de computación para análisis estructural denominado "SAP 2000", en el cual tenemos que alimentarlo con toda la información obtenida hasta el momento, como lo es la resistencia del concreto, el acero de refuerzo, algunas características muy propias de

los elementos como son las dimensiones y sus cargas ya sean vivas y muertas, después de ello se corrió, que es una forma de llamarle a obtener el comportamiento de la superestructura con todas las características antes mencionadas, de ahí se obtienen los datos para hacer un diseño más acertado.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se habla de la metodología que seguirá esta investigación de tesis, como lo es el método empleado, el enfoque de investigación, el alcance, diseño, los instrumentos que se utilizarán en la recopilación de datos, así como una breve descripción del proceso que se siguió.

#### **4.1.- Método empleado.**

El método científico, según lo dicho por Tamayo y Tamayo (2000), asegura el conocimiento científico y la investigación científica y es el método que utilizaremos en esta investigación, este método es un proceso para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, se caracterizan en su mayoría por ser tentativo, verificable, de un razonamiento riguroso y tener una observación empírica, y es la aplicación de la lógica a las realidades o hechos observados. También puede ser definido como un conjunto de procedimientos por los que se plantean problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo.

Las características según Ander Egg citado en Hernández y cols. (2010), son las siguientes:

- a) Tiene una referencia empírica.
- b) Trasciende los hechos. Los científicos expresen la realidad para ir más allá de las apariencias.



c) Verificación empírica. Se puede utilizar esta verificación empírica para formular respuesta a los problemas planteados y apoyar sus propias afirmaciones.

d) Autocorrectivo.

#### **4.1.1.- Método matemático.**

El método matemático es el método en el cual se aplican procedimientos científicos para la comparación de cantidades y así lograr la obtención de datos derivados del anterior procedimiento, este método tiene una amplia aplicación en las investigaciones donde se tienen que utilizar referencias de tiempo, cambios graduales, al análisis de valores, entre otros, según Mendieta (2005).

En el presente trabajo se utilizará este método ya que se tendrá la necesidad de mejorar números.

#### **4.2.- Enfoque de la investigación.**

A lo largo de la historia han surgido diferentes corrientes de pensamiento que han dado pauta a varios caminos en la búsqueda de conocimiento. Pero de acuerdo con Hernández y cols. (2010), estos pensamientos han sido desplazados desde el siglo pasado en dos principales divisiones: el **enfoque cuantitativo** y el **enfoque cualitativo** de la investigación (conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que aplican a el estudio de un fenómeno determinado).



En estos dos casos de enfoques se utilizan procesos cuidadosos, metódicos y además empíricos en su afán de obtener conocimiento, y esto se ve claramente en cinco frases citadas por Grinnell (1997) citado por Hernández y cols. (2010):

- 1.- Realizan la observación y evaluación de fenómenos.
- 2.- Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la realización y evaluación que se han hecho.
- 3.- Demuestran el grado de fundamento de las ideas y suposiciones.
- 4.- Revisan las suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- 5.- Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar y fundamentar las suposiciones e ideas o generar otras.

Aunque los enfoques antes mencionados comparten estas estrategias, cada una posee características propias.

El **enfoque cuantitativo** que usa la recolección de datos para probar hipótesis, esto con base a la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías, entonces, representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios que se presenta en fases a continuación enumeradas continuando con Hernández y cols. (2010):

- 1.- Idea
- 2.- Planteamiento del problema.
- 3.- Revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico.

- 4.- Visualización del alcance de estudio.
- 5.- Elaboración de hipótesis y definición de variables.
- 6.- Desarrollo del diseño de la investigación.
- 7.- Definición y selección de la muestra.
- 8.- Recolección de datos.
- 9.- Análisis de datos.
- 10.- Elaboración de reporte de resultados.

El **enfoque cuantitativo** utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación, también puede describirse a través de fases las cuales son las siguientes, esto basado en literatura ya existente como marco:

- 1.- Idea.
- 2.- Planteamiento del problema.
- 3.- Inmersión inicial en el campo.
- 4.- Concepción del diseño del estudio.
- 5.- Definición de la muestra inicial del estudio y acceso a ésta.
- 6.- Recolección de datos.
- 7.- Análisis de los datos.
- 8.- Interpretación de datos.

## 9.- Elaboración del reporte de resultados.

Las diferencias principalmente están en que el enfoque cuantitativo busca principalmente medir con precisión las variables de estudio y el enfoque cualitativo busca particularmente la dispersión o expansión de los datos e información.

Por tanto, el enfoque de esta tesis es cuantitativo, ya que se adapta más a los requerimientos de este trabajo a continuación mencionados, en cuanto a que en esta se realizará el análisis y diseño de una superestructura de concreto reforzado, por consiguiente, se llevarán a cabo ideas, hipótesis, recopilación de datos, comprobaciones y correcciones, este proceso será repetitivo, también estarán involucrados números.

### 4.2.1.- Alcance de la investigación.

Del alcance de la investigación depende la estrategia, entonces, concordando con Hernández y cols. (2010), el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso serán diferentes en estudios con alcance **exploratorio**, **descriptivo**, **correlacional** o **explicativo**, que son los alcances que pueden tener un estudio cuantitativo, pero también se puede tener elementos de más de uno de los alcances antes mencionados en una investigación de este tipo.

Los estudios exploratorios, por lo general, anteceden a investigaciones con alcances descriptivos, correlacional o explicativos. Los estudios descriptivos por lo general son base de las investigaciones correlacionales, y estos a su vez llevan

información para generar estudios explicativos que dan un sentido de entendimiento y son altamente estructurados.

Los alcances **exploratorios** se llevan a cabo cuando el objetivo de la investigación es examinar un tema o problema de la investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas incógnitas o no se ha abordado antes.

Los alcances **descriptivos** se dan con frecuencia cuando el objetivo del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos al detallarlos como son y cómo se manifiestan. Este tipo de alcance busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno, proceso u objeto que se someta a un análisis. Únicamente pretender medir o recoger información de una manera independiente o en conjunto sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, pero no como se relacionan estas.

Los alcances **correlacionales** tienen la finalidad de conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.

Alcances **explicativos** pretenden establecer la causa de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudia.

Por consiguiente, el alcance usado en esta tesis será el descriptivo, ya que la investigación está sujeta a la búsqueda de especificaciones, propiedades y características de la superestructura, se tendrá que usar la recolección de información sobre los materiales que se usaran, las características, comportamiento y requerimientos. También se utilizarán procesos de análisis y diseño.

### 4.3.- Diseño de la investigación.

La clasificación de los diseños se enmarca de dos maneras, la experimental y la no experimental, el **diseño experimental** en donde se ve involucrada la necesidad de experimentar e intervenir de manera influyente en el entorno en el cual se encuentra el objeto de estudio.

La **investigación no experimental** se podría definir como la investigación sistemática y empírica que es realizada sin manipular deliberadamente de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos, o sea se trata de estudios donde no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver sus efectos sobre otras variables.

En un experimento se construye deliberadamente una situación a la que son expuestos varios individuos. Consiste en recibir un tratamiento, condición o estímulo bajo determinadas circunstancias, para posteriormente analizar los efectos de la exposición o aplicación de dicho tratamiento o condición, se construye una realidad.

Por lo tanto, es un estudio no experimental no se genera ninguna situación o condición, sino que se observan situaciones ya existentes, no realizadas intencionalmente, en la investigación por quien la realiza. En este tipo de investigación las variables independientes ocurren y no es posible que sean objeto de manipulación, no se tiene un control directo sobre dichas variables ni se puede influir sobre ellas porque ya sucedieron al igual que sus efectos. El estudio no experimental se puede definir como el estudio donde se realizan observaciones, estudios, apuntes sobre algún objetivo sin manipulación de su entorno, siguiendo con Hernández y cols. (2010).

Entonces, esta tesis utilizará el diseño no experimental al no hacer ningún tipo de experimento, se estudiarán las variables tal y como son, sin manipulación.

#### 4.3.1.- Clasificación del diseño no experimental.

El criterio tomado para catalogar la investigación no experimental es por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los que se recolecta datos, en la imagen siguiente aprecia esta catalogación.



Imagen 4.1. Categorización de la investigación no experimental.

Fuente: Hernández: 2010; 151.

La investigación **transeccional** o **transversal** recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. El propósito consiste solamente en describir variables y analizar su incidencia en un momento dado, como tomar una fotografía de algún suceso. Este tipo de investigación se divide en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales, que fueron descritos anteriormente.

En cambio, la investigación **longitudinal** o **evolutiva** es el análisis de los cambios a través del tiempo en determinadas variables o en las relaciones entre ellas.

En esta tesis se utilizará la investigación transeccional o transversal ya que sólo se analizará y estudiará el objetivo en un solo momento en el tiempo.

#### **4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.**

Los instrumentos o herramientas para el manejo, procesamiento y obtención de datos e información de esta investigación son los siguientes, ya que se con estos, se pudo cumplir el objetivo del trabajo de investigación.

➤ **AutoCad.**

Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para el dibujo 2D y modelado en 3D. este programa tiene amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios, casas, carreteras, estructuras, esto teniendo en uso la ingeniería civil y arquitectura, ya que en realidad es posible dibujar cualquier objeto. Su uso en este trabajo será para la elaboración de los planos estructurales y manejo de planos.

➤ **SAP 2000.**

Es un programa de computo comercial diseñado para el cálculo y análisis de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF). Es una interface de usuario muy sofisticada, intuitiva y versátil, potenciada por un motor de análisis sin precedentes y herramientas de diseño para ingenieros en transporte, industrial, trabajos públicos, deportes y otras aplicaciones. Este programa será utilizado para el prediseño, análisis y modelado de la superestructura para obtener valores de diseño.

➤ **Excel.**

Este es un programa informático desarrollado y distribuido por la compañía Microsoft Corporation. Este se trata de un programa que permite realizar tareas relacionadas con el manejo de cantidades gracias a sus funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo. Tiene una forma de trabajar que puede ser sistematizada en muchas de sus características y puede manejar mucha información. Por ello este programa se utilizó para los cálculos y operaciones necesarias a este proyecto, dada su eficiencia.

#### **4.5.- Descripción del proceso de investigación.**

En la etapa inicial de este proyecto, se comenzó por una búsqueda de literatura relacionada con el tema de investigación, para de esa manera comprobar y fundamentar lo elaborado y dicho en esta tesis, haciendo uso de los libros necesarios para corroborar la información, citas textuales y paráfrasis con cortesías fueron las herramientas que se utilizaron.

Después se procedió, ya terminada la teoría necesaria para su sustentación la elaboración de la Micro y Macro localización para ubicación en el contexto y lugar de proyecto.

Posteriormente se abrió la puerta a los cálculos y análisis, para este paso tan importante y lo que finalmente te arroja los resultados motivo de esta tesis, se echó mano de herramientas para facilitar y agilizar los resultados, una de las herramientas son el programa de análisis SAP 2000 en el que se montó la estructura para su



posterior análisis, después de esto se procedió a utilizar los resultados en el programa Excel, en el cual se realizaron los cálculos necesarios. Este proceso es un tanto repetitivo y cíclico, solo cuando no se obtienen los resultados queridos que cumplan con los reglamentos y códigos de diseño.

Por último, se agregaron en los anexos los planos, cálculos y algunos complementos más necesitados. Se elaboró una biografía de las fuentes citadas necesarias para la elaboración de la investigación de tesis.

## **CAPÍTULO 5**

### **CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se realiza y muestra el análisis y diseño de la superestructura del edificio, así como los resultados para la interpretación de la investigación. En estos resultados se encuentran los métodos, procedimientos y cálculos, gracias a ellos se cumplió el objetivo de esta tesis.

#### **5.1.- Descripciones y consideraciones generales.**

A continuación, se muestran algunas características y propiedades generales del proyecto de tesis:

Obra: Edificio habitacional de concreto reforzado.

No. de niveles: 6 niveles.

Altura de entrepiso: 3 metros.

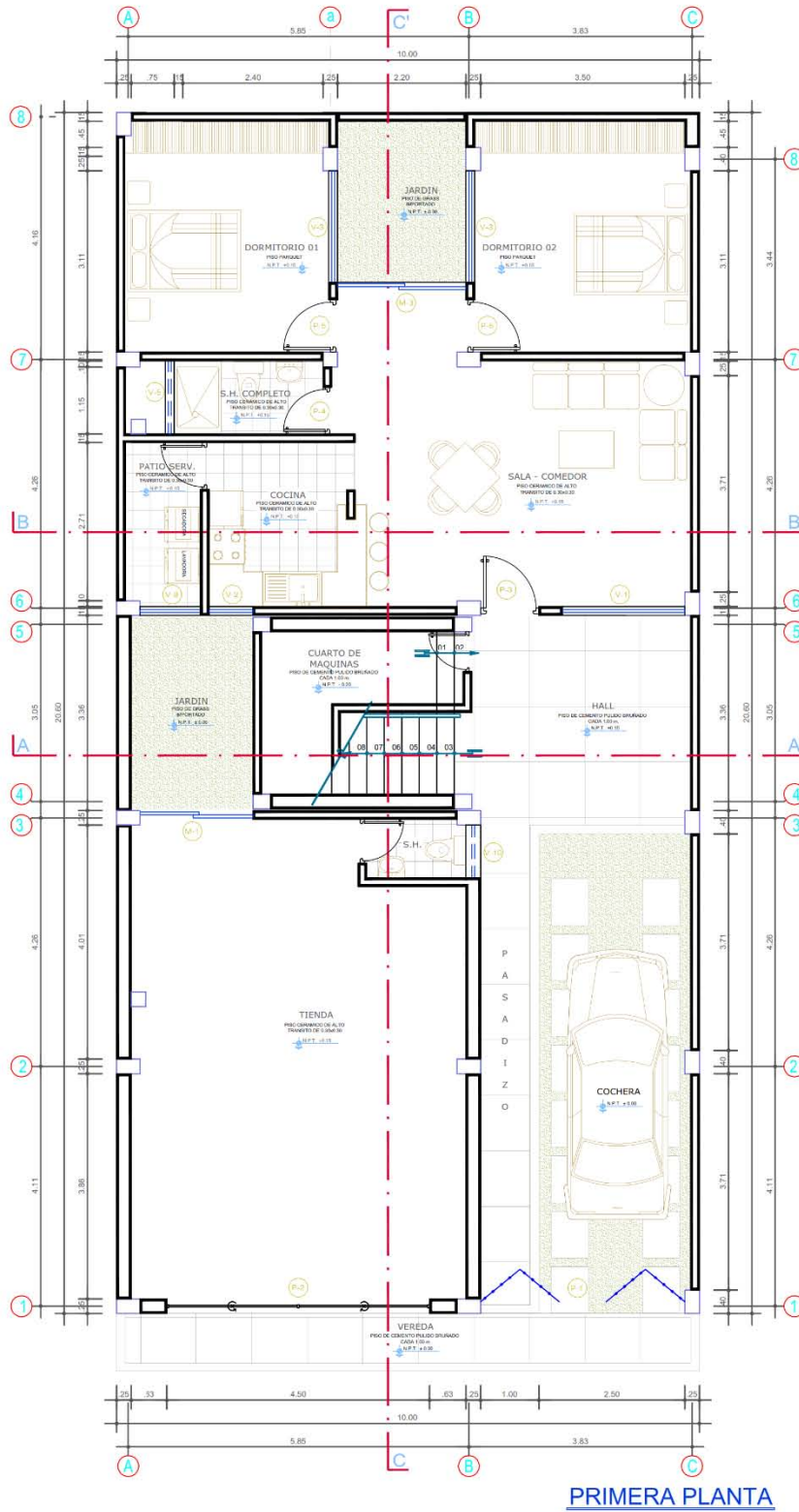
Uso: Edificio Habitacional.

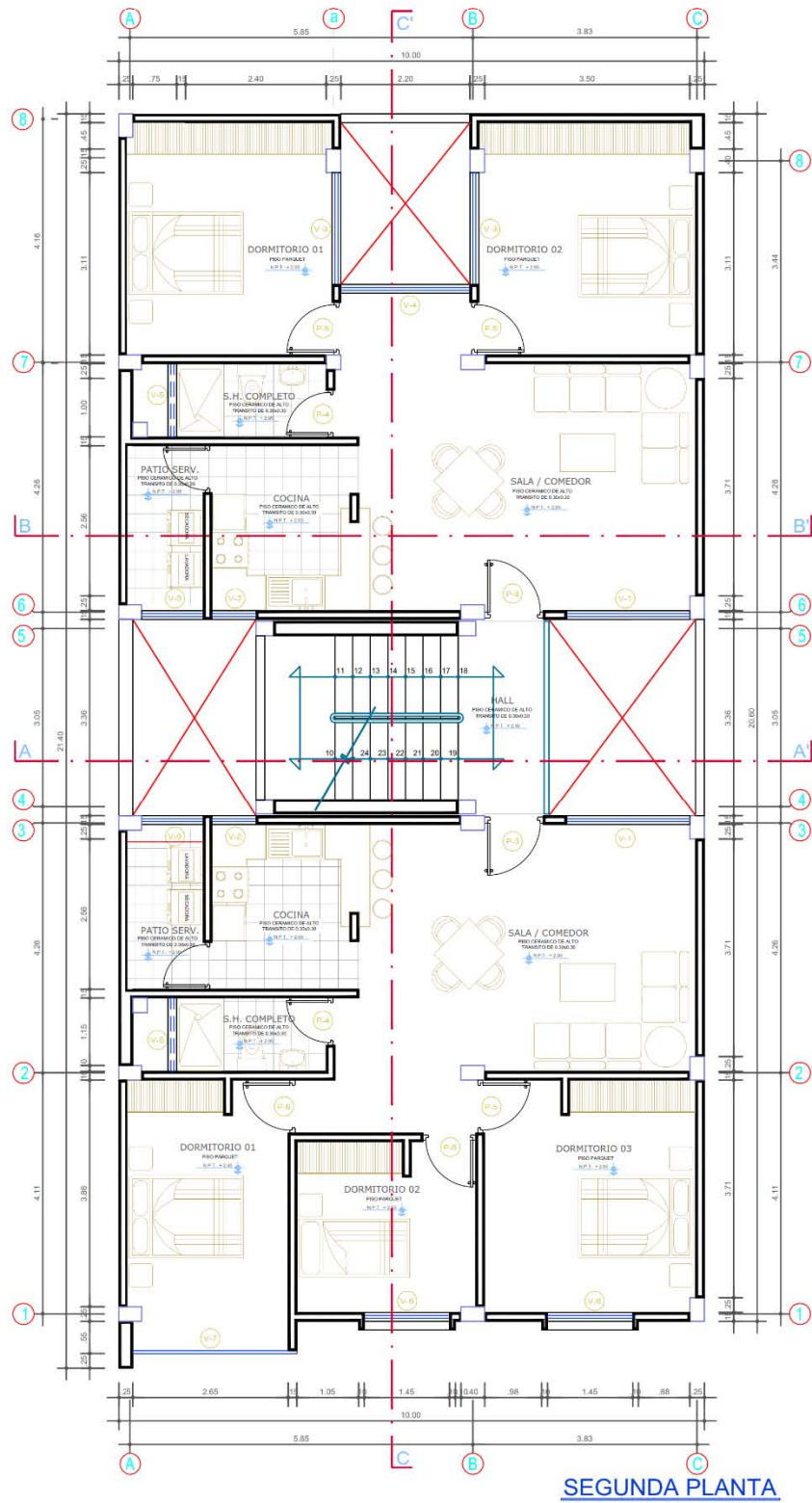
Ubicación: Boulevard Industrial s/n, colonia El Colorín.

Sistema de entrepiso: Losa aligerada con nervaduras.

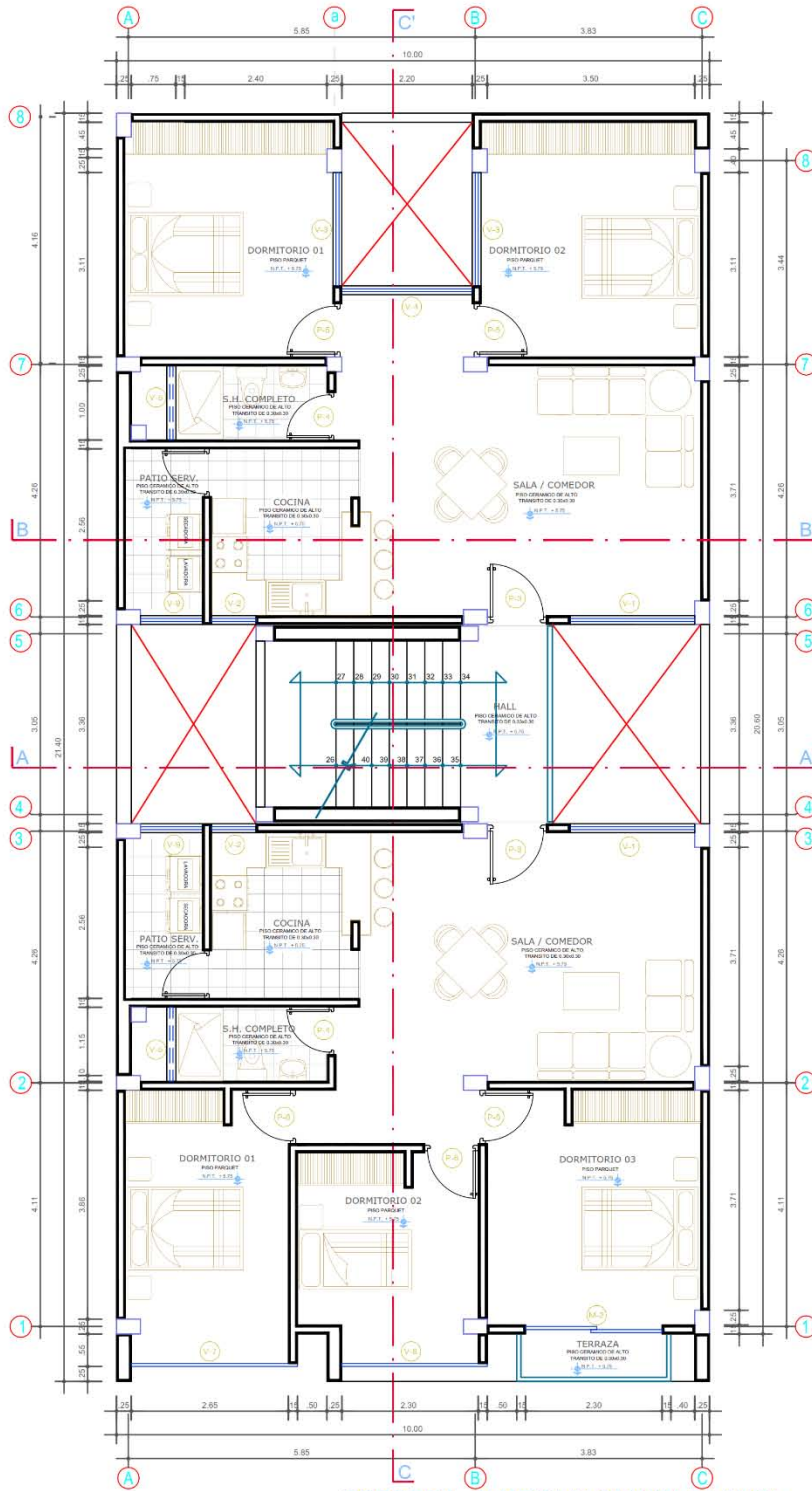
Entre otra información se muestra el plano arquitectónico base principal del proyecto:

