



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

REVISIÓN ESTRUCTURAL DE UNA CASA- HABITACIÓN DE 2 NIVELES EN LA COLONIA ZAPATISTA EN URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Alexa Denise Tulais Alcaráz

Asesor: I.C. Sandra Natalia Parra Macías

Uruapan, Michoacán, a 31 de mayo de 2019



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.

ÍNDICE

Introducción

Antecedentes	1
Planteamiento del problema	3
Objetivo	4
Pregunta de investigación	4
Justificación	5
Marco de referencia	6

Capítulo 1.- Análisis estructural para una casa habitación

1. Concepto de análisis estructural	8
1.1. Generalidades del análisis estructural	9
1.2. Acciones estructurales y sus cargas	12
1.2.1. Carga viva	13
1.2.2. Carga muerta	14
1.3. Vigas de concreto sujetas a flexión simple.	15
1.4. Columnas a carga axial	16
1.5. Resistencia del concreto	18

1.6. Resistencia del acero	20
1.7. Área tributaria	21
1.7.1. Método de análisis de losas	23
1.8. Flexión y flexocompresión en muros	24
1.9. Incógnitas y tipos de apoyo	25
1.10. Tipos de estructuras	29
1.11. Diagramas de fuerza axial y cortante	30
1.12. Métodos del análisis estructural.	31

Capítulo 2.- Diseño estructural para una casa habitación

2.1. Concepto de Diseño Estructural.	34
2.2. Fases del Diseño Estructural.	35
2.2.1. Dimensionamiento de elementos	36
2.3. Seguridad y criterios de edificación	38
2.4. Reglamentos de diseño	41
2.4.1. Criterios de Diseño Estructural	42
2.4.2. Tipos de construcciones	44
2.4.3. Características generales de las construcciones	45
2.5. Materiales Estructurales	47

2.5.1. Principales materiales estructurales	49
---	----

2.6. Principales elementos estructurales	56
--	----

Capítulo 3.- Resumen de macro y microlocalización

3.1. Generalidades.	60
-----------------------------	----

3.1.1. Objetivo.	60
--------------------------	----

3.1.2. Alcance del proyecto.	61
--------------------------------------	----

3.2. Resumen ejecutivo	61
----------------------------------	----

3.3. Entorno geográfico	62
-----------------------------------	----

3.3.1. Macro y Microlocalización	62
--	----

3.3.2. Geología regional y de la zona en estudio.	66
---	----

3.3.3. Hidrología regional y de la zona en estudio	68
--	----

3.3.4. Uso de suelo regional y de la zona en estudio.	69
---	----

3.4. Informe fotográfico.	70
-----------------------------------	----

3.4.1. Problemática actual.	70
-------------------------------------	----

3.4.2. Estado actual.	71
-------------------------------	----

3.5. Alternativas de solución.	76
--	----

3.5.1. Planteamiento de alternativas.	77
---	----

3.6. Procesos de análisis.	77
------------------------------------	----

Capítulo 4.- Metodología

4.1. Método empleado.	78
4.1.1. Método matemático.	79
4.2. Enfoque de la investigación.	80
4.2.1. Alcance de la investigación.	81
4.3. Diseño de la investigación.	82
4.4. Instrumento de recopilación de datos.	83
4.5. Descripción del proceso de investigación.	85

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de los resultados.

5.1. Análisis estructural.	87
5.2. Revisión de losas.	97
5.3. Revisión de muros de mampostería.	110
5.4. Revisión de trabes y columnas.	116
5.5. Revisión de la cimentación.	140
Conclusiones	156
Bibliografía	159
Otras fuentes	162
Anexos	

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Las primeras casas surgieron hace unos 300,000 años, cuando los antepasados construían chozas temporales con arbustos y ramas. Al pasar el tiempo éstas fueron evolucionando de forma, así como también sus materiales de manera que se comenzaron a fabricar más resistentes, grandes y estéticas.

Se entiende como casa-habitación a cualquier estructura, que sirva como vivienda y pueda proteger a los integrantes que la habiten contra las condiciones climáticas como lluvia, sol y frío, además que aporta un lugar para guardar las propiedades de los individuos y brinda seguridad.

En la Universidad Don Vasco A.C. se encontró material de investigación como la revisión en otros campos de la Ingeniería, entre éstas naves industriales, puentes, tramos carreteros, etc. Sin embargo, a lo largo de la búsqueda se encontró con temas muy semejantes al de este documento, como es “Análisis y Diseño Estructural de una casa habitación para la colonia Ampliación Revolución”. (Hugo Alberto Damián Aguayo; 2008) con objetivo de poder asignar, cargas y fuerzas para dicho proyecto, concluyendo así que los métodos utilizados son los correctos para el proyecto; y recientemente “Análisis y Diseño Estructural para casa habitación de dos niveles en la calle Marcelo Loya. Colonia Rubén Jaramillo, en Uruapan, Mich”. (Guillermo Camarena Paredes; 2017), que tuvo como objetivo proponer estructuras que generen seguridad, además de determinar las dimensiones de los elementos,

resolviendo así que los elementos mecánicos son adecuados para generar la seguridad estructural.

La casa-habitación que lleva el título de esta tesis, fue construida en el año 2000 con un proyecto que al pasar el tiempo fue sufriendo cambios significativos, así mismo su construcción fue en etapas.

Anteriormente en la parte frontal del terreno se había construido una fosa séptica de 2 x 2 x 2 m. que duró ahí aproximadamente 7 años, lo que supone un reblandecimiento del terrero, ésta misma fue tapada en 2014 con suelo suelto y compactado a cada 15 cm. De capa a capa.

Existen también cargas adicionales, ya que hay un taller de herrería y fabricación de estructuras metálicas en la planta baja de la misma casa, y si bien se sabe que el acero no es muy pesado, aun así, representan cargas y esfuerzos para los elementos de esta estructura.

En cualquier tipo de construcción es importante la mecánica de suelos así como el análisis estructural, para no poner de más ni menos material a la hora de construir, sino solamente lo necesario para lo que se diseña, de lo contrario hay situaciones en donde es necesario revisar si los elementos son los adecuados para cierta construcción, tal es el caso de esta investigación, con lo que se busca deducir a una respuesta concreta, lógica y lo más viable posible.

Planteamiento del problema.

Se tomó importancia en el tema al observar pequeños hundimientos sobre el firme del primer nivel en la parte del fondo de la casa en estudio, específicamente en dos columnas rectangulares. A su vez en el segundo nivel se distingue una grieta poco usual en una de las habitaciones de la casa, en dirección a las columnas del primer nivel.

Por lo que se piensa en un posible asentamiento gradual del terreno, lo que no descarta que se pueden llegar a ver afectados los elementos que conforman la estructura, así como su cimentación.

En esta casa-habitación algunos elementos, y cargas muertas que la conforman son estructuras bastante pesadas, en la losa de azotea cuenta con una estructura apoyada en cuatro patas que descarga sobre parte de la losa y ésta a su vez sostiene un tinaco Rotoplas de 10,000 lts., casi todo el tiempo lleno, en la misma losa también hay dos cúpulas de tabique rojo recocido con su respectivo aplanado, en una de ellas está colocado un candelabro; una en dirección de una habitación y la otra en dirección del comedor, lo que supone elementos y cargas probablemente adicionales para el correcto funcionamiento de esta vivienda.

Si bien lo que realmente se busca saber es ¿qué tantas cargas pueden resistir la casa-habitación? Este trabajo se logrará mediante una revisión estructural.

Objetivo.

Objetivo general:

Determinar la resistencia y las fuerzas a las que se encuentra sometida la casa-habitación para poder concluir si sus elementos son los adecuados o no.

Objetivos particulares:

- 1) Determinar fuerzas actuantes sobre la estructura.
- 2) Proponer soluciones viables y/o mejoras para su correcto funcionamiento.
- 3) Mantener seguridad para los habitantes, sin pasar el estado límite de servicio y de falla.
- 4) Conocer los elementos estructurales de una edificación.
- 5) Comprender el comportamiento de los materiales.

Pretendiendo llegar al resultado a través de investigaciones, análisis, cálculos y pruebas correspondientes para su correcta elaboración.

Pregunta de investigación.

A pesar de que las personas que habitan esta propiedad no se ven afectadas directamente y sus actividades cotidianas las siguen haciendo sin interrupción alguna, la incertidumbre de saber ¿Cuánta carga resiste ésta construcción y el suelo

que la soporta? Es inmediatamente una duda que no los deja estar tranquilos ni seguros.

Por lo que abre campo a la ciencia de la ingeniería civil que puede resolver y analizar este tipo de problemas, involucrando a su vez estructuras, suelos, materiales, resistencias etc. Llevando a cabo investigaciones, observaciones y de más factores enriquecedores para poder encontrar soluciones viables para cada tipo de problema encontrado.

Justificación.

Esta investigación muestra las consecuencias que hay al pasar el tiempo por no hacer las cosas que se cree podemos ahorrar y pensar que no pasará nada fuera de lo ordinario nunca. Como se muestra en este trabajo el análisis estructural es algo que se debe hacer antes de construir cualquier edificación para poder llevar a cabo esos sueños anhelados de vivienda y no estar con incertidumbre de estar viviendo en un lugar inseguro. Al final hacer este tipo de estudios prevé complicaciones futuras.

Así, esta revisión beneficiará, principalmente al investigador al resolver la cuestión que origino el nombre de esta tesis.

Al tener este trabajo ayudará a tomar conciencia de la importancia que tiene la ciencia y el poder aplicar correctamente el conocimiento a cada situación en particular, por consiguiente favorece a aquellas personas interesadas en el tema

para una investigación o consulta futura, y finalmente a los habitantes de esta casa, les brindara protección, satisfacción y seguridad al igual que las construcciones vecinas.

Marco de referencia.

Ubicado en el municipio de Uruapan al oeste del estado de Michoacán en las coordenadas 19°25' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, a una altura de 1,620 metros sobre el nivel del mar.

Colinda al norte con Chaparan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su longitud a la capital del Estado es de 120 km de acuerdo con www.inafed.gob (2018).

Uruapan proviene de la palabra tarasca “Uruapani” y significa “el florecer y fructificar de una planta al mismo tiempo”, por lo que se ha traducido como “lugar donde los árboles tienen siempre fruto”.

Como lo menciona www.inafed.gob (2018) Su clima es templado y tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,759.3 milímetros y temperaturas que oscilan entre 8.0 a 37.5 grados centígrados.

En el municipio predomina el bosque mixto, con pino y encino y el bosque tropical deciduo, con parota, guaje, cascalote y cirían. Su fauna se conforma

principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, tlacuache, conejo, pato, torcaza y chachalaca.

El municipio cuenta con monumentos arquitectónicos como la Huatapera y varias iglesias localizadas en las comunidades, así como tres áreas naturales protegidas como es el parque nacional barranca de Cupatitzio, el CIFO que forma parte de éste, y el Cerro De La Cruz.

La casa-habitación está ubicada en zona urbana en la colonia Zapatista calle Revolución de 1811 No. 360 y C.P. 60157, al oriente de esta ciudad. Tal construcción cuenta con los servicios de luz, agua y drenaje.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA UNA CASA HABITACIÓN

En el presente capítulo se abarcarán temas que muestran algunos métodos y consideraciones importantes que tienen las edificaciones de este tipo. La manera de analizar, y asignar cargas a la construcción de forma correcta en los elementos que la conforma, así como garantizar o determinar si una estructura es segura o no, mediante el concepto de análisis estructural, algunas generalidades, las acciones a las que pueden estar sometidas, así como la forma en que trabajan algunos de los elementos, entre otros aspectos.

1. Concepto de análisis estructural.

“Se denomina análisis estructural al cálculo de la magnitud de estas fuerzas, así como de las deformaciones que las causaron”. (McCormac y Nelson, Jr; 2006: 17)

Así, cuando se habla de análisis estructural, se refiere a la respuesta que otorga un material sólido cuando está sometido a fuerzas externas. Desde tiempo atrás, ha existido la necesidad de construir grandes obras, a pesar de eso no se había puesto atención a este tema, que si bien se han podido observar que aún prevalecen construcciones de siglos pasados, como son las obras de los romanos, griegos y egipcios; a pesar de esto se piensa que los constructores de estas obras no tenían conocimientos sobre este tema, sino que su elaboración fue de forma empírica, práctica y experimental, no fue sino hasta 150 años atrás cuando

comenzaron a surgir las teorías y abrirse una investigación formal para crear esta ciencia y así mismo contribuirle de manera práctica e ir registrando los avances o teorías significativas para ir perfeccionándola cada vez más, de acuerdo con McCormac y Nelson, Jr. (2006).

1.1. Generalidades del análisis estructural.

El análisis estructural es utilizado para conocer las fuerzas internas y externas que actúan sobre las construcciones, sea cual sea la importancia de éstas. Como se ha conocido con las tres leyes famosas del Sir Isaac Newton:

1. Un cuerpo permanecerá en reposo a menos de que se encuentre afectado por fuerzas externas a este.
2. El cambio o movimiento de un cuerpo será igual a la fuerza aplicada.
3. Toda acción tiene una reacción, igual y opuesta.

Con esto se parte de la suposición de fuerzas que se encuentran sobre las estructuras. Recordando que la sumatoria de las fuerzas es igual a la masa por aceleración como dice la fórmula de Sir Isaac Newton y como lo mencionan McCormac y Nelson, Jr. (2006):

$$\sum f = ma$$

En el comienzo del análisis estructural es necesario saber que una estructura puede ser isostática cuando el número de incógnitas es el mismo que las ecuaciones, e hiperestáticas cuando en las estructuras hay mayor número de

incógnitas que de ecuaciones. Por otra parte, es indispensable apoyarse con un diagrama de líneas, donde se transforman los elementos estructurales a líneas paralelas, horizontales o diagonales, para hacerse más sencillo y práctico de utilizar, como se puede observar en la figura 1.1. se muestra una fotografía de un puente antiguo y en la figura 1.2 la transformación de este puente a diagramas de líneas.

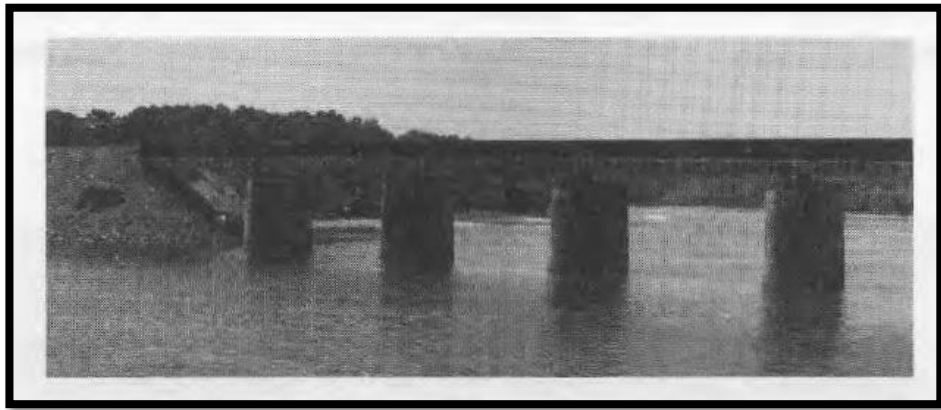


Figura 1.1. Fotografía de un puente antiguo.

Fuente: McCormac y Nelson, Jr.; 2006:12

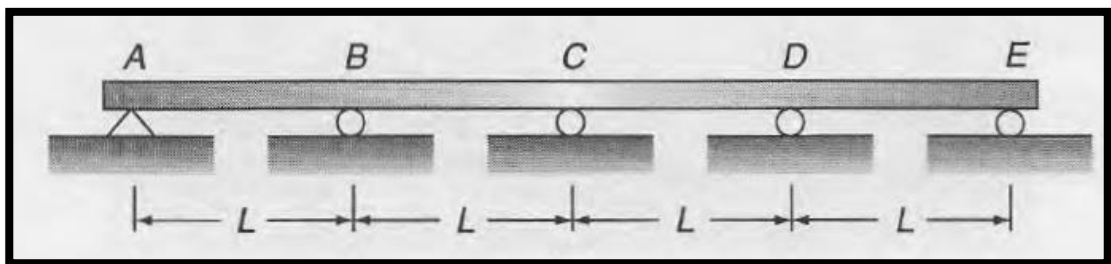


Figura 1.2. Transformación del puente a diagrama lineal.

Fuente: McCormac y Nelson, Jr.; 2006:12.

Como se observó en las figuras anteriores, el diagrama de líneas representa los elementos estructurales más importantes como lo son:

1. Vigas y trabes: estos elementos son resistentes a la flexión y casi siempre resisten fuerzas ocasionadas por la gravedad, por lo regular son elementos horizontales largos y esbeltos que ayudan a dividir claros.
2. Columnas: estos elementos se caracterizan más por resistir fuerzas a compresión, aunque también soportan fuerzas a tensión. Normalmente estos elementos son verticales, aunque también se pueden encontrar de manera diagonal.
3. Tirantes: son los miembros que trabajan solo a fuerzas axiales de tensión y no resisten cargas generadas por flexión. La fuerza solo se le aplica en los extremos.
4. Puntales: estos elementos resisten cargas axiales a compresión y semejantes a los tirantes las fuerzas que soporta están naturalmente en los extremos.
5. Diafragmas: estos componentes son placas planas muy resistentes y rígidas, y son utilizados comúnmente para salvar claros o división entre muros.

De acuerdo con McCormac y Nelson, Jr. (2006), el análisis estructural busca un equilibrio en las fuerzas externas e internas que actúan sobre cualquier punto de la estructura y una relación entre el esfuerzo que produce dicho elemento con el desplazamiento, es decir que la fuerza a la que se encuentre sometida cualquier parte del elemento sea lo suficiente mente resistente para que este no pueda desplazarse o que las deformaciones sean relativamente pequeñas.

Una estructura se supone en equilibrio, ya que la sumatoria de todas estas fuerzas debe ser igual a cero. Las cargas o fuerzas que resista la construcción, ya sea el peso de la misma estructura, de las cargas vivas o alguna otra, deben contrarrestarse con las fuerzas externas a las que se encuentre sometido, es por eso que se busca el equilibrio estático para las edificaciones.

McCormac y Nelson, Jr. (2006), mencionan que la exactitud para este tipo de incógnitas no es claramente algo verdadero, puesto que el estructurista idealiza y supone acciones a las que puede estar sometida alguna estructura, considerando los efectos o situaciones más desfavorables, es así que un análisis estructural se basa en las partes más importantes de la construcción, analizando solo algunos puntos o partes de esta. Se ha venido manejando así, puesto que es una labor muy difícil y casi imposible poder determinar las cargas o fuerzas que está resistiendo el proyecto, es por eso que el estructurista debe despejar todas sus dudas, para que pueda analizar con un criterio sólido.

1.2. Acciones estructurales y sus cargas.

De acuerdo con el Reglamento de Construcción de la Ciudad De México, (RCCDMX; 2017), mencionan que existen tres categorías o clasificaciones de las acciones y/o cargas en una estructura.

- 1) Acciones permanentes: en este apartado pertenecen todas aquellas fuerzas o magnitudes que estén constantemente sobre la estructura, o cambien ligeramente al pasar el tiempo, los empujes de suelo o líquidos pertenecen

aquí. La más importante y sobresaliente de estas acciones es la carga muerta que son todas aquellas cargas u objetos que están permanentes en la estructura, puede ser la carga misma de los materiales que conforman la construcción o algún elemento que este constante en un punto de la edificación.

- 2) Acciones variables: esta clasificación al contrario de la anterior, cambia significativamente al pasar el tiempo, las acciones de la temperatura, asentamientos (hundimientos) en las edificaciones, transito de maquinaria pesada, etc. La más importante para este tipo de acciones es la carga viva, donde ésta puede estar o no presente durante una prolongación de tiempo, en general son todas aquellas cargas móviles que trabajan en la acción de la gravedad.
- 3) Acciones accidentales: son todas aquellas que aparecen durante un lapso corto de tiempo, pero con una magnitud considerable, se puede presentar mediante sismo, viento, granizo, explosiones, etc.

Todas estas acciones deben tomarse en cuenta para los análisis y diseños futuros en las edificaciones, colocando los factores que corresponden a cada acción diferente de acuerdo con Arnal S. y Betancourt S. (2014).

1.2.1. Carga viva.

Las cargas vivas son aquellas fuerzas que se producen sobre una construcción y que varían a lo largo del tiempo. Las personas están catalogadas

como carga viva, los muebles, etc. (véase en la figura 1.3.) Esto variará y se tomarán en cuenta todas las posibles combinaciones de carga viva que puedan existir, diferenciados por la importancia de la estructura como lo indica el RCCDMX (2017).

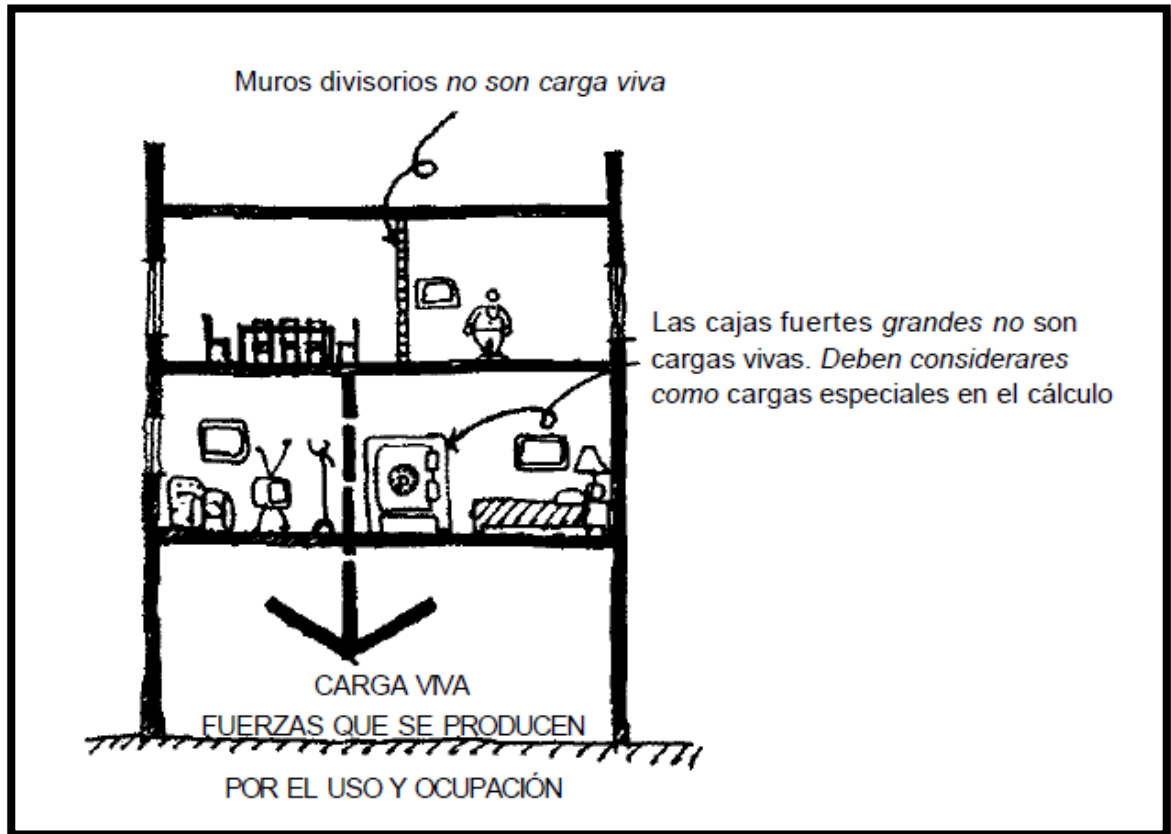


Figura 1.3. Representación animada de carga viva.

Fuente: Arnal y Betancourt.; 2014:135

1.2.2. Carga muerta.

El RCCDMX (2017), determina las cargas muertas en todo aquel material u objeto, llámese losas, muros, trabes, columnas, cimentación, acabados y todo aquel

elemento estático que conforma el material del cual está conformada la estructura o bien que se piense que estará ahí durante un período grande de tiempo (véase en la figura 1.4). Su respectivo estudio, diseño y cálculo para este apartado tendrá que tomar en cuenta todas aquellas variables que puedan influir en la determinación de los pesos de la edificación, para poder finalmente entre otros factores conocer las dimensiones de sus elementos para comenzar a desplantar la estructura.

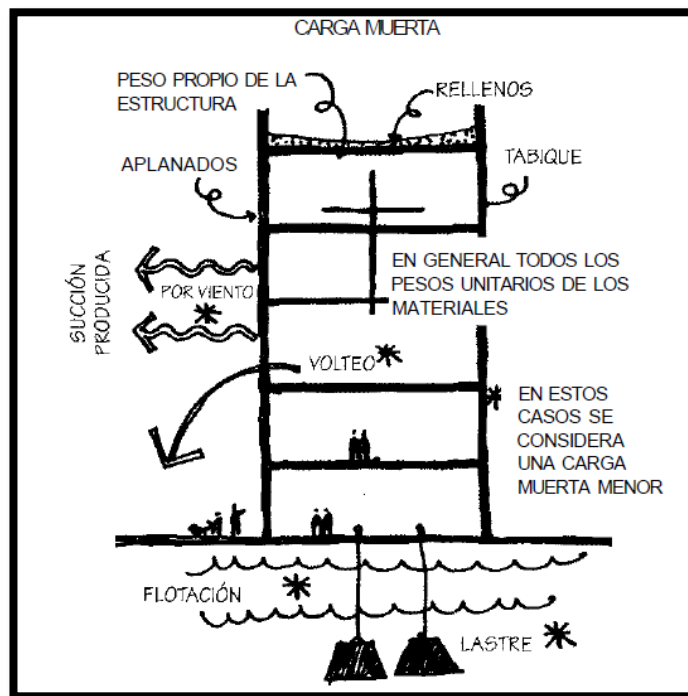


Figura 1.4. Representación animada de carga muerta.

Fuente: Arnal y Betancourt.; 2014:134

1.3. Vigas de concreto sujetas a flexión simple.

Como menciona McCormac y Nelson, Jr. (2006), el concreto tiene muy poca capacidad para resistir el esfuerzo a la tensión, es así, que naturalmente falla

primero por tensión que por compresión. El concreto por naturaleza de lo que está compuesto, tiene muy poca capacidad de carga cortante, y es por eso que primero fallará por tensión antes de que alcance su capacidad de compresión.

Como indica McCormick y Nelson, Jr. (2006), es necesario agregar un refuerzo longitudinal de acero a las secciones de concreto, para que no se permita que el concreto falle de una manera espontánea, por no resistir la fuerza a tensión. Con este elemento trabajando en conjunto se evitan fallas de éste tipo. En la figura 1.5 se muestran gráficas del comportamiento de una viga con un porcentaje de acero.

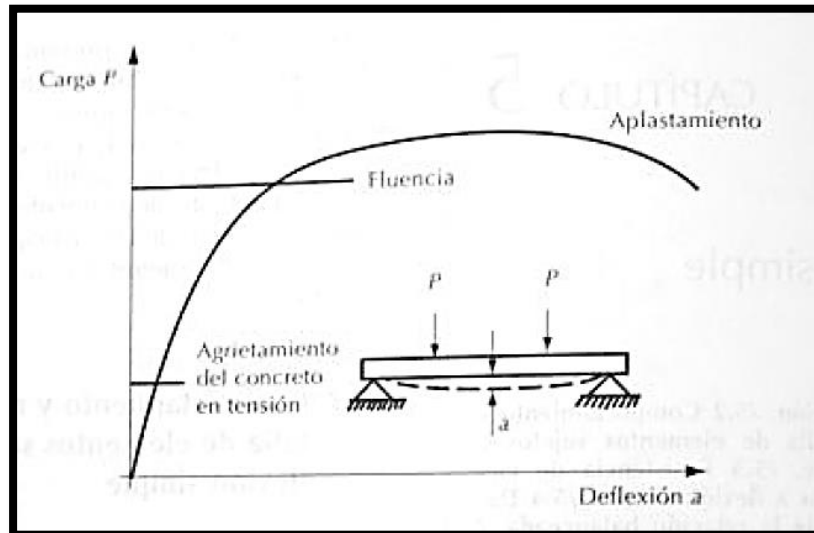


Figura 1.5. Representación gráfica del comportamiento de una viga ante una carga "p".

Fuente: Cuevas y Robles; 2007: 80

1.4. Columnas a carga axial.

La carga axial, se presenta en los extremos de los elementos, como se vio en subtemas anteriores, estas fuerzas hacen que el elemento tienda a comprimirse,

y es así que deben diseñarse elementos resistentes para este tipo de fenómeno. A continuación en la figura 1.6 se presenta un caso de una columna a compresión axial.

Existe un método para llevar a cabo el diseño de estos elementos conocido como flexo compresión el cual está propuesto para que los elementos unidos entre sí, puedan llegar a trabajar a flexión, así como es el caso del acero (f_y), y en compresión, tal es el caso del concreto (F'_c).

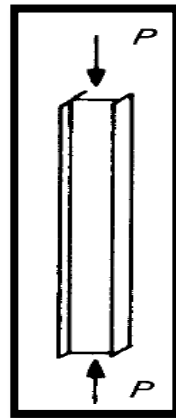


Figura 1.6. Representación de una columna frente a carga axial.

Fuente: Meli; 2008: 73

Como se observó en la figura anterior, se puede encontrar que la mayor parte de estos elementos trabajan bajo carga axial o compresión y deben diseñarse para determinar el número de varillas que necesita la columna así, como recubrimiento, estribos y las separaciones que deben tener.

1.5. Resistencia del concreto.

De acuerdo con González Cuevas y Robles F. (2007), el concreto se ha demostrado que es un excelente material estructural y su combinación con el acero ha dado buenos resultados. Éste elemento trabaja a compresión y ha sido viable hasta la fecha por su rigidez y resistencia, así mismo se ha utilizado en diversas construcciones, desde prefabricados hasta elementos colados en el lugar.

El concreto es una mezcla de grava, arena, cemento y agua, estos elementos en conjunto logran una mezcla homogénea fácil de moldear, lo que permite y facilita la elaboración de las construcciones acomodando el concreto en moldes para que se obtengan los resultados esperados.

El concreto ha tenido éxito porque es un material muy noble para la elaboración y ejecución de obras, tiene la propiedad de ser moldeable y al pasar horas después de aplicado, este se vuelve rígido como una roca y puede estar en pie el elemento o la edificación durante mucho tiempo, el RCCDMX marca la vida útil del concreto alrededor de 80 años, también se menciona que este pierde resistencia de un 10% cada que ocurre un sismo.

Las estructuras de concreto tienen diversas características peculiares como lo mencionan González Cuevas y Robles F. (2007), el uso de este material para la construcción facilita la conexión entre elementos para que sean colados monolíticamente, y a su vez trabajen de manera uniforme.

El concreto va aumentando su resistencia y su endurecimiento conforme el tiempo vaya aumentando, así mismo este se divide en dos tipos de concreto según

el Reglamento de Construcción de la Ciudad de México Federal (RCCDMX; 2017) el concreto clase 1 el cual tiene una resistencia a la compresión mayor que $f'_c=280$ kg/cm² y el concreto clase dos que tiene una resistencia a la compresión menor que $f'_c= 280$ kg/cm². A continuación, se muestra una figura (1.7) con una gráfica de esfuerzo-deformación del concreto, para que se pueda entender cómo trabaja el material frente a acciones de carga, de una manera más concreta.

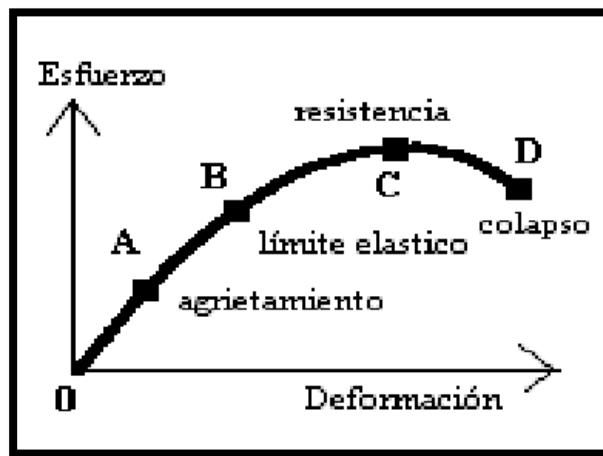


Figura 1.7. Gráfica de esfuerzo-deformación del concreto.

Fuente: www.monografias.com; 2014:1

Esta figura muestra el comportamiento del concreto frente a cargas a las que se encuentre sometido, según esta gráfica conforme este aumentando su esfuerzo éste se va a ir deformando en cuatro diferentes partes: la primera son las primeras fracturas que comienza a tener el material, como los agrietamientos, conforme

aumente su esfuerzo vendrá después el límite plástico que es un estado anterior ante la máxima resistencia, una vez que este llegue a su máximo esfuerzo no presentará más deformación alguna, simplemente colapsará.

1.6. Resistencia del acero.

El acero como lo comenta McCormac y Csernak (2010), es material conocido por su perfecto y muy aceptable comportamiento ante efectos de tensión, es capaz de resistir grandes fuerzas antes de fallar, lo que lo hace un material considerado para la construcción por su perfecta adherencia al concreto y a otros materiales. Existen diferentes tipos de aceros, el acero grado estructural (A-36; $f_y = 2530$ kg/cm²), acero grado intermedio, y acero grado duro (grado A42; $f_y = 4200$ kg/cm², grado 50; $f_y = 5200$ kg/cm², grado 60; 5700 kg/cm²), los tres grados tienen el mismo módulo de elasticidad (2.04×10^6 kg/cm²).

Para poder determinar la calidad del acero hay diferentes métodos para determinarlo, este se puede ver en una prueba de esfuerzo deformación, determinando así su límite de fluencia, otra situación puede ser la técnica de doblado determinando las características físicas del material deformado, es decir que este no presente material desprendido, entre otras afectaciones, también puede ser observando la calidad de las marcas que fueron grabadas en su elaboración. Se puede observar su comportamiento en la figura 1.8.

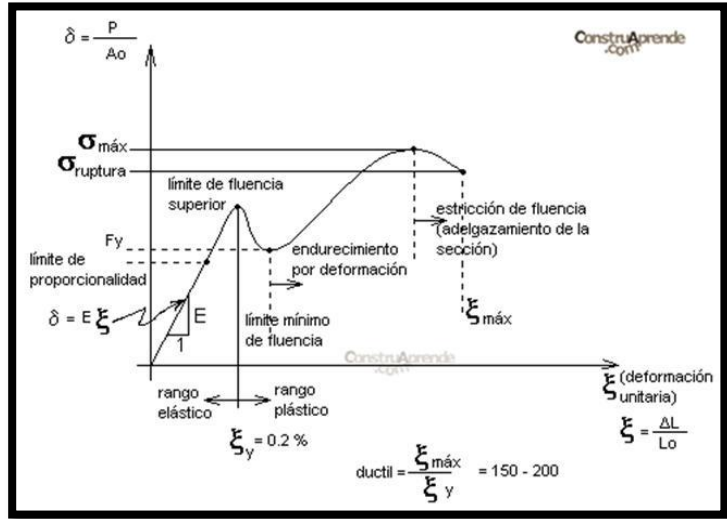


Figura 1.8. Gráfica de esfuerzo deformación del acero.

Fuente: www.monografías.com; 2018

1.7. Área tributaria.

Para poder elaborar un análisis estructural es necesario aplicar, o asignar cargas, estas deben ser solamente aquellas cargas “reales” que puedan afectar a la estructura durante su periodo de vida, así mismo se consideran las acciones más desfavorables que puedan existir. La carga viva y muerta de las diferentes acciones que existen, se deben aplicar sobre áreas tributarias, que estas no son más que superficies planas que deben transmitir fuerzas de manera correcta a los elementos que las soportan, para poder determinar las reacciones que tienen los miembros que se vean involucrados. Por lo general las áreas tributarias las cargan los muros, trabes y columnas, de manera que estas están limitadas por líneas imaginarias que

se encuentran a la mitad de la distancia de la viga a la columna, como lo indica, McCormac y Nelson, Jr. (2006). Obsérvese la figura 1.9 y 1.10.

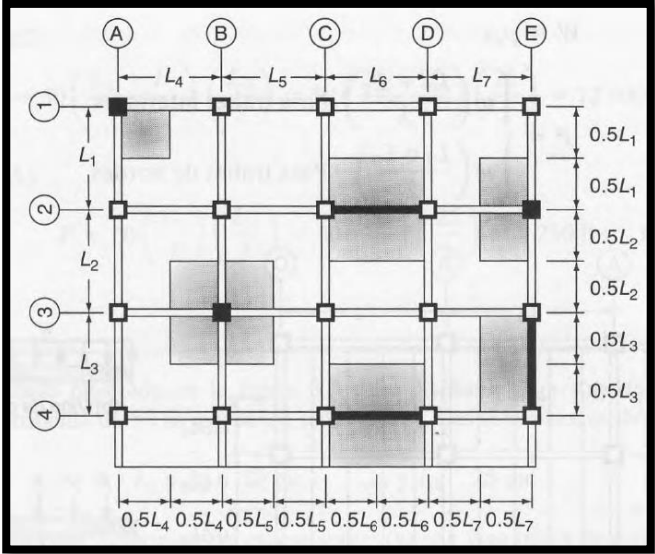


Figura 1.9. Área tributaria para columnas y trabes.

Fuente: McCormac y Nelson; 2006:43.

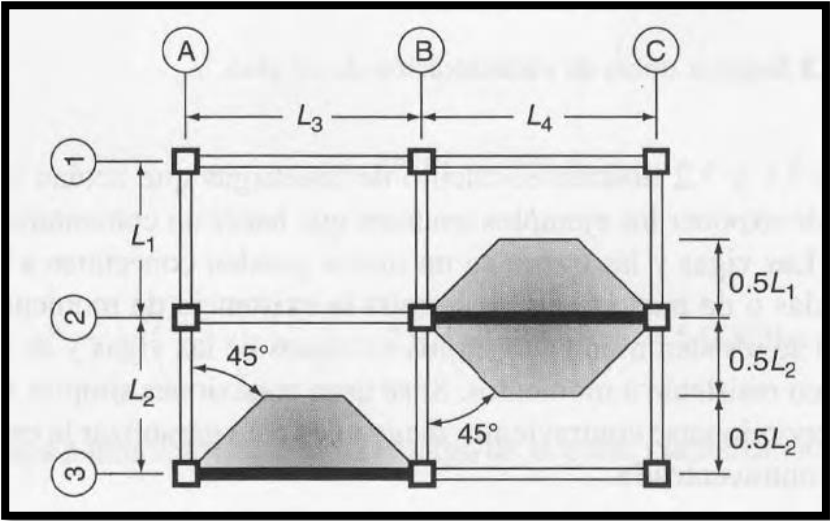


Figura 1.10. Área tributaria para trabes.

Fuente: McCormac y Nelson; 2006:43

1.7.1 Método de análisis de losas.

Este método está basado en el Reglamento de Construcción de la Ciudad de México (2017), utilizando valores comerciales de materiales, como en varilla, cemento, casetones, etc. Dependiendo del requisito que se tenga para cada caso.

Es un método que abarca diferentes parámetros y es admisible aplicar la teoría de líneas de fluencia, o cualquier otra teoría basada en el análisis al límite, siempre que el comportamiento bajo condiciones de servicio resulte adecuado en cuanto a deflexión, agrietamiento y vibraciones.

A su vez este abarca diferentes parámetros, como la dirección de las losas, si la relación de aspecto varia de 0.5 a 0.8 , se clasifican si es una losa en una dirección o en dos direcciones, así mismo el tipo de losas, si son planas, o perimetralmente apoyadas; esto es si están coladas monolíticamente o no monolíticamente, la clasificación anterior pone de manifiesto que cada una tiene características diferentes que derivan en un comportamiento diferente, por tanto, el análisis que requiere cada una es distinta.

Se requiere analizar varios tableros en distintas direcciones, debido a la incertidumbre de la transmisión de momentos que estos generan, también se procura que los tableros tiendan a ser cuadrados para que tengan una relación claro largo-claro corto a fin de que la losa pueda trabajar en ambas direcciones.

1.8. Flexión y flexocompresión en muros

Dependiendo de cómo estén elaborados los muros así mismo serán las respuestas otorgadas, por ejemplo si un muro está reforzado, confinado, etc. Los valores dados influirán en la resistencia de estos elementos, Según el RCCDMX (2017), mas no obstante estos nobles elementos, ayudan a resistir la fuerza vertical. A continuación se muestra un muro de mampostería con diferentes fallas de este tipo en la fig. 1.11.

Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V., México

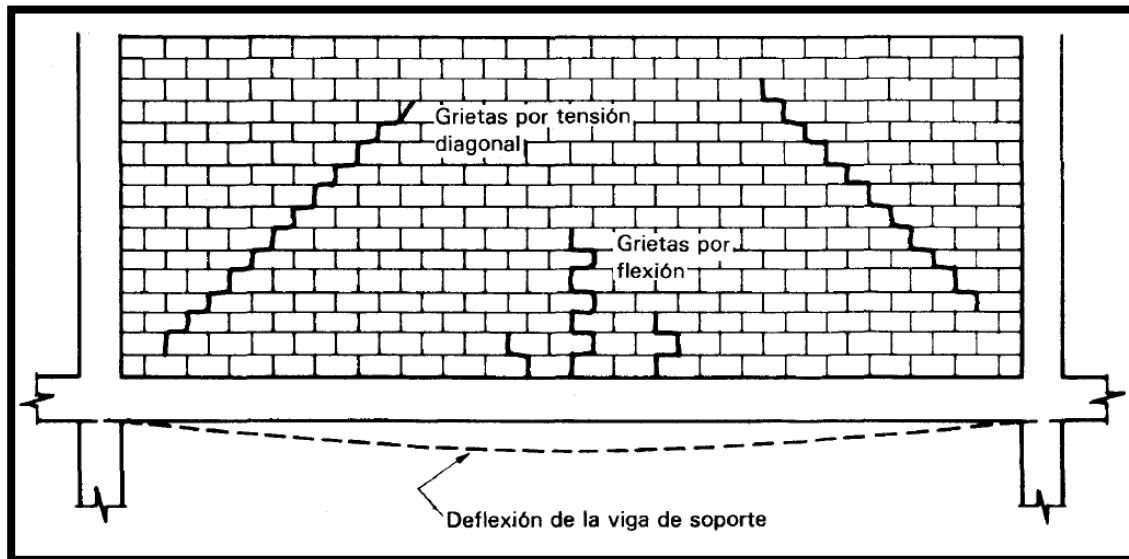


Figura 1.11. Agrietamiento típico en un muro divisorio por deflexión.

