



# **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

## **Escuela de Ingeniería Civil**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO REFORZADO PARA LA AMPLIACIÓN DEL HOSPITAL “FRAY JUAN DE SAN MIGUEL” DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICH.**

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Placido Carreño Delgado**

**Asesor: I.C. Sandra Natalia Parra Macías**

Uruapan, Michoacán, a 01 de Diciembre de 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## **AGRADECIMIENTOS**

La presente tesis es un emblema que representa la culminación de mis estudios en la carrera de Ingeniería Civil y una meta en mi vida. Fueron bastantes horas de esfuerzo y dedicación las que se emplearon para la elaboración del proyecto, y es por esta razón que quiero agradecer:

Primeramente a Dios, por permitirme llegar a este momento especial en mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me ha enseñado a valorar cada día más.

A mis padres, Placido Carreño García y Catalina Araceli Delgado Quintero por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, brindarme todo su apoyo, empeñar toda su confianza y creer en mi capacidad.

A mis hermanos, Alfredo, Sarai y Benito, Aunque en la mayoría de las veces parece que estuviéramos en una batalla, hay momentos en los que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos. Gracias por no sólo ayudarme en gran manera a concluir el desarrollo de esta tesis, sino por todos los bonitos momentos que pasamos en el proceso.

A mi novia, Brenda Alejandra, por estar conmigo siempre en las buenas y en las malas brindándome su apoyo y amor incondicional, por su comprensión y motivación, diciendo que el sacrificio de hoy es la recompensa del mañana.

A todos y cada uno de mis maestros, en especial a la I.C. Sandra Natalia Parra Macías por compartir sus conocimientos, tiempo y dedicación para la elaboración de esta investigación.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes .....	1
Planteamiento del problema .....	3
Objetivos .....	4
Pregunta de investigación .....	4
Justificación .....	5
Marco de referencia .....	6
CAPÍTULO 1.- ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL	
1.1.- Concepto de análisis estructural. ....	7
1.2.- Elementos de una estructura.....	9
1.3.- Aspectos básicos.....	9
1.3.1.- Análisis de resistencia. ....	10
1.3.2.- Análisis de rigidez. ....	10
1.3.3.- Análisis de estabilidad. ....	11
1.4.- Clasificación de las cargas.....	11
1.4.1.- Cargas vivas. ....	12
1.4.2.- Cargas muertas. ....	13
1.4.3.- Cargas accidentales. ....	14
1.5.- Análisis de estructuras de concreto reforzado. ....	17
1.6.- Concepto de diseño estructural.....	17
1.7.- Proceso de diseño estructural. ....	18

1.8.- Criterios de diseño estructural.....	20
1.9.- Materiales.....	23
1.10.- Reglamentos de diseño.....	28

## CAPÍTULO 2.- EL CONCRETO

2.1.- Definición de concreto.....	31
2.2.-Cemento Portland.....	34
2.3.- Concreto reforzado.....	37
2.4.- Antecedentes del concreto.....	38
2.5.- Agregados.....	40
2.5.1.- Clasificación de los agregados.....	41
2.5.2.- Almacenamiento de los agregados.....	45
2.5.3.- Humedad de los agregados.....	48
2.6.- Mezclado del concreto.....	48
2.6.1.- Equipos para mezclado.....	49
2.7.- Pruebas del concreto.....	50
2.8.- Fraguado del concreto.....	53
2.9.- Curado del concreto.....	54
2.10.- Aditivos para concreto.....	54

## CAPÍTULO 3.- RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

3.1.- Generalidades.....	57
3.1.1.- Objetivo.....	58
3.1.2.- Alcance del proyecto.....	59

3.2.- Resumen ejecutivo.....	59
3.3.- Entorno geográfico.....	60
3.3.1.- Macro y micro localización.....	60
3.3.2.- Geografía.....	65
3.3.3.- Clima.....	65
3.3.4.- Economía.....	66
3.4.- Informe Fotográfico.....	66
3.5.- Alternativas de solución.....	70
3.6.- Proceso de análisis.....	70

## CAPÍTULO 4.- METODOLOGÍA

4.1.- Método empleado.....	72
4.1.1.- Método matemático.....	74
4.2.- Enfoque de la investigación.....	75
4.2.1.- Alcance de la investigación.....	77
4.3.- Diseño de la investigación.....	78
4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.....	80
4.5.- Descripción del proceso de investigación.....	83

## CAPÍTULO 5.- CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1.- Análisis del modelo arquitectónico.....	85
5.2.- Diseño estructural.....	87
5.3.- Modelado en SAP.....	89
5.4.- Diseño de losas.....	97
5.5.- Diseño de trabes.....	112

5.6.- Diseño de columnas.....	127
CONCLUSIÓN.....	146
BIBLIOGRAFÍA.....	150
ANEXOS	

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

El hombre comenzó a preocuparse por el comportamiento de sus estructuras, y fueron los egipcios, romanos y griegos quienes empezaron a considerar lo que llamaron el análisis estructural para la construcción de sus pirámides y templos, descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza capaz de resistir y comenzaron a realizar las primeras construcciones de mampostería, tiempo después le agregaron minerales para crear lo que hoy en día conocemos como cemento. Este material resultó ser demasiado bueno al aplicarle cargas a compresión, pero de lo contrario al ser sometido a esfuerzos de tensión resultó actuar de manera frágil, de ahí surgió la idea de realizar una combinación de concreto con acero, de esta forma sería resistente a las acciones de tensión y compresión, y fue hasta el año de 1854 donde por primera vez se empezaron a introducir armaduras de hierro creando lo que comúnmente conocemos como concreto reforzado.

Hoy en día existen diversas estructuras de concreto de gran tamaño, que han sido un resultado de la aplicación de la Ingeniería, por medio de diseños estructurales, que consisten en la consideración de todas y cada una de las acciones a las que estará sometida la estructura durante su vida útil.



Al realizar una investigación por la biblioteca de la Universidad Don Vasco se encontraron diversos títulos de tesis relacionados al Diseño Estructural, que tienen algunos temas en común que podrían servir de referencia, que se presentan a continuación.

La primera tiene como título “Diseño estructural del hotel victoria ubicado en la ciudad de Tepic Nayarit” presentada en el año 2008 por Vianey Cristina Castellanos De La Cruz y Rafael Paz Sánchez, en el cual el objetivo de tu trabajo es proponer y diseñar un sistema estructural para un edificio de 5 niveles que resista a las fuerzas que se someterá durante su vida útil sin llegar al colapso o mal comportamiento del mismo; llegando a la conclusión de que se logró diseñar un edificio con dimensiones optimas de cada uno de sus elementos estructurales, logrando una solución segura y funcional.

La segunda tiene como título “Análisis y diseño estructural de la superestructura para el edificio de acero de tres niveles para aulas en Uruapan Michoacán”, elaborada en el año 2012, por Michael Joaquín Mendoza, en el que su propósito fue analizar y diseñar la superestructura de un edificio de acero que cumpla con todas las condiciones necesarias para tener un buen funcionamiento y que satisfaga las necesidades para el cual fue proyectada; en conclusión cumplimiento de su objetivo llegando a una estructura que cumple con todas las condiciones para las que fue diseñada de manera adecuada brindando seguridad y estética.

## **Planteamiento del problema**

La ciudad de Uruapan fue fundada en el año de 1533 por Fray Juan de San Miguel, convirtiéndose hoy en día en la segunda ciudad más importante del estado de Michoacán. Con el paso del tiempo su población ha ido aumentando considerablemente poniendo a la ciudad en la necesidad de ampliar más servicios básicos como salud, agua potable, teléfono, sistemas de drenaje y alcantarillado, entre otros. En el año de 1992 entra en servicio en la ciudad de Uruapan el hospital Fray Juan de San Miguel, con la finalidad de brindar atención médica de calidad a los habitantes. A través del tiempo el hospital adquirió una buena reputación y de esta forma su demanda de servicio aumento considerablemente, de tal manera que se vio en la necesidad de realizar una ampliación del inmueble. Finalmente, se construye una gran estructura de acero de cinco niveles, por lo tanto surge una pregunta, ¿Por qué fue construido con secciones de acero y no de concreto reforzado?

Una estructura independientemente del material que esté construido tiene la misma finalidad que es soportar las condiciones a las que fue diseñado, en cambio su modo de construcción si es muy diferente. Las estructuras de acero son más complejas y se elaboran con piezas prefabricadas que deben ser colocadas y unidas minuciosamente por personal capacitado, por otra parte para las estructuras de concreto existe mayor personal de trabajo y las piezas que van formando la armadura son armadas y coladas en el sitio.

## **Objetivos.**

Objetivo general:

Analizar y diseñar la estructura en concreto reforzado para la ampliación del hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan, tomando en cuenta todas las condiciones a las que será sometido durante su vida útil para obtener un adecuado funcionamiento.

Objetivos particulares:

- 1) Definir cuál es el proceso de diseño estructural.
- 2) Conocer los métodos de diseño estructural.
- 3) Proponer una estructura eficiente.
- 4) Definir que es el concreto.
- 5) Determinar los diferentes tipos de concreto.
- 6) Proponer concreto reforzado para el análisis.

## **Pregunta de investigación.**

A lo largo del tiempo el concreto reforzado ha sido el material dominante sobre la construcción en pequeñas y grandes estructuras, con la presente investigación se busca como objetivo dar respuesta a la siguiente pregunta, ¿Cuál es el adecuado análisis y diseño estructural en concreto reforzado para la ampliación del hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan?

## **Justificación.**

El proceso de diseño estructural se considera de suma importancia en la Ingeniería Civil para todo tipo de construcciones, la mayoría de las personas quieren omitir este paso con el fin de obtener un ahorro económico, sin darse cuenta que es una de las mejores formas de garantizar el correcto funcionamiento de su estructura.

Al realizarse el presente trabajo de investigación el principal beneficiado es el investigador, de esta manera resolverá la duda que lo llevó a la elaboración de la misma, profundizando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería civil en el área de análisis y diseño de estructuras en concreto. También serán beneficiadas las personas que al igual que el investigador tengan la inquietud de saber cuál hubiera sido el diseño estructural del hospital Fray Juan de San Miguel utilizando el concreto reforzado como material de construcción.

La Escuela de Ingeniería Civil, así como el resto de los estudiantes relacionados con el área de la construcción también serán beneficiados con este trabajo de investigación, ya que podrán consultarlo de forma fácil y rápida en la biblioteca de la Universidad Don Vasco, permitiéndoles resolver algunas dudas sobre el tema o guiarlos en la elaboración de un proyecto relacionado con el tema de diseño estructural de estructuras de concreto.

## **Marco de referencia.**

La elaboración del proyecto de análisis y diseño estructural se llevará a cabo en el estado de Michoacán, en la ciudad de Uruapan, su ubicación en coordenadas geográficas 19°25'10"N 102°03'30"O con respecto al meridiano de Greenwich, se encuentra a 1620 msnm con un área aproximada de 954.17 km<sup>2</sup>. Según el censo de población realizado por el INEGI en el año 2010 la población es de 315,350 habitantes, el clima es templado y se encuentra una exuberante vegetación. Cada año es visitada por miles de personas del interior de la república y del extranjero convirtiéndose en una ciudad de atracción turística debido a su amplia cultura en gastronomía y artesanías, su principal atractivo turístico natural es el Parque Nacional Lic. Eduardo Ruiz, dentro del cual nace el Río Cupatitzio.

Es reconocida a nivel internación por su gran producción de aguacate, de ahí el nombre de capital mundial del aguacate, sin dejar de mencionar sus demás actividades agrícolas como lo son la producción de la caña de azúcar, maíz, durazno, café, guayaba y hortalizas como jitomate, chile y calabaza. Su principal actividad económica es el comercio y el sector servicio integrada por la actividad de hoteles y restaurantes de la ciudad, así como de los centros comerciales.

Siendo la segunda ciudad más grande del estado de Michoacán el desarrollo en infraestructura es considerable, contando con todos los servicios básicos como agua potable, drenaje, luz, teléfono, entre otros. Dentro de la misma ciudad se encuentra el hospital Fray Juan de San Miguel, que proporciona el servicio de atención médica desde el año 1992, hoy en día cuenta con amplias instalaciones que ayudan a mejorar el servicio.

# CAPÍTULO 1

## ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Un Ingeniero Civil a lo largo de su vida laboral se encuentra participando constantemente en el diseño de estructuras como puentes, edificios, carreteras, presas hidroeléctricas, entre otras, donde frecuentemente se toman decisiones para elegir estructuras eficientes, seguras y que se encuentren en un rango económico considerable. En este capítulo se abordan temas relacionados al análisis y diseño estructural contemplando sus conceptos generales, procesos, elementos y comportamiento permisible de una estructura basada en reglamentos de construcción para que desempeñe un correcto funcionamiento en su vida útil.

### **1.1.- Concepto de análisis estructural.**

Antes de abordar el tema relacionado con estructuras se debe entender que una estructura es un conjunto de elementos que se unen y trabajan en una forma ordenada para cumplir una función destinada, algunas de estas funciones pueden ser: salvar un claro, como lo puede ser un puente; encerrar un espacio, como ocurre en las diferentes edificaciones; o contener un empuje, como los muros de contención, de acuerdo con González (2012).

Como menciona Beaufait (1981), para garantizar el buen comportamiento de una estructura se deben de predecir con exactitud la respuesta que tendrá al estar sometida a diversos tipos de alteraciones que puedan ocurrir a lo largo de su vida útil, esto se logra por medio de la predicción de respuesta de la estructura, complementándose con un modelo que represente el comportamiento que tendrá siendo lo más próximo posible al de una estructura real.

Partiendo de lo dicho por el autor anterior mencionado, prácticamente existen dos tipos de modelos, el físico que este se prueba en un laboratorio, los resultados pueden ayudar a realizar el diseño y dimensionamiento de cada uno de los componentes de la estructura, y el matemático, normalmente el modelo físico se utiliza para confirmar el modelo matemático. Tiempo atrás al realizar estructuras se empleaban conocimientos empíricos para proporcionar y dimensionar, fue gracias a Galileo que a partir del siglo XVIII trató de explicar el comportamiento de los cuerpos al someterse a una aplicación de cargas, posteriormente con el trabajo de investigadores como Newton, Coulomb y Poisson se fueron mejorando las técnicas, hoy el día los ingenieros diseñadores cuentan con sofisticados software que les ayudan a estudiar el comportamiento de estructuras.

## **1.2.- Elementos de una estructura.**

Como lo menciona McCormac (1983), en una estructura prácticamente existen tres tipos básicos de elementos que se estudian en un análisis y diseño estructural.

- a) Vigas: son elementos que están sometidos a flexión, usualmente se colocan en una posición horizontal y las cargas que se efectúan sobre ella son verticales y en efecto de la gravedad
- b) Tirantes: este tipo de elementos se encuentra sometidos únicamente a esfuerzos de tensión, se pueden encontrar en diferentes posiciones de según la estructura los requiera.
- c) Columnas o postes: en este caso son los que se encuentran sujetos a compresión axial.

## **1.3.- Aspectos básicos.**

Al realizarse el análisis de una estructura existen tres consideraciones básicas. La estructura debe ser lo suficientemente fuerte para resistir todas las condiciones de cargas a las que será sometida. Cada uno de los elementos de una estructura debe tener rigidez para comportarse de una manera adecuada y no sufrir deformaciones excesivas al aplicar una carga. Por último, se dice que los elementos que conforman la estructura deben estar bien proporcionados y tengan estabilidad para evitar un posible pandeo al aplicar una fuerza en compresión, según Beaufait (1981).



### **1.3.1.- Análisis de resistencia.**

“La resistencia de un miembro de un sistema estructural se determina a partir del análisis del estado de esfuerzo en el modelo. Este análisis normalmente incluye la evaluación de esfuerzos normales, cortantes y normales inducidos por flexión producidos por cualquier acción que la estructura deba resistir” (Beaufait; 1981:3). Los estados de esfuerzo deben contrarrestar los efectos que le imponen a la estructura como deslizamientos y fuerzas, y encontrar un equilibrio entre la relación esfuerzo deformación. Para cumplir con los requisitos antes mencionados es necesario seleccionar el material en proporción adecuada, de tal manera que al analizar un esfuerzo en cualquier parte de un miembro de una estructura no exceda los valores permisibles.

### **1.3.2.- Análisis de rigidez.**

Como señala Beaufait (1981), la rigidez es una propiedad que debe tener cada uno de los diferentes elementos que conforman una estructura y se considera como la relación que existe entre la fuerza aplicada y la deformación resultante. Se dice que en la deformación ocurre un desplazamiento de la geometría del elemento, es aquí donde el diseñador puede aplicar un análisis de rigideces para considerar cada uno de estos movimientos, aunque una estructura sea capaz de resistir deformaciones, si estas son excesivas pueden ocurrir un deslizamiento afectando el correcto funcionamiento de la misma.

### **1.3.3.- Análisis de estabilidad.**

De acuerdo con Beaufait (1981), la estabilidad hace referencia al fenómeno del pandeo ocurrido en los elementos de una estructura al someterse a una aplicación de carga a compresión, se dice que este modo de falla o colapso se debe directamente a la relación de esbeltez de los elementos y a sus propiedades mecánicas.

### **1.4.- Clasificación de las cargas.**

McCormac (1983), explica que una de las labores más complejas a las que se enfrenta un ingeniero estructurista consiste en valorar todas las cargas que puedan aplicarse en un sistema de estructura, no se debe evadir ningún tipo de carga por la que pueda pasar dicha estructura porque podrá poner en riesgo su adecuado funcionamiento a lo largo de su vida útil.

“Al estimar las acciones, es necesario prever las condiciones más desfavorables en que la estructura pueda llegar a encontrarse, así como el tiempo que sufrirá estas condiciones desfavorables” (González; 2012:22). Para realizar un análisis más estricto de las acciones a las que está sometida a lo largo de su vida útil sería necesario realizar un estudio de las variaciones probables que puedan ocurrir. En el caso de un puente se consideraría un tránsito intenso con vientos muy desfavorables, a este tipo de cargas se clasifican en tres diferentes que son cargas vivas, cargas muertas y cargas accidentales.

#### **1.4.1.- Cargas vivas.**

“La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye, por tanto, todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma” (Meli; 2014:131). Dentro de este parámetro existen demasiados elementos que pueden actuar como cargas vivas, pero prácticamente se resumen en el peso de los muebles, mercancías, equipos y personas. Es muy importante analizar este tipo de cargas para el diseño de una construcción debido a que es una acción variable que se otorga a cada estructura de acuerdo a la finalidad que esté destinada. Un edificio, un puente, o una estructura industrial son prácticamente los tres diferentes tipos de estructuras donde estas cargas actúan de manera muy diferente sobre cada uno de ellos.

Continuando lo dicho por el autor anterior, las cargas de operación se integran por diferentes características de comportamiento variable como distribución de espacio y tiempo, así como la forma que intervienen en la estructura, que puede ser de una forma fija prácticamente permanente o una forma variable de acuerdo al tiempo. Es muy difícil ejemplificar un modelo que represente el efecto real que tiene este tipo de cargas, para el proceso de análisis y diseño se acude a un prototipo más simple que consiste en obtener cargas uniformemente distribuidas en forma estática agregando algunas cargas concentradas, considerando en representar la acción más desfavorable a las que puede estar sometida.

Como refiere Meli (2014), las cargas vivas actúan de manera muy diferente en cada una de las estructuras, un ejemplo muy claro es el de un puente donde la cargas semipermanentes son prácticamente nulas, mientras que las cargas instantáneas son constantes, en cambio en una biblioteca las cargas semipermanentes representan prácticamente la totalidad de la carga viva.

#### **1.4.2.- Cargas muertas.**

“Se le llama carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción; incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como los muros divisorios, los revestimientos de pisos, muros y fachadas, la ventanería, las instalaciones y todos aquellos elementos que conservan una posición fija en la construcción.” (Meli; 2014:128)

Partiendo de lo dicho por el autor antes mencionado, realizar el análisis de las cargas muertas se torna un poco más sencillo que el de las cargas vivas, debido a que éste solo consiste en determinar el volumen de todos y cada uno de los diferentes materiales empleados en la estructura y su multiplicación por el peso volumétrico de cada uno de ellos respectivamente. La mayoría de las cargas muertas son representadas como uniformemente distribuidas en determinada área de la estructura, pero llegan a existir algunos elementos como el ejemplo de un tinaco de agua potable que se encuentra en la parte superior de una estructura, es representado como carga concentrada.

Como lo menciona Meli (2014), se cree que el análisis de las cargas muertas es el más preciso, cabe mencionar que es en el cual puede existir un poco menos de inquietud pero las diferencias que existe entre los valores considerados en el cálculo y los valores reales no deben ser despreciados, esto se debe principalmente a que durante el transcurso de la construcción existen constantes modificaciones de dimensiones lo que ocasiona una variación de peso en algunos elementos, se dice que en algunas construcciones llega a existir una variación del veinte por ciento del peso estimado. En algunos casos el peso de las diferentes cargas muertas de una estructura favorece al buen comportamiento de la misma evitando volteo por empujes de suelo, por viento o flotaciones por subpresiones del agua.

#### **1.4.3.- Cargas accidentales.**

De acuerdo al Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF, 2013) las cargas accidentales son todas aquellas que no se encuentran dentro del funcionamiento normal de la estructura pero que pueden alcanzar efectos considerables en lapsos de tiempo cortos, entre estos efectos se considera un sismo, el viento, precipitaciones congeladas como pueden ser nieve o granizo. El parámetro para el análisis por sismo de una estructura es que debe resistir un sismo de ocho grados en la escala de Richter durante un periodo de cincuenta segundos, que es lo que aproximadamente sucede cada 25 años.

- Sismo

“Según las teorías más razonables, los temblores tectónicos se deben a una acumulación de energía de deformación en los grandes bloques del inferior de la corteza terrestre, provocada por distintas causas, tales como contracciones térmicas, desplazamientos, etc.”(López; 1993:31). Otra causa de los temblores pero de menor magnitud es la de origen volcánico. México se encuentra situado en el cinturón de Circumpacífico y es por esta razón que en los procesos de análisis y diseño es de suma importancia que sean considerados los efectos más desfavorables que se puedan presentar. El movimiento que producen estos fenómenos se clasifican en ondas de cuerpo y ondas de superficie, éstas últimas a su vez se dividen en longitudinales y transversales.

La magnitud de un sismo (escala de Richter) se obtiene por la cantidad de energía que libera y se mide en logaritmo de máxima amplitud expresada en milésimas de milímetros donde las ondas se registran en aparatos de medición llamados sismómetros con un alcance de 100 kilómetros. Por otra parte la intensidad es la fuerza destructiva que tiene en un lugar determinado y esto depende de la distancia del foco y de las características del terreno, para su medición la más utilizada es la escala de Mercalli que se divide en 12 secciones tomando en cuenta el parámetro destructivo que ocasiona en las estructuras las cuales son: instrumental, muy ligero, ligero, medio fuerte, fuerte, muy fuerte, muy violento, ruinoso, desastroso y tres subdivisiones de catastrófico, según López (1993).

- Viento

El viento es aire que se encuentra en constante movimiento y se considera como un fluido que ejerce presiones sobre los objetos que se interponen, cuando esto sucede el viento desvía su camino, si la velocidad es baja el fluido envuelve el objeto, mientras tanto “ al aumentar la velocidad del aire, sus partículas envuelven el sólido en la cara de barlovento, mientras que en la zona de sotavento las partículas se separan violentamente, creando una serie de alteraciones que se traducen en cambios de velocidad y por lo tanto de presiones en el tiempo.”(López; 1993:102)

Reanudando lo dicho por el autor antes mencionado, el viento no se considera como una fuerza estática debido a las variaciones de velocidad que tiene con respecto al tiempo y actúan de manera muy distinta de acuerdo al diseño de la estructura y la zona en que se encuentre. En algunos casos en estructuras no tan importantes bastara representar la fuerza del viento como una carga estática, de lo contrario en obras de grandes dimensiones y de mayor importancia se tiene que hacer pruebas experimentales mediante un modelo físico a escala sometido en un túnel de viento. Para realizar dichas pruebas y recomendaciones de diseño es necesario contar con información de las máximas velocidades que ha alcanzado el viento en determinada zona y esto se obtiene realizando estudios de viento con un anemógrafo que se colocan a distintas alturas para obtener las variaciones de velocidad.

### 1.5.- Análisis de estructuras de concreto reforzado.

Al realizar un análisis en una estructura de concreto es necesario la imaginación del edificio desfragmentado en marcos planos en dos direcciones, de esta manera se hace un poco menos complejo el problema de tres dimensiones reduciéndolo a dos dimensiones, según González (2012).

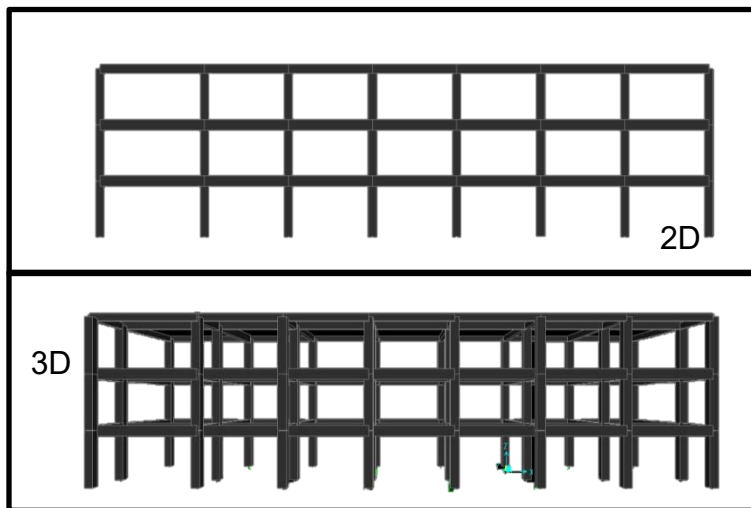


Fig. 1.1.- Estructura de concreto en dos y tres dimensiones

Fuente: Propia

### 1.6.- Concepto de diseño estructural.

“El diseño estructural abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitaciones que presentan durante las distintas etapas de su existencia.” (Meli; 2014:15)



De acuerdo con el mismo autor, el diseño estructural es una parte esencial para cualquier tipo de obra civil debido a que se fijan las características que debe tener dicha estructura para poder cumplir todas las acciones de manera adecuada a las que está destinada, en la que todos sus subsistemas como el diseño arquitectónico, el diseño estructural, los sistemas hidráulicos, sanitarios y eléctricos interactúen de manera adecuada, como respuesta primordial no debe sufrir ningún tipo de falla o mal comportamiento para que pueda ser habitado.

Partiendo de lo dicho por González (2012), una vez que se tienen en consideración todas las acciones a las que será sometida dicha estructura con los dimensionamiento generales se deben ensayar diferentes modelos, en ésta parte es donde entran los conocimientos y la experiencia de un ingeniero para poder elegir una adecuada estructura, de aquí depende una parte primordial para el costo de la obra, debido que el ingeniero debe elegir el material del que se construirá dicha estructura así como la mano de obra y el equipo disponible que se tenga, incluyendo la elección del proceso constructivo más adecuado para el tiempo de material.

### **1.7.- Proceso de diseño estructural.**

“El diseño es un proceso creativo mediante el cual se definen las características de un sistema de manera que cumplan en forma óptima con sus objetivos” (Meli; 2014:21). El acierto de la estructura en su inicio depende de la capacidad y criterio del diseñador para imaginar un sistema estructural sin embargo es útil considerar tres aspectos fundamentales:

- Estructuración:

Retomando a Meli (2014), todo inicia de necesidad de una nueva estructura donde solo se tiene el conocimiento de la forma y finalidad a la que está destinada, de ahí parten distintos procesos. La estructuración es el comienzo del proyecto de una obra donde a partir de la información básica se empiezan a tomar decisiones como cuál será el material de construcción más adecuado para esa estructura así como la mano de obra que será necesaria, considerando cual será el costo de ejecución y sin olvidar que la finalidad de un proyecto de ingeniería civil es que debe ser funcional encontrándose dentro de un rango económico considerable.

- Análisis

Como ya se ha mencionado en temas anteriores, el análisis es un proceso de suma importancia “basta entender que se trata de determinar los efectos de cargas que pueden afectar a la estructura durante su vida útil” (Meli; 2014:22). Se clasifican en cargas vivas, que son todas aquellas que están en constante movimiento. Cargas muertas, que se considera como el peso propio de ella, y por último las cargas accidentales que es toda aquella que afecta en lapsos cortos de tiempo pero que pueden perjudicar de manera muy significativa como el viento, sismos, entre otros. Cada uno de ellos se debe analizar de acuerdo al tipo de estructura debido a que actúan de manera muy diferente.

- Dimensionamiento

Continuando lo dicho por Meli (2014), esta es la parte final donde se define a detalle la estructura, debido a que a lo largo del proceso con la interacción de nuevos elementos que no estaban considerados existen constantes cambios de espacios y dimensiones, además se revisan los requisitos de seguridad que se tienen contemplados para dicha obra a elaborar. Una vez acordado lo anterior se procede a la elaboración de planos donde se especifican todos y cada uno de los procesos de construcción necesarios para la estructura. Al identificar tres partes en el diseño se podría pensar que es un proceso unidireccional en el que se imagina una estructura, posteriormente se analiza y al final se dimensiona, pero en realidad al ejecutar una obra cada uno de esos pasos se torna más complejo, debido a que se tiene que revisar varias veces cada una de las etapas a medida que la estructura avanza, así hasta llegar a su forma final.

### **1.8.- Criterios de diseño estructural.**

Como menciona Francis (1984), cuatro son los principales criterios que deben de existir en un diseño estructural, tres de ellos mencionados por Sir Henry en su libro los elementos de la arquitectura donde se dice que son primordiales para una buena estructura; comodidad, firmeza y deleite, esta última puede concebirse como adaptabilidad para su función, utilidad, seguridad y buena apariencia, agregando un cuarto criterio y no menos importante la economía.

Siguiendo lo dicho por el autor anterior, la comodidad es una función importante de una estructura debido a que fue construida con una finalidad en particular, por lo tanto, debe desempeñar muy bien su función, debería ser omitido mencionar esta parte pero no siempre los estructuristas lo tienen muy presente, llegan a darle mayor importancia a la apariencia antes de preocuparse que su estructura trabaje de manera adecuada. Deben entrar en relación estos dos aspectos debido a que existe edificaciones que son atractivas estéticamente pero no cómodas para trabajar o vivir, o de manera contraria, algunas proyectadas por ingenieros no son atractivas pero en cambio son funcionales, lo correcto sería que ambas entraran en relación.