# Plano arquitectónico:

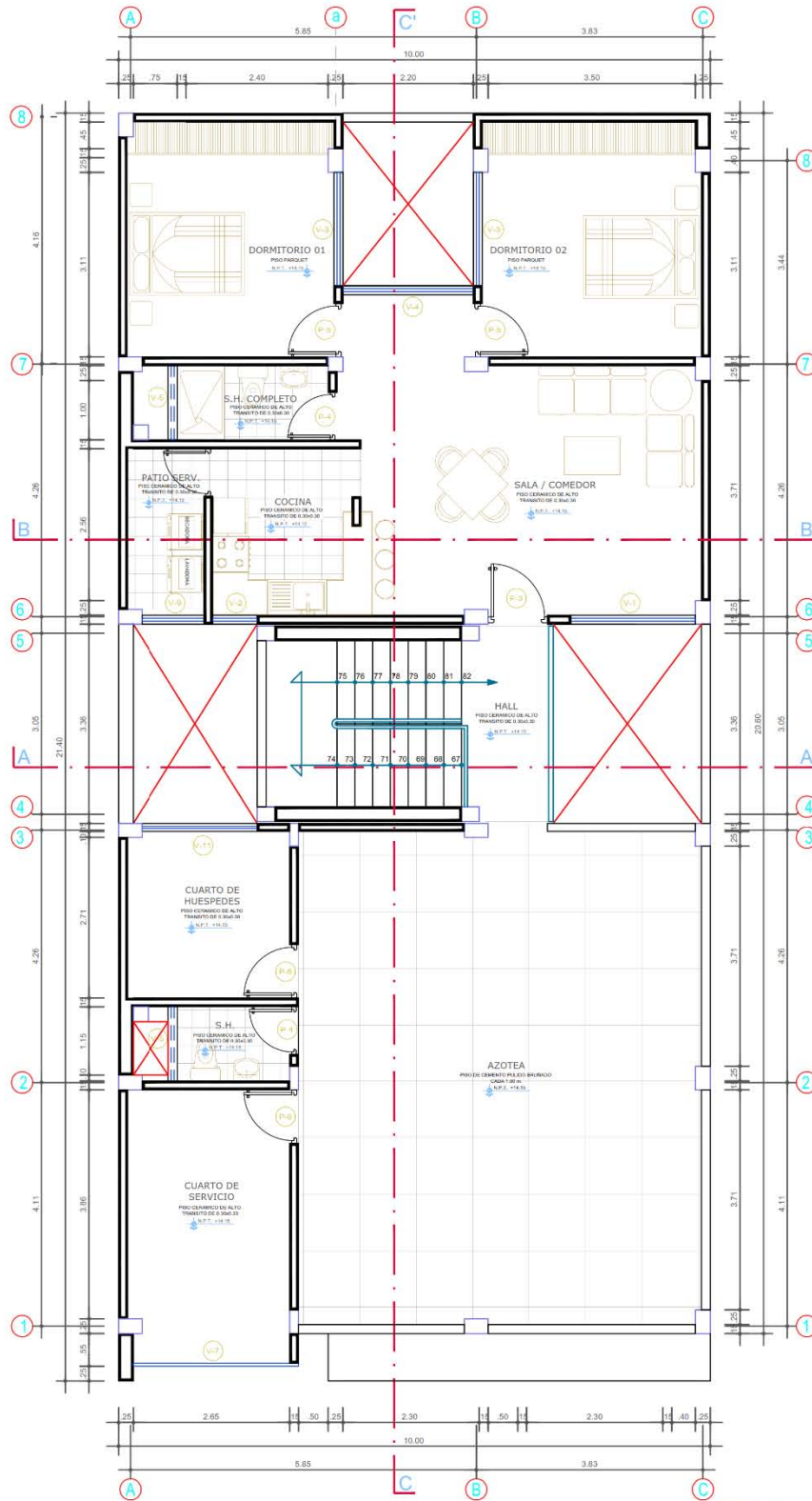




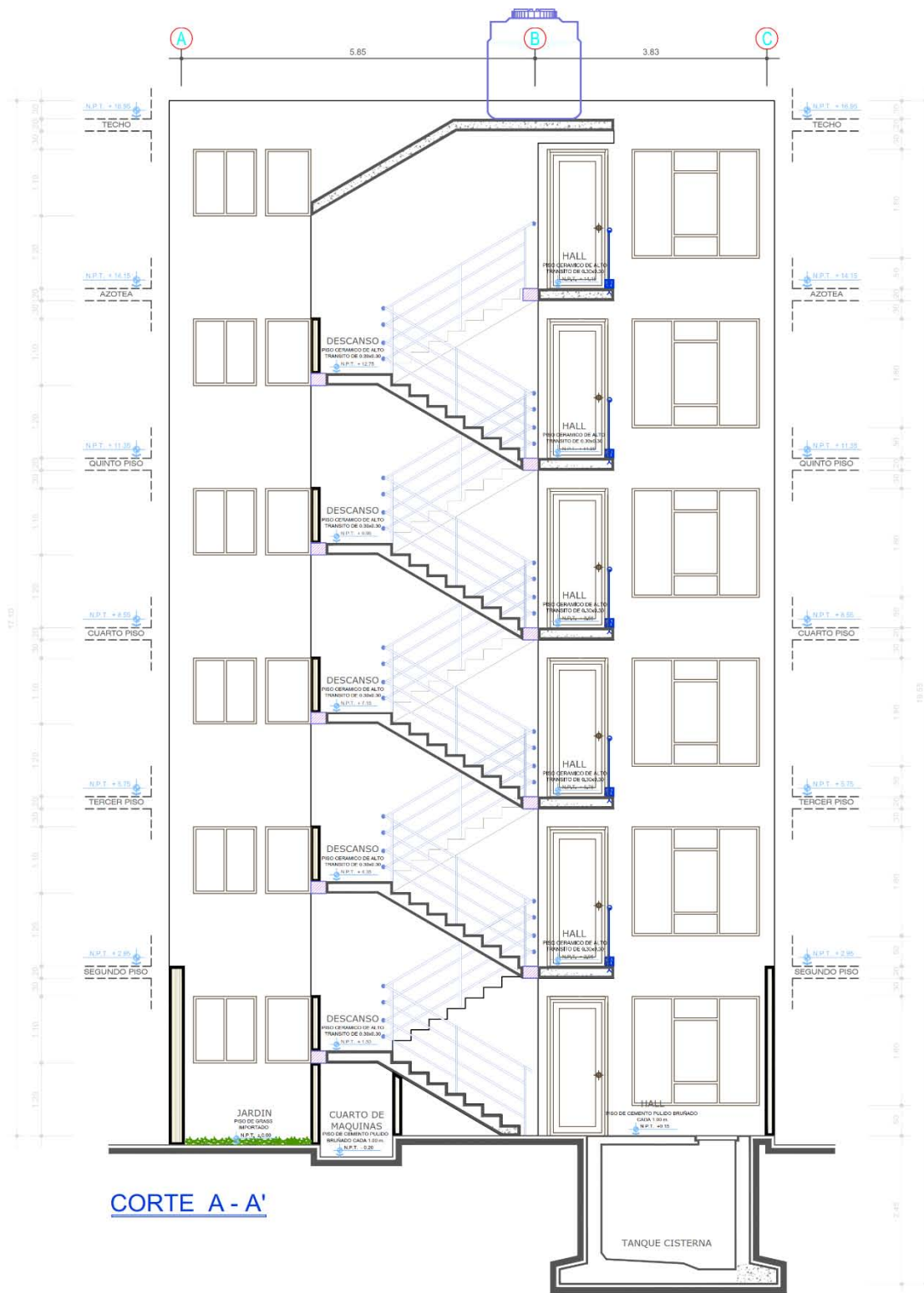
SEGUNDA PLANTA



**TERCERA, CUARTA Y QUINTA PLANTA**



**AZOTEA**

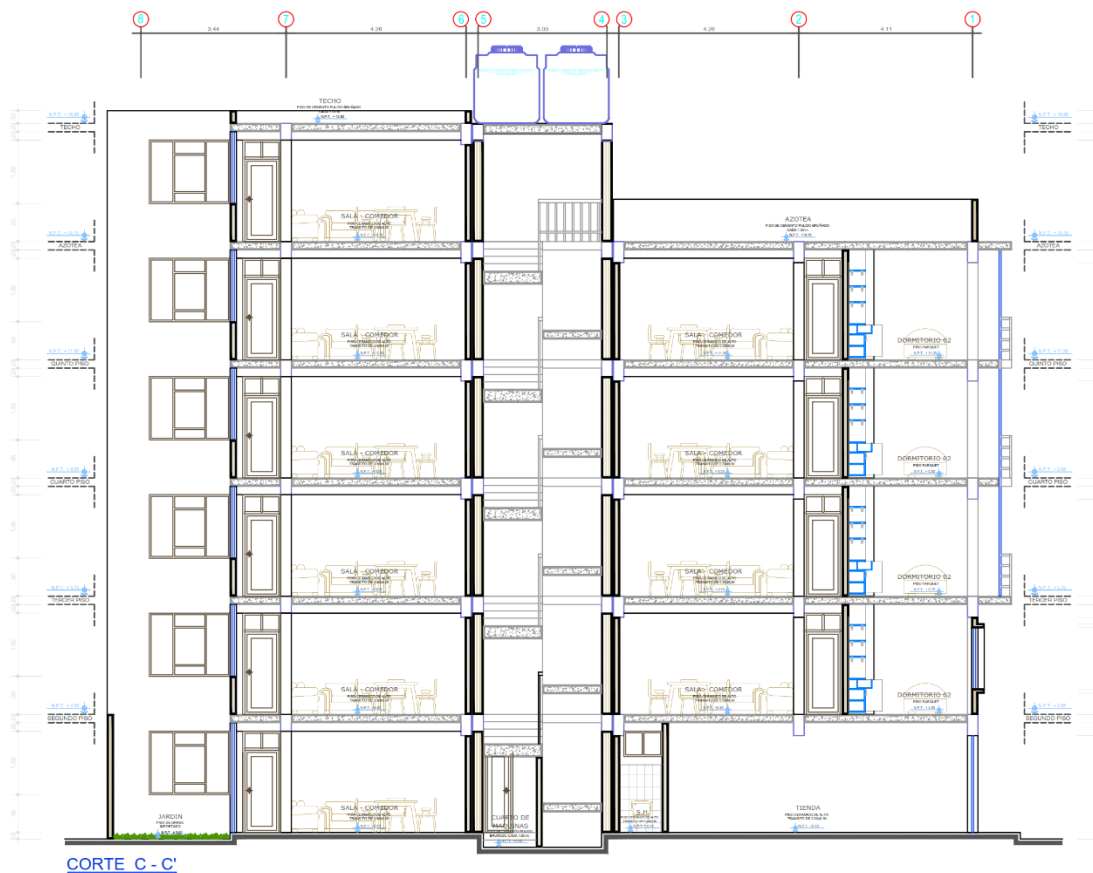






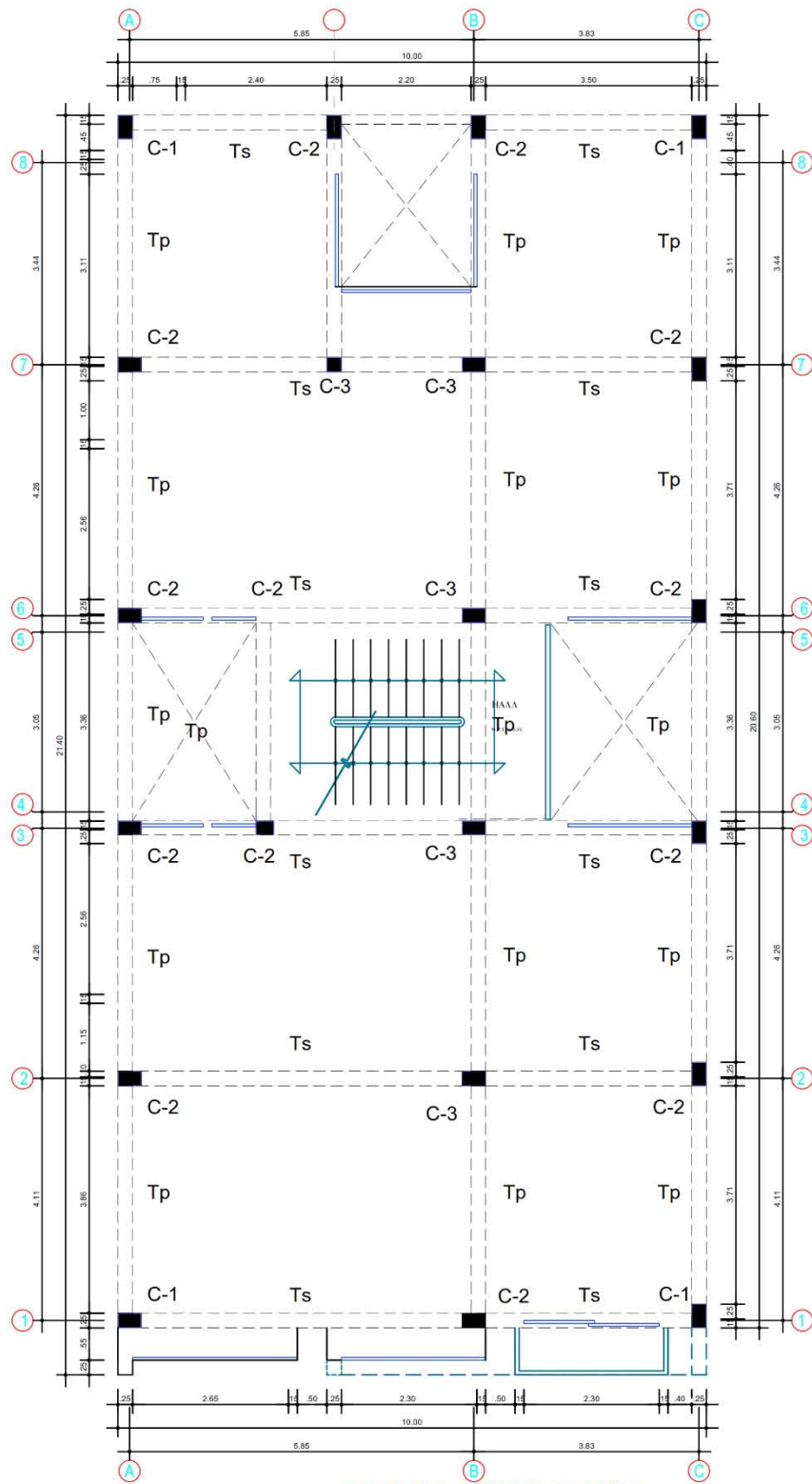
**CORTE B - B'**



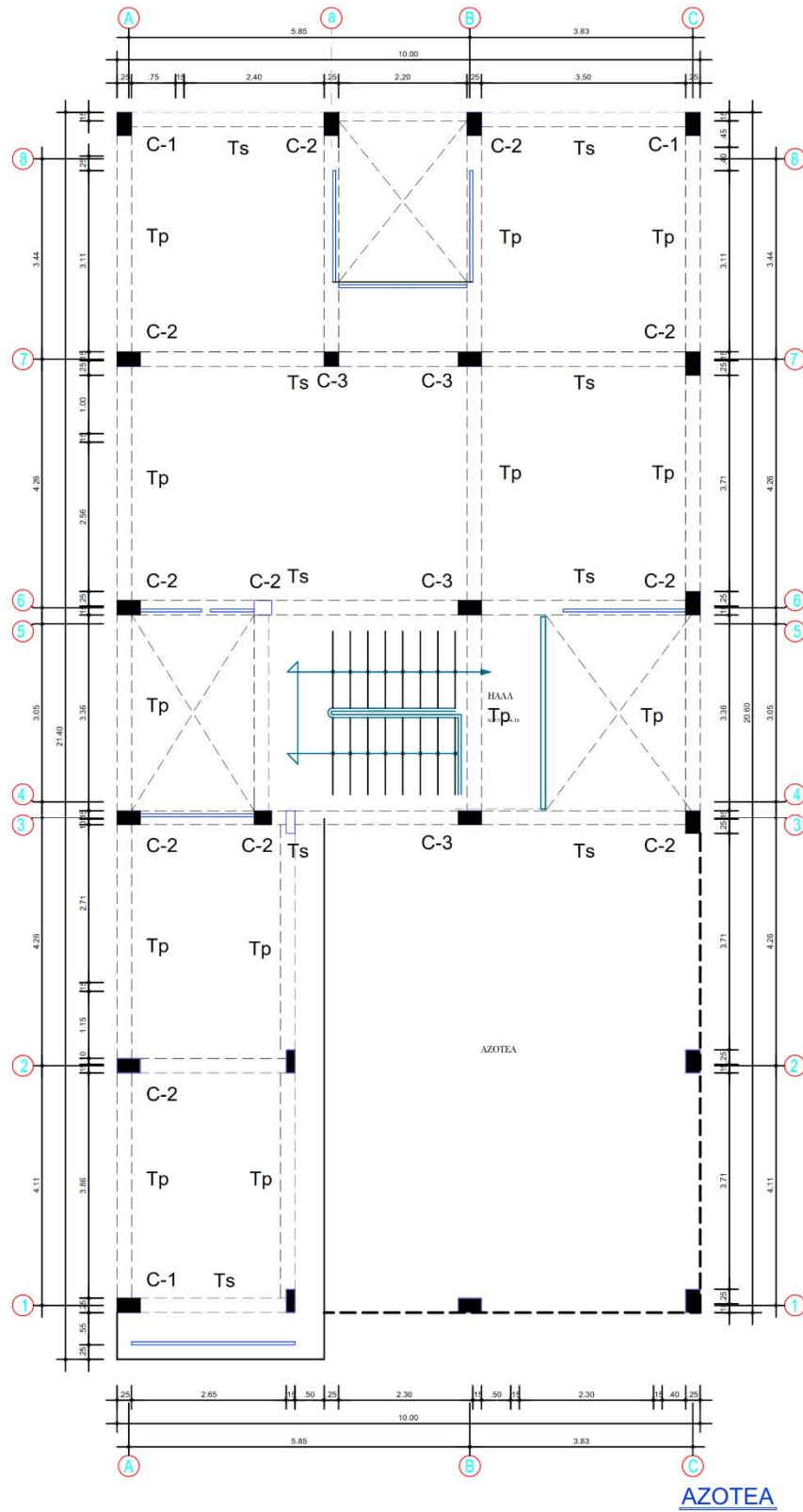


### 5.1.1.- Estructuración.

El sistema estructural estará dado por un sistema de trabes y columnas de distintas secciones de concreto reforzado de  $250 \text{ kg/cm}^2$ , se conforma por trabes principales (Tp), trabes secundarias (Ts) y columnas (C-1, C-2, C-3). La división y estructuración se mostrará en el siguiente plano.



**PRIMERA-QUINTA PLANTA**



### **5.1.2.- Descripción de la estructura y materiales.**

En este apartado se mencionan algunos datos específicos de la estructura que se tomaron en cuenta en el peso, análisis y diseño de la superestructura del edificio.

Tipo de estructura: A

F'c del concreto: 200 kg/cm<sup>2</sup> para losa y 250 kg/cm<sup>2</sup> para elementos estructurales.

Fy del acero de refuerzo: 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Longitud: 20 metros

Ancho: 10 metros

Altura total: 18 metros

Tipo de muros: Muros tapón de mampostería de tabique rojo recocido común.

#### **Muros.**

Los muros serán muros tapón de ladrillo rojo recocido común, estos serán unidos con mortero de clase III, confinados con castillos de liga con las columnas de concreto reforzado.

#### **Sistemas de losas.**

Las losas de entrepiso y de azotea serán construidas de un sistema de losas aligeradas con nervaduras, dados los claros que se tienen en la estructura.

### **Trabes.**

Para este tipo de elementos se eligieron trabes de sección rectangular en las que descansa la losa.

### **Columnas.**

En las columnas se eligió la sección cuadrada por la facilidad constructiva que representa este tipo de sección.

### **Cimentación.**

La cimentación no está incluida en este proyecto, ya que solo se considera el análisis y diseño de la superestructura de la estructura.

## **5.2.- Análisis de cargas.**

Se analizaron las cargas que intervienen en el peso de la estructura dados por el peso propio de ella y las cargas vivas que actúan en ella.

Primeramente se analizó el peso de las losas, se eligieron tres tipos de losas a analizar, la primera es la de entrepiso, aplicable a las losas intermedias del proyecto; otro tipo de losa que se analizaron fue la de azotea, ya que la carga viva cambia con respecto de entrepiso y la última que se analizó fue la losa que se encuentra por debajo de los tinacos necesarios para el proporcionamiento de agua potable al edificio y que por ello marca una gran diferencia de carga con respecto a las otras losas.

**Losa de entepiso que se consideró para el primer nivel hasta el quinto nivel.**

Datos:

$$F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$W \text{ losa} = 700 \text{ kg/cm}^2 \text{ (propuesto)}$$

$$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

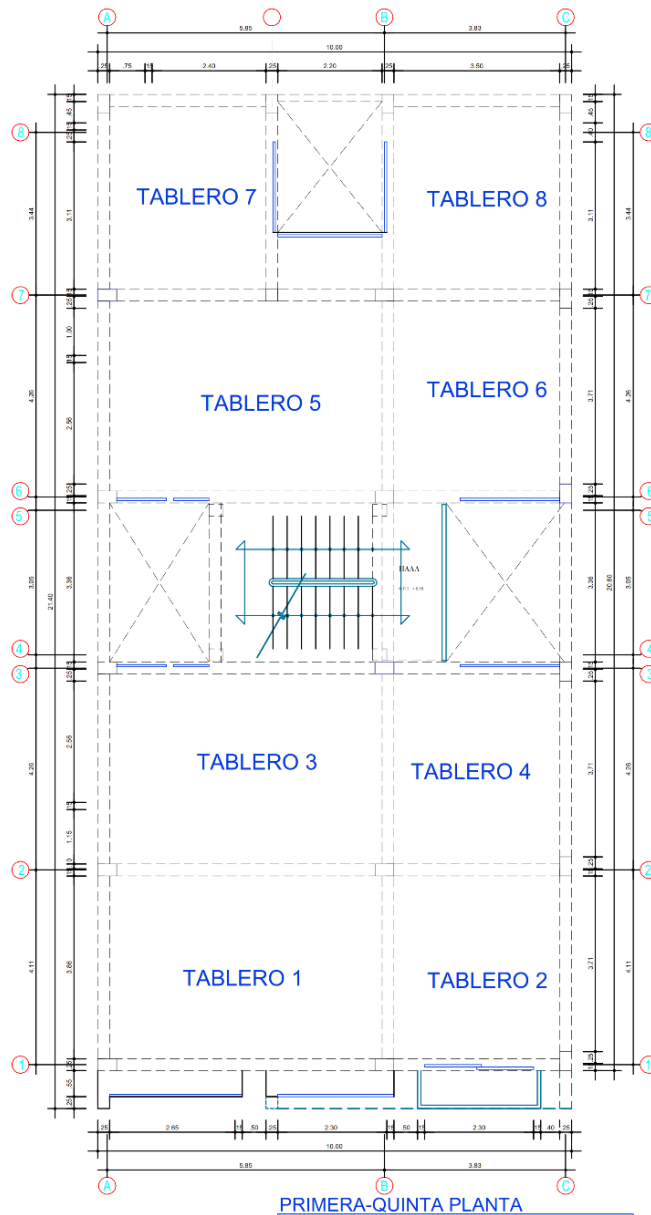
Monolítico: si

- **Perímetro mínimo de la losa.**

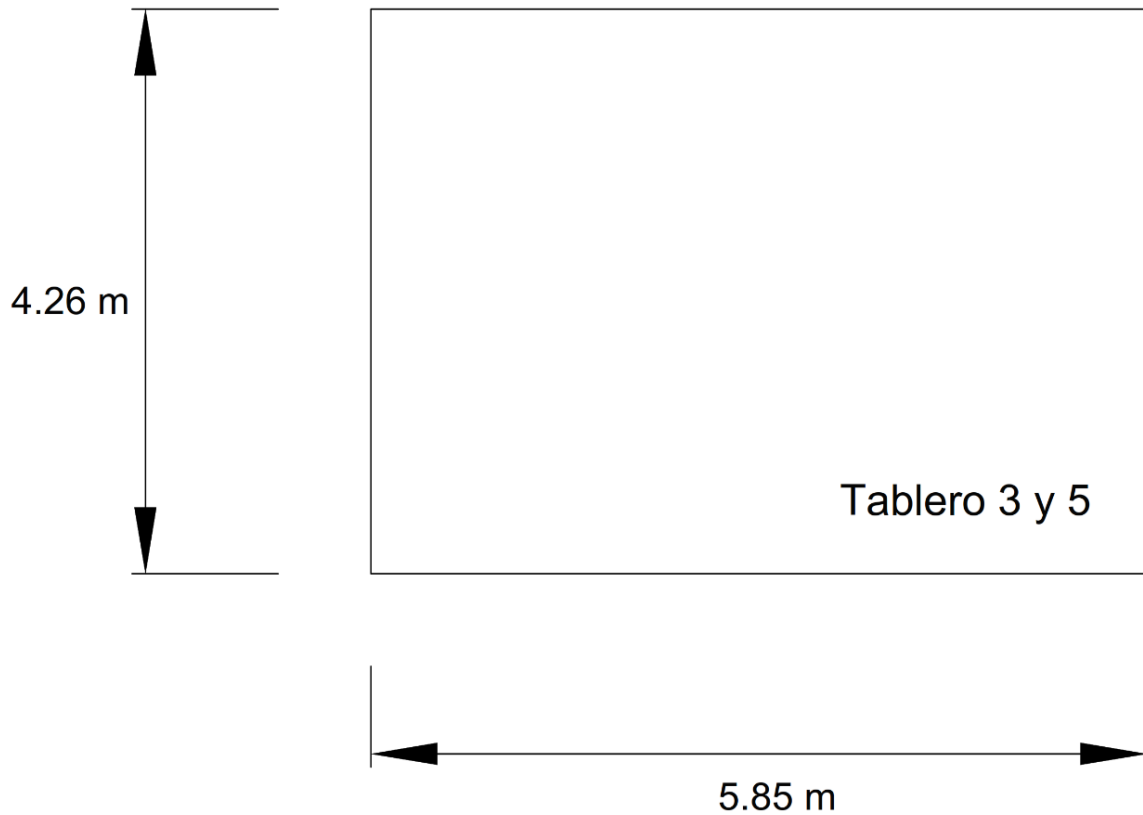
El perímetro mínimo se obtiene con la siguiente fórmula:

$$d_{min} = \text{Factor} * \frac{\text{perímetro}}{170}$$

Se utilizó el 170 como divisor ya que se usará concreto clase II, de lo contrario sería 250. Se eligió el tablero con las dimensiones más grandes y que contiene más lados discontinuos, en la imagen siguiente se muestran los tableros enumerados.



Dadas las dimensiones observadas el tablero más desfavorable de tiene enumerado con el número 3 y 4. Algo que tendremos que tomar en cuenta de igual manera es que el perímetro que tiene el lado discontinuo se multiplicará por 1.25 si es monolítico o 1.5 si no es monolítico. En este caso se multiplicará por 1.25 al ser monolítico.



En este, el tablero más desfavorable, se tiene dos lados discontinuos y dos continuos, como se observa en la imagen.

$$\text{Perímetro 1} = 4.26 * (1.25) = 5.32 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro 2} = 5.84 = 5.85 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro 3} = 4.26 = 4.26 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro 4} = 5.85 * (1.25) = 7.31 \text{ m}$$

La sumatoria de estos perímetros da como resultado un perímetro total de 23.09 m, después se hizo el análisis de cargas en la losa se obtendrá un factor con la siguiente fórmula:



$$Factor = 0.032 * \sqrt[4]{fs * w}$$

$$Factor = 0.032 * \sqrt[4]{0.6 * fy * w}$$

$$Factor = 0.032 * \sqrt[4]{0.6 * 4200 * 700}$$

$$Factor = 1.1662$$

Después se resuelve la fórmula del peralte mínimo de acuerdo con NTC-004 sección 6.3.3.5:

$$d_{min} = 1.1662 * \frac{2309 \text{ cm}}{170}$$

$$d_{min} = 15.84 \text{ cm}$$

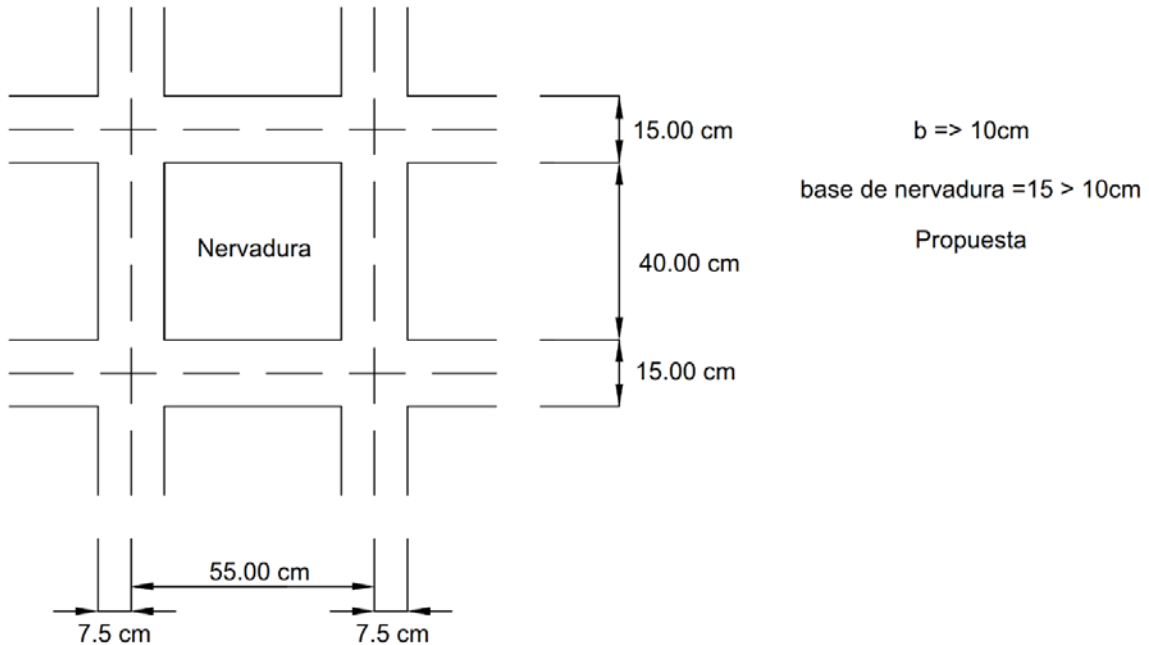
A este peralte mínimo se le aumenta el recubrimiento que como mínimo se consideran 1.5 cm hasta 3 cm dependiendo del criterio del diseñador, por lo tanto, quedaría un peralte total de 17.50 cm ya redondeado.