Fuente: Meli; 2008: 117

Los muros de carga son una parte importante para el análisis estructural pues forman parte de su sistema, en el cual las cargas verticales son resistidas por muros estructurales. Para poder realizar el “método detallado de diseño” es necesario

verificar la altura del piso a la losa y dividirlo entre el espesor del muro, y el resultado debe ser mayor a 20 si es así, está correcto.

$$\frac{h}{t} = > 20 \quad \text{por lo tanto si cumple}$$

1.9. Incógnitas y tipos de apoyo.

Como se ha venido manejando, en el análisis y diseño estructural se busca que las ecuaciones estén en equilibrio, de acuerdo con McCormac y Nelson, Jr. (2006), dicese que la sumatoria de las fuerzas en “x, y” y el momento, debe ser igual a cero para poder determinar la estabilidad en el elemento. Este principio se aplica para las estructuras, trátese de vigas, armaduras, marcos o algún otro elemento, además que para fines de cálculo en una casa habitación, sus elementos para el análisis estructural son tomados como marcos planos. A continuación se muestran las ecuaciones de equilibrio:

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M = 0$$

El cálculo de estas fuerzas por lo regular es fácil de elaborar, al momento que se está analizando la estructura se conoce el punto en el que actúa la fuerza, más no siempre se conoce la dirección y la magnitud de dicho esfuerzo. Las estructuras parten de un punto de apoyo, un espacio el cual les ayuda a detenerse y a resistir

los empujes de los otros elementos. Así mismo, se tienen tres diferentes tipos de apoyos:

- Empotrado: el cual tiene tres reacciones que actúan sobre éste, las cuales ofrecen resistencia, una con una reacción vertical, horizontal y un momento que lo hace girar. Se puede observar en el inicio de vigas y columnas. Obsérvese en la figura 1.12.

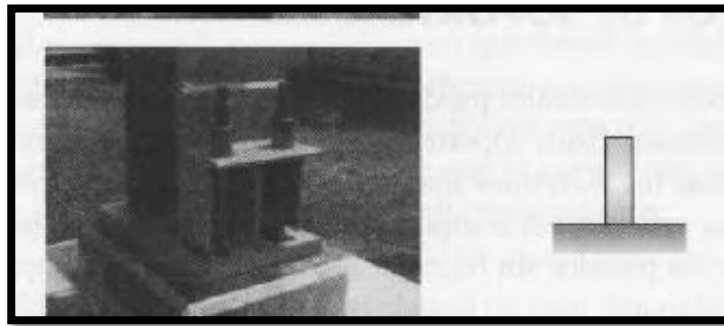


Figura 1.12. Símbolo común de un empotramiento.

Fuente: McCormac y Nelson; 2006:62

- Articulación fija: esta cuenta con dos reacciones y por lo tanto sólo ofrece resistencia a la reacción vertical y horizontal. Obsérvese en la imagen 1.13.



Figura 1.13. Símbolo común de un apoyo fijo.

Fuente: McCormac y Nelson; 2006:62

- Articulación móvil: su reacción sobre el elemento sólo se presenta en el sentido vertical y así mismo su resistencia.

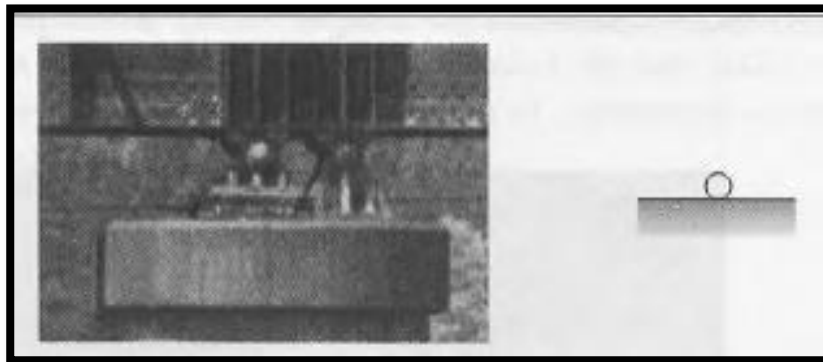


Figura 1.14. Símbolo común de un apoyo móvil.

Fuente: McCormac y Nelson; 2006:62

Las fuerzas que actúan sobre la estructura como se ha mencionado antes, se representan mediante un diagrama de cuerpo libre donde con flechas, de manera práctica se han establecido sentidos (positivo y negativo), si la fuerza que actúa, supóngase sobre una viga es en sentido de arriba hacia abajo, esta fuerza se tomará como negativa, si la fuerza actúa de abajo hacia arriba ésta fuerza será positiva. También en los momentos que se generan sobre el punto de apoyo, la fuerza que lo haga girar en sentido de las manecillas del reloj, ese momento se tomará como positivo, si el momento es anti horario entonces este será negativo, que también puede variar dependiendo del criterio del calculista.

- En elementos a tensión el signo de igual manera será positivo, ya que se considera que los elementos se alargan.
- En elementos a compresión el signo que se debe tomar es el negativo, ya que los elementos tienden a reducir su longitud, es decir que tienen un incremento negativo.

Para la asignación de fuerzas y momentos sobre elementos, se ve un diagrama a continuación, en la figura 1.15.

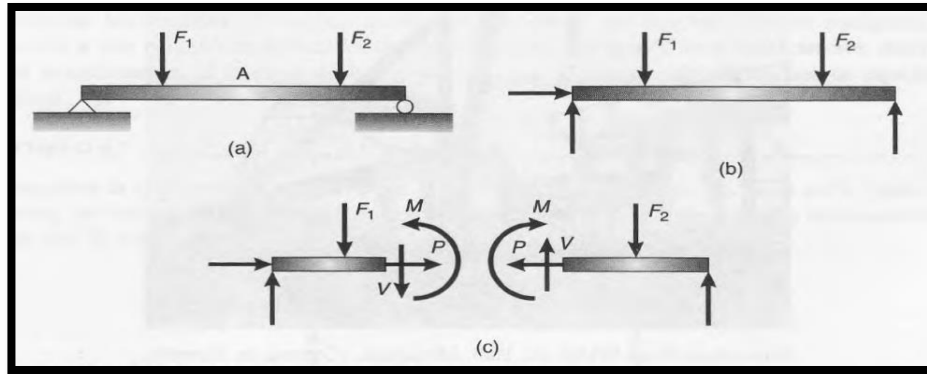


Figura 1.15. Dos diagramas de cuerpo libre y una viga.

Fuente: McCormac y Nelson; 2006:63

1.10. Tipos de estructuras.

Según Kassimali (2018), la decisión de seleccionar una estructura para el proyectista se torna difícil, pero se encuentra la solución al momento de asignarles las cargas a los elementos, entonces de esa manera puede asignarse mejor esa tarea.

Las estructuras pueden dividirse en cinco grupos, más no obstante en una estructura pueden estar combinados entre sí, la determinación de estos consta del proyectista. A continuación se enumeran los tipos de estructuras:

- 1) Tensión: para estos elementos que trabajan bajo esta condición, se dice que la aplicación o distribución de fuerzas es aplicada a lo largo del elemento, lo que ocasiona que los cables de acero se estiren y trabajen de esta manera.

- 2) Compresión: estos elementos trabajan bajo cargas externas en los que se vean involucrados, estas estructuras pueden fallar por pandeo, así que debe tenerse especial cuidado, se pueden observar más comúnmente en columnas y arcos.
- 3) Armaduras: para este caso son elementos rectos que se unen con dos o más elementos entre sí, a esta unión se le denomina “nodo” y por su rigidez, estabilidad, y peso, se utilizan muy comúnmente en las edificaciones.
- 4) Cortante: para que una estructura trabaje a cortante se necesitan de elementos que obstruyan su movimiento lateral, es decir que frente a acciones sísmicas, de viento, entre otras, este sea capaz de reducir el movimiento lateral, los elementos más comúnmente utilizados son los muros de cortante.
- 5) Flexión: muy comúnmente los elementos que trabajan bajo esta carga están mezclados con la compresión, se dice que estas partes de la estructura accionan frente a fuerzas externas, y por eso que debe tomarse en cuenta para poder determinar los valores que la afectan a lo largo del elemento.

1.11. Diagramas de fuerza axial y cortante.

Para poder elaborar estos diagramas debió haberse determinado por medio de teorías y ecuaciones las cargas y acciones que se tienen sobre cualquier estructura. Estos diagramas no muestran otra cosa más que la reacción de las fuerzas en un sistema virtual, para que la idealización de cómo trabaja el elemento fuese más fácil de entender. En la fig. 1.16 se observan los diagramas.

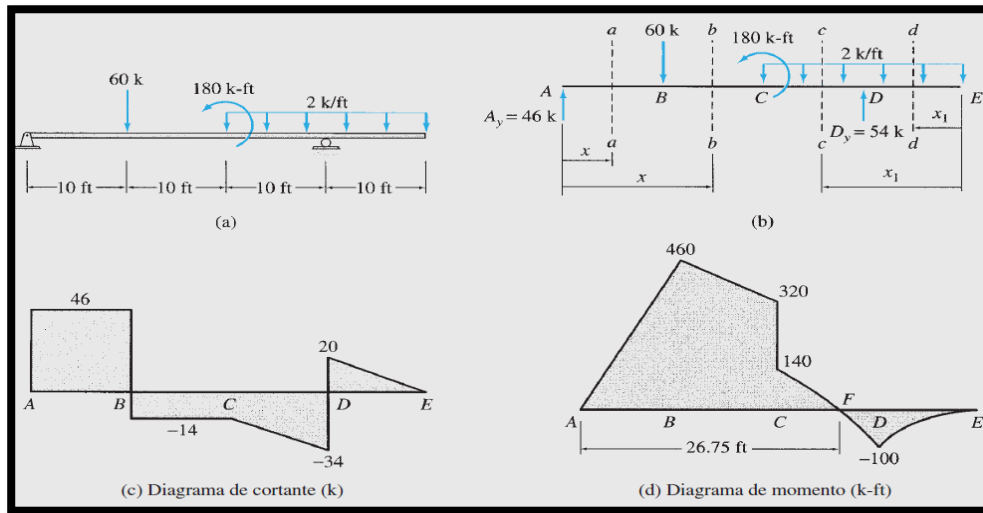


Figura 1.16. Dos diagramas de cortante y momento flexionante.

Fuente: Kassimali; 2018: 168

1.17. Métodos del análisis estructural.

El análisis estructural, como cualquier otra ciencia, ha elaborado diversos métodos para su estudio, más no obstante sobresalen algunos, para los diferentes tipos de estructuras. Por ejemplo, se mencionan a continuación algunas, y al final se explica el método que se utilizará para éste análisis estructural.

- Método de Castigliano o de trabajo virtual: éste método fue creado con la finalidad de suponer un esfuerzo virtual en la estructura, para así poder determinar la deformación en ese punto. Este método parte de la suposición de una carga, y para poder determinar las deformaciones a lo largo de la

estructura es necesario emplear otro método y es más comúnmente utilizados en armaduras.

- Método de las Rigideces: Para poder elaborar un análisis mediante este método es necesario analizar cada una de las barras por separado, también es utilizado para el análisis de marcos, encontrando así, el desplazamiento y se puede emplear para estructuras isostáticas e hiperestáticas.

Todo esto es posible mediante los conceptos de continuidad y compatibilidad.

A continuación se muestra la ecuación de la fuerza:

$$F = K * D$$

Donde:

K=rigidez

D= desplazamiento

F=fuerza aplicada

- Método de las flexibilidades: este método consta de obtener el desplazamiento o la deformación que adquiere una estructura frente a ciertas acciones de carga por lo que puede definirse como:

$$U = F * R$$

Donde:

U= Desplazamiento

F= Flexibilidad

R= Fuerza

Este método es para estructuras hiperestáticas (con más de una incógnita), lo que ocasiona que se quiten esas fuerzas, para convertirla a una estructura isostática y así obtener igual ecuaciones que incógnitas, para posteriormente restaurarse se combinan estas fuerzas con la estructura isostática, las cuales se cambian de acuerdo al principio de superposición.

- Mediante Software: actualmente la tecnología ha revolucionado al mundo, esto ha beneficiado, a la mayoría de las ciencias, y para más específicamente a la Ingeniería Civil. Actualmente el más utilizado comúnmente, es el SAP y el ETABS, que son, softwares integrados para el análisis y diseño estructural. Y es en el que se basa esta tesis para la determinación de las reacciones de los elementos.

CAPÍTULO 2

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA UNA CASA HABITACIÓN

En el presente capítulo se abarcarán algunos conceptos y temas, como el diseño estructural, sus fases, el dimensionamiento de sus elementos, así como algunos materiales más usados en general, con el fin de que sea más entendible el contenido.

2.1. Concepto de Diseño Estructural.

“El diseño estructural se encuentra inserto en el proceso más general del proyecto de una obra civil, en el cual se definen las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar”. (Meli; 2008: 15)

El diseño estructural comenzó a obtener interés a la vez que se requerían construcciones de mayor importancia, y se comenzó a estudiar los materiales, la forma, espacio y dimensión que estos podían ocupar y/o tener, para soportar dicha edificación. Esta ciencia es conocida por todo el mundo y es evidente al observarse diversas construcciones para diferentes usos.

Un diseño estructural depende de diferentes factores, que involucran principalmente, la función que tiene que cumplir dicho proyecto, una buena distribución de fuerzas que actúen sobre la estructura, un grado razonable de seguridad, la calidad de materiales empleados deben ser los correctos, tiene que

tener un costo e inversión viable para el negociante, y cumplir con la estética requerida por el financiero.

Si bien, las edificaciones van conectadas con otros factores que involucran toda la obra civil, principalmente se debe seguir el plano arquitectónico, posteriormente el dimensionamiento de sus elementos y por ultimo las conexiones como, eléctrica, hidráulica y sanitaria. Todos estos sistemas deben ir relacionados entre sí, para que el resultado que se obtenga sea el ideal, no se puede solamente hacer lo estructural descuidando lo eléctrico o lo sanitario, debe buscarse la manera correcta para que todos estos sistemas trabajen adecuadamente, cada uno cumpliendo la función que le corresponde, sin afectar las funciones de los otros subsistemas. Así mismo los contratistas encargados de sus áreas deben tener el criterio y supervisión adecuada para hacer un trabajo correcto.

2.2. Fases del Diseño Estructural.

De acuerdo con Meli (2008), una estructura es un conjunto de sistemas, los cuales trabajan ordenadamente para cumplir una determinada función. Para poder elaborar un diseño estructural adecuado es necesario cumplir con tres requisitos importantes como lo es la estructuración, análisis y dimensionamiento. A continuación se describen brevemente.

- 1) Estructuración: En esta etapa se elige que sistema se utilizara, así como los materiales que serán empleados, con el objetivo de elegir la mejor opción entre un conjunto de posibles opciones.

En este proceso domina el criterio del estructurista, para poder determinar así, lo dicho anteriormente.

2) Análisis estructural.

3) Dimensionamiento: en este último paso, las dimensiones propuestas al comienzo de la organización de la estructura, se revisan para poder determinar si efectivamente cumplen o no, es una “evaluación” de las propuestas que se formularon, así mismo debe considerarse la planeación de soluciones preliminares, así como su evaluación, un análisis más detallado en cada elemento, posteriormente una correcta ejecución física de los resultados de diseño, para poder cumplir el último requisito de diseño, es necesario que se cuente con una supervisión adecuada. En el siguiente subtema se abarcará más este punto.

2.2.1. Dimensionamiento de elementos.

González Cuevas y Robles F. (2007), mencionan que no existen reglas para dimensionar o hacer de una forma, tamaño, peso o material algún elemento, porque se involucran diversos factores, entre estos el criterio del estructurista, las necesidades del proyecto, la viabilidad del material que sea mejor para emplear cumpliendo las necesidades de servicio sin exceder del costo.

Es importante que los elementos que se propongan no tengan formas inusuales, sino que sean cuerpos geométricos. Al analizar y diseñar se busca no solamente que los cálculos se hayan hecho de manera adecuada, también que los

resultados sean canalizados a elementos que no sean complicados de realizar al momento de hacerlos físicamente, es decir que la mano de obra no sea complicada, pues alargará el tiempo de la construcción y aumentará el costo. Es recomendable elegir el material más económico pero que no pierda calidad en sus elementos.

Un elemento será ideal si resiste las cargas que se le apliquen además de que el elemento que se proponga sea ligero y tenga forma simétrica, su mano de obra no sea complicada y que el material que se utilice para la construcción, sea el ideal, abarcando los conceptos que anteriormente se mencionaron.

No por esta situación se debe escatimar al momento de la ejecución de la construcción, si bien se ha comentado que se deben emplear materiales que no encarezcan mucho la obra, pero por ningún motivo se debe descuidar la seguridad estructural, es importante que esté claro que el objetivo de las edificaciones es cumplir una función, además que sea segura para los usuarios que estén dentro, fuera y alrededor de éste.

El proyectista debe encontrar la solución al problema dado, así como su opinión y propuesta para la realización de este. Los métodos que se utilicen deben ser lógicos y factibles para la ejecución, puesto que pueden surgir elementos de formas extravagantes o materiales fuera de lo ordinario, que sea complicado de llevarlo a cabo. Se busca que este en sintonía el análisis, diseño y las propuestas de ejecución para que una obra sea lo más conveniente posible como lo mencionan González Cuevas y Robles F. (2007).

2.3. Seguridad y criterios de edificación.

Una estructura se diseña para resistir diferentes tipos de acciones (permanentes, variables y accidentales) que puedan afectar la estructura durante su vida útil. Así mismo, es importante que al diseñar no se rebase ningún estado límite, para poder asegurar cualquier estructura. A continuación se mencionan los estados límite de las estructuras como lo menciona Meli (2008):

1) Estado límite de falla: Es aquel fenómeno que afecta la seguridad estructural de la edificación. Cuando una estructura sufre daños irreversibles de manera total o parcial en su sistema, agotando así su capacidad de carga, notándose alteraciones en sus elementos como, colapso, inestabilidad, fatiga, etc. Sin excepción entra dentro de esta categoría; es por eso mismo que el estructurista debe tomar en cuenta todas las posibilidades que puedan presentarse, trabajando el sistema de manera normal y también aquellas condiciones extraordinarias.

2) Estado límite de servicio: una estructura se considera así, cuando uno de sus elementos o más, sufren deformaciones o alteraciones como, agrietamientos, deflexiones, vibraciones o desplazamientos horizontales, etc. que no agoten la capacidad de carga del sistema, pero que afecten su correcto funcionamiento.

3) Diseño por sismo: Según el RCCDMX (2018), todos los elementos que cumplan con las normas técnicas de este reglamento, es decir, que el material del que esté formada la construcción como concreto reforzado con peso normal,

además de estar colado en el lugar, sin excepción deben diseñarse por sismo, utilizando un factor “Q”. Para este efecto tenemos:

$$Q = 2$$

4) Diseño por durabilidad: toda estructura deberá construirse para una vida útil de al menos 50 años; para esta definición es importante tomar en cuenta la exposición con la intemperie, existen tablas con clasificaciones de exposición a la superficie y el ambiente en el RCCDMX, poniendo especial atención en el curado y calidad del concreto, debe tener un recubrimiento correcto, y una restricción en los contenidos químicos.

5) Condiciones de Diseño: debe tomarse en cuenta todas aquellas combinaciones de acciones diferentes, comparando así, que el resultado obtenido no rebase la resistencia de los materiales, ni el estado límite de falla, tampoco el de servicio; más adelante se retomara este tema. A continuación se muestran dos categorías de combinaciones con una probabilidad de que ocurran simultáneamente:

- a) Acciones permanentes + acciones variables con intensidad máxima
- b) Acciones permanentes + acciones variables + acciones accidentales

6) Factores de carga: Para poder elegir el factor de carga “Fc” correcto, se elegirán los siguientes números, conforme al tipo de combinación del inciso

5.

- Para estructuras ubicadas en el inciso 2.2.5a:

$$F_c = 1.4$$

- Para estructuras ubicadas en el inciso 2.2.5b se debe aplicar este valor a todas las acciones que intervengan en las combinaciones:

$$F_c = 1.1$$

“El objetivo del diseño estructural puede replantearse como sigue: proporcionar una seguridad adecuada ante la aparición de estados límite de falla para las acciones más desfavorables que puedan presentarse durante la vida útil de la construcción y procurar que en las condiciones normales de operación no se sobrepasen los estados límite de servicio”. (Meli; 2008:57)

Sea que una estructura se encuentre bien elaborada tanto con los métodos de diseño como en su elaboración al momento de construir, queda ese hueco de incertidumbre, en saber si todo realmente funcionara correcto, es así que se creó un factor de seguridad el cual abarca precisamente todo este tipo de dudas, empleando variables conservadoras, para que “garanticen” un grado de seguridad más, así mismo la fórmula del factor de seguridad queda expresado de la siguiente forma:

$$F.S. = \frac{MR}{MS}$$

Donde:

F.S.= factor de seguridad.

MR= media resistente.

M.S.= media de las acciones de servicio.

2.4. Reglamentos de diseño.

“Los reglamentos para el diseño de estructuras son documentos legales que tienen como función proteger a la sociedad contra el colapso o mal funcionamiento estructural de las construcciones”. (Meli; 2008:101)

Como indica Meli (2008), los reglamentos o normas son creados por organizaciones que manejan un grado importante de experiencia, abarcando para cada diferente rama de construcción y de materiales a los especialistas correspondientes, para obtener un grado razonable de seguridad para cada situación diferente dada, además que protegen al habitante como al constructor de posibles conflictos futuros.

En ocasiones para el proyectista le es difícil interpretar los reglamentos, dudando entre si debe emplear paso a paso lo que indica en el reglamento, o hacer mejoras, o bien, improvisar con algunas cosas, para esto es importante distinguir las siguientes separaciones de reglamentos:

- 1) Reglamentos funcionales: son más racionales, y permite más innovación para el proyectista, solo que carece para saber si el diseño fue bien aplicado o no, ya que los datos que vienen en él son menos informativos.
- 2) Reglamentos prescriptivos: este material es más rígido, ya que da el, parte una larga lista de posibles complejidades, y abarca diversos aspectos, el cual lo hace como un beneficio para el proyectista, ya que los datos que aparecen están evaluados respectivamente. Actualmente casi todos los reglamentos son de este orden.

Desde tiempos pasados han existido una forma de reglamentos, en siglos atrás las sanciones para los constructores eran severas; al paso de los años fue

necesario elaborar documentos oficiales, donde existieran sanciones para aquel constructor que no hiciera bien su trabajo, así mismo se manejan diferentes reglamentos, para cada lugar en particular y con sus diferentes necesidades como lo menciona Meli (2008).

México cuenta con un reglamento de construcción, más no obstante también se puede utilizar el reglamento de los Estados Unidos de América "ACI" (American Concrete Institute), ya que los métodos que ellos emplean están muy especializados en cada tema.

De acuerdo con Meli (2008), los reglamentos se actualizan cada que ocurre un evento no contemplado en dicho documento; México cuenta con un Reglamento de Construcción de la Ciudad de México (RCCDMX), el cual se ha modificado al pasar los años, así mismo el documento se divide en el reglamento el cual indica los casos más comunes para construcciones urbanas, y las Normas Técnicas Complementarias, las cuales vienen más detalladas en sus apartados, así mismo, este último es por lo general el que sufre cambios más a menudo, puesto que por orden legal es más fácil de modificar. A pesar de que el RCCDMX no abarca obras grandes, más que obras urbanas, se cuenta con un Reglamento De Construcción de Comisión Federal De electricidad (CFE), el cual es reconocido nacionalmente y abarca más ramas de la construcción.

2.4.1. Criterios de Diseño Estructural.

En el Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCCDMX; 2016), describe que cualquier construcción debe tener un sistema estructural para que éste

pueda recibir las fuerzas que se le aplican y puedan ser transmitidas de manera correcta hasta su cimentación y a su vez hacia el subsuelo, también deben tener una cimentación capaz de soportar dichas edificaciones.

Las edificaciones deben construirse para que todos y cada uno de los elementos que la conforman puedan cumplir con dos factores fundamentales. El primero es el Estado Límite de Servicio, e indica que una estructura debe dar a los usuarios seguridad y por ningún motivo se debe sobrepasar el estado límite de servicio y menos llegar a un estado límite de falla.

Cuando se diseñe, deben considerarse todas las combinaciones posibles, y tomarse en cuenta, como la carga viva, carga muerta y otras que puedan presentarse; el sismo o el viento cuando éste represente un problema.

El RCCDMX (2017), menciona tres tipos de cargas o acciones sobre una estructura, la primera son las cargas permanentes, éstas son aquellas que están estáticamente en la construcción, como los elementos que la conforman, el empuje de suelos o líquidos, la carga muerta y los desplazamientos o deformaciones de la estructura.

La segunda son las cargas variables y aparecen cuando hay carga viva o desplazamientos en la estructura, también en hundimientos diferenciales en el subsuelo, la maquinaria que esté guardada o tenga un uso y se vuelva a colocar en el lugar, también forma parte de éste.

El tercero y último son las cargas variables y son todas aquellas que afectan la estructura de manera improvisada como el sismo, incendios, viento, explosiones

y otros fenómenos. Si se tratara de cualquier otra estructura donde las afectaciones fueran inusuales y no se encuentren en el RCCDMX deberán ser aprobados por la Secretaría de Obras y Servicios. Todos estos fenómenos deben tomarse en cuenta en las edificaciones contemplando todas las combinaciones posibles.

El propietario o dueño del inmueble, es responsable por las alteraciones que le haga a la construcción alterando el análisis y diseño que ya se creó antes, como construir un nivel más o demoler muros ocasionando desorden en la repartición de cargas en la estructura. Las edificaciones deben llevar un estudio previo, un análisis y diseño de la estructura, también debe hacerse por un método reconocido. La resistencia de diseño debe ser mayor que la actuación de las acciones que puedan aparecer.

2.4.2. Tipos de construcciones.

En el mundo existen diversas construcciones para diferentes usos. En México se cuenta con un Reglamento de Construcción de la Ciudad de México (RCCDMX; 2017) donde brinda al ciudadano información necesaria para poder llevar a cabo una correcta construcción, este mismo divide las edificaciones en cuatro tipos:

1. Grupo A: Se refiere a aquella construcción que forma parte importante en la sociedad, donde la cantidad de gente que lo alberga es significativa, o se manejen sustancias tóxicas, tal es el caso de escuelas hospitales, centrales eléctricas, estadios, entre otras más.

2. Grupo B: Todas aquellas edificaciones que son de uso común, como casas habitación, oficinas, locales, construcciones industriales y comerciales. Todas aquellas que en el primer grupo no se mencionan. Este grupo a su vez se subdivide en:
 - a) Subgrupo B1: aquellas construcciones de más de 30 m. de altura o un área construida de más de 6000 m². Deben contar con un área de desalojo, escaleras elevadores, etc.
 - b) Subgrupo B2: Todas aquellas edificaciones que no se encuentran en los otros grupos.

Cualquier estructura se diseña para que no falle durante su vida útil, y que cumpla con las necesidades para la cual fue diseñada, trátase de un edificio de varios niveles, bodegas, naves industriales, casas habitación entre otros.

La confianza es fundamental ya que las construcciones deben contar con un grado razonable de seguridad, contemplando así las fuerzas externas que puedan afectar dicha edificación.

2.4.3. Características generales de las construcciones.

En el artículo 140 del RCCDMX (2017) hace referencia al diseño de construcciones seguras que cumplan con las normas de diseño, con especial atención en los efectos sísmicos. Las edificaciones que no cumplan con estos requisitos deberán diseñarse para sismos más severos, para tener un grado de seguridad aceptable.

La planta debe estar simétrica con respecto a los ejes ortogonales por lo que toca a los elementos estructurales esta labor. La altura del elemento no debe pasar de su relación con la base, es decir que la altura con respecto a la base no pase de 2.5 m. de altura.

Debe existir una relación entre lo largo y ancho del elemento sin pasar de 2.5m, en cada nivel debe existir como separación un sistema de techo rígido y resistente para las cargas a las que se encuentre sometido.

El peso de cada nivel utilizando la carga viva que debe tomarse para sismo no será por ningún motivo mayor que la del piso inferior inmediato y tampoco del último piso de la construcción.

En los diferentes niveles no habrá un área delimitada por los ejes exteriores de los elementos verticales resistentes. Sus columnas y puntos de apoyo deben estar restringidos en todos y cada uno de los pisos en dos direcciones ortogonales.

Todas las construcciones deben hacerse con una junta de separación de edificio a edificio como lo indica la norma, estas deben venir especificadas en los planos arquitectónicos y si no fuera así, debe existir la ética moral de dejar esta junta que no debe tener obstrucción alguna como lo indica el RCCDMX (2017).

Los acabados en la construcción deben estar supervisados y ser aplicados de manera adecuada, se debe tener especial cuidado en la aplicación de recubrimientos, estos elementos de acabados en escaleras, plafones, paredes, deben ser seguros para que no representen peligro para los usuarios que se encuentren cerca. También el mobiliario grande como libreros, anaqueles y todo

aquel que sea grande, debe sujetarse a elementos resistentes de la estructura, ya sea para fijarlos con tornillería o adaptar alguna otra aplicación segura, para que no represente un peligro en el momento de que exista un fenómeno sísmico o de cualquier otra magnitud.

El artículo 144 del RCCDMX (2017), menciona que los anuncios de importancia como lo son los anuncios adosados, colgantes, auto soportados, en azotea, etc. Debe tener un previo estudio de diseño con singular atención en el efecto del viento, para poder determinar los apoyos de la estructura que la soportará.

2.5. Materiales Estructurales.

De acuerdo con Meli (2008), para que un material pueda ser estructural debe cumplir con ciertas propiedades mecánicas, que estas a su vez se establecen mediante la gráfica esfuerzo-deformación, donde se puede relacionar a cualquier material mediante esta figura, ya que indica la capacidad de carga que va a resistir ese elemento y la deformación que presente durante el transcurso de su esfuerzo, como se ve en la figura 2.1.

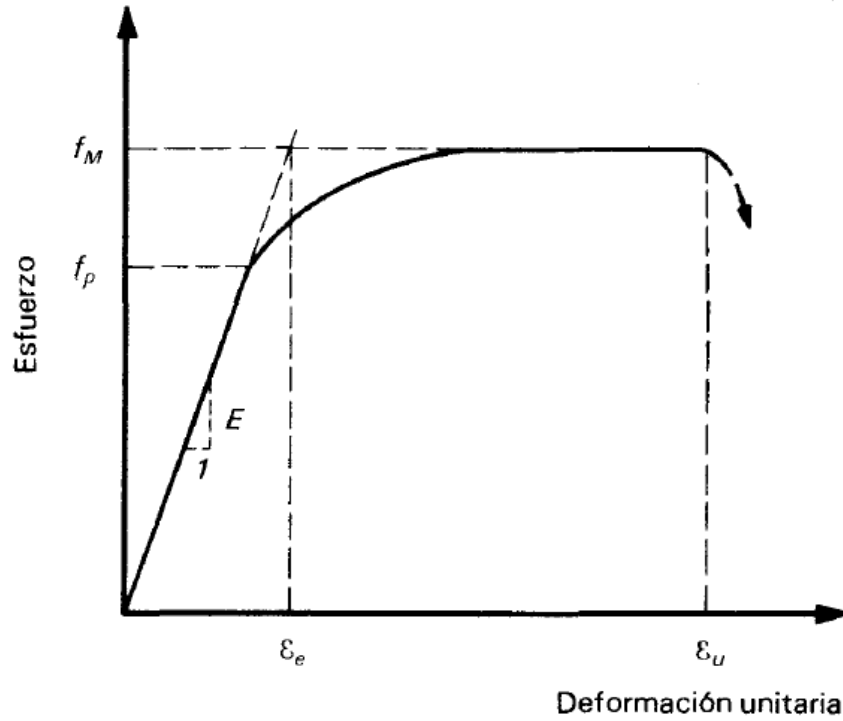


Figura 2.1. Gráfica de esfuerzo deformación de un material estructural.

Fuente: Melli; 2008: 267.

Donde:

f_p = límite de proporcionalidad

f_m = esfuerzo máximo resistente.

E_e = deformación elástica para el esfuerzo máximo resistente.

E_u = deformación unitaria

$\mu = \frac{E_u}{E_e}$, Factor de ductilidad

E = módulo de elasticidad

Se puede observar en la figura anterior un comportamiento lineal al principio de la carga, posteriormente existe una pequeña curva lo que marca la deformación, y un decaimiento de esta misma lo que representa su fractura, o su estado límite de falla. Normalmente algunos materiales representan más pronto la curva de deformación, pero esta va cambiando dependiendo del material que se esté utilizando; es importante que quede claro que la gráfica para los materiales es la misma, las resistencias son las que determinan el grado de curvatura que se tenga.

Cabe destacar que una estructura además de cumplir con la seguridad de todos sus elementos, también deben buscarse materiales viables tanto en resistencia como en costo, así como se explicó en subtemas pasados, además de cumplir con la estética que se está buscando, y es por esa misma razón que deben buscarse materiales que puedan cumplir con todos estos requisitos.

2.5.1. Principales materiales estructurales.

Como en cualquier área de construcción, de fabricación de maquinaria, equipos de cómputo, y de más procedimientos que involucren la modificación, es necesario ayudarse de diversos materiales y equipo que permitan llevar a cabo la finalidad del trabajo principal, es por eso que a continuación se numeran algunos de los materiales más comúnmente utilizados en la construcción.

- Uno de los principales materiales estructurales de acuerdo con Meli (2008), son los materiales pétreos, y estos elementos eran utilizados normalmente desde el principio del hombre, por ser materiales naturales y fáciles de

colocar, además de que se disponía o dispone en algunas ocasiones de abundancia, como el caso de las rocas, que se clasifican por su resistencia a la compresión, pero no a la tensión, así mismo no son tan viables, porque cambia muy drásticamente la composición mecánica de cada roca, aunque se encuentren en el mismo sitio, puede que una resista más que la otra

La unión de estas rocas crea una junta de separación que normalmente está unida con mortero, a lo que se le denomina “mampostería”, lo que representa un plano de falla en tensión y compresión, para los elementos hechos a base de este material. Así mismo, se pueden alterar, desfragmentándolo o pasándolo mediante diversos procesos, creando el tabique rojo recosido o el tabique hueco.

En zonas rurales se puede encontrar también el adobe, que es una mezcla de ladrillo de barro sin coser, lo que entra también a la rama de la mampostería, así como el concreto simple, que también se considera dentro de esta categoría, por su procedimiento o forma de elaborar, aunque no presente planos de falla como lo mencionado anteriormente, pero su resistencia a la tensión es muy poca por lo que se desprecia a la hora de diseñar, como se vio en subtemas pasados.

La mampostería se emplea por lo general en cantidades grandes, también donde se requiere el peso propio del material, como en los muros de contención, son utilizados para resistir fuerzas a tensión, y aunque en otros lugares lo hallan reemplazado por otros materiales, por la mano de obra que requiere, y el tiempo de elaboración, sigue habiendo otros países que aún lo emplean, por sus características mecánicas.

A continuación se muestra una gráfica de esfuerzo-deformación para mampostería en la figura 2.2.

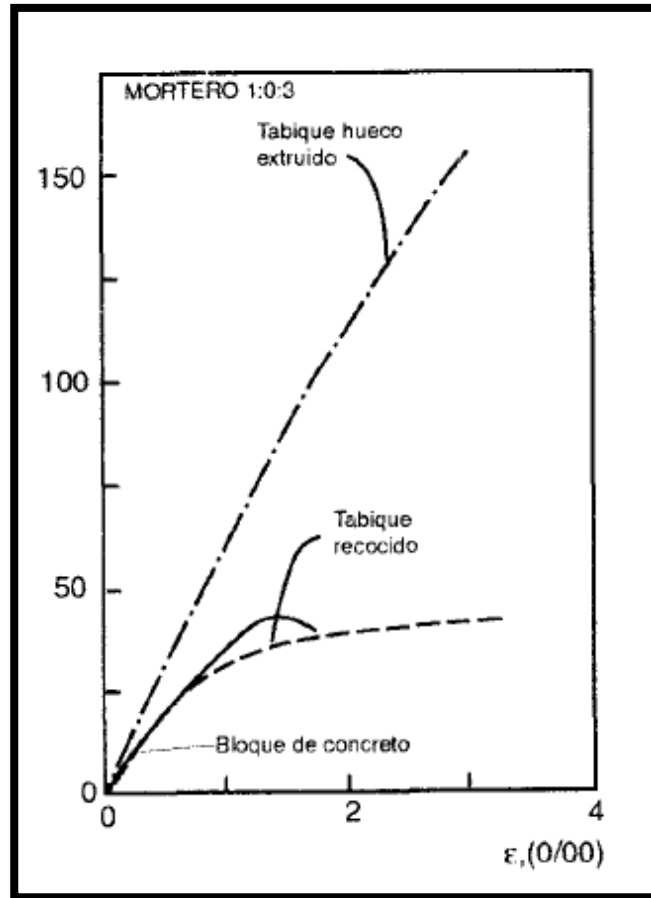


Figura 2.2. Gráfica esfuerzo-deformación para mampostería.

Fuente: Meli; 2008: 275.

- Como material estructural también se encuentra el material pétreo, que esté a diferencia de los anteriores tiene una resistencia a la tensión, mayor que a la compresión, lo que al combinarse con el concreto forman un material que pueda resistir fuerzas en ambos sentidos, el concreto por su perfecta adherencia con el acero, hace de unos adecuados elementos estructurales

capaces de resistir este tipo de fenómenos, mas no obstante deben descuidarse sus propiedades mecánicas.

Por ejemplo el concreto también trabaja a temperaturas, lo que ocasiona que éste se dilate y se contraiga, así mismo cuando ocurre este fenómeno se presentan agrietamientos.

Además, que es importante saber, que cuando se cuele un elemento en el lugar debe ser “monolíticamente”, esto es dejar acero que se pueda amarrar con otros elementos, para poder hacer la transmisión de cargas correctamente. Cabe mencionar que el acero puede acomodarse de diferentes formas, tanto transversal como longitudinal y así junto con el concreto, trabajan de una manera más adecuada, de acuerdo con Meli (2008).

Como se ha mencionado antes, existen diferentes resistencias del concreto, por lo general y el más utilizado es el de 250 kg/cm², aunque pueden variar desde 150 a 300 kg/cm², más, o menos, según sea la resistencia que se requiera. En la figura 2.3 se muestran curvas de esfuerzo deformación de las diferentes resistencias de concretos.

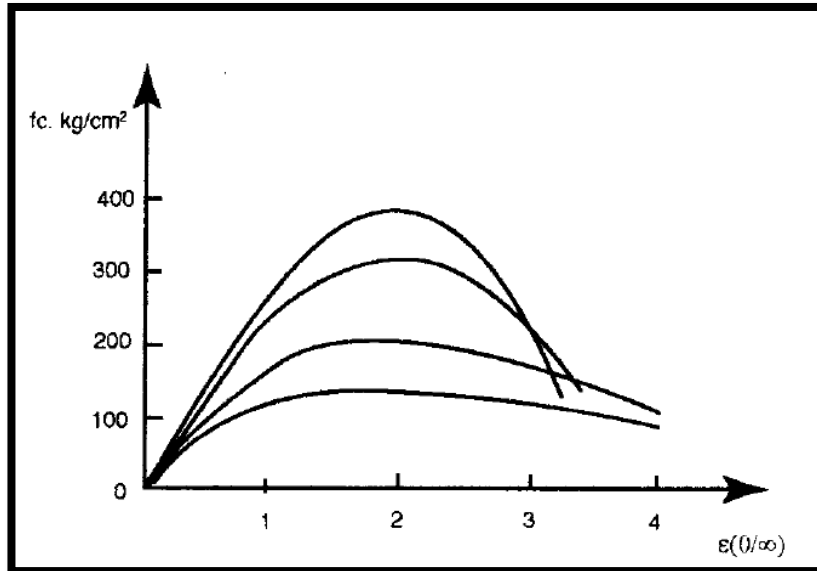


Figura 2.3. Gráfica esfuerzo-deformación de diferentes resistencias de concretos,

Fuente: Meli; 2008: 277.

Para que un concreto sea presforzado, debe estar trabajando con el acero, esto para evitar agrietamientos en los elementos de concretos, y así mezclarlos para que trabajen de una forma eficaz, ya que se ha mencionado que el concreto no resiste fuerzas a tensión y el acero no resiste fuerzas a compresión ya que se pandea, y haciendo esta mezcla no permite que se presenten este tipo de fenómenos, y que el concreto no se vea alterado por sus cambios volumétricos.