En segundo criterio se tiene la firmeza de una estructura, ésta responsabilidad cae en el ingeniero estructurista garantizando que tendrá un adecuado funcionamiento y no colapsara, no debe presentar agrietamientos considerables, deformaciones ni que existan vibraciones alarmantes, aunque sin excepción alguna las estructuras sufren malformaciones al aplicarle esfuerzos y al menos que estén construidas sobre un estrato rocoso no sufrirán ningún tipo de hundimiento. En el diseño estructural se debe de entender cuál es la forma adecuada en que la estructura se sostendrá y transmitirá sus cargas analizando la resistencia de los materiales estructurales, esto según Francis (1984).

Por último se tiene el criterio de la economía, aunque se encuentra en cuarta posición éste influye de manera significativa en los criterios anteriores, alguna vez se ha escuchado la frase donde se considera al ingeniero como aquel hombre que puede hacer por un dólar lo que cualquier tonto haría por dos. Al realizar la ejecución de una obra casi siempre existen restricciones económicas, es aquí donde entran las habilidades del ingeniero para que se construya de una manera adecuada y se encuentre de un rango económico considerable, realizar recortes económicos puede afectar el correcto funcionamiento de la misma, de lo contrario hacer demasiado resistete donde no es necesario puede ser que resulte poco competitiva por lo tanto debe existir un balance entre los cuatro criterios, de acuerdo con Francis (1984).

De acuerdo con el RCDF (2013), todas las edificaciones sin excepción alguna deben de contar con un apropiado sistema de estructura que permita el adecuado flujo de las distintas cargas a las que estará sometida durante su vida útil, para poder transmitirlo de una forma adecuada a la cimentación, y de la misma manera la cimentación transmitirlo al suelo. Las estructuras y cada uno de sus elementos deben de estar muy bien diseñados para tener seguridad contra la aparición de un estado límite de falla en condiciones desfavorables y no rebasar el estado límite de servicio.

- Estado límite de falla

Retomando lo dicho por el RCDF (2013), se considera como estado límite de falla a cualquier circunstancia que conlleve a la fatiga de capacidad para recibir cargas de una estructura o cualquiera de sus elementos incluyendo la cimentación, ocasionando daños irreversibles que posteriormente afecta su capacidad para seguir recibiendo nuevas cargas.

- Estado límite de servicio

“Se considera como estado límite de servicio a la ocurrencia de desplazamientos, agrietamiento, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.” (RCDF; 2013:127)

### **1.9.- Materiales.**

“Para entender qué las estructuras se desarrollan como la han hecho en el curso de la historia, y por qué se comportan así, se debe saber algo acerca de las características de los materiales estructurales. En primer lugar hay que aclarar lo que quiere decir por materia estructural. Es el material acero, concreto o piedra, por ejemplo, que se usa para hacer aquellas partes de la estructura que soportan las cargas y que se proporciona resistencia y estabilidad.” (Francis; 1984:15)

Se debe considerar que la resistencia es la propiedad más importante de un material estructural, debido a que determina la capacidad que tiene dicho material ante la aplicación de las cargas más desfavorables antes de llegar a la falla y haga colapsar una estructura completa. La resistencia última de un material se obtiene aplicando un esfuerzo determinado por unidad de área en la sección transversal hasta llegar a la falla, esto se determina probando el material en una máquina especial para pruebas. Los distintos materiales estructurales pueden fallar de dos formas, ya sea a tensión o compresión dependiendo respectivamente la posición en la que se encuentren, por esta razón el ingeniero debe conocer tanto la resistencia máxima a compresión como la de torsión. Prácticamente los materiales estructurales se clasifican en dos tipos; los tradicionales como piedra, ladrillo y madera y los modernos que son acero y concreto. Comparando ambos tipos de materiales los tradicionales se utilizaron durante mucho tiempo, son resistentes a compresión pero débiles a tensión, mientras que los modernos son más fuertes en ambas fuerzas.

Materiales			Resistencia última (N/mm <sup>2</sup> )		Resistencia específica (metros)		Módulo de elasticidad (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo específico (metros x 10 <sup>3</sup> )	Descripción convencional del material
			Tensión	Compresión	Tensión	Compresión			
Tradicionales	Piedra	Granito	40	200	1400	7000	45000	1.57	Frágil
		Caliza (Portland)	5	40	225	1800	30000	1.35	
	Ladrillo (resistencia mediana)		6	60	320	3200	30000	1.60	
	Madera (pino)	A lo largo de la fibra	120	30	24000	6000	15000	3.00	
		a través de la fibra	3.5	--	700	--	--	--	
Modernos	Concreto de cemento Portland	Para trabajo masivo y de refuerzo normal	2	20	90	900	25000	1.12	Frágil
		Para trabajo presforzado de alta resistencia	6	60	270	2700	40000	1.80	
	Hierro y acero	Hierro fundido	200	800	2900	11600	120000	1.73	Dúctil
		Hierro forjado	300	>300	4000	>4000	190000	2.53	
		Acero suave o estructural	450	>450	6000	>6000	210000	2.80	
		Acero de resistencia medianamente alta	600	>600	8000	>8000	210000	2.80	
		Alambre de presfuerzo de alta resistencia	2000	--	26700	--	210000	2.80	
Aleación de aluminio (Duraluminio)	450	>450	17000	>17000	70000	2.80			

Tabla 1.1.- Propiedades típicas de los materiales estructurales

Fuente: Francis (1984)



- Acero

Tavera y Moreno (1998), especifican que el hierro es un mineral muy importante que se ha convertido en uno de los principales materiales utilizados por la sociedad, debido a su gran variedad de aplicaciones en diferentes campos, todo esto es a causa que se encuentra en grandes proporciones en nuestro planeta, se dice que su abundancia es tan grande que se calcula que sea un 5% aproximadamente de la corteza terrestre, pero esto no quiere decir que se encuentre distribuido a lo largo y ancho de ella respectivamente, si no en forma concentrada en determinados países como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú, entre otros.

Continuando lo dicho por los autores antes mencionados prácticamente existen dos formas de extracción de hierro dependiendo de la profundidad a la que se encuentre, económicamente la mejor condición en la que se puede encontrar es de manera superficial debido a que la maquinaria que debe emplearse es más común como bulldozers, cargadores frontales, motoconformadoras y camiones de volteo para su transporte, a este tipo de explotación se le conoce beneficio a cielo abierto. La forma contraria es cuando el hierro se encuentra a grandes profundidades, realizándose perforaciones profundas en forma vertical hasta encontrar el mineral, posteriormente para su extracción se realizan excavaciones de forma horizontal denominadas galerías, a esta forma se le conoce como beneficio profundo.

En conformidad con Tavera y Moreno (1998), una vez obtenido el hierro que es la principal materia prima para la elaboración del acero se procede a una fundición muy compleja mezclándose con carbón mineral y piedra caliza, a este proceso se le denomina fusión a alto horno, debido a que se lleva a cabo en un recipiente cilíndrico de grandes dimensiones teniendo un diámetro de diez metros y una altura de cuarenta metros, elaborado de un material especial capaz de soportar elevadas temperaturas, una aproximación de 1600 °C.

- Materiales cementosos

“Cualquier sustancia que aglutine materiales puede considerarse como cemento. Hay muchos tipos de cementos, pero en construcción el término “cementoso” se refiere a agentes que se mezclan con agua u otro líquido o con ambos para obtener una pasta aglutinante” (Merritt; 1999: 5.1). Inicialmente es una masa que se encuentra en estado plástico, que puede moldearse y obtener la forma del recipiente que lo contiene, posteriormente con el tiempo tras reacciones químicas éste fragua y endurece, y es hasta el capítulo siguiente donde se abordara a detalle el tema.

- Madera

La madera es un polímero natural que lo encontramos en forma de cilindros alargados con un extremo puntiagudo, está compuesta por células que están ligadas entre sí en un sentido vertical y es por esta razón que tiene mayor resistencia y rigidez en el sentido longitudinal que en otros sentidos. Para este material existen bastantes desventajas en comparación de los anteriores y una de ellas es la

humedad debido a existen cambios volumétricos, en la absorción existe hinchazón y de lo contrario al secar se contrae provocando un desequilibrio en una estructura.

Existen otros materiales que se utilizan en una obra pero no se consideran del grado estructural, a éstos se les considera como materiales de recubrimiento. Este tipo de materiales pueden ser como vidrio, aluminio, pinturas, selladores, plásticos, pastas de acabados, etc. Son todos aquellos que no desempeñan una función estructural por lo tanto no es necesario realizar un análisis de comportamiento ante la aplicación de fuerzas.

#### **1.10.- Reglamentos de diseño.**

“los reglamentos para el diseño de estructuras son documentos legales que tienen como función proteger la sociedad contra el colapso o mal funcionamiento estructural de las construcciones” (Meli; 2014:101), existen otros documentos similares a estos como especificaciones, normas y recomendaciones con la misma finalidad de lograr un grado de seguridad óptimo que sea congruente con las fallas que puedan ocurrir. La elaboración de estos reglamentos normalmente está a cargo de personal especialista en la materia y posteriormente son revisados por representantes de grupos constructores, productores de materiales de construcción, centros de investigación y autoridades.

Retomando a Meli (2014), existen dos tipos de reglamentos; los funcionales, en éstos parece más razonable su forma de evaluar, permitiendo al proyectista tener un mayor grado de libertad promoviendo la innovación de proyectos, teniendo como defecto que no podrá existir una forma de comprobar que el nuevo diseño cumple adecuadamente con el comportamiento establecido. Por otra parte existen los reglamentos prescriptivos, que funcionan de una manera más estricta obligando al proyectista a cubrir una larga lista de requisitos tratando de cubrir un gran número de incidentes que puedan presentarse, pero cuenta con una gran ventaja debido a que el proyectista puede basarse directamente en él, teniendo en garantía que cumple con los requisitos establecidos.

Continuando lo dicho por Meli (2014), en la actualidad existen un gran número de reglamentos de diseño estructural, donde la mayoría trata de estructuras especiales como edificaciones, puentes, tuberías, etc. O para algún tipo de material en especial como concreto, acero, madera o mampostería. Existen reglamentos que se enfocan en solo un tipo de estructura pero esta tendencia es más en el continente europeo, estas técnicas son muy avanzadas tomando en cuenta que están basadas en la práctica y experimentación local. Entre ellos está el código ACI (American Concrete Institute) que hace referencia a las estructuras de concreto, AISC (American Institute of Steel Construction) especial para estructuras de acero, ASSHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) enfocado en el diseño de estructuras de puentes, y el UBC que cubre los proyectos de edificaciones en general.

En México el reglamento más actualizado y que rige a nivel nacional es el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), en el que se abordan a detalle únicamente las construcciones urbanas, existe el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, documento que tiene mayor alcance en obras industriales, chimeneas, tanques, torres y cimentaciones, además de que establece las acciones de diseño que deben llevarse en las distintas zonas de la República Mexicana.

## **CAPÍTULO 2**

### **EL CONCRETO**

El concreto es un material de grado estructural que ha predominado a lo largo de la historia, en el presente capítulo se abordarán los temas necesarios para entender la importancia del concreto como material estructural, explicando los conceptos básicos para comprender el tema, haciendo un breve recorrido en el tiempo para saber el origen del mismo hasta llegar a las diferentes modificaciones que ha llegado a tener hasta la actualidad y conocer los procesos, materiales y factores que intervienen en el tiempo de su elaboración.

#### **2.1.- Definición de concreto.**

“El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material homogéneo” (González; 2012:31). Algunas veces a esta mezcla se le agregan aditivos que alteran algunos procedimientos. Se consideran dentro de los materiales estructurales más pesados, debido a que su peso volumétrico oscila entre 1.9 y 2.5 ton/m<sup>3</sup> y esto depende de la cantidad de agregados pétreos que se utilicen. Algunos reglamentos como lo es el RCDF (Reglamento de Construcciones del Distrito Federal) clasifican el concreto en dos clases: clase 1, los que tienen un peso volumétrico en estado fresco mayor a 2.2 ton/m<sup>3</sup>, y clase 2, a los que su peso volumétrico se encuentra entre 1.9 y 2.2 ton/m<sup>3</sup>.

Por otra parte, para Ortega (2014), el concreto es un material duro similar a una roca que resulta de la mezcla de cemento, agregados pétreos como piedra y arena, agua y aire. A diferencia de las rocas, el concreto puede tomar la forma del recipiente que lo contiene de acuerdo a las dimensiones que se necesite. Al mezclar el cemento con el agua inicia una reacción química que se encarga de unir las partículas de los agregados, que posteriormente se convierte de una mezcla compacta de distintos materiales a una masa sólida. La mezcla del concreto puede tener diferentes formas de llevarse a cabo pero eso influye de manera directa a la resistencia que se tendrá finalmente.

De acuerdo con Nilson (2001), es de suma importancia agregar el agua debido a que se encarga de llevar la ejecución de la reacción química, además de darle una trabajabilidad adecuada a la mezcla para poder verterla en los recipientes que lo contendrán, todo esto antes de que inicie el endurecimiento. Hoy en día se fabrican concretos de altas resistencias utilizando cementos especiales (cementos de alta resistencia), con agregados especiales que pueden ser ligeros o pesados, aditivos y llevando diferentes procedimientos de curado como lo es el de a vapor. Esta propiedad del concreto depende principalmente de las proporciones de agregados que se utilicen, el cuidado con el que se mezclan los diferentes materiales a utilizar, las condiciones de humedad y la temperatura a la que estará sometida durante el periodo desde el momento que se coloca hasta que llega a endurecer por completo, a este proceso de control se le conoce como curado.

Como lo menciona Nawy (1998), el agua que se debe utilizar para la elaboración de un concreto debe ser tan limpia como para beber, debido a que si el agua contiene agentes nocivos, contaminantes, algún tipo de sedimentos, aceites, azúcares o algún tipo de químico daña directamente la resistencia y propiedades del fraguado, por otra parte también puede afectar la unión adecuada entre la mezcla del cemento y sus agregados. Todo esto debido a que la unión de cemento con agua es una reacción química y hay que tomar muy en cuenta la proporción relativa entre agua y el cemento, debido a que si existe un exceso de agua en la mezcla, el producto terminado tendrá demasiadas grietas, de lo contrario si se aplica poca cantidad de agua no llega a existir una adecuada reacción química con el cemento. El resultado de ambos casos es desfavorable porque el concreto resulta ser más débil de lo normal.

“Para resumir la discusión anterior, debe mantenerse un estricto control en la relación agua-cemento y el porcentaje de aire en la mezcla. Ya que la relación agua-cemento en la medida real de la resistencia del concreto, deberá ser el criterio principal que gobierne el diseño de la mayoría de los concretos estructurales. Por lo general se da como relación de peso del agua al peso del cemento en la mezcla.”  
(Nawy; 1998:14)

Retomando a Ortega (2014), las estructuras más sobresalientes que pueden ser construidas con concreto son las siguientes:

- a) Entramados o pórticos de varios sistemas de vigas y columnas



- b) Losas de piso y de techo, que puede ser maciza o aligerada
- c) Cubiertas laminares en forma de cilindros, elipses, parábolas que pueden ser de capas delgadas
- d) Puentes
- e) Tanques, depósitos y silos
- f) Losas de piso para carreteras
- g) Muros de contención y cimentaciones
- h) Presas

Existen varias razones por las cuales este material es el más utilizado en la rama de construcción; la resistencia a los cambios de temperatura y las acciones de la intemperie sin sufrir gran deterioro, además de que puede moldearse en infinidad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, a excepción del cemento y los aditivos, los agregados se encuentran disponibles a bajo costo, según Nilson (2001).

## **2.2.-Cemento Portland.**

El cemento Portland “es un material aglomerante que tiene las propiedades de adherencia y cohesión necesarias para unir áridos inertes entre sí” (Ortega; 2014:15), que forma una masa sólida con características y propiedades diferentes de acuerdo a cada tipo de cemento, su fabricación de este material data de 1824 en Inglaterra. Surgieron diferentes necesidades físicas y químicas con diferente finalidad, por lo tanto se crearon los diferentes tipos de cemento portland.

- Topo I

Este tipo de cemento es el más común que existe, normalmente se usa en edificaciones comunes siempre y cuando no estén sujetas a exposiciones especiales como ataques de sulfatos del suelo o agua a una elevada temperatura. Normalmente se utiliza en pavimentos, concreto armado para edificaciones, puentes, alcantarillas, tuberías de agua, etc.

- Topo II

A diferencia del cemento tipo I, éste sí puede estar expuesto a pequeños ataques de sulfatos y su liberación de energía de calor es poca, por consiguiente se puede utilizar en la elaboración de muros de contención o grandes columnas.

- Tipo III

A este tipo de material se le conoce como cemento de altas resistencias iniciales, gracias a la capacidad que tiene de alcanzar su resistencia en una semana a partir del vaciado. Es utilizado cuando es necesario retirar la cimbra antes de tiempo para continuar su uso en otros elementos o cuando la obra tiene que ser terminada en un corto periodo de tiempo ya que se reduce su periodo de curado.

- Tipo IV

Denominado cemento de bajo calor de hidratación, este material es utilizado donde se es necesario reducir el calor de hidratación, el tiempo en que alcanza su resistencia es más lento que el cemento tipo I, y por esta razón se utiliza en grandes obras como presas de gravedad.

- Tipo V

Llamado cemento resistente a sulfatos, debido a esto es utilizado solamente en obras que estarán expuestas a altas acciones de sulfatos o donde se encuentra en contacto con agua con elevada cantidad de sulfatos. Adquieren su resistencia en un periodo más prolongado que el cemento tipo I.

Tipo de cemento Portland		Resistencia a la compresión como porcentaje a la resistencia de concreto con cemento tipo "I" "Normal"			
ASTM	CSA	1 Día	7 Días	28 Días	3 Meses
I	Normal	100	100	100	100
II	Moderado	75	85	90	100
III	Alta resistencia inicial	190	120	110	100
IV	Bajo calor de hidr.	55	55	75	100
V	Resistente a sulfatos	65	75	85	100

Tabla 2.1.- Comparación entre cementos de distintos tipos.

Fuente: Ortega (2014)

### **2.3.- Concreto reforzado.**

Debido a que el concreto simple es resistente a compresión pero resultó ser demasiado débil al aplicar tensión, limita su aplicación como material estructural, por lo que fue necesario agregar acero de refuerzo, normalmente en forma de barras colocadas en zonas más desfavorables a la tensión, pero también es empleado en zonas de compresión para aumentar la resistencia del elemento, logrando reducir las deformaciones que existen a la aplicación de una carga. A esta combinación de concreto simple con acero se le conoce como concreto reforzado, como lo menciona González (2012).

Siguiendo lo dicho por Nawy (1998), dicho acero de refuerzo es necesario para la aplicación de cargas pesadas con la finalidad de reducir las deformaciones a lo largo de su vida útil, el cual puede resistir fuerzas aplicadas a tensión como a compresión. “El acero de refuerzo para el concreto consiste de varillas, alambres, y mallas de alambres soldados, los cuales se fabrican de acuerdo con las normas de ASTM” (Nawy; 1998:62). Las propiedades más relevantes para el acero de refuerzo son:

- a) Módulo de Young
- b) Resistencia de fluencia
- c) Resistencia última
- d) Designación del grado de acero
- e) Diámetro de la varilla o alambre

Continuando lo dicho por el autor antes mencionado, para que la adherencia entre el concreto y el acero sea más eficiente se agregan proyecciones a la superficie de las varillas llamadas corrugaciones, de acuerdo con las especificaciones de las normas ASTM A616-76. Únicamente las varillas corrugadas, alambres corrugados o mallas de alambre pueden utilizarse en el concreto reforzado a excepción de los refuerzos en espiral que pueden ser con varilla lisa.

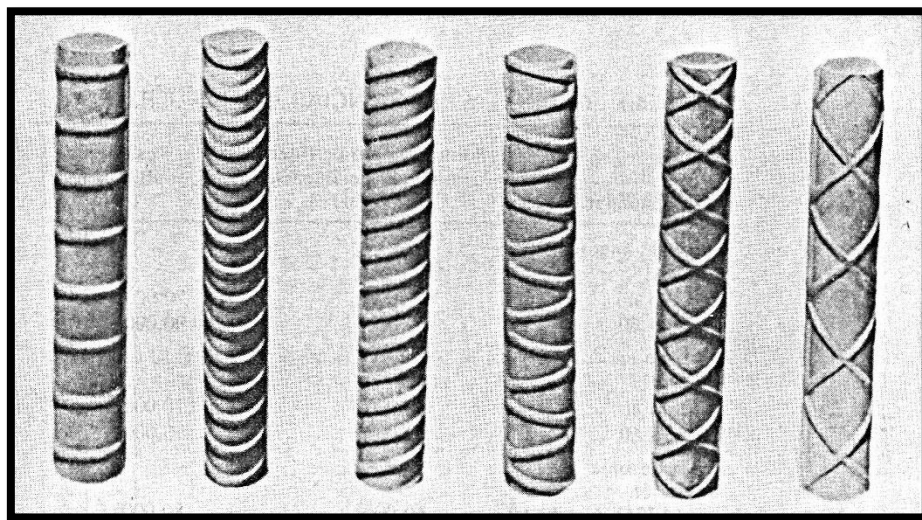


Imagen 2.1.- Varias formas de varillas corrugadas aprobadas por la ASTM.

Fuente: Nawy (1998).

#### **2.4.- Antecedentes del concreto.**

Los primeros en utilizar el concreto fue la civilización de los griegos y los romanos a finales del siglo II A.C., lo usaban en la construcción de muros empleando el concreto como material de relleno confinado por una especie de cimbra de piedra. Los arcos y las bóvedas caracterizaron a los romanos utilizando una técnica de

colado donde reducían la cantidad de empujes laterales. Al construir las bóvedas las apoyaban en cimbras de madera donde primero colocaban arcos de tabique en intervalos equidistantes para darle resistencia y posteriormente colaban con concreto. Dicho material creado por el imperio romano estaba constituido por piedras ligeras, pedazos de tabiques y componentes volcánicos, de acuerdo con Díaz (1967).

Continuando con lo dicho por el autor anterior, fue hasta el año de 1756 cuando se realizó la remodelación del faro de Eddystone en la costa de Inglaterra, donde el ingeniero John Smeaton fue el primero que implementó el concreto después del imperio romano, creando un nuevo sistema de gran resistencia al unir las piedras con una mezcla de cal viva, arcilla, arena y escoria de hierro en polvo.

Partiendo de lo dicho por McCormac (2002), la mayoría de las personas creen que el concreto se ha estado utilizando desde muchos siglos atrás, pero no es así, es verdad que fueron los romanos quienes crearon por primera vez un tipo de cemento llamado puzzolana desde antes del nacimiento de Cristo. Encontraron depósitos de ceniza volcánica arenosa cerca del monte Vesuvio y en muchas otras partes de Italia, la mezclaron con cal viva y agua, además de que agregaron arena y grava creando una mezcla que endurecía y al pasar esto se creaba una sustancia rocosa que utilizaron para la construcción, si se compara con las Normas Técnicas de Construcción actuales se podría decir que es un concreto relativamente débil, pero algunas estructuras romanas que se construyeron con ese material aún siguen en pie, un claro ejemplo es el Partenón que se construyó en Roma en el año 126 después de Cristo. Pero la costumbre de la fabricación del concreto puzzolánico se

perdió en el transcurso de la edad media y fue hasta el siglo XVIII y XIX donde retomó su camino de nuevo.

## **2.5.- Agregados.**

“Los agregados son las partes del concreto que constituyen lo grueso del producto terminado. Abarcan del 60 al 80% del volumen del concreto, y tienen que estar graduados de tal forma que la masa total del concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa, con los tamaños más pequeños actuando como un relleno inerte de los vacíos que existen entre las partículas más grandes.” (Nawy; 1998:14)

De acuerdo con Neville (1988), debido a que gran parte del concreto está compuesto por los agregados, la calidad debe ser de suma importancia debido a que es un factor importante que limita la resistencia del concreto, ya que los agregados débiles no pueden crear un concreto resistente además de que afectan de forma directa a la ductilidad y el comportamiento de la estructura formada de concreto. Inicialmente se contemplaba a los agregados como un material de desecho que se repartía de manera uniforme en toda la mezcla, esto se hacía principalmente por razones económicas, pero desde un punto de vista diferente se debe considerar que los agregados son un material de construcción que se encuentra adherido en toda la mezcla del concreto y no son totalmente inertes debido a que sus propiedades físicas y químicas llegan a modificar el comportamiento del concreto.

En la elaboración de un concreto los agregados son más baratos que el cemento, de esta manera entre mayor sea la cantidad de agregados y menor la de cemento, resultara más económico su preparación. Pero la parte económica no es la única razón por la cual se necesitan agregados en la elaboración de un concreto, debido a que también otorga una gran ventaja técnica, proporcionándole mayor estabilidad volumétrica y durabilidad a diferencia que si se emplea solamente la mezcla con cemento.

### **2.5.1.- Clasificación de los agregados.**

De acuerdo con Neville (1988), existe una gran variedad de tamaños de los agregados para la elaboración de un concreto que van desde algunos milímetros hasta pequeñas dimensiones de decimas de milímetros. En cualquier concreto existe una gran variedad de tamaños, a la división de estas partículas se le conoce como granulometría, cuando se toman agregados directamente del banco sin pasar por una división de granulometría contienen desde las partículas más pequeñas hasta los tamaños más grandes, a esto se le conoce como agregado en bruto, normalmente se hace una selección de granulometría en la elaboración de un concreto de buena calidad, generalmente se pide que se encuentre entre dos rangos de tamaño, que no sea menor a 0.07mm y no mayor a 19.05mm (3/4").



Como menciona Nawy (1998), existen dos tipos de agregados:

- 1) Agregados grueso (grava, piedra triturada o cribada).
- 2) Agregados finos (arenas).

Agregados gruesos.

Se considera como agregado grueso a partir de que la partícula más pequeña que se encuentre sea mayor a 6mm. (1/4"). Las cualidades de los agregados gruesos afectan directamente la resistencia del concreto ya endurecido como también los problemas de intemperización y demás efectos que produzcan un desgaste a los largo de su vida útil, dicho agregado se debe encontrar en un estado limpio, sin contaminantes orgánicos o cualquier tipo de impureza que afecte su correcta adherencia con la mezcla de cemento. Los tipos más comunes son:

- Piedra triturada: Como su nombre lo menciona, se produce por medio de la trituración de rocas o canteras de grandes tamaños hasta reducirla a un tamaño más específico, y éstas pueden tener origen volcánico, metamórfico o sedimentario. Este tipo de agregado le proporciona un grado elevado de resistencia al concreto, pero en desventaja es un poco difícil de manejar en estado plástico por el tamaño de los agregados.
- Grava natural: Éste tipo de agregado se produce de forma natural como puede ser la corriente de un río, debido a la forma que presenta sin vértices y

de una figura más uniforme otorga una menor resistencia al concreto, pero en ventaja es más fácil de manejar al momento de moldear.

- Agregados artificiales: Se consideran productos artificiales a la escoria y esquisto, que son rocas de proceso metamórfico con una gran cantidad de minerales. Frecuentemente se utilizan este tipo de agregados para crear mezclas de características especiales como concretos ligeros, algunos de estos minerales son el resultado de algunos procesos como escoria a alto horno.
- Agregados con capacidades especiales: Hoy en día existen peligros atómicos como la radiación nuclear provocada por la gran cantidad de reactores nucleares, y es por esta razón que existe una demanda de producir concreto con resistencia especial con protección contra rayos x y rayos gamma, a diferencia de los concretos anteriores la parte de la economía no se le da primordial importancia, los agregados necesarios para la elaboración de dicho concreto con resistencias especiales son punzones de acero, baritinas, magnetitas, y limonitas.

Continuando lo dicho por Nawy (1998), un concreto ordinario oscila alrededor de  $1300 \text{ kg/m}^3$ , mientras que el concreto con resistencia especial su peso es mucho más

elevado por el tipo de agregados que contiene y se encuentra entre  $3600 \text{ kg/m}^3$  hasta  $5200 \text{ kg/m}^3$ , todo depende de la densidad de agregados que se encuentren en él y la relación agua-cemento.

### Agregados finos

De acuerdo con Nawy (1998), los agregados finos son las partículas pequeñas de un concreto, constituido por arena, en la granulometría debe pasar por la malla número cuatro (4.75 mm) y retenerse en la malla número cien (.15 mm). Una parte de suma importancia para que en un concreto existan buenos resultados, el agregado fino debe estar libre de cualquier tipo de fragmentos orgánicos, arcillas o cualquier material que pase la malla número cien (.15 mm), por lo tanto debe ser un materia que éste bien graduado.

Según lo establecido por ACI (American Concrete Institute) (1974), los agregados finos que logran pasar por la malla número doscientos (.075 mm) deben de recibir un trato especial siempre y cuando sea polvo de piedra o fluorita y se encuentren libres de arcilla, y pueden ser permisibles en porcentajes considerables, de lo contrario se debe de tratar de reducir al máximo la cantidad de partículas que se encuentren en este rango de granulometría.

“Las cantidades excesivas de finos menores que la malla Núm. 200, aumenta el requerimiento de agua de mezclado, la velocidad de pérdida por revenimiento, la contracción por secado y reducen la resistencia” (ACI; 1974:19). Las combinaciones de agregados finos no se hacen en los bancos de material y cuando cargan los

camiones, se obtienen buenos resultados cuando los diferentes tamaños se combinan al ir circulado por los alimentadores controlados de los camiones, pero una forma más adecuada de controlar el tamaño de los agregados es el almacenamiento de agregados fino y grueso por separado.

### **2.5.2.- Almacenamiento de los agregados.**

El almacenamiento de los agregados es un tema que debe ser considerado para la fabricación de un concreto de calidad. Debe tratar de evitarse la formación de montones de material, ya que la cantidad de finos aumenta aunque las condiciones de la intemperie no sean desfavorables. Cuando es necesario almacenar el material de esta manera, la forma correcta es colocando en capas horizontales o ligeramente inclinadas, debe evitarse colocar por volteo. Una vez que se esté realizando este proceso lo más conveniente es no dejar que ningún tipo de vehículo circule por encima de ellos incluyendo camiones y bulldozers, ya que el material se fractura y crean un desajuste en la granulometría, otra razón por la cual no deben circular encima de ellos es que constantemente introducen tierra, lo cual da origen a una contaminación del agregado afectando directamente en la resistencia del concreto, de acuerdo con ACI (1974).