Por lo tanto, se considera usar una losa aligerada con nervaduras de 25 cm de espesor, ya que después de 15 cm de peralte se considera pesada, ineficiente y económicamente no viable para una losa maciza.

#### - **Distribución de la retícula.**

En esta parte se tiene que proponer los casetones, de la misma manera se elige la distribución de acuerdo a las dimensiones del tablero y la base o el ancho de la nervadura que por recomendación tendrá que ser por mínimo de 10 cm.

- Se proponen casetones de poliestireno de 40 x 40 x 20 cm.
- La base de las nervaduras se proponen de 15 cm.



Esta separación debe de cumplir con lo establecido en NTC-004 sección 6.3.6 del reglamento y esto está dado por la siguiente expresión.

$$S < \frac{L}{6}$$

$$\text{Dirección } x \quad \frac{585 \text{ cm}}{6} = 97.50 \text{ cm}$$

$$55 \text{ cm} < 97.50 \text{ cm}$$

$$\text{Dirección } y \quad \frac{426 \text{ cm}}{6} = 71.00 \text{ cm}$$

$$55 \text{ cm} < 71.00 \text{ cm}$$

Entonces se tendrá una distancia de 55 cm contando el ancho del casetón más la parte que le corresponde de concreto de cada lado. Para saber cuántos casetones se tendrán en cada tablero por lado se tendrá que hacer la siguiente operación:

$$\text{No. de casetones} = \frac{\text{lado de tablero (cm)}}{\text{ancho de casetón con concreto}}$$

➤ Dirección “x”

$$\text{No. de casetones} = \frac{585 \text{ cm}}{55 \text{ cm}} = 10.63 \text{ casetones}$$

➤ Dirección “y”

$$\text{No. de casetones} = \frac{426 \text{ cm}}{55 \text{ cm}} = 7.74 \text{ casetones}$$

Entonces tendremos 11 casetones y 10 nervaduras en el eje “x” y 8 casetones y 7 nervaduras en el eje “y”, los casetones siempre se redondearán en números enteros mayores, y las nervaduras siempre serán una unidad menor que el número de casetones. Después se revisará la longitud que dan como resultado los casetones y las nervaduras calculadas en comparación con la longitud original.

Eje de las “x”

$$11 \text{ casetones de } 40 \text{ cm} = 440 \text{ cm}$$

$$\underline{10 \text{ nervaduras de } 15 \text{ cm} = 150 \text{ cm}}$$

590 cm

Eje de las "y"

$$8 \text{ casetones de } 40 \text{ cm} = 320 \text{ cm}$$

$$\underline{7 \text{ nervaduras de } 15 \text{ cm} = 105 \text{ cm}}$$

425 cm

Esta comprobación se hace para corroborar si se está muy apegado a la longitud original que se tiene en el claro. Es muy difícil que concuerde con el valor original, pero solo se busca que este muy cercano.

**- Análisis de cargas de losa de entrepiso.**

Se tomará un peralte equivalente para analizar el peso de la losa como si fuera una losa maciza y se obtendrá de la siguiente fórmula:

$$d_{\text{equivalente}} = cc + (4 * \text{nervadura} * H_{\text{casetón}}) - (4 * \text{nervadura}^2 * \text{casetón})$$

Datos:

Capa de compresión (cc): 5 cm

Nervadura: 15 cm

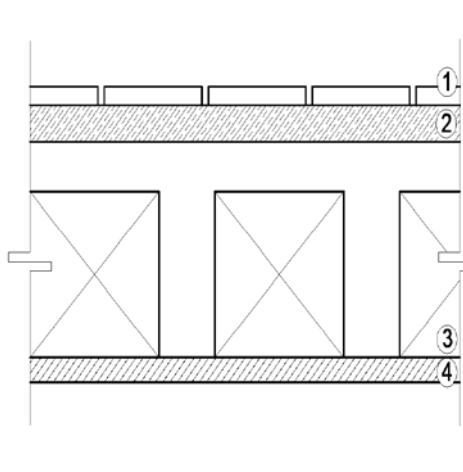
Hcasetón: 20 cm

Entonces tendremos:

$$d_{equivalente} = (5 \text{ cm}) + (4 * 15 \text{ cm} * 20 \text{ cm}) - (4 * (15 \text{ cm})^2 * 20 \text{ cm})$$

$$d_{equivalente} = 15.20 \text{ cm}$$

Ya con este peralte equivalente se podrá calcular el peso de la losa como si fuera maciza como se muestra en el siguiente recuadro:



Material ó elemento	Espesor (m)	Peso vol. (t/m3)	Peso W (t/m2)
1.- Azulejo			0.015
2.- Mortero	0.050	2.00	0.100
3.- Concreto	0.152	2.40	0.365
4.- Yeso	0.020	1.50	0.030
Instalación y plafón		Wadic =	0.045
		Cmuros =	0.187
		CM=	<u>0.742</u>

El peso de los muros se obtuvo de las siguientes tablas:



Peso unitario de muros

Material	Espesor (m)	Peso específico (ton/m <sup>3</sup> )	W (ton/m <sup>2</sup> )
Ladrillo hueco	0.18	0.585	0.105
Mortero	0.02	2.100	0.042
<b>Peso total:</b>			<b>0.147</b>

Muro paralelo al lado	$m = a1/a2$	Longitud total del muro (m)	w muro ton	Area del tablero (m <sup>2</sup> )	Factor	w total Ton/m <sup>2</sup>
corto	0.,8	2.1	1.01	25.56	1.5	0.059
largo	0.8	4.0	1.92	25.56	1.7	0.128
<b>Peso total</b>						<b>0.187</b>

Tenemos como resultado final 0.187 ton/m<sup>2</sup> del espesor del muro. Después a la carga muerta ya calculada se le agregará la carga viva que le corresponde, y que se encuentra en la tabla 6.1 sección 6.2 de edificaciones de la NTC-004.

**Cargas vivas unitarias, Kn/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)**

Destino de piso o cubierta	W	Wa	Wm	Observaciones
a) Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares)	0.7 (70)	0.9 (90)	1.7 (170)	1

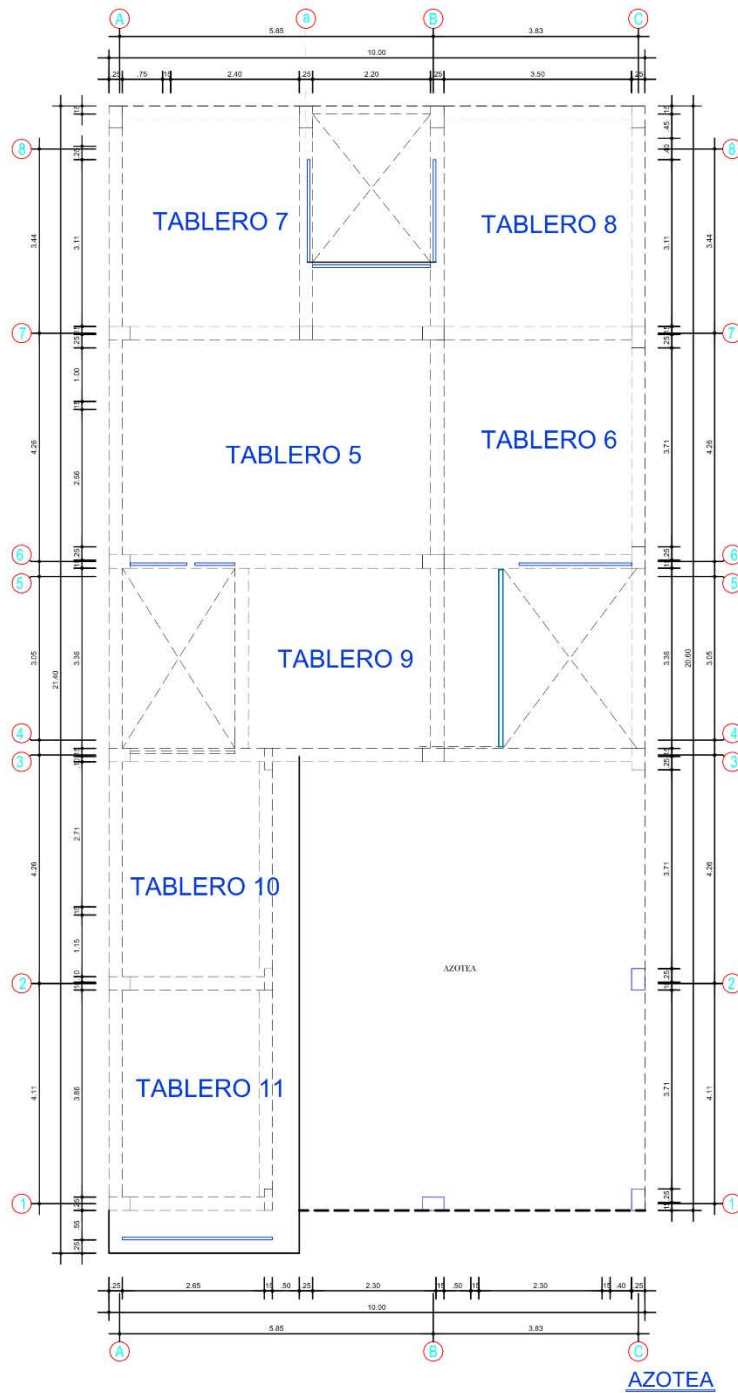
El W total final será de:

<b>Permanentes + variables</b>		
CM =	0.742	t/m <sup>2</sup>
CV =	0.170	t/m <sup>2</sup>
<b>W =</b>	<b>0.912</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>

<b>Permanentes + variables + accidentales</b>		
CM =	0.742	t/m <sup>2</sup>
CV =	0.090	t/m <sup>2</sup>
<b>W =</b>	<b>0.832</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>

- **Análisis de cargas de la azotea.**

La losa de azotea se encuentra en el último nivel, por lo tanto, está en el nivel 6 del edificio, al igual que en análisis de entrepiso se usará el mismo tablero ya que cuenta con la dimensión más grande de la losa de azotea. A continuación, se muestra el plano del nivel de azotea para tener mejor perspectiva de lo que se está hablando.

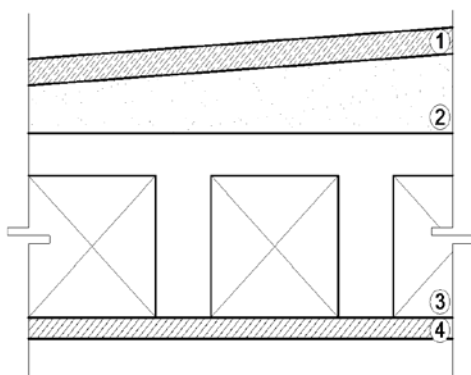


Como ya se decía anteriormente, se utilizará el mismo tablero ya que como se puede observar en el plano sigue siendo el tablero dominante.



Al tener las mismas direcciones en ambas direcciones no se calculará el peralte mínimo de la losa, entre algunas cosas más, ya que de la misma manera nos darán los mismos resultados por ser el mismo tablero. Por consiguiente, tendremos la misma cantidad de casetones en la dirección “x” y “y”, tendremos el mismo peralte equivalente, solo aquí se tendrá que calcular el peso de la losa por el cambio de algunas cargas que a continuación se muestran.

Tabla de análisis de cargas de losa de azotea.



Material o elemento	Espesor (m)	Peso vol. (t/m <sup>3</sup> )	Peso W (t/m <sup>2</sup> )
1.- Mortero	0.030	2.00	0.060
2.- Relleno	0.060	1.60	0.096
3.- Concreto	0.152	2.40	0.365
4.- Yeso	0.020	1.50	0.030
Instalación y plafón		Wadic =	<u>0.045</u>
		CM =	0.596

De la misma manera que en el análisis de la losa de entrepiso tenemos una carga de carga muerta que corresponde al peso propio de la estructura. Al solo contemplarse el peso propio de la estructura no estaría del todo completo, ya que faltaría la carga viva, la cual disminuye con respecto a la losa de entrepiso, pero aún no deja de marcar una diferencia notable al tomarse en cuenta. A continuación, se mostrará el cálculo.

### Cargas unitarias, kn/m2 (kg/m2)

Destino de piso o cubierta	W	Wa	Wm	Observaciones
h) Azoteas con pendiente no mayor de 5%	0.15 (15)	0.7 (70)	1.0 (100)	6, 4 y 7

Por lo tanto, el peso total de la estructura que es carga muerta con la carga viva será la siguiente manera:

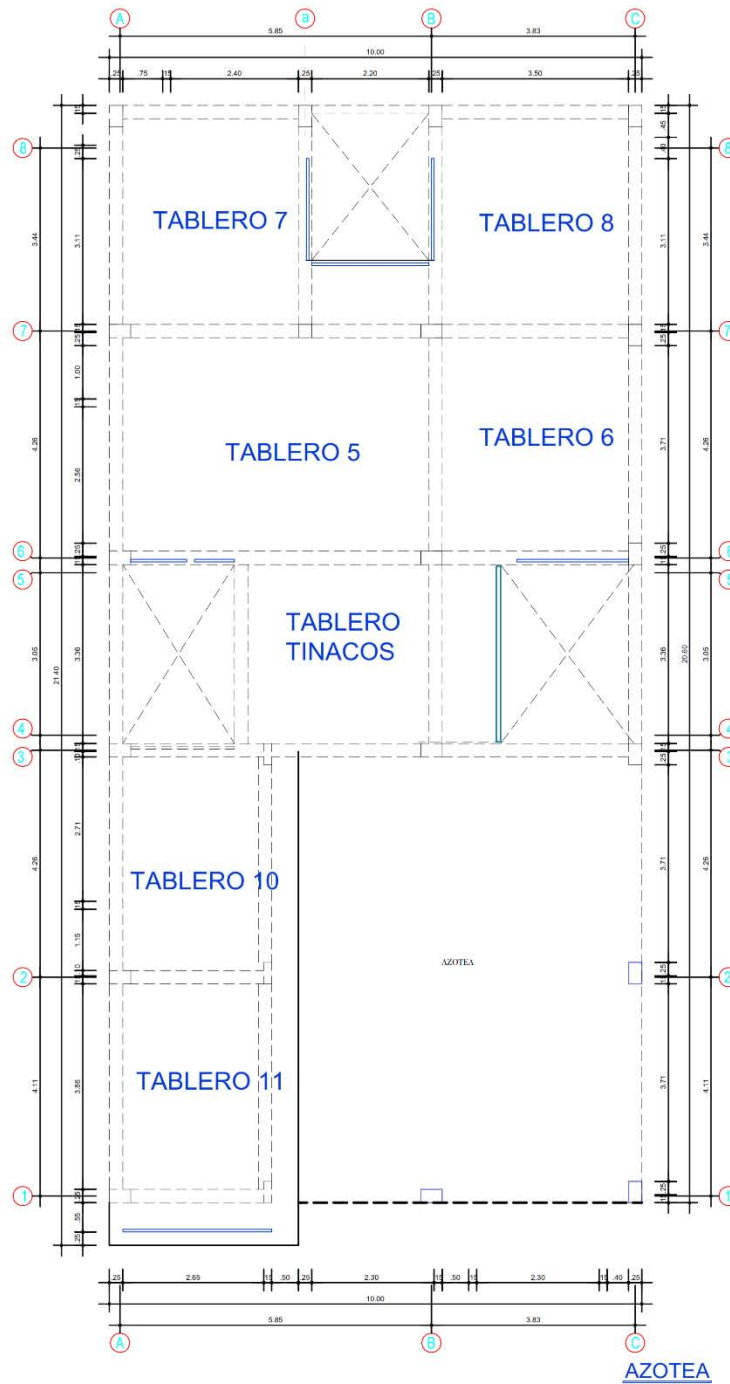
Permanentes + variables		
CM =	0.596	t/m <sup>2</sup>
CV =	0.100	t/m <sup>2</sup>
<b>W =</b>	<b>0.696</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>

Permanentes + variables + accide		
CM =	0.596	t/m <sup>2</sup>
CV =	0.070	t/m <sup>2</sup>
<b>W =</b>	<b>0.666</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>

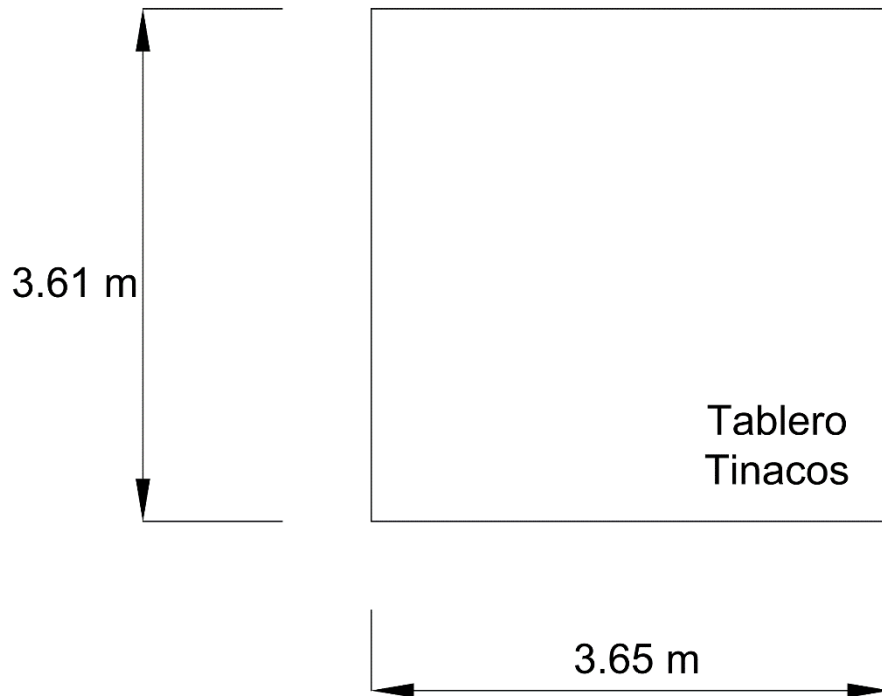
Se tiene como carga final 0.696 ton/m<sup>2</sup>.

#### **Análisis de cargas de la losa que sostiene los tinacos.**

Esta losa en realidad es un solo tablero que sostiene los 8 tinacos que abastecen de agua potable del edificio, este tablero difiere de los anteriores ya que es otro tablero. En el siguiente plano se puede observar su localización.



Se ubica en el centro de la estructura en el tablero denominado “tablero tinacos”, este a su vez tiene longitudes propias que se muestran en la siguiente imagen.



Datos:

$$F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$W \text{ losa} = 1800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (propuesto)}$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Monolítico: si

Por consiguiente, se hará el cálculo del peralte mínimo con la misma ecuación:

$$d_{min} = Factor * \frac{\text{perímetro}}{170}$$

Se calculará el perímetro del rectángulo respetando la condición de multiplicación 1.25 cuando es lado discontinuo.

$$\text{Perímetro 1} = 3.61 * (1.25) = 4.51 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro 2} = 3.65 = 3.65 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro 3} = 3.61 * (1.25) = 4.51 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro 4} = 3.65 = 3.65 \text{ m}$$

La sumatoria de estos perímetros da como resultado un perímetro total de 16.34 m, después se hizo el análisis de cargas en la losa se obtendrá un factor con la siguiente fórmula:

$$Factor = 0.032 * \sqrt[4]{f_s * w}$$

$$Factor = 0.032 * \sqrt[4]{0.6 * f_y * w}$$

$$Factor = 0.032 * \sqrt[4]{0.6 * 4200 * 1800}$$

$$Factor = 1.48$$

Después se resuelve la fórmula del peralte mínimo de acuerdo con NTC-004 sección 6.3.3.5:

$$d_{min} = 1.48 * \frac{1634 \text{ cm}}{170}$$

$$d_{min} = 14.22 \text{ cm}$$

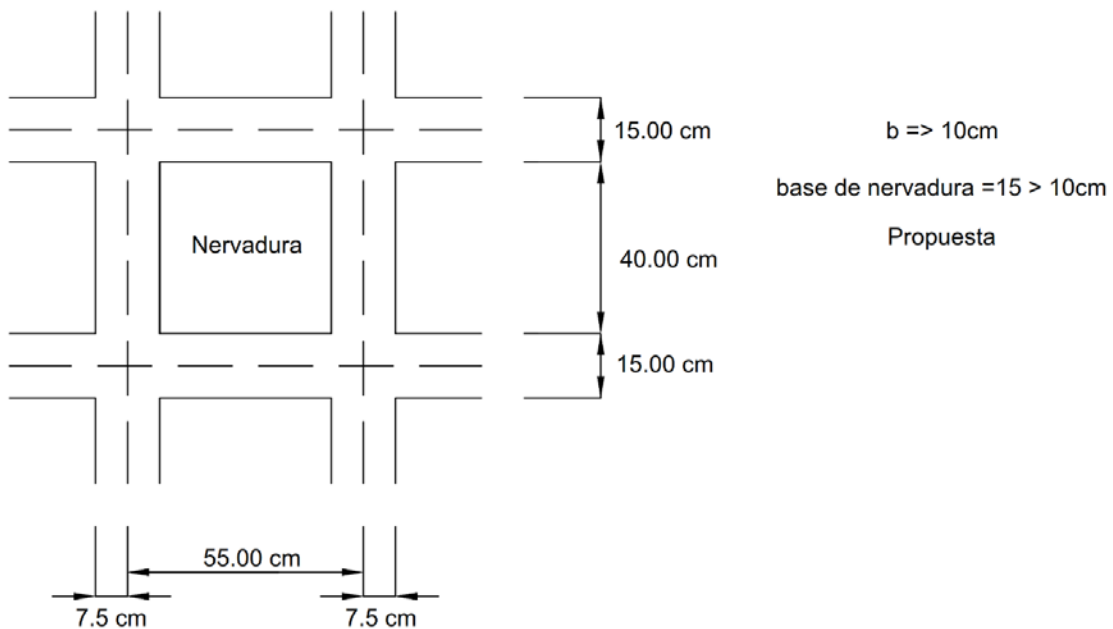
A este peralte mínimo se le aumenta el recubrimiento que como mínimo se consideran 1.5 cm hasta 3 cm dependiendo del criterio del diseñador, por lo tanto, quedaría un peralte total de 16.00 cm ya redondeado.

Por lo tanto, se considera usar una losa aligerada con nervaduras de 25 cm de peralte, ya que después de 15 cm de peralte se considera pesada, ineficiente y económicamente no viable para una losa maciza.

- **Distribución de la retícula.**

En esta parte se tiene que proponer los casetones, de la misma manera se elige la distribución de acuerdo a las dimensiones del tablero y la base o el ancho de la nervadura que por recomendación tendrá que ser por mínimo de 10 cm.

- Se proponen casetones de poliestireno de 40 x 40 x 20 cm.
- La base de las nervaduras se proponen de 15 cm.



Esta separación debe de cumplir con lo establecido en NTC-04 sección 6.3.6 del reglamento y esto está dado por la siguiente expresión:

$$S < \frac{L}{6}$$

$$\text{Dirección } x \quad \frac{365 \text{ cm}}{6} = 60.83 \text{ cm}$$

$$55 \text{ cm} < 60.83 \text{ cm}$$

$$\text{Dirección } y \quad \frac{361 \text{ cm}}{6} = 60.17 \text{ cm}$$

$$55 \text{ cm} < 60.17 \text{ cm}$$

Entonces se tendrá una distancia de 55 cm contando el ancho del casetón más la parte que le corresponde de concreto de cada lado. Para saber cuántos casetones se tendrán en cada tablero por lado se tendrá que hacer la siguiente operación:

$$\text{No. de casetones} = \frac{\text{lado de tablero (cm)}}{\text{ancho de casetón con concreto}}$$

➤ Dirección "x"

$$\text{No. de casetones} = \frac{365 \text{ cm}}{55 \text{ cm}} = 6.64 \text{ casetones}$$

➤ Dirección "y"

$$\text{No. de casetones} = \frac{361 \text{ cm}}{55 \text{ cm}} = 6.64 \text{ casetones}$$

Entonces tendremos 7 casetones y 6 nervaduras en ambos ejes, los casetones siempre se redondearán en números enteros mayores, y las nervaduras siempre serán una unidad menor que el número de casetones. Después se revisará la longitud que dan como resultado los casetones y las nervaduras calculadas en comparación con la longitud original.

Eje de las "x"

$$7 \text{ casetones de } 40 \text{ cm} = 280 \text{ cm}$$

$$\underline{6 \text{ nervaduras de } 15 \text{ cm} = 90 \text{ cm}}$$

$$370 \text{ cm}$$

Eje de las "y"

$$7 \text{ casetones de } 40 \text{ cm} = 280 \text{ cm}$$

$$\underline{6 \text{ nervaduras de } 15 \text{ cm} = 90 \text{ cm}}$$

$$370 \text{ cm}$$

Esta comprobación se hace para corroborar si se está muy apegado a la longitud original que se tiene en el claro. Es muy difícil que concuerde con el valor original, pero se busca que este muy cercano.



### **5.3.- Análisis de la estructura.**

El modelado de la estructura se hizo en el programa de análisis y diseño estructural SAP 2000, ya que es un programa que se utiliza actualmente en el diseño de casi cualquier estructura en la ingeniería civil, por que agiliza y facilita mucho la modelación.

#### **Análisis estructural.**

Ya obtenidas las cargas de los tableros más desfavorables se inició el análisis de la estructura, esto modelando en 3 dimensiones el edificio en un programa comercial de análisis y diseño estructural llamado SAP 2000 anteriormente descrito.

#### **Modelación en SAP 2000.**

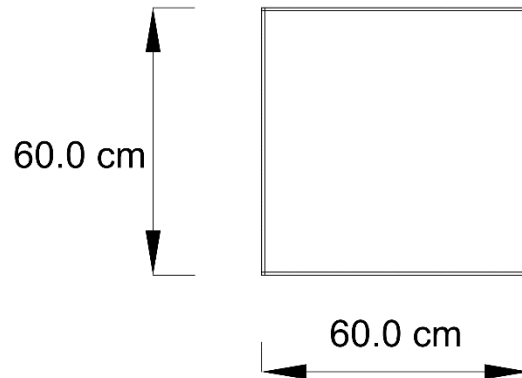
Para realizar la modelación en el programa ya mencionado se siguieron algunos pasos importantes y que describirán muy brevemente.

1.- Se introdujo cada una de las longitudes de los claros que se ocupaban en la dirección del eje de las "x" y la dirección de las "y".