- Un material estructural también importante es la madera, este elemento tiene mucha capacidad de resiste fuerzas a tensión, al contrario de otros materiales, mas no obstante su capacidad de carga a compresión también es elevada (véase la figura 2.4), y al igual que la mampostería este material, se ha utilizado a lo largo del tiempo por ser renovable, y por sus propiedades

mecánicas, además de que es un material ligero, así mismo cabe destacar que la única desventaja que tiene es que al ser un material renovable, este se deteriora al paso del tiempo, más fácil que otros materiales, lo que se puede subsanar al darle un mantenimiento adecuado, también lo que lo pone en desventaja es su susceptibilidad al fuego, pero puede protegerse añadiéndole elementos que no sean combustibles, además de su limitada variabilidad en tamaños, puesto que estos varían dependiendo el diámetro de los troncos, aunque en la actualidad existen procedimientos y se crean elementos estructurales hechos a base de madera muy resistentes, amplios y bonitos, pero lo que es un hecho, es que las obras se deben construir con los materiales más viables y que estén cerca de la obra.

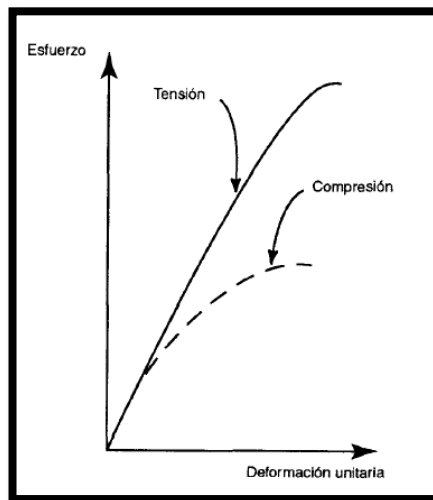


Figura 2.4. Gráfica esfuerzo-deformación para la madera,

Fuente: Meli; 2008: 278.

- De acuerdo con Meli (2008), el acero es un material estructural de los más usados y de los mejores, ya que por ser un elemento industrializado es más fácil agregar mejoras a los elementos conforme se vaya requiriendo, cabe destacar que el acero es un material con alto límite de fluencia, y su resistencia a la tensión y compresión casi es igual, así mismo es importante mencionar que cuanto más resistencia tiene un elemento de acero, reduce su ductilidad y también al aumentar su resistencia no varía el módulo de elasticidad, por lo que se vuelve más crítico los problemas de pandeo local en los elementos. Así mismo, en las estructuras comunes no excede de 2000 kg/cm², en pandeo se emplea 6000 kg/cm² cuando no hay problemas de pandeo, y para presfuerzo hasta de 20 000 kg/cm². Como se puede observar en la figura 2.5.

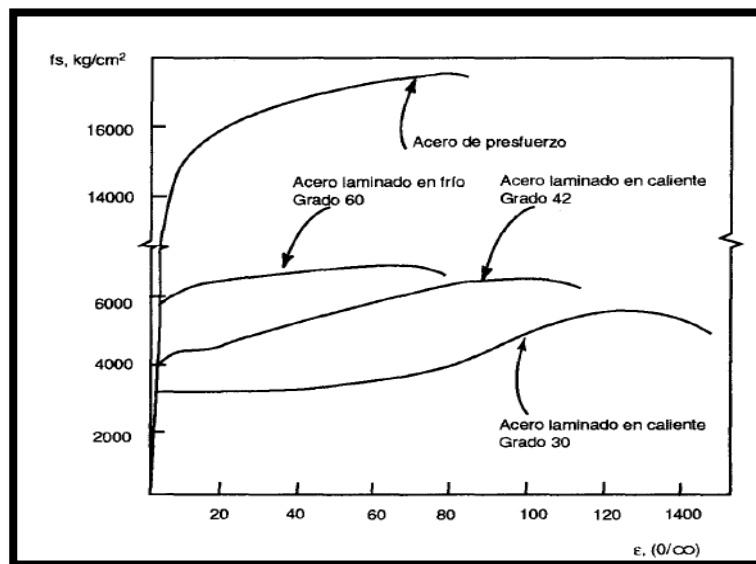


Figura 2.5. Gráfica esfuerzo-deformación en el acero.

Fuente: Meli; 2008: 280.

Al ser un material con alta fluencia, ocasiona que se supongan algunos comportamientos de las estructuras, y por ser altamente resistente a la tensión, trabaja muy bien en combinación con otros materiales, así mismo por ser de acero, tiene posibilidades de corroerse o erosionarse, lo que provoca que tenga ciertos cuidados en su mantenimiento sobre todo en condiciones ambientales severas.

De los mencionados anteriormente, pueden disponerse para la construcción, también existen otros materiales que pueden servir como elementos estructurales, pero que no son tan comunes por su resistencia mecánica, así como el costo en el que se encuentran, es por eso que se han modificado solo los materiales estructurales que conocemos, con el fin de proporcionar mejoras para posibles obras futuras.

2.6. Principales elementos estructurales.

De acuerdo con González Cuevas y Robles F. (2007), los elementos estructurales son aquellos que forman la parte firme y/o resistente de las construcciones y deben garantizar seguridad, estabilidad, y funcionalidad. Estos elementos soportan aquellas cargas o fenómenos en los que se encuentre sometida una estructura durante su vida útil. Los elementos estructurales más comunes y necesarios para una correcta edificación son:

- Las losas: estos elementos planos y esbeltos se caracterizan por su estructura rígida y se pueden observar en la división de niveles. Son las encargadas de resistir acciones y fuerzas como carga viva y carga

muerta, transmitiendo estos esfuerzos a los elementos que estén por debajo de esta y pueden trabajar en una o dos direcciones. Su correcta elaboración se basa en un estudio previo para poder determinar qué tipo de losa se requiere en cada proyecto, puesto que existen diferentes formas de aplicación como la losa encasetonada, maciza, losacero, multitecho entre otros.

- Las vigas: Son elementos largos y esbeltos, su dimensionamiento se basa en el estudio y diseño previo así mismo se consideran todas las acciones que puedan afectar dicho elemento y sirven para recortar claros demasiado grandes, recibir y transmitir cargas a los apoyos que la sujeten. Estas mismas se dividen también en vigas secundarias y pueden ser o no necesarias en una construcción.

Estos elementos son de suma importancia, puesto que conectan la estructura de una forma simétrica para la transmisión de fuerzas y ésta sea recibida de manera correcta en los demás elementos que conforman cualquier construcción.

- Las columnas: son apoyos en los que se descargan fuerzas que estén actuando sobre las vigas y/o losas. Estos elementos pueden estar en el primer nivel o en los niveles posteriores según sea el caso y las necesidades. Son los encargados de recibir las fuerzas que actúan sobre el eje horizontal y transmitirlo de forma vertical a los elementos en el que esté apoyado, pueden ser de forma circular, rectangular, cuadrada o de sección IPR en el caso del acero.

- Muros: estos elementos se les denomina muros de carga o muros divisorios, que como su nombre lo indica los muros divisorios no hacen otra función sobre la estructura más que dividir u organizar espacios; si en un futuro en la construcción se quisiera quitar un muro de estos, no sería riesgoso ni se alteraría el correcto funcionamiento de este, en cambio los muros de carga pueden resistir incluso las mismas fuerzas de vigas o columnas y modificar un elemento de estos si existirían alteraciones para la construcción.

Para poder diseñar un muro de carga es necesario basarse en un análisis científicamente reconocido.

Existen también los muros de contención que son los encargados de resistir fuerzas externas y contener empujes, ya sea de suelo, o líquidos, así mismo se pueden emplear desde la cimentación en un terreno que este desnivelado y pueda con este tipo de muro desplantar una estructura, así mismo se pueden observar en carreteras, presas, y en barrancas naturales.

- Cimentaciones: este componente es el encargado de recibir la suma de todas las fuerzas que actúan sobre la estructura y transmitir las de manera correcta hasta el subsuelo. Este miembro estructural debe garantizar seguridad y capacidad de carga de todas aquellas fuerzas que actúen sobre él. Existen diversos métodos para la elaboración de las cimentaciones así como la forma y material con la que se conforman.

Estos elementos independientemente del tipo de material que se emplee deben ser considerados, diseñados y calculados, deben realizar la función de estabilidad y seguridad sin rebasar ningún tipo de estado límite de servicio o de falla frente a las condiciones más desfavorables.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se habla de la localización del lugar de estudio, así como su entorno geográfico, hablando un poco de la climatología, sus principales ingresos económicos, entre otras cosas, así como un resumen fotográfico de la construcción a revisar.

3.1. Generalidades.

La construcción existente se encuentra habitada, es así, que las soluciones sugeridas no deben afectar la vida cotidiana de los habitantes, sin embargo conforme los resultados debe hacerse lo viable para no poner en riesgo la integridad de los ahí presentes o secundariamente de los vecinos inmediatos. Sin embargo los propietarios darán paso a las decisiones secundarias autorizándolo o no.

3.1.1. Objetivo.

Determinar la resistencia y las fuerzas a las que se encuentra sometida la casa-habitación para poder concluir si sus elementos son los adecuados o no.

3.1.2. Alcance del proyecto.

En el presente trabajo de investigación se da a conocer el análisis y diseño estructural de una casa habitación, comparando con la construcción actual, para verificar o corroborar si dicha construcción cuenta con los elementos necesarios para ser segura, de forma que se pueda comprobar si sus elementos y sistemas son los adecuados y viceversa en el caso donde no resulten suficientes.

3.2. Resumen ejecutivo.

En el presente trabajo fue necesario el plano estructural de la construcción existente, el cual fue proporcionado por el propietario de la construcción, recibiendo información adicional, como el proceso constructivo que se llevó. Todo esto con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en el análisis y diseño de la casa habitación, dicha información consta de datos de columnas, trabes, losas, muros y cimentación. Esta información fue la necesaria para poder comparar los resultados y así mismo dar las soluciones pertinentes. Además de apoyarse en el RCCDMX y las Normas Técnicas Complementarias, así como la utilización de softwares para la facilitación del análisis y diseño estructural.

Se visitó el sitio de estudio, para poder corroborar los planos con la realidad, así mismo se observó que la propiedad cuenta con algunos asentamientos diferenciales, grietas y cuarteaduras, a pesar de eso la construcción no ha sobrepasado el estado límite de falla.

3.3. Entorno geográfico.

A continuación se describirá el lugar donde se ubica la construcción, así como sus principales características, colindancias, sus principales recursos económicos, algunas características geológicas e hidrológicas.

3.3.1. Macro y Microlocalización.

El sitio se encuentra ubicado dentro del territorio nacional mexicano en el estado de Michoacán (Figura 3.1), colinda al norte con Jalisco, Guanajuato y Querétaro, al este con Querétaro, México y Guerrero, sur con Guerrero y el océano pacífico, y al oeste con el océano pacífico, Colima y Jalisco, según datos del INEGI (2017).



Figura 3.1. Mapa de México, estado de Michoacán (Macrolocalización),

Fuente: Google; 2018.

Además Michoacán cuenta con 113 municipios, la capital se encuentra en el municipio de Morelia; su clima es templado subhúmedo y cálido subhúmedo. Dentro de los municipios antes mencionados se encuentra Uruapan en el número 102, siendo este el lugar donde se encuentra el proyecto de estudio (Figura 3.2).

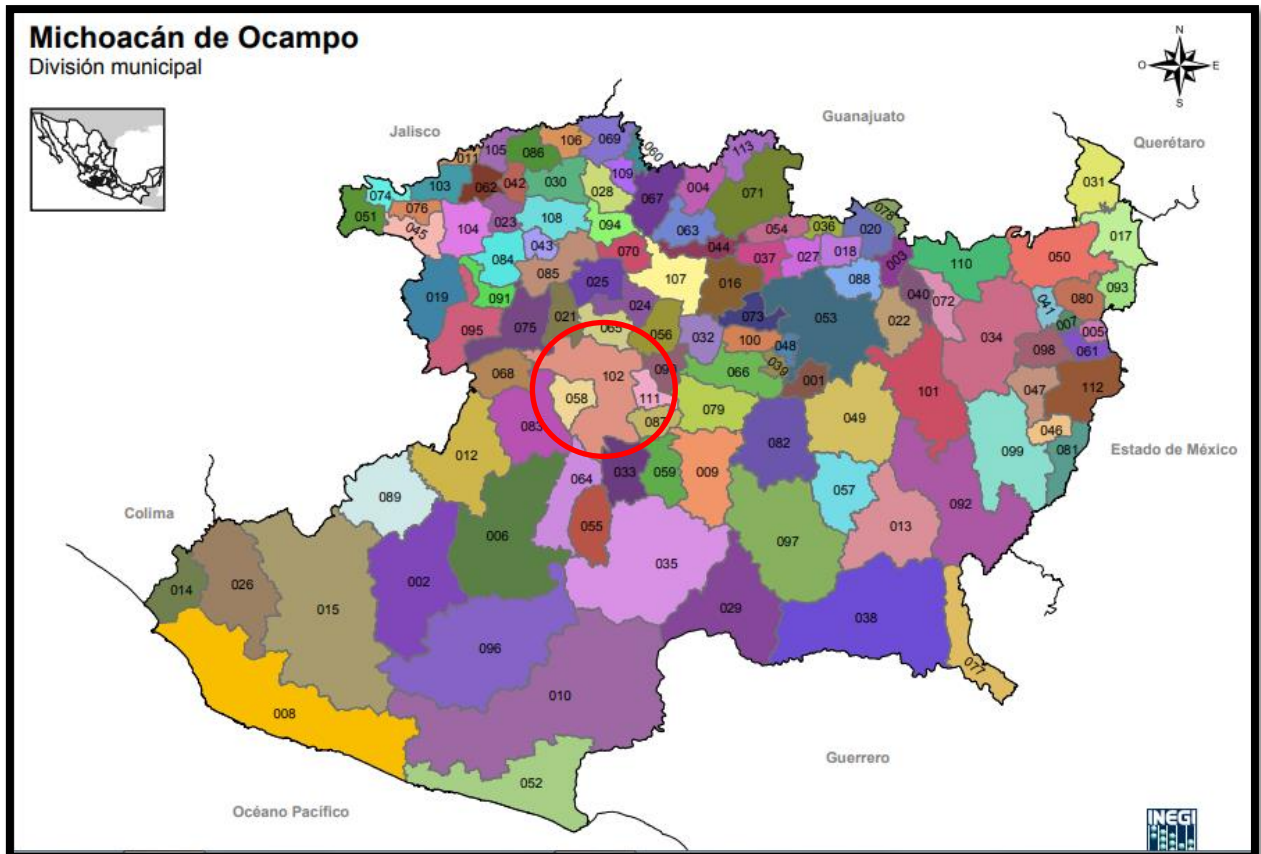


Figura 3.2. Estado de Michoacán (Macrolocalización),

Fuente: INEGI; 2016

La ciudad de Uruapan se encuentra ubicada al centro del estado, colinda con los distritos, Zamora, La Piedad y Pátzcuaro, se conforma de diez municipios como lo muestra la figura 3.3.

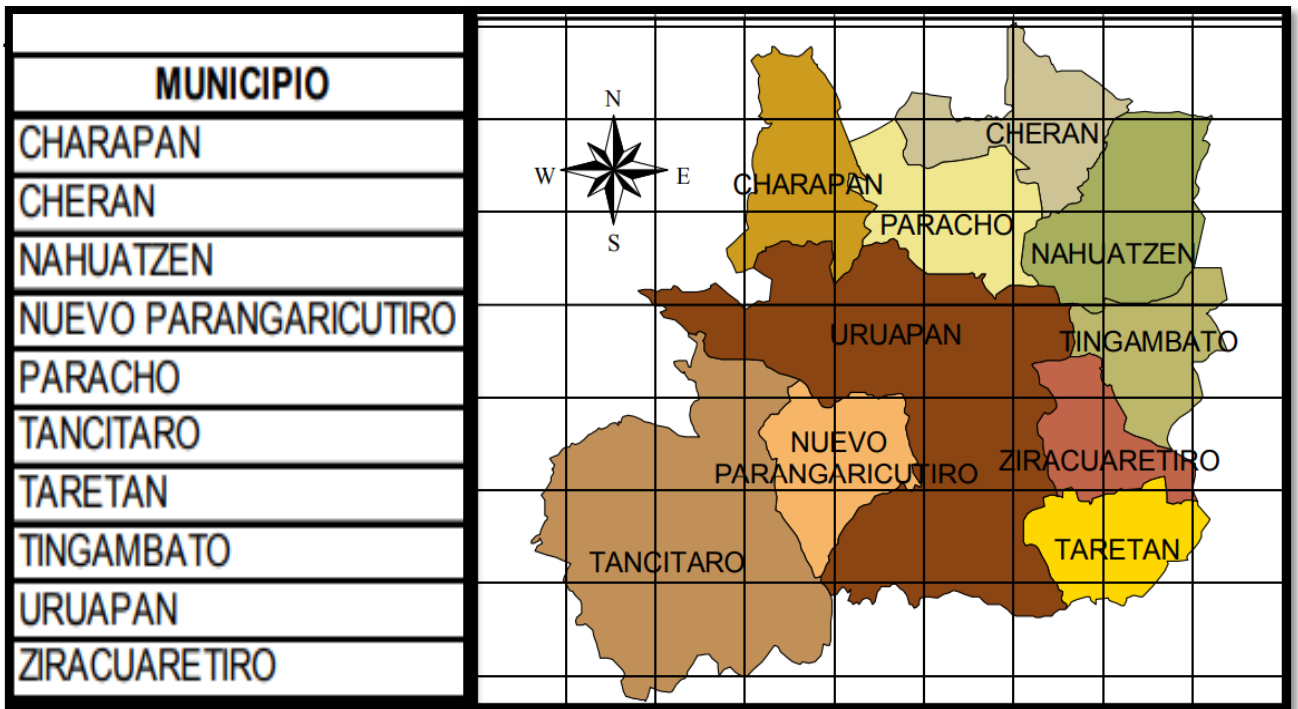


Figura 3.3. Uruapan municipio de Michoacán (Macrolocalización).

Fuente: INEGI; 2016

Uruapan cuenta con un clima cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano, además se puede observar que la mayor parte de su vegetación es de pino y encino, actualmente como actividad económica se ha hecho el cambio de uso de suelo para la siembra y comercio del aguacate principalmente, como lema “Uruapan la capital mundial del aguacate”.

La zona en la que se encuentra ubicado dicho proyecto, se localiza al suroeste de este municipio, en la colonia Zapatista, entre las calles Gabriel zapata y revolución de 1811 (figura 3.4) con No. 360 y C.P. 60157.

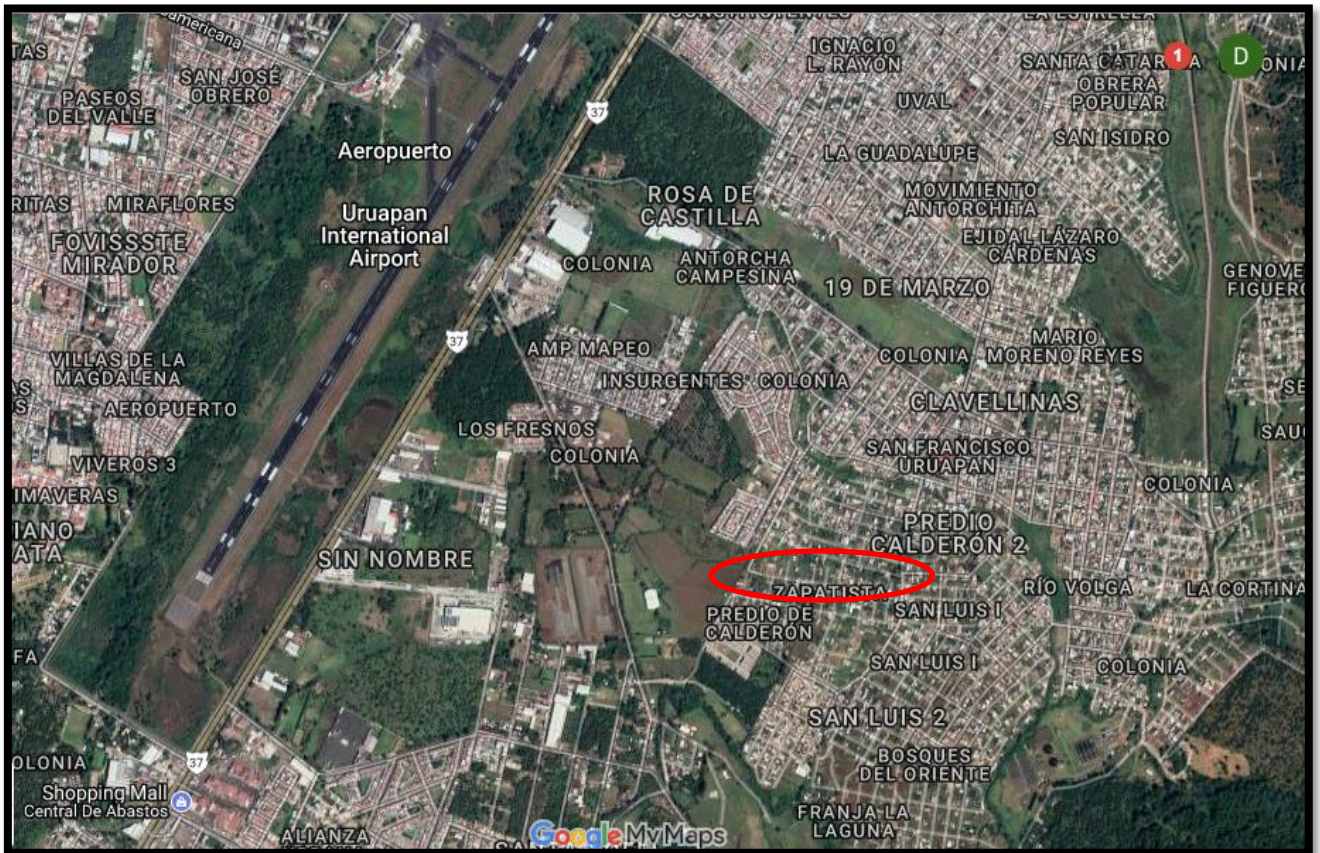


Figura 3.4. Ubicación de la colonia en el municipio de Uruapan Mich,
(microlocalización).

Fuente: Google Maps; 2018

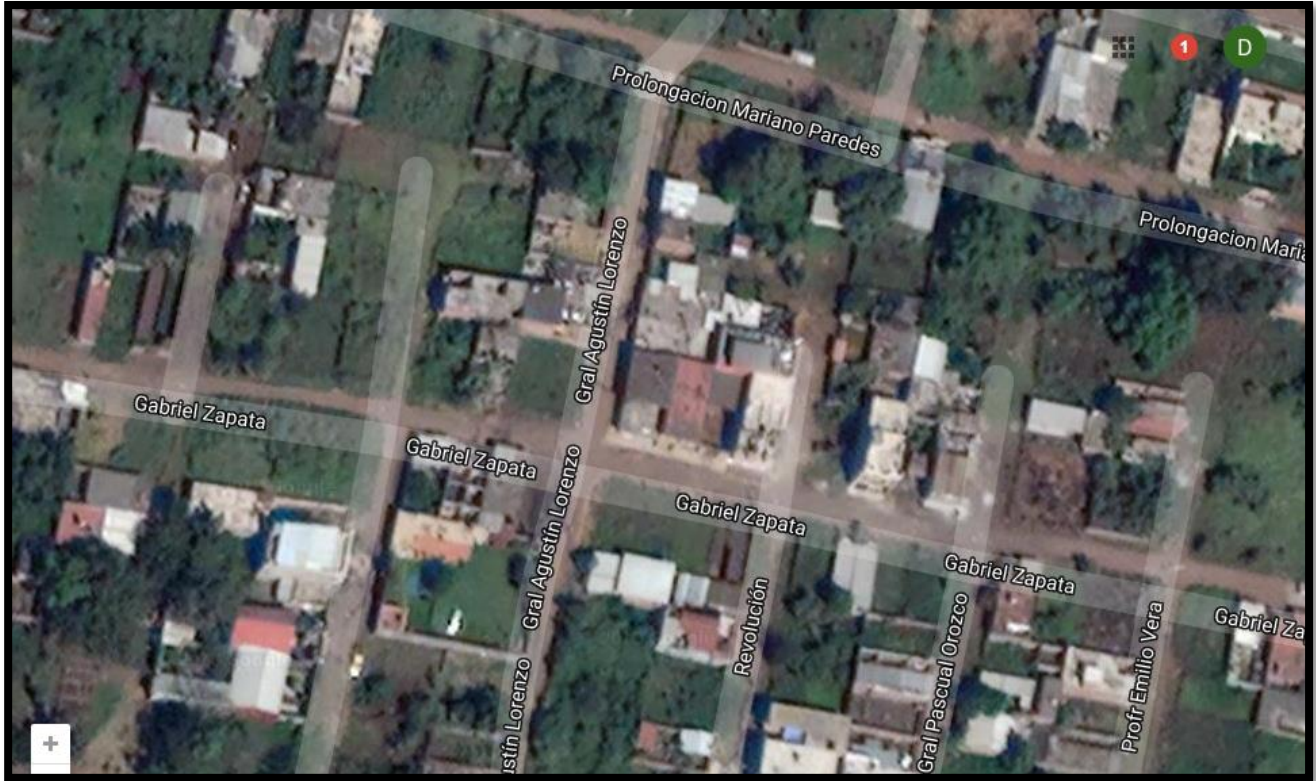


Figura 3.5. Ubicación de las calles del proyecto (Microlocalización).

Fuente: Google maps; 2018.

3.3.2. Geología regional y de la zona en estudio.

La geología que conforma a la región data de la era cenozoica y mesozoica, de las eras cuaternario, cuaternario-cretácico, jurásico y jurásico-terciario así como triásico, las principales rocas o suelo que lo conforma es ígnea expresiva, sedimentaria, ígnea expresiva e intrusiva y metamórfico.

Por su variedad de suelo, los cerros que conforman esta región, han formado bancos de materiales y minerales importantes como lo es relleno, caolín, agregados, cobre, plata, oro, entre otros.

Sus principales elevaciones son el pico de Tancitaro con 3825 m.s.n.m. seguido del Cerro Campanario, San Andrés, Cerro Patamban o Cerro grande, Cerro La Nieve y por último El Tecolote con 3358 m.s.n.m.

La mayoría del suelo de Uruapan es correspondiente a cenizas de diversos conos volcánicos del pleistoceno, ya que se encuentra dentro del eje volcánico, el más reciente es el volcán del Parícutin con 2500 m. sobre el nivel del mar.

De acuerdo con Teresa Reyna y colaboradores (1971), el suelo de Uruapan varea de algunas zonas a otras, presentando por ejemplo más del 1% de materia orgánica, roca basáltica, limo, arcilla y arena cerca de la comunidad de san Lorenzo, cerca de Angahuan la mayoría de suelo es ceniza volcánica con una capa alrededor de 100 cms. Y altos porcentajes de materia orgánica, así como limo y arcilla, cerca de Cheranguerán aún quedan restos de ceniza volcánica y a una profundidad de alrededor de 80 cms. puede observarse una capa de arcilla, dentro de Uruapan existe tierra charandosa, y cerca del cerro de Jicalan puede observarse que la tierra tiene un color rojizo claro que al tacto son untuosos, cerca de la colonia zapatista existe un suelo con porcentajes de materia orgánica y popularmente se le conoce como tepetate.

3.3.3. Hidrología regional y de la zona en estudio.

Michoacán cuenta con diversas corrientes y cuerpos de agua conformados principalmente por cinco ríos entre los cuales el río Balsas es el más importante de la región (Michoacán y Uruapan forman parte de esta cuenca), lagunas y cinco lagos, entre los más destacados se encuentran Pátzcuaro, Zirahuen y Cuitzeo. La precipitación media anual es de 800 mm según lo maneja INEGI (2017).



Figura 3.6. Cuenca del río balsas Michoacán.

Fuente: Google; 2018.

De acuerdo con www.Inafed.gob (2018), la hidrología de Uruapan se constituye por el río Cupatitzio (el más importante de la zona), la presa de Caltzontzin, Salto Escondido y la cascada conocida como La Tzaráracua, tiene una precipitación media anual de entre 1000 y 1200 mm.

3.3.4. Uso de suelo regional y de la zona en estudio.

Michoacán por tener un suelo altamente enriquecido en minerales ha hecho posible que la agricultura sea la clave para el comercio del estado, es así que el principal uso que se le da al suelo es con el cultivo de maíz blanco, ocupando el 75.45%, seguido de la siembra de aguacate teniendo un 13.06%, el limón con un 5.74%, pegado se encuentra el mango con un 3.75%, juntamente a este la guayaba con 1.42% y finalmente la fresa ocupando un 0.58% a nivel estado, además de lo agrícola y forestal según estadísticas de INEGI (2016).

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero de acuerdo con la www.Inafed.gob (2018).

3.4. Informe fotográfico.

A continuación se presenta un informe fotográfico de la casa-habitación en estudio, observándose el terreno y la construcción, además de observarse más detalladamente los asentamientos y grietas que la construcción presenta en la actualidad.

3.4.1. Problemática actual.

La casa no contaba con un análisis y diseño estructural previo, se construyó nivel sobre nivel y al paso del tiempo esta fue presentando algunas deformaciones en sus elementos. Lamentablemente existen más de un caso como este, donde las edificaciones autoconstruidas por personas que muchas veces no tienen los conocimientos suficientes, después presentan sus fallas y se debe modificar y arreglar algo que se puede prever con anterioridad, sin gastar más, ni arriesgar la seguridad de los habitantes.

3.4.2. Estado actual.

En la siguiente figura se observa la fachada de la casa habitación en estudio, donde se presentan los cambios físicos interiores que ha sufrido al paso del tiempo.



Figura 3.7. Fachada principal de la edificación.

Fuente: Propia (2018).

En la siguiente figura se observa un desnivel en el firme de concreto, con referencia al nivel de la puerta y la pequeña barda de la llave que está a un costado. Cuando la casa se comenzó a construir tenía un firme de concreto original, este se quitó para rellenar una fosa séptica, y el nuevo firme de concreto con malla electro soldada se hizo más abajo del nivel de la puerta, ya que si seguía su nivel original llegaba muy arriba y ya no era viable para la salida del agua. Lo que supone asentamiento diferencial en esta zona.



Figura 3.8. Asentamiento notorio cerca de la entrada principal de la construcción.

Fuente: Propia (2018).

En las siguientes figuras (fig. 3.9 y 3.10) se observa un asentamiento diferencial, lo que originó la fractura del concreto por penetración, lo cual indica que es una falla estructural.



Figura 3.9. Asentamiento Diferencial en una columna de la planta baja.

Fuente: Propia (2018).

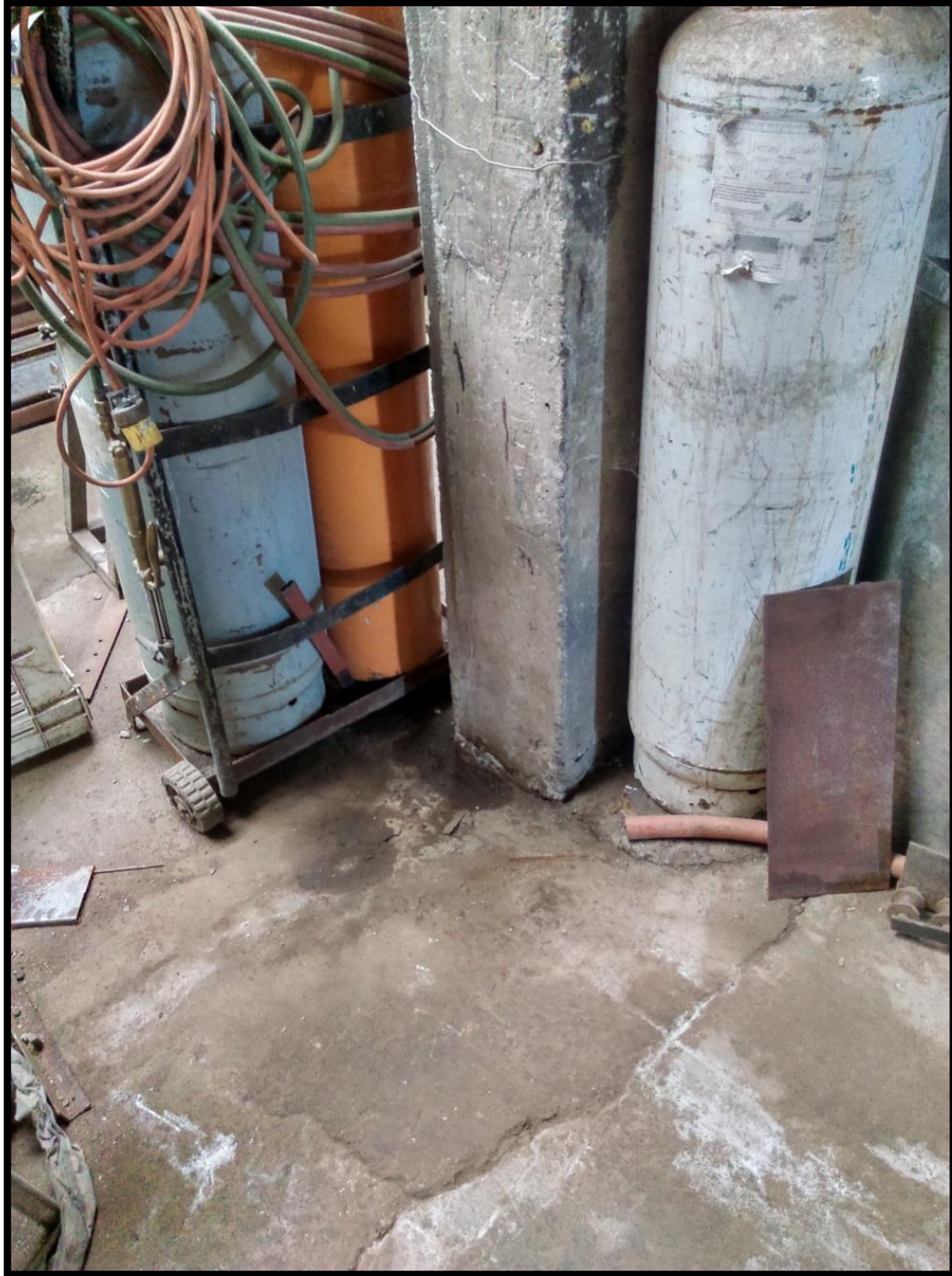


Figura 3.10. Asentamiento diferencial en columna central de la parte trasera de la casa-habitación.

Fuente: Propia (2018).

En la siguiente figura, se observan diferentes fracturas en el concreto, según la hipótesis se debe a los asentamientos producidos por el perímetro de la construcción, ocasionando con esto flotamiento en la parte central del concreto, esto lo ocasiona el empuje pasivo del suelo que se encuentra abajo de éste.



Figura 3.11. Agrietamiento en firme de concreto con malla electrosoldada en cochera y taller de balconeria.

Fuente: Propia (2018).

En la siguiente imagen se observa un agrietamiento a 45 grados en muro de carga, la fractura se originó por una carga cortante excesiva.



Figura 3.12. Agrietamiento en muro de segundo nivel en dirección de la fig. 3.9.

Fuente: Propia (2018).

3.5. Alternativas de solución.

Para elaborar este trabajo existen diferentes formas y métodos de hacer posible la investigación, ya sea por medio de diseños de modelo, esfuerzos de trabajo, plástico o resistencia última, análisis probabilístico y al límite.

3.5.1. Planteamiento de alternativas.

En la presente tesis se decidió revisar por el método de resistencia última, de este modo se hará la comparativa final, determinando si los elementos existentes que conforman la construcción sean los adecuados o no, apegándose desde luego al Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

3.6. Procesos de análisis.

Para revisar cada elemento de la estructura, como losas, trabes, columnas y muros, se utilizó una hoja del software Excel en la cual se incluyen formulas necesarias para analizarlo correctamente, además de revisarlo con el software de SAP, también los planos estructurales se elaboraron en formato dwg. Con el software de AutoCAD.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En este capítulo se abordarán los temas de la metodología de investigación a utilizar, que consta del método utilizado, enfoque y alcance que tendrá la investigación, el tipo de diseño que tendrá, así como los instrumentos que ayudaran a recopilar datos y una pequeña descripción del proceso investigativo.

4.1. Método empleado.

La presente tesis tiene un método científico en su investigación de acuerdo con Tamayo y Tamayo (1998), donde indica que una investigación es de orden científico cuando se compara la situación actual, con métodos comprobados previos, es así, que al momento de querer conocer sobre un tema nuevo es importante conocer sistemas anteriores (científicos), que puedan dar seguridad a la respuesta de la investigación.

Al ser una investigación científica, el objetivo es buscar nuevos aportes y conocimientos a las condiciones de vida. Las investigaciones son lentas en su desarrollo, ya que es necesario consultar diversas fuentes, y es indispensable planear cuidadosa mente el método de investigación, así como recoger, registrar y analizar cada dato obtenido, además de que, si se necesita un instrumento con el que no se cuente, debe crearse para poder llevar a cabo la investigación.

Así mismo, consta de tres diferentes tipos de investigación:

- 1) Histórica: habla de lo que fue, existió o se creó anteriormente, con datos de tiempos y experiencias pasadas.
- 2) Descriptiva: trabaja más que nada, con la realidad de la situación, desde el comienzo de la investigación, las partes que la componen, y el comportamiento que este va adquiriendo.
- 3) Experimental: son datos que no están comprobados, pero que se espera una respuesta ya sea, positiva o negativa con la investigación, para finalmente comprobar su hipótesis.

A pesar de que la investigación científica se divide en partes diferentes, resulta casi imposible trabajar solo con una determinada situación, ya que la mayoría de las investigaciones requieren historia, también ser descritas, además de que todo parte de una incertidumbre que origina la investigación.

4.1.1. Método matemático.

El método matemático es una forma organizada que cuenta con un sistema para poder estudiar el mundo en todas las circunstancias en las que se pueda encontrar, para llegar al conocimiento y comprensión de las cosas, fenómenos y procesos que lo conformen. Esquemáticamente se puede señalar que el método matemático funciona en forma de ciclo; una primera etapa, en la que dependiendo de los conocimientos que se dispone, se define y delimita el problema al que se

pretende dar respuesta, además de ofrecer una serie de propuestas o supuestas hipótesis. Tal método cuenta con simbología abstracta, la cual nos permite transmitir información más grande sobre un tema, pero que únicamente lo podemos expresar bajo variables y fórmulas matemáticas las cuales expresan algunos parámetros o circunstancias, de acuerdo con matematicalia.net (2007).

4.2. Enfoque de la investigación.

Para poder crear una investigación correcta es importante conocer cuál es el enfoque que se le va a dar a la búsqueda, así mismo poder identificarlas. Para fines prácticos es importante nombrar que la presente tesis es de orden cuantitativo, ya que:

“El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (Hernández y colaboradores; 2014:4)

Se ha determinado así, ya que este enfoque maneja sistemas de números lo cual es sumamente necesario para la investigación presente, por lo que requiere de datos históricos, es decir, teorías que puedan comprobar lo que se está haciendo, además de tener una secuencia en su contenido, no puede haber un paso atrás de otro, dicho de otra forma, hasta que no se haga tal calculo no se puede pasar a otro, puesto que todo va ligado, también por cuestión de que es un método científico y se utilizan teorías, además de delimitar, el contenido o extensión de la investigación.

No obstante las hipótesis que puedan existir, o lo que se supondría llegara a pasar. El procedimiento de esto, consta de métodos estandarizados y aceptados por una comunidad científica, y parte de números o cantidades, y se deben analizar mediante métodos estadísticos.

Además la investigación cuantitativa debe ser lo más objetiva posible, sin que intervenga los temores o miedos del investigador. Es a bien decir que los resultados sean precisos. Existen más contenido que distinguen este enfoque y por fines de entendimiento se ha mencionado las características más sobresalientes, de esta misma manera se determinó cual utilizar de acuerdo con Hernández y colaboradores (2014).

4.2.1. Alcance de la investigación.

De acuerdo con Hernández y colaboradores (2014), una investigación puede tener diferentes tipos de alcances metodológicos (exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo), por fines prácticos, solo se explicará el alcance de investigación de la presente tesis. Así, se puede determinar que ésta investigación es de orden descriptivo, ya que:

“El estudio descriptivo busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”. (Hernández y colaboradores; 2014:92)

Este alcance describe y habla sobre las características de las situaciones, contextos, fenómenos y sucesos a investigar, también busca destacar las propiedades perfiles y todo lo necesario para que pueda ser entendible y claro a lo largo de su desarrollo, de esta manera será más entendible su comportamiento ante la situación que origino la investigación, conociendo sus propiedades, dimensiones. En este alcance es necesario delimitar las acciones con las que se van a trabajar, como por ejemplo los tipos de estructuras, los elementos, materiales entre otras cosas.

4.3. Diseño de la investigación.

Como lo menciona Hernández y colaboradores (2014), un diseño de la investigación es básicamente, crear el plan para poder llevar a cabo algún proyecto, resolviendo las dudas originales, así mismo se tiene dos tipos de diseño:

- 1) Experimentales: aquellos que emplean nuevos métodos, estímulos o tratamientos novedosos.
- 2) No experimentales: toman datos a través del tiempo. El cual se divide en transeccionales o transversales y longitudinales o evolutivos.

La presente tesis se hizo a través del diseño de investigación No experimental, ya que, de acuerdo con Hernández y colaboradores (2014), una investigación de este tipo no altera las variables que la conforman, sino que, las mantiene iguales, puesto que es un fenómeno que ya ha pasado, sus componentes

son establecidas a lo largo del desarrollo del problema, pudiendo así identificar a que “categoría”, por llamarlo de algún modo, pertenecen.