La superficie donde se alojará este material debe ser lo suficientemente firme para que no dé lugar a una contaminación en el fondo y para evitar una mezcla de agregados de diferentes granulometrías con otros montones, debe colocarse un

muro divisorio en medio de ellos o haber una distancia considerable entre cada uno de ellos. El viento es un factor importante que afecta directamente el almacenamiento de los elementos ya que se encarga de separar los agregados finos de los gruesos. Cuando el almacenaje se realice en silos, el material debe depositarse de forma vertical y procurarse que siempre se encuentren llenos, esto evitará que el material se resquebraje y afecte la graduación en el momento su extracción, según ACI (1974).

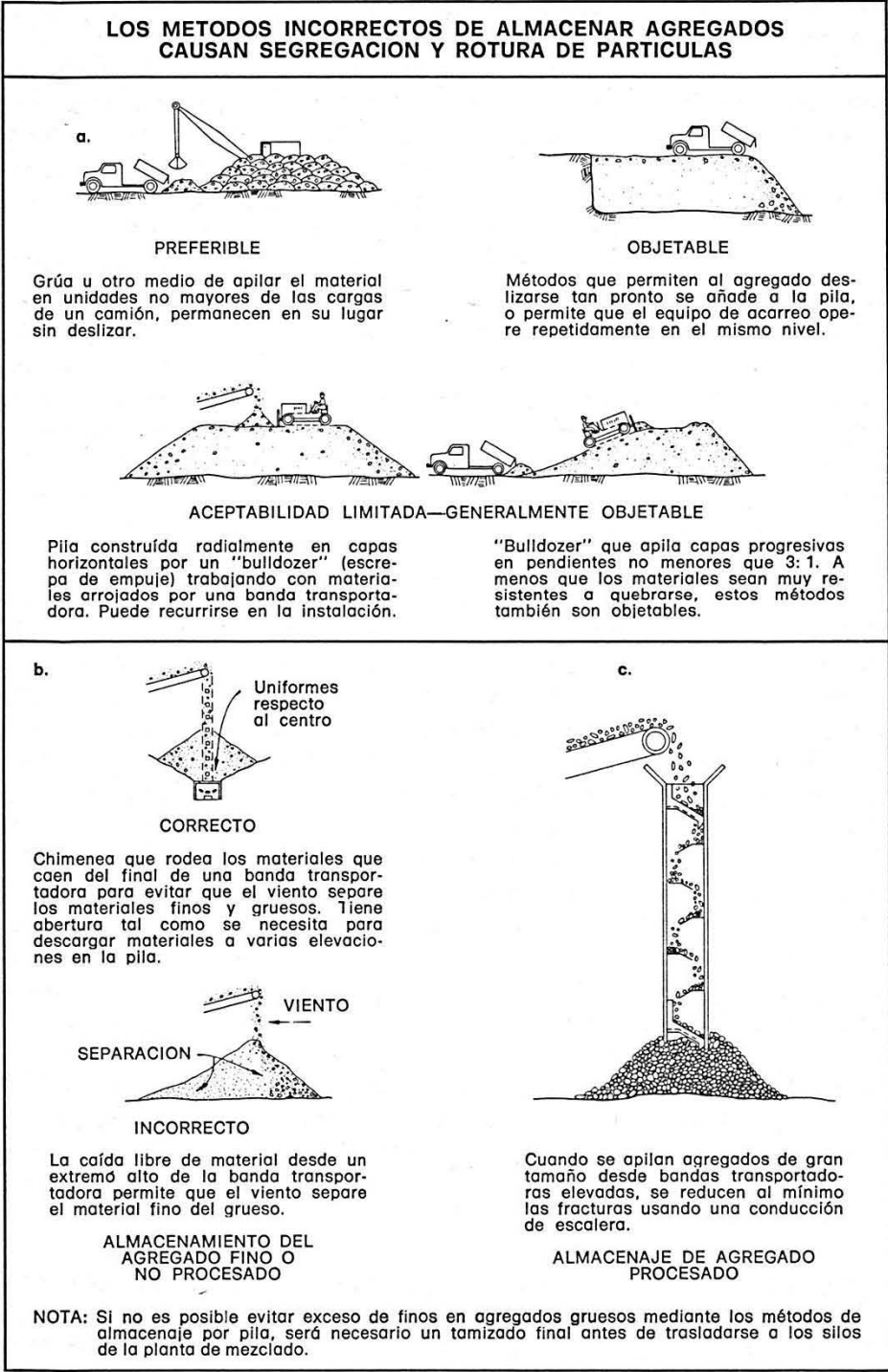


Imagen 2.2.- Métodos correctos e incorrectos de manejo y almacenamiento de agregados.

Fuente: ACI (1974)

### **2.5.3.- Humedad de los agregados.**

Continuando lo establecido por el autor antes mencionado, la humedad de los agregados es una propiedad que debe considerarse, hacer lo posible para que el contenido de humedad sea lo más uniforme posible, de lo contrario si se tiene un material pétreo con poca cantidad de agua afecta directamente la consistencia de la mezcla, lo que comúnmente conocemos como revenimiento. Cuando las condiciones de la intemperie no son muy favorables y se tienen casos de pérdidas de humedad en los agregados, lo más apropiado sería mojar los montones de material hasta humedecer por completo.

### **2.6.- Mezclado del concreto.**

Retomando a ACI (1993), es de suma importancia que el procedimiento de mezclado de concreto sea de una calidad uniforme, y es por esta razón que el equipo utilizado debe ser capaz de mezclar todos los agregados de una forma eficiente para lograr un compuesto uniforme con el menor revenimiento que sea apropiado para el trabajo. “La secuencia de carga de los ingredientes en la mezcladora representan un papel importante en la uniformidad del producto terminado. Sin embargo se puede variar esa secuencia y aun así producir concreto de alta calidad. Las diferentes secuencias requieren ajustes en el tiempo de adicionamiento del agua, en el número total de revoluciones del tambor de la mezcladora y la velocidad de revolución” (Kosmatka; 1992:2).

Una vez que ha concluido el proceso de mezclado, el compuesto se debe encontrar en un estado plástico que tenga la capacidad de ser moldeado de acuerdo al recipiente que lo contenga, si contiene más humedad de lo establecido, pierde la propiedad de plasticidad. Las mezclas de concreto que tienen una capacidad de estado plástico mantienen en suspensión a sus agregados finos como las arenas y los gruesos como las gravas y durante su traslado no existe segregación de la misma. Una vez endurecida la mezcla se convierte en una mezcla homogénea.

La prueba de revenimiento funciona como una medida para saber la consistencia que tiene el concreto, se dice cuando su revenimiento es bajo tiene una consistencia dura, para ejecutar una obra donde debe hacerse pasar el concreto por esbeltos espacios o colar elementos que serán reforzados con acero, se requiere una mezcla que pueda tener el carácter de trabajabilidad, pero jamás debe tener la apariencia de una sopa.

### **2.6.1.- Equipos para mezclado.**

Al equipo necesario para este proceso se le conoce como mezcladoras que pueden ser de tipo estacionarias o portátiles. Pero en su interior todas funcionan de una manera similar, con una serie de espas ubicadas en forma de espiral dentro de un tambor para que exista un intercambio de partículas en toda la superficie. Para este procesos existe los siguientes tipos de mezcladoras.

- 1) Mezcladora de tambor basculante
- 2) Mezcladora de tambor no reclinable



- 3) Mezcladora de eje vertical
- 4) Mezcladora de paleta
- 5) Camiones mezcladores
- 6) Equipo de mezclado continuo

## **2.7.- Pruebas del concreto.**

Como lo menciona IMCYC (Instituto Mexicano Del Concreto y el Cemento) (2004), existen dos pruebas que deben hacerse al concreto:

- 1) Prueba de revenimiento.

La prueba de revenimiento se utiliza para asegurarse de que el concreto esté en condiciones óptimas para trabajar, los resultados obtenidos de ésta prueba deben encontrarse entre un rango aceptable para continuar con su colocación. El primer paso consiste en limpiar muy bien las herramientas a utilizar como lo son el cono y la placa de revenimiento y posteriormente obtener una muestra del concreto para la ejecución de la prueba, se extraen en tres o más intervalos pero se debe ser cuidadoso al obtener este espécimen debido a que no puede tomarse antes de 15% ni después del 85% total de la carga de concreto, como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 2.3.- Muestreo de la carga total del concreto.

Fuente: IMCYC (2004)

La primera parte de la obtención de la muestra consiste en sólo llenar  $1/3$  del cilindro y con una varilla de  $3/4$ " compactar veinticinco veces. Al terminar de compactar este estrado se vierte más concreto hasta llegar a  $2/3$  del cilindro y nuevamente con la varilla antes utilizada se compacta cuidando llegar hasta la parte superior del primer estrato. Y por último debe llenarse en su totalidad el cilindro y una vez más compactar esta última capa llegando solo a la superficie del estrato anterior. Ya que se tiene lleno y compactado el cilindro debe retirarse de la placa a la que estaba sujeto, asegurándose que la muestra de concreto no se mueva. Como parte final con una regla o fluxómetro se toma lectura de la distancia que se desplazó de

su forma original, y de acuerdo a los estándares establecido se dice si el concreto es apto o no para trabajar.

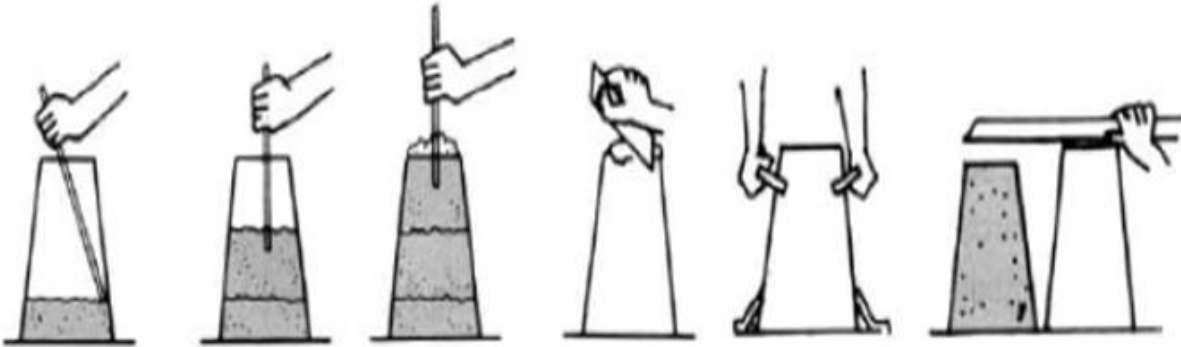


Imagen 2.4.- Prueba de revenimiento.

Fuente: IMCYC (2004).

## 2) Prueba de compresión.

Esta prueba consiste en la obtención de la resistencia a compresión que tiene el concreto cuando ya está endurecido. A diferencia de la prueba de revenimiento, esta se ejecuta en un laboratorio, a excepción del llenado de los cilindros que se lleva a cabo en campo. Los resultados que arroja esta prueba se miden en  $\text{kg/cm}^2$ , la resistencia a compresión del concreto es la capacidad que tiene de recibir cargas durante su vida útil. El procedimiento inicia con el llenado de los cilindros en campo, similar al proceso de revenimiento. Llenar hasta  $1/3$  parte del cilindro y compactar, después  $2/3$  partes y compactar y finalmente llenar y compactar, esto se hace en 3 cilindros, al terminar este paso se transportan hasta el laboratorio donde se

realizaran las pruebas, se deja endurecer durante el tiempo necesario para que posteriormente se prueben en una maquina especial y saber si cumplen con las especificaciones de resistencia.

## **2.8.- Fraguado del concreto.**

El cemento al entrar en contacto con el agua crea una propiedad química de adherencia, a esto se le conoce como hidratación, y esto es gracias a que está compuesto por varios elementos, como lo son; el silicato tricálcico y silicato dicálcico. Estos dos compuestos constituyen cerca del 75% total del cemento, se dice que es la medula del concreto, debido a que son los agentes que al entrar en contacto con el agua forman nuevos compuestos como el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último mencionado es el componente más importante en la elaboración del concreto, ya que otorga la propiedad de fraguado, endurecido y estabilidad, de acuerdo con Kosmatka (1992).

Continuando lo dicho por el autor antes mencionado, el concreto al entrar en el proceso de fraguado su volumen bruto permanece inerte, pero al llegar a la parte de endurecido tiene espacios llenos de agua y aire los cuales no tiene resistencia alguna, por lo tanto para la elaboración de un concreto resistente se debe evitar que se encuentren en su interior. Cuando el concreto comienza el proceso de hidratación, a su vez inicia una liberación de calor que determina la velocidad de endurecimiento. El concreto tipo I libera poco más de la mitad de su calor en aproximadamente tres días, el tipo II es un poco más lento ya que deben pasar más de tres días para que

apenas libere la mitad de ese calor, continuando con el tipo III que ya es considerado un concreto de alta resistencia tiene su proceso de liberación más rápido, ya que libera aproximadamente la misma cantidad de su calor pero en mucho menos de tres días. “Es importante conocer la velocidad reacción entre en cemento y el agua porque la velocidad determinara el tiempo fraguado y endurecimiento. La reacción inicial debe ser lo suficiente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto.” (Kosmatka; 1992:4)

## **2.9.- Curado del concreto.**

“El curado es el proceso mediante el cual se mantienen un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto durante la hidratación de los materiales cementantes de manera que puedan desarrollarse las propiedades deseadas en el concreto. El curado resulta esencial en la producción de concreto de calidad. La resistencia potencial y la durabilidad del concreto se desarrollan totalmente sólo si este se cura en forma adecuada durante un periodo apropiado antes de entrar en servicio.” (ACI; 1981:13)

## **2.10.- Aditivos para concreto.**

Retomando a Love (2006), los aditivos son ingredientes que pueden formar parte de un concreto, además de los básicos como el cemento Portland, agregados y agua, pueden agregarse antes, durante y después del proceso de mezclado. Se utilizan en las masas de concreto con la finalidad de alterar algunos procesos y

mejorar ciertas características como permeabilidad, resistencia durabilidad impermeabilidad y resistencia al uso. Otra finalidad proceso que pueden alterar los aditivos es el de acelerar o retardar el fraguado y endurecimiento, disminuir la segregación y reducir el calor de hidratación

Continuando lo dicho por Kosmatka (1992), existen diferentes tipos de aditivos cada uno con cualidades diferentes como lo son:

- Aditivos inclusores de aire.

Su principal función de los aditivos inclusores de aire es retener burbujas microscópicas en el interior del concreto. De esta forma mejorara notablemente la durabilidad del concreto al estar expuesto a humedad, también ayuda a evitar que exista desprendimiento de partes de la superficie provocados por productos deshelantes. Además de en el proceso de mezclado su estado plastico permite que tenga una mejor trabajabilidad.

- Aditivos reductores de agua.

Como su nombre lo menciona, este aditivo tiene la función de disminuir la relación agua-cemento, con la finalidad de aumentar el revenimiento. Existen principalmente dos tipos, los típicos que pueden disminuir la cantidad de agua de 5% a 10%, otros que se consideran reductores de alto rango que alcanzan a reducir el contenido de agua de un 12% a un 30%. Al aplicar este aditivo también se mejora la resistencia del concreto debido a que se reduce la relación agua-cemento.

- Aditivos retardadores.

Los aditivos retardadores se emplean para reducir la velocidad de fraguado del concreto, generalmente se utilizan cuando la temperatura de la intemperie es alta y puede provocar que la temperatura del concreto este por encima de los 30°C, estimulando un endurecimiento mucho más rápido. Otra razón por la cual pueden emplearse estos productos es cuando existe situaciones difíciles del colado, de esta forma les da más tiempo para terminar el trabajo.

- Aditivos acelerantes.

Su principal función es agilizar el proceso de fraguado del concreto y alcanzar su resistencia en menor tiempo de lo esperado, el principal agente activo en estos aditivos es el cloruro de calcio, éste aparte de acelerar el proceso de fraguado tiene otros efectos nocivos en el concreto como un aumento de contracción al secar, posibles corrosiones al acero de refuerzo, cambio de color a más oscuro y desprendimientos.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se aborda todo lo referente a la ubicación geográfica en la que se llevará a cabo el proyecto de la ampliación del hospital Fray Juan de San Miguel, con la finalidad de conceder al lector información necesaria para facilitar la ubicación del mismo, sin dejar de mencionar los aspectos más relevantes de la zona como economía, cultura, infraestructura etc. Además de mencionar el objetivo y el alcance que cubrirá el proyecto.

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

El hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan, por la demanda de la propia sociedad, se vio en la necesidad de realizar una ampliación de sus instalaciones ya existentes para poder brindar un mayor y mejor servicio a sus clientes, además de abarcar una mayor área con respecto a la medicina y que las personas no se vean en la necesidad de salir de la ciudad. La idea arquitectónica surge a partir de las nuevas necesidades y por consecuente tiene que existir una idea estructural que se ajuste al modelo arquitectónico y además cumpla su propósito de resistir todas las fuerzas que ocurren en ella. Al ser una edificación de claros mayores a seis metros y una altura de cinco niveles, por consecuente la complejidad aumento su escala al tratar de ajustarse exactamente como lo manejan en el proyecto arquitectónico, por lo que se tratará de ajustar lo máximo posible de



no alterar ninguna dimensión del proyecto, y siga cumpliendo en su totalidad como se tenía planeado.

De lo contrario si se llegara a tener el caso de que el proyecto estructural no coincidiera de manera exacta con lo planeado arquitectónicamente debido a cuestiones de que no cumpla con un grado adecuado de seguridad y/o pueda considerarse antieconómico, se harán modificaciones mínimas al diseño arquitectónico siempre y cuando no alteren su el correcto funcionamiento para lo que está planeado.

### **3.1.1.- Objetivo.**

El objetivo del presente proyecto consiste en hacer un análisis del diseño arquitectónico pensado para la súper estructura de la ampliación del hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan para que posteriormente se realice un proyecto estructural. El cual consiste en considerar todos los agentes que influyen en el correcto comportamiento del mismo, considerando las cargas vivas que se contemplan para una edificación de tal magnitud, así como también las cargas muerta o propias de la estructura en condiciones óptimas de servicio, sin dejar pasar por alto un factor importante que son las cargas accidentales. Una vez que se tiene todos los datos necesarios se postularán diferentes modelos estructurales, se optará por el modelo más adecuado siempre y cuando cumpla con un rango económico aceptable.

### **3.1.2.- Alcance del proyecto.**

El presente proyecto consta únicamente del análisis y diseño de la superestructura del hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan, dejando completamente fuera de rango la consideración de la subestructura. Dicho de otra manera se pondrá total atención en la estructura que se encuentra por encima del nivel de terreno natural, omitiendo el diseño de la cimentación.

El propósito es realizar un análisis y diseño de todas las cargas que participan en la conducta de la estructura, y con los resultados obtenidos proponer el diseño de losas de azotea, losas de entrepiso, columnas y trabes de la estructura para un adecuado funcionamiento. El procedimiento de revisión se hará las veces que se necesario utilizando herramientas de que serán mencionadas posteriormente, hasta encontrar el diseño optimo que cumpla con los parámetros de seguridad establecidos. Los resultados obtenidos se expresarán en planos estructurales para una mejor comprensión y poder facilitar su ejecución en campo.

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

La intención de la ampliación del hospital Fray Juan de San Miguel es brindar un mejor servicio a los ciudadanos de Uruapan, además de ampliar la asistencia médica de la región. Para el siguiente proyecto no fue obligatorio realizar estudios previos a la planeación, debido a que solo se abordara el análisis y diseño de la superestructura, por lo tanto no se hicieron ningún tiempo de estudios de geotecnia.

El proyecto de diseño de elementos estructurales comenzará a partir de un diseño arquitectónico que fue planeado de acorde a las nuevas necesidades que se tienen contemplados para el nuevo servicio de la clínica. Posteriormente se iniciara con los cálculos matemáticos necesarios de análisis de fuerzas que participan en torno a la estructura, continuando con el procedimiento y con ayuda de programas de cómputo se dimensionaran cada uno de los elementos estructurales, que serán sometidos en un margen de prueba y error hasta encontrar el modelo óptimo de cada uno de los elementos para que interactúen todos y cada uno de ellos en una forma adecuada y cumplan su propósito como estructura.

### **3.3.- Entorno geográfico.**

#### **3.3.1.- Macro y micro localización.**

El presente proyecto fue realizado en el país de México, que se encuentra ubicado en la parte norte del continente Americano y su nombre oficial es Estados Unidos Mexicanos. Cuenta con una extensión territorial de 1 964 375 km<sup>2</sup> (Un millón novecientos sesenta y cuatro mil trescientos setenta y cinco kilómetros cuadrados), el cual se encuentra dividido en treinta y un Estados y un Distrito Federal, este último mencionado es la capital del país. Sus colindancias al norte es con el país de Estados Unidos y al sur con Guatemala y Belice, al oeste con el océanos pacífico y al este con el mar caribe. De acuerdo al último censo realizado en el 2015 por el INEGI tiene una población de 121 millones de personas de las cuales la mayoría habla el

idioma español, sin embargo existen aproximadamente 287 idiomas convirtiendo a nivel mundial el séptimo país con mayor diversidad lingüística.

Cuenta con una gran variedad de destinos turísticos, convirtiéndola en el país más visitado en América Latina y el décimo a nivel mundial. Se encuentra en una situación geográfica dividida por el trópico de Cáncer, debido a esto cuenta con una gran diversidad climática, podemos encontrar climas fríos de altas montañas hasta climas calurosos de llanura y costa.



Imagen 3.1.- Mapa de la República Mexicana.

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

Continuando con la ubicación del proyecto y siendo más específico, éste se llevará a cabo en el estado de Michoacán, que forma parte de los 31 estados de la nación mexicana. Está conformado por ciento trece municipios y su capital es la ciudad de Morelia, su ubicación geográfica esta entre las coordenadas 17° 55' y 20° 24' de latitud norte, y las coordenadas 100° 04' y 103° 44' de longitud oeste. Colinda al norte con los estados de Guanajuato y Querétaro, al este con el estado de México, al sur con Guerrero al suroeste con el Océano Pacífico y el noroeste con Colima y Jalisco. Con una extensión territorial aproximadamente de 58,585 km<sup>2</sup> (cincuenta y ocho mil quinientos ochenta y cinco kilómetros cuadrados), encontrándose en la décimo sexta posición a nivel nacional en extensión territorial cubriendo apenas un 3% del país.



Imagen 3.2.- Mapa de la república mexicana resaltando Michoacán.

Fuente: <http://www.sep.gob.mx/> (2014)

Adentrándose más en el estado de Michoacán y para ser más preciso en el lugar del proyecto, éste está situado en la ciudad de Uruapan. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso, y es la segunda ciudad más grande e importante del estado seguida de la capital. Se encuentra ubicado en las coordenadas 19°25'16" de latitud norte y 102°03'47" longitud oeste, y a 1620 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una extensión territorial total de 954.17 km<sup>2</sup> delimitadas por los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

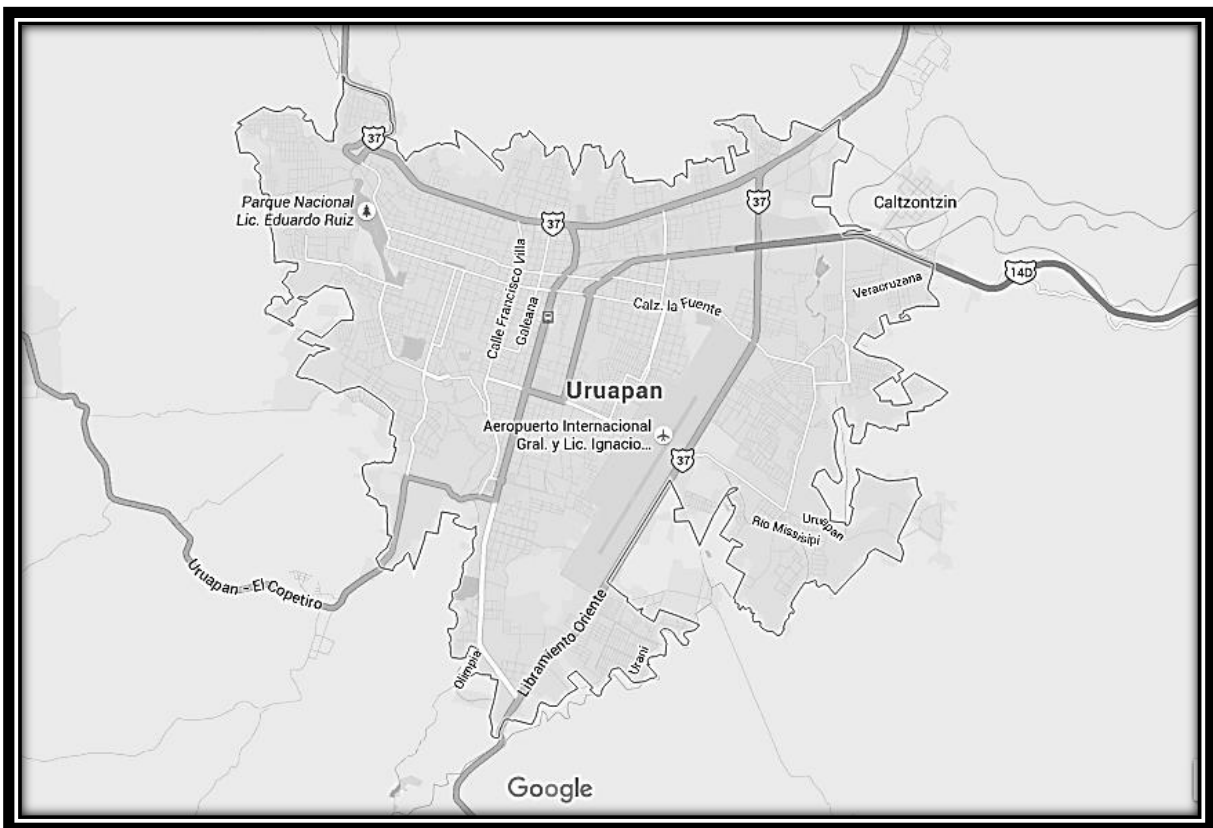


Imagen 3.3.- Mapa de Uruapan Michoacán.

Fuente: [www.googlemaps](http://www.googlemaps).

En una dirección exacta el presente proyecto se encuentra ubicado en la calle Mazatlán 75, colonia La Magdalena y código postal 60080 de la ciudad de Uruapan, Michoacán. Con coordenadas geográficas más específicas de 19°24'43.6"N y 102°03'12.8"W, es paralelo a una de las avenidas más importantes de la ciudad llamada Paseo Lázaro Cárdenas y perpendicular a las calles de Carlos Salazar y José María Arteaga.

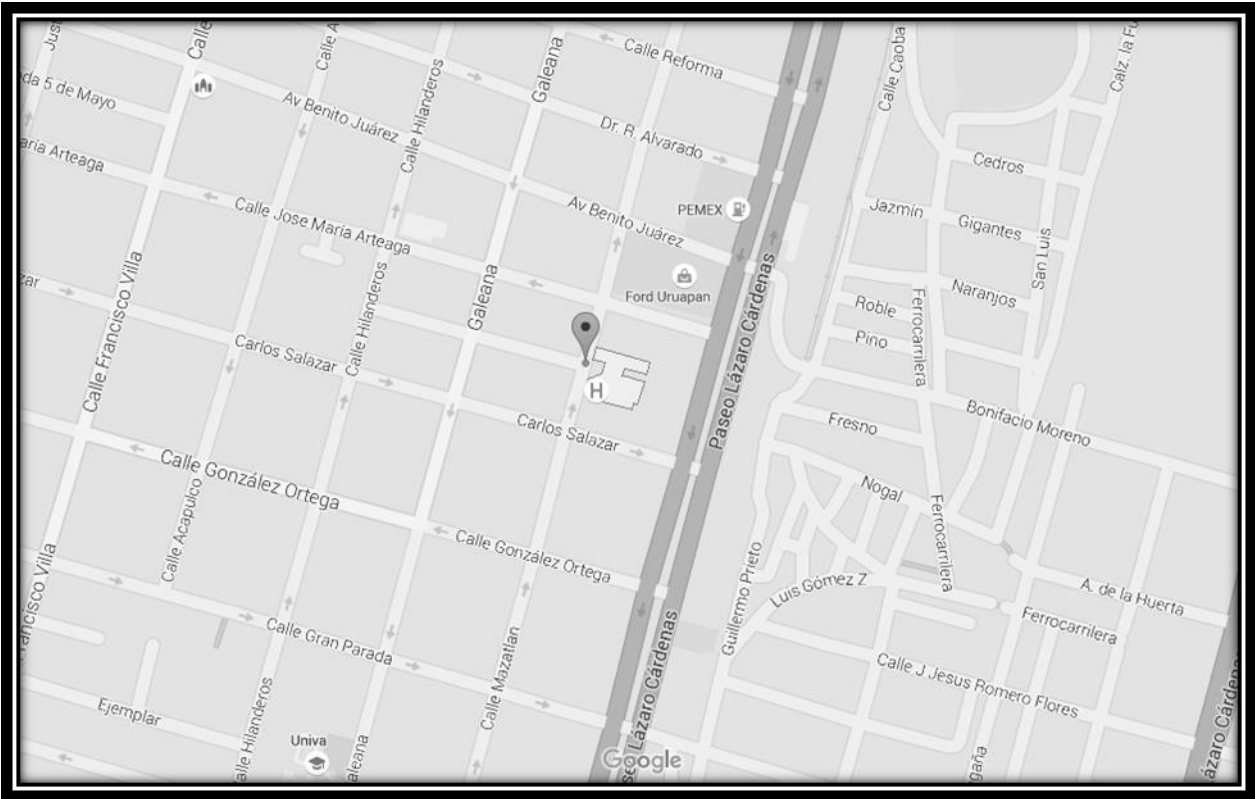


Imagen 3.4.- Mapa enfocado al perímetro del hospital Fray Juan de San Miguel

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

### **3.3.2.- Geografía.**

En la ciudad de Uruapan se encuentran tres principales accidentes orográficos que son el cerro de La Cruz, de La Charanda y de Jicalán, además de un importante sistema hidrográfico que es el río Cupatitzio que tiene su nacimiento dentro de la ciudad, siendo este el principal sistema de agua potable que abastece a la población; y en compañía del Río Santa Bárbara que nace a orillas de la ciudad forman parte de la región hidrográfica del Río Balsas. Una gran parte del territorio es utilizado para la agricultura, el resto es una zona boscosa donde abundan el pino y el encino, y en las zonas más bajas especies como parota, guaje, cascalote y cirrián.