2.- Se definieron los tipos de materiales que se usaron en la modelación de la estructura, posteriormente se agregan las secciones de los elementos que participan en la modelación como son las columnas, trabes y las nervaduras. Estas secciones y el tipo de materiales son los siguientes:

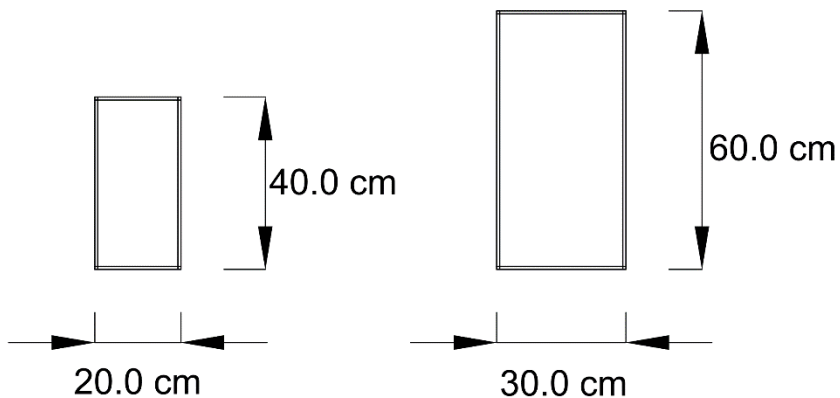
Se usó un concreto de  $f'c$ :  $250 \text{ kg/cm}^2$  para elementos estructurales, que abarcan traveses y columnas. Para la losa aligerada con nervaduras se usará concreto de  $200 \text{ kg/cm}^2$ .

Para las secciones de las columnas se usó la siguiente dimensión:



Columna

Para las secciones de las traveses se usaron las siguientes dimensiones:

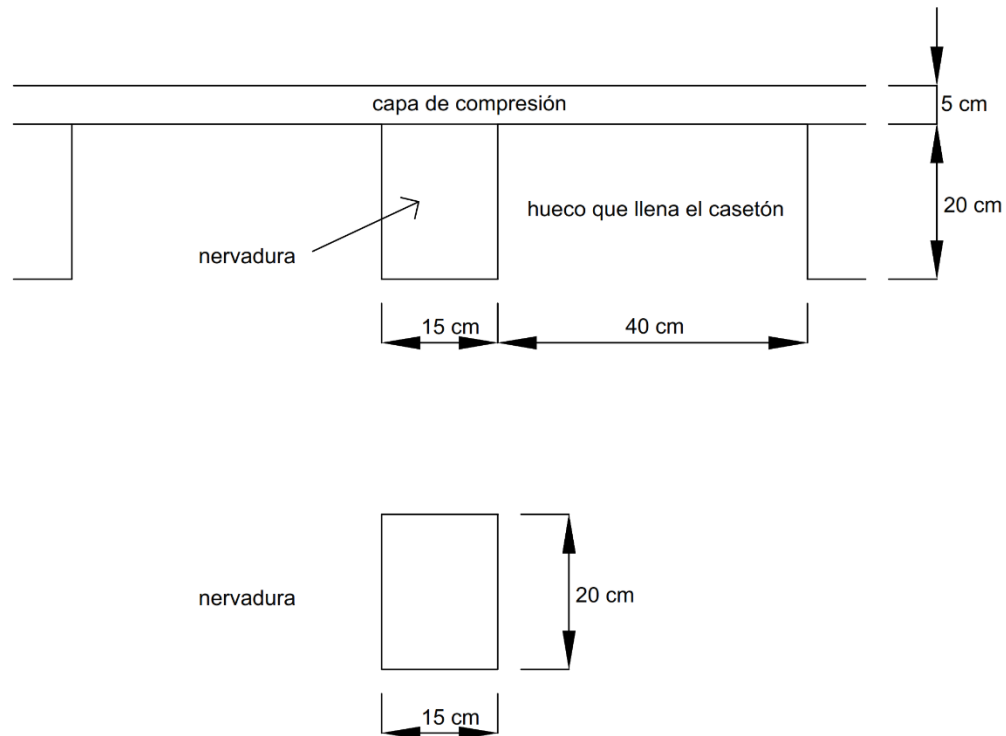


Trabe sentido "x"

Trabe sentido "y"

Algo muy importante a mencionar es la modelación de la losa, ya que se modelaron como traveses en direcciones "x" y "y" en los tableros con una capa de compresión, esto acerca más a la realidad ya que, las nervaduras actúan como traveses

que se interceptan continuamente con nervaduras en la otra dirección y su sección es rectangular como se puede apreciar en la siguiente imagen.



3.- Se asignaron las restricciones en los apoyos del edificio las cuales fueron empotramientos.

4.- Se agregaron las cargas de la estructura y la carga viva que anteriormente se calculó, de igual forma se agregaron las cargas accidentales o también llamadas cargas por sismo.

5.- Se definieron las combinaciones de cargas. Las cargas definidas con las siguientes:

1. 1.4 (CM + CV)
2. 1.4 (CM + CV + CVa)
3. 1.1 (CM + CV + Sx + 30%Sy)

$$4. \quad 1.1 \quad (CM + CV + 30\%Sx + Sy)$$

Donde:

CM: Carga Muerta

CV: Carga Viva

Sx: Carga accidental por fuerzas sísmicas en el eje de las "x"

Sy: Carga accidental por fuerzas sísmicas en el eje de las "y"

#### **5.4.- Espectro de diseño sísmico.**

La estructura de estudio se ubica en la zona sísmica III, se considera dentro de las estructuras del grupo B, ya que es una estructura donde no se tiene una concentración alta de personas. El tipo de suelo se consideró como III ya que se considera que es en su mayor parte suelos finos, el factor de Q se consideró como 2 y el factor de corrección por irregularidad es 1.0 estos valores se consideraron para obtener el espectro de diseño de este edificio.

Resumen de parámetros.

Zona sísmica: C

Clasificación de la estructura: B

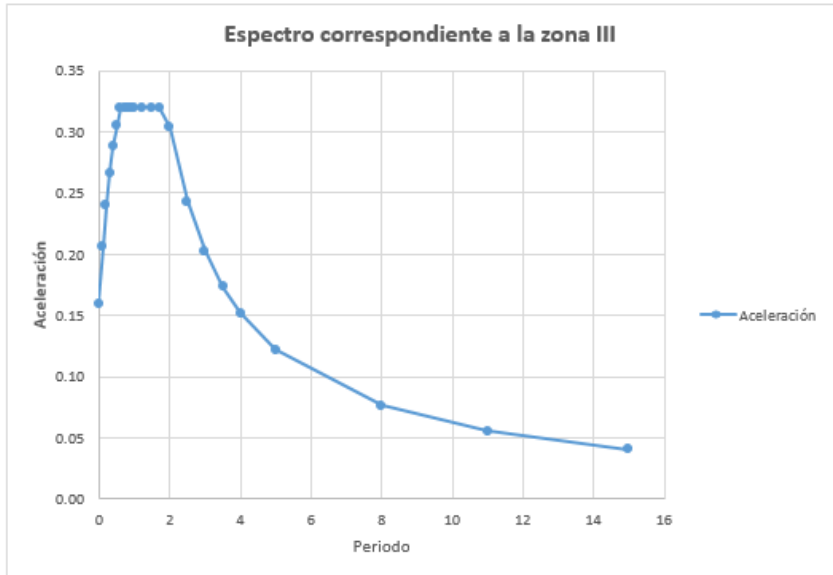
Tipo de suelo: Tipo III (mayormente finos)

Factor sísmico Q: 2

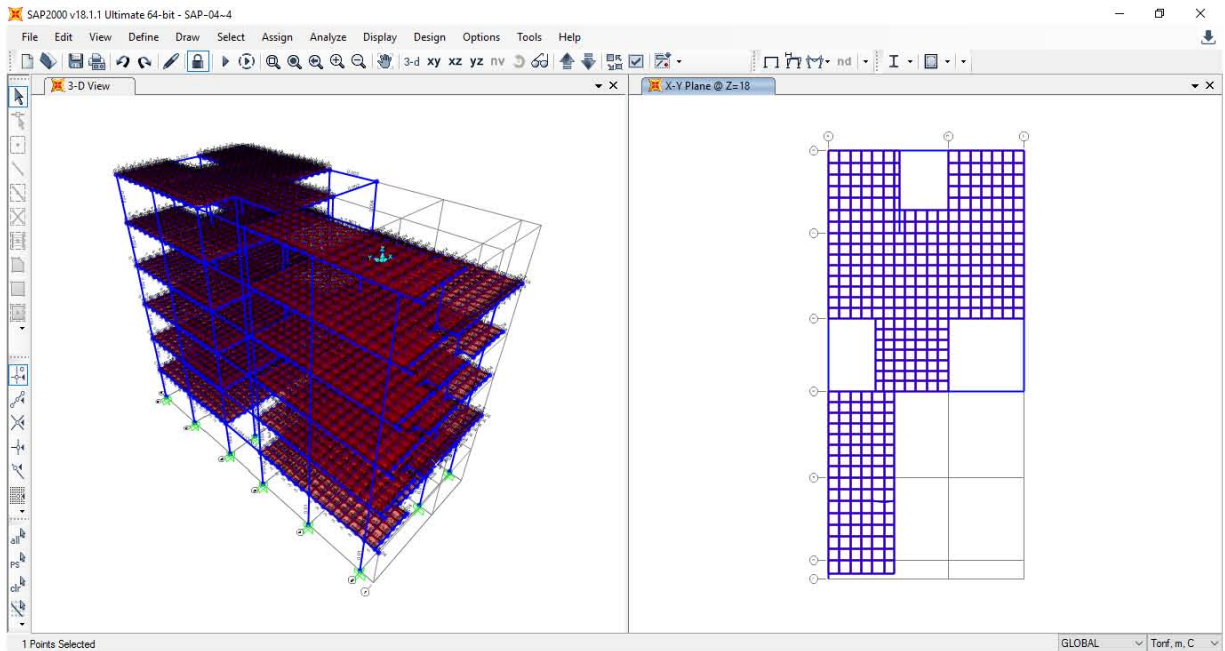
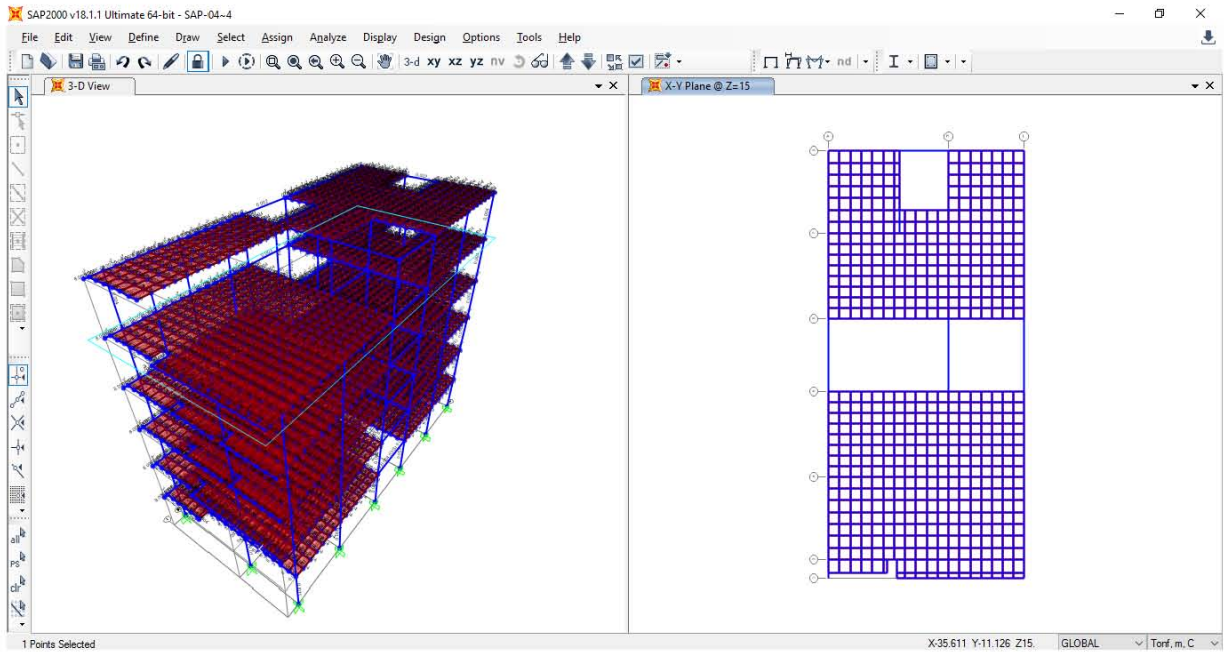
Factor de corrección por irregularidad: 1.0

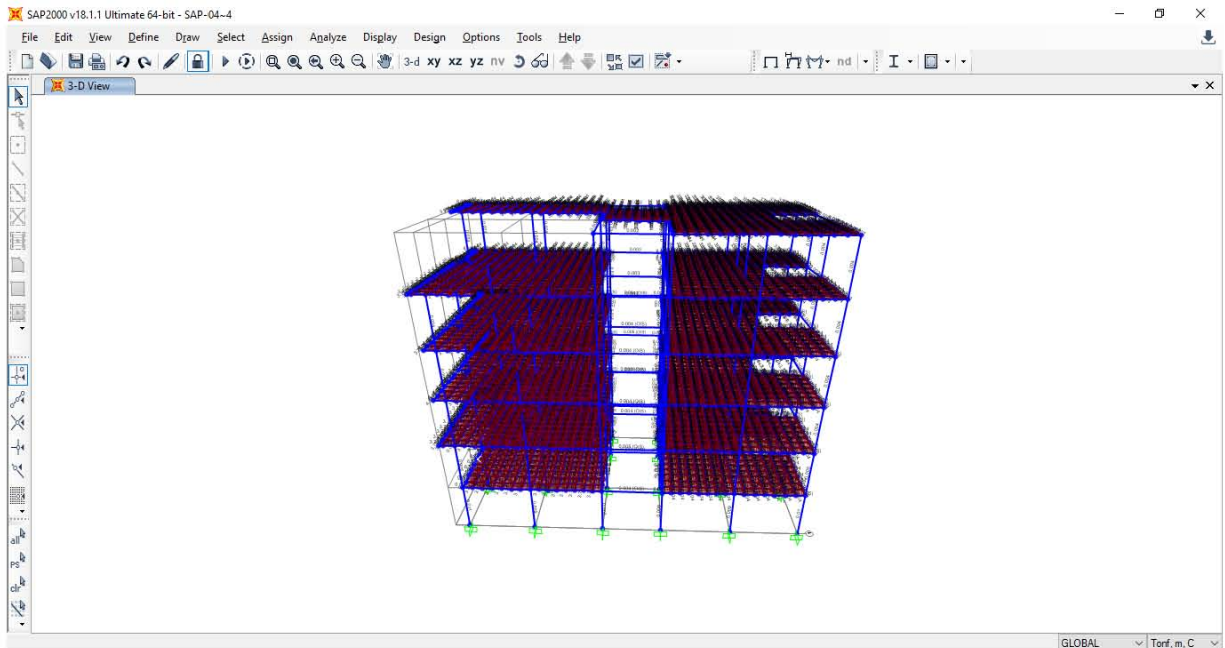
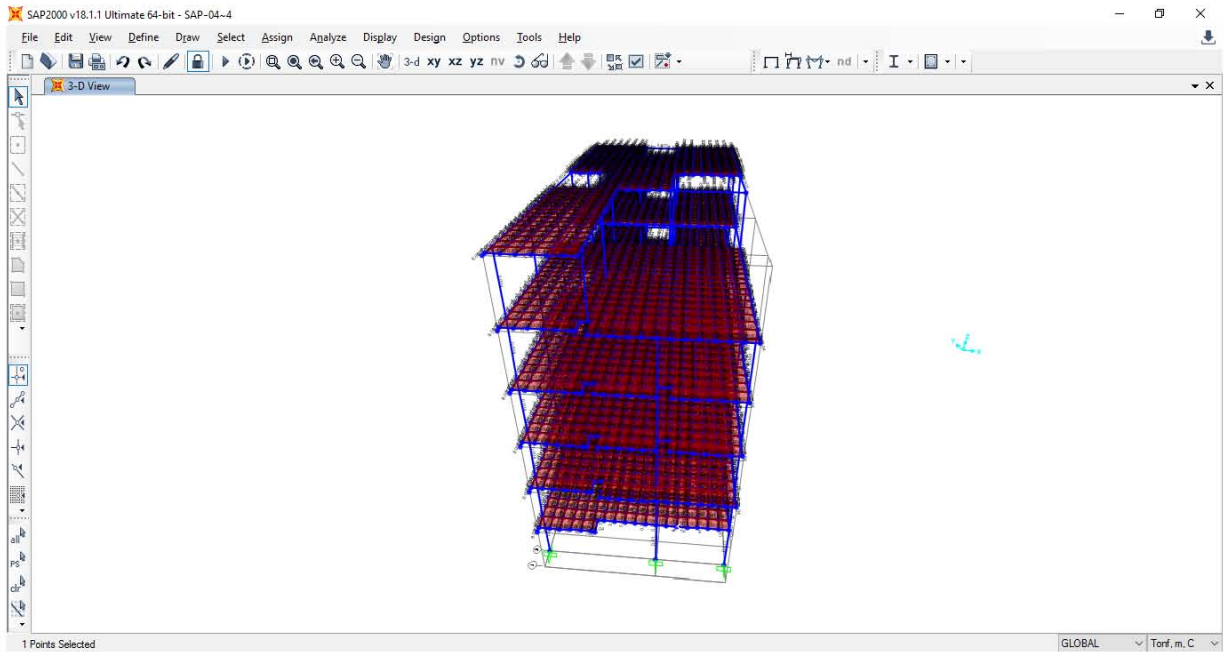
En la siguiente imagen se muestra el espectro elástico de diseño sísmico:

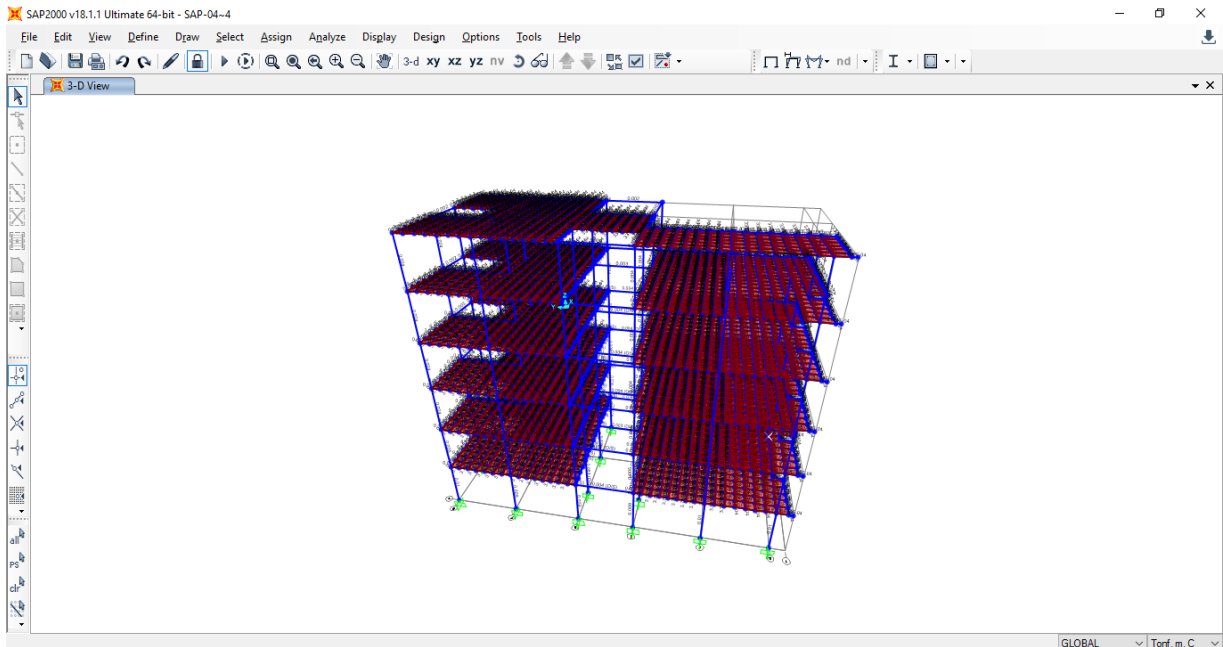
Periodo	Aceleración
0	0.16
0.1	0.2057
0.2	0.24
0.3	0.2667
0.4	0.288
0.5	0.3055
0.6	0.32
0.7	0.32
0.8	0.32
0.9	0.32
1	0.32
1.2	0.32
1.5	0.32
1.7	0.32
2	0.304
2.5	0.2432
3	0.2027
3.5	0.1737
4	0.152
5	0.1216
8	0.076
11	0.0553
15	0.0405



A continuación, se presenta una vista general del modelo elaborado en el programa de análisis y diseño estructural SAP 2000, donde se muestra una vista muy general y la ubicación de cada uno de los elementos que conforman la estructura.







En el modelo se integraron todos los elementos que conforman la estructura, basado en los planos arquitectónicos.

## 5.5.- Determinación de elementos mecánicos.

### 5.5.1.- Nervaduras.

Las nervaduras se calcularán como si fuera una trabe, ya que en realidad cumplen la función de ellas en la estructura.

Datos:

Ancho: 15 cm

Alto: 20 cm

$F'c$ : 200 kg/cm<sup>2</sup>

Momento (+): 0.4208 t-m



Fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Momento (-): 0.8771 t-m

Primeramente, se tendrá que calcular el porcentaje de acero mínimo, máximo y necesario como se presenta a continuación.

### - Momento positivo (+)

#### Porcentaje de acero mínimo.

$$e_{min} = \frac{0.7 * \sqrt{f'c}}{fy}$$

$$e_{min} = \frac{0.7 * \sqrt{200}}{4200}$$

$$e_{min} = 0.002357$$

#### Porcentaje de acero para secciones balanceadas.

$$e_b = \frac{f''c}{fy} * \frac{4800}{6000 + fy}$$

$$e_b = \frac{136}{4200} * \frac{4800}{6000 + 4200}$$

$$e_b = 0.01524$$

#### Porcentaje de acero máximo.

Cuando no existe sismo.

$$e_{max} = e_b$$

Cuando existe sismo.

$$e_{max} = e_b * 0.75$$

$$e_{max} = 0.011428$$

Porcentaje de acero necesario.

$$e_{nec} = \frac{f''c}{fy} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{Fr * b * d^2 * f''c}} \right]$$

$$e_{nec} = \frac{136}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * (0.8771 * 10^5)}{136}} \right]$$

$$e_{nec} = 0.004131$$

**Verificando la fluencia del acero.**

$$e_{min} < e_{nec} < e_{max}$$

$$0.002357 < 0.004131 < 0.01143$$

Por lo tanto, si fluye. El acero que se utilizará será el  $e = 0.004131$

**- Momento negativo (-)**

**Porcentaje de acero mínimo.**

$$e_{min} = \frac{0.7 * \sqrt{f'c}}{fy}$$

$$e_{min} = \frac{0.7 * \sqrt{250}}{4200}$$

$$e_{min} = 0.002635$$

**Porcentaje de acero para secciones balanceadas.**

$$e_b = \frac{f''c}{fy} * \frac{4800}{6000 + fy}$$

$$e_b = \frac{136}{4200} * \frac{4800}{6000 + 4200}$$

$$e_b = 0.01524$$

**Porcentaje de acero máximo.**

Cuando no existe sismo.

$$e_{max} = e_b$$

Cuando existe sismo.

$$e_{max} = e_b * 0.75$$

$$e_{max} = 0.011428$$

**Porcentaje de acero necesario.**

$$e_{nec} = \frac{f''c}{fy} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{Fr * b * d^2 * f''c}} \right]$$

$$e_{nec} = \frac{136}{4200} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * (0.4208 * 10^5)}{136}} \right]$$

$$e_{nec} = 0.001912$$

**Verificando la fluencia del acero.**

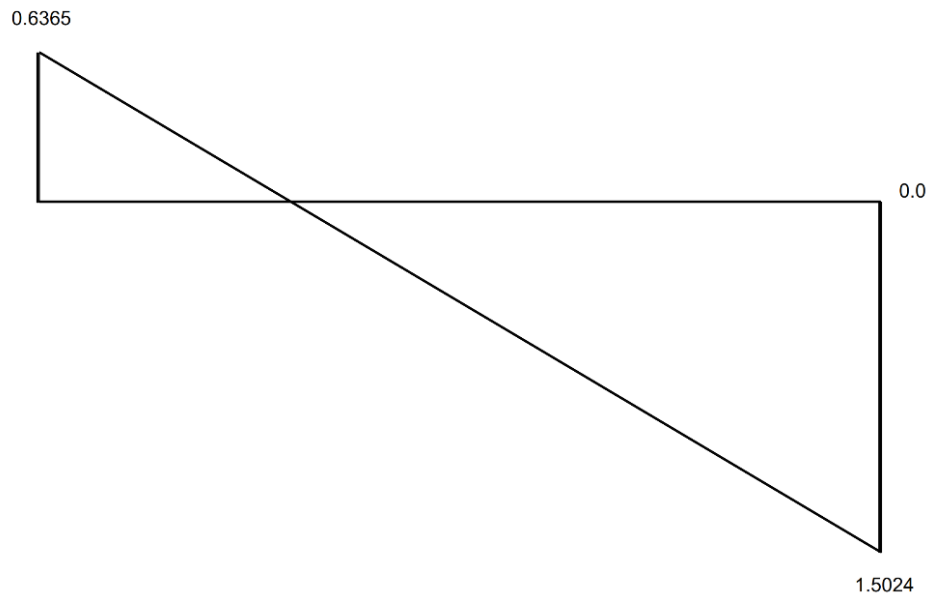
$$e_{min} < e_{nec} < e_{max}$$

$$0.002357 < 0.001912 < 0.01143$$

Por lo tanto, no fluye. El acero que se utilizará será el  $e = 0.002357$

**Diseño de estribos por esfuerzo cortante.**

Para este tipo de diseños se tendrá que analizar el diagrama de cortante que arroja el SAP después del análisis como el que tenemos a continuación.