Una investigación no experimental parte de “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos”. (Hernández y colaboradores; 2014:152)

Como se mencionó al principio del subtema el diseño no experimental parte de dos tipos de investigaciones. La tesis presente se hizo a base del diseño de investigación no experimenta y longitudinal. Esto es, que una investigación se vuelve de este orden, cuando el contenido de la información parte de la experiencia en la historia, tomando datos de la evolución del tema, considerando las modificaciones, o disminuciones que el tema en estudio tenga.

4.4. Instrumento de recopilación de datos.

Para poder trabajar con los datos obtenidos fue necesario auxiliarse de cuatro programas inteligentes, como lo es el AutoCAD, el SAP, Microsoft Excel y Microsoft Word, estos sistemas en conjunto lograron que el proceso de la tesis presente fuese fácil, rápido y sencillo.

“AutoCAD es un software del tipo CAD (Computer Aided Design) que significa diseño asistido por computadora Su uso es habitualmente para el desarrollo y la elaboración de complejas piezas de dibujo técnico en dos dimensiones (2D) y para la creación de modelos tridimensionales (3D) Parte del programa AutoCAD está

orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas”. (www.softwaredoit.es; 2018)

“SAP es un programa comercial de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF). El origen de su nombre viene de sus siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural). Es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras”. (www.eadic.com; 2018)

“Word, o Microsoft Word, es la denominación de un procesador de texto: es decir, de un software que permite al usuario la creación y edición de documentos de texto en un ordenador o computadora”. (www.definicion.mx; 2018)

“Excel Microsoft es un programa informático desarrollado, se distingue de los demás programas porque nos permite trabajar con datos numéricos, es decir, podemos realizar cálculos, crear tablas o gráficos y también podemos analizar los datos con herramientas tan avanzadas como las tablas dinámicas”. (www.exceltotal.com; 2018)

4.5. Descripción del proceso de investigación.

Al elegir el nombre que lleva la tesis presente, fue porque existían ciertas incertidumbres sobre la construcción ya existente, se observó además que los muros presentaban ciertos agrietamientos aproximadamente con 3mm. De separación, lo que hizo suponer que tal vez, ocurriera algo con los elementos que la conforman, también se distinguió asentamientos a lo largo de la construcción, pero lo que ocasionó más este miedo, fue al observar que esos asentamientos solo estaban en ciertos puntos, específicamente se notó en dos columnas de la planta baja y en un pilar de la fachada. Así mismo, hacía varios años atrás existía una losa de concreto que formaba el piso de la planta baja, está la habían cambiado por grandes agrietamientos que partían del centro hacia las esquinas, al colocar el piso nuevo estas grietas volvieron a aparecer pero ahora un poco menos graves, fue por eso que se decidió analizar cada uno de sus elementos así como su cimentación, para poder determinar si de alguna forma fueran permisibles estos fenómenos, o se tenía que hacer algo al respecto.

Posteriormente se decidió hablar de dos apartados que conforman la revisión de esta casa estructural, como lo es el análisis y diseño estructural, para poder partir de lo dicho a hacer el cálculo, demostrando que lo que se hizo, se logró a través de métodos ya estandarizados, conociendo los tipos de carga que existen, las acciones, los elementos, las formulas empleadas entre otras cosas.

Al poder aclarar lo anteriormente descrito, fue necesaria la aplicación de lo dicho en el capítulo 1 (Análisis estructural) y 2 (Diseño estructural), utilizando esa

investigación para la hoja de cálculo donde arrojó los resultados de cada elemento, así como las afectaciones que estos presentaban.

Es a bien decir que mediante esas aplicaciones se diseñó nuevamente los elementos, con las cargas que existen y actúan sobre la estructura, comparándolos con los elementos existentes, determinando así, cual es suficiente y cual no lo es, en donde agregar refuerzos y en donde es necesario quitar peso, para no afectar o agotar la capacidad de carga de la cimentación, para que al paso del tiempo no presente futuros asentamientos que puedan agotar el estado límite de servicio y convertirse en estado límite de falla de manera que agoten la capacidad de carga.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

A continuación se muestran los procedimientos, así como el cálculo que se necesitó para poder llegar al objetivo que es la revisión de los elementos estructurales que conforman la casa habitación, como son las losas, las trabes, columnas, muros y cimentación.

5.1. Análisis estructural.

La casa habitación cuenta con dos niveles, el primer nivel sirve como cochera por las noches y taller mecánico durante el día, con un firme de concreto armado de 10 cm. de espesor con malla electrosoldada hasta la mitad del terreno, además cuenta con una oficina y medio baño, los muros son de tabique rojo recosido de 15 cm. de espesor sin aplanar. A continuación, se presenta el plano de la planta baja en la figura 5.1.

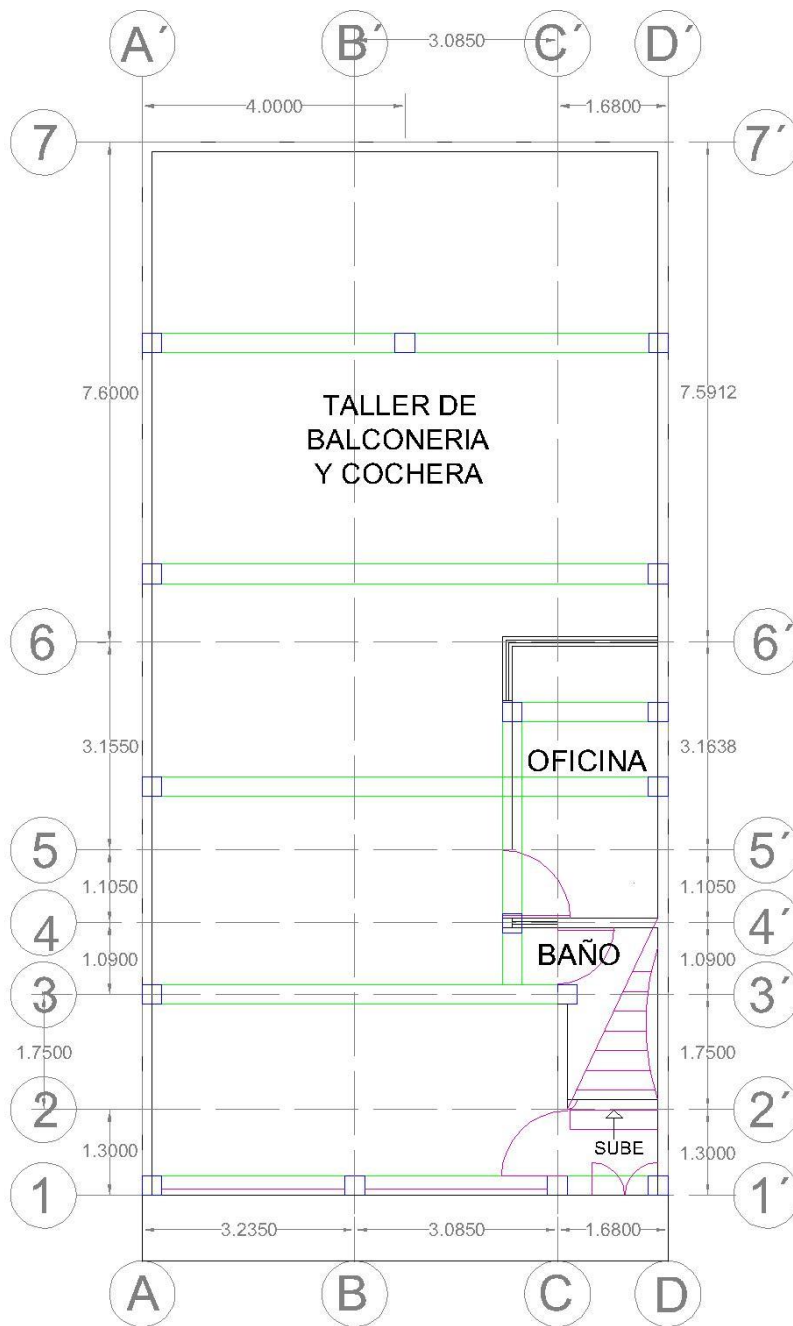


Figura 5.1. Distribución en planta baja (acotaciones en metros).

Fuente: Propia.

La segunda planta cuenta con una escalera de concreto armado, que parte del primer nivel hacia el segundo nivel, tres habitaciones, un área de cocina, un comedor, una sala y dos baños completos, todo lo anterior hecho a base de tabique rojo recocido y cemento, además de tener una escalera más hecha de metal, la cual conecta hacia la azotea, como se muestra en la figura 5.2.

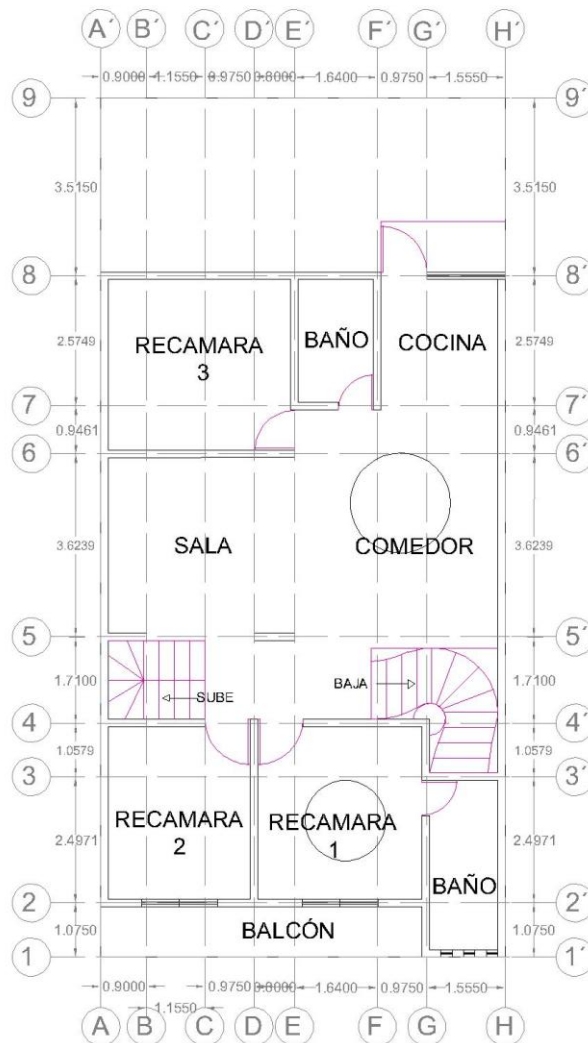


Figura 5.2. Distribución en Planta alta (acotaciones en metros).

Fuente: Propia.

En la parte de la azotea se cuenta con un cubo de 2.7 m. de altura y su superficie se encuentra cubierta con cristal templado de 8 mm. El cubo de luz se encuentra en dirección de la escalera que conecta al segundo nivel con la azotea, a un costado de éste se encuentra un espacio que forma el área de lavado, seguido por una terraza la cual en ocasiones se utiliza como punto de reunión. Se puede observar más claro en la figura 5.3.

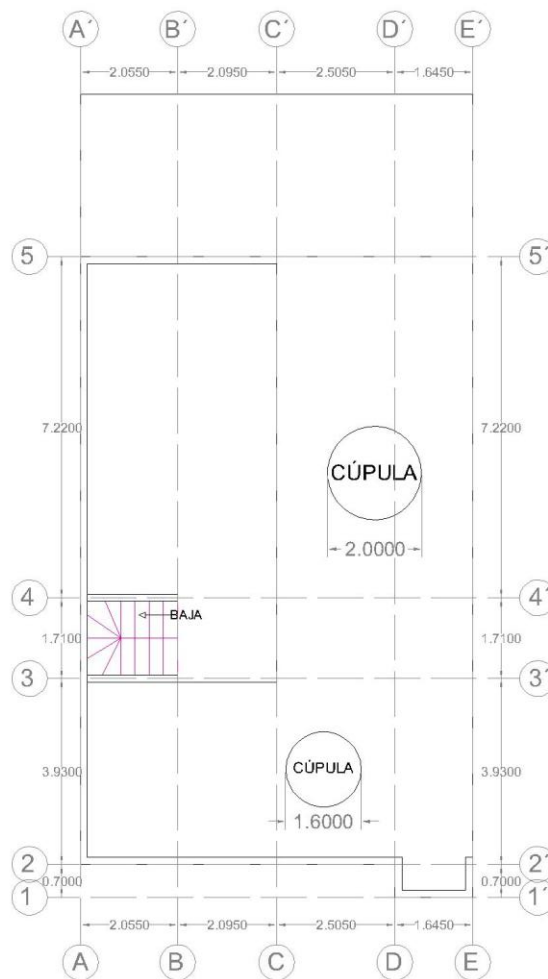


Figura 5.3. Distribución en Azotea (acotaciones en metros).

Fuente: Propia.

Para poder elaborar un análisis estructural es necesario conocer las fuerzas que se ejercen sobre los elementos estructurales, para ello se incluye la carga muerta que viene siendo el peso propio de la estructura más la carga viva que es aquel peso variable dentro del tiempo.

Se comenzó con el análisis de la losa de azotea, se pudo determinar que es una losa maciza de concreto armado de 15 cm. de espesor, la cual descansa sobre muros de carga. Y sobre ésta se transmiten las siguientes cargas con sus respectivos pesos:

Calentador solar capacidad de 180 Lts..		
Peso del agua	180	Kg
Peso propio	105	Kg
Peso total del calentador	285	Kg

Tinaco Rotoplas capacidad de 1100 Lts.		
Peso del agua	1100	Kg
Peso propio	50	Kg
peso de la base	70	Kg
Peso total del calentador	1220.00	Kg

A continuación se presenta un análisis de carga para la losa maciza de azotea, incluyendo la carga viva + la carga muerta, todo lo anterior en 1 m2.

Análisis de carga de losa maciza de 15 cm.		
Piso de cerámica	16	kg/m2
Pegapiso (1m x 1m x 0.015m x 17000 kg/m3).	25.5	kg/m2
Peso de la losa (1m x 1m x 0.15m x 2400 kg/m3)	360	kg/m2
Falso plafond interior (1m x 1m x 0.02m x 2100 kg/m3)	42	kg/m2
peso total de carga muerta	443.50	kg/m2

Se incluyó una carga viva equivalente al uso que se le da a la parte de la azotea y considerando que este se utilice también como punto de reunión, se propuso una carga viva media de **250 kg/m²** de acuerdo al Reglamento de Construcción de México (RCMX).

Con lo anterior la carga total a considerar de la losa de azotea es de:

Carga total = 693 kg/m²

Posteriormente se muestra la tabla con el análisis de carga que corresponde a la losa maciza de entre piso incluyendo la carga viva que marca el Reglamento (RCMX) para una casa habitación.

Análisis de carga de losa maciza de entrepiso		
Piso de cerámica	16	kg/m ²
Pegapiso (1m x 1m x 0.015m x 17000 kg/m ³).	25.5	kg/m ²
Peso de la losa (1m x 1m x 0.15m x 2400 kg/m ³)	360	kg/m ²
Falso plafond interior (1m x 1m x 0.02m x 2100 kg/m ³)	42	kg/m ²
peso total de carga muerta	443.50	kg/m ²
peso total de carga viva	170	kg/m ²
Carga total	613.50	kg/m²

A continuación se presenta una distribución de tableros, los cuales son separados donde comienza y termina un muro, esto con la finalidad de poder revisar adecuadamente la losa, y determinar cuál espacio es el más desfavorable y así mismo trabajar con ese tablero en particular.

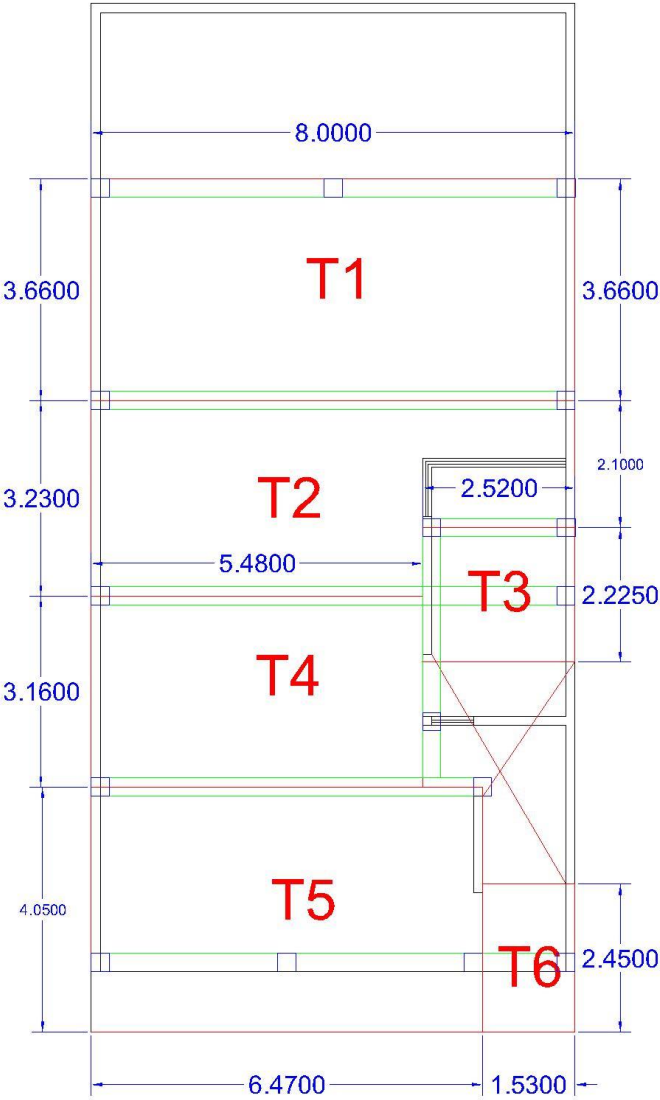


Figura 5.4. Distribución de tableros en planta baja (acotaciones en metros).

Fuente: Propia.

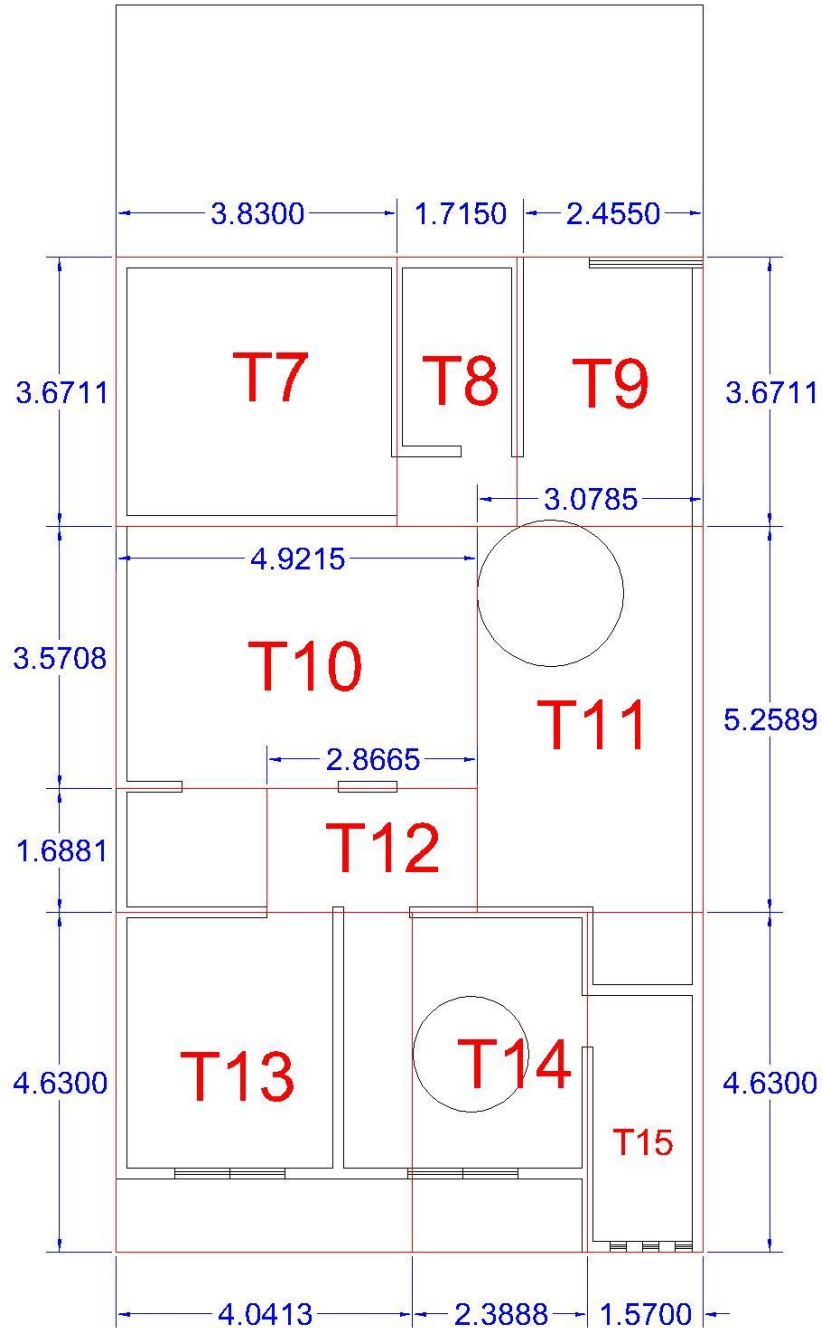


Figura 5.5. Distribución de tableros en planta alta (acotaciones en metros).

Fuente: Propia.

Para poder determinar la cantidad de losa que va estar cargando cierto elemento, ya sea viga o muro es necesario hacer la repartición de áreas tributarias, las cuales parten en línea diagonal de 45° y 135° según sea el lado donde se requieran. A continuación se muestra como quedo distribuida cada área y un resumen de éstas mismas.

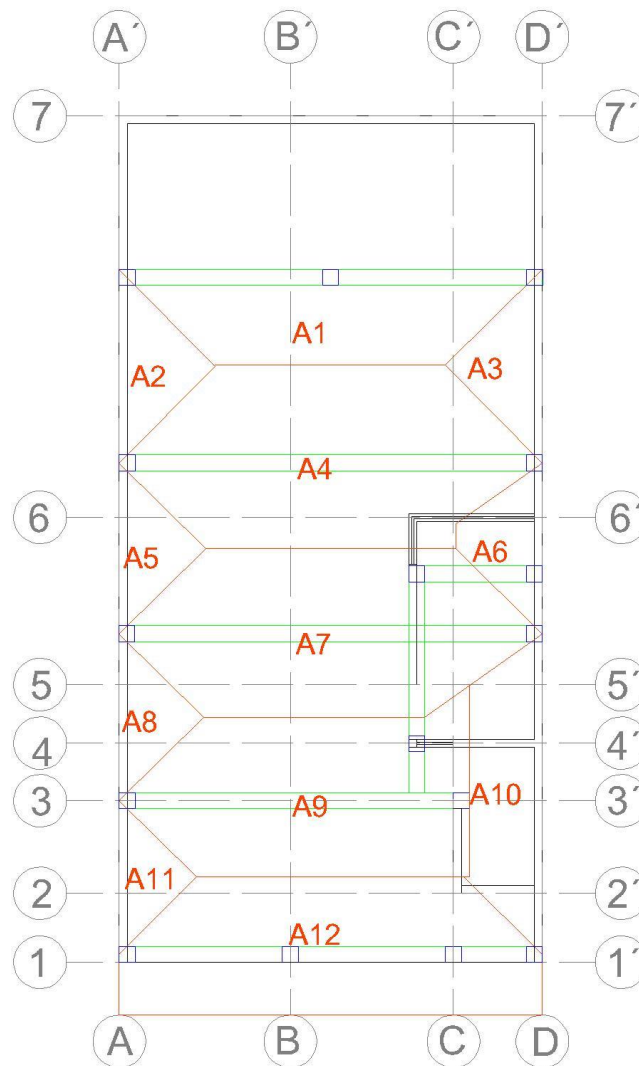


Figura 5.6. Distribución áreas tributarias en primer planta.

Fuente: Propia.

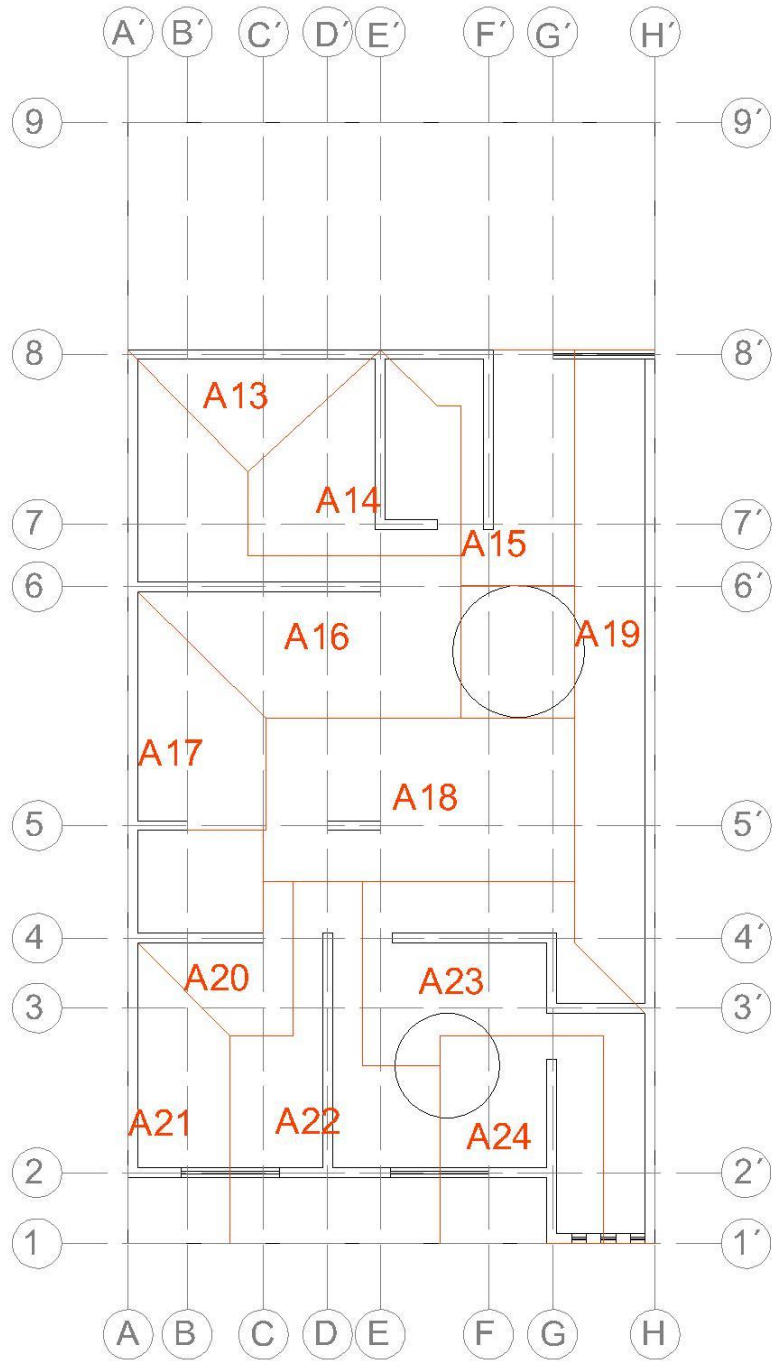


Figura 5.7. Distribución áreas tributarias en segunda planta.

Fuente: Propia.

Finalmente se obtuvieron los análisis de cargas que son transmitidos a trabes, columnas y muros de carga, incluyendo la carga muerta y la carga viva que intervienen dentro de los elementos estructurales.

5.2. Revisión de losas.

Los elementos estructurales como son las losas, deben cumplir ciertos criterios que marcan los reglamentos, para eso es importante conocer los diferentes perímetros que conforman los tableros, para determinar cuál es más crítico, es decir cual tiene el perímetro mayor y en base a ese calcular el espesor de y la altura total que deba tener la losa. A continuación se muestra una tabla, mostrando los perímetros de cada tablero y señalando los más desfavorables.

PERIMETROS		
TABLERO	SUMA DE LOS LADOS	TOTAL EN CM
Planta baja		
1	$8+1.25(8+3.66+3.66)$	2715
2	$1.25(3.23+2.1)+5.48+8+2.52$	2266.25
3	$1.25(2.225+2.52)+2.225+2.52$	1067.625
4	$1.25(3.16+3.16)+5.48+5.48$	1886
5	$1.25(4.05+1.6+6.47)+2.45+6.47$	2407
6	$1.25(1.53+2.45+1.53)+2.45$	933.75
Planta alta		
7	$1.25(3.83+3.6711)+3.83+3.6711$	1687.7475
8	$1.25(1.7150)+3.6711+1.7150+3.6711$	1120.095
9	$1.25(2.4550+3.6711)+2.4550+3.6711$	1378.3725
10	$1.25(3.5708)+4.9215+2.8665$	1225.15
11	$3.0785+5.2589+1.25(3.0785+5.2589)$	1875.915
12	$1.25(1.6881)+2.865+1.6881+2.8665$	952.9725
13	$1.25(4.63+4.0413)+4.63+4.0413$	1951.0425
14	$2.3888+4.63+4.63+1.25(2.3888)$	1463.48
15	$1.57+4.63+4.63+1.25(1.57)$	1279.25

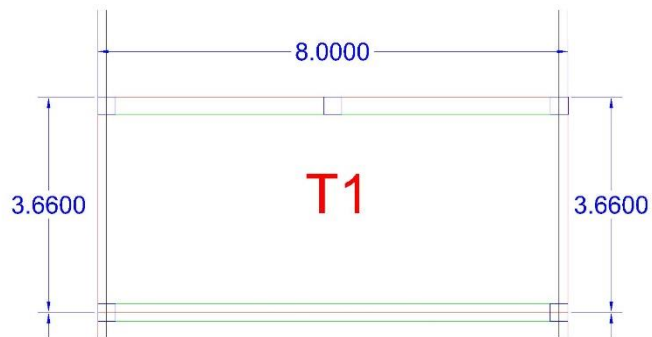
Tabla 5.2. Perímetros de tableros.

Fuente: Propia.

Con lo anterior se puede determinar que el tablero 2 de la losa de entpiso y el 16 de la losa de azotea, son los tableros que rigen para poder determinar la altura final. El reglamento dice que para que pueda ser una losa maciza su altura "H" no debe ser mayor a 15 cm. A continuación se presenta un cálculo, determinando las alturas correctas de las losas macizas existentes.

ANÁLISIS TABLERO 1

Datos iniciales		
m=	0.46	
a1=	3.66	m.
a2=	8	m.
f'c=	250	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²



Análisis de carga de losa maciza de entpiso		
Piso de cerámica	16	kg/m ²
Pegapiso (1m x 1m x 0.015m x 17000 kg/m ³).	25.5	kg/m ²
Peso de la losa (1m x 1m x 0.15m x 2400 kg/m ³)	360	kg/m ²
falso plafón interior (1m x 1m x 0.02m x 2100 kg/m ³)	42	kg/m ²
peso total de carga muerta	443.50	kg/m ²
peso total de carga viva	170	kg/m ²
TOTAL "ws"	613.50	kg/m ³

➤ perímetro: $8 + 1.25(8 + 3.66 + 3.66) = 2,715$ cm

- Obteniendo el esfuerzo de acero en condiciones de servicio, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$F_s = 0.6 * F_y > 200 \text{ kg/cm}^2$$

Haciendo la sustitución:

$$F_s = 0.6 * 4200 = 2520 > 200 \text{ kg/cm}^2 \therefore \text{es correcto}$$

- Con la siguiente ecuación se obtiene el factor para el peralte efectivo mínimo:

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

$$F = 0.032 \sqrt[4]{2520 * 613.5} = 1.13$$

- Peralte de la losa: $d_{\min} = f_s \frac{\text{perímetro crítico}}{f'c}$

$$d_{\min} = 1.13 \frac{2715}{250}$$

dmín=	12.27	cm.
-------	-------	-----

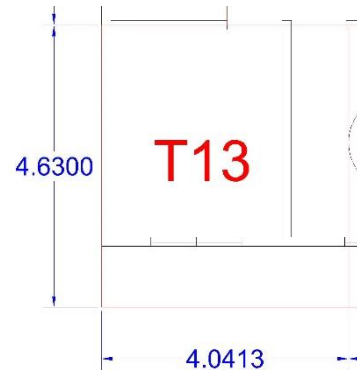
- Altura total de la losa:

$$H = d + \frac{\text{área de var.}}{2} + 1.5 = 14.245 \text{ cm.}$$

por lo tanto cumple con los requisitos de ser losa maciza y se acepta comparando con la losa de entrepiso existente de 15 cm.

ANÁLISIS TABLERO 13

Datos iniciales		
m=	0.8725	
a1=	4.04	m.
a2=	4.63	m.
f'c=	250	kg/cm2
fy=	4200	kg/cm2



Análisis de carga de losa maciza de 15 cm. en azotea		
Piso de cerámica	16	kg/m2
Pegapiso (1m x 1m x 0.015m x 17000 kg/m3).	25.5	kg/m2
Peso de la losa (1m x 1m x 0.15m x 2400 kg/m3)	360	kg/m2
falso plafón interior (1m x 1m x 0.02m x 2100 kg/m3)	42	kg/m2
peso total de carga muerta	443.50	kg/m2
peso total de carga viva	250	kg/m2
TOTAL	693.50	kg/m3

- Perímetro: $1.25(4.63+4.041) + 4.0413+4.0413= 1,951.0425$ cm

- Para obtener el esfuerzo de acero en condiciones de servicio, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$F_s = 0.6 * F_y > 200 \text{ kg/cm}^2$$

Haciendo la sustitución:

$$F_s = 0.6 * 4200 = 2520 > 200 \text{ kg/cm}^2 \therefore \text{es correcto}$$

- Con la siguiente ecuación se obtiene el factor para el peralte efectivo mínimo:

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

$$F = 0.032 \sqrt[4]{2520 * 693.50} = 1.16$$

➤ Peralte de la losa:

$$d_{min} = fs \frac{\text{périmetro crítico}}{f'c}$$

$$d_{min} = 1.16 \frac{1951.04}{250}$$

dmín=	9.0528	cm.
-------	--------	-----

➤ Altura total de la losa:

$$H = d + \frac{\text{área de var.}}{2} + 1.5 = 11.0278 \text{ cm.}$$

Por lo tanto cumple con los requisitos de ser losa maciza y se acepta comparando con la losa de azotea existente de 15 cm.

A continuación se presenta el cálculo de las losas que conforman la casa habitación, separando en una tabla, tablero por tablero, como se mostró en los planos anteriores. En la tabla 5.3. se tienen los datos del primer tablero, y conforme se avance en el texto los significados de la tabla.

TABLERO 1													
bordes continuos un lado largo discontinuo		Momento	Claro	Coefficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	613.5	Neg. en borde cont.	Corto	970	0.7972	1.1	1.116	9.2234	0.002518	0.003	3.43	20.73	20
m	0.46		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a1	3.66	Neg. en borde discount.	corto	370	0.3041	0.4	0.4257	3.5182	0.000942	0.003	3.43	20.73	20
a2	8		largo	220	0.1808	0.3	0.2531	2.09191	0.000557	0.003	3.43	20.73	20
d	13	Positivo	Corto	730	0.5999	0.8	0.8399	6.94132	0.001880	0.003	3.43	20.73	20
d-2	11		largo	430	0.3534	0.5	0.4947	4.08872	0.001097	0.003	3.43	20.73	20

Tabla 5.3. Cálculo del primer tablero, (P.B)

Fuente: Propia.

Para elegir que tipo de tablero es cada uno de los que conforman la losa, fue necesario acudir al RCCDMX, donde indica con una tabla si el tablero pertenece a la categoría de esquina, de borde, de centro, aislado, etc. así mismo se identifica cual corresponde con los que se tienen en el proyecto a ejecutar.

Continuando con la tabla proporcionada por el reglamento, presenta diversos números de coeficientes, los cuales se rigen por los valores de "m" la cual es una relación de aspecto y se obtiene de la siguiente manera:

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

$$m = \frac{3.66m}{8m} = 0.46$$

Donde:

a1= Lado corto del tablero

a2= Lado largo del tablero

Con la fórmula anterior se ubicó la relación de aspecto, la cual podía que coincidiera con los datos de la tabla 3.3.1 de las NTC-2017 del RCCDMX, cuando esto no ocurría, fue necesario hacer una interpolación en los dos valores correspondientes mediante interpolación.

Continuando con la tabla 5.3, viene un apartado denominado momento de servicio M servicio el cual se obtiene de la siguiente manera:

$$M \text{ servicio} = \text{Coeficiente} * w * a1^2$$

Donde:

W = peso de la losa del análisis de cargas

$a1$ = lado corto del tablero

$$M \text{ servicio} = 970 \times 10^{-4} * 0.6135 \text{ kg} * 3.66^2 \text{ m} = 0.7972 \text{ t/m}$$

Para determinar el momento último (MU), el cual multiplica el momento de servicio por un factor de carga igual a 1.4, este último depende de la importancia de la construcción.

$$MU = Fc * M \text{ servicio}$$

$$MU = 1.4 * 0.7972 = 1.1 \text{ t/m}$$

En momento ajustado se distribuyeron 2/3 de la parte del momento del tablero que estaba pegado con el tablero inmediato, y así sucesivamente.

$$\frac{MU}{bd^2} = \frac{1.1 \times 10^5}{100 * 13^2} = 9.223$$

Para obtener la columna nueve el porcentaje de acero necesario se obtiene de la siguiente manera:

$$e = \frac{f''c}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{FRbd^2 f''c}} \right]$$

Donde:

$FR= 0.9$ para Flexión

$$e = \frac{170}{4200} \left[1 - \sqrt{\frac{2 * 9.2234}{0.9 * 170}} \right] = 0.002518$$

Para calcular la columna diez de la tabla 5.3. donde se obtiene el porcentaje de acero mínimo, se utilizó la siguiente fórmula:

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

$$e_{min} = \frac{0.7 * \sqrt{170}}{4200} = 0.003$$

La cual se tomó en cuenta para comparar el porcentaje de acero necesario con el mínimo, si el necesario salía menor que el mínimo, entonces se utilizaba el mínimo y viceversa.

Posteriormente se determinó el porcentaje de acero requerido para poder determinar si la losa contaba con el acero suficiente.

El área de acero se obtuvo de la siguiente manera:

$$A_s = ebd$$

$$A_s = 0.003 * 100cm * 13cm = 3.43 cm^2$$

De esta manera se determinaron los cm^2 , para finalmente obtener la separación entre los armados con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{100 a_o}{A_s}$$

Donde:

a_o = área de acero de la varilla = $0.71 cm^2$.

$$S = \frac{100 * 0.71 cm^2}{3.43 cm^2} = 20.73 cm.$$

De la misma manera se calcularon los demás tableros, obedeciendo a la tabla 3.3.6. de las NTC-2017 las cuales ofrecen valores distintos dependiendo del lado de cada tablero, (lado corto, lado largo, etc.).

A continuación, se presenta un resumen de los tableros de la casa habitación.