### **3.3.3.- Clima.**

Debido a la diferencia de alturas en la región, el clima suele ser variado en las diferentes áreas que comprende a la región de Uruapan. En la parte norte es un clima húmedo y con frecuentes lluvias intensas en verano, en la parte centro sigue conservándose cálido pero la intensidad de lluvias disminuye, conforme se avanza hacia el sur la altura va descendiendo y la temperatura va aumentando hasta ser un clima cálido. Por consiguiente el clima es variado, en la parte norte oscila entre un rango de 6 a 20° C. mientras que en el centro y parte del sur se encuentra entre 1° y 27° C. y finalmente en la parte más baja varía de 14 a 33° C.



### **3.3.4.- Economía.**

Uruapan es reconocido a nivel mundial por su gran producción de aguacate, y fue nombrado como la capital mundial del aguacate. Siendo apenas un 12.74% de la población que conforma este sector primario, en segunda posición encontramos el sector secundario con un 24.57% y encabezando el sector terciario con el 62.7 de la población. Esto dice que la actividad económica predominante en la ciudad es el comercio y la prestación de servicio. El sector industrial no es tan desarrollado aunque están establecidas algunas empresas que se dedican a la elaboración de plásticos, papel y productos a base de chocolate. En el sector agrícola como se mencionó anteriormente la parte que predomina es el cultivo del aguacate, pero cabe mencionar que también existe la producción de maíz, durazno, café, guayaba y hortalizas como jitomate, chile y calabaza.

### **3.4.- Informe fotográfico.**

Para este apartado del proyecto fue necesario la captura de fotografías para dejar de una forma más clara la identificación del lugar, así como las instalaciones existentes del hospital Fray Juan de San miguel. Se mostrará un listado de fotografías desde diferentes ángulos la edificación con la finalidad de que el lector pueda identificar de una forma sencilla cual es la ampliación realizada en el mismo.

A continuación se muestra una imagen donde se puede observar la fachada del hospital desde la calle Mazatlan antes de comenzar el proyecto de ampliación con una estructura de acero. Como se puede apreciar estructura se torna un poco simple y pequeña, por lo que fue necesario realizar de manera inmediata una ampliación de estructura.



Imagen 3.5.- Hospital Fray Juan de San Miguel antes de realizar la ampliación.

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

En la siguiente fotografía tomada desde la calle Mazatlán con dirección al noroeste, mostrando la fachada actual del hospital, haciendo resaltar la ampliación realizada en el mismo, haciendo visibles su gran dimensión de cinco niveles en una estructura de acero.



Imagen 3.6.- Fotografía de fachada actual de hospital Fray Juan de San Miguel.

Fuente: Propia.

A continuación se muestra una fotografía desde un ángulo diferente de la fachada tomada desde la calle Ignacio Zaragoza, donde se percibe la entrada principal tanto como los dos primeros niveles de ampliación.



Imagen 3.7.- Fotografía de la fachada del hospital tomada en dirección al Este.

Fuente: Propia.

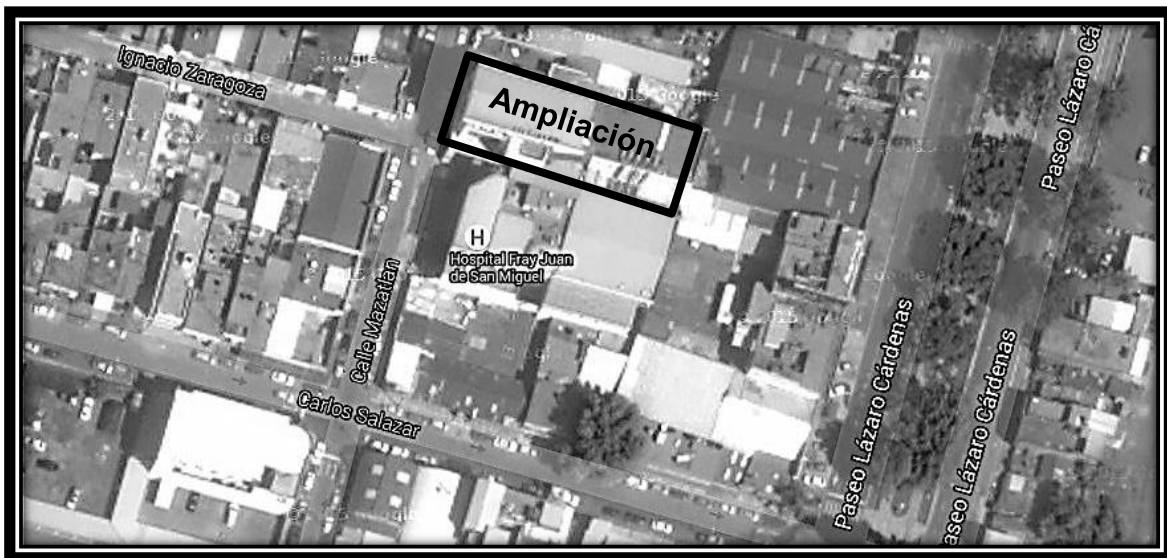


Imagen 3.8.- Vista en planta del hospital, resaltando en área de ampliación.

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

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

La ampliación del hospital Fray Juan de San Miguel está construida utilizando como material principal el acero. En la elaboración del presente proyecto se tuvo la inquietud de saber cómo sería el cálculo de la misma edificación utilizando como material principal el concreto reforzado. Después de observar detalladamente los planos arquitectónicos se observó que es una estructura con claros de gran distancia para elementos de concreto. Se calculará una estructura un poco diferente y se aplicaran elementos de soporte donde no existían, para que este trabaje de una manera adecuada, segura y además cumpla con las exigencias estéticas. De lo contrario se tomará como alternativa de solución hacer una combinación entre acero y concreto, calculando los elementos de columnas en concreto y las trabes en acero y losas aligeradas.

### **3.6.- Proceso de análisis.**

Existiendo un proyecto arquitectónico se podrá iniciar el proceso analizando las fuerzas que estarán presentes a lo largo de la vida útil de la estructura, desde el nivel de azotea hasta la planta baja. Continuando con la observación de planos arquitectónicos de cada uno de los niveles se podrá planear un direccionamiento adecuado para una súper estructura de concreto reforzado, haciendo coincidir los elementos estructurales de cada uno de los diferentes niveles para tener un correcto funcionamiento sin afectar el aspecto estético.

Posterior al proceso de dimensionamiento, continuando con la aplicación de las cargas previamente analizadas a la nueva súper estructura de concreto y ver si tiene comportamiento admisible, esta parte es un proceso que se somete a prueba y error, debido a que se proponen las dimensiones de cada uno de los elementos estructurales y mediante cálculos matemáticos y herramientas de software se determinará cuál es el modelo óptimo para dichos elementos.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se abordan los temas de metodología de la investigación que fueron necesarios para la elaboración de esta tesis, la definición del método empleado y los diferentes enfoques que existen. Se describe cuál es el alcance que tendrá la investigación además de la estructura diseñada y los instrumentos que fueron necesarios para llevar a cabo la obtención de datos, y por último, la descripción del proceso que se utilizó para realizar la presente investigación.

#### **4.1.- Método empleado.**

La investigación es un proceso que tiene como finalidad obtener información relevante, confiable para poder comprender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. “El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizando generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica” (Tamayo; 2003:28), donde se emplean un conjunto de procedimientos en los cuales se plantea la duda científica, se ponen a prueba las hipótesis formuladas y se utilizan los instrumentos de trabajo investigativo necesario. En el método científico no es importante llegar a una respuesta afirmativa, sino más bien describir cuál ha sido el procedimiento que se utilizó para llegar a ese resultado.

Los tres elementos principales para el estudio son:

- 1) La observación se considera como la percepción clara que se tiene del fenómeno, donde se requiere el empleo de aparatos especiales y conocimientos profundos en el tema que se desea conocer debido a que no solo es suficiente con mirar, sino observar con conocimiento para poder ver más allá de lo superficial, se requiere ayuda para ver desde distintos puntos de vista porque en una sola persona pueden existir limitaciones por la moral. Finalmente la información visual obtenida se debe anotar y revisar un y otra vez hasta estar convencidos.
- 2) La hipótesis es el procedimiento posterior a la observación del fenómeno, en el cual mediante la obtención de datos se proyecta las posibilidades con razones suficientes para creer que puede ser probable. Aunque en el procedimiento se utilicen exclamaciones como “yo creo” o “a mí me parece” la hipótesis es un razonamiento que sin tener argumentos para ser aprobado, no puede ser rechazado por lógica ni observaciones previas y puede ser de ayuda por el proceso previo de investigación.
- 3) La experimentación es el último de los procesos donde se provoca el fenómeno de la forma que desee el investigador, donde se comentan las coincidencias constantes y la coincidencia única, para llegar a una determinación que expresa el proceso para difundir con la verdad.



Por esta razón se eligió el método científico para la investigación, partiendo de una observación detallada del problema para la recopilación de datos y necesidades suficientes para poder iniciar con el proceso de hipótesis en el que se suponen las posibles formas de la elaboración de una ampliación para el hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan, y poder iniciar el proceso de cálculo y experimentación para llegar a un resultado de una estructura que cumpla con todos los requisitos para los que fue diseñada con un grado de seguridad confiable.

#### **4.1.1.- Método matemático.**

Por naturaleza, el ser humano una de las primeras nociones conceptuales que percibe es la noción de la cantidad, particularmente éste proceso ocurre sin que el individuo pueda darse cuenta de lo que está haciendo, gracias a esta capacidad que se tiene se emplea el método matemático que consiste en un procedimiento científico en el que se aplican comparaciones de cantidades con procesos anteriores para poder conseguir resultados de importancia, según Mendieta (1992).

En un cualquier investigación que se encuentren involucrados números de relaciones constantes, con diferentes hipótesis y variedad de formas de comparación, las cuales se tomen en cuenta para afirmar o negar una inquietud, sin duda se está aplicando un método cuantitativo. "Otra forma usual es la comparación. Las investigaciones en las cuales se advierten matices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, análisis de unos factores por otros, se está aplicando el método comparativo". (Mendieta; 1992:49)

Al realizar la investigación de la presente tesis fue necesaria la aplicación del método matemático, debido a que se realizaron diferentes comparaciones de alternativas y procesos matemáticos para afirmar o negar la hipótesis que se tiene planteada al inicio de éste proyecto.

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

De acuerdo con Hernández y Cols (2010), a lo largo del tiempo han surgido diferentes corrientes de pensamiento para la ciencia, entre ellas la etnografía y el constructivismo que han creado diferentes tipos de búsqueda para la investigación, que emplean procesos metódicos y empíricos con la finalidad de generar conocimiento. Ambos tienen en común las siguientes fases:

1. Realizan observación y análisis del fenómeno
2. Determinan suposiciones con información obtenida del proceso de observación
3. Demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento
4. Se realizan los cálculos necesarios para la revisión de las pruebas del análisis
5. Se proponen diferentes observaciones y evaluaciones para fundamentar las suposiciones previas.

Entre el enfoque cuantitativo y cualitativo existen similitudes entre las estrategias antes mencionadas, cada una tiene sus propias características.

## Enfoque cuantitativo:

De acuerdo con Hernández y Cols (2010), el enfoque cuantitativo es un conjunto de procesos que suceden de una forma secuencial y lógica, donde cada una de las etapas determina lo que sucederá en la siguiente, por tal motivo no pueden evitar o saltarse ninguno de los pasos. Es de suma importancia que lleve un orden, aunque posteriormente pueden redefinir algún apartado que no se tenga bien en claro. Todo inicia de una idea que conforme avanzan los procesos se va limitando para posteriormente extraer objetivos y preguntas de investigación, se inspecciona detalladamente la literatura y se construye un marco teórico. Una vez obtenidas las preguntas de investigación se procede a crear una hipótesis y posteriormente establecer variables. Continuando el proceso, dichas variables se evalúan en relación a su contexto, se analizan los resultados obtenidos por métodos estadísticos para terminar con la construcción de una conclusión con respecto de las hipótesis planteadas con anterioridad. Este proceso se representa en el diagrama siguiente:

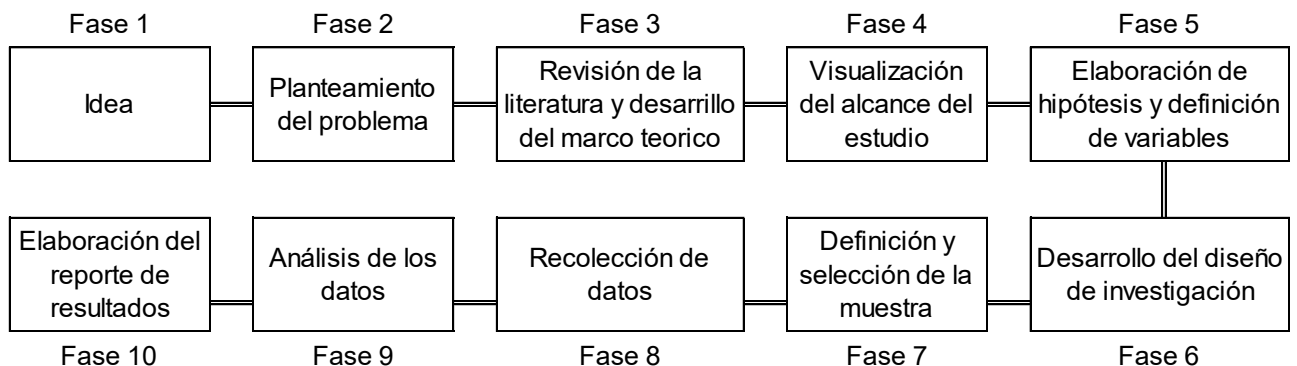


Diagrama 4.1.- Proceso cuantitativo.

Fuente: Hernández y Cols (2010)

Por esta razón se llegó a conclusión que el proceso cuantitativo es el procedimiento indicado para llegar a cabo esta investigación, cumple con cada una de las etapas del algoritmo, iniciado con la idea de diseñar el hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan, posteriormente se planteó un problema que se revisó constantemente, para continuar con la elaboración de una hipótesis, se visualizara cual es el mejor método para el desarrollo del problema para proseguir con en análisis de los datos y llegar a un resultado.

#### **4.2.1.- Alcance de la investigación.**

Retomando a Hernández y Cols (2010), después de haber revisado varias veces la literatura del problema y estar convencido de que valdrá la pena realizar la investigación, el procedimiento consecutivo es visualizar cual será el alcance que tendrá la misma. Esta parte es de suma importancia ya que el alcance que llegara a tener depende de la táctica de investigación. Previo a esto se realizan estudios exploratorios que nos ayudan a comprender más las cosas y así saber cuál de los alcances elegir.

Reanudando lo dicho por el autor antes mencionado, cuando el investigador comienza su trabajo, su finalidad es llegar a una respuesta de algún fenómeno y como se manifiestan. “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades procesos objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretender medir o recogen información de manera independiente o conjunta sobre

los conceptos o variables a las que se refieren” (Hernández y Cols; 2010:80), su objetivo no es señalar como se relacionan éstas. Los estudios antes mencionados son útiles para presentar con exactitud los parámetros de un fenómeno o acontecimiento, y por esta razón el investigador debe tener muy en claro la visión de su trabajo para tener una visión más amplia que es lo que medirá y de donde obtendrá los datos iniciales.

Por tal motivo para la elaboración de esta tesis será necesario el empleo del método descriptivo, ya que para llegar al resultado que se tiene visualizado es necesario recurrir a los procesos de dicho método, además de que la finalidad de la investigación es llegar a un resultado confiable y preciso que podrá ser justificado con análisis de recopilación de datos.

#### **4.3.- Diseño de la investigación.**

Reanudando lo dicho por Hernández y Cols (2010), existe la investigación experimental y la no experimental.

En una Investigación experimental el investigador crea a propósito un escenario al que involucra varios individuos, y tiene el privilegio de manipular la variable independiente, aplicando tratamientos, condiciones o estímulos en determinadas circunstancias. Y posteriormente se evalúan los resultados obtenidos del proceso anterior.

Sin embargo, para la elaboración de esta investigación se eligió el diseño no experimental. De lo contrario en este método no se crea una situación, se observa lo ya existente en el entorno, por lo tanto no se puede alterar la circunstancia. De esta manera no se tiene control sobre la variable y por consiguiente no es posible manipularlas, no se tiene un control directo ni se puede influir sobre ellas, porque es un fenómeno que ya ha sucedido al igual que sus efectos. Este a su vez se divide en dos ramas:

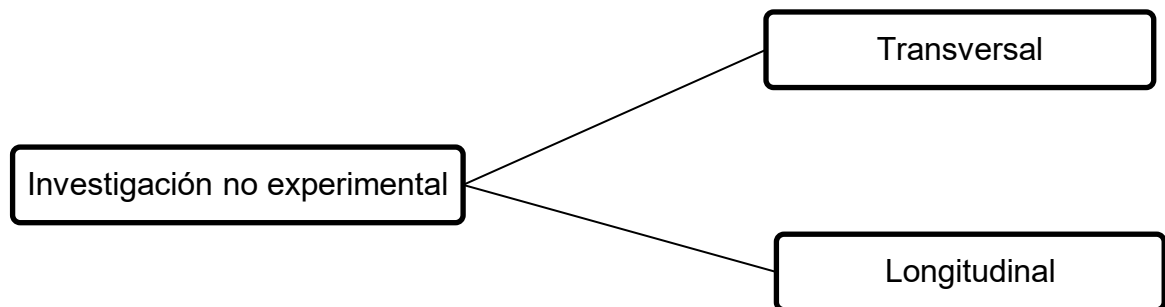


Diagrama 4.2.- División de investigación no experimental

Fuente: Hernández y Cols (2010)

Para realizar la elaboración de esta tesis se seleccionó la investigación de tipo transversal, también conocida como investigación transeccional, en la que se “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”

(Hernández y Cols; 2010:151), dicho de otra manera es un proceso donde se obtienen datos en un momento único como si fuese una fotografía. A su vez este se divide en tres caracteres que son exploratorios, descriptivos y correlacionales-casuales.

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

A lo largo de la elaboración de este proyecto fue necesario el empleo de diversas herramientas que ayudaron de forma significativa en la exactitud y confiabilidad del cálculo. Con una visión más amplia del proyecto. Además te otorgarle una presentación adecuada al grado de investigación que se está realizando, dichas herramientas se definen a continuación.

AutoCAD:

AutoCad es un software que se ha reconocido a nivel internacional gracias a la capacidad de edición que tiene. Para un ingeniero civil es una herramienta indispensable ya que gracias a él se pueden realizar cualquier tipo de planos como arquitectónicos, estructurales, redes de distribución de agua potable y sanitaria, planos de distribución eléctrica, en otros. En la elaboración de la presente tesis es una herramienta de suma importancia, debido a que lo primero que se obtuvo fueron los planos arquitectónicos y por medio de esta herramienta se logró crear los planos estructurales.

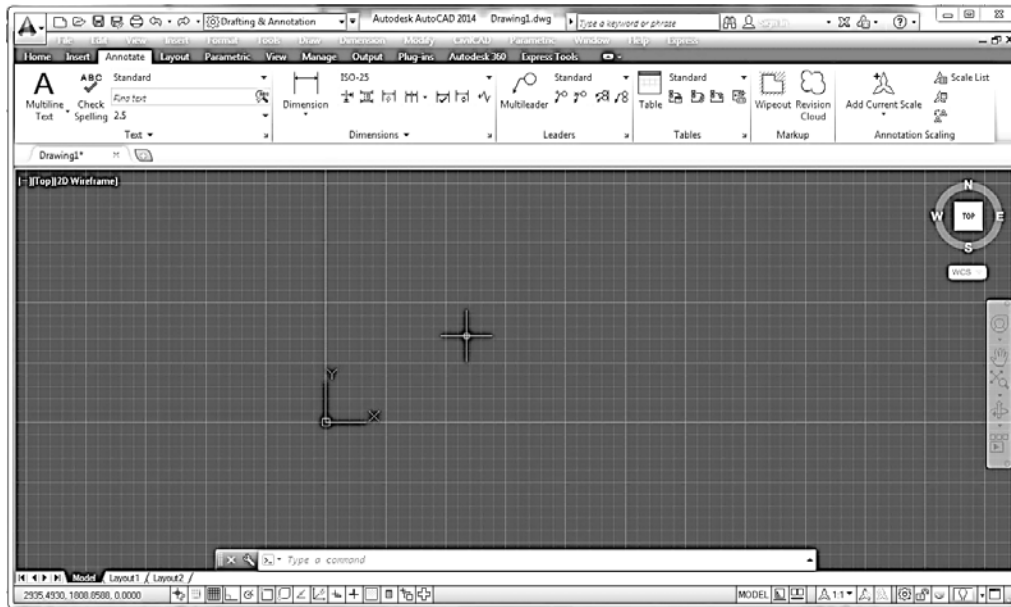


Imagen 4.1.- Ventana de trabajo de AutoCAD.

Fuente: AutoCAD 2014.

SAP:

El software SAP es considerado el programa líder en la ingeniería estructural, se le ha otorgado este nombre por las herramientas de diseño y análisis que contiene, ayudando en sus labores a ingenieros en transporte, obras públicas, edificaciones, entre otras. La interfaz permite al usuario crear y modelar desde pequeñas estructuras hasta grande edificaciones en mucho menor tiempo de lo esperado. De esta manera es vital su uso en los cálculos de la estructura del hospital Fray Juan de San Miguel, ya que una vez obtenido el dimensionamiento en AutoCAD se introdujo a SAP para el diseño de materiales y elementos estructurales y saber cuál sería su respuesta de estos.



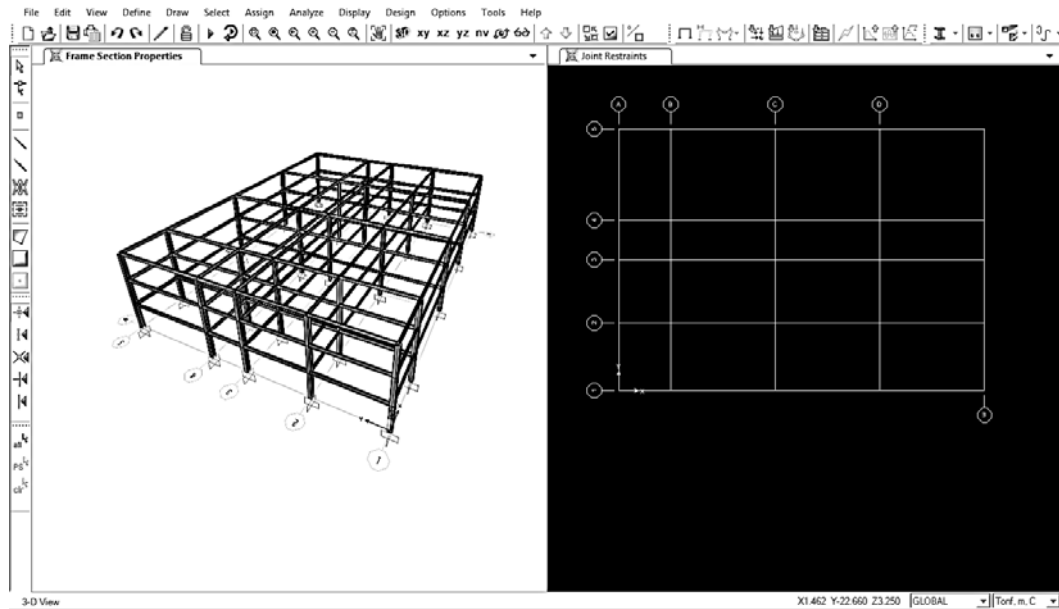


Imagen 4.2.- Ventana de trabajo de SAP.

Fuente: Propia.

Excel:

Excel permite a los usuarios elaborar tablas y formatos que incluyan cálculos matemáticos mediante fórmulas, las cuales pueden usar operadores matemáticos como son suma, resta, multiplicación, división y potenciación, además de poder utilizar elementos denominados “funciones”. Fue una herramienta base para proceder con los cálculos de la investigación, una vez obtenidos los datos de comportamiento gracias al programa SAP, posteriormente se empezaron a realizar cálculos necesarios para saber si su comportamiento es adecuado o necesitaría un redimensionamiento de elementos.

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

Todo inició al observar el hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan y se detectó que hace tiempo había tenido una ampliación para brindar un mejor servicio a la comunidad. El material con el que fue construida dicha ampliación fue el acero, entonces surge una pregunta, ¿Por qué fue construido con acero y no con concreto? De ahí nació la inquietud de saber cómo sería el dimensionamiento y el comportamiento de dicha estructura si se construía de concreto.

Una vez que se estaba seguro de lo que se investigaría, se continuó con una investigación más a fondo de las variables, consultado libros y haciendo citas textuales y paráfrasis para una mejor comprensión del tema. Se lograron conseguir los planos de diseño arquitectónico que tiene la nueva estructura para saber de qué manera podrían quedar mejor distribuidos los elementos interiores tendiendo un funcionamiento adecuado como estructura sin poner en riesgo la seguridad de las personas que lo habitarían , además de saber cuál sería su interacción con la edificación vecina.

Una vez observados detalladamente los planos arquitectónicos se proyectaron diferentes modelos de estructuras con ayuda del software AutoCAD, hasta llegar a la creación de un modelo que interactuara de la mejor manera posible con el proyecto arquitectónico sin hacer modificaciones al mismo. Una vez acordado el modelo ideal se introdujo a SAP para poder empezar a trabajar más a fondo con la elección del concreto como material estructural, así como el dimensionamiento de los diferentes elementos que interactúan en una forma ordenada dentro de la misma.

Al término del diseño de los espacios y dimensiones de los elementos de la estructura, se continúa con el proceso de los cálculos con ayuda de Excel, éste es un proceso que está sujeto a la ejecución de ciclos en el mismo hasta llegar a un resultado satisfactorio. Se realiza un redimensionamiento en caso de que sea necesario con los resultados que se obtuvieron del proceso de cálculo y finalmente se establece un modelo de estructura creada en concreto reforzado eficiente para la función de hospital con un grado razonable de seguridad. Se anexaron los diferentes planos que fueron necesarios para la ejecución de la misma así como los nuevos que se crearon para una mejor interpretación de la estructura.

## **CAPÍTULO 5**

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

En el presente capítulo se muestran los cálculos necesarios para el análisis y diseño estructural de la súper estructura del hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan. Iniciando por analizar el proyecto arquitectónico para posteriormente poder proponer un dimensionamiento estructural que modele matemáticamente, de manera adecuada, las solicitaciones que afectaran dicho proyecto para continuar con los cálculos necesarios y finalmente proyectar de una manera sencilla la interpretación de resultados de la estructura optima que será para dicha edificación.

#### **5.1.- Análisis del modelo arquitectónico.**

Todo proyecto inicia con una necesidad de cambio, y es el caso del hospital Fray Juan de San Miguel que tuvo la necesidad de ampliar las instalaciones existentes para brindar un mejor servicio a la comunidad. En base a las necesidades demandadas se planteó un proyecto arquitectónico que se muestra en el anexo 1. En el proyecto arquitectónico todos y cada uno de los cinco niveles diferentes tiene relación con la edificación primaria. En la planta baja o primer nivel se encuentra en área de urgencias y servicios, en el que se encuentra el almacén farmacéutico y dos laboratorios principales como el, laboratorio químico y el laboratorio sanguíneo, con una altura de entrepiso de 3.2m.

El segundo nivel se encuentra dividido en tres zonas. Una de ellas es el área de consulta, que a su vez esta encuentra dividida en ocho espacios de similar tamaño para llevar a cabo ésta labor. Seguido de una zona de rayos “x” y finalmente se encuentra la cafetería. Este nivel presenta una altura de entepiso de 3.2m.

Continuando con el tercer nivel se encuentra el área de quirófanos, que es una parte esencial de un hospital, ya que está acondicionada para la práctica de operaciones quirúrgicas a aquellos pacientes que así lo demanden. En dicho nivel se encuentra una endosuite, seguido de cuatro quirófanos más y finalmente un salón de expulsión, por consecuente a esto se tomó en consideración una zona para establecer el área central de equipos de esterilización. Fue conveniente tener una altura de entepiso de 3.80m en este nivel, requerido por diferentes dispositivos que son utilizados en los quirófanos.

El cuarto nivel está destinado a una área más en específico y menos compleja, dividido en catorce estancias de descanso y recuperación para los pacientes, dicho nivel cuenta con una altura de entepiso de 3.80m. Y por último se encuentra el quinto nivel, en el que se establece un auditorio con una capacidad de sesenta personas, además del área de administración. En lo que respecta a las alturas éste está dividido en dos secciones diferentes, la parte donde se encuentra el auditorio tiene una altura de entepiso de 4.60m en una sección a “dos aguas” mientras que en el área restante es una superficie completamente horizontal.

## **5.2.- Diseño estructural.**

Para el proceso de diseño estructural fue necesario analizar detalladamente cada uno de los cinco niveles del hospital, así como la función principal a la que está destinado cada uno de ellos. En el presente proyecto se pretendió diseñar una estructura óptima en concreto reforzado que se adecuara a un modelo arquitectónico ya existente, y uno de los primeros problemas que se encontró fue que el modelo está pensado en una estructura de acero, con claros mayores a diez metros. El problema de una estructura de concreto es que no es conveniente considerar claros mayores a ocho metros.

Al comenzar a idealizar una estructura de concreto para el hospital Fray Juan de San Miguel, se identificaron cuáles son las áreas de mayor importancia y las que no podrían alterarse por ningún motivo. Se inició en el tercer nivel en la zona de quirófanos proponiendo trabes con claros no mayores a seis metros y columnas en los límites de cada uno de ellos para que no exista ningún tipo de obstrucción, todo esto sin alterar el modelo arquitectónico. Posteriormente se comparó con los distintos niveles para ver si el modelo propuesto se ajustaba a las divisiones existentes.