Para este paso se necesita analizar los valores del cortante tanto en el principio de la gráfica como en el final, algunos de los valores obtenidos para este parte son:

Altura 1: 0.6365

Altura 2: 1.5024

Distancia del elemento: 3.60 m

Se tendrán que calcular las distancias de cada uno de los triángulos formados en el diagrama, ya que solo se cuenta con las alturas y la distancia total se procede a calcularlos como triángulos semejantes por lo que:

$$\frac{0.6365}{x} = \frac{1.5024}{3.60 - d}$$

Con lo anterior se obtendrán las distancias de cada una de las alturas:

Distancia 1: 1.074 m

Distancia 2: 2.535 m

Estos valores de las distancias de cada uno de las alturas, se usarán para calcular el  $V_{sc}$ , como se muestra a continuación.

$$V_{sc} = \frac{\textit{Altura} * (\textit{Distancia} - d)}{\textit{Distancia}}$$

$$V_{sc} = 0.5180$$

De la misma manera se obtendrá el  $V_{sc}$  pero con la segunda distancia.

$$V_{sc} = \frac{\text{Altura} * (\text{Distancia} - d)}{\text{Distancia}}$$

$$V_{sc} = 1.3839$$

Los Vsc obtenidos tendrán que multiplicarse por un factor dependiendo del tipo de estructura, esto puede ser "A" o "B", los factores son 1.5 o 1.4 de acuerdo con lo anterior.

$$V_u = V_{sc} * F.C.$$

$$F.C. = 1.4$$

Tipo	Vu (ton)	Vu (kg)
Extremos	0.52	518.00
Centro	1.38	1383.90

Para el diseño de los estribos se obtendrá un nuevo porcentaje de acero para el cual se utilizará para cada momento ( "+" y "-" ):

**- Momento (-)**

$$e_{disp} = \frac{As_{disp}}{b * d}$$

$$e_{disp} = \frac{As_{disp}}{15 * 20}$$

$$e_{disp} = 0.004733$$

Después de tener el porcentaje de acero para los estribos se tiene que calcular la fuerza cortante que toma el concreto esto dado con la siguiente condición:

Si el  $p < 0.015$

$$\text{Entonces: } V_{CR} = F_R * b * d * (0.20 + 20(p)) * \sqrt{f * c}$$

Si el  $p \geq 0.015$

$$\text{Entonces: } V_{CR} = 0.5 F_R * b * d * \sqrt{f * c}$$

Por lo tanto, en este caso se usará el:

$$V_{CR} = F_R * b * d * (0.20 + 20(0.004733)) * \sqrt{f * c}$$

$$V_{CR} = (0.8) * (15) * (20) * (0.20 + 20(0.004733)) * \sqrt{160}$$

$$V_{CR} = 1038.239 \text{ kg}$$

Este valor de  $V_{CR}$ , se ve reducido un 30% cuando el peralte del elemento sea mayor que 70 cm.

Cortante máximo.

$$V_{U \text{ máx}} = 2.5 * F_R * b * d * \sqrt{f * c}$$

$$V_{U\text{máx}} = (2.5)(0.8)(15)(20) * \sqrt{160}$$

$$V_{U\text{máx}} = 6071.573 \text{ kg}$$

La sección se considera adecuada ya que el valor de  $V_u$  y  $V_{CR}$ , son menores en las secciones críticas.

### **Separación del estribo.**

En esta parte se proponen los estribos. Para este cálculo se utilizará varilla # 2 con un  $a_o$  de 0.71 cm y se propondrán dos ramas. Siguiendo con el cálculo:

$$A_v = \text{No. de ramas} * a_o$$

$$A_v = 2 * 0.43$$

$$A_v = 0.86 \text{ cm}^2$$

Separación máxima de estribos:

$$1.5 F_R * b * d * \sqrt{f^*c}$$

$$1.5 F_R * b * d * \sqrt{f^*c} = 1.5(0.8)(15)(20)(\sqrt{160})$$

$$1.5 F_R * b * d * \sqrt{f^*c} = 4553.68$$



- Smáx.

Si  $V_u < 1.5 F_R * b * d * \sqrt{f * c}$  , entonces:

$$S_{max} = 0.5 d$$

Si  $V_u \geq 1.5 F_R * b * d * \sqrt{f * c}$  , entonces:

$$S_{max} = 0.25 d$$

Por lo que se usará:

$$S_{max} = 0.5 d$$

$$S_{max} = 0.5 * (20)$$

$$S_{max} = 10 \text{ cm}$$

- S<sub>1</sub>

$$S_1 = \frac{F_R * A_v * f_y * d}{V_u - V_{CR}}$$

$$S_1 = \frac{0.8 * A_v * 4200 * 20}{V_u - V_{CR}}$$

$$S_1 = -184.61 \text{ cm}$$

- S<sub>2</sub>

$$S_2 = \frac{F_R * A_v * f_y}{3.5 b}$$

$$S_2 = \frac{0.8 * A_v * 4200}{3.5 (15)}$$

$$S_2 = 55.04 \text{ cm}$$

Se llegó a la conclusión de usar el ya que es la menor distancia de separación para el estribo. Se colocará estribo del # 2 @ 10 cm c.a.c.

### - Momento (+)

De la misma manera como se hizo con el momento negativo, se calcula con el momento positivo. Para esto el cálculo arrojó que se usará para el estribo varilla del # 2 @ 10 cm.

### Concentrado de nervaduras.

Abreviatura	Momento	Refuerzo longitudinal		Refuerzo transversal	
		Varilla #	No. de varillas	Varilla #	Distancia c.a.c.
N-1	Superior	3	1	2.5 @	10 cm
	Inferior	3	2	2.5 @	10 cm
N-2	Superior	3	2	2.5 @	10 cm
	Inferior	3	2	2.5 @	10 cm
N-3	Superior	4	4	3 @	10 cm
	Inferior	4	4	3 @	10 cm

Es el concentrado de los datos de los elementos denominados nervaduras, en esta tabla tiene la abreviatura de la nervadura, momento, que es la posición de la varilla, el número de varilla y la cantidad, también la varilla y distancia del refuerzo transversal de la nervadura.

### 5.5.2.- Trabes.

Datos:

Ancho: 30 cm

Alto: 60 cm

F'c: 250 kg/cm<sup>2</sup>

Momento (+): 28.24 t-m

Fy: 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Momento (-): 29.87 t-m

Primeramente, se tendrá que calcular el porcentaje de acero mínimo, máximo y necesario como se presenta a continuación.

#### - Momento positivo (+)

#### Porcentaje de acero mínimo.

$$e_{min} = \frac{0.7\sqrt{f^*c}}{fy}$$

$$e_{min} = \frac{0.7 * \sqrt{200}}{4200}$$

$$e_{min} = 0.002357$$

#### Porcentaje de acero para secciones balanceadas.

$$e_b = \frac{f^*c}{fy} * \frac{4800}{6000 + fy}$$

$$e_b = \frac{170}{4200} * \frac{4800}{6000 + 4200}$$

$$e_b = 0.01904$$

### Porcentaje de acero máximo.

Cuando no existe sismo.

$$e_{max} = e_b$$

Cuando existe sismo.

$$e_{max} = e_b * 0.75$$

$$e_{max} = 0.01428$$

### Porcentaje de acero necesario.

$$e_{nec} = \frac{f''c}{fy} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{Fr * b * d^2 * f''c}} \right]$$

$$e_{nec} = \frac{136}{4200} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * (29.87 * 10^5)}{136}} \right]$$

$$e_{nec} = 0.008134$$

### Verificando la fluencia del acero.

$$e_{min} < e_{nec} < e_{max}$$

$$0.002357 < 0.008134 < 0.01143$$

Por lo tanto, no fluye. El acero que se utilizará será el  $e = 0.008134$ .

**- Momento negativo (-)**

**Porcentaje de acero mínimo.**

$$e_{min} = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{fy}$$

$$e_{min} = \frac{0.7 * \sqrt{250}}{4200}$$

$$e_{min} = 0.002635$$

**Porcentaje de acero para secciones balanceadas.**

$$e_b = \frac{f'c}{fy} * \frac{4800}{6000 + fy}$$

$$e_b = \frac{170}{4200} * \frac{4800}{6000 + fy}$$

$$e_b = 0.01904$$

**Porcentaje de acero mínimo.**

Cuando no existe sismo.

$$e_{max} = e_b$$

Cuando existe sismo.

$$e_{max} = e_b * 0.75$$

$$e_{max} = 0.01428$$

**Porcentaje de acero necesario.**

$$e_{nec} = \frac{f''c}{fy} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{Fr * b * d^2 * f''c}} \right]$$

$$e_{nec} = \frac{136}{4200} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * (28.24 * 10^5)}{136}} \right]$$

$$e_{nec} = 0.007637$$

Verificando la fluencia del acero.

$$e_{min} < e_{nec} < e_{max}$$

$$0.002357 < 0.007637 < 0.01143$$

Por lo tanto, no fluye. El acero que se utilizará será el  $e = 0.007637$

**Diseño de estribos por esfuerzo cortante.**

De igual manera se resolverá con el diagrama que se obtiene del programa SAP. Hasta llegar a calcular el  $V_{sc}$ , como se muestra a continuación.

$$V_{sc} = \frac{Altura * (Distancia - d)}{Distancia}$$

$$V_{sc}] = 11.62$$

De la misma manera se obtendrá el  $V_{sc}$  pero en la segunda distancia.

$$V_{sc} = 11.61$$

Los  $V_{sc}$  obtenidos tendrán que multiplicarse por un factor dependiendo del tipo de estructura, esto puede ser "A" o "B", los factores son 1.5 o 1.4 de acuerdo con lo anterior.

$$V_u = V_{sc} * F.C.$$

$$F.C. = 1.4$$

Tipo	Vu (ton)	Vu (kg)
Extremos	11.62	11620
Centro	11.61	11610

Para el diseño de los estribos se obtendrá un nuevo porcentaje de acero para el cual se utilizará para cada momento ("+" y "-"):

**- Momento (-)**

$$e_{disp} = \frac{As_{disp}}{b * d}$$

$$e_{disp} = 0.007917$$

Después de tener el porcentaje de acero para los estribos se tiene que calcular la fuerza cortante que toma el concreto esto dado con la siguiente condición:

Si el  $p < 0.015$

$$\text{Entonces: } V_{CR} = F_R * b * d * (0.20 + 20(p)) * \sqrt{f * c}$$

Si el  $p \geq 0.015$

$$\text{Entonces: } V_{CR} = 0.5 F_R * b * d * \sqrt{f * c}$$

Por lo tanto, en este caso se usará el:

$$V_{CR} = F_R * b * d * (0.20 + 20(p)) * \sqrt{f * c}$$

$$V_{CR} = (0.8)(15)(20) * (0.20 + 20(0.008134)) * \sqrt{160}$$

$$V_{CR} = 8909.54 \text{ kg}$$

Este valor de  $V_{CR}$ , se ve reducido un 30% cuando el peralte del elemento sea mayor que 70 cm.

Cortante máximo.

$$V_{U \max} = 2.5 * F_R * b * d * \sqrt{f * c}$$



$$V_{U_{max}} = (2.5)(0.8)(30)(60) * \sqrt{200}$$

$$V_{U_{max}} = 40\,729.35 \text{ kg}$$

La sección se considera adecuada ya que el valor de  $V_u$  y  $V_{CR}$ , son menores en las secciones críticas.

### **Separación del estribo.**

En esta parte se proponen los estribos. Para este cálculo se utilizará varilla # 2 con un  $a_o$  de 0.71 cm y se propondrán dos ramas. Siguiendo con el cálculo:

$$Av = \text{No. de ramas} * a_o$$

$$Av = 2 * 0.71$$

$$Av = 1.42 \text{ cm}^2$$

Separación máxima de los estribos:

$$1.5 F_R * b * d * \sqrt{f^*c}$$

$$1.5 F_R * b * d * \sqrt{f^*c} = 1.5(0.8)(30)(60) * \sqrt{200}$$

$$1.5 F_R * b * d * \sqrt{f^*c} = 30\,547.01$$

-  $S_{máx}$

Si  $Vu < 1.5 F_R * b * d * \sqrt{f * c}$  , entonces:

$$S_{max} = 0.5 d$$

Si  $Vu \geq 1.5 F_R * b * d * \sqrt{f * c}$  , entonces:

$$S_{max} = 0.25 d$$

Por lo que se usará:

$$S_{max} = 0.5 d$$

$$S_{max} = 0.5(60)$$

$$S_{max} = 30 \text{ cm}$$

-  $S_1$

$$S_1 = \frac{F_R * Av * fy * d}{Vu - V_{CR}}$$

$$S_1 = \frac{0.8 * Av * 4200 * 20}{Vu - V_{CR}}$$

$$S_1 = 38.87 \text{ cm}$$

-  $S_2$

$$S_2 = \frac{F_R * Av * fy}{3.5 b}$$

$$S_2 = \frac{0.8 * Av * 4200}{3.5(15)}$$

$$S_2 = 45.44 \text{ cm}$$

Se llegó a la conclusión de usar el  $s_{\max}$  ya que es la menor distancia de separación para el estribo. Se colocará estribo del # 3 @ 30 cm c.a.c.

### - Momento (+)

De la misma manera como se hizo con el momento negativo, se calcula con el momento positivo. Para esto se calculó arrojo que se usara para el estribo varilla del # 3 @ 30 cm.

### Concentrado de trabes.

Abreviatura	Momento	Refuerzo longitudinal		Refuerzo transversal	
		Varilla #	No. de varillas	Varilla #	Distancia c.a.c.
T-1	Superior	4	2	4 @	15
	Inferior	4	2	4 @	15
T-2	Superior	6	5	4 @	30
	Inferior	6	5	4 @	30

### 5.5.3.- Columnas.

Las columnas se calcularon por Flexocompresión Biaxial ya que están sujetas a acciones en dos direcciones, en momentos en el eje "x" y momentos en el eje "y". Ahora para obtener la carga ( $P_R$ ) más adecuada tendremos que hacer varios tanteos

esto para que la carga axial resistente de diseño ( $P_{RO}$ ) sea lo más cercana posible a la carga axial que actúa en la sección ( $P_u$ ), pero siempre siendo mayor el  $P_{RO}$ .

### **Primer tanteo.**

Primeramente, se le resta el recubrimiento a la altura de la columna que se propuso para obtener el peralte efectivo, esto está dado por la siguiente fórmula.

$$d = h - r$$

$$d = 60 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

Después se obtendrá la relación siguiente:

$$\frac{d}{h}$$

$$\frac{d}{h} = \frac{55}{60} = 0.9166$$

La relación obtenida anteriormente nos servirá para saber cuál será la gráfica que se encuentra en los anexos (anexos 1) en la que se encontrará el valor de "k" que se necesitará posteriormente.

Se tiene que calcular en  $A_s$  (área de esfuerzo longitudinal), esto se obtiene proponiendo un porcentaje de acero ( $e$ ) que a su vez está dado entre el valor de 0.01 como mínimo y 0.06 como máximo para columnas de acuerdo con NOM-04 en el apartado de concreto en la sección 6.2.2.

$$e = 0.020$$

$$A_s = e * b * h$$

$$A_s = 0.020 * 60 * 60$$

$$A_s = 72.0 \text{ cm}^2$$

Siguiendo el procedimiento se tiene que calcular un valor denominado “q”, para para entrar en un diagrama que tiene los valores necesarios en la próxima ecuación el cual se denomina como “k”. El valor de “q” se calculará forma:

$$q = e * \frac{f_y}{f'_c}$$

$$q = 0.020 * \frac{4200 \text{ kg/cm}^2}{170 \text{ kg/cm}^2}$$

$$q = 0.49$$

Después se tiene que calcular el ( $P_{RO}$ ), para esto se tiene que calcular primeramente el área de la sección de la columna.

$$A_g = b * h$$

$$A_g = 60 * 60$$

$$A_g = 3600 \text{ cm}^2$$

Carga axial resistente de diseño ( $P_{RO}$ ).

$$P_{RO} = F_R * (A_g * f'_c + A_s * f_y)$$

$$P_{RO} = 0.8 * (3600 * 170 + 72 * 4200)$$

$$P_{RO} = 731\,520\text{ kg}$$

La etapa siguiente consiste en calcular las excentricidades en el eje de las "x" y en el eje de las "y".

Cálculo de excentricidades.

Eje "x".

$$ex = \frac{Mux}{Pu}$$

$$ex = \frac{21.87}{194.96}$$

$$ex = 11.22\text{ cm}$$

$$\frac{ex}{h} = \frac{11.22\text{ cm}}{60\text{ cm}}$$

$$\frac{ex}{h} = 0.1870$$

Para  $\frac{ex}{h}$ , tenemos (de los diagramas):

$$k = 1.02$$

Con este valor se calcula el  $P_{UX}$ , como se muestra a continuación:

$$P_{UX} = F_R * k * b * h * f''c$$

$$P_{UX} = 0.8 * 1.02 * 60 * 60 * 170$$

$$P_{UX} = 499\,392\text{ kg}$$

Eje "y".

$$ey = \frac{Muy}{Pu}$$

$$ey = \frac{60.23}{194.96}$$

$$ey = 0.3089 \text{ m}$$

$$ey = 30.89 \text{ cm}$$

$$\frac{ey}{h} = \frac{30.89}{60}$$

$$\frac{ey}{h} = 0.5149$$

Para  $\frac{ey}{h}$ , tenemos (de los diagramas):

$$k = 0.53$$

Con este valor se calcula el  $Puy$ , como se muestra a continuación:

$$Puy = F_R * k * b * h * f''c$$

$$Puy = 0.8 * 0.53 * 60 * 60 * 170$$

$$Puy = 259\,488 \text{ kg}$$

Aplicando la fórmula de Bresler:

$$P_R = \frac{1}{\frac{1}{P_{rx}} + \frac{1}{P_{ry}} + \frac{1}{P_{RO}}}$$

$$P_R = \frac{1}{\frac{1}{499\,392} + \frac{1}{259\,488} + \frac{1}{731\,520}}$$

$$P_R = 222\,758.77 \text{ kg}$$

Comparando el  $P_{RO}$  y el  $P_u$ , este debe de cumplir con:

$$P_{RO} > P_u$$

$$222.758 > 194.96$$

No se acepta y se hará un segundo tanteo ya que está un poco sobrado.

$$e = 0.015$$

$$A_s = e * b * h$$

$$A_s = 0.015 * 60 * 60$$

$$A_s = 54 \text{ cm}^2$$

Siguiendo con el procedimiento se tiene que calcular un valor denominado “q”, para entrar en un diagrama que tiene los valores necesarios en la próxima ecuación el cual se denomina como “k”. El valor de “q” se calculará de la siguiente forma:

$$q = e * \frac{f_y}{f'_c}$$

$$q = 0.015 * \frac{4200}{170}$$

$$q = 0.3706$$



Después se tiene que calcular el ( $P_{RO}$ ), para esto se tiene que calcular primeramente el área de la sección de la columna.

$$Ag = b * h$$

$$Ag = 60 * 60$$

$$Ag = 3600 \text{ cm}^2$$

Carga axial resistente de diseño ( $P_{RO}$ ).

$$P_{RO} = F_R * (Ag * f''c + As * fy)$$

$$P_{RO} = 0.8 * (3600 * 170 + 54 * 4200)$$

$$P_{RO} = 671 \text{ 040 kg}$$

La etapa siguiente consiste en calcular las excentricidades en el eje de las "x" y en el eje de las "y".

Cálculo de excentricidades.

Eje "x".

$$ex = \frac{Mux}{Pu}$$

$$ex = \frac{21.87}{194.96}$$

$$ex = 11.22 \text{ cm}$$

$$\frac{ex}{h} = \frac{11.22}{60 \text{ cm}}$$

$$\frac{ex}{h} = 0.1870$$

Para  $\frac{ex}{h}$ , tenemos (de los diagramas):

$$k = 0.92$$

Con este valor se calcula el  $P_{ux}$ , como se muestra a continuación:

$$P_{ux} = F_R * k * b * h * f''c$$

$$P_{ux} = 0.8 * 0.92 * 60 * 60 * 170$$

$$P_{ux} = 450\,432 \text{ kg}$$

Eje "y".

$$e_y = \frac{M_{uy}}{P_u}$$

$$e_y = \frac{60.23}{194.96}$$

$$e_y = 0.3089 \text{ m}$$

$$e_y = 30.89 \text{ cm}$$

$$\frac{e_y}{h} = \frac{30.89}{60}$$

$$\frac{e_y}{h} = 0.5149$$

Para  $\frac{e_y}{h}$ , tenemos (de los diagramas):

$$k = 0.53$$

Con este valor se calcula el  $P_{uy}$ , como se muestra a continuación:

$$P_{uy} = F_R * k * b * h * f''c$$

$$P_{uy} = 0.8 * 0.53 * 60 * 60 * 170$$

$$P_{uy} = 235\ 008\ kg$$

Aplicando la fórmula de Blesler:

$$P_R = \frac{1}{\frac{1}{P_{rx}} + \frac{1}{P_{ry}} - \frac{1}{P_{RO}}}$$

$$P_R = \frac{1}{\frac{1}{450\ 432} + \frac{1}{235\ 008} - \frac{1}{671\ 040}}$$

$$P_R = 200\ 600.15\ kg$$

Comparando el  $P_{RO}$  y el  $P_u$ , este debe de cumplir con:

$$P_{RO} > P_u$$

$$200.60 > 194.96$$

Entonces no se necesita hacer un tercer tanteo ya que cumple con el objetivo.

Obteniendo el acero de refuerzo longitudinal.

$$A_s = e * b * h$$

$$A_s = 0.015 * 60 * 60$$

$$A_s = 54\ cm^2$$

Se propone la varilla con respecto a la siguiente imagen:

NUMERO DE VARILLA	DIAMETRO NOMINAL		PESO (Kg/m)	AREA NOMINAL (cm <sup>2</sup> )	PERIMETRO NOMINAL (cm)	No. APROXIMADO DE VARILLAS DE 12 MTS. POR TONELADA
	PULGADAS	CENTIMETROS				
2	1/4"	0.63	0.248	0.32	1.99	
2.5	5/16"	0.79	0.384	0.49	2.48	217
3	3/8"	0.95	0.557	0.71	2.98	150
ESTRUCTURAL	4	1/2"	1.27	0.996	3.99	84
	5	5/8"	1.59	1.560	5.00	53
	6	3/4"	1.91	2.250	6.00	37
	8	1"	2.54	3.975	7.98	21
	9	1 1/8"	2.86	5.033	8.98	17
	10	1 1/4"	3.18	6.225	9.99	13
	12	1 1/2"	3.81	8.938	11.97	9

En este caso se propuso varilla del número 10 con un área nominal ( $a_o$ ) de 7.94 cm<sup>2</sup>, entonces se procederá a obtener el número de varillas que se necesitan para cubrir con el área de acero longitudinal. El número de varillas se obtiene de la siguiente forma:

$$No. = \frac{As}{a_o}$$

$$No. = \frac{54}{7.94}$$

$$No. = 7 \text{ varillas}$$

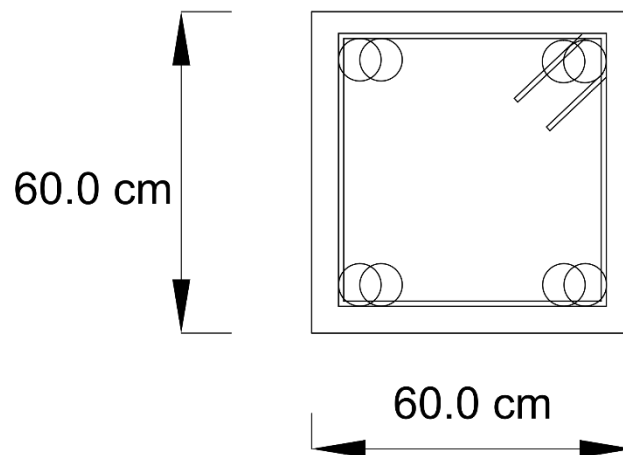
Se usarán 8 varillas, ya que se tiene que tener una igualdad, verificando el área de acero longitudinal real:

$$A_{S_{real}} = No. * a_o$$

$$A_{S_{real}} = 8 * (7.94)$$

$$A_{S_{real}} = 63.52 \text{ cm}^2$$

### Armado longitudinal.



Columna

Varillas # 10

### Diseño de la columna por esfuerzo cortante.

Datos:

Vux: 21.29 ton

Vuy: 10.34 ton

$$(0.7 * (f * c) * Ag) + 2000 * As$$

$$(0.7 * (f * c) * Ag) + 2000 * As = 0.7 * 170 * 3600 + 2000 * 55.58$$

$$= 615\,160.00 \text{ kg}$$

Este valor obtenido es la resistencia que tiene la columna al esfuerzo cortante, este a su vez se tiene que comprar con la fuerza axial que se le aplica o recibe, por lo tanto, debe cumplir con lo siguiente:

$$Pu < (0.7 * (f * c) * Ag) + 2000 * As$$

$$194.96 < 615.16$$

Al cumplir con esta comparación, se aprueba el diseño de la columna por esfuerzo cortante.

La parte siguiente de este diseño, es la obtención del acero transversal este se diseñará para la fuerza de cortante de diseño ( $V_u$ ) más desfavorable, este puede ser del eje “x” o “y” según sea el caso, el  $V_u$  será el siguiente:

$$V_u = 21.29 \text{ ton}$$

Para esto utilizaremos la fórmula:

$$e = \frac{As}{b * d}$$

Donde:

$As$ : área de acero de la cara de la columna paralela al eje que tiene el  $V_u$  mayor y este valor se obtiene de:

$$As = \text{No. de varillas} * a_o$$

$$A_s = 4 * 7.94$$

$$A_s = 31.79 \text{ cm}^2$$

b: base de la columna.

d: peralte efectivo de la columna.

Entonces se tendrá:

$$e = \frac{31.79}{60 * 55}$$

$$e = 0.0096$$

Comparando con el  $e_{propuesto}$ :

$$e = 0.0096 < e_{propuesto} = 0.015$$

Por lo tanto, se usará el que se calculó;  $e = 0.0096$ , ya que es menor.

Cálculo de la fuerza cortante de diseño que toma el concreto ( $V_{CR}$ ).

$$V_{CR} = F_R * b * d * (0.20 + 30e) * \sqrt{f * c * (Factor)}$$

$$Factor = 1 + 0.007 * \frac{Pu}{Ag}$$

$$Factor = 1 + 0.007 * \frac{194\,960}{3\,600}$$

$$Factor = 1.38$$

Entonces:

$$V_{CR} = 0.8 * 60 * 55 * (0.20 + 30(0.0096)) * \sqrt{170} * 1.38$$

$$V_{CR} = 10\,446.38 \text{ kg}$$

$$V_{CR} = 10.45 \text{ ton}$$

Este debe cumplir:

$$Fy_{estribo} \geq 0.06 fy$$

En este caso se tiene:

En las esquinas se tiene varilla del número 10, con el  $a_o$  (área de acero) igual a  $7.94 \text{ cm}^2$ . El valor de  $Fy$  se calculó de la siguiente fórmula.

$$Fy = Afy$$

$$Fy = (7.94) * (4200)$$

$$Fy = 33\,348 \text{ kg}$$

$$0.06 Fy = 2\,000.88 \text{ kg}$$

Se usó para un estribo varilla del número 3, por tanto, el  $a_o$  es igual a  $0.71 \text{ cm}^2$ .

Entonces se calculó el  $Fy$ .

$$Fy_{estribo} = Afy$$

$$Fy_{estribo} = (1.22) * (4200)$$

$$Fy = 66\,696 \text{ kg}$$



Haciendo la comparativa:

$$66\,696\text{ kg} > 2\,000.88\text{ kg}$$

Por lo tanto, el diámetro del estribo es suficiente y se acepta como tal.