TABLERO 2													
De borde. Un lado corto discontinuo.		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	613.5	Neg. en borde cont.	Corto	654	0.4186	0.6	0.586	4.84328	0.001302	0.003	3.43	20.73	20
m	0.4		largo	430.4	0.2755	0.4	0.3689	3.04874	0.000815	0.003	3.43	20.73	20
a1	3.23	Neg. en borde discount.	corto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a2	8		largo	271.6	0.1738	0.2	0.2434	2.01137	0.000536	0.003	3.43	20.73	20
d	13	Positivo	Corto	389.2	0.2491	0.3	0.3488	2.88227	0.000770	0.003	3.43	20.73	20
d-2	11		largo	149.4	0.0956	0.1	0.1339	1.1064	0.000294	0.003	3.43	20.73	20
TABLERO 3													
De borde. Un lado corto discontinuo.		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	613.5	Neg. en borde cont.	Corto	357	0.1084	0.2	0.221	1.8262	0.000486	0.003	3.4	20.7	20
m	0.9		largo	326	0.0990	0.1	0.246	2.03189	0.000541	0.003	3.4	20.7	20
a1	2.225	Neg. en borde discount.	corto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a2	2.5		largo	206	0.0626	0.1	0.088	0.72391	0.000192	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	167	0.0507	0.1	0.071	0.58686	0.000156	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	129	0.0392	0.1	0.055	0.45332	0.000120	0.003	3.4	20.7	20
TABLERO 4													
De borde. Un lado corto discontinuo.		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	613.5	Neg. en borde cont.	Corto	506	0.31	0.4	0.5294	4.37545	0.001175	0.003	3.43	20.73	20
m	0.6		largo	391	0.2395	0.3	0.5359	4.42864	0.001189	0.003	3.43	20.73	20
a1	3.16	Neg. en borde discount.	corto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a2	5.5		largo	248	0.1519	0.2	0.2127	1.75786	0.000468	0.003	3.43	20.73	20
d	13	Positivo	Corto	292	0.1789	0.3	0.2504	2.06973	0.000551	0.003	3.43	20.73	20
d-2	11		largo	137	0.0839	0.1	0.1175	0.97107	0.000258	0.003	3.43	20.73	20

TABLERO 5													
De esquina. Dos lados adyacentes discontinuos		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	613.5	Neg. en borde cont.	Corto	530	0.5333	0.7	0.593	4.90083	0.001318	0.003	3.4	20.7	20
m	0.6		largo	455	0.4579	0.6	0.645	5.32878	0.001435	0.003	3.4	20.7	20
a1	4.05	Neg. en borde discont.	corto	321	0.323	0.5	-	-	-	-	-	-	-
a2	6.5		largo	248	0.2496	0.3	0.349	2.88748	0.000771	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	306	0.3079	0.4	0.431	3.56278	0.000954	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	146	0.1469	0.2	0.206	1.69989	0.000452	0.003	3.4	20.7	20
TABLERO 6													
De esquina. Dos lados adyacentes discontinuos		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	613.5	Neg. en borde cont.	Corto	518.2	0.0744	0.1	0.104	0.86107	0.000228	0.003	3.4	20.7	20
m	0.62		largo	449.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a1	1.53	Neg. en borde discont.	corto	312.2	0.0448	0.1	0.063	0.51877	0.000137	0.003	3.4	20.7	20
a2	2.5		largo	245.6	0.0353	0	0.049	0.4081	0.000108	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	296.6	0.0426	0.1	0.06	0.49285	0.000131	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	145.2	0.0209	0	0.029	0.24127	0.000064	0.003	3.4	20.7	20
TABLERO 7 (P.A.)													
De esquina. Dos lados adyacentes discontinuos		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	613.5	Neg. en borde cont.	Corto	324	0.2916	0.4	0.467	3.86135	0.001035	0.003	3.4	20.7	20
m	1		largo	324	0.2916	0.4	0.357	2.95323	0.000789	0.003	3.4	20.7	20
a1	3.83	Neg. en borde discont.	corto	190	0.1710	0.2	0.239	1.97837	0.000527	0.003	3.4	20.7	20
a2	3.7		largo	190	0.171	0.2	0.239	1.97837	0.000527	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	137	0.1233	0.2	0.173	1.42651	0.000379	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	137	0.1233	0.2	0.173	1.42651	0.000379	0.003	3.4	20.7	20
TABLERO 8													
De borde. Un lado corto discontinuo.		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	593.8	0.1211	0.2	0.17	1.40139	0.000372	0.003	3.4	20.7	20
m	0.47		largo	415.42	0.418	0.6	0.644	5.32447	0.001434	0.003	3.4	20.7	20
a1	1.715	Neg. en borde discont.	corto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a2	3.7		largo	262.08	0.2637	0.4	0.369	3.05141	0.000815	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	347.06	0.3492	0.5	0.489	4.04084	0.001084	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	144.22	0.1451	0.2	0.203	1.67916	0.000447	0.003	3.4	20.7	20

TABLERO 9													
De esquina. Dos lados adyacentes discontinuos		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	488.7	0.2043	0.3	0.994	8.2168	0.002235	0.003	3.4	20.7	20
m	0.67		largo	436.8	0.1826	0.3	0.365	3.02052	0.000807	0.003	3.4	20.7	20
a1	2.455	Neg. en borde discount.	corto	290.2	0.1213	0.2	0.17	1.40343	0.000373	0.003	3.4	20.7	20
a2	3.7		largo	239.6	0.1001	0.1	0.14	1.15872	0.000308	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	273.1	0.1141	0.2	0.16	1.32073	0.000351	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	143.2	0.0599	0.1	0.084	0.69252	0.000184	0.003	3.4	20.7	20
TABLERO 10													
De borde. Un lado corto discontinuo.		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	436.6	0.3861	0.5	0.849	7.01315	0.001900	0.003	3.4	20.7	20
m	0.73		largo	365.4	0.3231	0.5	0.338	2.79304	0.000746	0.003	3.4	20.7	20
a1	3.5708	Neg. en borde discount.	corto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a2	4.9		largo	231.8	0.205	0.3	0.287	2.37156	0.000632	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	228.6	0.2021	0.3	0.283	2.33882	0.000624	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	134.5	0.1189	0.2	0.167	1.37608	0.000366	0.003	3.4	20.7	20
TABLERO 11													
De borde. Un lado largo discontinuo.		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	897.82	1.722	2.4	3.405	28.1404	0.008294	0.003	11	6.58	6
m	0.17		largo	545.52	1.0463	1.5	1.157	9.55942	0.002613	0.003	3.4	20.7	-
a1	5.2589	Neg. en borde discount.	corto	552.74	1.0601	1.5	1.484	12.2659	0.003387	0.003	4.4	16.1	15
a2	30.1		largo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
d	13	Positivo	Corto	609.22	1.1685	1.6	1.636	13.5193	0.003750	0.003	4.9	14.6	14
d-2	11		largo	172.08	0.33	0.5	0.462	3.81865	0.001023	0.003	3.4	20.7	20
TABLERO 12													
De borde. Un lado corto discontinuo.		Momento	Claro	Coeficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	518.4	0.1024	0.1	0.302	2.49413	0.000665	0.003	3.4	20.7	20
m	0.589		largo	394.6	0.078	0.1	0.309	2.55562	0.000682	0.003	3.4	20.7	20
a1	1.6881	Neg. en borde discount.	corto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a2	2.9		largo	250	0.0494	0.1	0.069	0.57164	0.000152	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	299.4	0.0592	0.1	0.083	0.6846	0.000182	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	138	0.0273	0	0.038	0.31555	0.000084	0.003	3.4	20.7	20

TABLERO 13													
De esquina. Dos lados adyacentes discontinuos	Momento	Claro	Coefficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica	
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	385.4	0.4365	0.6	0.318	2.62538	0.000701	0.003	3.4	20.7	20
m	0.873		largo	370.2	0.4193	0.6	0.49	4.05221	0.001087	0.003	3.4	20.7	20
a1	4.0413	Neg. en borde discont.	corto	228.3	0.2586	0.4	0.362	2.99183	0.000799	0.003	3.4	20.7	20
a2	4.6		largo	210.8	0.2388	0.3	0.334	2.7625	0.000738	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	188	0.2129	0.3	0.298	2.46371	0.000657	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	138.6	0.157	0.2	0.22	1.81633	0.000483	0.003	3.4	20.7	20

TABLERO 14													
De borde. Un lado corto discontinuo.	Momento	Claro	Coefficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica	
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	555.6	0.2199	0.3	0.267	2.2076	0.000588	0.003	3.4	20.7	20
m	0.52		largo	405.4	0.1604	0.2	0.345	2.85462	0.000762	0.003	3.4	20.7	20
a1	2.3888	Neg. en borde discont.	corto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a2	4.6		largo	256	0.1013	0.1	0.142	1.17216	0.000311	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	321.6	0.1273	0.2	0.178	1.47253	0.000391	0.003	0.5	140	20
d-2	11		largo	141	0.0558	0.1	0.078	0.64561	0.000171	0.003	3.4	20.7	20

TABLERO 15													
De esquina. Dos lados adyacentes discontinuos	Momento	Claro	Coefficiente	M. servicio	M.U.	M. Ajustado	MU/bd ²	e	e min.	A.S. cm ²	S. Teorica	S. practica	
w	693.5	Neg. en borde cont.	Corto	745.84	0.1275	0.2	0.923	7.62464	0.002070	0.003	3.4	20.7	20
m	0.34		largo	515	0.088	0.1	0.274	2.26475	0.000604	0.003	3.4	20.7	20
a1	1.57	Neg. en borde discont.	corto	454.48	0.0777	0.1	0.109	0.89888	0.000239	0.003	3.4	20.7	20
a2	4.6		largo	279.76	0.0478	0.1	0.067	0.55332	0.000147	0.003	3.4	20.7	20
d	13	Positivo	Corto	486.73	0.0832	0.1	0.116	0.96267	0.000255	0.003	3.4	20.7	20
d-2	11		largo	164.48	0.0281	0	0.039	0.32531	0.000086	0.003	3.4	20.7	20

Con las tablas anteriores se obtiene la separación adecuada para los diferentes tableros con los que cuenta la losa de planta alta y planta baja, así mismo sus componentes para poder determinar el resultado final.

5.3. Revisión de muros de mampostería.

Los muros de carga son parte importante para el Diseño estructural, ya que forman parte del sistema en conjunto. Estos elementos son los encargados de resistir cargas verticales, que son transmitidas por la losa. A continuación, se muestra el proceso de revisión de cargas por el Método Detallado de Diseño donde se analizan las cargas verticales, el cual se encuentra en Normas Técnicas Complementarias del RCCDMX.

Consiste principalmente en numerar los muros, tanto de planta alta como de planta baja y se clasifican en dos términos:

- Muro Interior
- Muro Exterior

De ésta forma los factores que afecten al muro dependiendo si es interior o exterior varían, ya que se alteran algunos cambios que mas adelante se mencionaran.

A continuación, se muestra la numeración para los dos niveles, con el respectivo número de muro y una tabla de cálculo con las especificaciones respectivas para llevar a cabo la revisión.

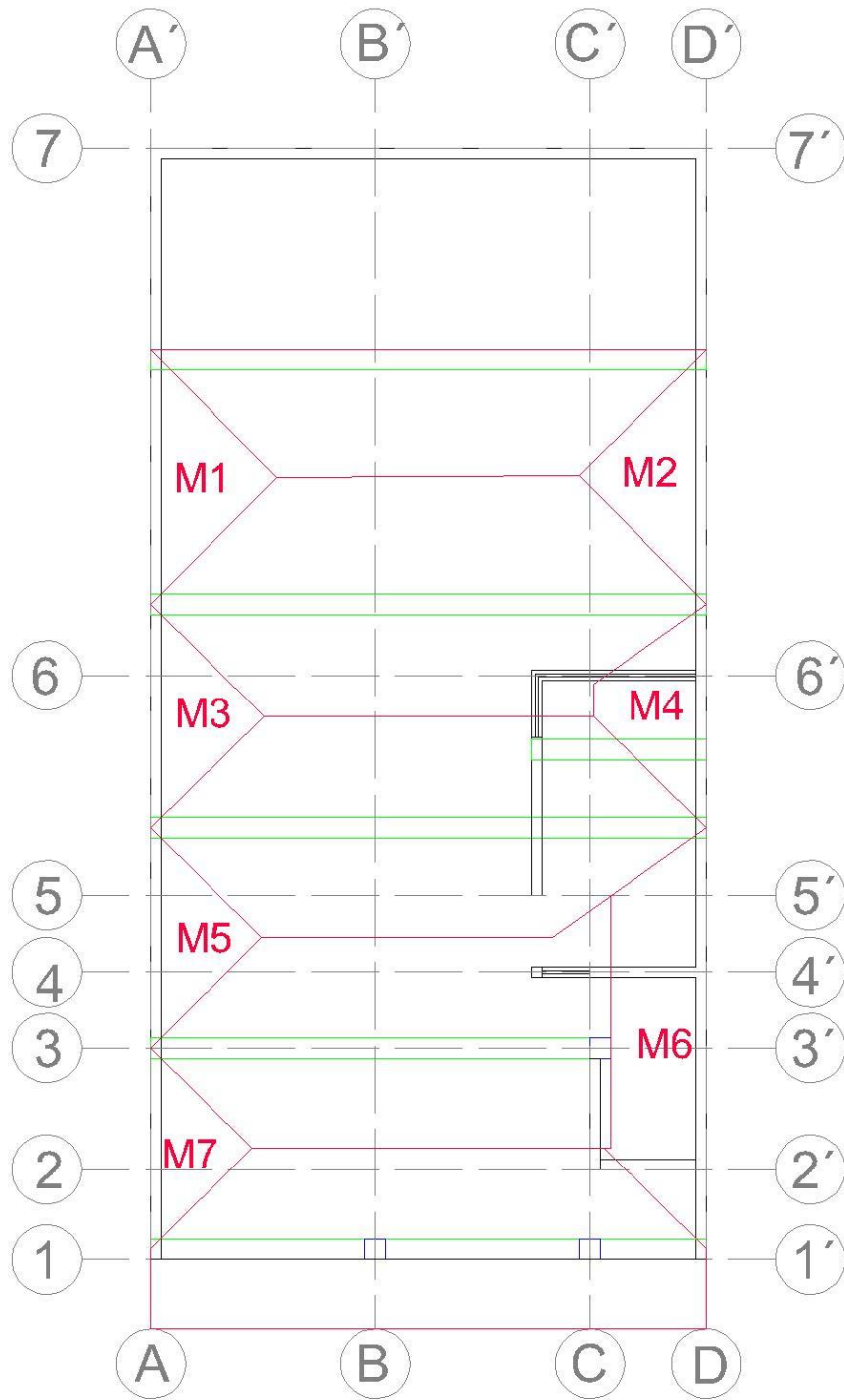


Figura 5.8. Distribución de muros y áreas tributarias correspondiente, (P.B)

Fuente: Propia.

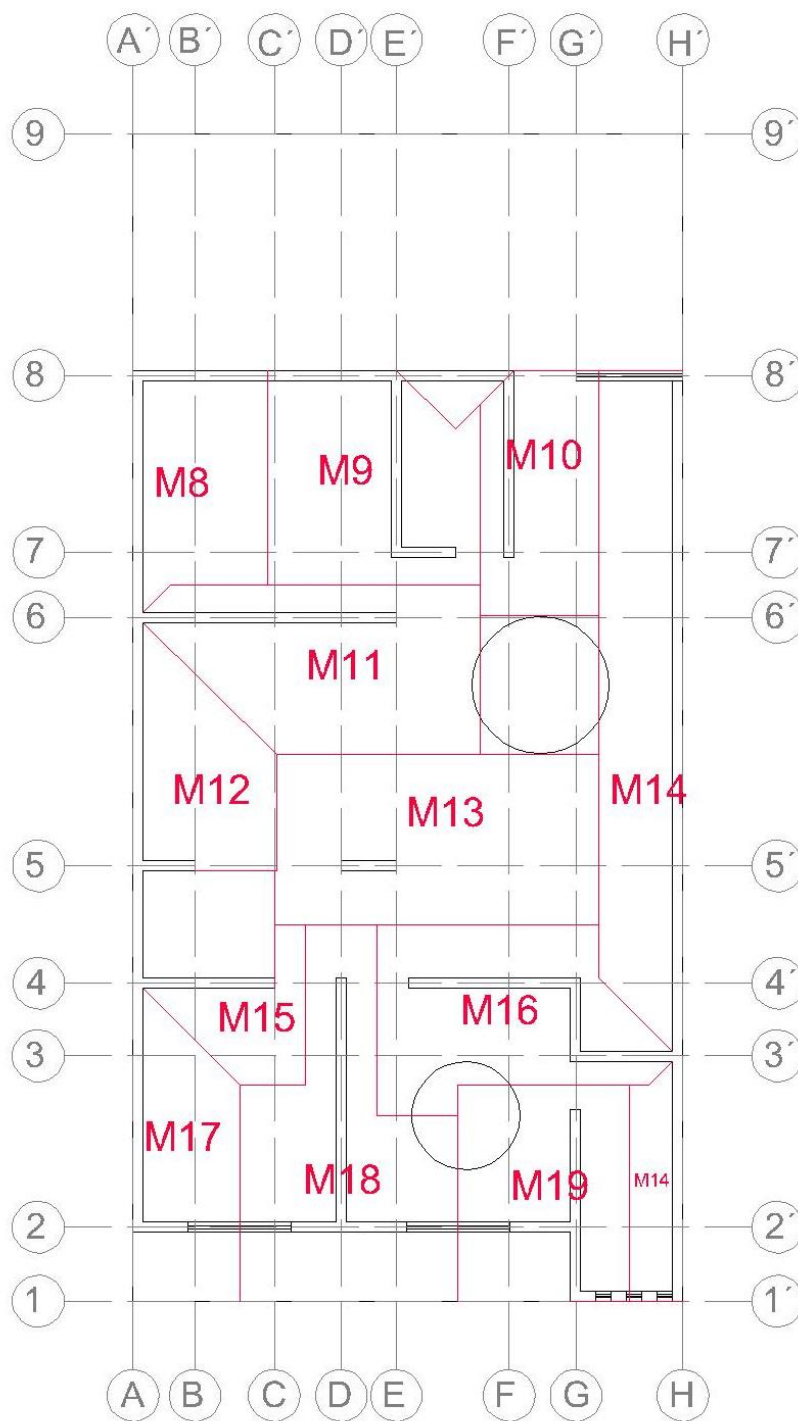


Figura 5.9. Distribución de muros y áreas tributarias correspondiente, (P.A.)

Fuente: Propia.

Muro	Tipo	Espesor (cm)	H (m)	Long. (cm)	Área trub. (m2)	Peso de la losa (ton)	Carga total de la losa (ton/m2)	Peso propio del muro	Carga vertical		FE	Carga vertical resistente (ton)	PU>Carga vertical
									P (ton)	PU (ton)			
Planta baja													
1	Extremo	15	3.4	351	3.314	0.6135	2.0332	3.6160	5.649	7.90888	0.429	27.11	Correcto
2	Extremo	15	3.4	351	3.314	0.6135	2.0332	3.6160	5.649	7.90888	0.429	27.11	Correcto
3	Extremo	15	3.4	323	2.65	0.6135	1.62571	3.3275	4.953	6.93456	0.429	24.95	Correcto
4	Extremo	15	3.4	323	2.65	0.6135	1.62571	3.3275	4.953	6.93456	0.429	24.95	Correcto
5	Extremo	15	3.4	316	2.526	0.6135	1.54939	3.2554	4.805	6.72676	0.583	33.18	Correcto
6	Extremo	15	3.4	774	6.679	0.6135	4.09744	7.9737	12.07	16.8997	0.429	59.78	Correcto
7	Extremo	15	3.4	290	2.117	0.6135	1.29896	2.9876	4.287	6.00116	0.429	22.40	Correcto
Planta alta													
8	Extremo	15	2.85	452.5	5.974	0.6935	4.14325	3.9073	8.051	11.2708	0.349	28.45	Correcto
9	Interior	15	2.85	466.5	9.054	0.6935	6.27895	4.0285	10.31	14.4304	0.681	57.21	Correcto
10	Interior	15	2.85	272.5	6.055	0.6935	4.19921	2.3532	6.552	9.17334	0.681	33.42	Correcto
11	Interior	15	2.85	368	10.13	0.6935	7.02578	3.1779	10.2	14.2851	0.681	45.13	Correcto
12	Extremo	15	2.85	437	5.171	0.6935	3.58588	3.7737	7.36	10.3034	0.349	27.48	Correcto
13	Interior	15	2.85	100	11.7	0.694	8.10251	0.8636	8.966	12.552	0.681	12.26	Incorrecto
14	Extremo	15	2.85	1356	14.23	0.6935	9.86837	11.71	21.58	30.2093	0.349	85.27	Correcto
15	Extremo	15	2.85	190.5	3	0.6935	2.0805	1.6451	3.726	5.21579	0.349	11.98	Correcto
16	Interior	15	2.85	520.5	9.072	0.6935	6.29164	4.4948	10.79	15.101	0.681	63.84	Correcto
17	Extremo	15	2.85	490.8	6.088	0.6935	4.2221	4.2379	8.46	11.844	0.349	30.86	Correcto
18	Interior	15	2.85	538.3	11.94	0.6935	8.27859	4.6481	12.93	18.0973	0.681	66.01	Correcto
19	Interior	15	2.85	452	7.815	0.6935	5.41991	3.9032	9.323	13.0524	0.349	28.42	Correcto

Posteriormente, con ayuda del plano, se establecen los parámetros necesarios con las características correspondientes y se anexan a la tabla de cálculo las dimensiones, como el “**espesor, la altura y la longitud**”, así mismo se puede asignar el área tributaria que le corresponde a cada uno, como lo indican las figuras 5.8. y 5.9. respectivamente.

Consecutivamente, se toma el peso de la losa, que anteriormente se obtuvo en el análisis de cargas, y ésta se multiplica por el “**área tributaria**” que le corresponde, asignándole el nombre de “**carga total de la losa**”.

Posteriormente fue necesario hacer un análisis de cargas como se muestra en la siguiente tabla:

Análisis de cargas de muro de tabique rojo recocido		
Peso del muro (1m x 1m x 1.6 t/m ² x 0.15 m)	0.240	ton/m
Peso propio del aplanado (1m x 1m x 0.03 m x 2.1 t/m ²)	0.063	ton/m
<i>W muro</i>	0.303	ton/m

De esta manera, es necesario multiplicar el peso propio del muro por metro cuadrado, multiplicado por la longitud de este, y su altura, para poder determinar el “**peso propio del muro**”.

Los esfuerzos que se transmiten al muro de carga como anteriormente se mencionó, son de forma vertical y se representan a través de la letra “**P**” la cual indica la carga existente que tiene el muro a través de la multiplicación del peso propio del muro y la longitud, y “**PU**” que es la multiplicación de P por un factor de carga que indica el RCCDMX que es igual a 1.4.

A continuación, se hizo el cálculo de “**FE**” el cual representa el factor de reducción por efectos de excentricidad y esbeltez, y se representa a través de la siguiente fórmula:

$$Fe = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left(1 - \left(\frac{H'}{30t}\right)^2\right)$$

Donde:

H' = altura libre del muro

t = espesor del muro de mampostería

e' = excentricidad para obtener el factor de reducción por excentricidad y esbeltez.

$$e' = ec + ea$$

Donde:

$$ec = \frac{P * ec1}{P + Pm}$$

$$ec1 = \frac{t}{6} \quad ea = \frac{t}{24}$$

Por último, la resistencia en compresión de la mampostería o la “**carga vertical resistente**” se calcula con la fórmula siguiente y se representa por medio de las letras “**Pr**”:

$$Pr = FR FE fm L$$

Donde:

FR = 0.6 para muros confinados

Fm = 19 kg/cm² Resistencia de diseño a la compresión para tabique de barro rojo recocido de mampostería.

Para que un muro se considere correcto, es necesario que la carga vertical resistente no sea mayor que PU de lo contrario el elemento no cumplirá, y deberán modificarse sus medidas, o acudir a sistemas de marco para que los muros sean seguros.

5.4. Revisión de trabes y columnas.

La casa en estudio cuenta con un sistema de marcos y vigas denominados comúnmente “Marcos rígidos”, los cuales solo se encuentran en la planta baja de la casa habitación. Como primer paso se hizo un levantamiento de las dimensiones de los elementos, analizando y poniendo como prioridad la revisión de trabes.

A continuación, se presenta el plano de la planta baja, con la numeración de trabes correspondientes, y la ubicación en las que se encuentran, así como se observa en la figura 5.10.

Posteriormente se acudió al programa SAP2000, en el cual se dibujaron las trabes y columnas asignándole las dimensiones y propiedades de éstas, para determinar luego de esto el diagrama de los momentos y fuerzas axiales que se generan en los elementos, y finalmente utilizar los resultados obtenidos del análisis estructural.

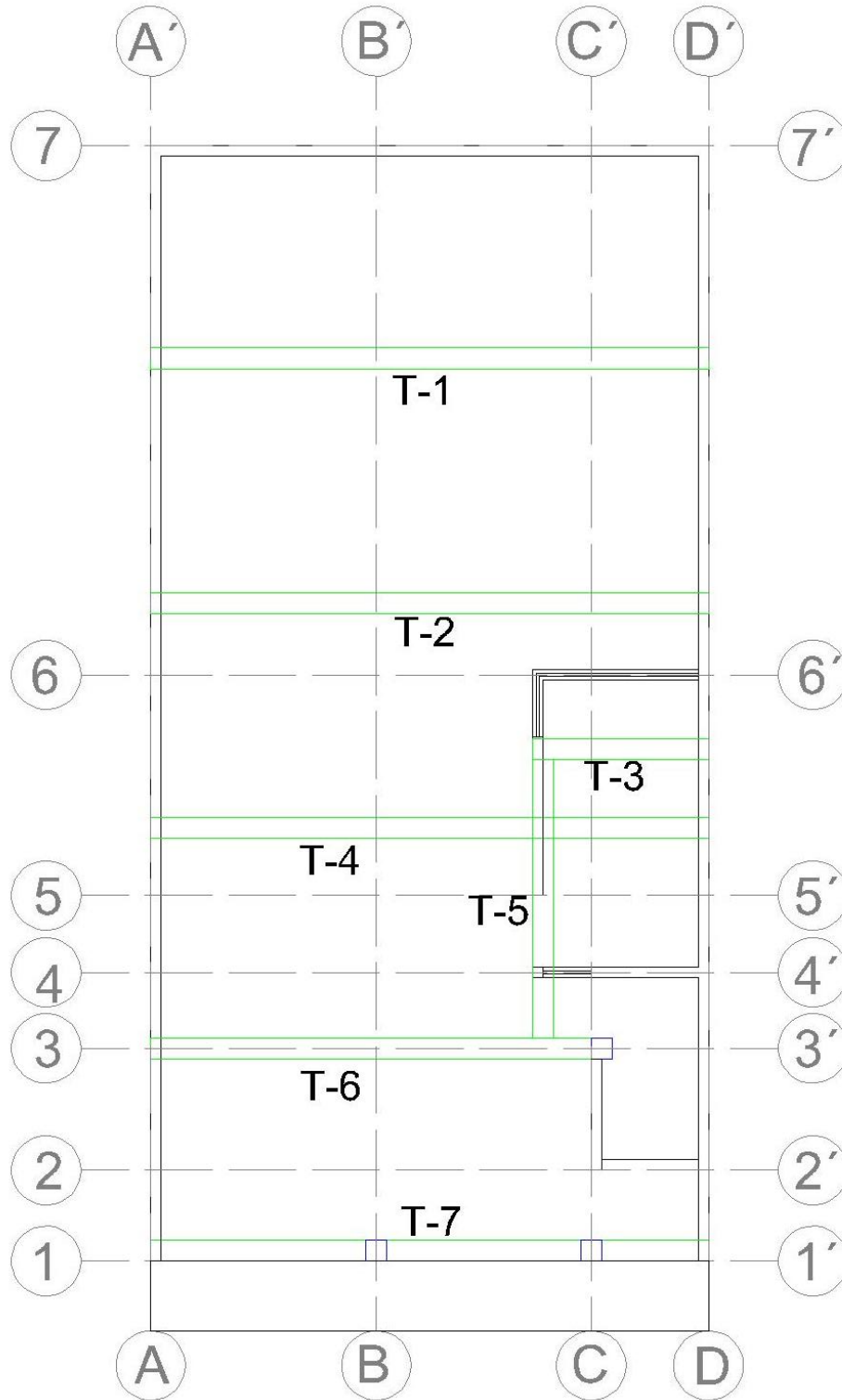


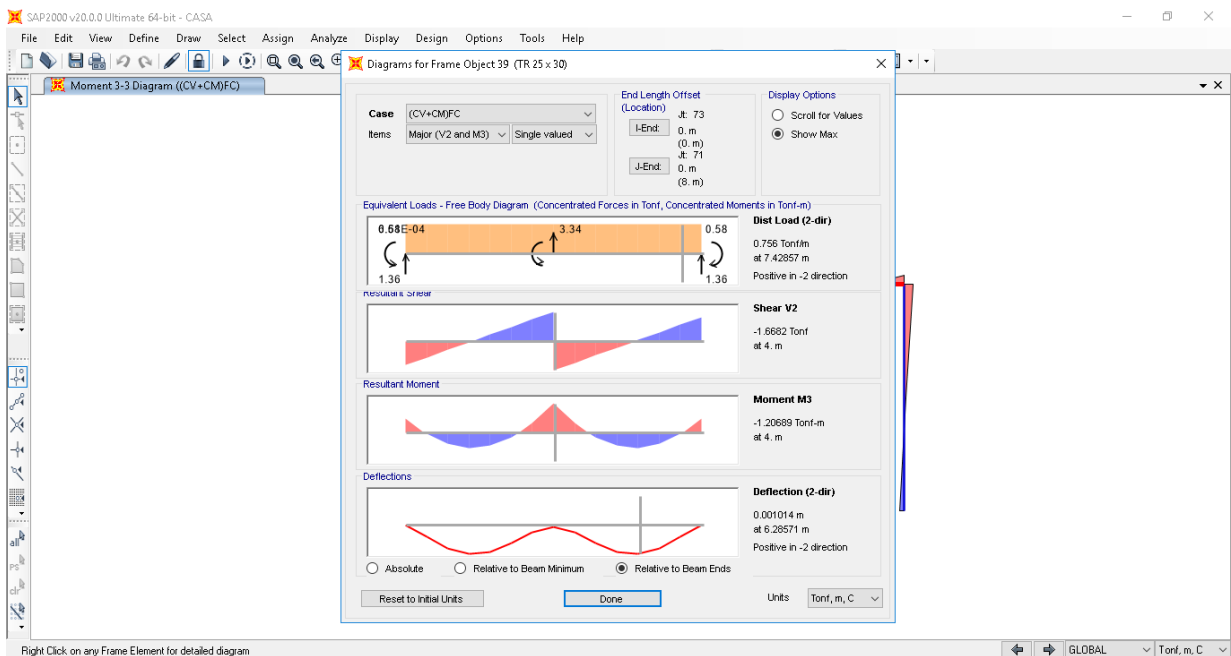
Figura 5.10. Distribución de Trabes P.B.

Fuente: Propia.

El método que se utilizó para revisar las traveses es de “Resistencia última” el cual se encuentra en las Normas Técnicas complementarias, en el Reglamento de Construcción de la Ciudad de México. A continuación, se muestra el cálculo de la trabe 1 (T-1) y la explicación de las casillas.

Principalmente es necesario tener las dimensiones de las traveses, es decir la base “b”, altura “h”, peralte “d”, modulo de fluencia del acero “fy”, así como la resistencia del concreto “f’c”.

A continuación, se muestra, el diagrama de cortante y momento, así como una hoja de cálculo, con los datos adecuados de revisión, y posterior a ésta una explicación de los parámetros utilizados.



b	30
H	25
d	20
F'c	250
Fy	4200
FC	1.4

TRABE 1					
1.-Diseño por flexión					
Vu(+)	2.33548	ton	Mu(+)	0.883428	ton
Vu(-)	2.33548	ton	Mu(-)	1.688722	ton
2.-Cálculo constantes de diseño			3.- Cálculo de porcentaje de acero		
f''c	212.5	kg/cm2	p min	0.002635231	
			pmax	0.025297619	
4.- Porcentaje de acero necesario para M(+)			4.- Porcentaje de acero necesario para M(-)		
p nec	0.001986594		p nec	0.003871017	
Verificando si el acero fluye para M(+)			Verificando si el acero fluye para M(-)		
p min	0.002635231	Rige	p nec	0.003871017	Rige
As	1.191956306	cm2	As	2.322610142	cm2
Var. 1/2"	1.22	cm2	Var. 1/2"	1.22	cm2
N	0.977013365	Var	N	1.903778805	Var
2 Varillas de 1/2"			2 Varillas de 1/2"		

1.-Diseño por cortante de la viga					
a) En los extremos			a) En el centro		
VCR	1.21136612	ton	VCR	1.517911712	ton
Vu	1.695912568	ton	Vu	2.125076396	ton
b) Cortante que reciste el concreto VCR y p			b) Cortante que reciste el concreto VCR y p		
p	0.001986594		p	0.003871017	
Revisando peralte (H/B)	no hay reducción		Revisando peralte (H/B)	no hay reducción	
VCR	1705.722207	kg/cm2	VCR	1973.880309	kg/cm2
VCR	3794.733192	kg/cm2	VCR	3794.733192	kg/cm2
Rige "VCR"	1705.722207	kg/cm2	Rige "VCR"	1973.880309	kg/cm2
c) Cálculando las separaciones			c) Cálculando las separaciones		
Etribo del 2	0.32	cm2	Etribo del 2	0.32	cm2
S1	-4110.24317	cm	S1	266.6735682	cm
S2	19.2	cm	S2	19.2	cm
d) Separación máxima.			d) Separación máxima.		
S max	5	cm	S max	10	cm
VCR>Vu	Correcto		VCR<Vu	Correcto	
Vu <	11384.19958	kg	Vu <	14230.24947	kg
1695.912568	Correcto		2125.076396	Correcto	
Vu < V máx	Correcto		Vu < V máx	Correcto	
Rige "S"	5	cm	Rige "S"	10	cm
Se usaran estribos en dos ramas de var . #2 @ 5 cm. c.a.c.			Se usaran estribos en dos ramas de var . #2 @ 10 cm. c.a.c.		

Tabla 5.4. Cálculos necesarios para la revisión por cortante.

Fuente: Propia.

Las normas técnicas complementarias del reglamento de la Ciudad de México presentan las constantes de diseño mediante la letra $f''c$ y se calcula de la siguiente manera:

$$f''c = 0.85(f'c)$$

Posteriormente se debe sacar el porcentaje de acero mínimo que se le puede poner a las dimensiones de la trabe, el cual se expresa a continuación:

$$e \text{ mín} = 0.7 \frac{\sqrt{f'c}}{fy}$$

Además del porcentaje de acero mínimo, mostrado anteriormente se debe determinar el porcentaje de acero máximo, o balanceado que debe tener el elemento, como se puede observar a continuación mediante la siguiente fórmula:

$$e \text{ máx} = \frac{f''c}{fy} * \frac{600 * 0.85}{6000 + fy}$$

Posteriormente se debe determinar el porcentaje de acero balanceado o necesario con el que debe contar la trabe, el cual se determina a continuación:

$$e \text{ nec} = \frac{f''c}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{FRbd^2 f''c}} \right]$$

Donde:

FR= 0.9 en elementos a flexión

b = 100cm

Hecho lo anterior se debe verificar que el acero que existe fluya, y se puede lograr mediante la siguiente expresión:

$$e_{\text{mín}} \geq e_{\text{nec}} \geq e_{\text{máx}}$$

A continuación, se determina el área de acero que se requiere como se observa en seguida:

$$A_s = e_{\text{nec}} * b * d$$

Así mismo, se revisó el acero con el que cuenta la construcción, obteniendo el área que requiere, éstos datos se obtuvieron de acuerdo a tablas con propiedades de las varillas comerciales que existen, como se puede ver a continuación.

Número de varilla	Diámetro nominal		Peso Kg.	Área nominal cm ²	Perímetro nominal cm
	Pulgadas	Milímetros			
2°	1/4	6.3	0.248	0.32	1.99
2.5°	5/16	7.9	0.384	0.49	2.48
3	3/8	9.5	0.557	0.71	2.98
4	1/2	12.7	0.996	1.22	3.99
5	5/8	15.9	1.56	1.99	5.00
6	3/4	19.1	2.25	2.85	6.00
7	7/8	22.2	3.034	3.87	6.97
8	1	25.4	3.975	5.07	7.98
9	1 1/8	28.6	5.033	6.42	8.98
10	1 1/4	31.8	6.223	7.94	9.99
12	1 1/2	38.1	8.938	11.4	11.97

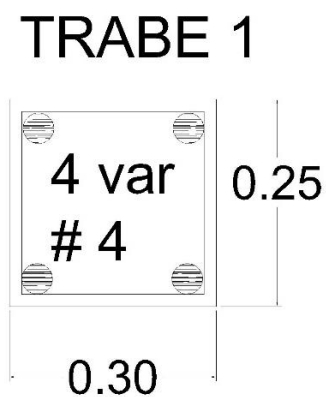
Tabla 5.5. Varillas comerciales corrugadas.

Fuente: Propia.

Para determinar cuanta cantidad de varillas lleva el elemento estructural, es necesario sustituir valores en la formula siguiente:

$$N = \frac{A_s}{\text{Área de la varilla}}$$

Esto determina la cantidad de varillas que se necesitan el elemento ante el esfuerzo de flexión. Como se observa en el siguiente diagrama para la trabe uno:



Una vez determinado lo anterior, se calculó el esfuerzo a cortante del elemento, de acuerdo con las NTC con los siguientes pasos:

Se determinaron las cortantes de diseño, de acuerdo con el diagrama de fuerza cortante, de esta manera se propone revisar en dos partes, en los extremos y en el centro, obteniendo estos valores con la siguiente ecuación:

$$V_u = F_c * V$$

Donde:

F_c= Factor de carga igual a 1.4

V= cortante obtenido del diagrama de fuerzas.

Posterior a esto se determina una fuerza cortante de diseño que toma el concreto, la cual se expresa a continuación:

$$V_{CR} \begin{cases} FRbd(0.2 + 20e)\sqrt{f'c} & \text{--- e < 0.015} \\ 0.5FRbd\sqrt{f'c} & \text{--- e \ge 0.015} \end{cases}$$

Donde:

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

$$FR = 0.75$$

-si la Altura "H" es mayor que 60 cm. se reduce un 30% el VCR.

Además de lo anterior, se revisó el cortante máximo el cual se representa a continuación:

$$Vu \text{ máx} = 2.5 * As * b * h * \sqrt{f'c}$$

El valor obtenido del $Vu \text{ máx}$, debe ser mayor a todos los cortantes en las secciones críticas.

Una vez establecido lo anterior se hizo la revisión de los estribos, los cuales se calcularon con las siguientes ecuaciones:

$$Av = \text{Área de la varilla} * 2$$

Proponiendo tres separaciones:

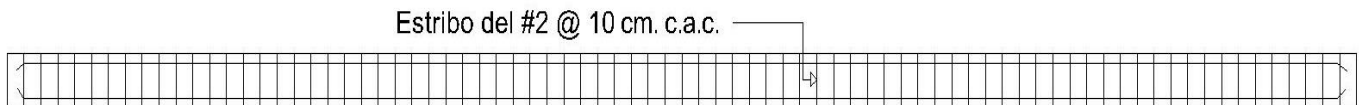
$$S = \frac{FRAvfyd}{Vu - VCR}$$

$$S = \frac{FRAvfy}{3.5b}$$

$$S \text{ máx} = 0.5 * d$$

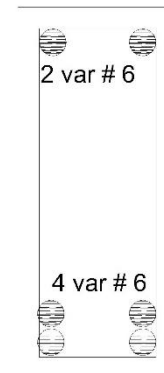
De las tres ecuaciones anteriores, la menor es la que se utilizó.

Finalmente se logró establecer los parámetros adecuados, los cuales se presentan a continuación:

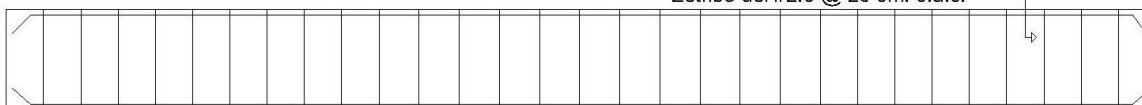


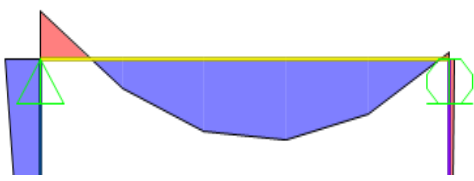
A continuación, se muestra un resumen de los cálculos de las tabes siguientes existentes, (T2, T3, T4, T5, T6 y T7).

TRABE 2					
b	30				
H	70				
d	65				
F'c	250				
Fy	4200				
FC	1.4				
					
1.-Diseño por flexión					
Vu(+)	12.87006	ton	Mu(+)	21.786254	ton
Vu(-)	12.87006	ton	Mu(-)	4.23731	ton
2.-Cálculo constantes de diseño			3.- Cálculo de porcentaje de acero		
f*c	200	kg/cm2	p min	0.002635231	
f''c	212.5	kg/cm2	pmax	0.025297619	
4.- Porcentaje de acero necesario para M(+)			4.- Porcentaje de acero necesario para M(-)		
p nec	0.004772251		p nec	0.000892271	
<i>Verificando si el acero fluye para M(+)</i>			<i>Verificando si el acero fluye para M(-)</i>		
p nec	0.004772251	Rige	p min	0.002635231	Rige
As	9.305889987	cm2	As	5.138701198	cm2
Var #6	2.85	cm2	Var #6	2.85	cm2
N	3.265224557	Var	N	1.803053052	Var
4 Varillas de # 6			2 Varillas de #6		
1.-Diseño por cortante de la viga					
a) En los extremos			En el centro		
VCR	7.69905375	ton	VCR	7.69905375	ton
Vu	10.77867525	ton	Vu	10.77867525	ton
b) Cortante que reciste el acero VCR y p			b) Cortante que reciste el acero VCR y p		
p	0.004772251		p	0.002635231	
Revisando peralte (H/B)	no hay reducción		Revisando peralte (H/B)	no hay reducción	
VCR	4646.901934	kg/cm2	VCR	4637.018578	kg/cm2
VCR	10341.43667	kg/cm2	VCR	10341.43667	kg/cm2
Rige "VCR"	3252.831354	kg/cm2	Rige "VCR"	3245.913005	kg/cm2
c) Calculando las separaciones			c) Calculando las separaciones		
Etribo del 2.5	0.49	cm2	Etribo del 2.5	0.49	cm2
S1	26.66212624	cm	S1	28.41348141	cm
S2	29.4	cm	S2	29.4	cm
d) Separación máxima.			d) Separación máxima.		
S max	32.5	cm	S max	32.5	cm
VCR<Vu	Correcto		VCR<Vu	Correcto	
Vu <	34686.23308	kg	Vu <	35638.18177	kg
10778.67525	Correcto		10778.67525	Correcto	
Vu < V máx	Correcto		Vu < V máx	Correcto	
Rige "S"	26.66212624	cm	Rige "S"	28.41348141	cm
Se usaran estribos en dos ramas de var .			Se usaran estribos en dos ramas de var .		
#2.5 @ 26 cm. c.a.c.			#2.5 @ 28 cm. c.a.c.		



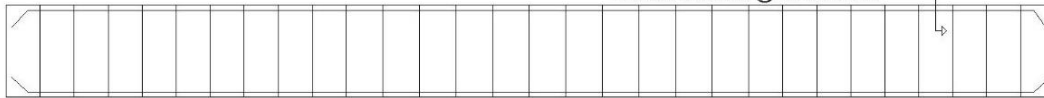
Etribo del #2.5 @ 26 cm. c.a.c.