Al realizar el análisis comparativo de la estructura propuesta en el tercer nivel con los demás niveles se encontró con el problema de que existían obstrucciones por elementos estructurales en zonas no apropiadas, viéndose en la necesidad de alterar el modelo arquitectónico de algunas partes menos importantes como el dimensionamiento de baño y habitaciones.

En el último nivel existe un caso especial que debe tratarse de una manera diferente. El diseño de la estructura para el auditorio, que cuenta con una longitud mayor a ocho metros, lo que pondría en riesgo la estructura en ese apartado. Como se mencionó anteriormente como una alternativa de solución y solo para este apartado se utilizaran elementos de acero para salvar claros mayores a diez metros ya que por cuestiones de servicio no es adecuada colocar columnas intermedias dentro de un auditorio.

Finalmente se propuso una estructura de concreto reforzado con forma irregular con claros no mayores a seis metros, que se adaptó a un modelo arquitectónico existente y teniendo como caso especial un apartado en el quinto nivel en el que fue necesario la intervención de elementos de acero para salvar claros mayores a ocho metros en la zona del auditorio, el resultado obtenido se muestra en el anexo 2.

### **5.3.- Modelado en SAP.**

Una vez terminado el análisis del modelo arquitectónico y concluido la distribución estructural dentro de él, a continuación se introducirá el modelo estructural al programa de cálculo llamado SAP. Comenzando por determinar y proponer cuál será el tamaño óptimo para cada uno de los elementos estructurales que comprenderán dicha estructura, además de definir el tipo de material que será empleado para la elaboración de cada uno de ellos.

Para crear un proyecto de dimensionamiento de una estructura en el programa SAP, se comienza indicando en número de secciones en que se encontrará dividido en las tres dimensiones. Para el hospital Fray Juan de San Miguel se consideró la aplicación de doce ejes en el eje de las abscisas identificándolas con un número respectivamente, para el eje de las ordenadas se colocaron cuatro ejes, identificándolas con las letras "A","B","C" y "D" respectivamente y finalmente para la sección de elevación el proyecto está considerado para cinco niveles.

El hospital se considera una edificación de nivel uno, por lo cual al programa SAP se le indicó emplear concreto reforzado con una "f'c" de  $250 \text{ kg/cm}^2$  (una resistencia de 250 kilogramos sobre centímetro cuadrado), con un peso volumétrico de  $2.4 \text{ Ton/m}^3$  y un módulo de elasticidad de  $221,359.43 \text{ kg/cm}^2$  para todos y cada uno los elemento estructurales que interactúen en la edificación.



Una vez definido con exactitud los parámetros del material con el que estará construida la edificación, el paso sucesor es dimensionar los elementos estructurales. Para las columnas, un elemento estructural que se encuentra en sentido vertical y que transmite las cargas desde el quinto nivel hasta el primero se propone una dimensión de 50cm x 50cm en sentido transversal. Las trabes que se encuentran ubicadas en sentido horizontal y son las encargadas de resistir las fuerzas actuantes en cada uno de los diferentes niveles y a su vez transmitirlo a las columnas, por cuestiones de relación de esbeltez se plantea un dimensionamiento de 25cm de base y 50cm de altura (25x50).

Ya que se tienen definidas las dimensiones de cada uno de los elementos estructurales y el material del que estarán fabricados, el paso siguiente es colocar cada uno de ellos en un lugar correspondiente de los ejes previamente fijados, como se menciona anteriormente las columnas deben colocarse en sentido vertical y las trabes al igual que las losas en sentido horizontal. En la azotea se encuentra un apartado distinto, en el que la colocación tiene una elevación y se le llama "losa a dos aguas", que se localiza plasmado con mayor claridad en el anexo 2. Al concluir este paso se tendrá una estructura en la que todos sus elementos están interconectados entre sí, como se muestra en las imágenes siguientes, con una vista en 3D (imagen 5.1), y diferentes secciones de cortes (imagen 5.2 a 5.5), donde se aprecia claramente la distribución final respectivamente en cada uno de los cinco niveles.

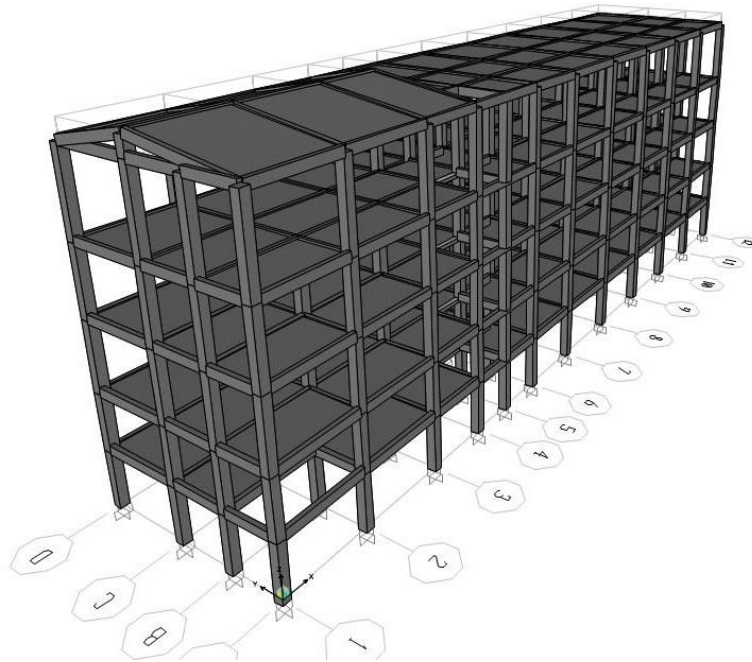


Imagen 5.1.- Conjuntos de elementos estructurales en 3D.

Fuente: Propia.

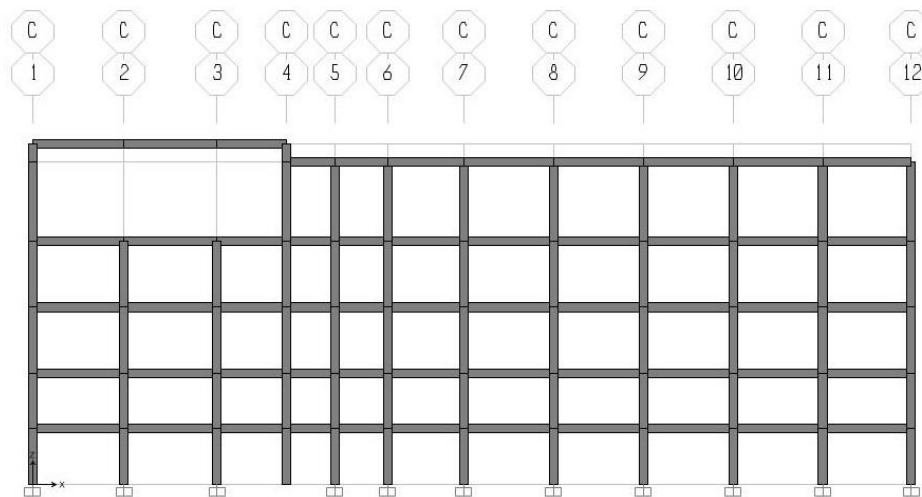


Imagen 5.2.- Elementos estructurales en 2D en el cuadrante "xz" sobre el eje "c".

Fuente: Propia.

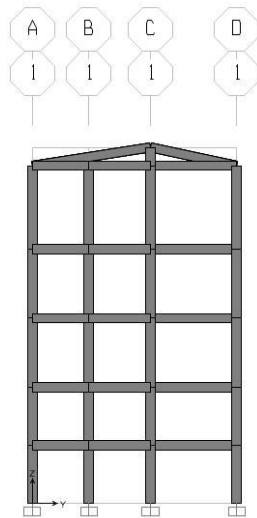


Imagen 5.3.- Elementos estructurales en el cuadrante “yz” sobre el eje “1”.

Fuente: Propia.

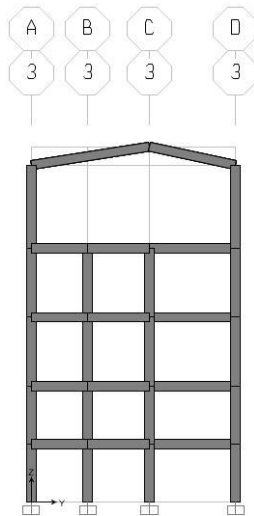


Imagen 5.4.- Elementos estructurales en el cuadrante “yz” sobre el eje “3”.

Fuente: Propia.

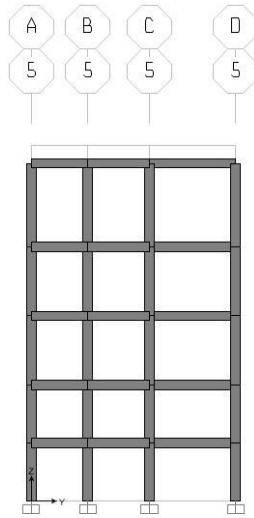


Imagen 5.5.- Elementos estructurales en el cuadrante “yz” sobre el eje “5”.

Fuente: Propia.

Al concluir este proceso se tiene considerado lo que se conoce como “carga muerta” que no es más que el peso de la propia estructura. A continuación se aplicará lo que se conoce como “cargas vivas”, que son las fuerzas actuantes que se encuentran en constante movimiento. La aplicación de este tipo de carga se considera de acuerdo al tipo de edificación, y el hospital es considerado tipo 1 por lo que se fija una carga de  $250 \text{ kg/m}^2$  en los cinco niveles, existen áreas con casos especiales donde se almacenan cosas estáticas de peso considerable que no son parte de la estructura donde se propone una peso de  $350 \text{ kg/m}^2$ . Y finalmente tenemos el caso de la azotea donde por cuestiones prácticas sólo se aplica una carga de  $150 \text{ kg/cm}^2$ .

Al haber determinado el material con el que se elaborará la estructura y las dimensiones de cada uno de sus elementos, así como también las fuerzas que estarán en movimiento dentro de ella, por consecuente la estructura ya se encuentra sometida bajo las acciones de la “carga muerta” y la “carga viva”, gracias a esto ahora se pondrá en marcha la ejecución del Programa SAP para que nos ayude al cálculo de momentos y cortantes en cada uno de sus elementos como se muestran en la figuras siguientes, que nos servirán para posteriormente diseñar de una forma más específica cada uno de los mismos.

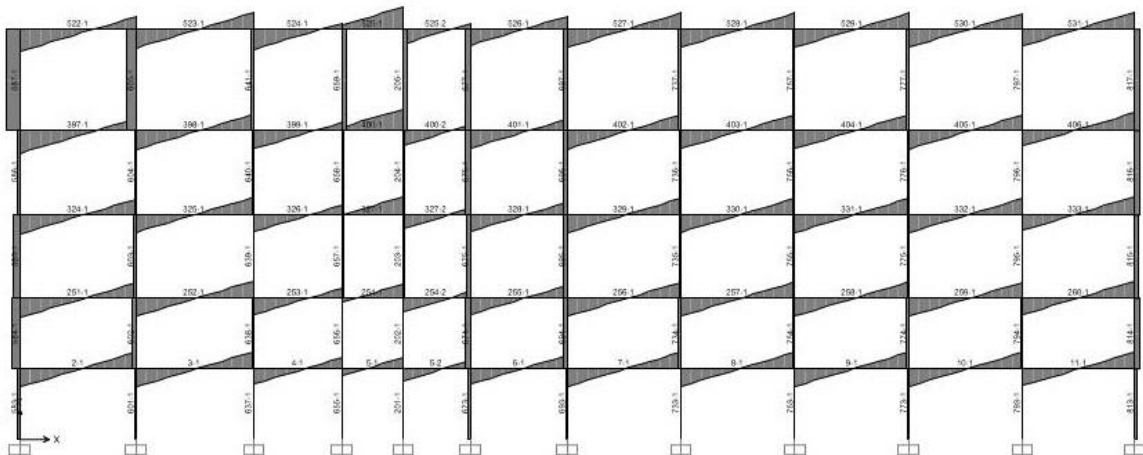


Imagen 5.6.- Diagrama de cortante en cuadrante “xz” del eje “A”.

Fuente: Propia.

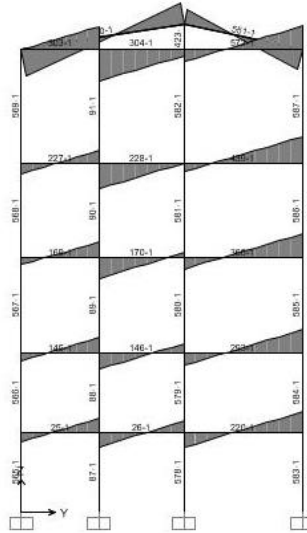


Imagen 5.7.- Diagrama de cortante en el cuadrante “yz” del eje “1”.

Fuente: Propia.

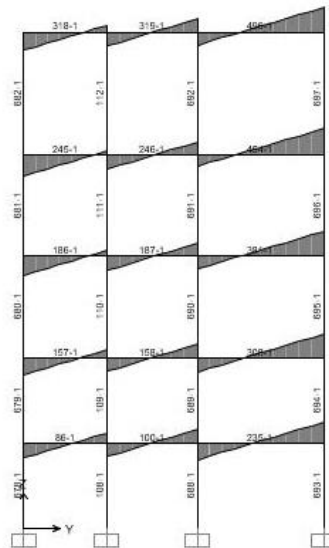


Imagen 5.8.- Diagrama de cortante en el cuadrante “yz” del eje “7”.

Fuente: Propia.

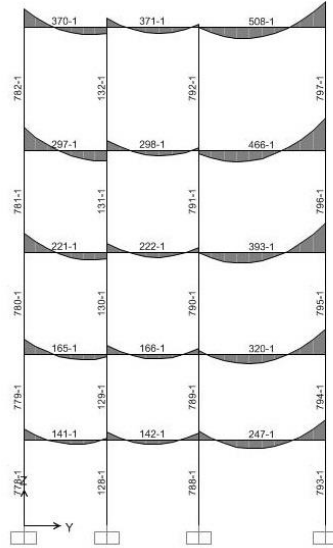


Imagen 5.9.- Diagrama de momento en cuadrante "yz" del ele "8".

Fuente: Propia.

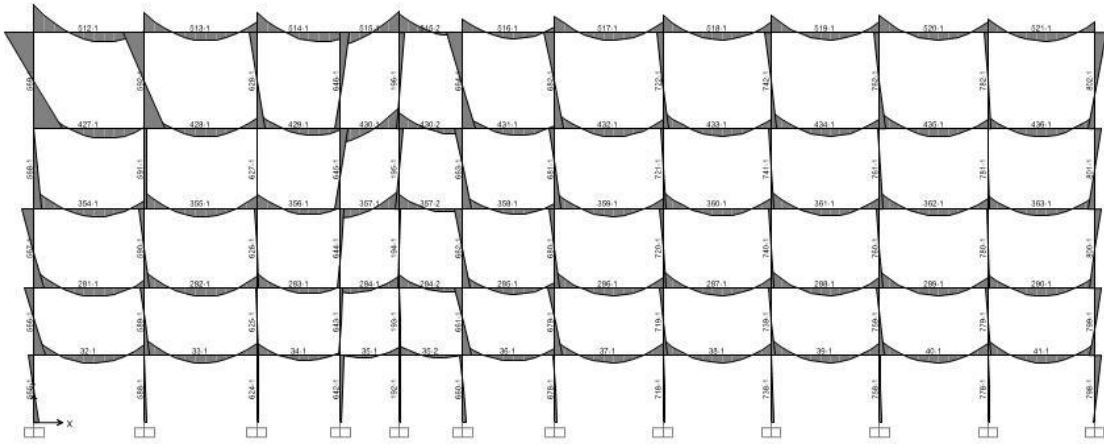


Imagen 5.10.- Diagrama de momento en cuadrante "xz" del ele "A".

Fuente: Propia.

#### **5.4.- Diseño de losas.**

Las losas son elementos estructurales colocados en sentido horizontal cuando se encuentran en calidad de entrepiso, y pueden tener una ligera inclinación cuando se colocan en una azotea. Su función principal es recibir las cargas dentro de los claros y posteriormente transmitir las hacia las trabes o muros de carga. La solución más idónea es fabricarlas de concreto reforzado, aunque también se emplean materiales prefabricados como lo es el poliuretano.

En el presente apartado se diseñaron todas y cada una de las losas que componen la edificación del hospital Fray Juan de San Miguel, por medio de un modelo matemático se demostrará cuál fue el proceso para llegar a la conclusión de establecer la estructura ideal de dicho elemento, basándose en las normas estipuladas por el RCDF (Reglamento de Construcción para el Distrito Federal).

Para esta edificación se utilizó una losa tipo “encasetonada”, que consiste en el diseño de nervaduras de 15cm de ancho y una altura de 25 cm, colocadas en ambos sentidos, aisladas por casetones prefabricados de poliuretano con un medida estándar de 40cm x 40cm en la base y una altura de 20cm con una capa de compresión de 5cm. Colocando un recubrimiento de mortero de un espesor de 2cm en la parte inferior, y en la parte superior mosaico aglutinado con mortero, formando un espesor promedio de 7cm, como se muestra en la imagen siguiente:



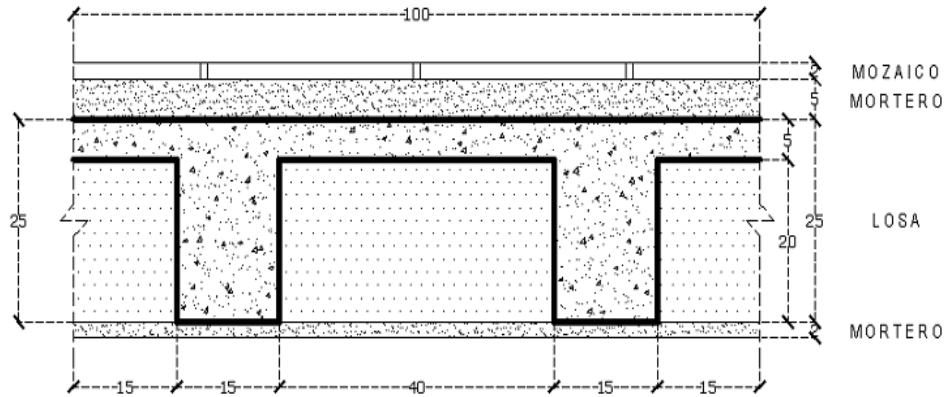


Imagen 5.11.- Perfil de losa “encasetonada” de entrepiso.

Fuente.- Propia.

Para la construcción de una losa de azotea a diferencia de una de entrepiso, puede ser que sea completamente horizontal o quizás presente una ligera inclinación, lo que se puede conocer como “losa a dos aguas”, y no es necesario la aplicación de mosaico, con el mortero de recubrimiento es suficiente como se muestra en la siguiente imagen.

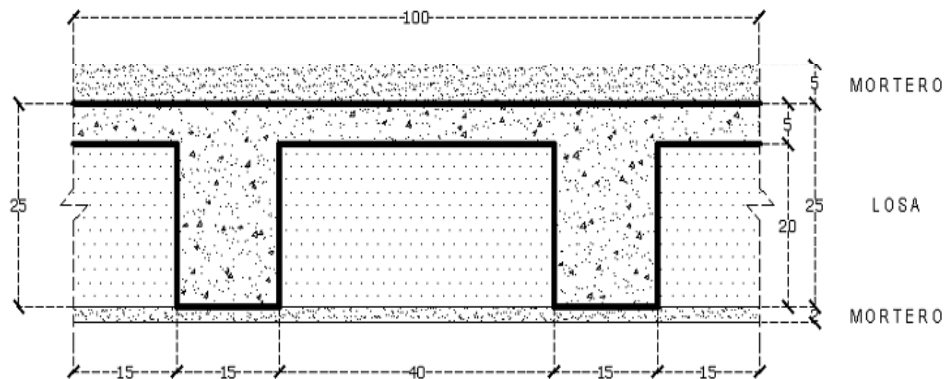


Imagen 5.12.- Perfil de losa “encasetonada” de azotea.

Fuente: Propia.

Continuando con el proceso de diseño de losas, se enumeraron respectivamente con un orden del nivel uno hacia en nivel cinco, para identificar cada una de ellas y omitir el conteo en la sección del elevador y donde existe una doble altura, y de esta forma tener un número exacto de elementos que serán calculados y diseñados, y cómo interactúan entre sí.

En la siguiente imagen se muestra el conteo de losas de entreso del primer nivel, donde se aprecia que inicia en el número 1 y termina con el tablero número 29, además se señala el área de doble altura que se encuentra en las coordenadas (A,1) y la sección del elevador ubicada por las coordenadas (A,4).

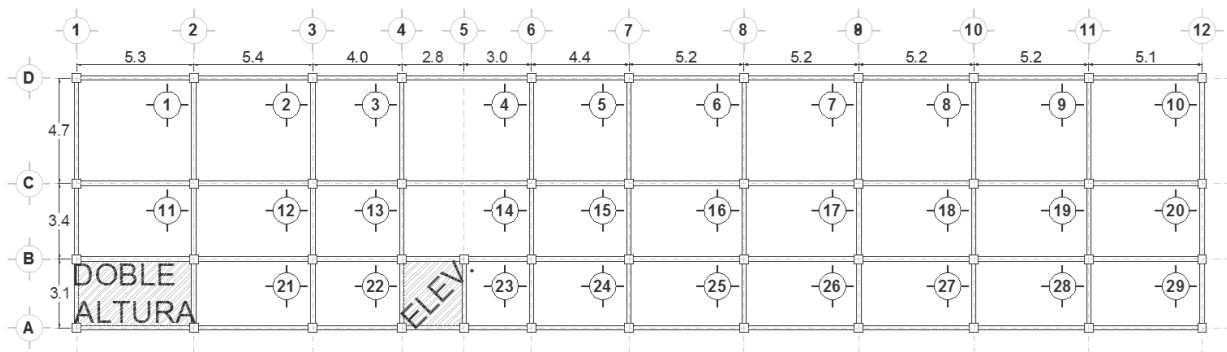


Imagen 5.13.- Vista en planta de losas de primer nivel.

Fuente: Propia.

Como se observa en la imagen anterior (imagen 5.13), cuenta con 29 tableros diferentes y por consiguiente el conteo del segundo nivel inicia con el tablero número 30. El segundo nivel es similar al tercero y cuarto, ya que ninguno de ellos cuenta con una doble altura, sólo la sección de elevador. A continuación se muestran la vista en planta del segundo, tercero y cuarto nivel:

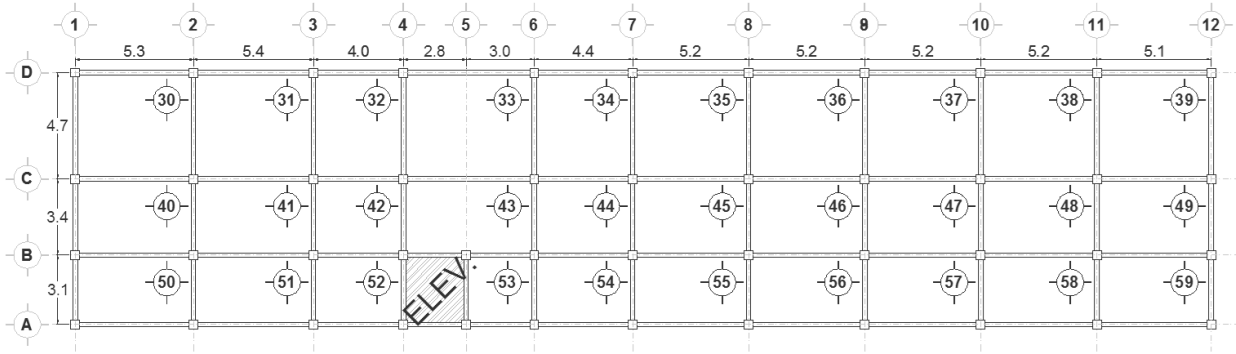


Imagen 5.14.- Vista en planta de losas de segundo nivel.

Fuente: Propia.

En la imagen posterior se muestran los treinta tableros del tercer nivel, como se puede apreciar no cambian en lo más mínimo con el segundo nivel, lo cual facilitó la elaboración de sus cálculos posteriormente.

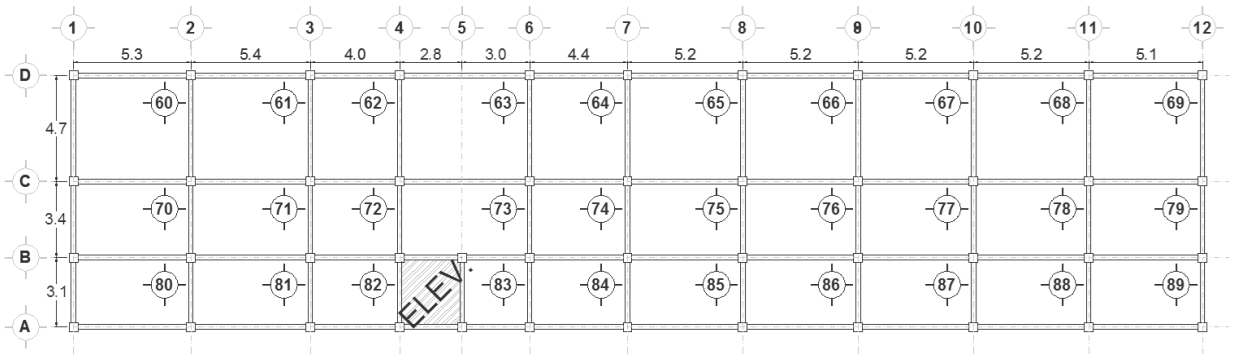


Imagen 5.15.- Vista en planta de losas de tercer nivel.

Fuente: Propia.

Retomando la numeración de tableros que se ha estado contabilizando desde el primer nivel, se encuentra el cuarto nivel, donde a simple vista aparenta ser similar al segundo y tercero, pero existen dos secciones que tienen que atenderse de una forma diferente debido a que la carga que soportan es de mayor magnitud comparada con el resto de tableros, ya que se utilizan como almacén de archivo muerto lo cual obliga a incrementar la carga  $100\text{kg/m}^2$ . En la figura siguiente se pueden apreciar claramente esas secciones que tienen una mayor capacidad de carga, y corresponden a los tableros marcados con el número “96” y “106”.

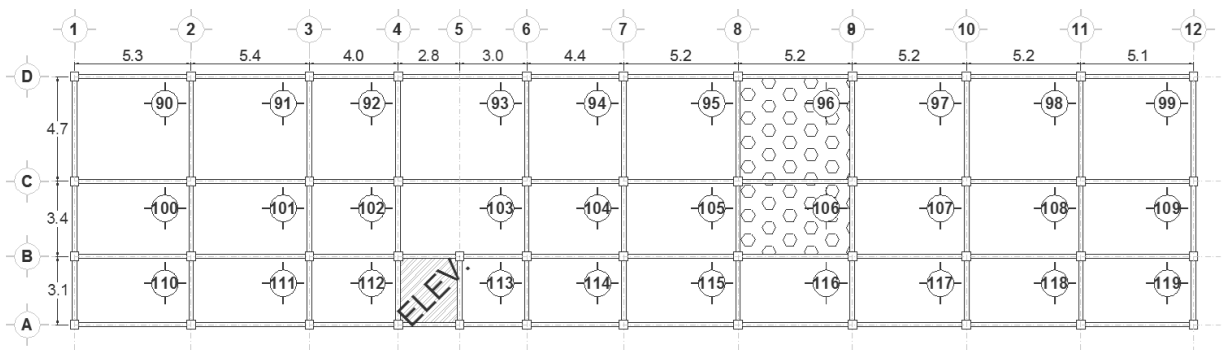


Imagen 5.16.- Vista en planta de losas de cuarto nivel.

Fuente: Propia.

Finalmente, se llega al quinto y último nivel, donde se encuentra la losa de azotea. Este nivel se encuentra dividido en dos secciones, del eje “1” al eje “4” se tiene una “losa a dos aguas” mientras que en el resto de la superficie es una losa completamente horizontal. Las cargas efectivas que soportará disminuyen considerablemente con respecto al resto de los niveles inferiores. En la imagen siguiente se puede apreciar claramente los dos diferentes tipos de superficie que se encuentran en este nivel.

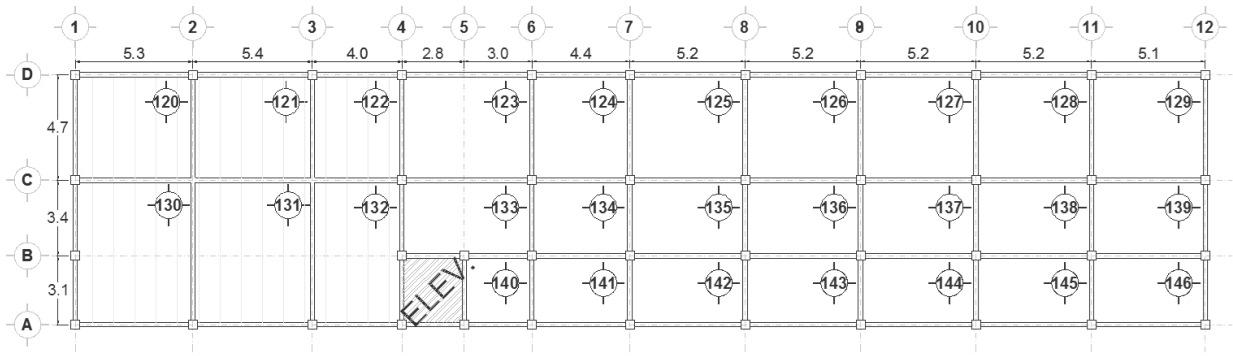


Imagen 5.17.- Vista en planta de azotea.

Fuente: Propia.

Una vez finalizado el proceso de numeración e identificación de tableros se continuó con el diseño de cada uno de ellos. Se diseñaron todos y cada uno de los 146 tableros que existen en la estructura. En el presente proyecto se plasman solamente algunos tableros que se eligieron al azar una vez concluido el cálculo, con la finalidad de ejemplificar cual fue el procedimiento matemático que se utilizó, se proyectó de una forma clara y sencilla de modo que sea fácil al lector comprender cuales son los parámetros que se tomaron para llevar a cabo el cálculo y diseño de cada uno de los diferentes elementos. En este caso se inició con el diseño del primer nivel, mostrando el modelo matemático que se utilizó con el tablero número “1”, que se consideró uno de los más desfavorables. El orden de diseño en losas no perjudica el comportamiento de la estructura final. Como ya se mencionó anteriormente se utilizara el método de coeficiente estipulado en la tabla 6.1 del RCDF (Reglamento de Construcción del Distrito Federal).