### Separación necesaria del estribo.

La separación necesaria del estribo se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{F_R * Av * fy * d}{Vu - V_{CR}}$$

$$S = \frac{0.8 * (0.71 * 2) * (4\,200) * (55)}{21\,290 - 10\,446.38}$$

$$S = 41.35\text{ cm}$$

### Requisitos mínimos.

$$S_{\max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{850}{\sqrt{fy}} * d * h = 41.71\text{ cm} \\ 48 d_{\text{estribo}} = 60.96\text{ cm} \\ \frac{\text{Dimensión menor}}{2} = 30.00\text{ cm} \end{array} \right.$$

Por lo tanto, se colocarán estribos del # 4 a 30 cm c.a.c. ya que siempre se utilizará el más chico.

## Revisión de parámetros.

Se revisará si cumple con la condición siguiente:

$$\frac{Ag * f'c}{10} > Pu$$

$$\frac{Ag * f'c}{10} = \frac{3600 * 250}{10}$$

$$\frac{Ag * f'c}{10} = 90\,000 \text{ kg}$$

Revisando:

$$\frac{Ag * f'c}{10} > Pu$$

$$90\,000 \text{ kg} < 194\,960 \text{ kg}$$

$$S_{\max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{bc}{4} = 15 \text{ cm} \\ 10 \text{ cm} \end{array} \right.$$

## Zonas de confinamiento.

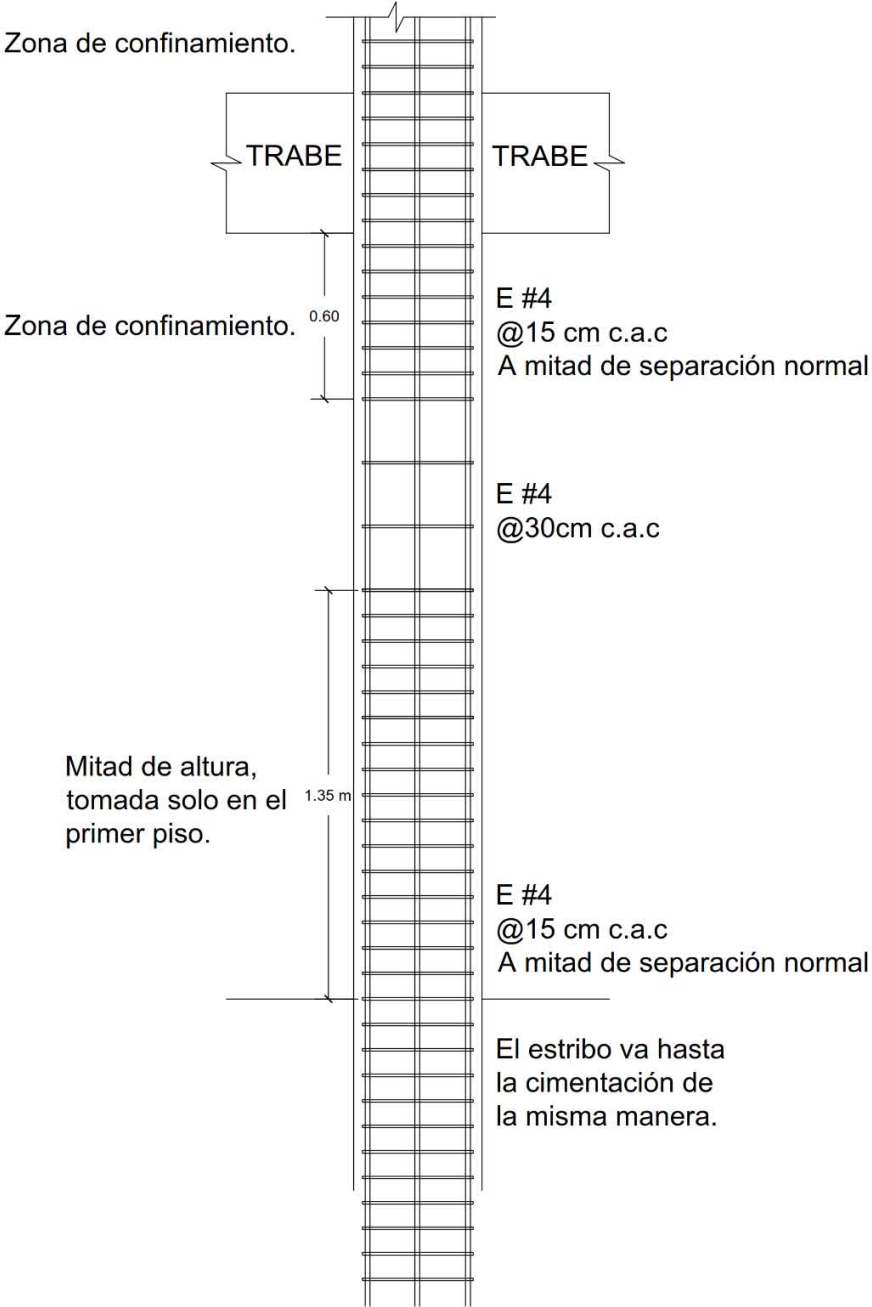
La separación en la zona de confinamiento es a la mitad de la separación calculada anteriormente. La separación será de 7.5 cm en una longitud mínima de:

Zona de confinamiento

- Dimensión mayor de la columna = 60 cm
- 1/6 de la altura, suponiendo 3 metros = 60 cm
- 60 cm

Para zona de confinamiento se considera la distancia máxima de las anteriormente descritas, por tanto, la zona de confinamiento será de 60 cm.

**Armado transversal.**



### Concentrado de valores de varilla.

Abreviatura	Refuerzo longitudinal		Refuerzo transversal	
	Varilla #	No de varillas	Varilla #	Distancia c.a.c.
C-1	10	8	4	30
C-2	8	8	3	30
C-3	8	8	3	30

Esto da lugar a la culminación del diseño, esta última es una table en la cual se describen las columnas, las cuales serán 3 tipos integradas por una abreviatura, el tipo de varilla, así como su cantidad ya determinada por el diseño estructural anterior; de la misma manera se describió el tipo de refuerzo que contendrá.

De la misma manera se integraron en tablas los resultados de los elementos como las nervaduras, y las trabes, las cuales sirvieron como un acumulado para observar las características de cada uno de ellos.

Cada uno de los elementos cumple de manera ideal con las especificaciones de el Reglamento de Construcción del Distrito Federal y apoyado con la modelación en un programa de diseño estructural el cual anteriormente ya fue descrito. Y para los cálculos numéricos el programa Excel fue el utilizado.

## CONCLUSIÓN

Al culminar la investigación, en la cual se hizo el análisis y diseño de la superestructura de un edificio de concreto de seis niveles se cumplió con éxito el objetivo general y sus objetivos particulares de esta investigación, este objetivo general era el análisis y diseño de la superestructura de un edificio de concreto cumpliendo con las normas ya establecidas para el diseño de este tipo de edificios y cumpliendo de la mejor manera posible con las necesidades dadas para el proyecto y del tipo de estructura.

El primer objetivo particular fue el de utilizar el concreto reforzado como material principal, y así fue considerado en el análisis y diseño de la superestructura, ya que se considera un elemento con muchas propiedades de acorde a las necesidades de esta construcción, como lo es el uso de mano de obra no especializada.

El segundo de los objetivos particulares es el revisar el comportamiento del edificio, este diseño fue diseñado especialmente para este tipo de distribución, peso, características de la estructura, de esta manera aseguramos un comportamiento óptimo de ella, se revisó el comportamiento al montarlo o montar la estructura en un programa de análisis llamado SAP 2000, el cual ya ha sido descrito anteriormente, y se analizó su comportamiento con cada prediseño que se hizo. Al final se llegó a elegir las propiedades de los elementos (dimensiones, cantidad de acero de refuerzo, etc.), con las cuales la estructura tenía un mejor comportamiento.

El tercer objetivo particular, es el diseñar de manera que tenga el comportamiento pero que sea económica, esto nos dice que tiene que haber una

conexión y equilibrio entre comportamiento de la estructura y la economía de la estructura, el comportamiento es adecuado de acuerdo con sus características como ya habíamos visto anteriormente, se eligió de igual manera el concreto como material principal para bajar un poco el coste de la estructura, ya que es más manejable y se ocupa de menos mano de obra especializada, también se vio la manera de apegarse a el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, esto da la seguridad de diseñar de manera segura pero también de no sobrar el diseño d manera excesiva.

Cuarto objetivo principal, cumplir con las normas de construcción en concreto, estas normas están dadas por el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, este fue la base para el diseño de la superestructura del edificio habitacional ya que se tiene que regir por un reglamento para ser aprobado para su construcción. Esto también da seguridad al tener la certeza de que ya fue probado de manera óptima en otras construcciones, y por lo tanto que resistirá a los eventos con los cuales se tiene registro, como temblores entre otros factores.

Quinto objetivo principal, optimizar de manera eficiente la construcción, esto se logró de manera satisfactoria ya que se eligió un sistema estructural muy aceptable para este tipo de construcción dadas las características y requerimientos de ella, se eligió un sistema estructural a base de columnas y trabes, y también de elementos planos en este caso las losas con nervaduras. Este sistema es muy efectivo y de fácil construcción.

El sexto y último objetivo principal, cumplir con las necesidades dadas del proyecto, esto también se cumplió de manera eficaz, ya que se cumplió el diseño sin cambiar el diseño arquitectónico y logrando dar los claros, anchos y largos del edificio.

Para esto se tuvo que analizar y optimizar todos y cada uno de los elementos. Este objetivo fue ampliamente cumplido.

De esta manera se cumplieron todos y cada uno de los objetivos, tanto general como los objetivos particulares de manera óptima y satisfactoriamente.

La pregunta del proyecto fue: ¿Cómo será el diseño y análisis de una superestructura de un edificio habitacional de concreto reforzado de seis niveles en la ciudad de Uruapan, Michoacán? Esta pregunta se resolvió de manera satisfactoria ya que se analizó de manera óptima en el programa de análisis y diseño estructural SAP 2000 el cual, al ingresar los datos necesarios del modelado, comportamiento y análisis de la estructura de acuerdo a su forma, sistema estructural y sus características muy propias con los que son el tipo de material que se utilizó y sus propiedades. Otra pregunta fue: ¿Cuáles serán las características para un diseño en concreto reforzado ¿, estas características también fueron obtenidas ya con el término del diseño, como el tipo de elementos, sus dimensiones, y sus propiedades.

Algunas cuestiones importantes de mencionar serian que existen varias maneras de analizar la estructura, pero de alguna manera las máquinas nos han ido facilitando el trabajo pesado, y que tienen mejores resultados de análisis un tanto más rápidos y más exactos, que estos programas nos han permitido modelar, ver y analizar de manera más grafica cualquier tipo de estructura. Otro de los puntos a mencionar es que existe todo un mundo en la Ingeniería Sísmica y que en realidad es mucha información que de alguna manera no entendemos en licenciatura, pero que tal vez en una maestría, doctorado, por medio de diplomados o investigando se pueden resolver dudas, que es solo el principio en el que estamos de una magnifica profesión.



## BIBLIOGRAFÍA

Arnal Simón, Luis y Betancourt Suarez, Max. (2012)

Reglamento de construcción del distrito federal

Ed. Trillas. México,

Bazán / Meli (1999)

Diseño sísmico de edificios

Editorial Limusa. México.

Beaufait, Fred W. (1981)

Análisis estructural

Ed. Dossat. España.

C. Hibbeler, Rusell (2012)

Análisis estructural

Ed. Pearson Educación de México. México.

Gallo Ortiz, Gabriel O. (2005)

Diseño estructural de casa habitación

Ed. McGraw-Hill / Interamericana editores. México.

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar.  
(2010).

Metodología de la investigación.

Ed. McGraw-Hill. México.

Jack C. McCormac y Rusell H. Brown (2011)

Diseño de concreto reforzado.

Ed. Alfaomega. México.

Kenneth M. Leet (2006)

Fundamentos de análisis estructural

Ed. McGraw-Hill / Interamericana editors.

McCormac, Jack C. (1983)

Análisis estructural

Ed. Industria. México, D.F.

McCormac, Jack C. y Elling E. Rufolf (1994)

Análisis estructural, Método clásico y matricial

Ed. Alfaomega. México, D.F.

Meli Piralla, Roberto. (2009)

Diseño estructural

Ed. Limusa. México.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005)

Métodos de investigación y manual académico.

Ed. Porrúa. México.

Rochel Award Roberto (2012)

Análisis y diseño sísmico de edificios

Ed. Universidad EAFIT, Colombia, Medellín.

Tamayo y Tamayo. (2000)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa. México.

## OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

<http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/riesgos/tectonica/evolucion-tectonica-mexico>

[http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/region\\_sismica\\_mx.jsp](http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/region_sismica_mx.jsp)

[http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Modelos\\_matematicos.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Modelos_matematicos.pdf)

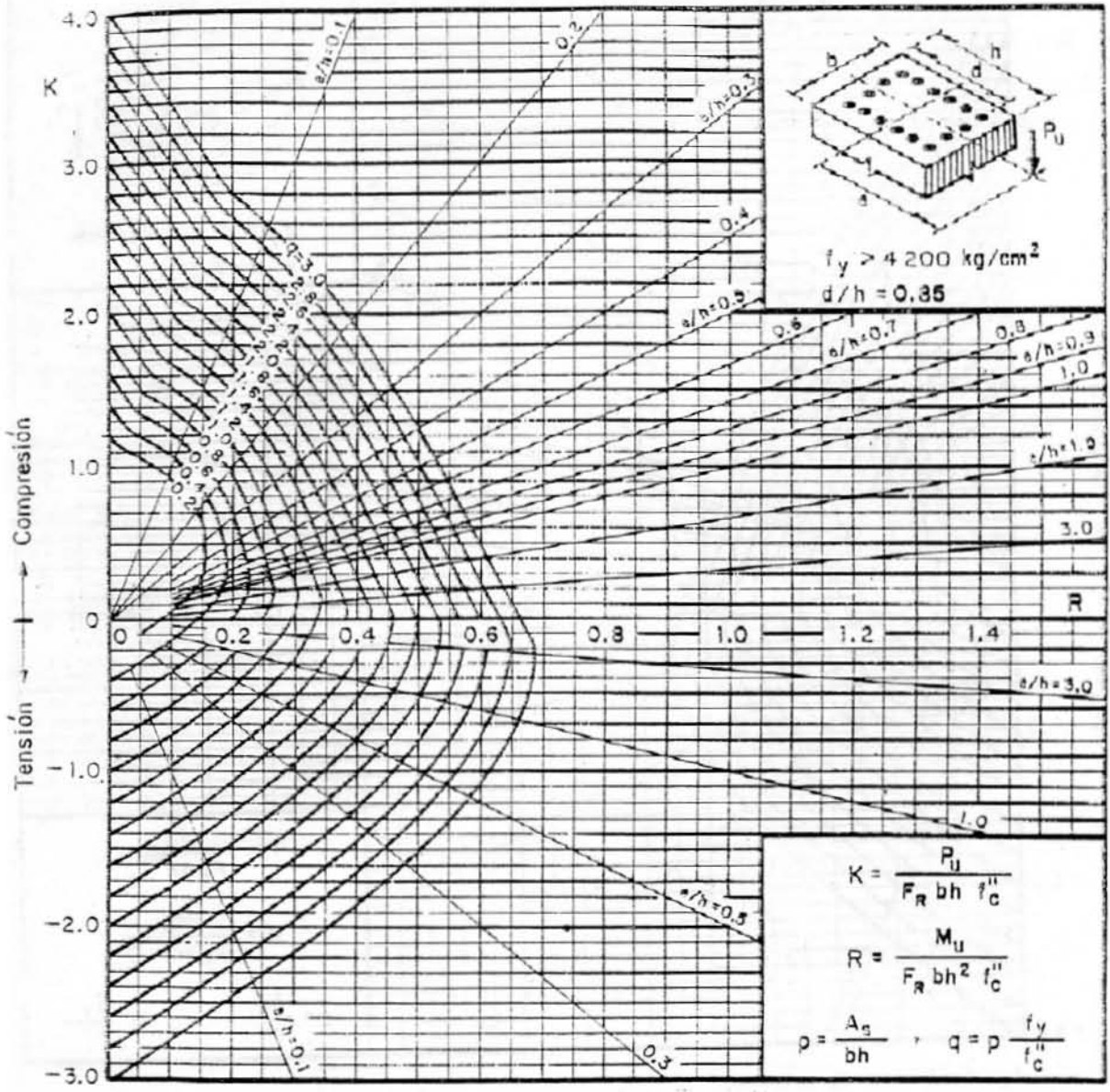
<http://travelbymexico.com/estados/michoacan>

[http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/nacional/div\\_territorial/nacionalestadosycolor.pdf](http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/nacional/div_territorial/nacionalestadosycolor.pdf)

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/poblacion/>

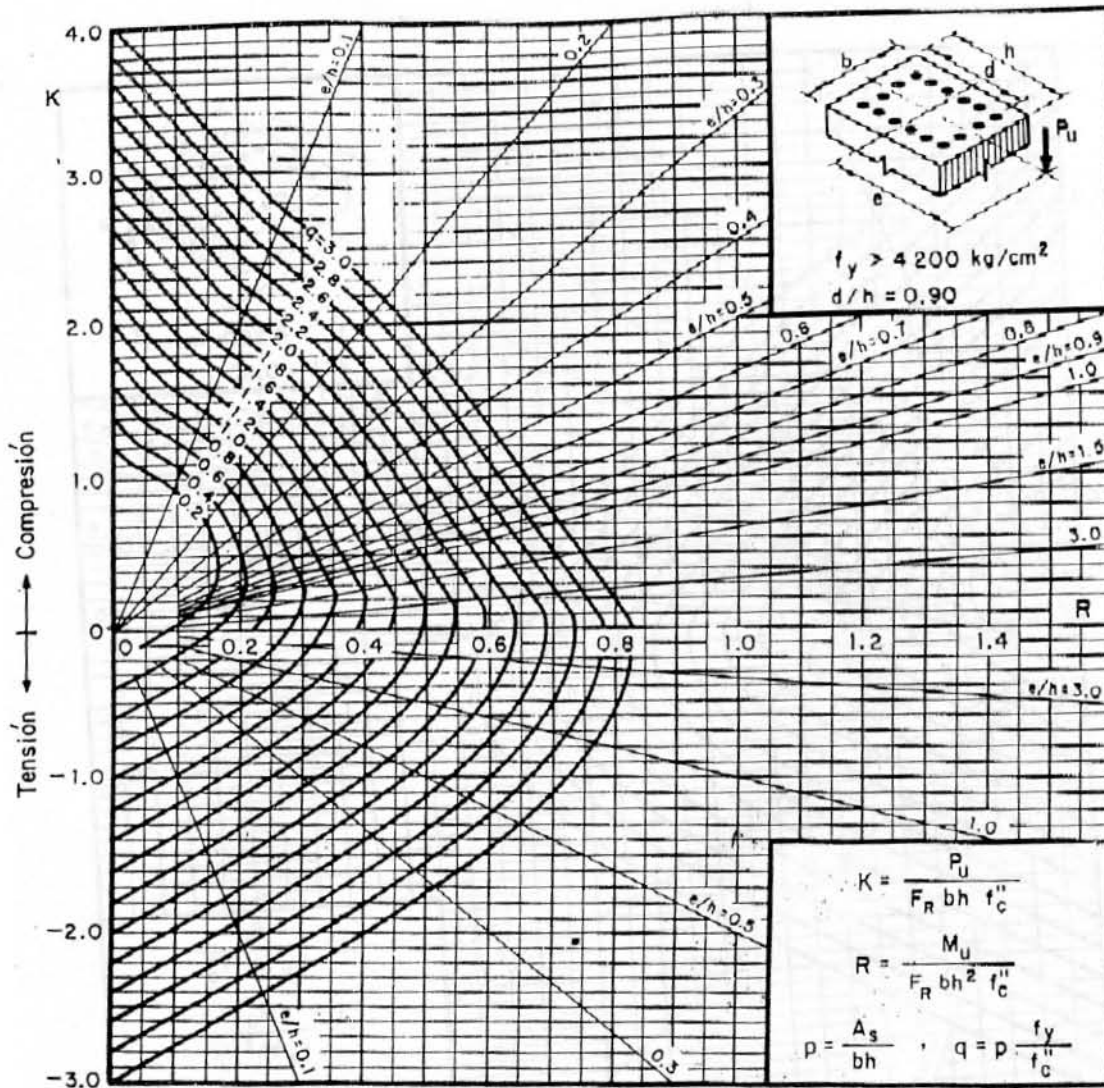
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16102.pdf>

## **ANEXOS**



$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 18  
143

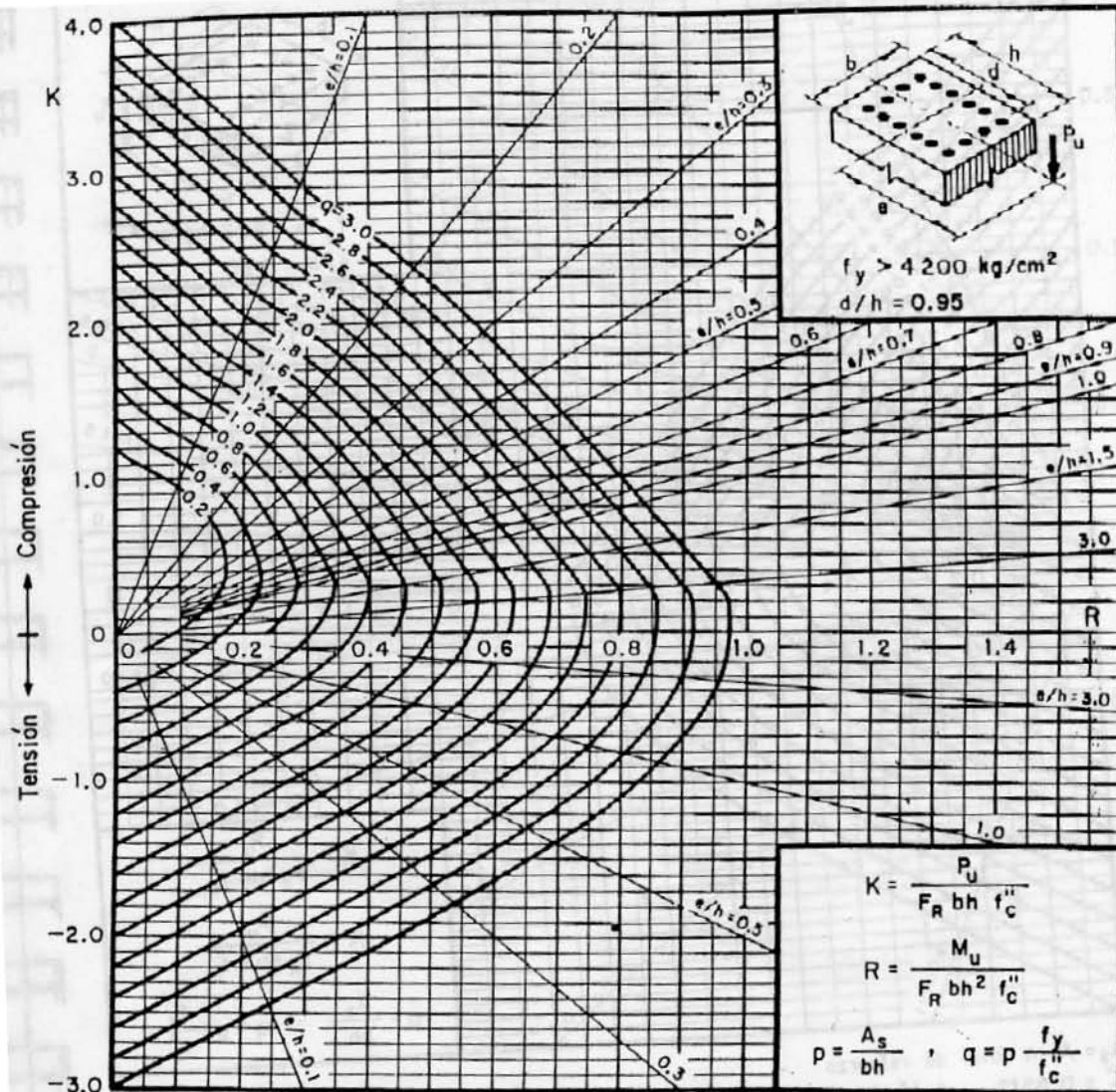


$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 17

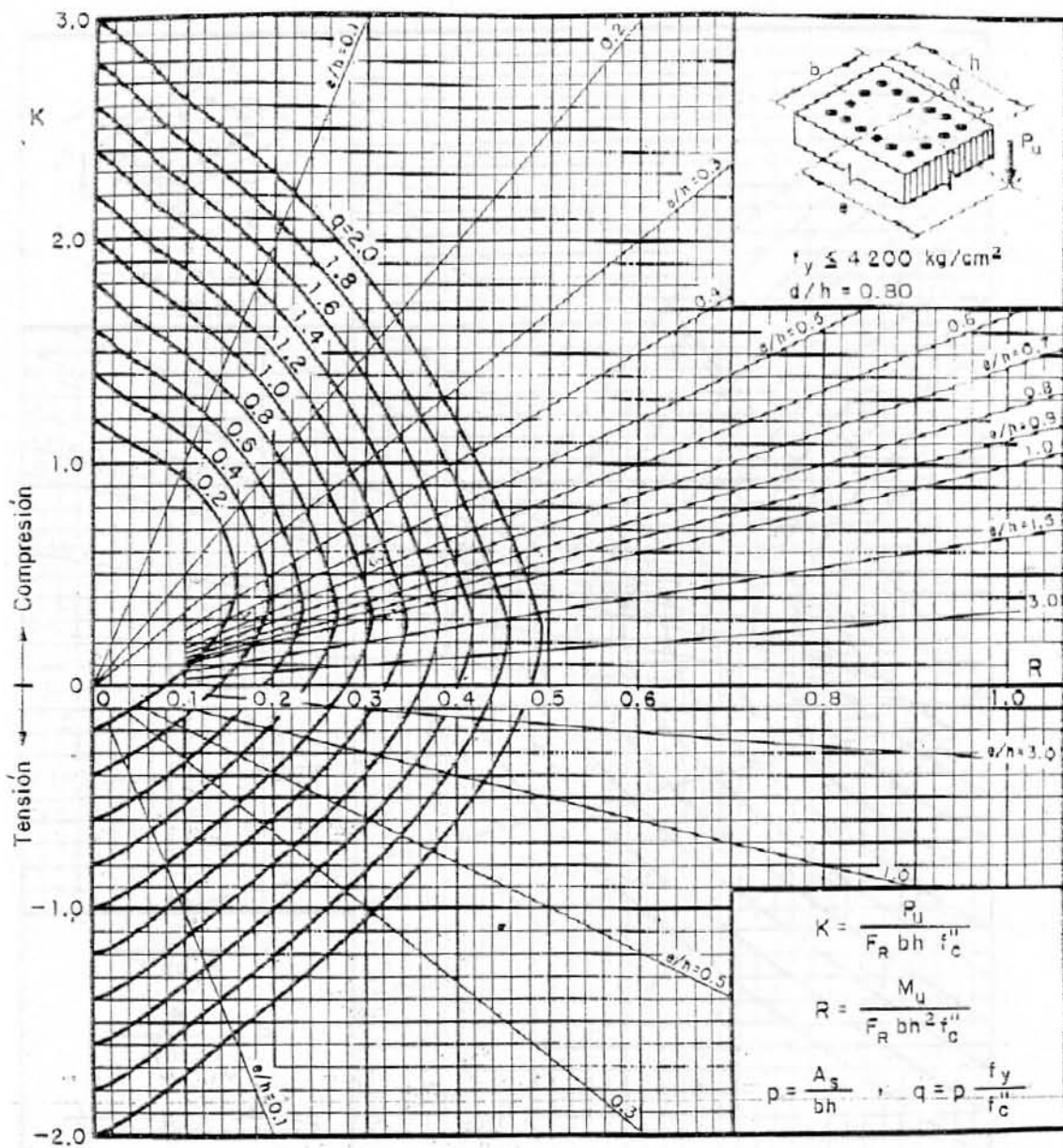
3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100