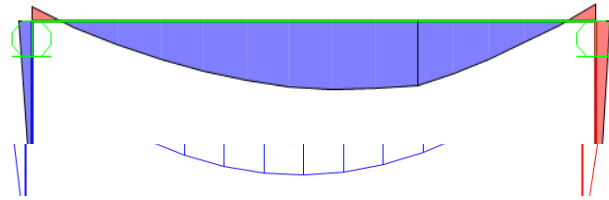
TRABE 3					
b	30				
H	60				
d	55				
F'c	250				
Fy	4200				
FC	1.4				
					
1.-Diseño por flexión					
Vu(+)	1.52376	ton	Mu(+)	0.941794	ton
Vu(+)	2.74372	ton	Mu(-)	1.269898	ton
2.-Cálculo constantes de diseño			3.- Cálculo de porcentaje de acero		
f'c	212.5	kg/cm2	p min	0.002635231	
			pmax	0.025297619	
4.- Porcentaje de acero necesario para M(+)			4.- Porcentaje de acero necesario para M(-)		
p nec	0.000275296		p nec	0.000371559	
<i>Verificando si el acero fluye para M(+)</i>			<i>Verificando si el acero fluye para M(-)</i>		
p min	0.002635231	Rige	p min	0.002635231	Rige
As	4.348131783	cm2	As	4.348131783	cm2
Var #6	2.85	cm2	Var #6	2.85	cm2
N	1.525660275	Var	N	1.525660275	Var
2 Varillas de # 6			2 Varillas de #6		
1.-Diseño por cortante de la viga					
a) En los extremos			En el centro		
VCR	1.235735961	ton	VCR	1.235735961	ton
Vu	1.730030345	ton	Vu	1.730030345	ton
b) Cortante que reciste el acero VCR y p			b) Cortante que reciste el acero VCR y p		
p	0.002635231		p	0.002635231	
Revisando peralte (H/B)	no hay reducción		Revisando peralte (H/B)	no hay reducción	
VCR	4944.568604	kg/cm2	VCR	4944.568604	kg/cm2
VCR	9019.753712	kg/cm2	VCR	9019.753712	kg/cm2
Rige "VCR"	2966.741163	kg/cm2	Rige "VCR"	2966.741163	kg/cm2
c) Cálculando las separaciones			c) Cálculando las separaciones		
Etribo del 2.5	0.49	cm2	Etribo del 2.5	0.49	cm2
S1	-137.287551	cm	S1	-137.2875514	cm
S2	29.4	cm	S2	29.4	cm
d) Separación máxima.			d) Separación máxima.		
S max	15	cm	S max	15	cm
VCR>Vu	Correcto		VCR<Vu	Correcto	
Vu <	29349.88953	kg	Vu <	31487.14023	kg
1730.030345	Correcto		1730.030345	Correcto	
Vu < V máx	Correcto		Vu < V máx	Correcto	
Rige "S"	15	cm	Rige "S"	15	cm
Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 15 cm. c.a.c.			Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 15 cm. c.a.c.		



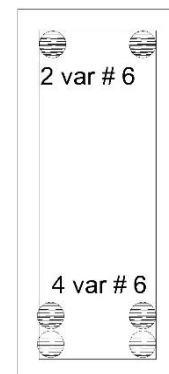
Estribo del #2.5 @ 15 cm. c.a.c.



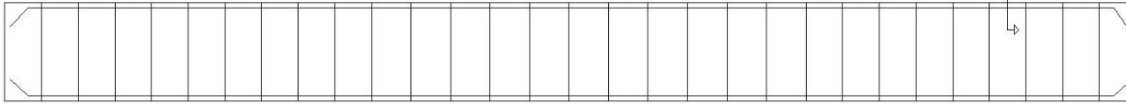
b	30
H	70
d	65
F'c	250
Fy	4200
FC	1.4



1.-Diseño por flexión					
Vu(+)	13.1754	ton	Mu(+)	20.95226	ton
Vu(+)	12.8359	ton	Mu(-)	5.737858	ton
2.-Cálculo constantes de diseño		3.- Cálculo de porcentaje de acero			
f'c	212.5	kg/cm2	p min	0.002635231	
			pmax	0.025297619	
4.- Porcentaje de acero necesario para M(+)			4.- Porcentaje de acero necesario para M(-)		
p nec	0.004580454		p nec	0.001212115	
Verificando si el acero fluye para M(+)			Verificando si el acero fluye para M(-)		
p nec	0.004580454	Rige	p min	0.002635231	Rige
As	8.931886134	cm2	As	5.138701198	cm2
Var #6	2.85	cm2	Var #6	2.85	cm2
N	3.133995135	Var	N	1.803053052	Var
4 Varillas de # 6			2 Varillas de # 6		
1.-Diseño por cortante de la viga					
a) En los extremos			En el centro		
VCR	4.640505155	ton	VCR	8.31543	ton
Vu	6.496707216	ton	Vu	11.641602	ton
b) Cortante que reciste el acero VCR y p			b) Cortante que reciste el acero VCR y p		
p	0.004580454		p	0.002635231	
Revisando peralte (H/B)	no hay reducción		Revisando peralte (H/B)	no hay reducción	
VCR	6743.213877	kg/cm2	VCR	5843.581078	kg/cm2
VCR	10659.70893	kg/cm2	VCR	10659.70893	kg/cm2
Rige "VCR"	4720.249714	kg/cm2	Rige "VCR"	4090.506755	kg/cm2
c) Calculando las separaciones			c) Calculando las separaciones		
Etribo del 2.5	0.49	cm2	Etribo del 2.5	0.49	cm2
S1	112.9523221	cm	S1	26.57296637	cm
S2	29.4	cm	S2	29.4	cm
d) Separación máxima.			d) Separación máxima.		
S max	32.5	cm	S max	32.5	cm
VCR<Vu	Correcto		VCR<Vu	Correcto	
Vu <	34686.23308	kg	Vu <	36734.99694	kg
6496.707216	Correcto		11641.602	Correcto	
Vu < V máx	Correcto		Vu < V máx	Correcto	
Rige "S"	29.4	cm	Rige "S"	27	cm
Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 29 cm. c.a.c.			Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 27 cm. c.a.c.		



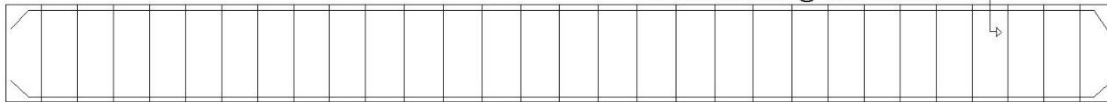
Estribo del #2.5 @ 27 cm. c.a.c.



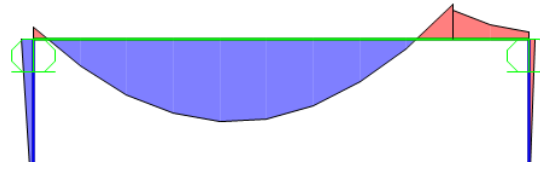
TRABE 5			
b	30		
H	70		
d	65		
F'c	250		
Fy	4200		
FC	1.4		
1.-Diseño por flexión			
Vu(+)	7.9268 ton	Mu(+)	1.565032 ton
Vu(-)	12.75792 ton	Mu(-)	8.530088 ton
2.-Cálculo constantes de diseño		3.- Cálculo de porcentaje de acero	
f'c	212.5 kg/cm ²	p min	0.002635231
		pmax	0.025297619
4.- Porcentaje de acero necesario para M(+)		4.- Porcentaje de acero necesario para M(-)	
p nec	0.000327712	p nec	0.001812862
Verificando si el acero fluye para M(+)		Verificando si el acero fluye para M(-)	
p min	0.002635231 Rige	p min	0.002635231 Rige
As	5.138701198 cm ²	As	5.138701198 cm ²
Var #6	2.85 cm ²	Var #6	2.85 cm ²
N	1.803053052 Var	N	1.803053052 Var
2 Varillas de #6		2 Varillas de #6	
1.-Diseño por cortante de la viga			
a) En los extremos		En el centro	
VCR	1.176375 ton	VCR	1.176375 ton
Vu	1.646925 ton	Vu	1.646925 ton
b) Cortante que reciste el acero VCR y p		b) Cortante que reciste el acero VCR y p	
p	0.002635231	p	0.002635231
Revisando peralte (H/B)	no hay reducción	Revisando peralte (H/B)	no hay reducción
VCR	5843.581078 kg/cm ²	VCR	5843.581078 kg/cm ²
VCR	10659.70893 kg/cm ²	VCR	10418.70876 kg/cm ²
Rige "VCR"	4090.506755 kg/cm ²	Rige "VCR"	4090.506755 kg/cm ²
c) Calculando las separaciones		c) Calculando las separaciones	
Etribo del 2.5	0.49 cm ²	Etribo del 2.5	0.49 cm ²
S1	-82.1151163 cm	S1	-82.11511631 cm
S2	29.4 cm	S2	29.4 cm
d) Separación máxima.		d) Separación máxima.	
S max	16.25 cm	S max	16.25 cm
VCR>Vu	Correcto	VCR>Vu	Correcto
Vu < 34686.23308 kg	Correcto	Vu < 36734.99694 kg	Correcto
1646.925	Correcto	1646.925	Correcto
Vu < V máx	Correcto	Vu < V máx	Correcto
Rige "S"	16 cm	Rige "S"	16 cm
Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 16 cm. c.a.c.		Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 16 cm. c.a.c.	



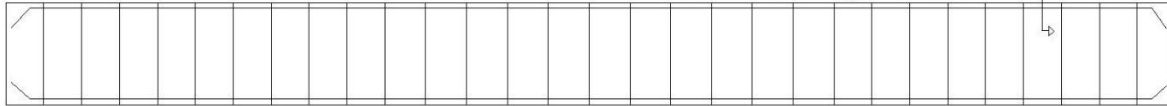
Estribo del #2.5 @ 16 cm. c.a.c.



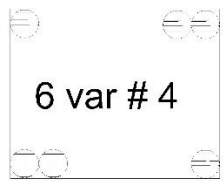
TRABE 6					
b	30				
H	70				
d	65				
F'c	250				
Fy	4200				
FC	1.4				
1.-Diseño por flexión					
Vu(+)	8.98996	ton	Mu(+)	10.256946	ton
Vu(-)	8.8277	ton	Mu(-)	1.59985	ton
2.-Cálculo constantes de diseño		3.- Cálculo de porcentaje de acero			
f'c	212.5	kg/cm2	p min	0.002635231	
			pmax	0.025297619	
4.- Porcentaje de acero necesario para M(+)			4.- Porcentaje de acero necesario para M(-)		
p nec	0.002188127		p nec	0.000335027	
<i>Verificando si el acero fluye para M(+)</i>			<i>Verificando si el acero fluye para M(-)</i>		
p min	0.002635231	Rige	p min	0.002635231	Rige
As	5.138701198	cm2	As	5.138701198	cm2
Var #6	2.85	cm2	Var #6	2.85	cm2
N	1.803053052	Var	N	1.803053052	Var
2 Varillas de # 6			2 Varillas de #6		
1.-Diseño por cortante de la viga					
a) En los extremos			b) En el centro		
VCR	4.795729114	ton	VCR	4.393589474	ton
Vu	6.714020759	ton	Vu	6.151025263	ton
b) Cortante que reciste el acero VCR y p			b) Cortante que reciste el acero VCR y p		
p	0.002635231		p	2.6352E-03	
Revisando peralte (H/B)	no hay reducción		Revisando peralte (H/B)	no hay reducción	
VCR	5843.581078	kg/cm2	VCR	5387.515554	kg/cm2
VCR	10659.70893	kg/cm2	VCR	10659.70893	kg/cm2
Rige "VCR"	4090.506755	kg/cm2	Rige "VCR"	3771.260888	kg/cm2
c) Cálculando las separaciones			c) Cálculando las separaciones		
Etribo del 2.5	0.49	cm2	Etribo del 2.5	0.49	cm2
S1	76.48329669	cm	S1	84.31717109	cm
S2	29.4	cm	S2	29.4	cm
d) Separación máxima.			d) Separación máxima.		
S max	32.5	cm	S max	32.5	cm
VCR<Vu	Correcto		VCR<Vu	Correcto	
Vu <	34686.23308	kg	Vu <	31979.1268	kg
6714.020759	Correcto		6151.025263	Correcto	
Vu < V máx	Correcto		Vu < V máx	Correcto	
Rige "S"	30	cm	Rige "S"	30	cm
Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 30 cm. c.a.c.			Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 30 cm. c.a.c.		

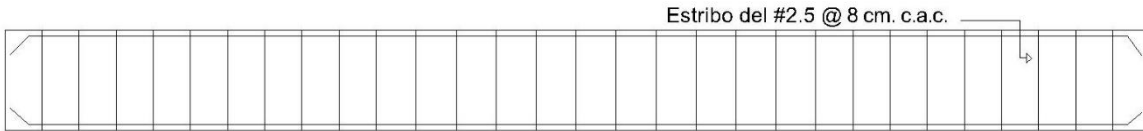


Estribo del #2.5 @ 30 cm. c.a.c.

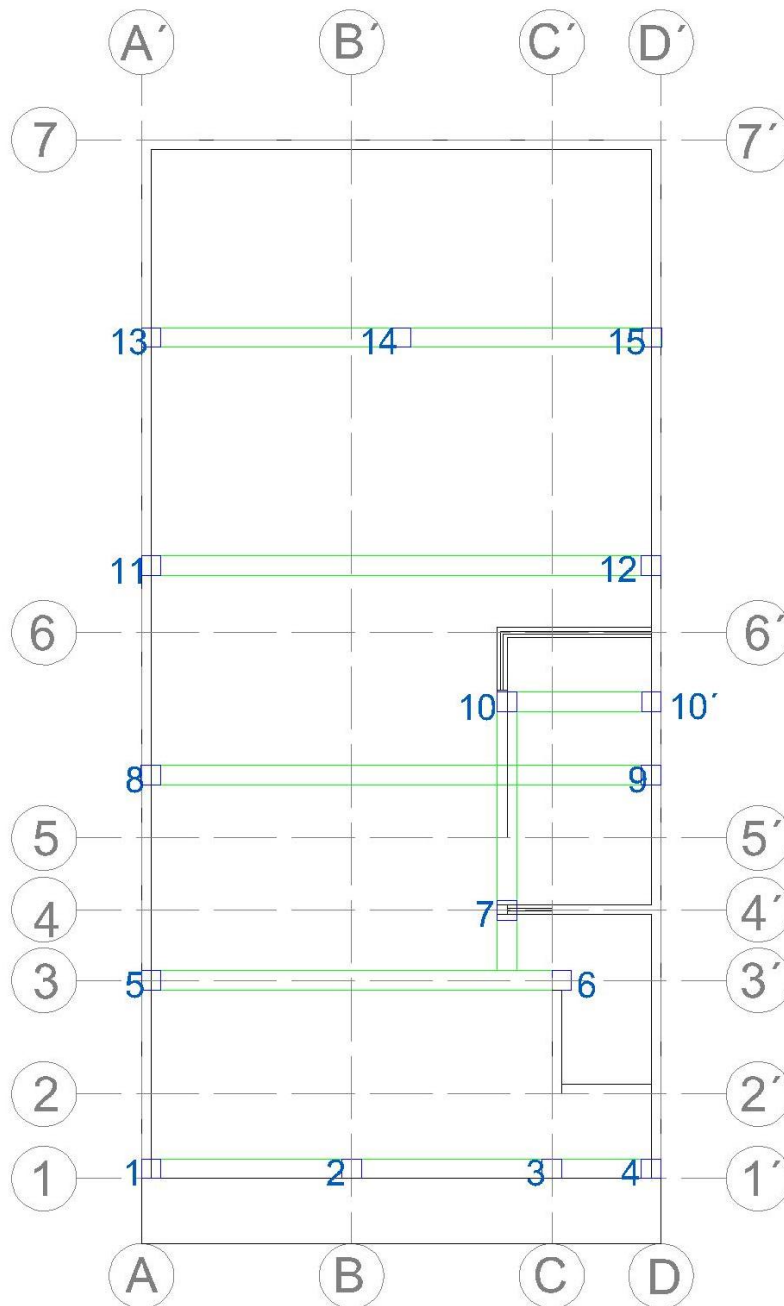


TRABE 7			
b	32		
H	40		
d	35		
F'c	250		
Fy	4200		
FC	1.4		
1.-Diseño por flexión			
Vu(+)	1.89042 ton	Mu(+)	0.553 ton
Vu(+)	1.7878 ton	Mu(-)	1.12014 ton
2.-Cálculo constantes de diseño		3.- Cálculo de porcentaje de acero	
f'c	212.5 kg/cm2	p min	0.002635231
		pmax	0.025297619
4.- Porcentaje de acero necesario para M(+)		4.- Porcentaje de acero necesario para M(-)	
p nec	0.000374592	p nec	0.000761686
Verificando si el acero fluye para M(+)		Verificando si el acero fluye para M(-)	
p min	0.002635231 Rige	p min	0.002635231 Rige
As	2.951459149 cm2	As	2.951459149 cm2
Var #4	1.22 cm2	Var #4	1.22 cm2
N	2.419228811 Var	N	2.419228811 Var
3 Varillas de #1/2		3 Varillas de #1/2	
1.-Diseño por cortante de la viga			
a) En los extremos		a) En los extremos	
VCR	1.058343243 ton	VCR	0.8001 ton
Vu	1.481680541 ton	Vu	1.12014 ton
b) Cortante que reciste el acero VCR y p		b) Cortante que reciste el acero VCR y p	
p	0.002635231	p	0.002635231
Revisando peralte (H/B)	no hay reducción	Revisando peralte (H/B)	no hay reducción
VCR	3356.313235 kg/cm2	VCR	3094.367908 kg/cm2
VCR	6122.49949 kg/cm2	VCR	0 kg/cm2
Rige "VCR"	3356.313235 kg/cm2	Rige "VCR"	3094.367908 kg/cm2
c) Cálculando las separaciones		c) Cálculando las separaciones	
Etribo del 2.5	0.49 cm2	Etribo del 2.5	0.49 cm2
S1	-57.6352906 cm	S1	-54.72772397 cm
S2	27.5625 cm	S2	27.5625 cm
d) Separación máxima.		d) Separación máxima.	
S max	8.75 cm	S max	8.75 cm
VCR>Vu	Correcto	VCR>Vu	Correcto
Vu <	19922.34926 kg	Vu <	18367.49847 kg
1481.680541	Correcto	1120.14	Correcto
Vu < V máx	Correcto	Vu < V máx	Correcto
Rige "S"	8 cm	Rige "S"	8 cm
Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 8 cm. c.a.c.		Se usaran estribos en dos ramas de var . #2.5 @ 8 cm. c.a.c.	





A continuación, se presenta un plano con la numeración de las columnas con las que cuenta la edificación.




Figuras 5.13. Numeración de columnas.

Fuente: Propia.

Las columnas se diseñaron por el método de flexo compresión uniaxial utilizando los diagramas de interacción propuestos por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. A continuación, se muestra una hoja de cálculo, con los procedimientos necesarios para la revisión de columnas, mediante el software de SAP, además se explicarán los pasos a seguir y posteriormente un resumen de las demás columnas.

COLUMNA 1



b	34	cm
h	34	cm
r	4	cm
d	30	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	5.512	ton
M	0.4053	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	7716.8	KG	k	0.03926725	
MU	56743.4	KG*CM	R	0.00849239	
2.- Cálculo de constantes de diseño			3.- Cálculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	7.35322932	cm
			e/h	0.21627145	
4.- Cálculo del porcentaje de acero			5.- Cálculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	11.56	cm2
6.- Cálculo del número de varillas					
Var #4	1.22				cm2
N	9.475409836				
9 Varillas del #4					

Tolerancia -5% Se acepta

Como ya se mencionó los valores de P y M se obtuvieron de los diagramas del programa Sap2000.

Para determinar la carga última "Pu" y el momento último "Mu" es necesario que los términos "P y M" se multipliquen por un factor de carga de 1.4 (Fc=1.4)

Las constantes de diseño se calcularán de la siguiente manera:

$$f * c = 0.8 f'c$$

$$f''c = 0.85 f * c$$

Fórmula para el cálculo de los valores de R y k se tiene que:

$$K = \frac{Pu}{FR b h f''c}$$

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

Ecuaciones para el cálculo de la excentricidad:

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

$$e/h$$

Una vez obtenidos los valores de k, R y e/h se puede graficar en los diagramas de interacción de la UNAM para conocer el valor de la cuantía de acero (q).

Ecuación para el cálculo del porcentaje de acero y el área de acero.

$$p = q \frac{f''c}{fy}$$

Se debe de cumplir que $p > 0.01$, en el caso contrario de que el porcentaje de acero fuera menor a este valor, entonces se utilizó el *p min* en el cálculo del área de acero.

$$As = pbh$$

Ecuación para obtener el número de varillas:

$$N = \frac{As}{ao}$$

El cálculo de estribos se calculó directamente con una formula. Esto debido a que las cargas del cortante de la columna no son excesivamente grandes.

$$S \max = \frac{h}{2}$$

Con lo anterior establecido no es necesario enunciar el procedimiento para cada columna por lo que a continuación, se muestran los resultados obtenidos a manera

COLUMNA 2

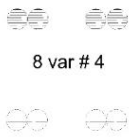


b	34	cm
h	34	cm
r	4	cm
d	30	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	6.6035	ton
M	0.0894	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión				
PU	9244.9	KG	k	0.04704305
MU	12518.8	KG*CM	R	0.0018736
2.- Calculo de constantes de diseño		3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	1.35413039 cm
			e/h	0.03982736
4.- Calculo del porcentaje de acero		5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple
p	0.01011905		As	11.56 cm2
6.- Calculo del numero de varillas				
Var #4	1.22			cm2
N	9.475409836			
9 Varillas del #4				

Tolerancia -5% Se acepta

COLUMNA 3

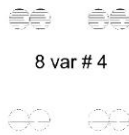


b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	4.0966	ton
M	0.115	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión				
PU	5735.24	KG	k	0.03748523
MU	16093	KG*CM	R	0.0035061
2.- Calculo de constantes de diseño		3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	2.80598545 cm
			e/h	0.09353285
4.- Calculo del porcentaje de acero		5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple
p	0.01011905		As	9 cm2
6.- Calculo del numero de varillas				
Var #4	1.22			cm2
N	7.37704918			
8 Varillas del #4				

Tolerancia 8% Se acepta

COLUMNA 4



b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	4.3534	ton
M	0.0803	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión				
PU	6094.76	KG	k	0.03983503
MU	11237.8	KG*CM	R	0.00244832
2.- Calculo de constantes de diseño		3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	1.84384619 cm
			e/h	0.06146154
4.- Calculo del porcentaje de acero		5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple
p	0.01011905		As	9 cm2
6.- Calculo del numero de varillas				
Var #4	1.22			cm2
N	7.37704918			
8 Varillas del #4				

Tolerancia 8% Se acepta

de tablas.

COLUMNA 5



8 var # 4



b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	10.314	ton
M	1.16	ton*m
F.C	1.4	

COLUMNA 6



8 var # 4



b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	4.5503	ton
M	0.7441	ton*m
F.C	1.4	

COLUMNA 7



8 var # 4



b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	17.925	ton
M	0.4968	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión				
PU	14439.6	KG	k	0.09437647
MU	162397.2	KG*CM	R	0.03538065
2.- Calculo de constantes de diseño		3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	11.246655 cm
			e/h	0.3748885
4.- Calculo del porcentaje de acero		5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple
p	0.01011905		As	9 cm2
6.- Calculo del numero de varillas				
Var #4	1.22			cm2
N	7.37704918			
8 Varillas del #4				

Tolerancia 8% Se acepta

1.- Diseño por flexión				
PU	6370.42	KG	k	0.04163673
MU	104169.8	KG*CM	R	0.02269495
2.- Calculo de constantes de diseño		3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	16.3521087 cm
			e/h	0.54507029
4.- Calculo del porcentaje de acero		5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple
p	0.01011905		As	9 cm2
6.- Calculo del numero de varillas				
Var #4	1.22			cm2
N	7.37704918			
8 Varillas del #4				

Tolerancia 8% Se acepta

1.- Diseño por flexión				
PU	25094.58	KG	k	0.16401686
MU	69550.6	KG*CM	R	0.01515264
2.- Calculo de constantes de diseño		3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	2.77153871 cm
			e/h	0.09238462
4.- Calculo del porcentaje de acero		5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple
p	0.01011905		As	9 cm2
6.- Calculo del numero de varillas				
Var #4	1.22			cm2
N	7.37704918			
8 Varillas del #4				

Tolerancia 8% Se acepta

COLUMNA 8



8 var # 4

b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²
P	13.202	ton
M	3.0967	ton*m
F.C	1.4	

COLUMNA 9



9 var # 4

b	34	cm
h	34	cm
r	4	cm
d	30	cm
f'c	250	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²
P	14.558	ton
M	3.9315	ton*m
F.C	1.4	

COLUMNA 10



9 var # 4

b	30	cm
h	38	cm
r	4	cm
d	34	cm
f'c	250	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²
P	8.2446	ton
M	0.3745	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	18482.94	KG	k	0.12080353	
MU	433533.8	KG*CM	R	0.09445181	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f''c	212.5	kg/cm ²	e	23.4558896	cm
			e/h	0.78186299	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	9	cm ²
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm ²
N	7.37704918				
8 Varillas del #4					

Tolerancia 8% Se acepta

1.- Diseño por flexión					
PU	20381.76	KG	k	0.10371341	
MU	550410	KG*CM	R	0.08237599	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f''c	212.5	kg/cm ²	e	27.005028	cm
			e/h	0.79426553	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	11.56	cm ²
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm ²
N	9.475409836				
9 Varillas del #4					

Tolerancia -5% Se acepta

1.- Diseño por flexión					
PU	11542.44	KG	k	0.05955851	
MU	52427.2	KG*CM	R	0.007119	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f''c	212.5	kg/cm ²	e	4.54212454	cm
			e/h	0.11952959	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	11.4	cm ²
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm ²
N	9.344262295				
9 Varillas del #4					

Tolerancia -4% Se acepta

COLUMNA 10'



b	18	cm
h	25	cm
r	4	cm
d	21	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	3.0386	ton
M	0.3745	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	4254.04	KG	k	0.05560837	
MU	52427.2	KG*CM	R	0.02741292	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f''c	212.5	kg/cm2	e	12.3240966	cm
			e/h	0.49296386	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	4.5	cm2
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm2
N	3.68852459				
4 Varillas del #4					

Tolerancia 8% Se acepta

COLUMNA 11

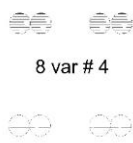


b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	13.394	ton
M	2.9635	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	18751.46	KG	k	0.12255856	
MU	414890	KG*CM	R	0.09038998	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f''c	212.5	kg/cm2	e	22.1257438	cm
			e/h	0.73752479	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	9	cm2
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm2
N	7.37704918				
4 Varillas del #4					

Tolerancia 8% Se acepta

COLUMNA 12



b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	13.217	ton
M	2.9025	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	18503.24	KG	k	0.12093621	
MU	406350	KG*CM	R	0.08852941	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f''c	212.5	kg/cm2	e	21.9610187	cm
			e/h	0.73203396	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	9	cm2
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm2
N	7.37704918				
8 Varillas del #4					

Tolerancia 8% Se acepta

COLUMNA 13



8 var # 4



b	30	cm
h	30	cm
r	4	cm
d	26	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	4.9615	ton
M	0.6258	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	6946.1	KG	k	0.04539935	
MU	87612	KG*CM	R	0.01908758	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	12.613121	cm
			e/h	0.42043737	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	9	cm2
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm2
N	7.37704918				
8 Varillas del #4					

Tolerancia 8% Se acepta

COLUMNA 14



5 var # 4

b	25	cm
h	25	cm
r	4	cm
d	21	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	5.478	ton
M	0.0007	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	7669.2	KG	k	0.07218071	
MU	95.2	KG*CM	R	0.00003584	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	0.01241329	cm
			e/h	0.00049653	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	6.25	cm2
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #6	1.22				cm2
N	5.12295082				
5 Varillas del #4					

Tolerancia -2% Se acepta

COLUMNA 15



5 var # 4

b	25	cm
h	25	cm
r	4	cm
d	21	cm
f'c	250	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
P	4.9651	ton
M	0.6246	ton*m
F.C	1.4	

1.- Diseño por flexión					
PU	6951.14	KG	k	0.06542249	
MU	87438.4	KG*CM	R	0.03291799	
2.- Calculo de constantes de diseño			3.- Calculo de la excentricidad		
f'c	212.5	kg/cm2	e	12.5790014	cm
			e/h	0.50316006	
4.- Calculo del porcentaje de acero			5.- Calculo del porcentaje de acero		
q	0.2		p>p min	Cumple	
p	0.01011905		As	6.25	cm2
6.- Calculo del numero de varillas					
Var #4	1.22				cm2
N	5.12295082				
5Varillas del #4					

Tolerancia -2% Se acepta

5.5. Revisión de la cimentación.

Para realizar la revisión de la cimentación se presenta a continuación un plano, indicando donde se ubican las zapatas aisladas, cabe mencionar las zapatas que existen son de centro.

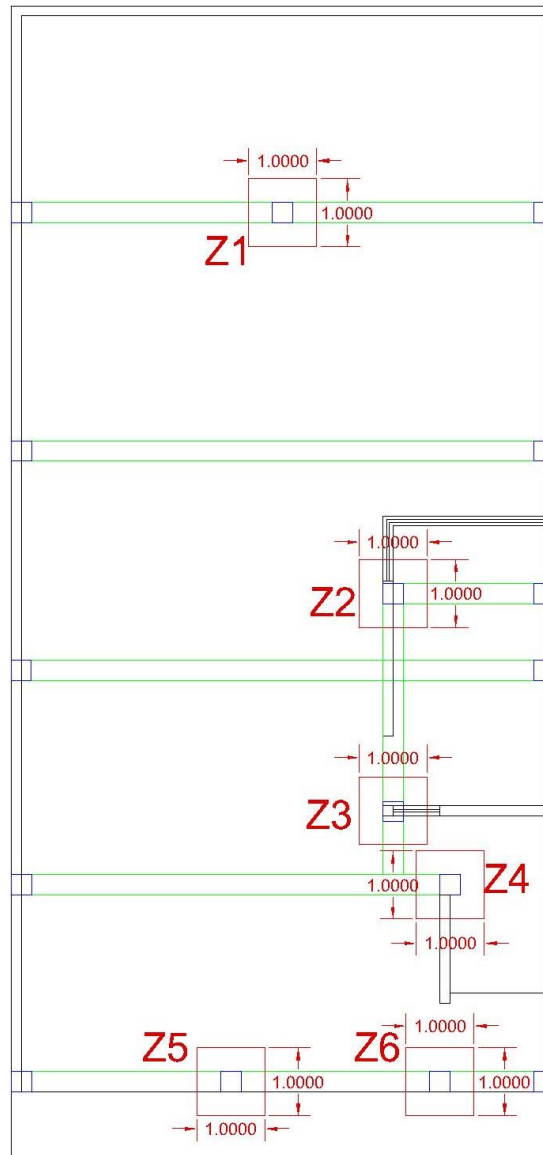


Figura 5.14. Zapatas aisladas de 1 x 1 m. con varilla de 3/8 @ 15cm. c. a. c.

Fuente: Propia

Para determinar el diseño de las zapatas fue necesario, apoyarse de una hoja de cálculo, en la cual se incluyen fórmulas para la determinación del dimensionamiento, en las que se incluyen 3 tipos de combinaciones diferentes, una con carga viva más carga muerta (CV+CM) y otras dos afectadas con sismo en "x" (Sx) y sismo en "y" (Sy), además de otros factores, cabe mencionar que todas las zapatas son de la misma medida, 1m x 1m x 0.20m, a continuación se muestra la descripción de la simbología presentada en la hoja de cálculo que aparecerá posterior a esta:

Cx = dimensión de la columna sobre el eje "x"

Cy= dimensión de la columna sobre el eje "y"

qr= capacidad de carga del terreno

γs= peso volumétrico del suelo

Df= profundidad de cimiento

P= carga axial

Ws= peso real

Az= área requerida de zapata

B= base

L= largo

La determinación de cada símbolo se especifica en la hoja de cálculo que se presenta a continuación, así como valores adicionales que se requieren para la misma.

Datos iniciales		
Estructura	A	
f'c	250	kg/cm ²
f*c	200	kg/cm ³
Cx	30	cm
Cy	25	cm
qr	7	t/m ²
γs	2	t/m ³
Df	1.2	m

Datos de analisis		
a) CM+CV		
P	4.45	t
Mx	0.01	t*m
My	0.03	t*m
b) Sismo en X		
Psx	4.89	t
Msx	0.23	t*m
c) Sismo en Y		
Psy	4.89	t
Msy	0.08	t*m

1.- Descarga total (ton)					
Combinación	P'	Ws= 0.2*P	Peq=1.5(Mx+My)	PT=P+Ws+Peq	"PT" RIGE
a) CM+CV	4.45	2.225	0.06	6.735	inciso b
b) CM+CV+Sismo X+30%Sismo Y	10.807	6.72	0.441	17.968	17.968
c) CM+CV+30% Sismo X+ Sismo Y	10.807	5.4035	0.2835	16.494	
2.- Dimensionamiento					
$Az=PT/qrs$	1.92997	m ²	$B = \sqrt{\frac{AZ}{\frac{Cx}{Cy}}}$	1	m
$qrs= 1.33*qr$	9.31	t/m ²	$L = \frac{Cx}{Cy} B$	1	m
3.-Revisión de la presión sobre el terreno					
$ey=(My+30%Msy)/P'+Ws$	0.00308	m	qrs	<=	$\frac{P' + Ws}{B' + L'}$
$ex= (Mx+Msx)/p'+Ws$	0.01369	m			$\frac{18.132}{18.132}$
$B' = B-2ey$	0.99384	m	9.31		
$L' = L-2ex$	0.97261	m	NO SE ACEPTA, ¡CAMBIO DE DIMENSIONES!		

El resultado del cálculo que se acaba de apreciar, muestra que la dimensión con la que cuentan la zapata número 1 es insuficiente, por lo tanto, sus medidas deberían ser de 1.4x1.4m. para que la sección fuera adecuada, sin embargo, se continuo con la revisión, verificando por esfuerzo cortante de diseño y por flexión, a continuación, se muestran los resultados:

4.- Presión de diseño			5.- Peralte por cortante como viga ancha		
Factor de carga "Fc"	1.1	Sismo	$lx = (L-Cx)/2$	0.35	m
$qnu = fc(P'/B'L')$	12.2156	ton/m2	$ly = (B-Cx)/2$	0.375	m
qnu=	1.22156	kg/cm2	$VCR = 0.5FR\sqrt{f * c}$	5.66	kg/cm2
			$d \geq \frac{qnu l}{VCR + qnu}$	6.22	cm
6.- Peralte por penetración					
$(qnu+4vcr)d^2 + [(qnu+2VCR)(Cx+Cy)] + qnuCx - FcP = 0$				Resolviendola ecuación "d"	
VCR				d1	3.101809502
$FR*((F*c)^{(1/2)})$	9.89949	kg/cm2	Rige	d2	-31.42477102
$FR(0.5+(C1/C2))*(F*c)^{(1/2)}$	13.1993	kg/cm2		d Total (cm)	8
				H (cm)	13
7.- Comprobando si hay transmisión de momento					
$Af = (Cx+d)*(Cy+d)$	0.1254	m2	Para que exista transmision debe cumplir que:		
$Vu = FcP' - Af*qnu$	10.3559	t	Mu > 0.2Vud		
Transmisión en "X"			Transmisión en "Y"		
$Mux = FcMx'$	0.264	t*m	$Muy = Fc*0.3My'$	0.0594	t*m
0.2Vud	0.16569	t*m	0.2Vud	0.17	t*m
¡Existe transmisión de momento en X!			¡No existe transmisión de momento en Y!		
Cálculo del esfuerzo cortante de diseño					
En donde: $Vu = \frac{Vu}{b_o d} + \frac{\alpha x * Mu * C_{AB}}{J_{cx}} + \frac{\alpha y * Muy * C_{CD}}{J_{cy}}$					
$b_o = (Cx+Cy+2d)^2$	1.4	m	$C_{AB} = \frac{Cx + d}{2} = 0.19$	$C_{CD} = \frac{Cy + d}{2} = 0.165$	
$\alpha x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cx+d}{Cy+d}}}$	0.4183		$\alpha y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cy+d}{Cx+d}}}$	0.384375593	
$J_{cx} = \frac{d(Cx+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cx+d)}{6} + \frac{d(Cy+d)(Cx+d)^2}{2}$				0.002670133	m4
$J_{cy} = \frac{d(Cy+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cy+d)}{6} + \frac{d(Cx+d)(Cy+d)^2}{2}$				0.0021626	m4
Por lo tanto	$Vu =$	100.76	t/m2	$Vu =$	10.08 kg/cm2
Comprobando que VCR >= Vu					
VCR	9.89949	kg/cm2	∴	¡ VU > VCR !	
Vu	10.08	kg/cm2			
Verificando tolerancia	$T = \left(1 - \frac{Vu}{VCR}\right)$		-1.78%	¡Se acepta!	

Revisión del peso real			
Relleno= ((2*L)-(Cx*Cy))*1.1*1.4t/m2			10.395 t
Dado= Cx*Cy*(Df-d)*2.4 t/m3			0.1926 t
Zapata= B*L*d*2.4 t/m3			0.312 t
Plantilla = B*L*0.05m*2.2t/m3			0.11 t
W real			11.0096 t
Verificando Tolerancia			
$T = \left(1 - \frac{Ws}{W_{real}}\right) * 100$	9%	¡Se acepta!	
8.- Diseño por flexión			
Dirección en "X"		Dirección en "Y"	
$Mu = \frac{qnulx^2}{2}$	0.7492 t*m	$Mu = \frac{qnuly^2}{2}$	0.86005586 t*m
$e = \frac{f''c}{fy} \left\{ 1 - \sqrt{-1 - \frac{2Mu}{FRbd^2f''c}} \right\}$	0.00323 Rige	$e = \frac{f''c}{fy} \left\{ 1 - \sqrt{-1 - \frac{2Mu}{FRbd^2f''c}} \right\}$	0.003726685 Rige
$emín = \frac{0.7\sqrt{f''c}}{fy}$	0.00264	$emín = \frac{0.7\sqrt{f''c}}{fy}$	0.002635231
AS =ebd	2.58034 cm2/m	AS =ebd	2.580336638
Proponiendo varilla	3	Proponiendo varilla	3
$S = \frac{100a_o}{As}$	27.5158 cm	$S = \frac{100a_o}{As}$	27.51578958 cm
S	28 cm	s	28 cm
Economía del concreto			
recubrimiento	5 cm		
12 veces diametro de la varilla (12db)	0.9525 cm		
H' = (2rec.+12 db)	21.43 cm		
H' Total	25 cm		
<p>PLANTA</p>		<p>CORTE A-A</p>	

Al seguir con los cálculos de las zapatas siguientes, se encontró el mismo error como se observó en la zapata número 1, el cual indica que la carga que se le transmite es mayor que la capacidad de carga del terreno y las dimensiones deberían de ser mayores, en todos los casos sin excepción pasó lo mismo Z2, Z3, Z4, Z5 Y Z6, a continuación, se muestra un resumen del resultado de cada zapata confirmando lo antes mencionado:

Zapata 2:

Datos Iniciales		1.- Descarga total (ton)					
Estructura	A	Combinación	P'	Ws= 0.2*P	Peq=1.5*(Mx+My)	PT=P+Ws+Peq	"PT" RIGE
f'c	250 kg/cm ²	a) CM+CV	8.4	4.2	0.1095	12.7095	inciso c
f*c	200 kg/cm ²	b) CM+CV+Sismo X+30% Sismo Y	19.608	6.6192	1.062	27.2892	31.667
Cx	34 cm	c) CM+CV+30% Sismo X+ Sismo Y	19.734	11.06	0.873	31.667	
Cy	34 cm	2.- Dimensionamiento					
qr	7 t/m ²	Az=PT/qrs	3.4014	m ²	$B = \frac{AZ}{\sqrt{\frac{C_x}{C_y}}}$	1	m
Ys	2 t/m ³	qrs= 1.33*qr	9.31	t/m ²	$L = \frac{C_x}{C_y} B$	1	m
Df	1.2 m	3.-Revisión de la presión sobre el terreno					
Datos de analisis		ey=(My+30%Msy)/p'+Ws	0.01601	m	qrs	<=	$\frac{P' + Ws}{B' + L'}$
a) CM+CV		ex=(Mx+30%Msx)/p'+Ws	0.00618	m	9.31		32.211
P	8.4 t	B'= B-2ey	0.96797	m		NO SE ACEPTA, ¡CAMBIO DE DIMENSIONES!	
Mx	0 t*m	L'= L-2ex	0.98765	m			
My	0.07 t*m	4.- Presión de diseño		5.- Peralte por cortante como viga ancha			
b) Sismo en X	Psx= 8.58 t	Factor de carga "Fc"	1.1	Sismo	lx = (L-Cx)/2		0.33 m
Msx	0.53 t*m	qnu= fc(P'/B'L')	22.7061	ton/m ²	ly = (B-Cx)/2		0.33 m
c) Sismo en Y	Psy= 8.76 t	qnu=	2.27061	kg/cm ²	VCR = 0.5FR√f*c		5.66 kg/cm ²
Msy	0.35 t*m				$d \geq \frac{qnu l}{VCR + qnu}$		9.45 cm
6.- Peralte por penetración							
$(qnu+4vcr)d \geq \{(qnu+2VCR)\}(Cx+Cy) + qnu Cx Cy - Fc P = 0$						Resolviendola ecuación "d"	
VCR						d1	3.96856651
FR*(F*C)^(1/2)						d2	-39.8124521
FR(0.5+(C1/C2))*(F*c)^(1/2)						d Total (cm)	10
						H (cm)	15
7.-Comprobando si hay transmisión de momento							
Af = (Cx+d)*(Cy+d)		0.1936 m ²		Para que exista transmisión debe cumplir que:			
Vu = FcP'-Af*qnu		17.3115 t		Mu > 0.2Vud			
Transmisión en "X"				Transmisión en "Y"			
Mux = Fc*0.3M'y		0.1782 t*m		Muy = Fc*M'y'		0.462 t*m	
0.2Vud		0.34623 t*m		0.2Vud		0.35 t*m	
¡No existe transmisión de momento en X!				¡Existe transmisión de momento en Y!			
Cálculo del esfuerzo cortante de diseño							
$Vu = \frac{Vu}{b_o d} + \alpha x \frac{Mu * C_{AB}}{J_{CX}} + \alpha y \frac{Mu y * C_{CD}}{J_{CY}}$							
En donde:							
bo = (Cx+Cy+2d) ²		1.8 m		$C_{AB} = \frac{Cx+d}{2} = 0.22$		$C_{CD} = \frac{Cy+d}{2} = 0.22$	
$\alpha x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cx+d}{Cy+d}}}$		0.4012		$\alpha y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cy+d}{Cx+d}}}$		0.4011976	
$J_{cx} = \frac{d(Cx+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cx+d)}{6} + \frac{d(Cy+d)(Cx+d)^2}{2}$						0.005752267 m ⁴	
$J_{cy} = \frac{d(Cy+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cy+d)}{6} + \frac{d(Cx+d)(Cy+d)^2}{2}$						0.005752267 m ⁴	
Por lo tanto		Vu = 108.18 t/m ²		Vu = 10.82 kg/cm ²			
Comprobando que VCR >= Vu							
VCR		9.89949 kg/cm ²		•••		Vu > VCR!	
Vu		10.82 kg/cm ²					
Verificando tolerancia		$T = \left(1 - \frac{Vu}{VCR}\right)$		-9.28%		¡Se acepta!	