Para emplear el método de rigideces es necesario identificar el lado corto de la sección que se denomina “a1” y el lado largo la sección denominado “a2” como se muestra en la siguiente imagen.

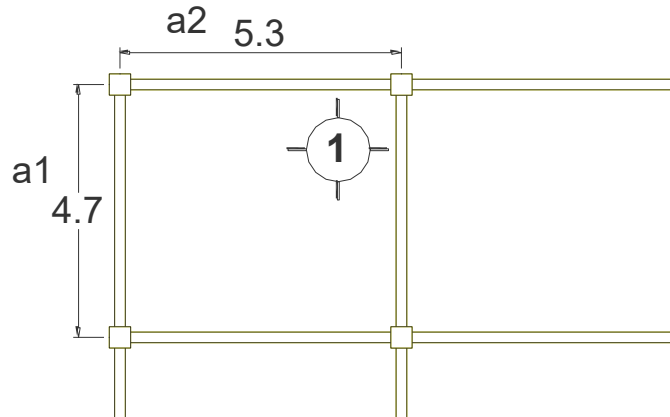


Imagen 5.18.- Sección a1 y a2 de tablero 1

Fuente: Propia.

Posteriormente se realizó análisis de carga muerta y por ser una edificación tipo “1” se considera una carga viva de  $250\text{kg/m}^2$  que soportara el tablero 1, como se muestra a continuación.

Cálculo de peso propio de la losa: se calculó el número de casetones y nervaduras de 15cm que tendrá en total el tablero.

	<b>a1=</b>	<b>470</b>	cm
9	Casetones de 40 cm.	360.00	cm
8	Nervaduras de 15cm	120.00	cm
	Nervaduras	15.00	cm

	<b>a2=</b>	<b>530</b>	cm
10	Casetones de 40 cm.	400.00	cm
9	Nervaduras de 15cm	135.00	cm
	Nervaduras	15.00	cm

Una vez que se obtuvo el número de casetones y nervaduras se puede definir cuál es el volumen que ocupan en total, y de esta manera saber cuál es el peso que proporciona cada uno de ellos en base a su peso volumétrico como se muestra en la siguiente tabla:

Área del tablero =	24.910	m <sup>2</sup>
Numero de casetones =	90	pzas
Volumen de losa =	6.228	m <sup>3</sup>
Volumen de casetones =	2.880	m <sup>3</sup>
Volumen de concreto =	3.348	m <sup>3</sup>
<b>Peso del Tablero =</b>	<b>0.323</b>	<b>ton/m<sup>2</sup></b>

Ya que se tiene el peso de la losa, se continuó agregando el peso de los demás elementos que forman parte del tablero total, agregando la carga viva que se tiene considerada, como se muestra a continuación:

PESO DE LA LOSA			
MATERIAL	ESPEJOR	PESO VOL.	PESO TOT.
Mosaico	0.02	1.75	0.035
Mortero	0.05	2.1	0.105
Losa	0.25	2.4	0.323
Mortero	0.02	2.1	0.042
			<b>0.505</b>

ton/m<sup>2</sup>

<b>CM =</b>	0.505	
<b>CV =</b>	0.25	
<b>W=</b>	<b>0.755</b>	ton/m <sup>2</sup>
	<b>0.0755</b>	kg/cm <sup>2</sup>
	<b>754.52</b>	kg/m <sup>2</sup>

Como se puede observar ya se obtuvo el valor de “ $w$ ”, que es la fuerza a la que está sometido el tablero. Para continuar con el proceso de coeficientes es necesario saber la relación de aspecto que tiene el elemento ( $m$ ), si la losa será colada monolíticamente con sus apoyos (caso 1) o no será colada monolíticamente con sus apoyos (caso 2), y cuál es la condición de continuidad en los bordes, es decir, si es de esquina, de borde o de centro.

$$m = \frac{a1}{a2}$$

Una vez que se obtuvo el valor de  $m$ , se sabe si es caso 1 o caso 2, y la condición de continuidad de borde, se pudo entrar a la tabla 6.1 del RCDF para obtener los coeficientes ( $K$ ). No es común que se obtengan de una manera directa ya que es muy difícil que la “ $m$ ” coincida con los parámetros establecidos, por lo que se tiene que realizar una interpolación para obtener el coeficiente deseado.

Con el coeficiente ( $K$ ) se obtuvo el valor de Momento de servicio ( $M_s$ ), mediante la siguiente expresión.

$$M_s = (K * 10^{-4})(w)(a1^2)$$

Posteriormente se calculó el momento último ( $M_u$ ):

$$M_u = 1.5M_s$$

Las dimensiones de las nervaduras se establecieron de 15 cm, por lo tanto el momento último de nervaduras ( $M_u_{Nerv.}$ ) Se obtiene como:

$$M_{u_{Nerv}} = .15M_u$$



Es necesario ajustar el momento de las nervaduras con el de los tableros colindantes, en este caso, el lado “a1” se ajustó con el tablero 2 y “a2” fue ajustado con el tablero 11.

Momento último ajustado				
Tablero 1-2 Largo de borde interno				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
1	125.6	3324.47	0.5	3.2664
2	135.4	3324.47	0.5	3.2664
Total	9.8	6648.94	1	

Momento último ajustado				
TABLERO 1 (lado corto) tablero 11 (lado largo)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
1	149.1	3324.468085	0.42	20.69
11	75.2	4595.588235	0.58	28.601
Total	73.9	7920.05632	1	

$$Mu_{AJUST} = Mu_{Nerv} - Mt_{AJUST}$$

Para el cálculo del porcentaje de acero (  $\rho$  ) son necesarios los siguientes valores:

<b>f<sub>c</sub> =</b>	250	kg / cm <sup>2</sup>
<b>f<sup>*</sup><sub>c</sub> =</b>	200	kg / cm <sup>2</sup>
<b>f'<sub>c</sub> =</b>	170	kg / cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub> =</b>	4200	kg / cm <sup>2</sup>
<b>FR =</b>	0.9	
<b>b =</b>	15.00	cm
<b>d =</b>	25	cm

$$\rho = \frac{f''c}{fy} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{FRf''c} * \frac{Mu}{bd^2}} \right)$$

Se calcula el porcentaje mínimo ( $\rho_{min}$ )

$$\rho_{min} = \frac{.7\sqrt{f''c}}{fy}$$

Se debe cumplir la condición  $\rho \geq \rho_{min}$ . Si esta condición no se cumple se debe de trabajar con el acero mínimo. Al tener el porcentaje se calcula el área de acero mediante la siguiente expresión.

$$As = \rho_{min} * b * d$$

Y, finalmente, el área de acero que se obtuvo se ajustó de una manera adecuada de acuerdo a la tabla siguiente, eligiendo el número de varillas que se acercó más al área de acero, a esto se le conoce como “área de acero real”.

No. Varilla	Diámetro		Área	Peso
	plg	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m
3	3/8	9.5	0.71	0.560
4	1/2	12.7	1.27	0.994
5	5/8	15.9	1.98	1.552
6	3/4	19.0	2.85	2.235
8	1	25.4	5.07	3.973
10	1 1/4	31.8	7.94	6.225
12	1 1/2	38.1	11.40	8.938

Imagen 5.19.- Tabla de secciones de varilla.

Fuente: DEACERO

Diseño de tablero "1"

TABLERO	Momento	Claro	K	Ms (kg-m)	Mu (kg-m)	Mu <sub>Nerv.</sub> (kg-m)	Mu <sub>AJUST.</sub> (kg-m)	ρ	ρ <sub>MIN</sub>	As (cm <sup>2</sup> )	AS <sub>REAL</sub> (cm <sup>2</sup> )	Numero de varilla
<b>1</b> De Esquina Dos lados adyacentes a1= 4.7 m= 0.887 a2= 5.3 w= 0.755	Neg. en bordes interiores	Corto	334.981	558.325	837.488	125.6	128.9	0.00037	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	397.642	662.764	994.146	149.1	128.4	0.00036	0.0026	0.9882	2.13	3#3
	Neg. en borde discontinuo	Corto	203.415	339.039	508.559	76.3	76.3	0.00022	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	219.321	365.550	548.325	82.2	82.2	0.00023	0.0026	0.9882	2.13	3#3
	Positivo	Corto	156.868	261.458	392.186	58.8	58.8	0.00017	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	128.792	214.663	321.995	48.3	48.3	0.00014	0.0026	0.9882	2.13	3#3

Momento último ajustado				
TABLERO 1 (lado corto) tablero 11 (lado largo)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
1	149.1	3324.468085	0.42	20.69
11	75.2	4595.588235	0.58	28.601
Total	73.9	7920.05632	1	

Momento último ajustado				
Tablero 1-2 Largo de borde interno				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
1	125.6	3324.47	0.5	3.2664
2	135.4	3324.47	0.5	3.2664
Total	9.8	6648.94	1	

Diseño de tablero "17"

TABLERO	Momento	Claro	K	Ms (kg-m)	Mu (kg-m)	Mu <sub>Nerv.</sub> (kg-m)	Mu <sub>AJUST.</sub> (kg-m)	ρ	ρ <sub>MIN</sub>	As (cm <sup>2</sup> )	AS <sub>REAL</sub> (cm <sup>2</sup> )	Numero de varilla
<b>17</b> Interior Todos los bordes continuos a1= 3.4 m= 0.654 a2= 5.2 w= 0.755	Neg. en bordes interiores	Corto	458.308	399.748	599.622	89.9	89.9	0.00025	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	380.231	331.647	497.471	74.6	73.9	0.00021	0.0026	0.9882	2.13	3#3
	Neg. en borde discontinuo	Corto										
		Largo										
	Positivo	Corto	246.462	214.970	322.455	48.4	48.4	0.00014	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	131.846	115.000	172.500	25.9	25.9	0.00007	0.0026	0.9882	2.13	3#3

Momento último ajustado				
Tablero 17-18 Corto de borde interno				
Tablero	Mu	$d^3/a1$	%	Mt <sub>AJUST</sub>
17	89.9	4595.59	0.5	0
18	89.9	4595.59	0.5	0
Total	0.0	9191.18	1	

Momento último ajustado				
TABLERO 17 (lado largo) tablero 26 (lado largo)				
Tablero	Mu	$d^3/a1$	%	Mt <sub>AJUST</sub>
17	74.6	4595.588235	0.477	0.7522
26	72.3	5040.322581	0.523	0.8249
Total	2.4	9635.910816	1	

### Diseño de tablero "21"

TABLERO	Momento	Claro	K	Ms (kg-m)	Mu (kg-m)	Mu <sub>Nerv.</sub> (kg-m)	Mu <sub>AJUST.</sub> (kg-m)	$\rho$	$\rho_{MIN}$	As (cm <sup>2</sup> )	AS <sub>REAL</sub> (cm <sup>2</sup> )	Numero de varilla
21 De Esquina Dos lados adyacentes a1= 3.1 m= 0.574 a2= 5.4 w= 0.755	Neg. en bordes interiores	Corto	547.630	397.083	595.625	89.3	81.9	0.00023	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	460.185	333.678	500.517	75.1	74.3	0.00021	0.0026	0.9882	2.13	3#3
	Neg. en borde discontinuo	Corto	331.630	240.463	360.694	54.1	54.1	0.00015	0.0026	0.9882	2.13	3#
		Largo	250.593	181.703	272.555	40.9	40.9	0.00012	0.0026	0.9882	2.13	3#3
	Positivo	Corto	319.481	231.654	347.482	52.1	52.1	0.00015	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	147.556	106.992	160.488	24.1	24.1	0.00007	0.0026	0.9882	2.13	3#3

Momento último ajustado				
Tablero 21-22 (lado corto)				
Tablero	Mu	$d^3/a1$	%	Mt <sub>AJUST</sub>
21	89.3	5040.32	0.5	7.4302
22	67.1	5040.32	0.5	7.4302
Total	22.3	10080.65	1	

Momento último ajustado				
TABLERO 21-12 (lado largo)				
Tablero	Mu	$d^3/a1$	%	Mt <sub>AJUST</sub>
21	75.1	5040.322581	0.523	0.7384
12	73.0	4595.588235	0.477	0.6732
Total	2.1	9635.910816	1	

Diseño de tablero "45"

TABLERO	Momento	Claro	K	Ms (kg-m)	Mu (kg-m)	Mu <sub>Nerv.</sub> (kg-m)	Mu <sub>AJUST.</sub> (kg-m)	ρ	ρ <sub>MIN</sub>	As (cm <sup>2</sup> )	As <sub>REAL</sub> (cm <sup>2</sup> )	Numero de varilla	
<b>45 Interior</b> Todos los bordes continuos a1= 3.4 m= 0.654 a2= 5.2 w= 0.755	Neg. en bordes interiores	Corto	458.308	399.748	599.622	89.9	89.9	0.00025	0.0026	0.9882	2.13	3#3	
		Largo	380.231	331.647	497.471	74.6	70.3	0.00020	0.0026	0.9882	2.13	3#3	
	Neg. en borde discontinuo	Corto											
		Largo											
	Positivo	Corto		246.462	214.970	322.455	48.4	48.4	0.00014	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo		131.846	115.000	172.500	25.9	25.9	0.00007	0.0026	0.9882	2.13	3#3

Momento último ajustado Tablero 45-46 (lado corto)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
45	89.9	4595.59	0.5	0
46	89.9	4595.59	0.5	0
Total	0.0	9191.18	1	

Momento último ajustado TABLERO 45-55 (lado largo)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
45	74.6	4595.588235	0.477	4.2934
55	61.1	5040.322581	0.523	4.7089
Total	13.5	9635.910816	1	

Diseño de tablero "96"

TABLERO	Momento	Claro	K	Ms (kg-m)	Mu (kg-m)	Mu <sub>Nerv.</sub> (kg-m)	Mu <sub>AJUST.</sub> (kg-m)	ρ	ρ <sub>MIN</sub>	As (cm <sup>2</sup> )	As <sub>REAL</sub> (cm <sup>2</sup> )	Numero de varilla	
<b>96 De Borde</b> Un lado largo discontinuo a1= 4.7 m= 0.904 a2= 5.2 w= 0.855	Neg. en bordes interiores	Corto	344.115	649.929	974.894	146.2	140.5	0.00040	0.0026	0.9882	2.13	3#3	
		Largo	345.769	653.053	979.579	146.9	143.2	0.00041	0.0026	0.9882	2.13	3#3	
	Neg. en borde discontinuo	Corto		217.885	411.518	617.276	92.6	92.6	0.00026	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo											
	Positivo	Corto		162.654	307.204	460.805	69.1	69.1	0.00020	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo		133.962	253.012	379.519	56.9	56.9	0.00016	0.0026	0.9882	2.13	3#3

Momento último ajustado Tablero 96-97 (lado corto)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
96	146.2	3324.47	0.5	5.7011
97	129.1	3324.47	0.5	5.7011
Total	17.1	6648.94	1	

Momento último ajustado TABLERO 96-106 (lado largo)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
96	146.9	3324.468085	0.42	3.7788
106	84.6	4595.588235	0.58	5.2236
Total	62.4	7920.05632	1	

### Diseño de tablero "130"

TABLERO	Momento	Claro	K	Ms (kg-m)	Mu (kg-m)	Mu <sub>Nerv.</sub> (kg-m)	Mu <sub>AJUST.</sub> (kg-m)	ρ	ρ <sub>MIN</sub>	As (cm <sup>2</sup> )	As <sub>REAL</sub> (cm <sup>2</sup> )	Numero de varilla
130 De Esquina Dos lados advacentes a1= 5.3 m= 0.815 a2= 6.5 w= 0.655	Neg. en bordes interiores	Corto	411.615	757.329	1135.994	170.4	155.5	0.00044	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	388.769	715.295	1072.942	160.9	144.1	0.00041	0.0026	0.9882	2.13	3#3
	Neg. en borde discontinuo	Corto	245.231	451.199	676.798	101.5	101.5	0.00029	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	219.538	403.928	605.892	90.9	90.9	0.00026	0.0026	0.9882	2.13	3#3
	Positivo	Corto	209.846	386.095	579.142	86.9	86.9	0.00025	0.0026	0.9882	2.13	3#3
		Largo	139.692	257.019	385.529	57.8	57.8	0.00016	0.0026	0.9882	2.13	3#3

Momento último ajustado Tablero 130 (lado corto)-120(lado largo)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
130	170.4	2948.11	0.47	14.901
120	122.8	3324.47	0.53	16.803
Total	47.6	6272.58	1	

Momento último ajustado TABLERO 130-131 (lado largo)				
Tablero	Mu	d <sup>3</sup> /a1	%	Mt <sub>AJUST</sub>
130	160.9	2948.113208	0.505	4.5432
131	147.2	2893.518519	0.495	4.4591
Total	13.7	5841.631726	1	

## **5.5.- Diseño de trabes.**

En el presente apartado se diseñaron cada una de las diferentes trabes que conforman la estructura, de acuerdo a las NTC que propone el RCDF. Donde se calculó el acero de refuerzo en la sección longitudinal y transversal por los métodos de diseño por flexión y diseño por cortante respectivamente. Para su análisis existen diferentes tipos de secciones:

- Secciones sobre reforzadas o reducidas.
- Secciones balanceadas.
- Secciones sobre esforzadas o peraltadas.

### **a) Diseño por flexión:**

Para el diseño de la súper estructura del hospital Fray Juan de San Miguel se consideró adecuado el diseño de vigas con sección sobre esforzada o peraltada. Este tipo de secciones se presenta con mucha frecuencia en la práctica, son consideradas como vigas continuas. Las trabes son elementos estructurales colocados en forma horizontal que se encargan de recibir las acciones que se presentan en las losas, los muros que se encuentran sobre ellas y el peso propio.

Debido a esto el primero paso para realizar el diseño de trabes comienza al ejecutar un análisis de cargas a las que estará sometida. En el apartado anterior se diseñaron cada una de las losas donde se obtuvo un peso propio (carga muerta) de  $505 \text{ kg/m}^2$ , aumentado a ésta lo que se consideró de carga viva, que fue variando de  $350 \text{ kg/m}^2$  en secciones de almacenamiento de archivo muerto,  $250 \text{ kg/m}^2$  en áreas comunes y finalmente  $150 \text{ kg/m}^2$  en azotea.

Por lo que para este apartado fue necesario el análisis del modelo arquitectónico para identificar dónde están aplicados los muros y tener consideración de ellos. Posteriormente se realizó un análisis de peso de muros por metro cuadrado, en el que se consideró el empleo de tabique rojo pegando con mortero y un recubrimiento de 2cm, como se muestra en el análisis siguiente:

Al realizar un análisis de piezas, se encontró que es necesario el empleo de 55 tabiques aproximadamente para la construcción de un metro cuadrado de muro.

<b>Ánàlisis de peso para muro</b>			
Material	Espesor (m)	Peso vol. (t/m <sup>3</sup> )	Peso total (t/m <sup>2</sup> )
Mortero	0.04	2	0.08
Tabique	0.12	1.8	0.216
		Total	0.296

Al realizar la sumatoria del peso de mortero y tabiques llegamos al resultado que el muro tiene un peso de 296kg/m<sup>2</sup>. Por efectos constructivos y sea más practica su ejecución se elevó el peso a 300kg/m<sup>2</sup>. Dicho resultado obtenido se utilizó para establecer el peso de un elemento plano que se creó en el programa SAP, y se colocaron en los distintos lugares correspondientes donde se tenía contemplado un muro. Al término de este paso la estructura creada en dicho programa ya tiene establecido todos los elementos por los que estará conformada, y se encuentra lista para ponerla a prueba, como se muestra en la siguiente figura:



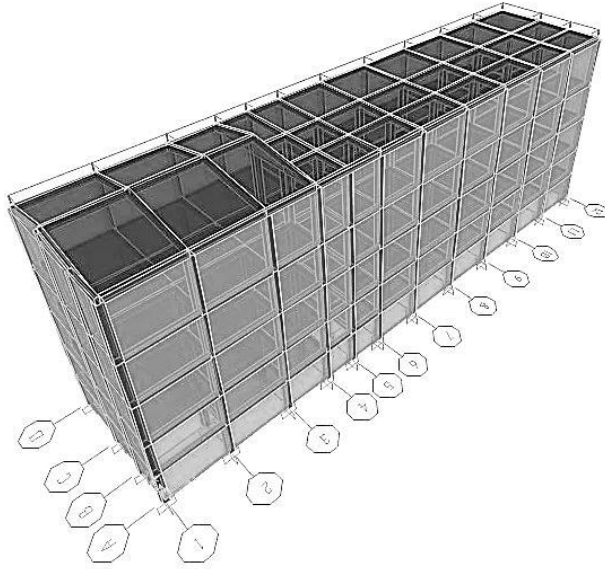


Imagen 5.20.- Estructura en vista 3D.

Fuente: Propia

Al ejecutar el programa se obtienen los momentos, los cortantes y las deformaciones que se presentarán, como se puede apreciar en la siguiente imagen:

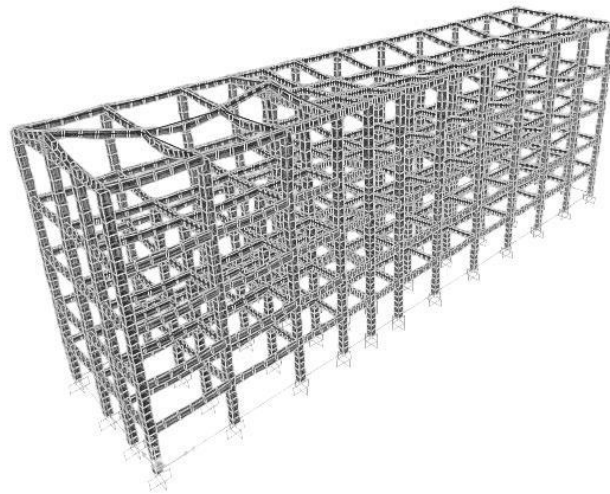


Imagen 5.21.- Estructura con deformaciones.

Fuente: Propia.

Se consideró la colocación de tres tinacos de una capacidad de 2500L, cada uno de ellos. En los puntos (7, B), (8, B) y (9, B) en el nivel de azotea, por lo cual se colocaron tres cargas puntuales de 2.5 toneladas que afectaran de forma considerable a la estructura. Una vez concluidas todas las consideraciones se pone en marcha la ejecución de momentos y cortantes en el programa SAP, obteniendo resultados como se muestra en la siguiente imagen:

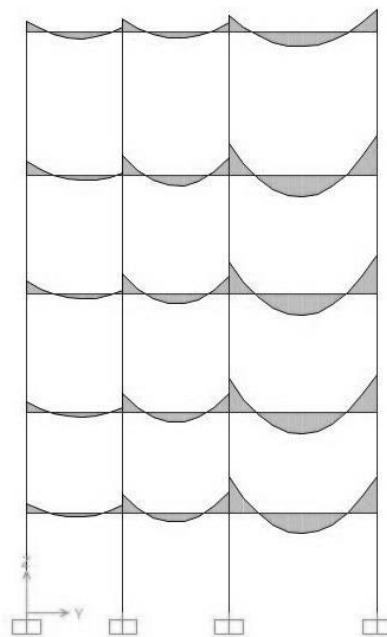


Imagen 5.22.- Diagramas de momento sobre el eje "5".

Fuente: Propia.

El dimensionamiento de traveses fue previo, se consideró una base (b) de 25cm y una altura (d) de 50cm, lo cual cumple con la condición de que la base debe ser mayor a 20cm y la relación altura entre base debe estar entre 2 y 5.

$$2 \leq \frac{d}{b} \leq 5$$

Al considerarse como viga continua, quiere decir que ésta cuenta con más de un claro, por lo que los momentos pueden encontrarse tanto positivos como negativos respectivamente, dicho de otra manera, el acero de refuerzo puede requerirse en la parte superior de la viga o en la parte inferior, según corresponda el momento. Con los resultados obtenidos de la ejecución del programa SAP se continuó con el cálculo de área de acero correspondiente a cada sección. De acuerdo con las NTC de concreto en el RCDF, existen parámetros que deben cumplirse.

Para la determinación del porcentaje de acero necesario se empleó la siguiente expresión:

$$\rho_{nec} = \frac{f''c}{fy} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{Frbd^2f''c}} \right)$$

Sin embargo, para que el elemento tenga un correcto funcionamiento, el porcentaje de acero necesario ( $\rho_{nec}$ ) debe encontrarse dentro de parámetros establecidos. El porcentaje de acero mínimo debe ser menor o igual al porcentaje de acero necesario y no debe ser mayor al porcentaje de acero balanceado, esto en caso de que no exista sismo, como se muestra en la siguiente expresión:

$$\rho_{min} \leq \rho_{nec} \leq \rho_b$$

En caso de que exista sismo el porcentaje de acero máximo ( $\rho_{max}$ ) debe ser el 75% del porcentaje de acero balanceado ( $\rho_b$ ).

Al tener el porcentaje de acero lo siguiente es obtener el área de acero mediante la siguiente ecuación:

$$A_s = \rho b d$$

Una vez establecido el procedimiento de acuerdo al RCDF, se diseñaron todas y cada una de las vigas de la estructura como elementos continuos. Para este apartado solamente se plasmó una viga continua que se eligió al azar. Tratando de ejemplificar el procedimiento de la manera más sencilla y sea fácil su comprensión, y no se muestre complejo al momento de su ejecución. De las trabes que se encuentran en el cuadrante de “yz” se mostrara la que se encuentra sobre el eje “1” del segundo nivel. Como se muestra en la imagen siguiente:

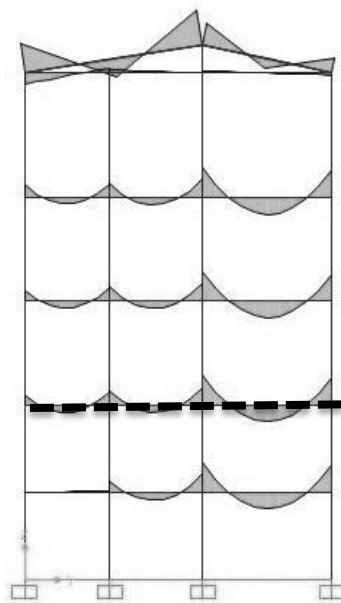


Imagen 5.23.- Trabe a diseñar sobre el cuádrate “yz”.

Fuente: Propia.

Diseño de trabe eje "1", segundo nivel, sección "CD".

Datos:

$$\begin{aligned}f'c &= 250 \text{ kg/cm}^2 \\f^*c &= 200 \text{ kg/cm}^2 \\f'c &= 170 \text{ kg/cm}^2 \\f_y &= 4200 \text{ kg/cm}^2 \\Mu(+)&= 2.062 \text{ t/m} \\b &= 25 \text{ cm} \\d &= 50 \text{ cm} \\Fr &= 0.9\end{aligned}$$

Cálculo de porcentaje de acero mínimo ( $\rho_{min}$ ) de sección positiva (M+)

$$\rho_{min} = \frac{.8\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{.8\sqrt{250}}{4200}$$

$$\rho_{min} = .003$$

Cálculo de porcentaje de acero necesario ( $\rho_{nec}$ ) de sección positiva (M+)

$$\rho_{nec} = \frac{170}{4200} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(206200)}{(.9)(25)(50)^2(170)}} \right)$$

$$\rho_{nec} = .000882$$

$$\rho_{min} = .003 > \rho_{nec} = .000882$$

Por lo tanto, se usará el porcentaje de acero mínimo.

Cálculo de área de acero:

$$A_s = (.003)(25)(50)$$

$$A_s = 3.73 \text{ cm}^2$$

Área de acero real:

$$a_o = \frac{3.73}{1.22}$$

$$a_o = 3.05$$

Por lo tanto, se llegó a la conclusión que para la sección de momento positivo son necesarias 3 varillas del número 4 (imagen 5.19).

Cálculo de sección de momento negativo:

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho$ min	=	0.0030	RIGE
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho$ nec	=	0.0016	
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho$ b	=	0.0190	
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho$ max	=	0.0143	
$Mu(-)$	=	3.765 t/m	$A_s$	=	3.7646	
$b$	=	25 cm	$a_o$	=	3.0858	
$d$	=	50 cm	$A_s$ real	=	3#4	
$Fr$	=	0.9				

Diseño de trabe sección "BC":

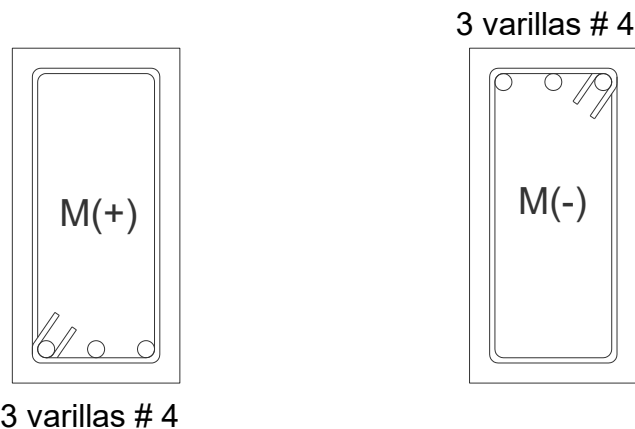
Momento positivo (M+).

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{min}$	=	0.0030	RIGE
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{nec}$	=	0.0004	
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_b$	=	0.0190	
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{max}$	=	0.0143	
$Mu(+)$	=	0.864 t/m	$A_s$	=	3.7646	
$b$	=	25 cm	$a_o$	=	3.0858	
$d$	=	50 cm	$A_s\ real$	=	3#4	
$Fr$	=	0.9				

Momento Negativo (M-).

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{min}$	=	0.0030	RIGE
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{nec}$	=	0.0009	
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_b$	=	0.0190	
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{max}$	=	0.0143	
$Mu(-)$	=	2.192 t/m	$A_s$	=	3.7646	
$b$	=	25 cm	$a_o$	=	3.0858	
$d$	=	50 cm	$A_s\ real$	=	3#4	
$Fr$	=	0.9				

Diagrama de colocación de acero de refuerzo según el momento.