$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 16



$A_s$  = Area total de refuerzo

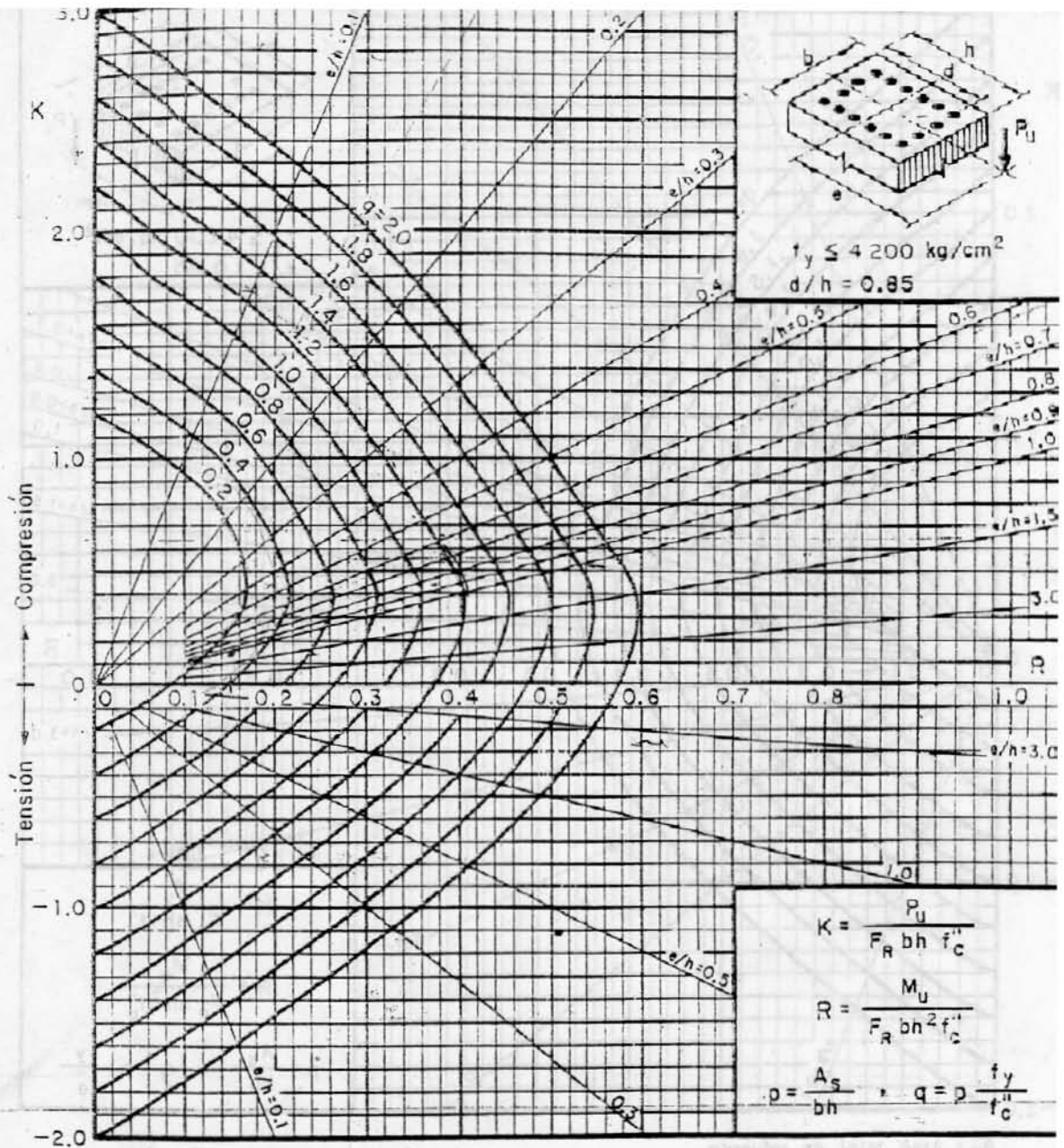
$f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$

$F_R$  = Factor de resistencia

$P_u$  = Carga axial de diseo

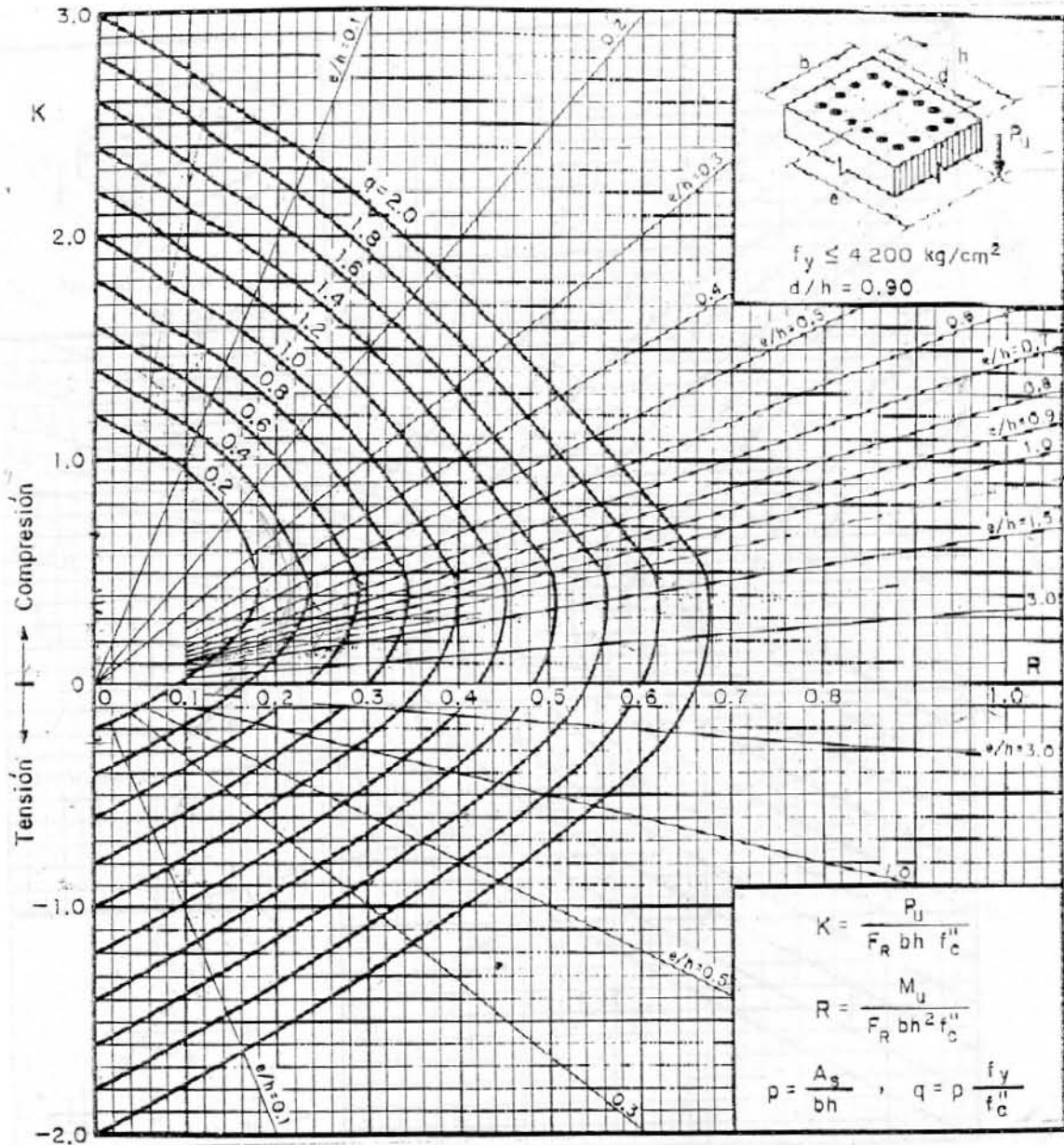
$M_u$  = Momento flexionante de diseo

Fig 15



$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

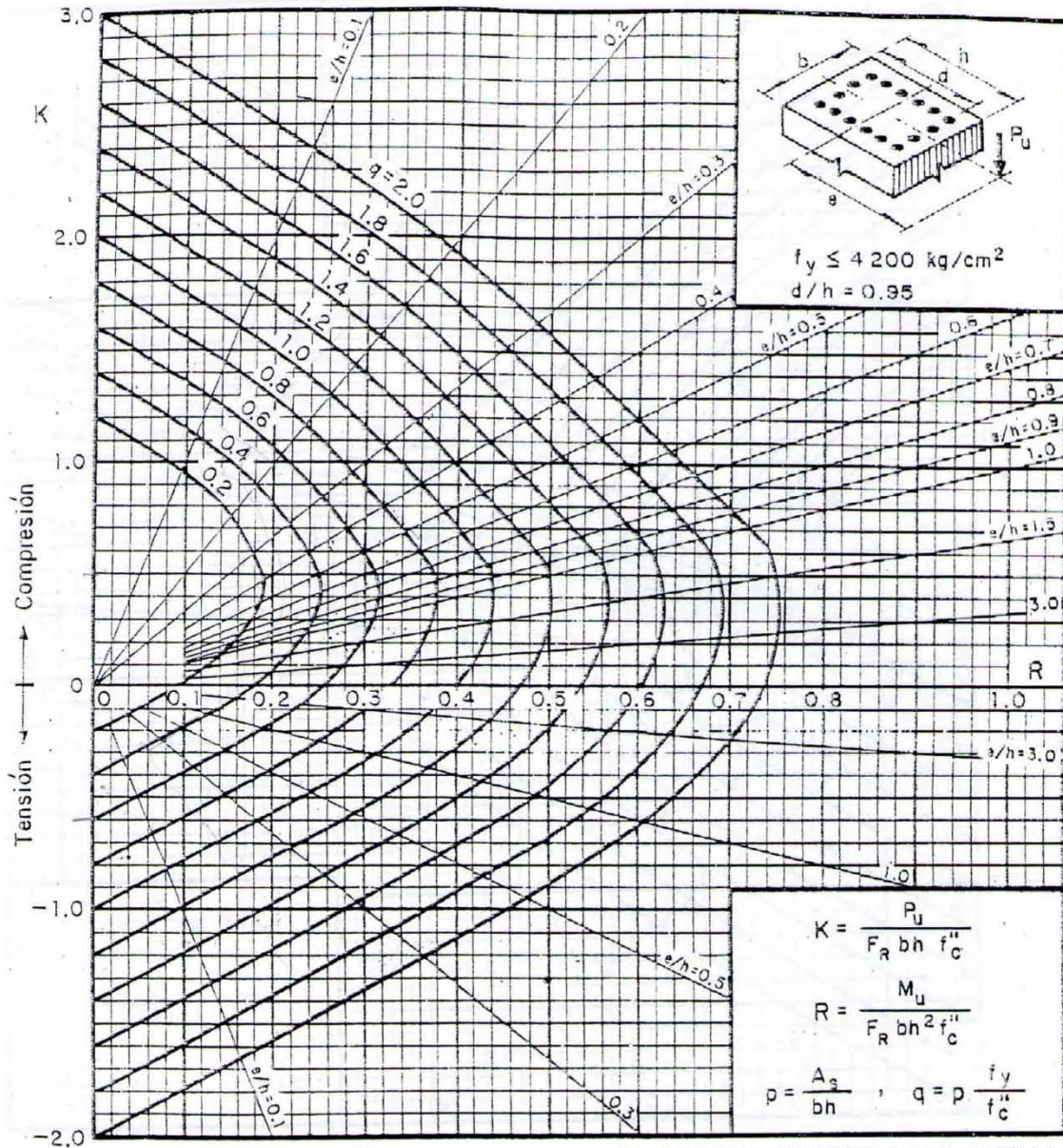
Fig 14  
139



$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 13  
138

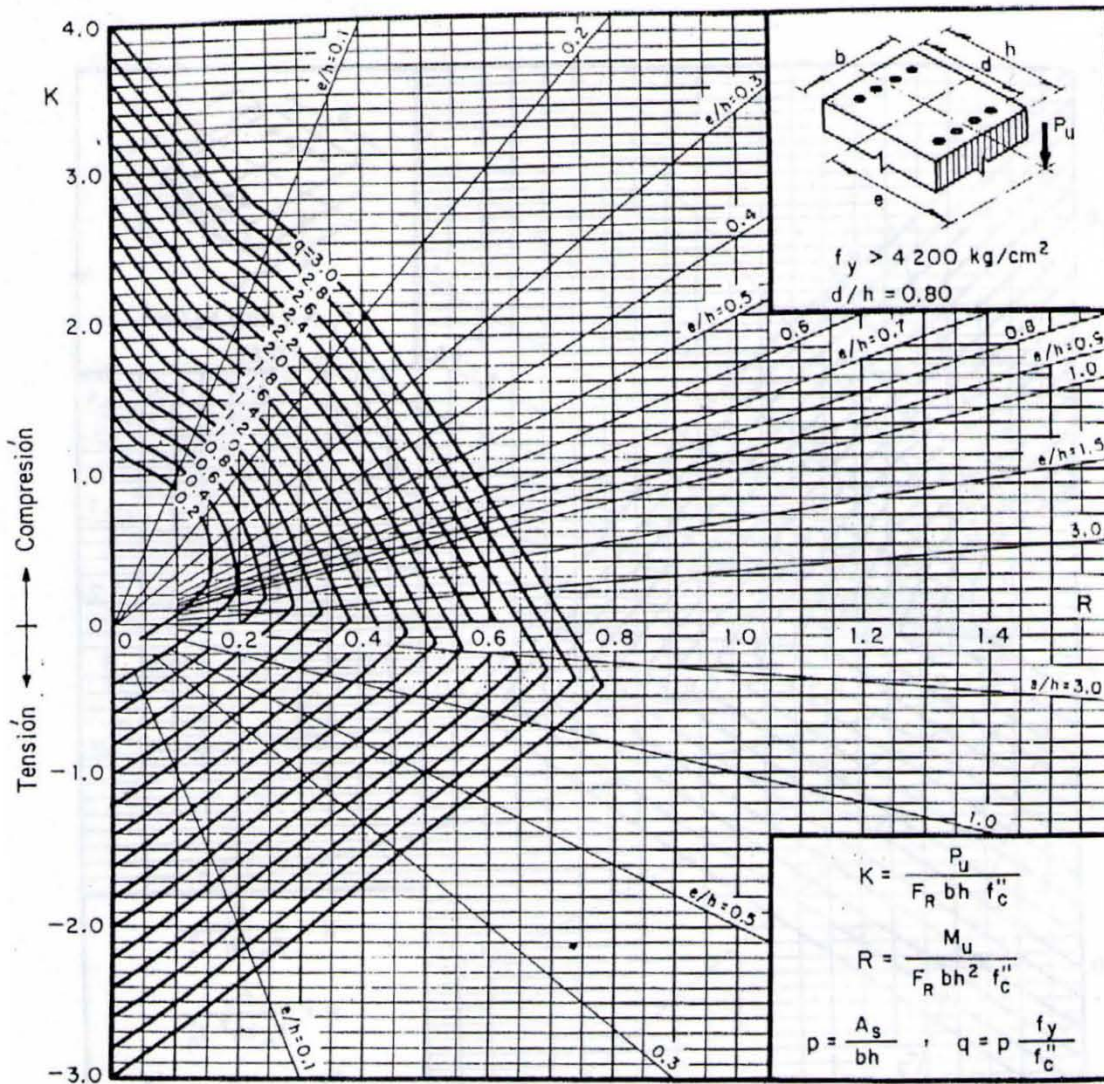




$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

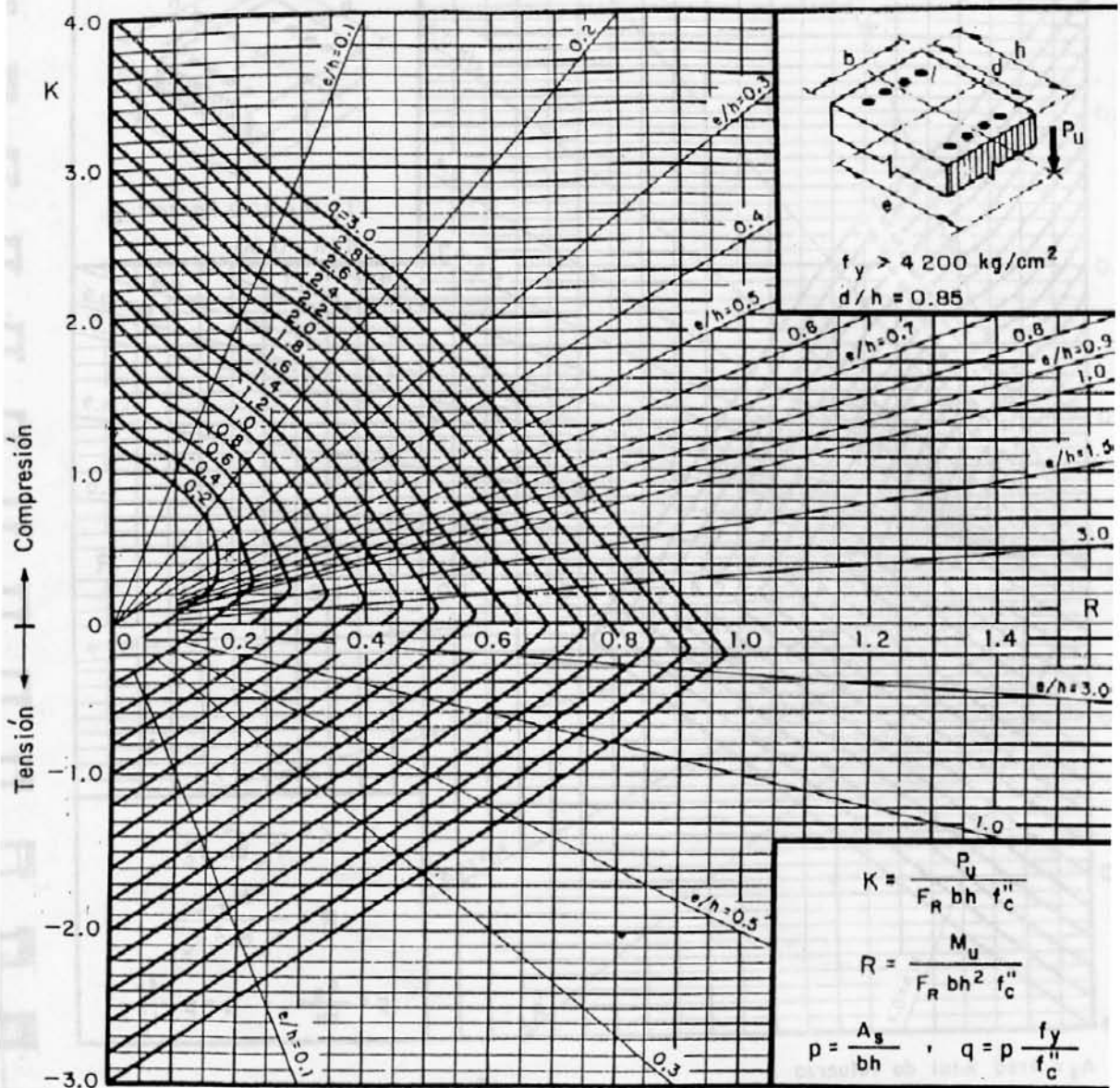
Fig 12





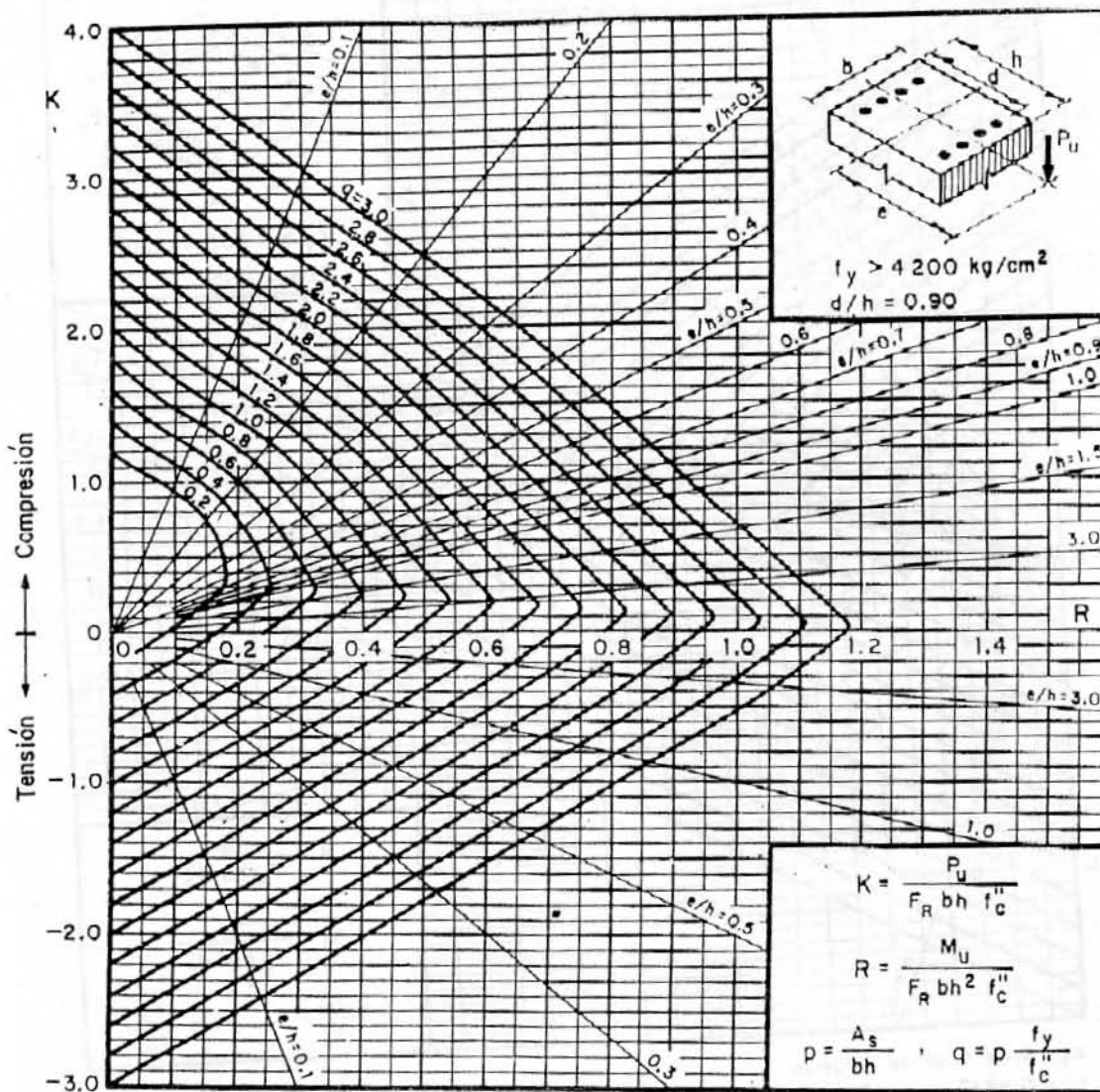
$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 11



$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 10

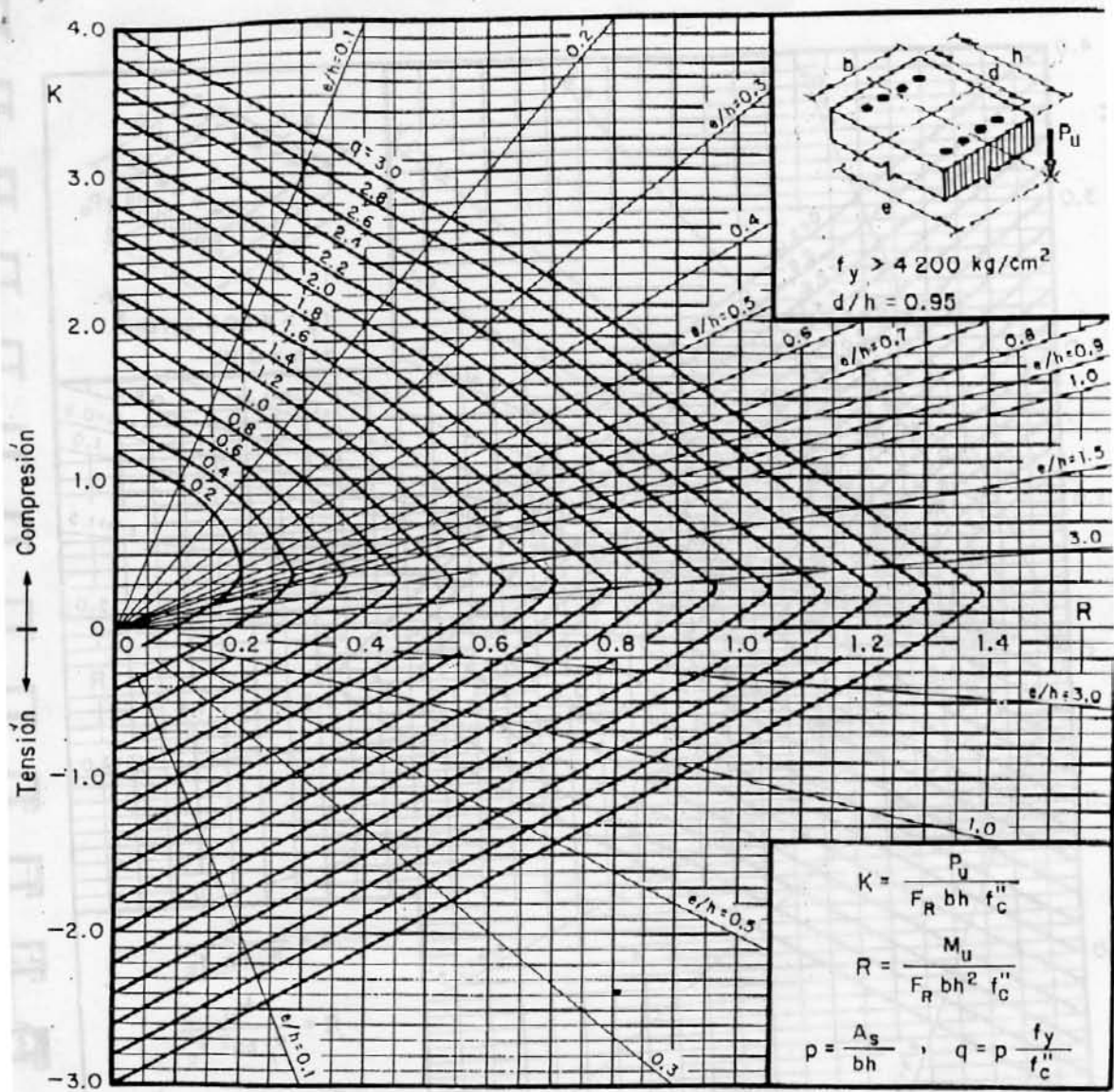


$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f'_c = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f'_c = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseno  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseno

Fig 9  
134

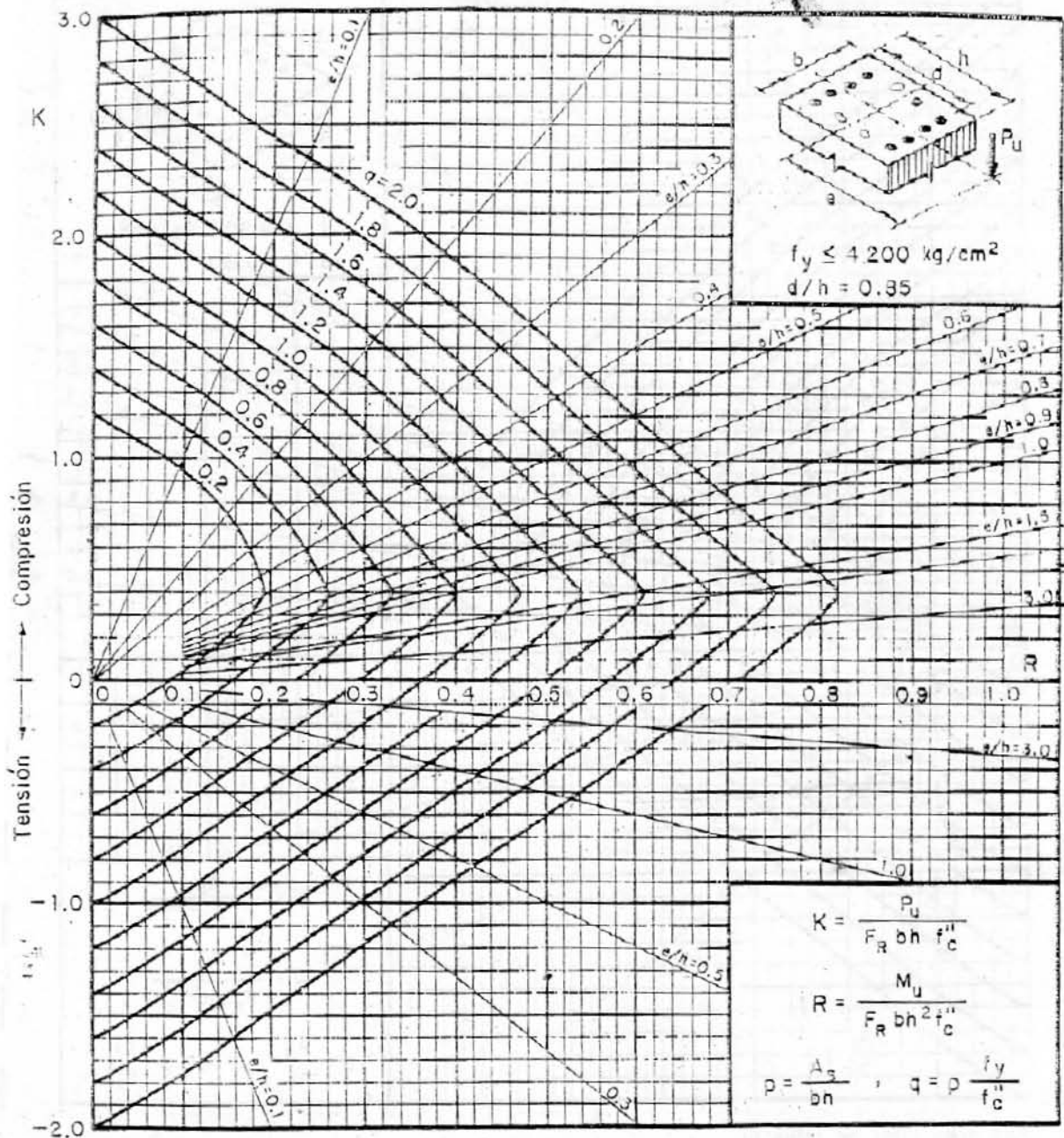






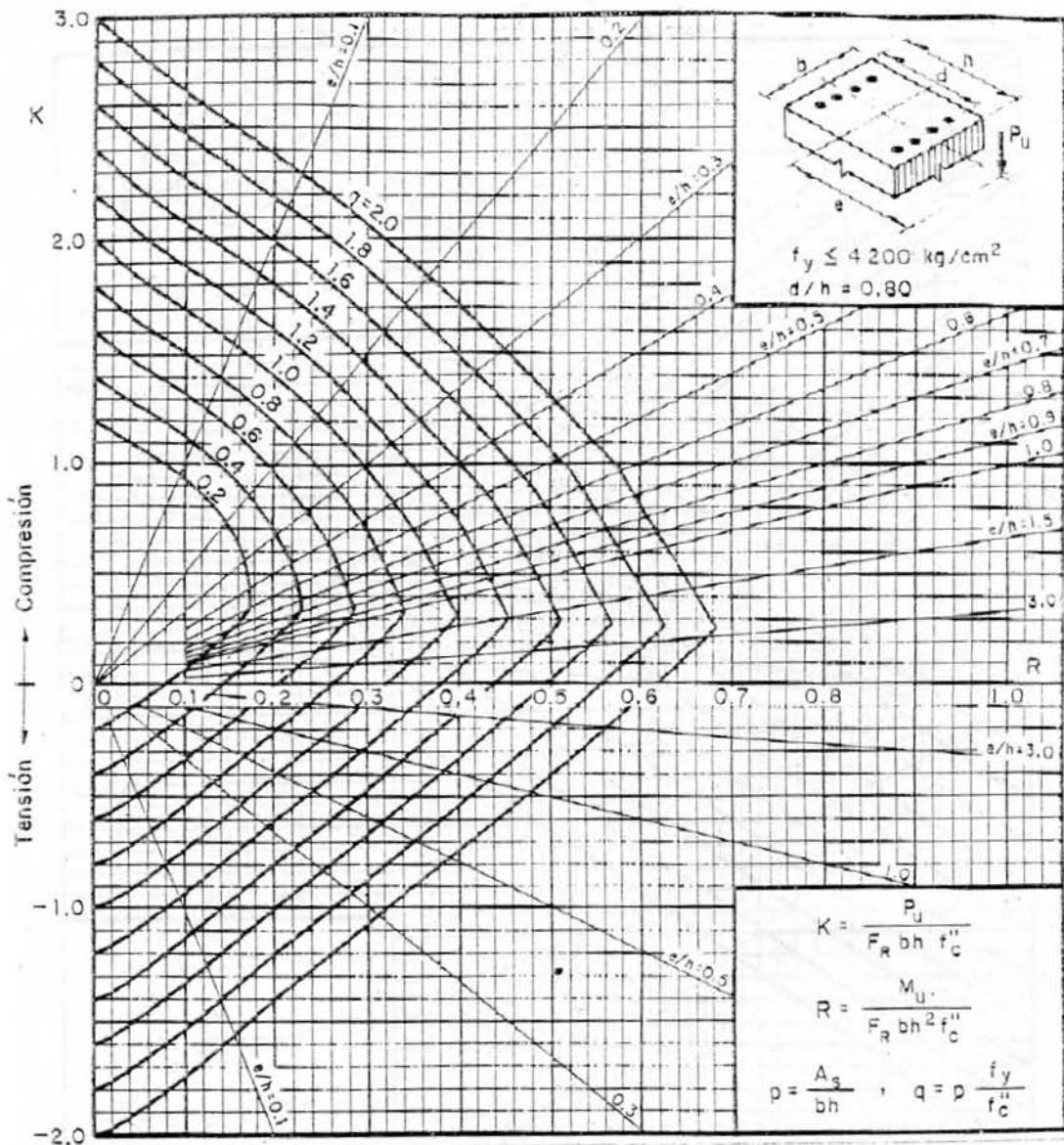
$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 8  
133



$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseno  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseno

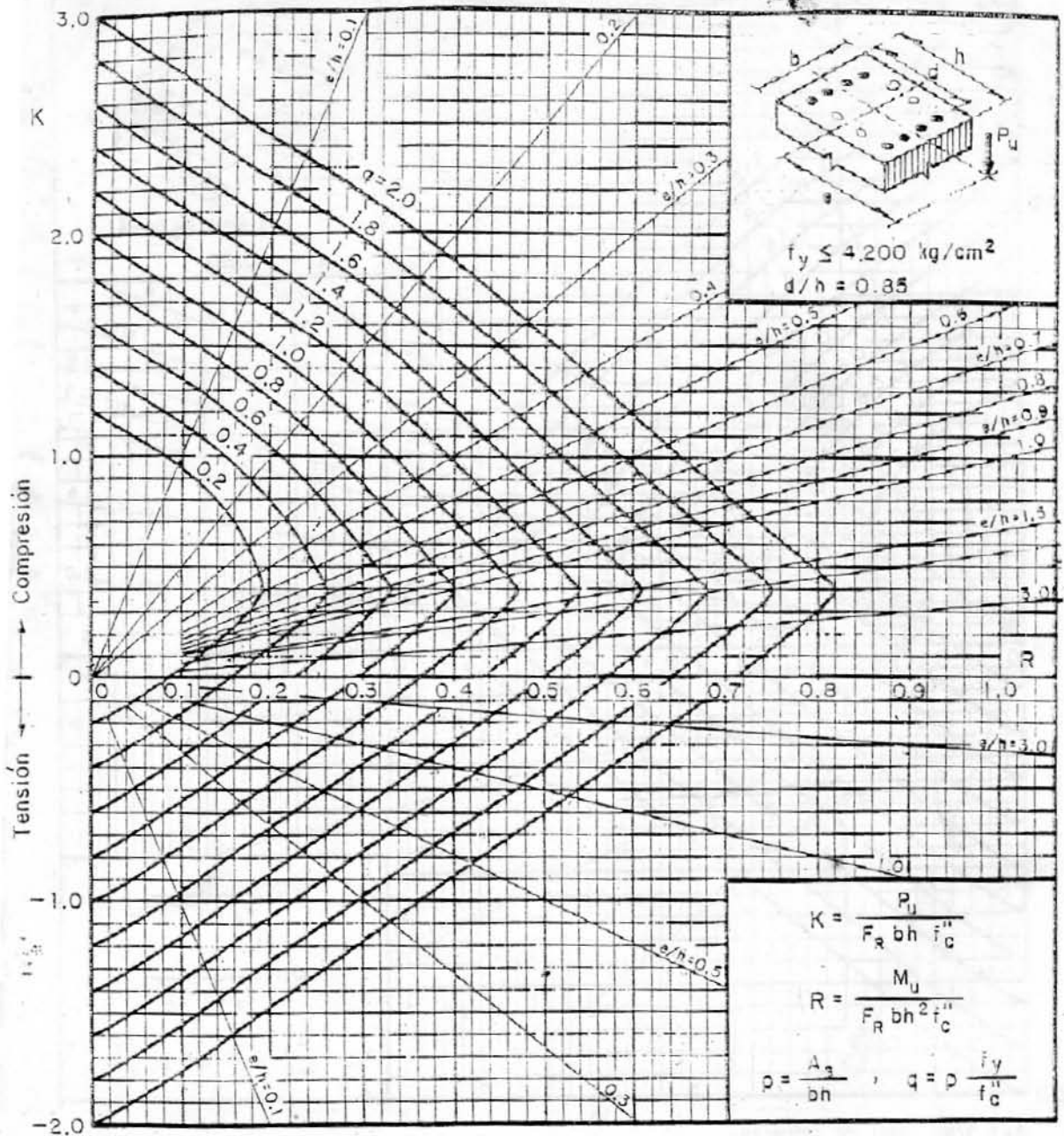
Fig 6



$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 7  
132

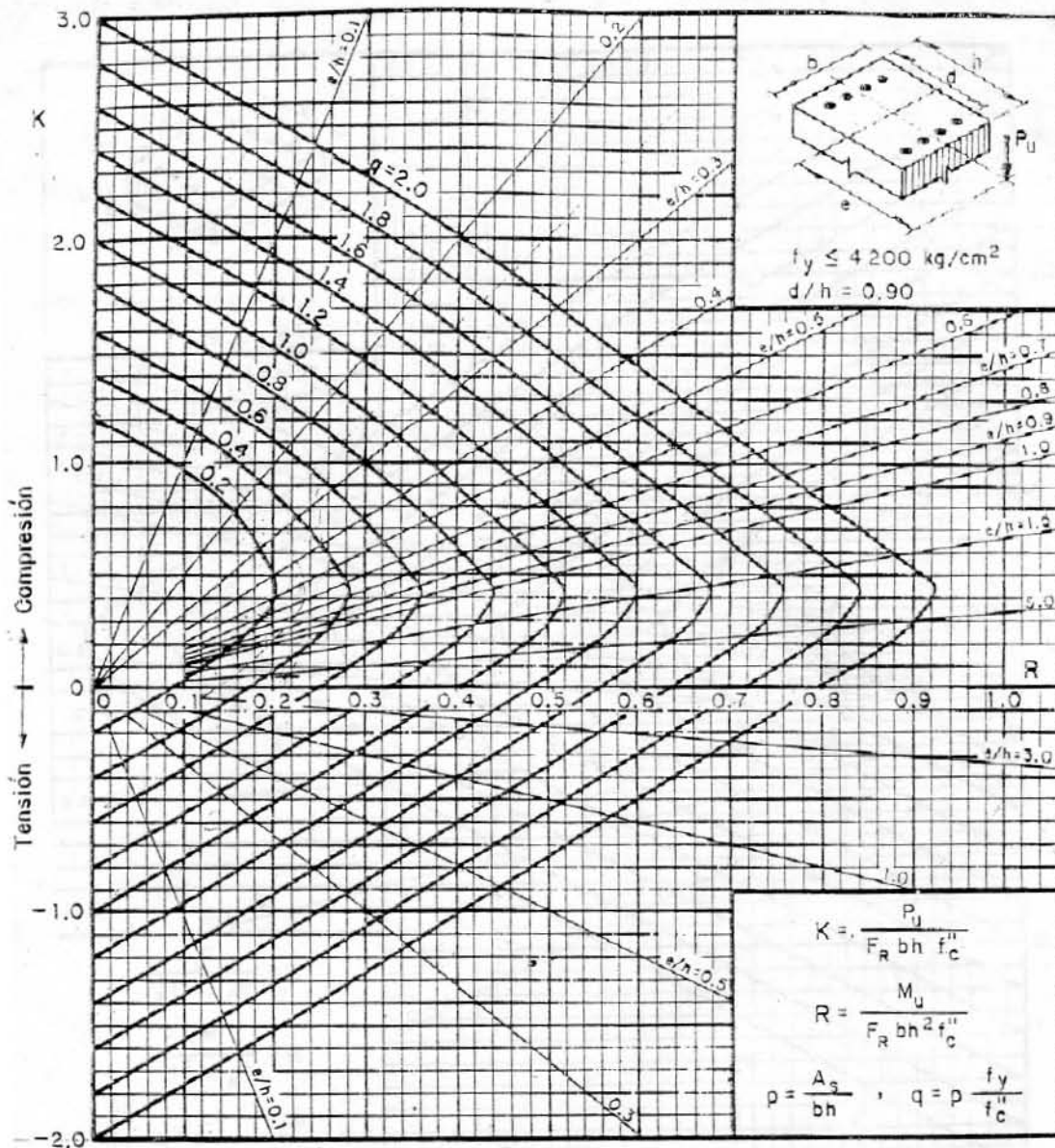
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO



$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f''_c = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f''_c = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

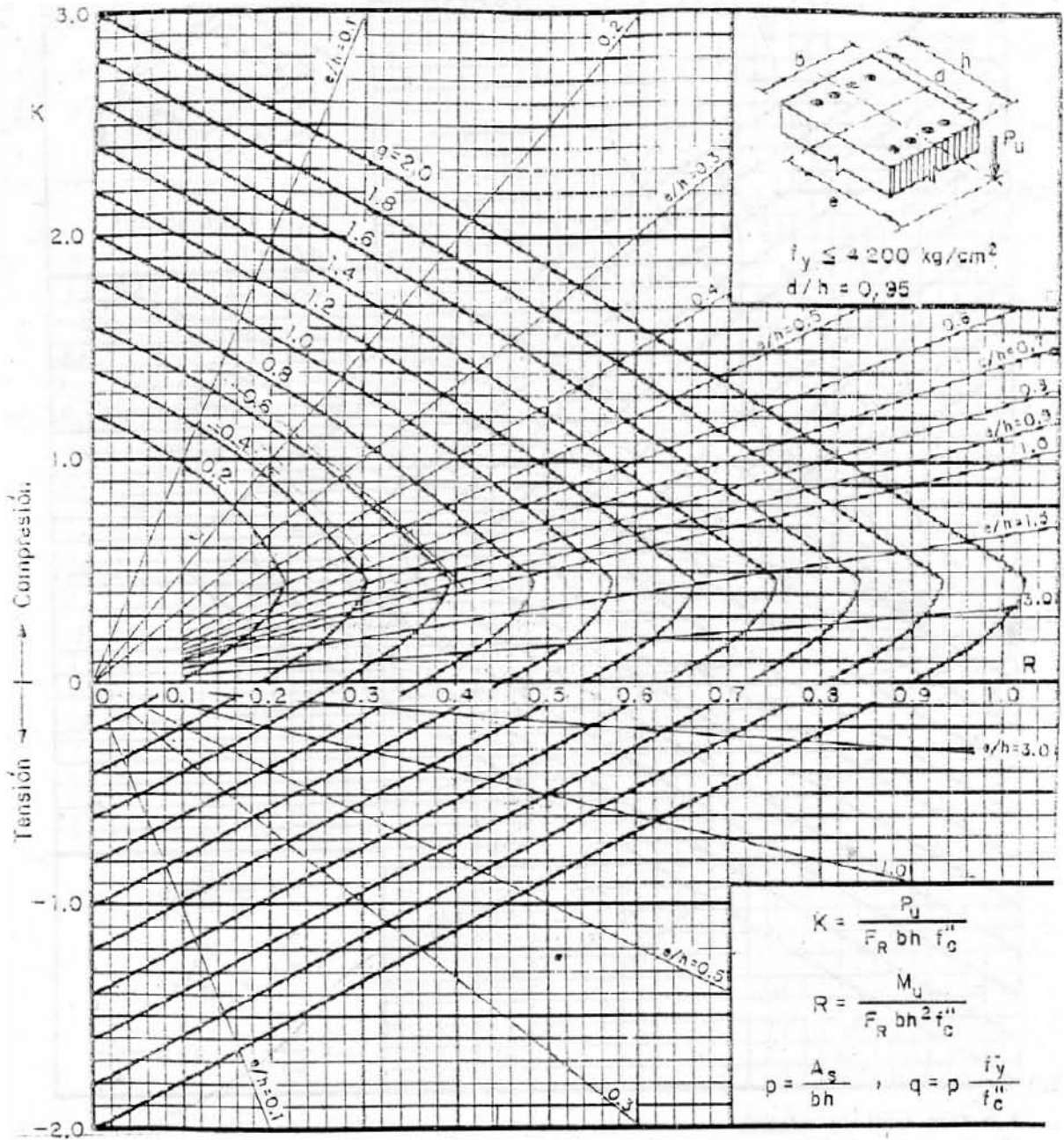
Fig 6





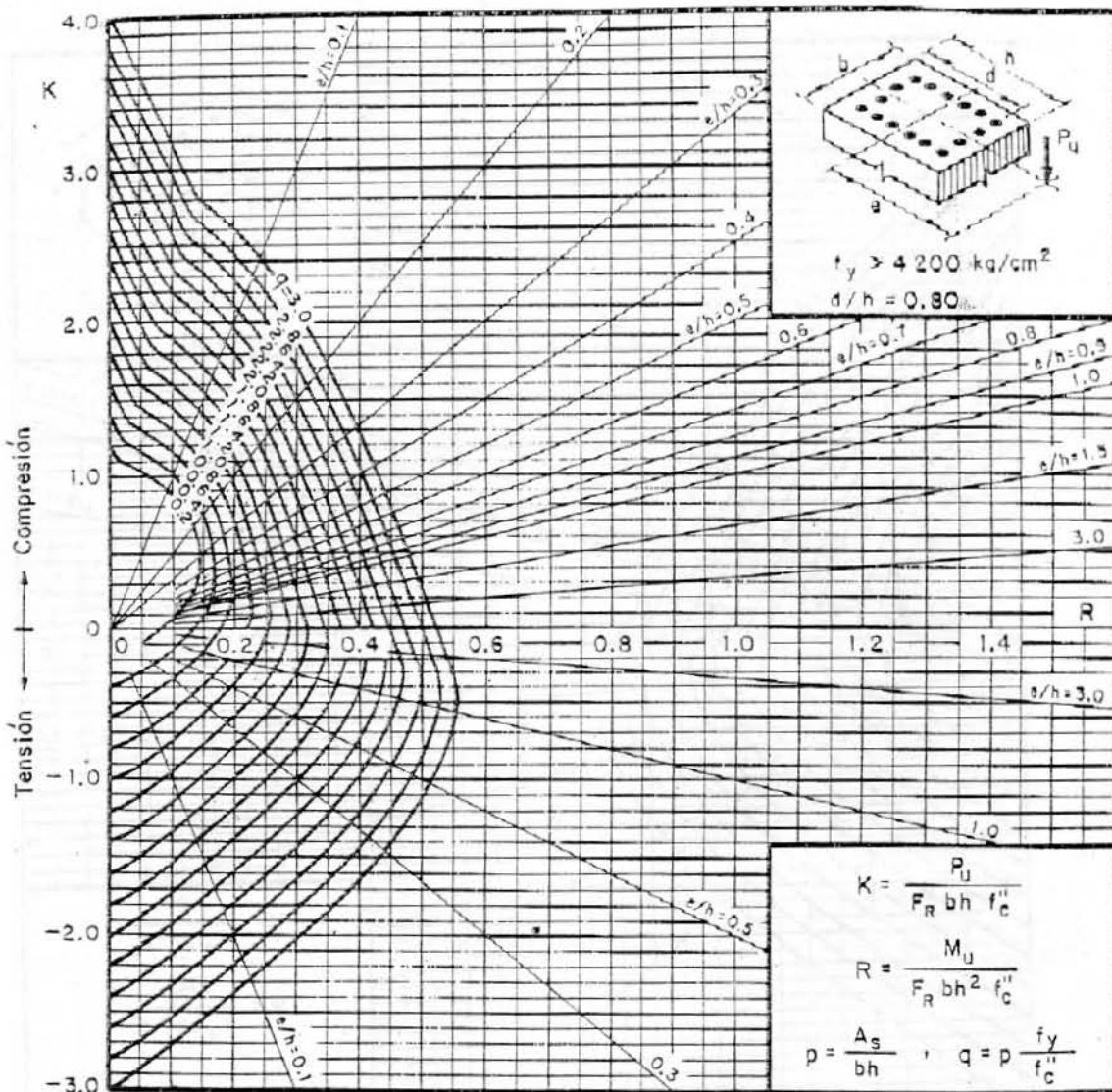
$A_s$  = Area total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$ , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$ , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 5  
130



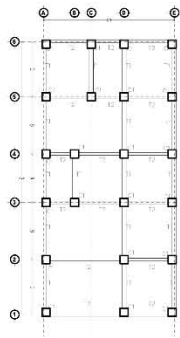
$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f''_c = 0,35 f'_c$  , si  $f'_c \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f''_c = (1,05 - \frac{f'_c}{1250}) f'_c$  , si  $f'_c > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

Fig 4  
129

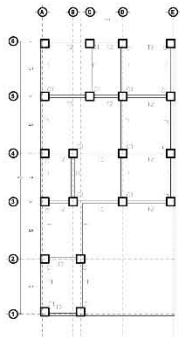


$A_s$  = Área total de refuerzo  
 $f_c'' = 0.85 f_c^*$  , si  $f_c^* \leq 250 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_c'' = (1.05 - \frac{f_c^*}{1250}) f_c^*$  , si  $f_c^* > 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_R$  = Factor de resistencia  
 $P_u$  = Carga axial de diseño  
 $M_u$  = Momento flexionante de diseño

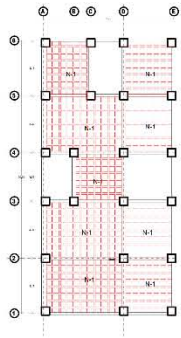
Fig 19



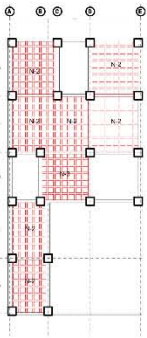
PRIMER PISO  
Escala 1:100



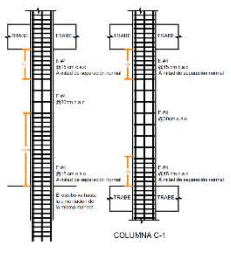
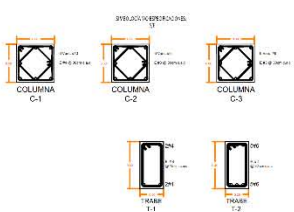
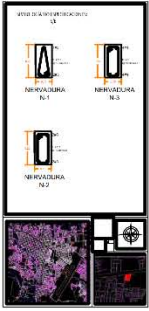
SEGUNDO PISO  
Escala 1:100



TERCER PISO  
Escala 1:100



CUARTO PISO  
Escala 1:100



**REQUISITOS DE IDENTIFICACION**

**PROYECTO:** EDIFICIO HABITACIONAL

**UBICACION:** CALLE 100 No. 100, BOGOTA

**PROYECTISTA:** [Logo]

**CLIENTE:** [Logo]

**FECHA:** [Date]

**ESCALA:** VARIAS METROS

**PROYECTO:** 01

<b>PROYECTO:</b> EDIFICIO HABITACIONAL	
<b>UBICACION:</b> CALLE 100 No. 100, BOGOTA	
<b>PROYECTISTA:</b> [Logo]	
<b>CLIENTE:</b> [Logo]	
<b>FECHA:</b> [Date]	
<b>ESCALA:</b> VARIAS METROS	
<b>PROYECTO:</b> 01	