Zapata 3:

1.- Descarga total (ton)					
Combinación	P'	Ws= 0.2*P	Peq=1.5(Mx+My)	PT=P+Ws+Peq	"PT" RIGE inciso b
a) CM+CV	8.5356	4.2678	0.15	12.9534	27.8061
b) CM+CV+Sismo X+30%Sismo Y	19.7436	6.96	1.1025	27.8061	
c) CM+CV+30% Sismo X+ Sismo Y	19.8696	3.97392	0.9135	24.75702	
2.- Dimensionamiento					
Az=PT/qrs	2.98669	m ²	$B = \sqrt{\frac{AZ}{\frac{Cx}{Cy}}}$	1	m
qrs= 1.33*qr	9.31	t/m ²	$L = \frac{Cx}{Cy} B$	1	m
3.-Revisión de la presión sobre el terreno					
ey=(My+30%Msy)/P'+Ws	0.00655	m	qrs	<=	$\frac{P' + Ws}{B' + L'}$
ex=(Mx+Msx)/p'+Ws	0.02097	m			9.31
B' = B-2ey	0.98689	m	NO SE ACEPTA, ¡CAMBIO DE DIMENSIONES!		
L' = L-2ex	0.95806	m			
4.- Presión de diseño			5.- Peralte por cortante como viga ancha		
Factor de carga "Fc"	1.1	Sismo	$lx = (L-Cx)/2$	0.33	m
qnu= fc(P'/B'L')	23.1164	ton/m ²	$ly = (B-Cx)/2$	0.33	m
qnu=	2.31164	kg/cm ²	$VCR = 0.5FR\sqrt{f * c}$	5.66	kg/cm ²
			$d \geq \frac{qnu l}{VCR + qnu}$	9.57	cm
6.- Peralte por penetración					
$(qnu+4vcr)d2+[(qnu+2VCR)(Cx+Cy)]+qnuCx-Cy-FcP=0$			Resolviendola ecuación "d"		
VCR			d1	4.017538	
FR*((F*C)^(1/2))	9.89949	kg/cm ²	Rige	d2	-39.8928997
FR(0.5+(C1/C2))*(F*c^(1/2))	14.8492	kg/cm ²		d Total (cm)	10.5
				H (cm)	15.5
7.-Comprobando si hay transmisión de momento					
Af = (Cx+d)*(Cy+d)	0.19803	m ²	Para que exista transmisión debe cumplir que:		
Vu = FcP'-Af*qnu	17.2789	t	Mu > 0.2Vu		
Transmisión en "X"			Transmisión en "Y"		
Mux = FcMx'	0.616	t*m	Muy = Fc*0.3My'	0.1925	t*m
0.2Vu	0.36286	t*m	0.2Vu	0.36	t*m
¡Existe transmisión de momento en X!			¡No existe transmisión de momento en Y!		
Cálculo del esfuerzo cortante de diseño					
En donde: $Vu = \frac{Vu}{b_0 d} + \frac{\alpha x * Mu * C_{AB}}{J_{cx}} + \frac{\alpha y * Muy * C_{CD}}{J_{cy}}$					
bo=(Cx+Cy+2d)2	1.8	m	$C_{AB} = \frac{Cx + d}{2} = 0.2225$	$C_{CD} = \frac{Cy + d}{2} = 0.2225$	
$\alpha x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cx + d}{Cy + d}}}$	0.4012		$\alpha y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cy + d}{Cx + d}}}$	0.4011976	
$J_{cx} = \frac{d(Cx + d)^3}{6} + \frac{d^3(Cx + d)}{6} + \frac{d(Cy + d)(Cx + d)^2}{2}$				0.006254336	m ⁴
$J_{cy} = \frac{d(Cy + d)^3}{6} + \frac{d^3(Cy + d)}{6} + \frac{d(Cx + d)(Cy + d)^2}{2}$				0.006254336	m ⁴
Por lo tanto	Vu =	103.99	t/m ²	Vu=	10.40 kg/cm ²
Comprobando que VCR >= Vu					
VCR	9.89949	kg/cm ²	∴	¡Incorrecto!	
Vu	10.40	kg/cm ²			
Verificando tolerancia	$T = \left(1 - \frac{Vu}{VCR}\right)$		-5.05%	¡Se acepta!	

Zapata 4.-

Datos iniciales			1.- Descarga total (ton)					
Estructura	A		Combinación	P'	Ws=0.2*P	Peq=1.5(Mx+My)	PT=P+Ws+Peq	"PT" RIGE
f'c	250	kg/cm2	a) CM+CV	0.38	0.19	0.75	1.32	inciso c
f*c	200	kg/cm3	b) CM+CV+Sismo X+30%Sismo Y	11.617	5.8085	1.59	19.0155	19.71018
Cx	30	cm	c) CM+CV+30% Sismo X+ Sismo Y	11.568	6.59418	1.548	19.71018	
Cy	30	cm	2.- Dimensionamiento					
qr	7	t/m2	Az=PT/qls	2.1171	m2	$B = \sqrt{\frac{AZ}{\frac{Cx}{Cy}}}$	1	m
γs	1.2	t/m3	qls= 1.33*qr	9.31	t/m2	$L = \frac{Cx}{Cy} B$	1	m
Df	1.2	m	3.-Revisión de la presión sobre el terreno					
			ey=(My+30%Msy)/P'+Ws	0.02812	m	qls	<=	$\frac{P' + Ws}{B' + L'}$
			ex= (Mx+30%Msx)/p'+Ws	0.0311	m			
			B'= B-2ey	0.94376	m	9.31		19.689
			L'= L-2ex	0.93779	m	NO SE ACEPTA, ¡CAMBIO DE DIMENSIONES!		
Datos de analisis			4.- Presión de diseño			5.- Peralte por cortante como viga ancha		
a) CM+CV			Factor de carga "Fc"	1.1	Sismo	lx = (L-Cx)/2		0.35 m
P	0.38	t	qnu= fc(P'/B'L')	14.4384	ton/m2	ly= (B-Cx)/2		0.35 m
Mx	0.41	t*m	qnu=	1.44384	kg/cm2	VCR = 0.5FR√f*c		5.66 kg/cm2
My	0.09	t*m				$d \geq \frac{qnu l}{VCR + qnu}$		7.12 cm
b)Sismo en X			6.- Peralte por penetración					
Psx	8.66	t	(qnu+4vcr)d2+[(qnu+2VCR)(Cx+Cy)]+qnuCx-Cy-FcP=0			Resolviendola ecuación "d"		
Msx	0.44	t*m	VCR			d1		7.29347221
c)Sismo en Y			FR*((F*C)^(1/2))	9.89949	kg/cm2	Rige	d2	-38.3488619
Psy	8.59	t	FR(0.5+(C1/C2))*(F*c^(1/2))	14.8492	kg/cm2		d Total (cm)	9
Msy	0.4	t*m				H (cm)		14
			7.-Comprobando si hay transmisión de momento					
			Af = (Cx+d)*(Cy+d)	0.1521	m2	Para que exista transmision debe cumplir que:		
			Vu = FcP'-Af*qnu	10.5826	t	Mu > 0.2Vud		
			Transmisión en "X"			Transmisión en "Y"		
			Mux = Fc*0.3M'y	0.5962	t*m	Muy = Fc*My'		0.539 t*m
			0.2Vud	0.19049	t*m	0.2Vud		0.19 t*m
			¡Existe transmisión de momento en X!			¡Existe transmisión de momento en Y!		
			Cálculo del esfuerzo cortante de diseño					
			$Vu = \frac{Vu}{b_0 d} + \frac{\alpha x * Mu * C_{AB}}{J_{cx}} + \frac{\alpha y * Mu y * C_{CD}}{J_{cy}}$					
			En donde:					
			bo= (Cx+Cy+2d)2	1.6	m	$C_{AB} = \frac{Cx + d}{2} = 0.195$	$C_{CD} = \frac{Cy + d}{2} = 0.195$	
			$\alpha x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cx + d}{Cy + d}}}$	0.4012		$\alpha y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cy + d}{Cx + d}}}$		0.4011976
			$J_{cx} = \frac{d(Cx + d)^3}{6} + \frac{d^3(Cx + d)}{6} + \frac{d(Cy + d)(Cx + d)^2}{2}$					0.003606525 m4
			$J_{cy} = \frac{d(Cy + d)^3}{6} + \frac{d^3(Cy + d)}{6} + \frac{d(Cx + d)(Cy + d)^2}{2}$					0.003606525 m4
			Por lo tanto	Vu =	100.00	t/m2	Vu=	10.00 kg/cm2
			Comprobando que VCR >= Vu					
			VCR	9.89949	kg/cm2	∴		VU>VCR
			Vu	10.00	kg/cm2			¡Se acepta!
			Verificando tolerancia	$T = \left(1 - \frac{Vu}{VCR}\right)$		-1.02%		

Zapata 5.-

Datos iniciales		1.- Descarga total (ton)					
Estructura	A	Combinación	P'	Ws=0.2*P	Peq=1.5(Mx+My)	PT=P+Ws+Peq	"PT" RIGE
f'c	250 kg/cm ²	a) CM+CV	3.47	1.735	0.15	5.355	inciso b
f*c	200 kg/cm ³	b) CM+CV+Sismo X+30%Sismo Y	8.368	6.66924	0.2115	15.24874	15.24874
Cx	34 cm	c) CM+CV+30% Sismo X+ Sismo Y	8.361	4.1805	0.264	12.8055	
Cy	34 cm	2.- Dimensionamiento					
qr	7 t/m ²	Az=PT/qr	1.63789	m ²	$B = \sqrt{\frac{AZ}{\frac{Cx}{Cy}}}$	1	m
γs	1.2 t/m ³	qrs=1.33*qr	9.31	t/m ²	$L = \frac{Cx}{Cy} B$	1	m
Df	1.2 m	3.-Revisión de la preesión sobre el terreno					
		ey=(My+30%Msy)/P'+Ws	0.00273	m	qrs	<=	$\frac{P' + Ws}{B' + L'}$
		ex=(Mx+Msx)/p'+Ws	0.00665	m			
		B'=B-2ey	0.99455	m	9.31		15.323
		L'=L-2ex	0.9867	m	NO SE ACEPTA, ¡CAMBIO DE DIMENSIONES!		
		4.- Presión de diseño		5.- Peralte por cortante como viga ancha			
		Factor de carga "Fc"	1.1	Sismo	lx=(L-Cx)/2	0.33 m	
		qnu=fc(P'/B'L')	9.38003	ton/m ²	ly=(B-Cx)/2	0.33 m	
		Psx	3.77	t	qnu=	$VCR = 0.5FR\sqrt{f * c}$	5.66 kg/cm ²
		Msx	0.02	t*m	$d \geq \frac{qnu l}{VCR + qnu}$	4.69 cm	
		c)Sismo en Y		6.- Peralte por penetración			
		Psy	3.76	t	$(qnu+4vcr)d2+[(qnu+2VCR)(Cx+Cy)]+qnuCx-Cy-FcP=0$ → Resolviendola ecuación "d"		
		Msy	0.07	t*m	VCR	d1	5.0310952
					FR*((F*C)^(1/2))	d2	-39.8178553
					FR(0.5+(C1/C2))*(F*c^(1/2))	d Total (cm)	5
						H (cm)	10
		7.-Comprobando si hay transmisión de momento					
		Af=(Cx+d)*(Cy+d)	0.1521	m ²	Para que exista transmisión debe cumplir que:		
		Vu=FcP'-Af*qnu	7.7781	t	Mu > 0.2Vud		
		Transmisión en "X"		Transmisión en "Y"			
		Mux = FcMx'	0.11	t*m	Muy = Fc*0.3My'	0.0451 t*m	
		0.2Vud	0.07778	t*m	0.2Vud	0.08 t*m	
		¡Existe transmisión de momento en X!			¡No existe transmisión de momento en Y!		
		Cálculo del esfuerzo cortante de diseño					
		$Vu = \frac{Vu}{b_0 d} + \frac{\alpha x * Mu * C_{AB}}{J_{cx}} + \frac{\alpha y * Mu y * C_{CD}}{J_{cy}}$					
		En donde:					
		bo=(Cx+Cy+2d)2	1.6	m	$C_{AB} = \frac{Cx+d}{2} = 0.195$	$C_{CD} = \frac{Cy+d}{2} = 0.195$	
		$\alpha x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cx+d}{Cy+d}}}$	0.4012		$\alpha y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cy+d}{Cx+d}}}$	0.4011976	
		$J_{cx} = \frac{d(Cx+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cx+d)}{6} + \frac{d(Cy+d)(Cx+d)^2}{2}$			0.001985425		m ⁴
		$J_{cy} = \frac{d(Cy+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cy+d)}{6} + \frac{d(Cx+d)(Cy+d)^2}{2}$			0.001985425		m ⁴
		Por lo tanto	Vu =	105.83	t/m ²	Vu=	10.58 kg/cm ²
		Comprobando que VCR >= Vu					
		VCR	9.89949	kg/cm ²	∴		VU>VCR
		Vu	10.58	kg/cm ²			
		Verificando tolerancia	$T = \left(1 - \frac{Vu}{VCR}\right)$	-6.91%		¡Se acepta!	

Zapata 6.-

Datos iniciales		1.- Descarga total (ton)					
Estructura	A	Combinación	P'	Ws=0.2*P	Peq=1.5(Mx+My)	PT=P+Ws+Peq	"PT" RIGE
f'c	250 kg/cm2	a) CM+CV	3.77	1.885	0.465	6.12	inciso c
f*c	200 kg/cm3	b) CM+CV+Sismo X+30%Sismo Y	8.812	4.406	0.99	14.208	15.53628
Cx	25 cm	c) CM+CV+30% Sismo X+ Sismo Y	8.686	6.09128	0.759	15.53628	
Cy	25 cm	2.- Dimensionamiento					
qr	7 t/m2	Az=PT/qlrs	1.66877	m2	$B = \sqrt{\frac{AZ}{\frac{Cx}{Cy}}}$	1	m
ys	1.2 t/m3	qlrs=1.33*qr	9.31	t/m2	$L = \frac{Cx}{Cy} B$	1	m
Df	1.2 m	3.- Revisión de la preseión sobre el terreno					
		$ey=(My+30\%Msy)/P'+Ws$	0.00832	m	qlrs	<=	$\frac{P' + Ws}{B' + L'}$
		$ex=(Mx+30\%Msx)/p'+Ws$	0.02996	m			
		$B' = B - 2ey$	0.98336	m	9.31		14.298
		$L' = L - 2ex$	0.94008	m	NO SE ACEPTA, ¡CAMBIO DE DIMENSIONES!		
		4.- Presión de diseño			5.- Peralte por cortante como viga ancha		
		Factor de carga "Fc"	1.1	Sismo	$lx = (L-Cx)/2$	0.375	m
		$qnu = fc(P'/B'L')$	10.4855	ton/m2	$ly = (B-Cx)/2$	0.375	m
		$psx = 3.92$	1.04855	kg/cm2	$VCR = 0.5FR\sqrt{f * c}$	5.66	kg/cm2
		$msx = 0.32$			$d \geq \frac{qnu l}{VCR + qnu}$	5.86	cm
		6.- Peralte por penetración					
		$(qnu+4vcr)d2+[(qnu+2VCR)(Cx+Cy)]+qnuCx-Cy-FcP=0$				Resolviendola ecuación "d"	
		VCR				d1	6.84395432
		$FR*((F*C)^{(1/2)})$	9.89949	kg/cm2	Rige	d2	-32.4888765
		$FR(0.5+(C1/C2))*(F*c)^{(1/2)}$	14.8492	kg/cm2		d Total (cm)	8.5
						H (cm)	13.5
		7.- Comprobando si hay transmisión de momento					
		$Af = (Cx+d)*(Cy+d)$	0.11223	m2	Para que exista transmision debe cumplir que:		
		$Vu = FcP' - Af*qnu$	8.51646	t	$Mu > 0.2Vud$		
		Transmisión en "X"			Transmisión en "Y"		
		$Mux = Fc*0.3M'y$	0.4356	t*m	$Muy = Fc*My'$	0.121	t*m
		$0.2Vud$	0.14478	t*m	$0.2Vud$	0.14	t*m
		¡Existe transmisión de momento en X!			¡No existe transmisión de momento en Y!		
		Cálculo del esfuerzo cortante de diseño					
		$Vu = \frac{Vu}{b_o d} + \frac{\alpha x * Mu * C_{AB}}{J_{cx}} + \frac{\alpha y * Muy * C_{CD}}{J_{cy}}$					
		En donde:					
		$bo = (Cx+Cy+2d)2$	1.3	m	$C_{AB} = \frac{Cx+d}{2} = 0.1675$	$C_{CD} = \frac{Cy+d}{2} = 0.1675$	
		$\alpha x = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cx+d}{Cy+d}}}$	0.4012		$\alpha y = 1 - \frac{1}{1 + 0.67 \sqrt{\frac{Cy+d}{Cx+d}}}$	0.4011976	
		$J_{cx} = \frac{d(Cx+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cx+d)}{6} + \frac{d(Cy+d)(Cx+d)^2}{2}$				0.002164693	m4
		$J_{cy} = \frac{d(Cy+d)^3}{6} + \frac{d^3(Cy+d)}{6} + \frac{d(Cx+d)(Cy+d)^2}{2}$				0.002164693	m4
		Por lo tanto	$Vu = 92.05$	t/m2		$Vu =$	9.21 kg/cm2
		Comprobando que VCR >= Vu					
		VCR	9.89949	kg/cm2	∴	¡Correcto!	
		Vu	9.21	kg/cm2			
		Verificando tolerancia	$T = \left(1 - \frac{Vu}{VCR}\right)$	7.02%	¡Se acepta!		

Como se pudo observar en las hojas de cálculo anteriores, se logró determinar que el dimensionamiento de las zapatas es incorrecto, por lo que deberían haberse diseñado con medidas más amplias, sin embargo resisten la fuerza cortante a la que se encuentran sometidas, de esta forma concluyen los cálculos de cimentación de zapatas aisladas de concreto, y posteriormente se presenta un cálculo con la revisión estructural de la cimentación de mampostería con la que cuenta la casa habitación, como se puede observar en el siguiente plano:

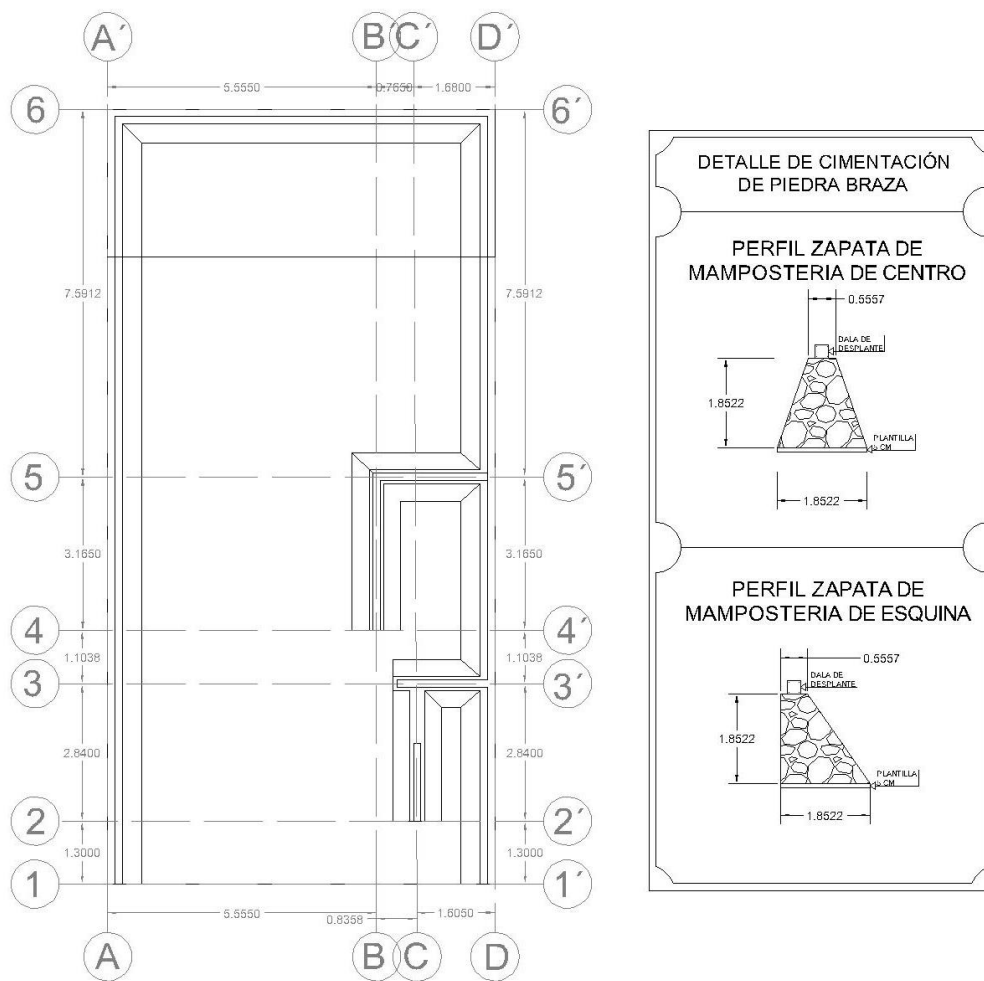


Imagen 5.15. Plano de la cimentación de mampostería.

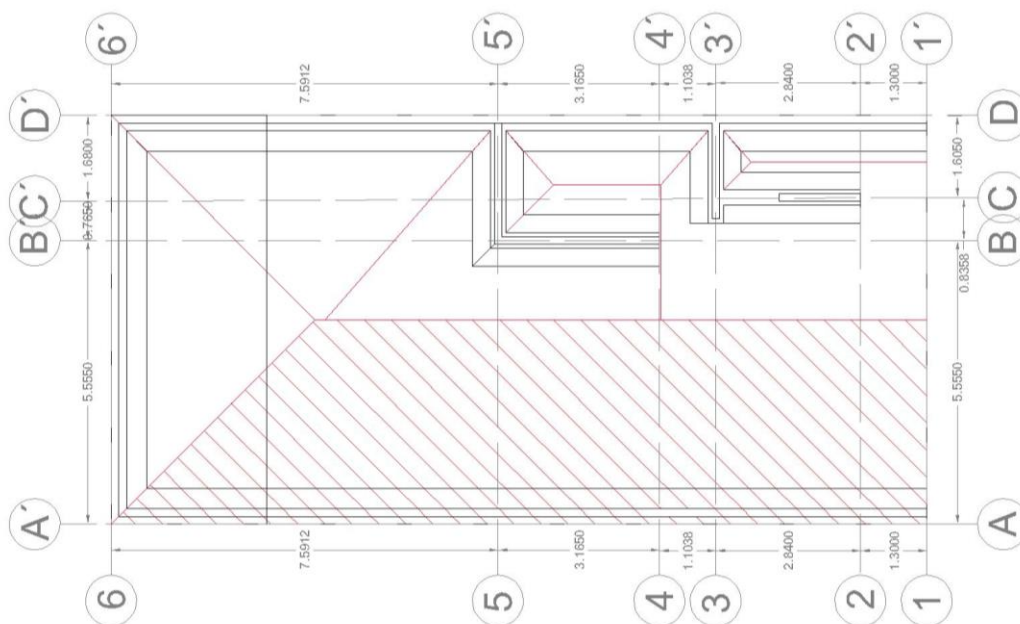
Fuente: Propia

Las cimentaciones de mampostería, conocidas popularmente como “renchidos”, son consideradas como una zapata corrida, ya que la carga que reciben es repartida de forma uniforme, así como la distribución de esfuerzos debajo de la base.

Se recomienda emplearse en suelos poco compresibles, de lo contrario, las dimensiones que resulten de estas pueden salir exageradas, además de volverse complicadas a la hora de construir.

Asimismo la profundidad de desplante no debe ser menor a 60 cm. y es recomendable que no exceda de 120 cm, la corona del elemento no debe ser menor a 30 cm. y su pendiente de las caras inclinadas no debe ser menor a 1.5m. en sentido vertical y 1 en sentido horizontal.

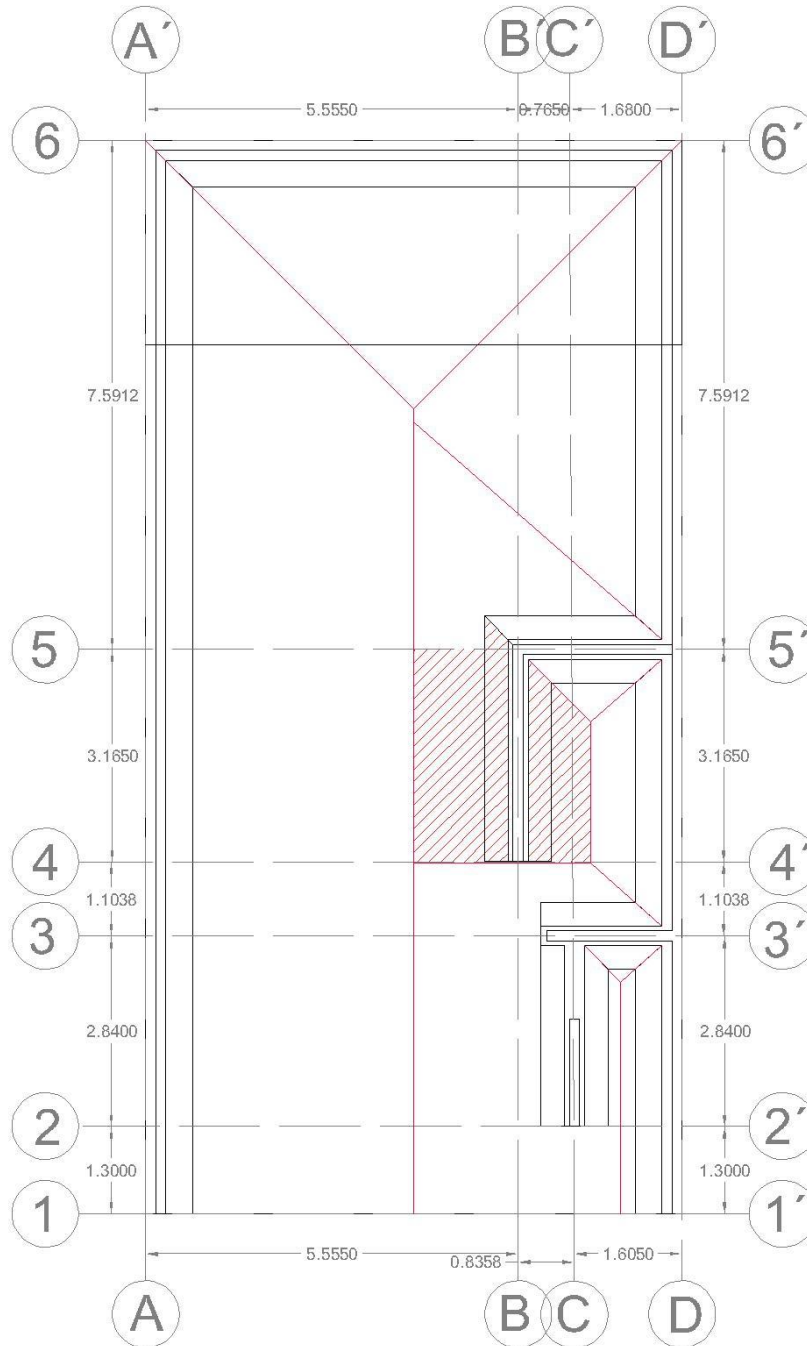
Con fines prácticos y didácticos se presenta un cálculo del siguiente cimiento de mampostería de lindero:



Datos Generales		
W. Azotea	0.6935	ton/m2
W. Entrepiso	0.6135	ton/m2
Altura de entrepiso	3.4	m
q adm.	5	ton/m2
γ	1.2	ton/m3
Base "B"	1	
Altura "H"	1	M
Corona "C"	0.3	M
Wmuro = tHL γ	0.612	ton//m2
Espesor "t" =	0.15	m
Longitud "L" =	1	m

a) Para muros interiores			B) ANALISIS DE CARGAS		
Área Total delmuro cimiento más largo	56	m2	W. Azotea	38.836	ton
			W. Entrepiso	34.356	ton
			W. Muros	33.2928	ton
c) Carga Uniformemente distribuida			Carga Total "CT"	106.4848	ton
P = CT/L	6.6553	ton/m2			
1.- Descarga de la cimentación			2.- Dimensionamiento de la zapata		
PT = P+ Ws	8.78863333	ton/m	Ancho de la base		
Ws = BH(γ equiv.)	2.13333333	ton/m	$B = \frac{PT}{q adm}$	1.76	m.
γ equiv. = $\left(\frac{3}{4}\gamma_c + \frac{1}{4}\gamma_s\right)$	2.133	ton/m3	Por lo tanto la Base debería ser:		1.8
2'.- Revisión del peso propio			Volado		
$W Zapata = \left(\frac{B + C}{2}\right)HL(\gamma$ cimiento)			$V = B - C$	0.7	m
			Altura		
W Zapata	1.69	ton	H = 1.5*V	1.05	m
$W relleno = \left(\frac{VH}{2}\right)L\gamma$ suelo		0.42 ton	Por lo tanto la altura debería ser de		1 m.
W Final	2.11	ton	3.- Revisión por cortante		
Tolerancia	-1%		$V_u = F_c * P$	12304.09	kg
¡Se acepta!			$F_c = 1.4$		
			VR = Acr V*	6000	kg
			Acr = 2LH	10000	cm2
			V* =	0.6	kg/cm2
			VR	6000	<
					Vu
			Tolerancia	-105%	
¡No se acepta!					

Con fines prácticos y didácticos se presenta el cálculo del siguiente cimiento de mampostería de centro:



Datos Generales					
W. Azotea	0.6935	ton/m2			
W. Entrepiso	0.6135	ton/m2			
Altura de entrepiso	3.4	m			
q adm.	5	ton/m2			
γ	1.2	ton/m3			
Base "B"	1				
Altura "H"	1	M			
Corona "C"	0.3	M			
Wmuro = tHLγ	0.612	ton//m2			
Espesor "t" =	0.15	m			
Longitud "L" =	1	m			
a) Para muros interiores			B) ANALISIS DE CARGAS		
Área Total delmuro cimiento más largo	8.47	m2	W. Azotea	5.873945	ton
			W. Entrepiso	5.196345	ton
c) Carga Uniformemente distribuida			W. Muros	7.615728	ton
P = CT/L	5.1054694	ton/m2	Carga Total "CT"	18.686018	ton
1.- Descarga de la cimentación			2.- Dimensionamiento de la zapata		
PT = P+ Ws	7.23880273	ton/m	Ancho de la base		
Ws = BH(γ equiv.)	2.13333333	ton/m	$B = \frac{PT}{q adm}$	1.45	
$\gamma equiv. = \left(\frac{3}{4}\gamma_c + \frac{1}{4}\gamma_s\right)$	2.133	ton/m3	Por lo tanto la Base deberia ser:		1.50 m.
2'.- Revisión del peso propio			Volado		
$W Zapata = \left(\frac{B+C}{2}\right)HL(\gamma cimiento)$			$V = \frac{B-C}{2}$	0.35	m
W Zapata	1.69	ton	Altura		
W relleno = (VH)γ suelo		0.42 ton	H = 1.5*V	0.525	m
W Final	2.11	ton	Por lo tanto la altura deberia ser de		
Tolerancia	-1%		3.- Revisión por cortante		
¡Se acepta!			Vu = Fc*P	10134.32	kg
			Fc = 1.4		
			VR = Acr V*	12000	kg
			Acr = 2LH	20000	cm2
			V* =	0.6	kg/cm2
			VR		Vu
			12000	>	10134.32
			Tolerancia	16%	
			¡Se acepta!		

De acuerdo con el capítulo presente, se pudo determinar los estados en los que se encuentran los elementos principales de la construcción, así mismo se pudo observar algunos elementos que no cumplen con todas las recomendaciones, pero que están trabajando dentro de la tolerancia permitida por los reglamentos con los que se rige el país. Como se pudo observar en el cálculo de los muros, específicamente en el 15, el cual está trabajando a una capacidad de -2% de su capacidad total lo que permite que se acepte y no represente peligro de forma que los elementos trabajen dentro del estado de servicio, de la misma manera paso en la cimentación al obtener los porcentajes de tolerancia y determinar que están dentro del parámetro para poder ser aceptados.

CONCLUSIONES

Con el trabajo de investigación ya ejecutado, se determina una serie de conclusiones, las cuales dan respuesta al objetivo general de esta tesis, el cual fue determinar la resistencia y las fuerzas a las que se encuentra sometida la casa-habitación para poder concluir si sus elementos son los adecuados o no.

De tal forma que se supo el estado actual en el que se encuentra la construcción.

A continuación se hablará un poco de los resultados obtenidos a lo largo de ésta investigación de manera que se pueda dar respuesta a la pregunta de investigación, y de manera que quede claro en que condición se encuentra la estructura y sus elementos:

- Losas: Las losas se encuentran dentro de su estado limite de servicio, ya que la revisión acertó, que el elemento estructural, tiene las especificaciones que las NTC señalan.
- Muros: a pesar de que, al revisar los muros de la planta alta, se encontró con un muro crítico, cabe señalar que esta dentro de la tolerancia, con un -2%, lo cual no es lo ideal, sin embargo no representa un peligro, y este puede seguir trabajando dentro de las condiciones normales de servicio.
- Trabes: la casa habitación contaba con un análisis estructural, el cual indica las dimensiones de las trabes, puesto que este se hizo después de la cimentación, así mismo, comparando los resultados obtenidos,

se determina que se encuentran estables, algunos elementos sobrados en acero, pero al igual que se ha mencionado están dentro de la tolerancia permitida.

- Columnas: mediante una investigación previa, se consiguieron datos y algunos planos de cuando la edificación se comenzó a construir, de manera que se analizaron adecuadamente los elementos, determinando que son seguros ya que cumplen con los requisitos de diseño.
- Cimentación: la cimentación se encuentra deficiente en sus dimensiones, ya que las dimensiones con las que están construidas son inferiores al valor requerido, puesto que la carga que recibe no la puede transmitir de forma adecuada al subsuelo, más no representan peligro, ya que están dentro de las tolerancias marcadas dentro del diseño estructural.

De acuerdo con el primer objetivo particular el cual era “determinar fuerzas actuantes sobre la estructura”, se reafirma con lo descrito en los puntos anteriores, ya que, de no haberlos conocido, no se sabría si la construcción está trabajando en condiciones viables.

Además otro objetivo particular también importante que se mencionó al comienzo de la presente tesis fue “proponer soluciones viables y/o mejoras para su correcto funcionamiento”, y aunque la construcción no presento mayor problema en los elementos estructurales de la superestructura, se tiene una cimentación que no está trabajando de forma adecuada como lo requieren la transmisión de cargas, sin

embargo trabaja dentro de las condiciones de servicio, lo que hace que se acepte y no ocupe rehabilitación. Dando seguimiento a uno de los objetivos particulares de la investigación presente, se puede determinar que la construcción es segura para los habitantes y las personas que se encuentren dentro y fuera de la construcción, lo anterior sin pasar el estado límite de servicio y de falla”.

Así mismo se logró comprender de una forma didáctica los elementos estructurales que conforman las edificaciones, como lo es la casa habitación, la cual es este trabajo de investigación, así también como el comportamiento de los materiales frente a las condiciones de carga.

BIBLIOGRAFÍA

Arnal S. y Betancourt S. (2017)

RCCDMX.

Ed. Trillas. México.

Aslam Kassimali. (2015)

Análisis estructural.

Ed. Cengage Earning. E.U.

González Cuevas, Oscar M. y Robles Fernández, francisco. (2007)

Aspectos fundamentales del concreto reforzado.

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos y Baptista Lucio Pilar,

(2014)

Metodología de la investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Mc Cormac y Nelson Jr. (2006)

Análisis estructural.

Ed. Alfaomega. México.

MC Cormac Jack C. y Csernak Stephen f. (2010)

Diseño de estructuras de acero.

Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V., México

Meli Piralla, Roberto. (2008)

Diseño estructural.

Ed. Limusa. México.

T. Reyna Teresa, R. Guillen Antonio, H. Aguilera Nicolás. (1974)

Investigaciones geográficas.

UNAM. México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (1998)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa. México.

OTRAS FUENTES:

Michoacán de Ocampo, (2018)

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16102a.html>

Conociendo Michoacán de Ocampo, séptima edición, (2017)

Atención.usuarios@inegi.org.mx

REVISTA DIGITAL DE DIVULGACIÓN MATEMÁTICA

http://www.matematicalia.net/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=33&Itemid=210

software's for design

www.softwaredoit.es

Curso SAP 2000

<https://www.eadic.com/cursos/arquitectura-edificacion-urbanismo/curso-de-sap-2000-v-15/>

Definición de Word

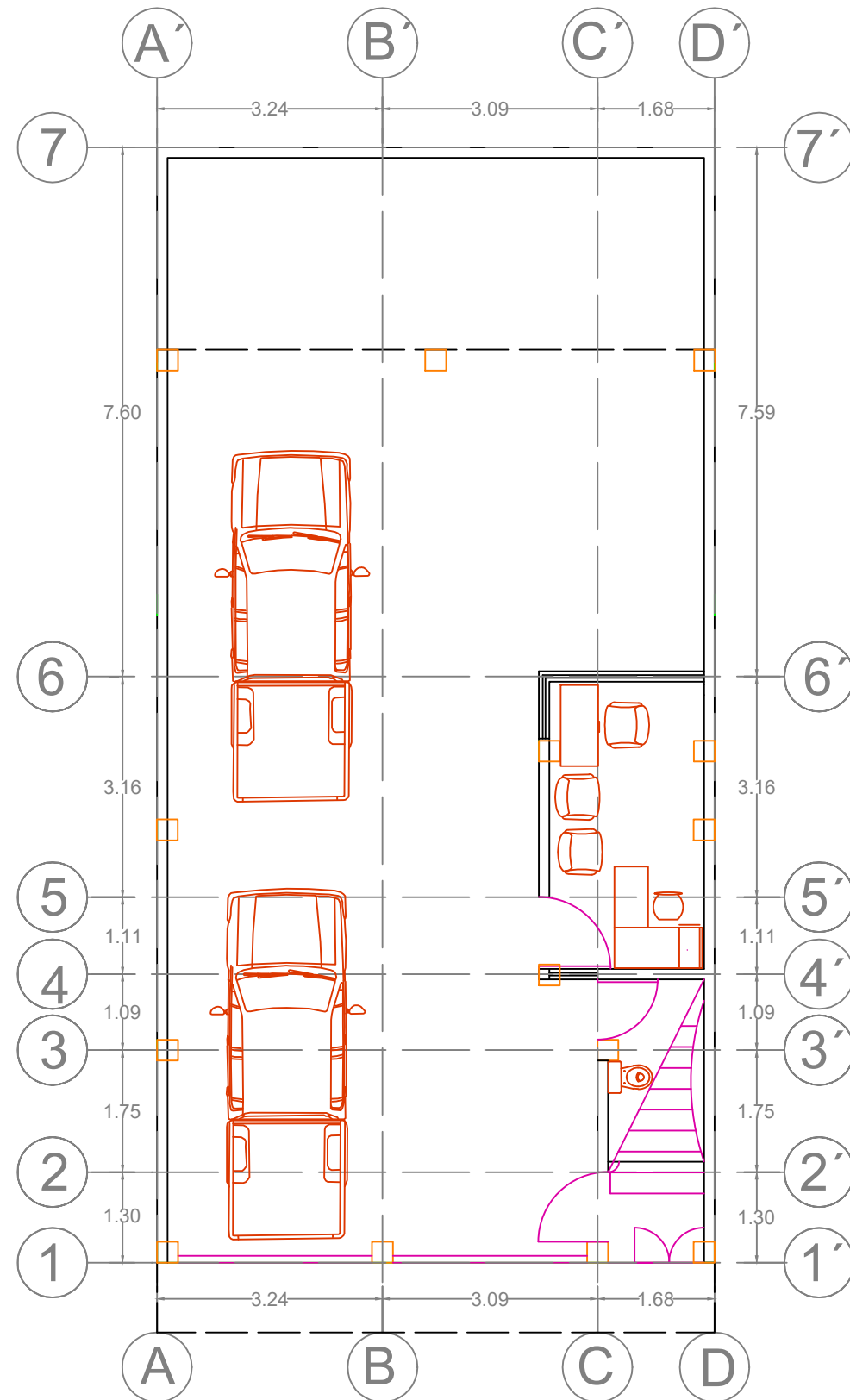
<https://definicion.com.mx/word.html>

Excel total

<https://exceltotal.com/>

ANEXO 1

PLANTA BAJA



MACROLOCALIZACIÓN

MICROLOCALIZACIÓN

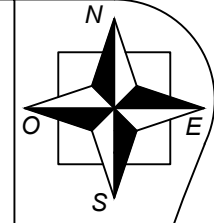
DATOS DEL PROYECTO:

GÉNERO: HABITACIONAL	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811
TIPO: CASA HABITACION UNIFAMILIAR	COL/FRAC: ZAPATISTA
NIVELES: 02 DOS NIVELES	LOCALIDAD: URUAPAN
M ² TERRENO: 128	MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.

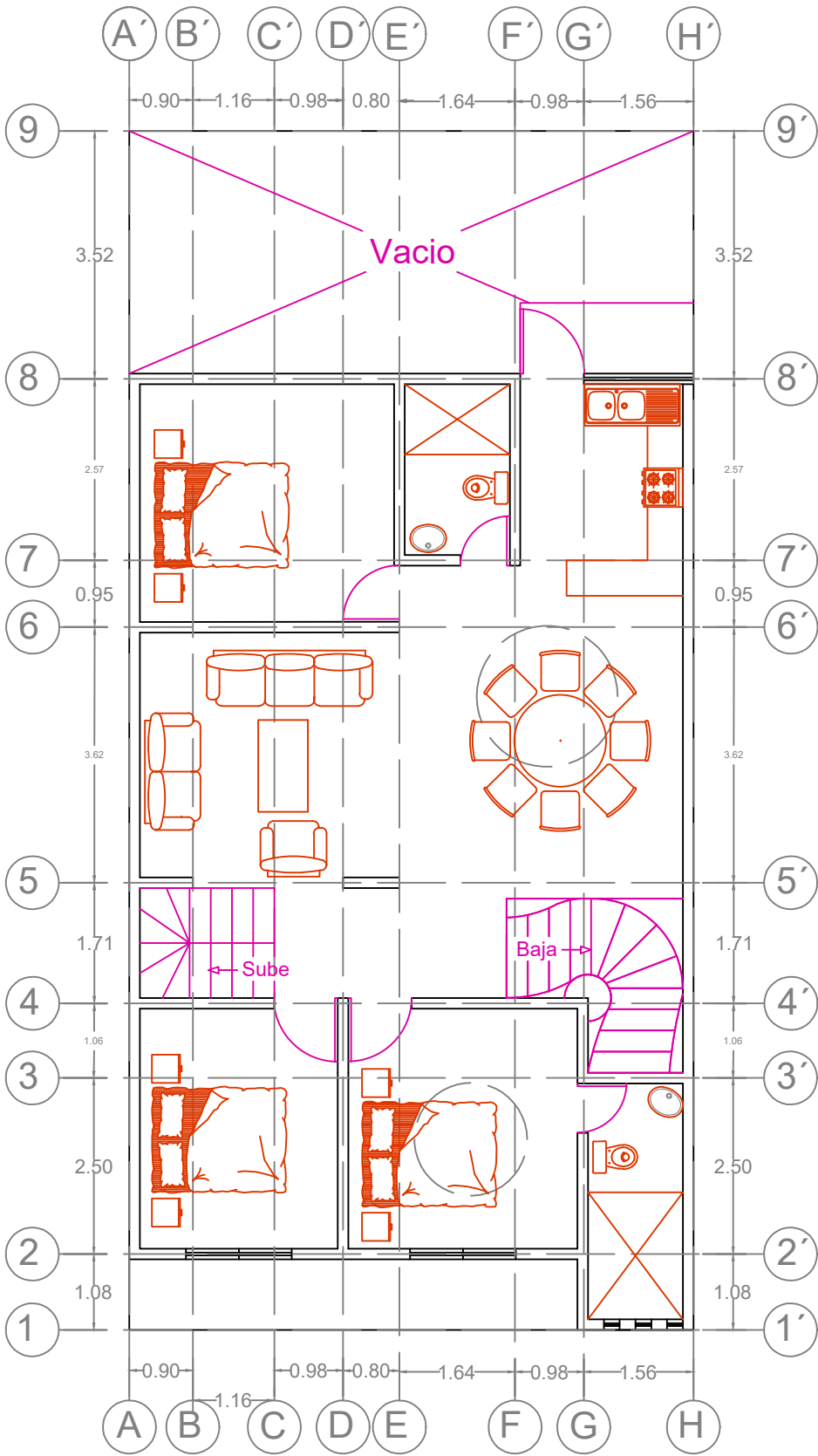
REVISO: I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS

ESCALA: 1:100	ACOTACIONES: EN METROS	FECHA: NOVIEMBRE /2018
---------------	------------------------	------------------------

DIBUJO: ALEXA DENISE TULAI ALCARAZ



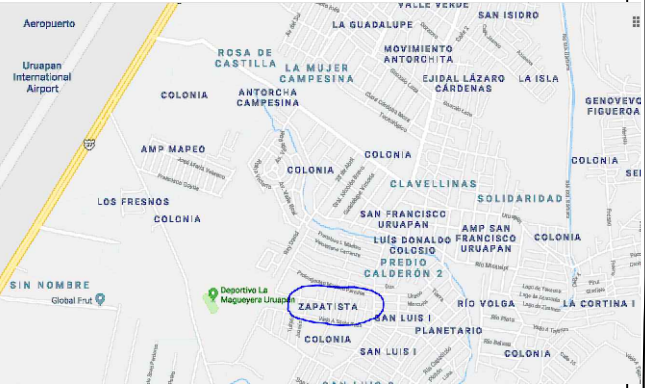
PLANTA ALTA



MACROLOCALIZACIÓN



MICROLOCALIZACIÓN



DATOS DEL PROYECTO:

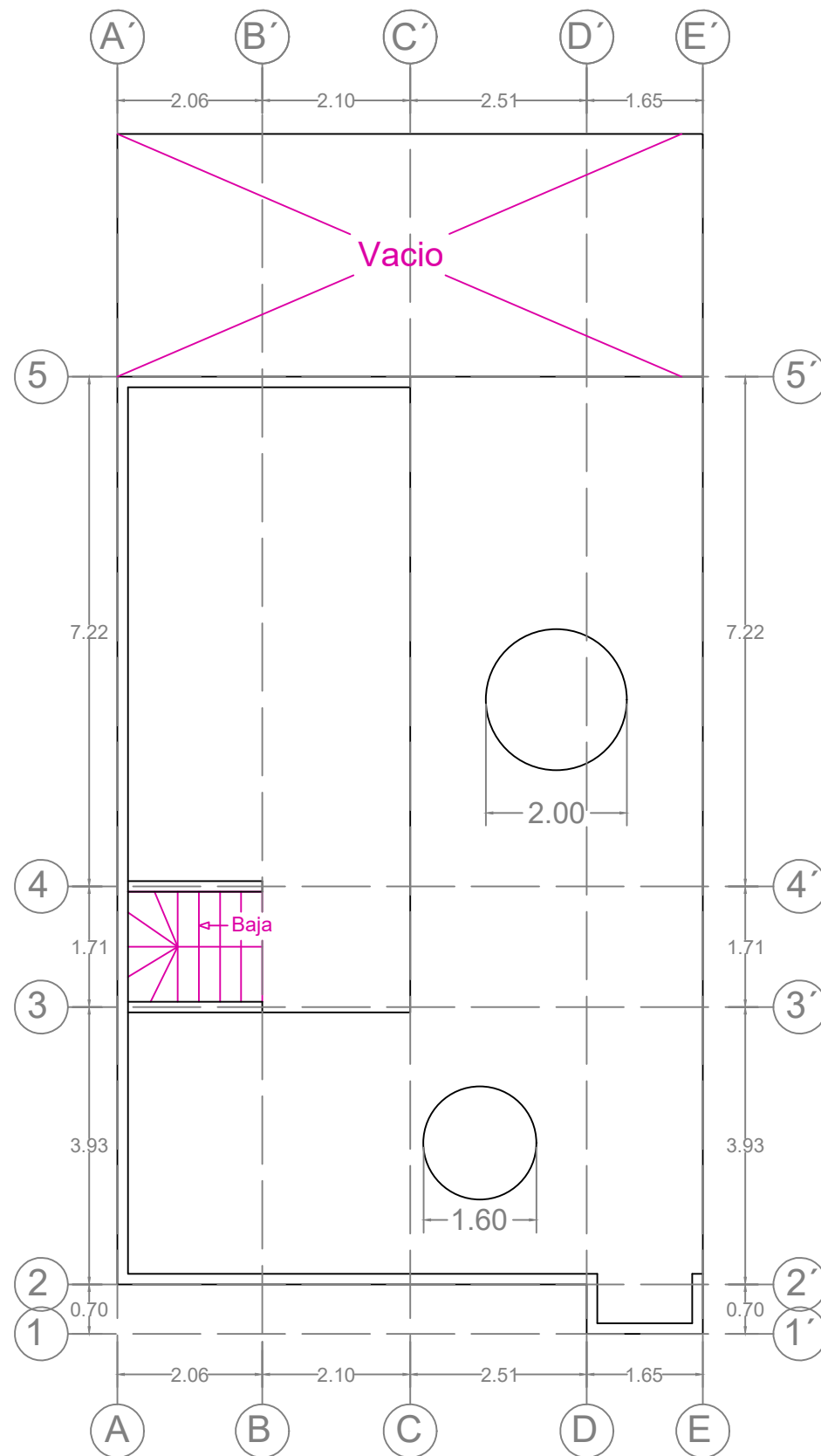
GÉNERO: HABITACIONAL	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811
TIPO: CASA HABITACION UNIFAMILIAR	COL/FRAC: ZAPATISTA
NIVELES: 02 DOS NIVELES	LOCALIDAD: URUAPAN
M ² TERRENO: 128	MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.

REVISOR: **I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS**

ESCALA: 1:100	ACOTACIONES: EN METROS	FECHA: NOVIEMBRE /2018
----------------------	-------------------------------	-------------------------------

DIBUJO: **ALEXA DENISE TULAIS ALCARAZ**

AZOTEA



MACROLOCALIZACIÓN

MICROLOCALIZACIÓN

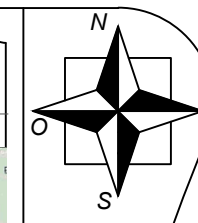
DATOS DEL PROYECTO:

GÉNERO: HABITACIONAL	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811
TIPO: CASA HABITACIÓN UNIFAMILIAR	COL/FRAC: ZAPATISTA
NIVELES: 02 DOS NIVELES	LOCALIDAD: URUAPAN
M2 TERRENO: 128	MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.

REVISO: I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS

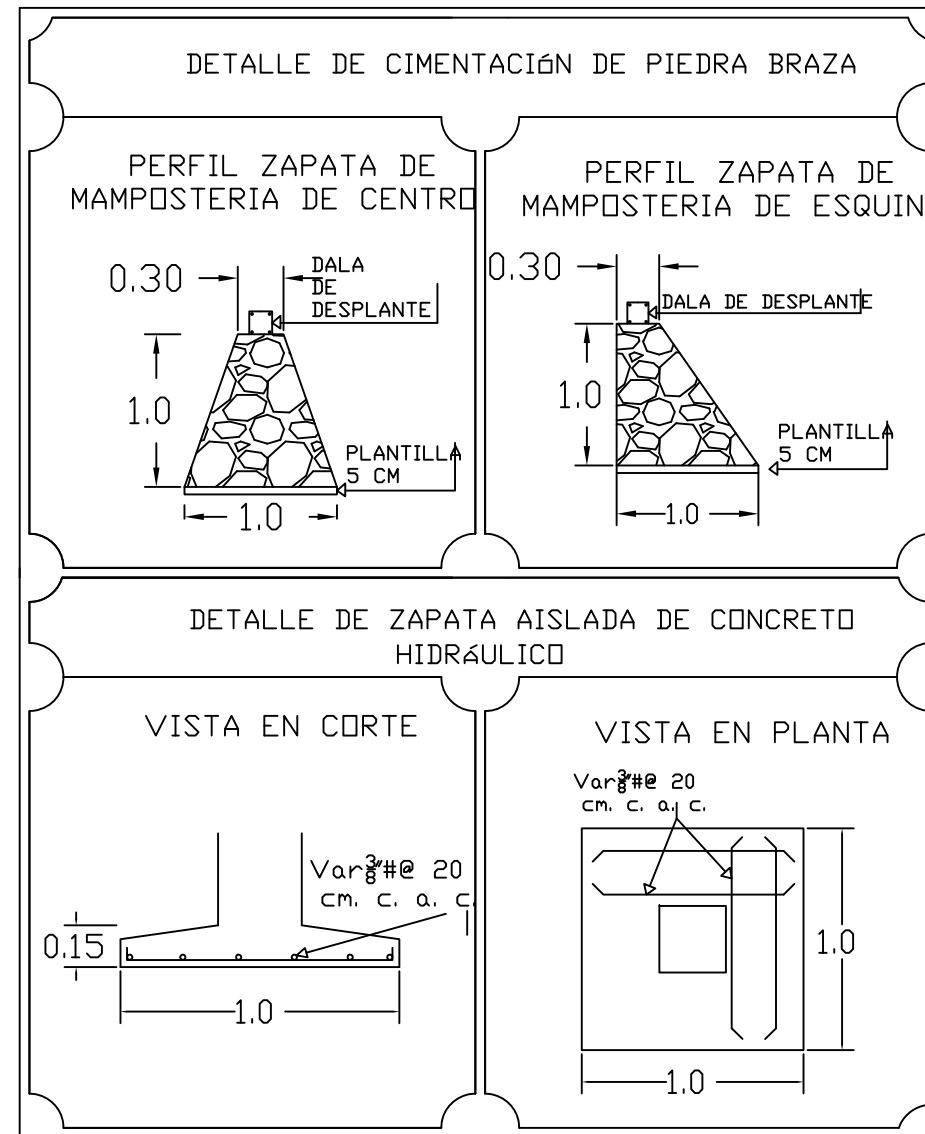
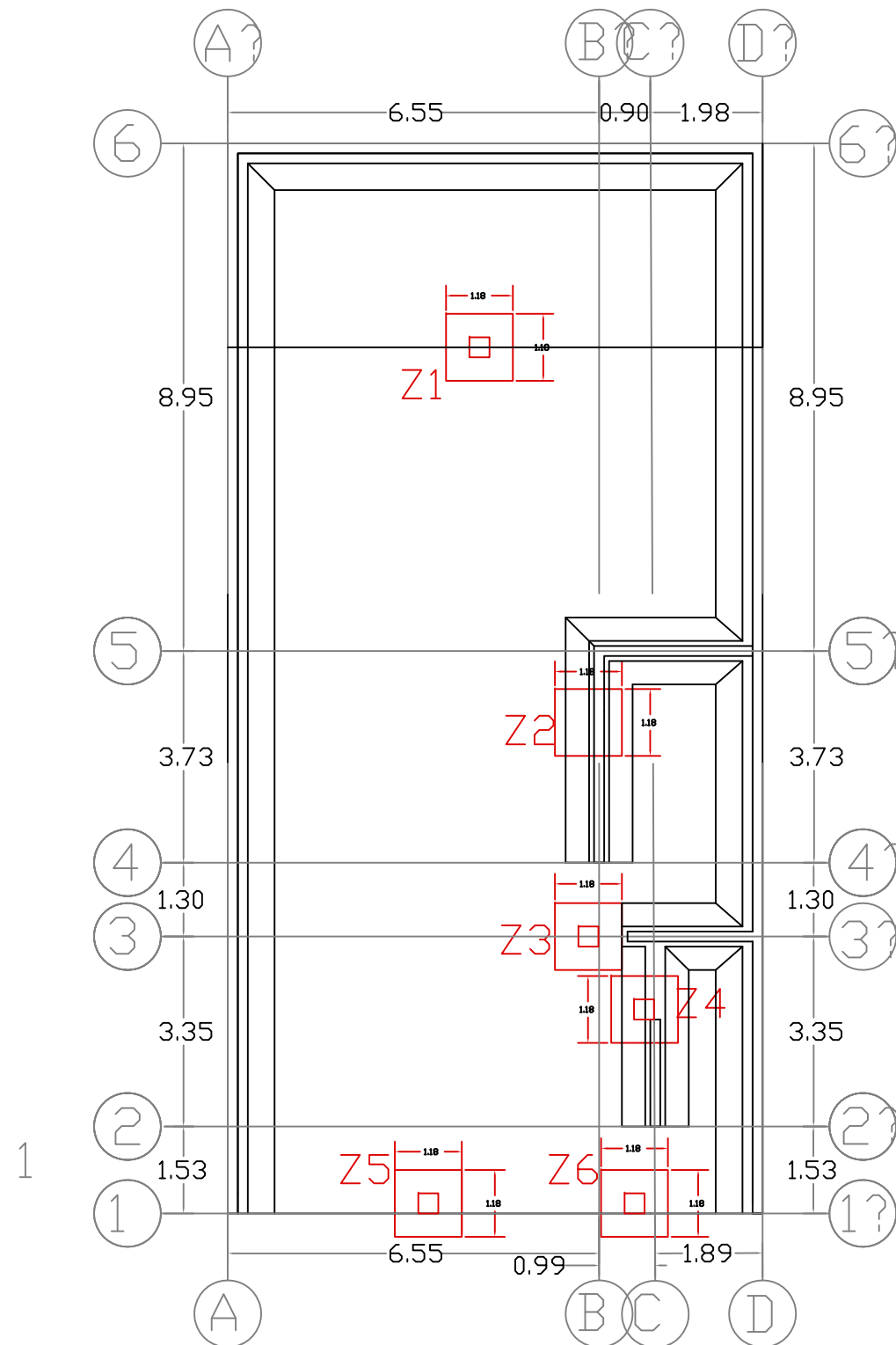
ESCALA: 1:100	ACOTACIONES: EN METROS	FECHA: NOVIEMBRE /2018
----------------------	-------------------------------	-------------------------------

DIBUJO: **ALEXA DENISE TULAI ALCARAZ**



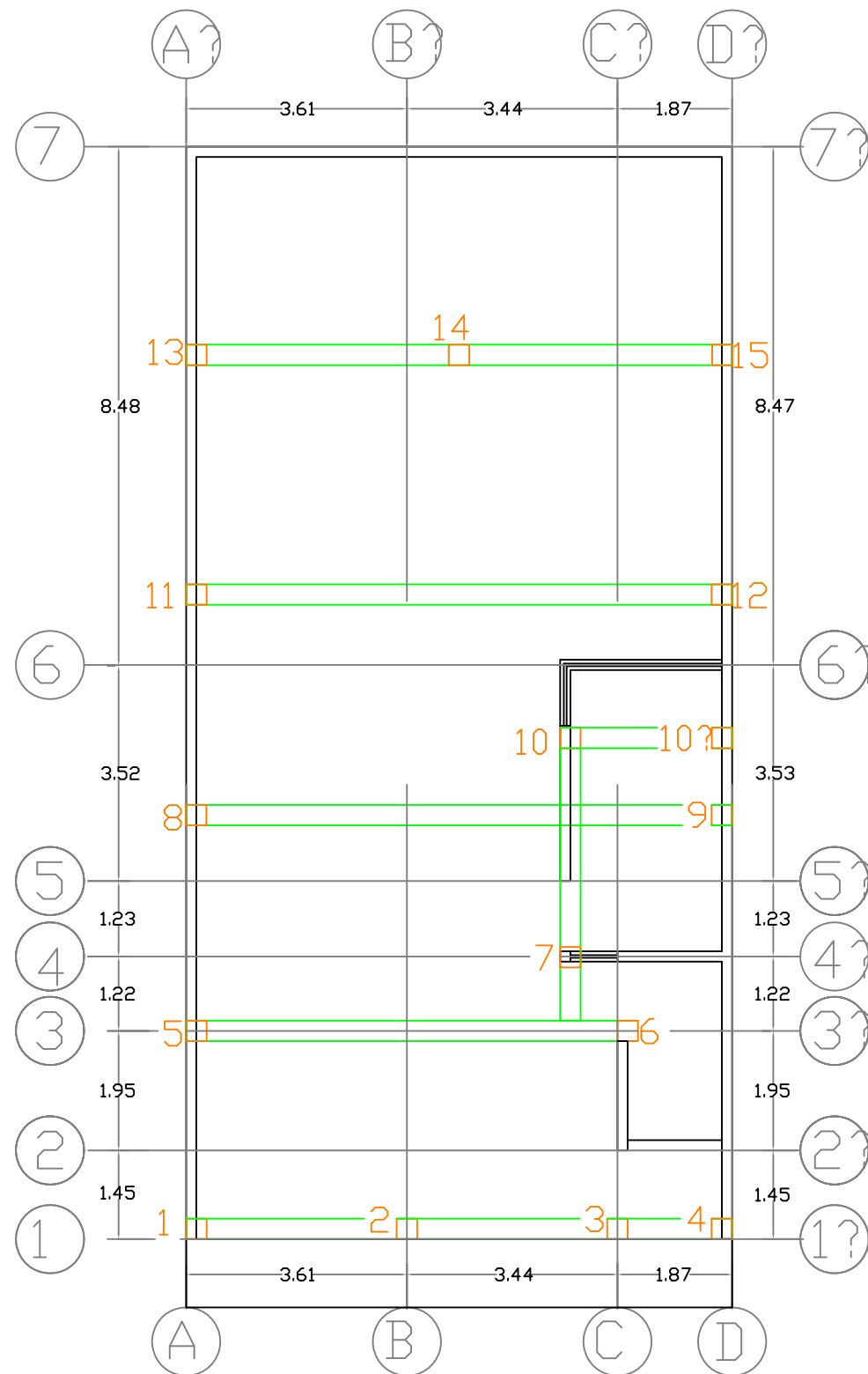
ANEXO 2

PLANO DE CIMENTACIÓN

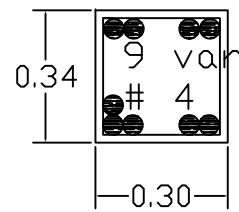


DATOS DEL PROYECTO:	
GENERO: HABITACIONAL	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811
TIPO: CASA HABITACION UNIFAMILIAR	FRAC: ZAPATISTA
NIVEL: 02 DOS NIVELES	LOCALIDAD: URUAPAN
M2 TERRENO: 128	MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.
REVISÓ: I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS	
ESCALA: S/N	ACOTACIONES: EN METROS
DIBUJO: ALEXA DENISE TULAI ALCARAZ	

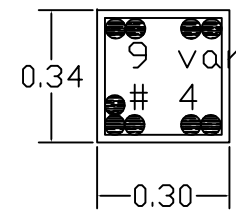
DETALLE DE COLUMNAS



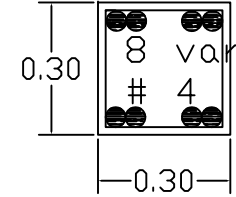
Columna 1



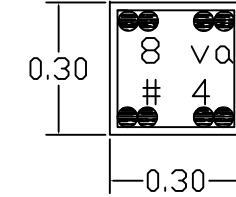
Columna 2



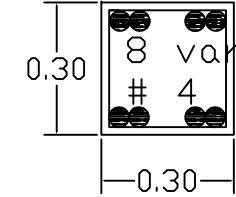
Columna 3



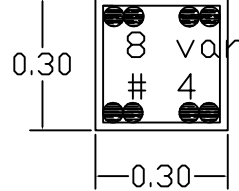
Columna 4



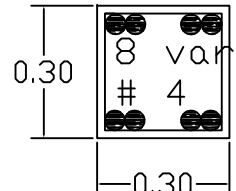
Columna 5



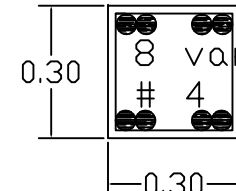
Columna 6



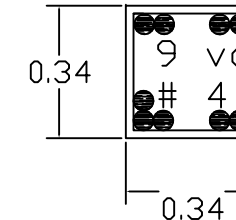
Columna 7



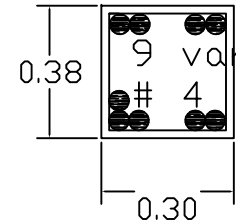
Columna 8



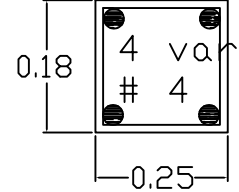
Columna 9



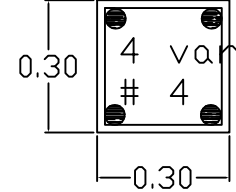
Columna 10



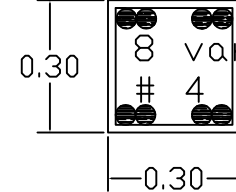
Columna 10?



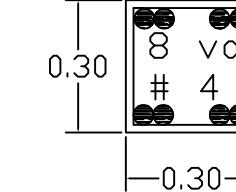
Columna 11



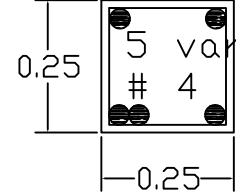
Columna 12



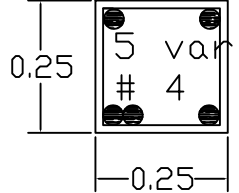
Columna 13



Columna 14



Columna 15



DATOS DEL PROYECTO:

GENERO: HABITACIONAL	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811
TIPO: CASA HABITACION UNIFAMILIAR	BL/FRAC: ZAPATISTA
NIVELES: 02 DOS NIVELES	LOCALIDAD: URUAPAN
M2 TERRENO: 128	MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.

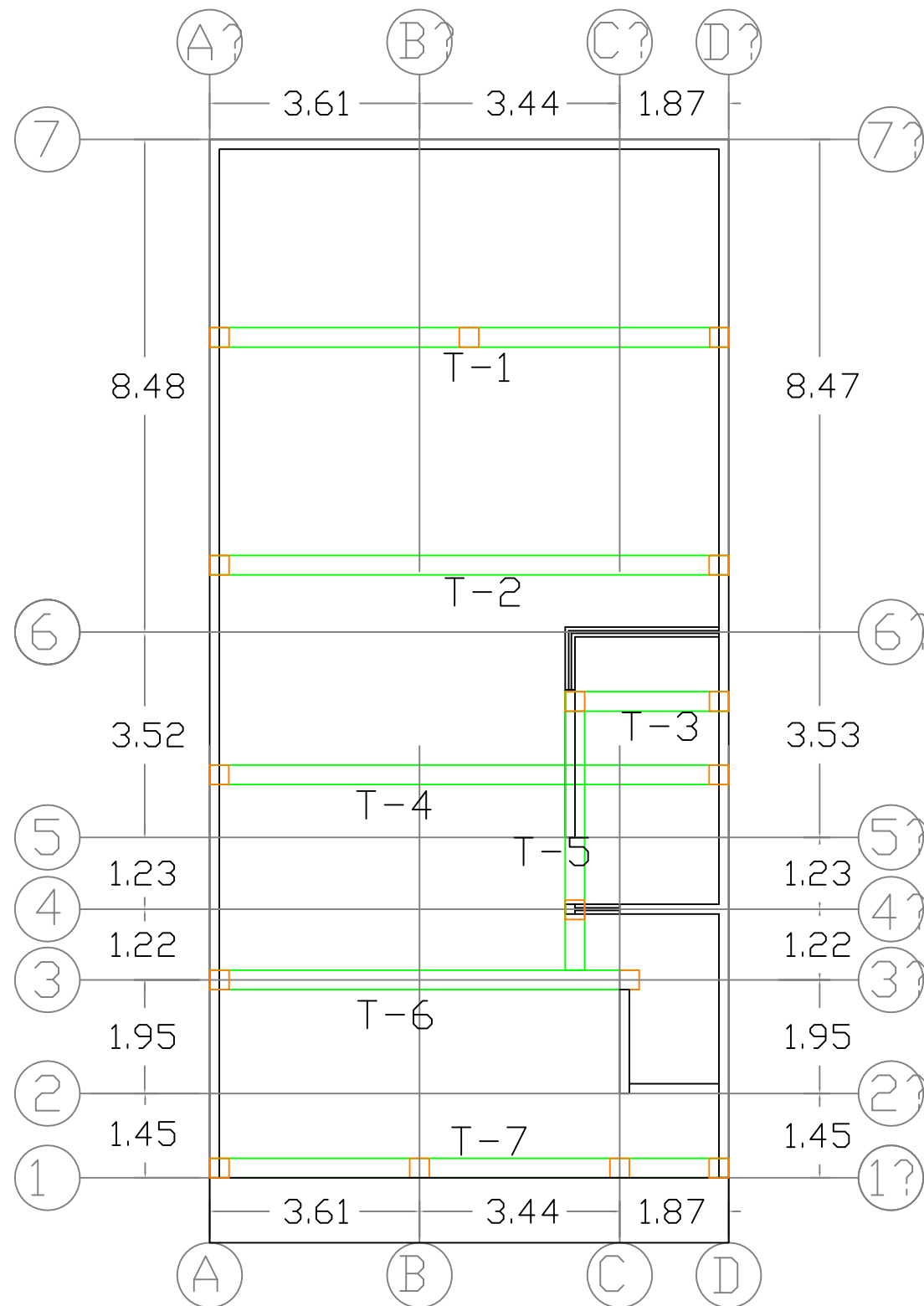
REVISÓ: I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS

ESCALA: S/N

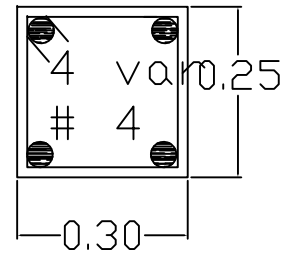
ACOTACIONES: EN METROS

DIBUJO: ALEXA DENISE TULAI ALCARAZ

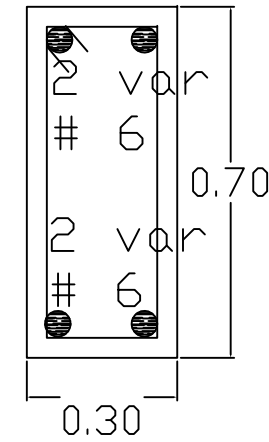
DETALLE DE TRABES



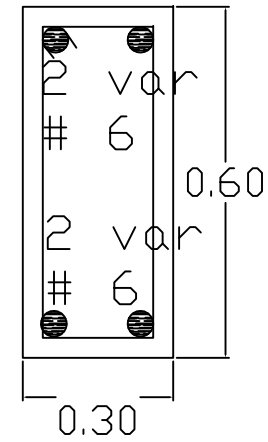
TRABE 1



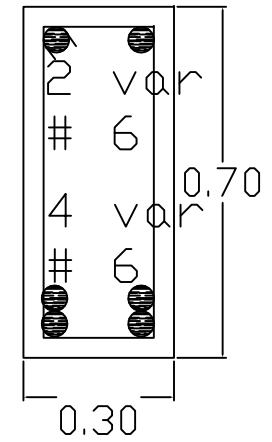
TRABE 2



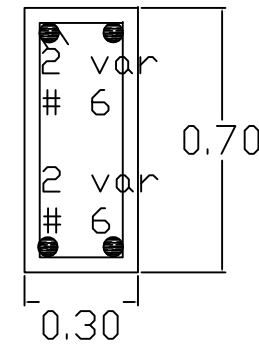
TRABE 3



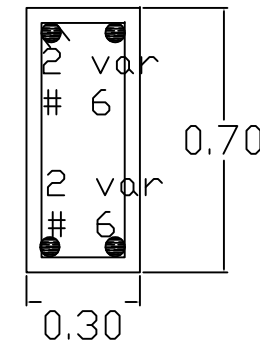
TRABE 4



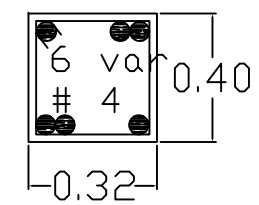
TRABE 5



TRABE 6



TRABE 7



DATOS DEL PROYECTO:

GÉNERO: HABITACIONAL	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811
TIPO: CASA HABITACION UNIFAMILIAR / FRAC. ZAPATISTA	LOCALIDAD: URUAPAN
NIVELES: 2 DOS NIVELES	MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.
M ² TERRENO: 128	

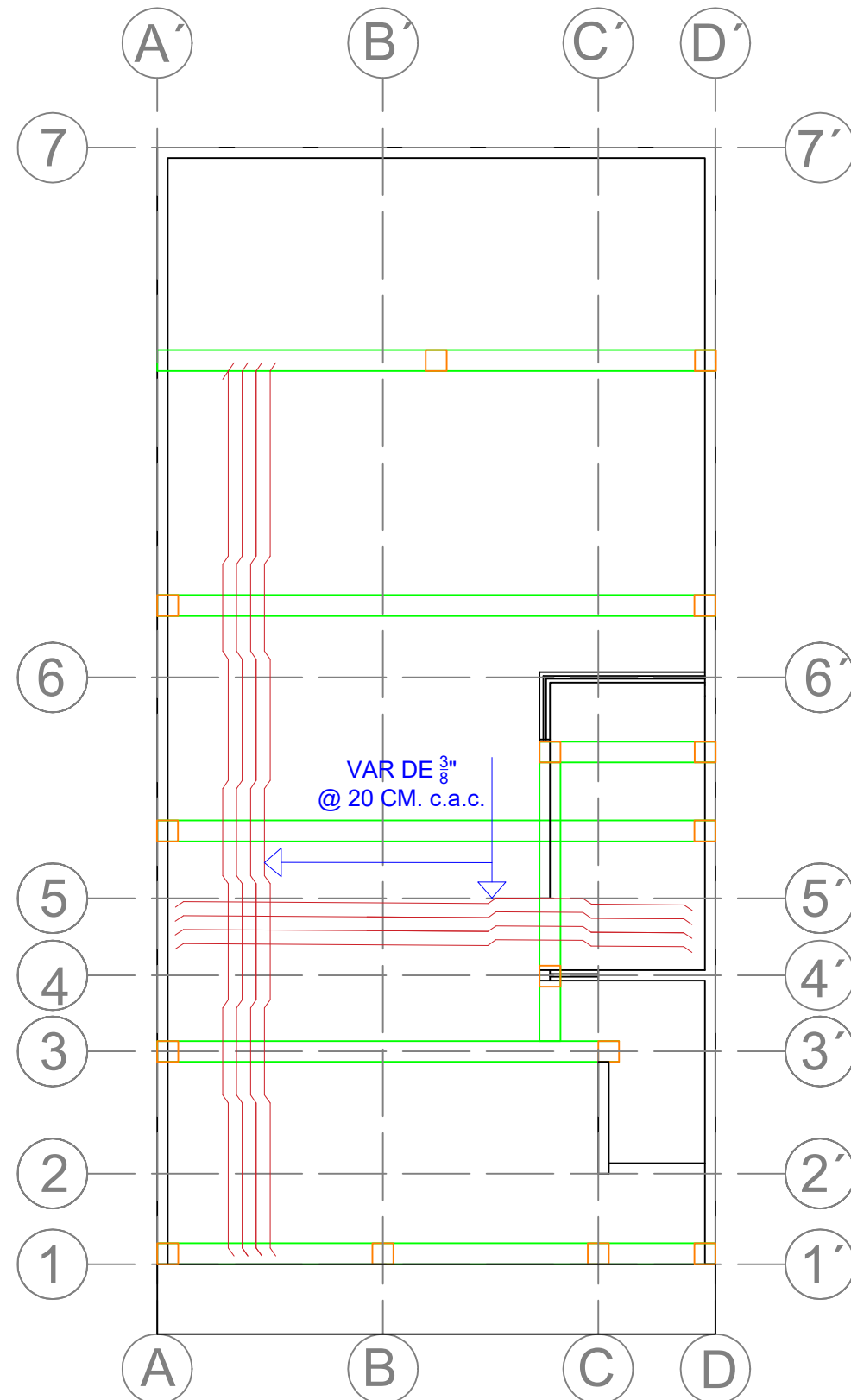
REVISÓ: I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS

ESCALA: S/N

ACOTACIONES: EN METROS

DIBUJO: ALEXA DENISE TULAI ALCARAZ

DETALLE DE LOSA MACIZA PLANTA BAJA



MACROLOCALIZACIÓN

MICROLOCALIZACIÓN

DATOS DEL PROYECTO:

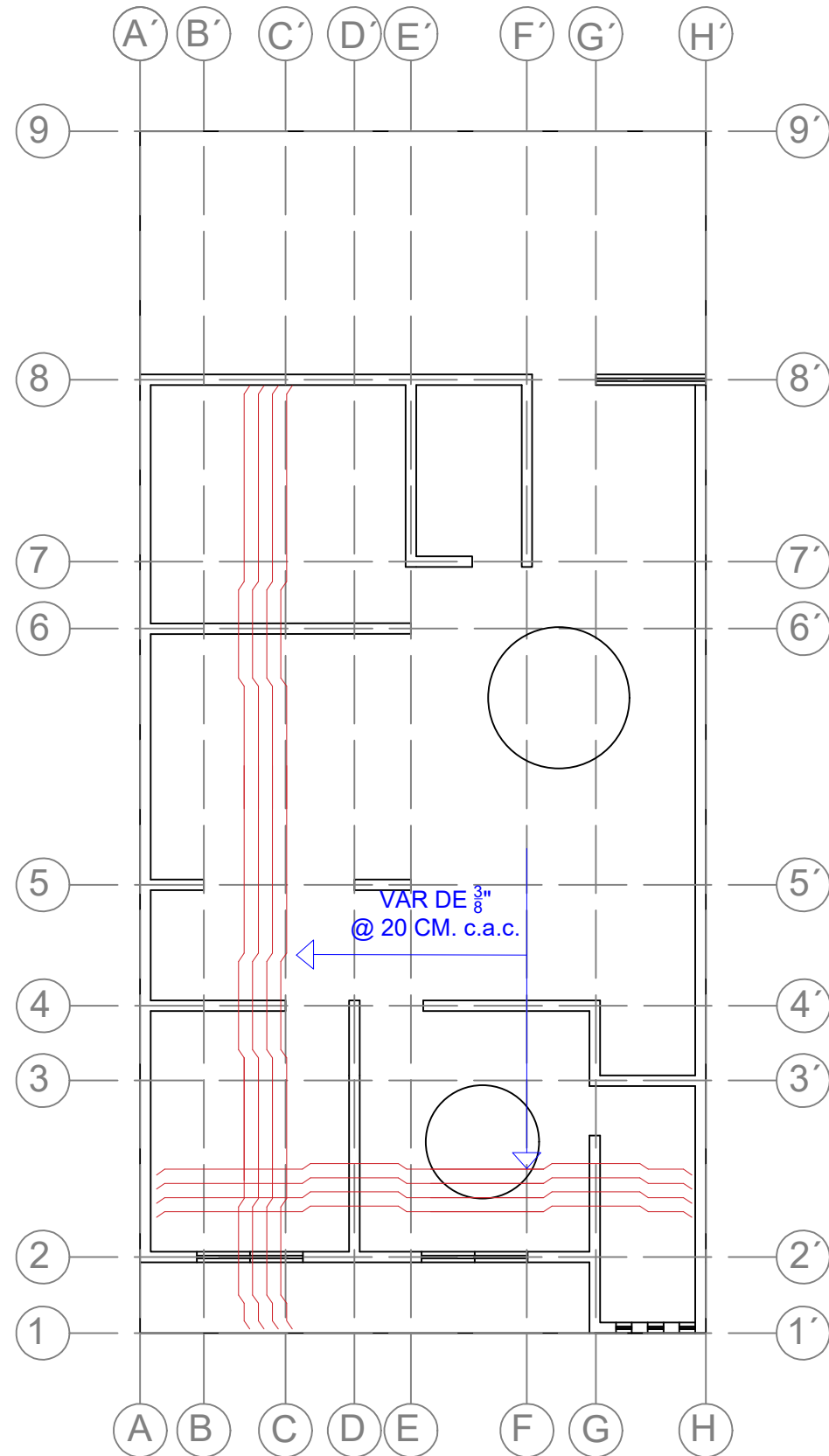
GÉNERO: HABITACIONAL TIPO: CASA HABITACION UNIFAMILIAR NIVELES: 02 DOS NIVELES M2 TERRENO: 128	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811 COLFRAC: ZAPATISTA LOCALIDAD: URUAPAN MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.
---	---

REVISÓ: I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS

ESCALA: 1:100	ACOTACIONES: EN METROS	FECHA: NOVIEMBRE /2018
---------------	------------------------	------------------------

DIBUJO: ALEXA DENISE TULAI ALCARAZ

DETALLE DE LOSA MACIZA PLANTA ALTA



MACROLOCALIZACIÓN

MICROLOCALIZACIÓN

DATOS DEL PROYECTO:

GÉNERO: HABITACIONAL TIPO: CASA HABITACIÓN UNIFAMILIAR NIVELES: 02 DOS NIVELES Mz TERRENO: 128	DOMICILIO: REVOLUCION DE 1811 COL/FRAC: ZAPATISTA LOCALIDAD: URUAPAN MUNICIPIO: URUAPAN, MICHOACÁN.
---	--

REVISO: I.C. SANDRA NATALIA PARRA MACÍAS

ESCALA: 1:100	ACOTACIONES: EN METROS	FECHA: NOVIEMBRE /2018
------------------	---------------------------	---------------------------

DIBUJO: **ALEXA DENISE TULAI ALCARAZ**