Diseño de trabe sección "AB":

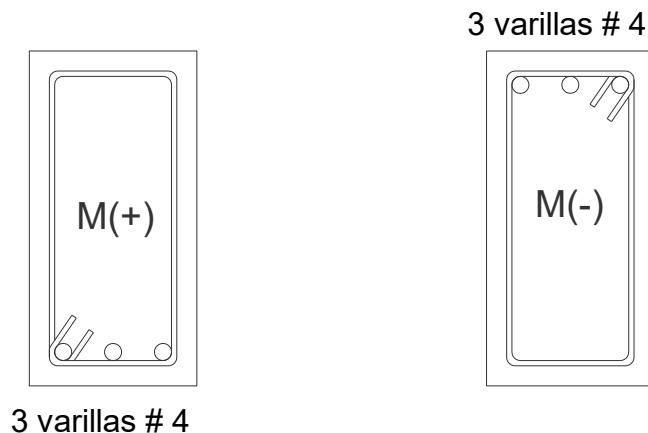
Momento positivo (M+).

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{min}$	=	0.0030	RIGE
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{nec}$	=	0.0004	
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_b$	=	0.0190	
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{max}$	=	0.0143	
$Mu(+)$	=	0.884 t/m	$A_s$	=	3.7646	
$b$	=	25 cm	$a_o$	=	3.0858	
$d$	=	50 cm	$A_s \text{ real}$	=	3#4	
$Fr$	=	0.9				

Momento negativo (M-).

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{min}$	=	0.0030	RIGE
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{nec}$	=	0.0007	
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_b$	=	0.0190	
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{max}$	=	0.0143	
$Mu(-)$	=	1.707 t/m	$A_s$	=	3.7646	
$b$	=	25 cm	$a_o$	=	3.0858	
$d$	=	50 cm	$A_s \text{ real}$	=	3#4	
$Fr$	=	0.9				

Diagrama de colocación de acero de refuerzo según el momento.





Al término del diseño de las tres secciones de la viga en sus momentos positivos y negativos se obtuvo la cantidad de varillas que será necesario emplear en cada una de ellas, haciendo énfasis en la condición que nos dice “no se puede traslapar menos del 50% de acero de refuerzo”, como se muestra en la imagen siguiente.

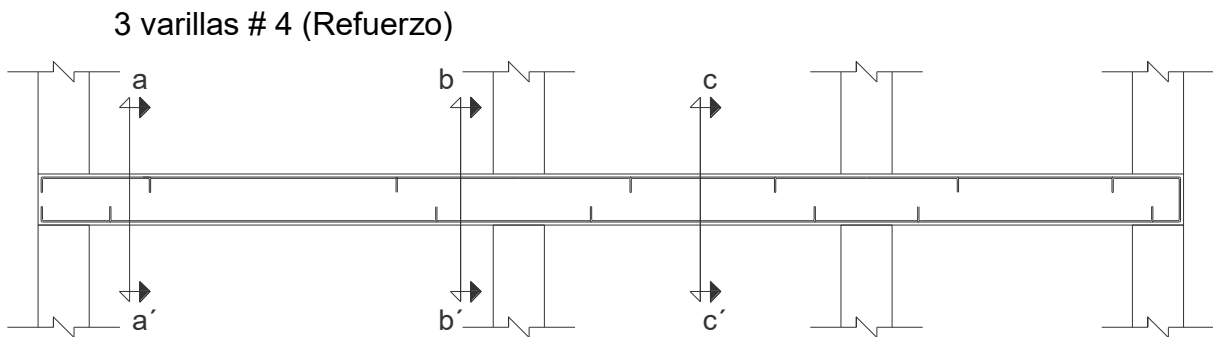


Imagen 5.24.- Diagrama de perfil de armado de varillas.

Fuente: Propia.

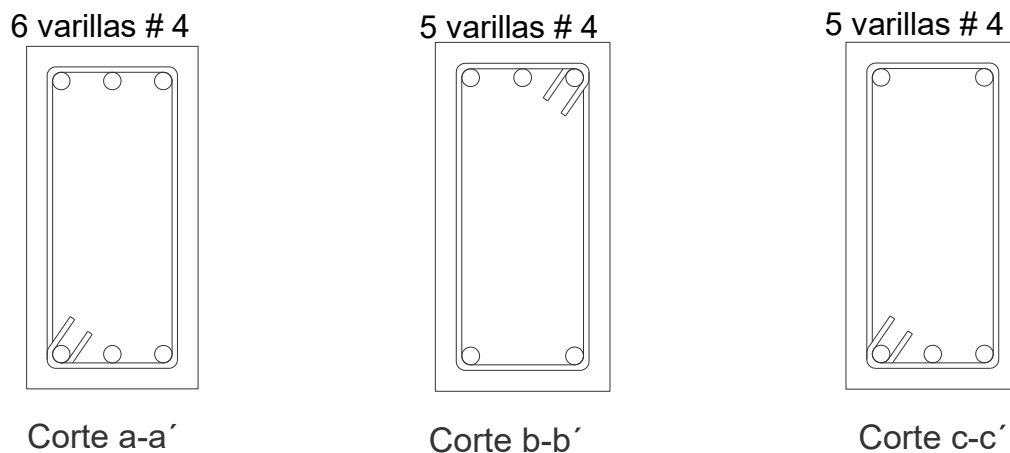


Imagen 5.25. - Cortes de diferentes secciones.

Fuente: Propia.

## b) Diseño por cortante.

El esfuerzo cortante es una fuerza de tensión paralela a la sección transversal, en el caso de las estructuras de concreto pueden originar que el elemento llegue a la falla sin alcanzar su resistencia máxima a la flexión. En este apartado se diseñó el refuerzo trasversal que comúnmente se conoce como estribos de los elementos de la estructura, basados en la NTC (Normas Técnicas de Construcción) que establece el RCDF (Reglamento de Construcción del Distrito Federal). Se inició con el cálculo de la fuerza cortante de diseño que toma el concreto ( $V_{CR}$ ), lo cual existen distintos parámetros que deben considerarse. En este caso como  $\rho < 0.015$  (se utiliza el porcentaje de acero que determina el momento más desfavorable de la sección), se empleó la siguiente formula:

$$V_{CR} = .3F_Rbd(0.2 + 20\rho)\sqrt{f * c}$$

Los resultados de cortante último ( $V_u$ ) se obtuvieron del análisis de la estructura realizado en el programa SAP, como se muestra a continuación:

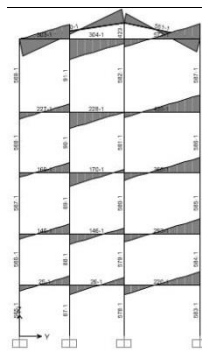


Imagen 5.26.- Fuerzas cortantes.

Fuente: Propia.

Una vez que se obtuvo el resultado de cortante último de cada elemento, se compara que el resultado la fuerza cortante de diseño que toma el concreto. Y en base a los siguientes parámetros se establece la separación de acero de refuerzo.

Si  $V_u \leq V_{CR}$ , la separación de acero no debe exceder de medio peralte efectivo, y el área de acero se calcula mediante la siguiente expresión:

Nota: el área de refuerzo mínimo no debe ser menos a 7.9mm (varilla # 2.5).

$$A_{v_{min}} = 0.30 \sqrt{f * c} \frac{bs}{f_y}$$

Si  $V_u \geq V_{CR}$ , la separación de acero de refuerzo se determina mediante la siguiente ecuación.

$$S = \frac{F_R A_V f_y d (\sin \theta + \cos \theta)}{V_{SR}}$$

$\theta$  = Se considera de  $90^\circ$ , ya que el acero de refuerzo se colocó completamente vertical.

$A_V$  = Área transversal del refuerzo.

$V_{SR}$  = Fuerza cortante de diseño que toma el acero transversal ( $V_{SR} = V_U - V_{CR}$ ).

$F_R$  = Factor de seguridad de que se toma de .8

Para la separación máxima de acero de refuerzo se determinara mediante la siguiente ecuación:

$$d/2$$

Diseño de acero de refuerzo por cortante en la sección "CD":

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$V_{CR}$	=	1103.086579 kg
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>			$\therefore Vu > V_{CR}$
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>			Se proponen estribos del #2.5
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$A_v$	=	0.4948 cm <sup>2</sup>
$b$	=	25 cm	$V_{SR}$	=	3767.413421 kg
$d$	=	50 cm	$S$	=	33.60386966
$Fr$	=	0.8	$S_{max}$	=	25
$\theta$	=	90 °			
$V_u$	=	4.871 ton			
$\rho$	=	0.003			

Por lo tanto, se establecen estribos de varillas del # 2.5 @ 25 cm.

Diseño de acero de refuerzo para la sección "BC":

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$V_{CR}$	=	1103.086579 kg
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>			$\therefore Vu > V_{CR}$
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>			Se proponen estribos del #2.5
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$A_v$	=	0.4948 cm <sup>2</sup>
$b$	=	25 cm	$V_{SR}$	=	1089.113421 kg
$d$	=	50 cm	$S$	=	33.60386966
$Fr$	=	0.8	$S_{max}$	=	25
$\theta$	=	90 °			
$V_u$	=	2.192 ton			
$\rho$	=	0.003			

Por lo tanto, se utiliza la separación máxima, estableciendo estribos del # 2.5

@ 25cm

Diseño de acero de refuerzo en la sección "AB":

$f'c$	=	250 kg/cm <sup>2</sup>	$V_{CR}$	=	1103.086579 kg
$f^*c$	=	200 kg/cm <sup>2</sup>	$\therefore Vu > V_{CR}$		
$f'c$	=	170 kg/cm <sup>2</sup>	Se proponen estribos del #2.5		
$f_y$	=	4200 kg/cm <sup>2</sup>	$A_v$	=	0.4948 cm <sup>2</sup>
$b$	=	25 cm	$V_{SR}$	=	603.8134213 kg
$d$	=	50 cm	$S$	=	33.60386966
$Fr$	=	0.8	$S_{max}$	=	25
$\theta$	=	90 °			
$V_u$	=	1.707 ton			
$\rho$	=	0.003			

Se determinaron estribos del # 2.5 @ 25cm.

A continuación se presenta una imagen del armado final de la trabe que se eligió para ejemplificar el diseño que se hizo en los elementos restantes de la estructura, en la que se muestra el acero de refuerzo en sentido longitudinal y transversal.

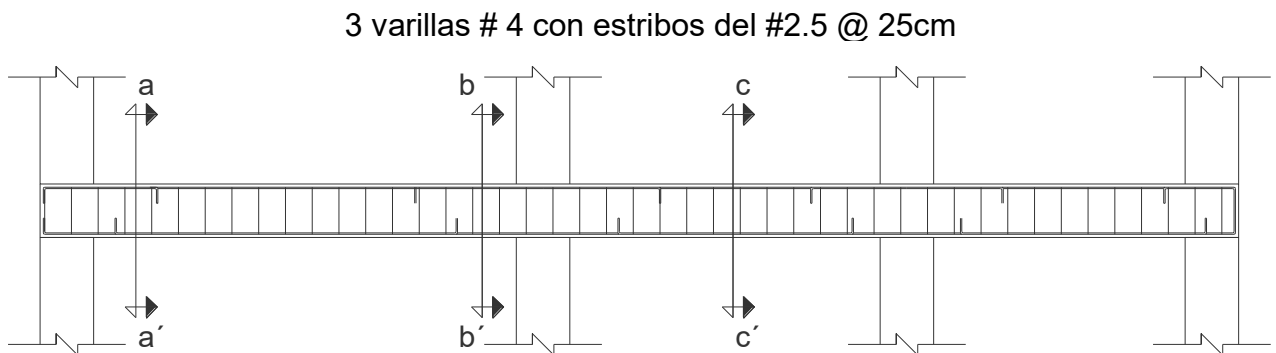


Imagen 5.27.- Armado final de la trabe continúa.

Fuente: Propia.

## **5.6.- Diseño de columnas**

En los cálculos de los elementos estructurales, finalmente se encuentran las columnas, ya que es el orden que se debe realizar en el análisis de una edificación. En primer lugar se obtuvieron las losas, que se encargan de recibir las solicitaciones de carga viva y carga muerta a las que estará sometida dicha estructura durante su vida útil, continuando con las trabes que son las encargadas de recibir las fuerzas actuantes de las losas más su peso propio y es por esta razón que las columnas se encuentran al final del análisis de la súper estructura, ya que son la columna vertebral que la mantienen en pie, además de transmitir de manera correcta las cargas actuantes a la infraestructura o cimentación. En este caso sí es de suma importancia la consideración del orden en que se analizan las columnas, ya que las que se encuentran en la parte interior deben de resistir el efecto de las que se encuentran en la parte superior, dicho de otra manera, las que se ubican en plantas bajas deben ser más resistentes que las de plantas altas.

Por dicha razón, en el presente apartado final de cálculos se encuentran las columnas. Como ya se había mencionado anteriormente, en el modelado de estructura, se propuso la elaboración de elementos cuadrados con dimensiones de 50 X 50cm. Al igual que el análisis y cálculo de los elementos anteriores, en las columnas se utilizaron los resultados de cortantes y momentos obtenidos de la ejecución del programa SAP, como se muestran en las imágenes siguientes:

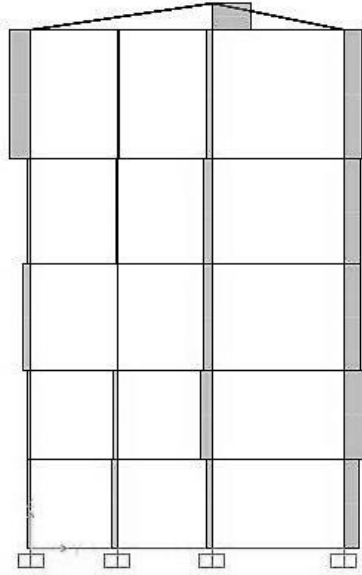


Imagen 5.28.- Diagrama de cortante en las columnas.

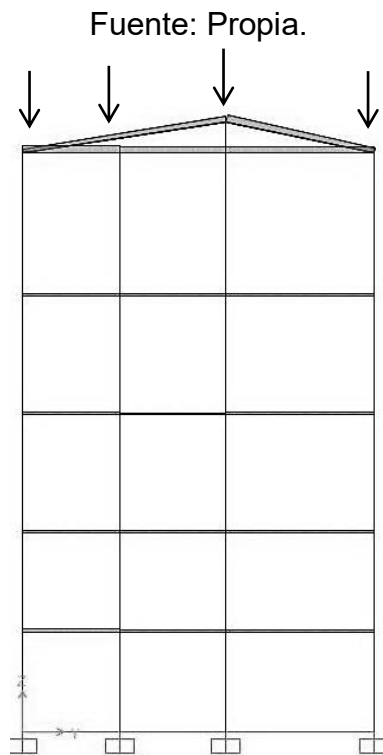


Imagen 5.29.- Diagrama de fuerza axial en columnas.

Fuente: Propia.

Por lo regular las columnas se encuentran sujetas a cierta combinación de elementos mecánicos como puede ser carga axial y momento flexionante, pero para poder entender estos elementos, será necesario estudiar primeramente el mismo mecanismo correspondiente a columnas con carga axial. De las pruebas de laboratorio se han obtenido diferentes comportamientos de acuerdo a la estructura de la propia columna, como se muestra en la imagen siguiente:

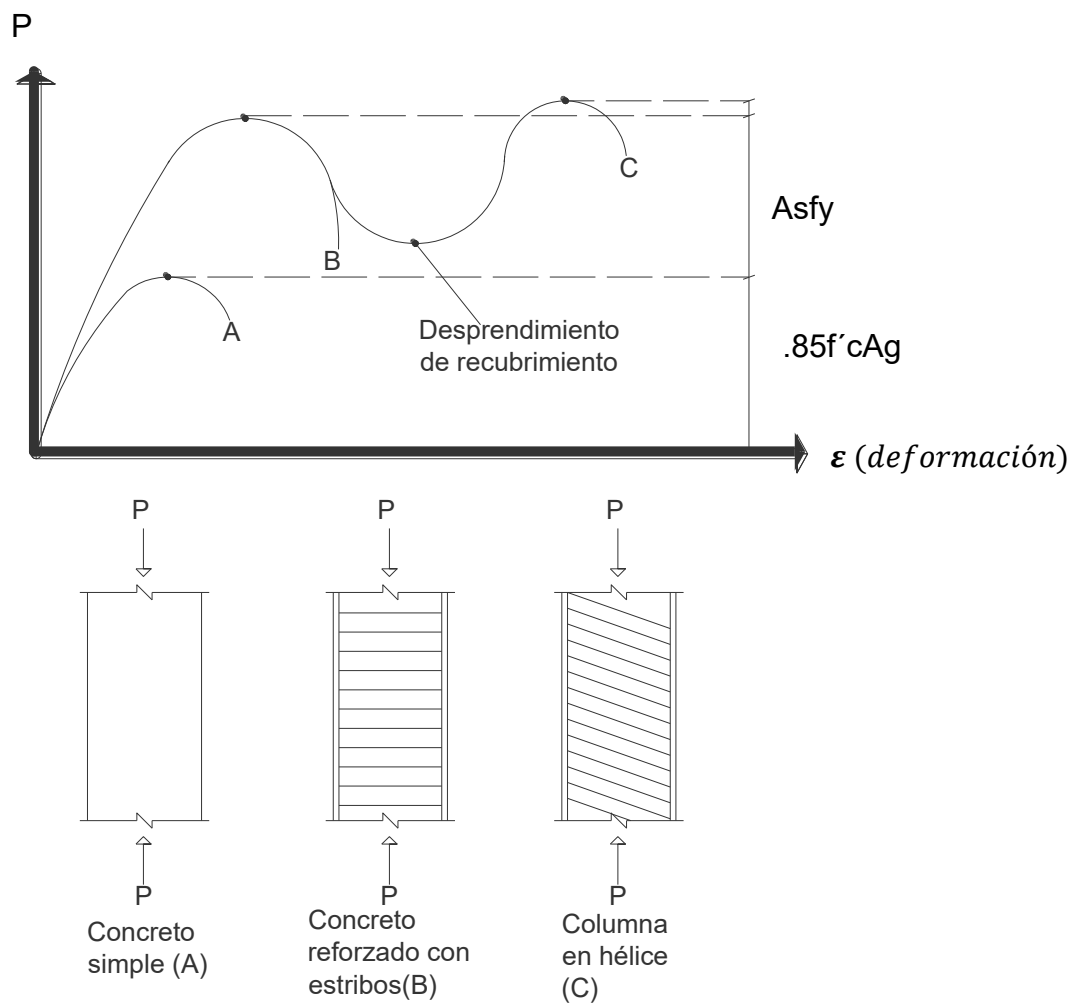


Imagen 5.30.- Curva de deformación unitaria bajo compresión axial.

Fuente: Propia.



Al iniciar con el cálculo de las columnas, es necesario analizar los resultados proporcionados por el programa SAP, ya que en la estructura existen fuerzas actuantes en el sentido “x” y otras en el sentido “y”, y se debe determinar cuál es el más desfavorable, ya que es la que se utilizará en el diseño de la propia columna. El presente diseño fue en base a lo establecido por las NTC además de los diagramas elaborados por González Cuevas y Cano. Se realizó el cálculo de todas y cada una de las columnas de la estructura, pero para el presente documento solamente se plasmó un elemento continuo en los cinco niveles, se eligió una columna de las más desfavorables que se encarga de sostener uno de los tinacos que almacena el agua potable del hospital, columna (7, B), como se muestra en la siguiente imagen:

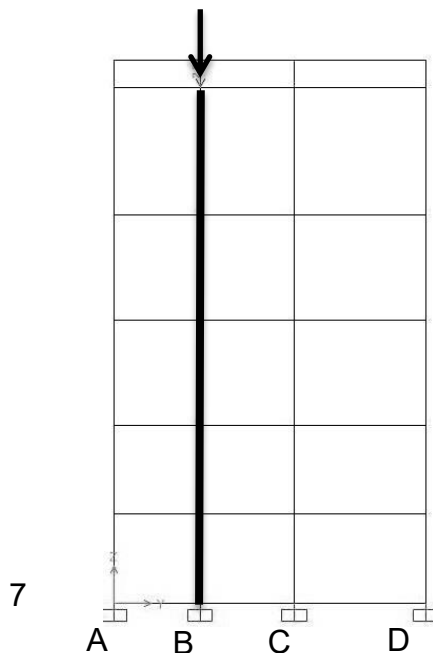


Imagen 5.31.- Columna elegida con una carga muerta adicional.

Fuente: propia.

Como ya se mencionó anteriormente, el orden en el diseño de columnas es primordial, se comienza analizando la columna de la parte superior que es la que se encuentra en contacto directo con la carga puntual. Los datos que se tienen solo los siguientes:

$f'c$	=	250	kg/cm <sup>2</sup>
$P_u$	=	20.24	t
$M_{ux}$	=	.566	t*m
$M_{uy}$	=	2.7	t*m
$f_y$	=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
$b$	=	50	cm
$h$	=	50	cm

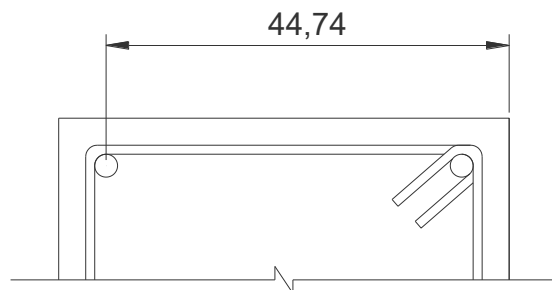
### 1) Diseño por flexión:

Como primer paso se establece el área de acero mínima que es necesaria para poder establecer una idea previa del diámetro de varilla, y poder obtener el parámetro "d".

$$A_s = \rho_{min} * b * h$$

$$A_s = (0.01)(50)(50) = 25cm^2$$

Por lo tanto se propone utilizar varilla del # 8



$$d = 44.74cm$$

Posteriormente se determinó el valor de “d/h” y los coeficientes de “k” y “R”, que son los parámetros que se requieren para poder utilizar los diagramas elaborados por González Cuevas (2012).

$$\frac{d}{h} = \frac{44.74}{50} = .8948 \cong .90$$

$$k = \frac{Pu}{F_R b h f' c}$$

$$k = \frac{20240}{(0.8)(50)(50)(250)} = 0.04048$$

$$R = \frac{Mu}{F_R b h^2 f' c}$$

$$R = \frac{270000}{(0.8)(50)(50^2)(250)} = 0.0108$$

Posteriormente se obtuvo la excentricidad:

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

$$e = \frac{270000}{20240} = 13.339cm$$

Las NTC (Normas Técnicas de Construcción) establecen que a la excentricidad se le debe agregar el máximo de .5h, o 2cm:

$$ef = \begin{cases} 13.33 + .05(50) = 15.83cm & \text{---Rige} \\ 13.33 + 2 = 15.33cm \end{cases}$$

De tal manera la excentricidad final es 15.83cm.

Debido a que a la excentricidad se le agregó un valor, es necesario hacer un ajuste en el momento original, como se muestra en la siguiente expresión:

$$Mu = Pu * e$$

$$Mu = (20240)(15.83) = 320600$$

$$\frac{e}{h} = \frac{15.83}{50} = .31$$

Con los resultados de los parámetros  $\frac{d}{h}$ ,  $k$ ,  $R$ ,  $\frac{e}{h}$  y los datos de "f'c" y "fy", se eligió el diagrama que se muestra en la figura 5.32. Con el que se obtuvo el siguiente resultado:

$$q = .2$$

Con el factor encontrado en el diagrama se fue posible obtener el porcentaje de acero necesario mediante la siguiente expresión:

$$\rho_{nec} = q \frac{f''c}{fy}$$

$$\rho_{nec} = (.2) \frac{170}{4200}$$

$$\rho_{nec} = 0.008$$

$$\rho_{nec} = 0.008 < \rho_{min} = .01$$

Por lo tanto, se utiliza el porcentaje de acero mínimo y se establece utilizar para este elemento 5 varillas del # 8 (1”).

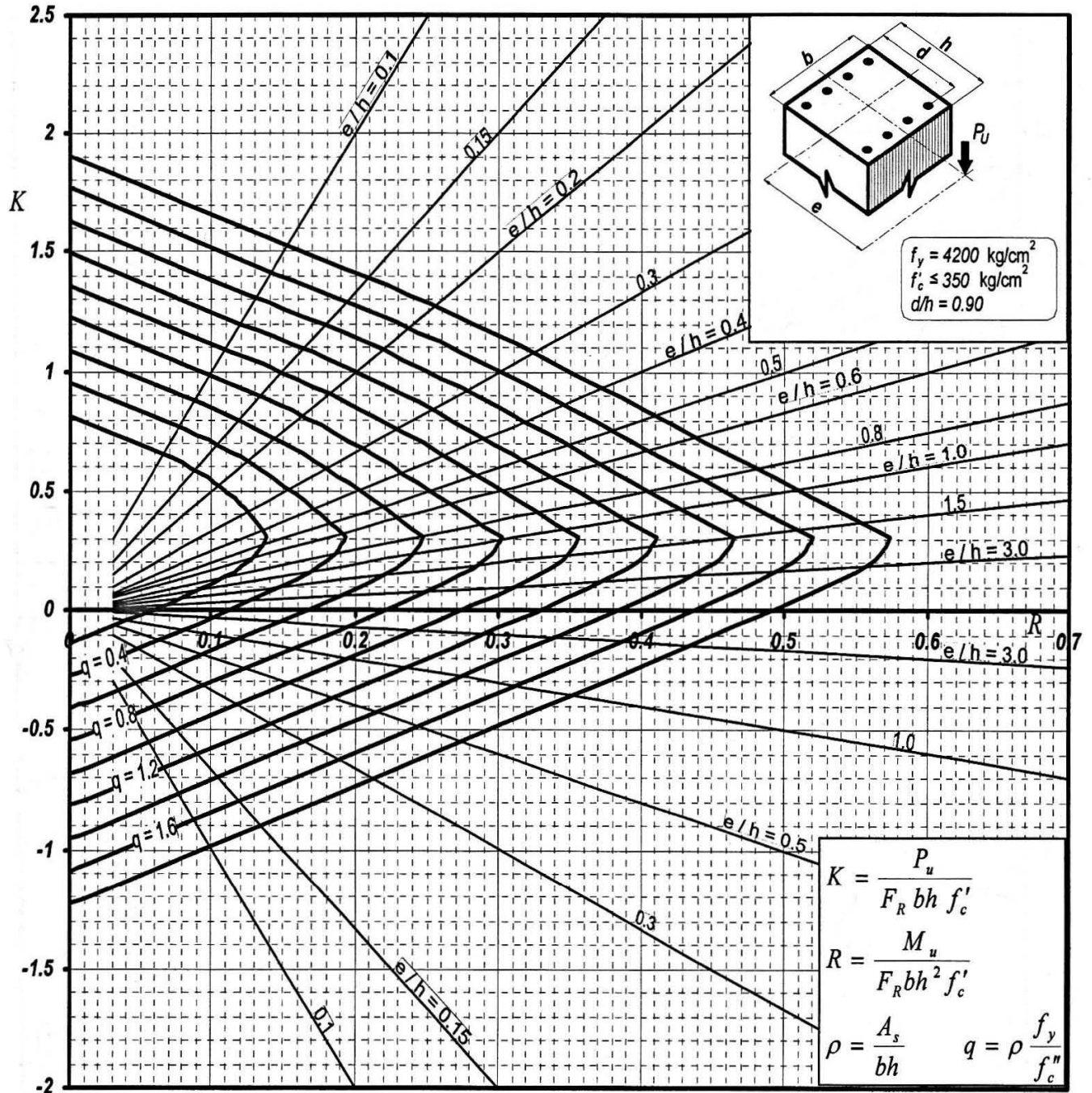


Imagen 5.32.- Diagrama para obtener el factor "q".

Fuente: González Cuevas (2012).

## 2) Diseño por cortante.

A continuación se diseñó el refuerzo transversal que puede considerarse en hélices para el caso de columnas circulares, y en este caso que son columnas cuadradas se diseñaron estribos. En el caso de los estribos deben colocarse de manera que restrinjan el pandeo lateral de las barras longitudinales. Las NTC-04 y el reglamento ACI, especifican que todas las varillas de esquina y cada varilla alternada estén restringidas por la esquina de un estribo con un ángulo interno no mayor a  $135^\circ$ . La distancia libre entre las varillas restringidas y las no restringidas se limita a 15cm, mientras que la separación de centro a centro de varillas restringidas se suele limitar a 35cm, como se muestra en la imagen siguiente:

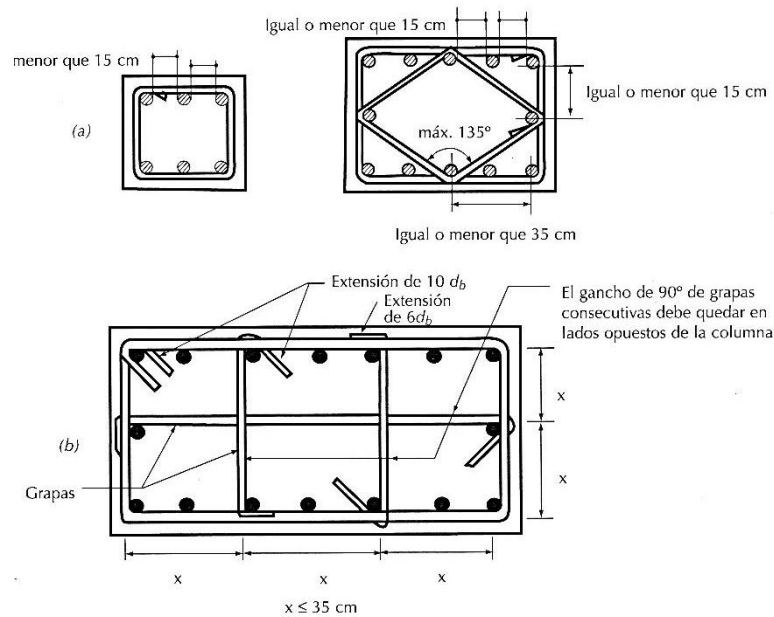


Imagen 5.33.- Detalles de refuerzo transversal de columnas.

Fuente: González Cuevas (2012).

Existen diferentes formas de armar los estribos en columnas cuadradas, de acuerdo a las dimensiones y número de varillas que intervendrán, como se muestra en la imagen siguiente:

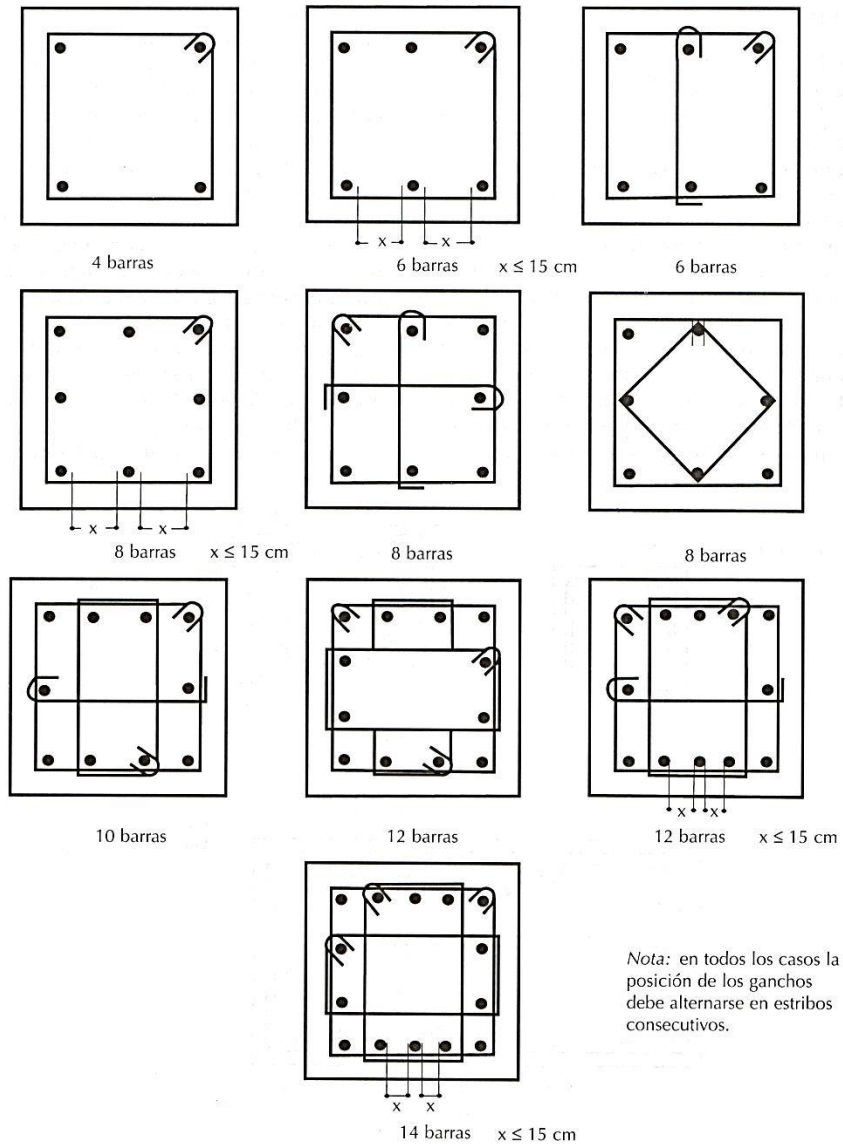


Imagen 5.34.- Diferente armado de estribos en secciones cuadradas.

Fuente: González Cuevas (2012).

Para el comienzo de diseño del refuerzo transversal son necesarios los siguientes datos, algunos de ellos se obtuvieron del análisis de la estructura en el programa SAP:

Se realiza una comparativa entre:

$$Pu \leq (.7)(f * c)(Ag) + 2000(As)$$

$$61t < 400.7t$$

Por lo tanto, se usarán las expresiones de vigas modificadas por un factor para calcular el cortante que toma el concreto, se utiliza el cortante más desfavorable, en este caso se utilizó "Vuy".

$$e = \frac{As}{bh}$$

Donde "As" es en área de acero longitudinal de una de las caras de la columna.

$$e = \frac{15.21}{(50)(50)} = 0.0061$$

Como  $e < emin (.01)$ , se continúa con la siguiente expresión:

$$V_{CR} = F_R bh(0.2 + 30e)\sqrt{f * c} (Factor)$$

$$Factor = 1 + .007 \frac{Pu}{Ag}$$

$$Factor = 1 + .007 \frac{20240}{(50)(50)} = 1.0566$$



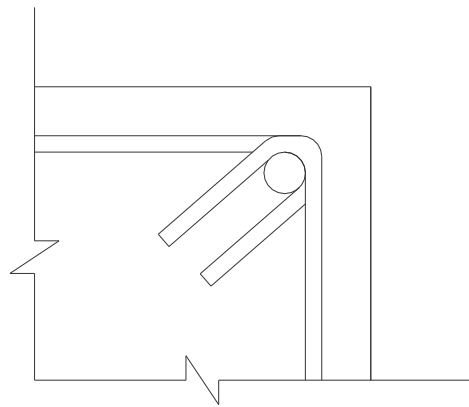
De manera que:

$$V_{CR} = (.8)(50)(50)(0.2 + 30(0.0061))(\sqrt{200})(1.0566)$$

$$V_{CR} = 11446 \text{ kg}$$

$$V_{CR} = 11.446 \text{ ton}$$

Se debe cumplir la condición de “fy” de estribo, debe ser mayor a “0.06fy” de la varilla o paquete de varillas que restringe el estribo. En este caso en la esquina se tiene una varilla del #8 (1”), y se propone utilizar estribos del #3 (3/8”).



$$\text{Varilla de esquina } Afy(0.06) = 5.07(4200)0.06 = 1277.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Estribo } Afy = 0.71(4200) = 2982 \text{ kg/cm}^2$$

$$2982 \text{ kg/cm}^2 > 1277.64 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto el diámetro del estribo se considera suficiente.

El siguiente paso es deducir la separación que debe existir entre cada estribo, lo cual se hace con la siguiente expresión:

$$S = \frac{F_R A v f_y d}{V_u - V_{CR}}$$

$$S = \frac{(.8)((.71)(2))(4200)(50)}{1068 - 11446} =$$

Por el resultado obtenido se puede deducir que no es necesario la aplicación de estribos, pero eso no es posible, por lo tanto se utilizaron los requisitos máximo que consisten en:

$$S_{max} = \begin{cases} \frac{850}{\sqrt{f_y}} d_v = .33.3cm \\ 48 d_{Estribo} = 45.6cm \\ \frac{\text{Dimencion menor}}{2} = 25 Rige \end{cases}$$

Por lo tanto, se colocarán estribos #3 @ 25cm.

Se hace una revisión de parámetros para las zonas de confinamiento donde se estable una separación máxima de:

$$S_{max} = \begin{cases} \frac{b}{4} = \frac{50}{4} = 12.5cm \\ 10cm RIGE \end{cases}$$

La separación de estribos debe ser @ 10 cm en una longitud de:

$$longitud = \begin{cases} \text{Dimensión mayor de la columna} = 50\text{cm} \\ \frac{1}{6} \text{ de altura libre} = \frac{450}{6} = 75\text{cm} \quad RIGE \end{cases}$$

### Cálculo de columnas restantes en niveles inferiores.

Columna (7, B) de cuarto nivel:

#### Datos

Mux =	0.378 t*m		
Muy =	2.0153 t*m	Pu =	40.6014 t*m
Vux =	-0.1966 t*m	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Vuy =	-1.03 t*m	f*c =	200 kg/cm <sup>2</sup>
b =	50 cm	f'c =	170 kg/cm <sup>2</sup>
h =	50 cm	Asmin =	25.35 cm <sup>2</sup>
Ag =	2500 cm <sup>2</sup>	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
dv =	2.54 cm	ao =	5.07 cm <sup>2</sup>
H =	2.7		
Diseño por flexocompresión		Diseño por cortante	
d =	44.73	(cálculo de estribos)	
d/h =	0.8946	e =	0.006084
k =	0.0812028	Factor =	1.11368392
R =	0.01212134	V <sub>CR</sub> =	12049.2798
e =	4.96362194	Se propone usar varilla #3	
et =	7.46362194	fy est =	2982
Mu2 =	303033.5	Afy var =	1277.64
e/h =	0.14927244	ACEPTA	
q =	0.2 (diagrama)	S =	-19.7970014
ρ min =	0.01 RIGE	No ocupa estribos	
ρ nec =	0.00809524	Smax =	25
As =	25	Zona de confinamiento	
N-varillas =	4.93096647	Smax =	10 cm
∴ 5 Varillas #8		longitud =	50 cm

Columna (7, B) de tercer nivel:

Datos

Mux =	0.32 t*m	Pu =	64.707 t*m
Muy =	1.6299 t*m	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Vux =	-0.1603 t*m	f*c =	200 kg/cm <sup>2</sup>
Vuy =	-0.808 t*m	f''c =	170 kg/cm <sup>2</sup>
b =	50 cm	Asmin =	25.35 cm <sup>2</sup>
h =	50 cm	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Ag =	2500 cm <sup>2</sup>	ao =	5.07 cm <sup>2</sup>
dv =	2.54 cm		
H =	2.7		
Diseño por flexocompresión		Diseño por cortante	
d =	44.73	(cálculo de estribos)	
d/h =	0.8946	e =	0.006084
k =	0.129414	Factor =	1.1811796
R =	0.0129903	V <sub>CR</sub> =	12779.5358
e =	2.51889286	Se propone usar varilla #3	
et =	5.01889286	fy est =	2982
Mu2 =	324757.5	Afy var =	1277.64
e/h =	0.10037786	ACEPTA	
q =	0.2 (diagrama)	S =	-18.6661645
ρ min =	0.01 RIGE	No ocupa estribos	
ρ nec =	0.00809524	Smax =	25
As =	25	Zona de confinamiento	
N-varillas =	4.93096647	Smax =	10 cm
∴ 5 Varillas #8		longitud =	50 cm

Columna (7, B) segundo nivel:

Datos

Mux =	0.269 t*m	Pu =	87.3 t*m
Muy =	1.2358 t*m	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Vux =	-0.1601 t*m	f*c =	200 kg/cm <sup>2</sup>
Vuy =	-0.6953 t*m	f''c =	170 kg/cm <sup>2</sup>
b =	50 cm	Asmin =	25.35 cm <sup>2</sup>
h =	50 cm	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Ag =	2500 cm <sup>2</sup>	ao =	5.07 cm <sup>2</sup>
dv =	2.54 cm		
H =	2.7		
Diseño por flexocompresión		Diseño por cortante	
d =	44.73	(cálculo de estribos)	
d/h =	0.8946	e =	0.006084
k =	0.1746	Factor =	1.24444
R =	0.0136732	V <sub>CR</sub> =	13463.969
e =	1.41557847	Se propone usar varilla #3	
et =	3.91557847	fy est =	2982
Mu2 =	341830	Afy var =	1277.64
e/h =	0.07831157	ACEPTA	
q =	0.2 (diagrama)	S =	-17.7174859
ρ min =	0.01 RIGE	No ocupa estribos	
ρ nec =	0.00809524	Smax =	25
As =	25	Zona de confinamiento	
N-varillas =	4.93096647	Smax =	10 cm
∴ 5 Varillas #8		longitud =	50 cm

Columna (7, B) primer nivel:

Datos

Mux =	0.148 t*m	Pu =	112.6425 t*m
Muy =	0.5335 t*m	f'c =	250 kg/cm <sup>2</sup>
Vux =	-0.068 t*m	f*c =	200 kg/cm <sup>2</sup>
Vuy =	-0.2446 t*m	f''c =	170 kg/cm <sup>2</sup>
b =	50 cm	Asmin =	25.35 cm <sup>2</sup>
h =	50 cm	fy =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Ag =	2500 cm <sup>2</sup>	ao =	5.07 cm <sup>2</sup>
dv =	2.54 cm		
H =	2.7		
Diseño por flexocompresión		Diseño por cortante	
d =	44.73	(cálculo de estribos)	
d/h =	0.8946	e =	0.006084
k =	0.225285	Factor =	1.315399
R =	0.01339825	V <sub>CR</sub> =	14231.6957
e =	0.4736223	Se propone usar varilla #3	
et =	2.9736223	fy est =	2982
Mu2 =	334956.25	Afy var =	1277.64
e/h =	0.05947245	ACEPTA	
q =	0.2 (diagrama)	S =	-16.7622963
ρ min =	0.01 RIGE	No ocupa estribos	
ρ nec =	0.00809524	Smax =	25
As =	25	Zona de confinamiento	
N-varillas =	4.93096647	Smax =	10 cm
∴ 5 Varillas #8		longitud =	50 cm

Una vez terminado el cálculo de una columna continua a través de los cinco niveles, se elabora el diagrama de armado, como se muestra en la imagen siguiente:

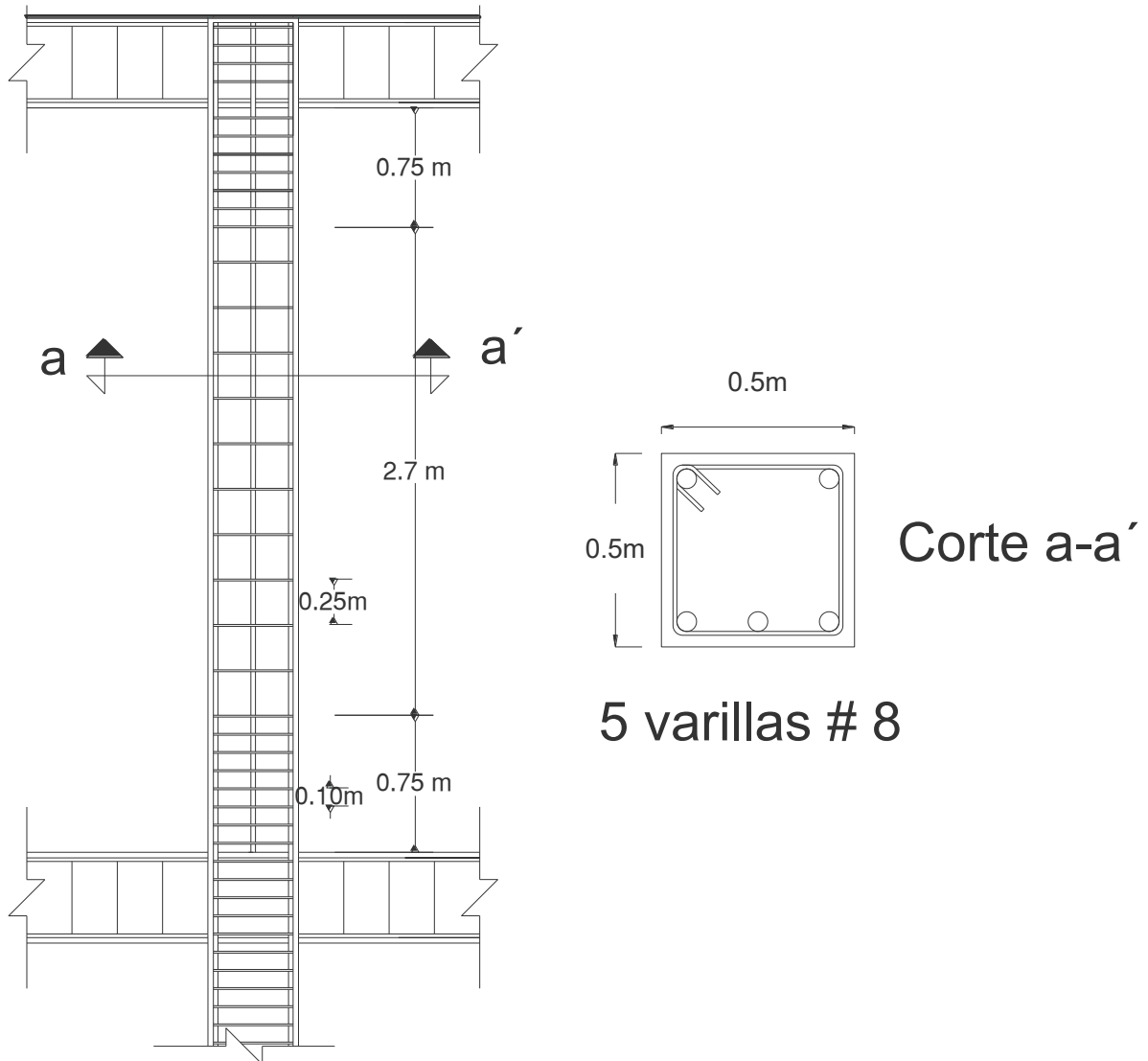


Imagen 5.35.- Diagrama de armado de columnas.

Fuente: Propia.

Con lo anterior se ha concluido el proceso de análisis y diseño estructural de este proyecto, y se obtuvieron datos muy satisfactorios, ya que se llegó a establecer la estructura más idónea que trabaja en condiciones óptimas en los estados más desfavorables con un grado de seguridad considerable. Al inicio de este proceso se visualizó un dimensionamiento previo que se tenía contemplado, pero al ir avanzando y analizando de una manera más a fondo el comportamiento de dicha estructura se tuvo la necesidad de ir realizando algunos cambios en las dimensiones de los elementos.

A lo largo del proceso la estructura estuvo sometida a diversos cambios, cada uno de ellos ensayado en un margen a prueba y error en el programa SAP, al inicio los resultados no fueron nada agradables ya que existían grandes deformación que ponían en duda el correcto funcionamiento de la estructura, por esta razón se fueron realizando diversos ajustes hasta llegar a obtener un comportamiento más adecuado en una estructura óptima con un grado de seguridad adecuado al tipo de edificación, además de que se encuentra en un rango económico aceptable. Una vez que se tuvo la certeza de que cada uno de los elementos que conforman la estructura se encuentran en condiciones óptimas de ejecutarse, se realizaron los planos estructurales, donde se muestra a detalle las dimensiones y el armado de acero de los diferentes elementos, resaltando que existen elementos con características similares, lo cual se torna un poco menos complejo la construcción de la estructura final, como se muestra en el anexo 3.



## **CONCLUSIÓN.**

El origen del análisis y diseño estructural en combinación con la ingeniería han dado un giro por completo en el ámbito de la construcción. Gracias a esto hoy en día existen grandes colosos de la ingeniería en el que un análisis y diseño estructural es el causante de que tengan un adecuado funcionamiento con un dimensionamiento adecuado. Al inicio de la elaboración del presente proyecto de estudio se tuvo como objetivo general Analizar y diseñar la estructura en concreto reforzado para la ampliación del hospital Fray Juan De San Miguen de la ciudad de Uruapan, tomando en cuenta todas las condiciones a las que será sometido durante su vida útil para obtener un adecuado funcionamiento.

Al término de este proyecto se cumplió el objetivo general establecido, ya que se encontró cual es la estructura en concreto reforzado óptima para el hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan. Contemplado todas y cada una de las licitaciones a las que estará sometida durante su vida útil, se estableció cuál es el dimensionamiento adecuado en cada uno de sus elementos, así como también cuál es el armado en acero de refuerzo que tendrá cada uno de ellos. Aprovechando al máximo la eficiencia de los materiales a fin de que el proyecto se encuentre dentro de un margen económico considerable.

Además de existir un objetivo general en el presente proyecto, se plantearon seis objetivos particulares más, con la finalidad de proyectar una mejor claridad y comprensión para el lector. El primero de ellos consiste en definir cuál es el proceso de diseño estructural, el cual se cumplió adecuadamente, ya que durante el proceso se fue explicando a detalle cuales son los pasos que se deben de seguir para llevar

a cabo el diseño estructural de cualquier tipo de edificación. El segundo de ellos consiste en conocer los métodos de diseño estructural, el cual se cumplió correctamente debido a que se explicaron cuáles son los diferentes métodos que pueden emplearse en un cálculo estructural para obtener un diseño adecuado para cada uno de los diferentes elementos de los que puede estar comprendida dicha estructura.

El tercero consiste en proponer una estructura eficiente. Al inicio de este proyecto sólo se tenía conocimiento de la finalidad que tendría la estructura y cuál es el modelo arquitectónico que se tenía pensado para ella. Posteriormente se fueron realizando análisis de dimensionamiento en cada uno de sus cinco niveles con la finalidad de establecer elementos continuos desde el primer nivel hasta el quinto nivel si afectar las dimensiones arquitectónicas establecidas previamente. Al finalizar el análisis se llegó a la conclusión de que lo más óptimo sería establecer cuatro ejes de columnas sobre el eje "Y" y doce sobre el eje de "X", unidos continuamente con trabes continuas y losas que trasmitan las cargas de una manera uniforme en cada uno de los elementos. Con la finalidad de no exceder los claros máximos establecido para estructuras de concreto. Por lo tanto, se puede deducir que este objetivo se cumplió de manera correcta.

Se considera que el objetivo número cuatro y el número cinco van ligados uno con respecto del otro ya que consisten en definir que es el concreto y determinar los diferentes tipos de concreto. A lo largo de la elaboración de los capítulos del presente proyecto el objetivo fue cubierto de manera apropiada, ya que se explicó en que consiste el concreto, haciendo una breve reseña historia para entender sus orígenes

y los cambio que ha tenido a los largo del tiempo. Además de mencionar cuáles son los diferentes materiales por lo que se encuentra compuesto un concreto. Sin dejar de mencionar que existen diferentes tipos de concreto y cuál es la diferencia entre cada uno de ellos. Todo esto de una manera concreta y sencilla para la comprensión adecuada del lector.

Finalmente, el sexto objetivo consiste en Proponer concreto reforzado para el análisis, el cual se cumplió, ya que desde un principio el objetivo general ya se tenía la idea del que el concreto reforzado serial el material relevante en las construcción de la estructura del Hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan, de este modo todos los cálculos se realizaron es base a dicho material.

La causa del presente proyecto surge de una pregunta de investigación. ¿Cuál es el adecuado análisis y diseño estructural en concreto reforzado para la ampliación del hospital Fray Juan De San Miguel de la ciudad de Uruapan? Lo cual se llegó a la siguiente respuesta: Un hospital se considera una estructura de clase 1 por lo cual se le otorgó una carga viva de  $250\text{kg}/\text{cm}^2$  para sus losas de entre piso y para la losa de azotea una de  $100\text{ kg}/\text{cm}^2$ , se decidió el empleo de losas nervadas y el método de cálculo fue el de coeficientes que propone el RCDF, al término de esto se concluyó que se construirán una losa con casetones de  $40\times 40\times 20\text{cm}$  y nervaduras de  $15\text{cm}$  con tres varillas corrugadas de #3 y anillos @  $20\text{cm}$  con varillas del #2.5.

El método que se empleó en las trabes fue el de diseño por flexión para determinar la cantidad de acero de refuerzo longitudinal, y el método de diseño por cortante para establecer la distancia necesaria en la colocación de estribos. Al término de este proceso se estableció que las trabes serán construidas de 25cm de base y 50cm de peralte, 3 varillas corrugadas del #4 en la sección de refuerzo y estribos @ 25cm con varillas del #2.5. Finalmente el diseño de columnas se hizo de la misma manera, por el método de flexión para la determinación de la cuantía de acero longitudinal y el método de cortante para establecer la cantidad y distancia de acero transversal, estableciendo que su construcción será con columnas cuadradas de 50x50cm, y cinco varillas corrugadas del #8 y estribos de #3 @ 25cm y en zona de confinamiento @ 10cm. Concluyendo que estos son métodos adecuados para el diseño de una estructura como lo es el Hospital Fray Juan de San Miguel de la ciudad de Uruapan.

Durante el proceso de investigación y consulta, se encontró un artículo que se consideró relevante para el lector, especialmente si se encuentra dentro del rango de la construcción. La información relevante consiste en lo siguiente: El concreto se fabrica con resistencia y cualidades diferentes de acuerdo al tipo de estructura al que estará destinado, pero también existen estructuras de carácter especial como plantas nucleares, cuartos de máquinas de grandes presas de almacenamiento, entre otras, de tal manera que deben fabricarse un concreto que cumpla con las licitaciones de dichas estructuras. Existen concretos de una resistencia elevada además de proteger contra rayos x y rayos gamma, la diferencia se encuentra en la aplicación de agregados como punzones de acero, baritinas, magnetitas, y limonitas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

American Concrete Institute. (1974)

Práctica recomendada para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto.

Ed. IMCYC. México.

American Concrete Institute. (1981)

Práctica recomendable para el curado del concreto.

Ed. IMCYC. México.

American Concrete Institute. (1993)

Guía práctica para colocación del concreto.

Ed. IMCYC. México.

Arnal Simón, Luis. (2013)

Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

Ed. Trillas. México.

Beaufait, Fred W. (1981)

Análisis estructural.

Ed. Prentice- Hall. México.

Castellanos De La Cruz, Vianey Cristina y Paz Sánchez, Rafael (2008)

Diseño estructural del hotel victoria ubicado en la ciudad de Tepic Nayarit.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. de Uruapan Michoacán, México.

Díaz Gómez, Raúl. (1967)

El concreto en la arquitectura.

Ed. IMCYC. México.

Francis, A. J. (1984)

Introducción a las estructuras para arquitectura e ingeniería.

Ed. Limusa. México.

González Cuevas, Óscar M. (2012)

Aspectos fundamentales del concreto reforzado.

Ed. Limusa. México.

Hernández Sampieri, Roberto y colaboradores. (2010)

Metodología de la investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Kosmatka, Steven H. (1992)

Diseño y control de mezclado de concreto.

Ed. IMCYC. México.

López de Heredia. (1993)

Apuntes de diseño estructural.

Ed. UNAM. México.

Love, T. W. (2006)

El concreto en la construcción.

Ed. Trillas. México.

McCormac, Jack C. (1983)

Análisis Estructural.

Ed. Harla. México.

McCormac, Jack C. (2002)

Diseño de concreto reforzado.

Ed. Alfaomega. México.

Meli Piralla, Roberto. (2014)

Diseño estructural.

Ed. Limusa. México.



Mendieta Alatorre, Ángeles (1992)

Métodos de investigación y manual académico.

Ed. Porrúa. México.

Mendoza, Michael Joaquín (2012)

Análisis y diseño estructural de la superestructura para el edificio de acero de tres niveles para aulas en Uruapan Michoacán.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. de Uruapan Michoacán, México.

Merritt, Frederick S. (1999)

Manual del ingeniero civil.

Ed. McGraw-Hill. México.

Nawy, Edward G. (1998)

Concreto Reforzado.

Ed. Prentice-hall. México.

Neville, Adam M. (1988)

Tecnología del concreto.

Ed. Limusa. México.

Nilson, Arthur H. (2001)

Diseño de estructuras de concreto.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Ortega García, Juan Emilio. (2014)

Diseño de estructuras de concreto armado.

Ed. Macro. Perú.

Pruebas de Concreto. (2004)

Ed. IMCYC. México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2003)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa. México.

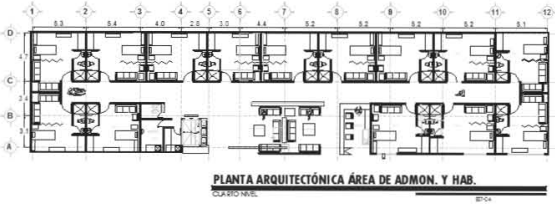
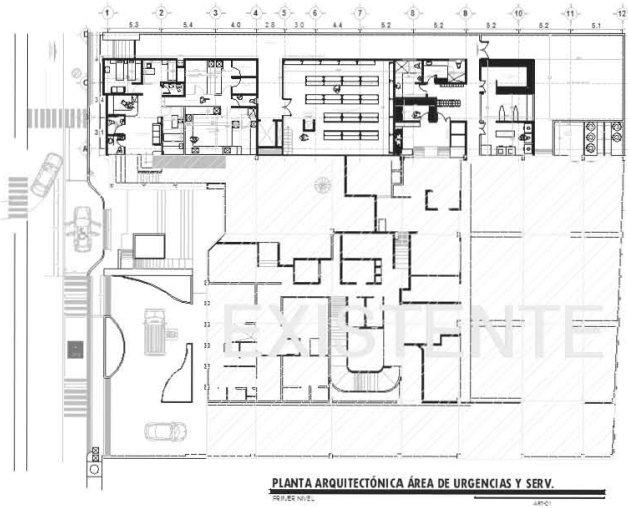
Tavera y Moreno, Fernando (1998)

Diseño Estructural.

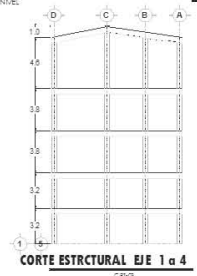
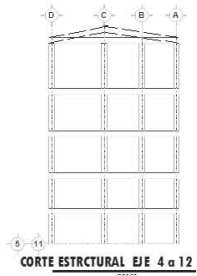
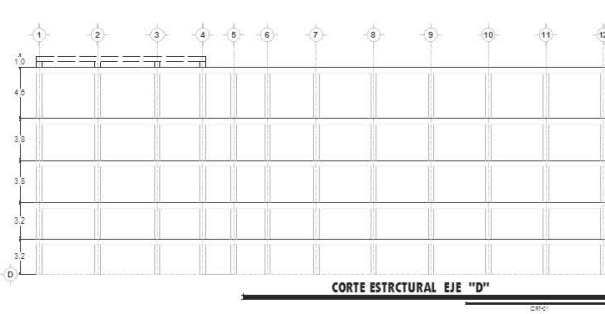
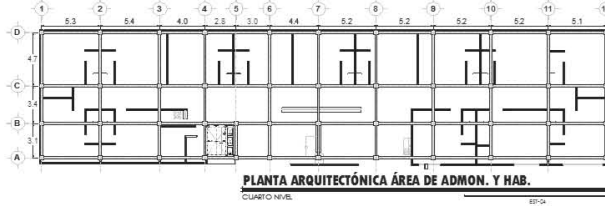
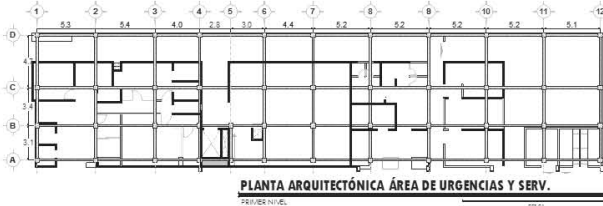
Ed. UMSNH. México.

**ANEXOS**

Anexo 1:



Anexo 2:



# Anexo 3:

