



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN EN VIVIENDAS DE HASTA DOS  
PISOS CON SISTEMAS ESTRUCTURALES DE DUCTILIDAD LIMITADA  
CASO PORTICOS RESISTENTES A MOMENTO

MACAS NOLE LUIS DARIO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN EN VIVIENDAS DE HASTA  
DOS PISOS CON SISTEMAS ESTRUCTURALES DE DUCTILIDAD  
LIMITADA CASO PORTICOS RESISTENTES A MOMENTO

MACAS NOLE LUIS DARIO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN EN VIVIENDAS DE HASTA DOS PISOS CON  
SISTEMAS ESTRUCTURALES DE DUCTILIDAD LIMITADA CASO PORTICOS  
RESISTENTES A MOMENTO

MACAS NOLE LUIS DARIO  
INGENIERO CIVIL

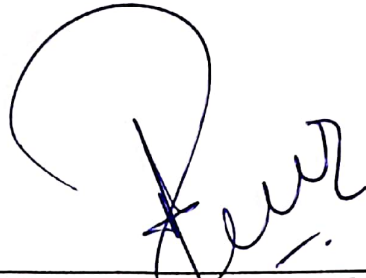
CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO

MACHALA, 22 DE AGOSTO DE 2019

MACHALA  
22 de agosto de 2019

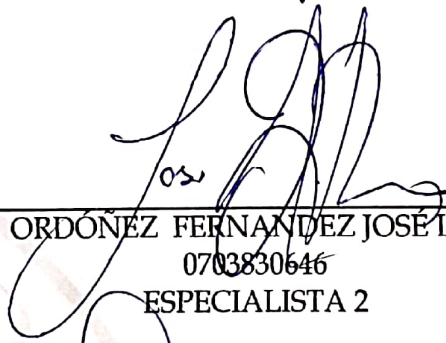
**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN EN VIVIENDAS DE HASTA DOS PISOS CON SISTEMAS ESTRUCTURALES DE DUCTILIDAD LIMITADA CASO PORTICOS RESISTENTES A MOMENTO, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO  
0703989962  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

ORDÓÑEZ FERNÁNDEZ JOSÉ LUIS  
0703830646  
ESPECIALISTA 2



---

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL  
0703092874  
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 21 de agosto de 2019 - 11:16

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Caso Práctico Luis Dario Macas Nole.docx (D54787460)  
**Submitted:** 8/12/2019 5:36:00 PM  
**Submitted By:** Idmacas\_est@utmachala.edu.ec  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

Tesis Alexis Ocaña.pdf (D35948340)  
CARLOS MIGUEL TEJEDOR SANCHEZ.pdf (D21759071)  
LILIAN\_UYAGUARI\_20170714.docx (D29652796)

### Instances where selected sources appear:

3

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, MACAS NOLE LUIS DARIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN EN VIVIENDAS DE HASTA DOS PISOS CON SISTEMAS ESTRUCTURALES DE DUCTILIDAD LIMITADA CASO PORTICOS RESISTENTES A MOMENTO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

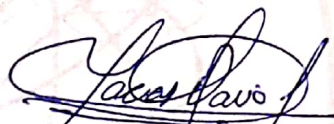
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 22 de agosto de 2019



MACAS NOLE LUIS DARIO  
0705861995

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padre Luis Ovidio y Susana, los cuales desde muy pequeño me enseñaron el valor del conocimiento y del saber, más no de las cosas materiales que un día se pueden terminar, al contrario del conocimiento que se puede compartir, es de gran honor para mí que sigan presentes en cada paso de mi carrera profesional y mi crecimiento como persona, por esto y muchas cosas buenas más, les dedico mis logros.

Luis Dario Macas Nole

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Dios por haberme dado salud y vida para lograr llegar a donde hoy me encuentro.

Mis más sinceros agradecimientos se los expreso a mis hermanos y hermanas que han colaborado con cada granito de arena para cumplir con mis propósitos, mis amigos y compañeros Juan Carlos, Julio Cesar, Juan Miguel, Bryan, Fernando y Aurelio, a mi novia Micaela que en el proceso de mi carrera han sido un gran apoyo para cumplir en mis objetivos, un pilar fundamental sobre toda adversidad, a ellos que han estado en los buenos y malos momentos de mi carrera y vida, se los agradezco de corazón.

A mi tutor, Ingeniero Leyden Carrión, quien me ha estado asesorando en cada avance del presente caso práctico impartiendo su conocimiento para mejorar y a la alma máter en la que me eh preparado profesionalmente como es la Universidad Técnica de Machala, por seguir mejorando día a día académica y humanamente.

Luis Dario Macas Nole



## RESUMEN

Las costas ecuatorianas en su mayor superficie se encuentra en una zona de riesgo sísmico muy alto y alto en algunos sectores como la ciudad de Machala, lo cual hace que la integridad tanto de las personas, como de las edificaciones sean vulnerables ante inminente amenaza, los eventos telúricos de los últimos años en Ecuador nos ha dejado mucho en que pensar y analizar, ya que se perdieron vidas y a su vez ocasionó irreparables daños a las estructuras edificadas en las zonas cercanas al epicentro, que por varios factores colapsaron, entre los principales sobresale el incumplimiento de las Normas Ecuatorianas de la Construcción, razón por lo cual en el presente proyecto se verificará el cumplimiento de la misma en una obra de vivienda.

El estudio realizado tiene como finalidad efectuar un análisis estructural de una vivienda de dos pisos, el cual nos dará a conocer con ayuda de una inspección en campo el tipo de falla más común que se presentará en este sistema estructural, para lo cual se ha escogido una vivienda tipo construida mediante sistema de pórticos resistentes a momento, respondiendo a una estructura con ductilidad limitada, permitiéndonos generar estrategias de rehabilitación a los daños causados por las fuerzas sísmicas que puedan presentarse, la vivienda tipo para el presente estudio se encuentra edificada en una urbanización ubicada al Este de la ciudad, la cual cumple las características de una vivienda de hasta dos pisos y luces menores a cinco metros, construida con materiales presentes en la localidad.

**Palabras claves:** riesgo sísmico, sistemas estructurales, pórtico resistente.

## **ABSTRACT**

The Ecuadorian coasts on its largest surface is located in a very high and high seismic risk zone in some sectors such as the city of Machala, which makes the integrity of both people, as the buildings are vulnerable to imminent threat, the telluric events of recent years in Ecuador have left us much to think about and analyze, as lives were lost and in turn irreparably damaged the structures built in the areas near the epicenter, which collapsed due to several factors, among the most important is the failure to comply with the Ecuadorian Construction Standards, this is why this project will verify the fulfillment of the project in a housing project.

The purpose of the study is to carry out a structural analysis of a house with two floors, which will make known to us with the aid of a field inspection the most common type of failure that will be presented in this structural system, for which a standard housing built using a system of currently resistant porticoes has been chosen, responding to a structure with limited ductility, allowing us to generate rehabilitation strategies for damage caused by seismic forces that may occur, , the standard dwelling for this study is located in an urbanization located to the east of the city, which meets the characteristics of a dwelling of up to two floors and lights to five meters, built with materials present in the locality.

Keywords: seismic risk, structural system, resistant portico

## ÍNDICE

<b>NOTA DE ACEPTACIÓN</b> .....	I
<b>ANÁLISIS DE URKUND</b> .....	II
<b>DERECHO DE PUBLICACIÓN</b> .....	III
<b>DEDICATORIA</b> .....	IV
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	V
<b>RESUMEN</b> .....	VI
<b>ABSTRACT</b> .....	VII
<b>LISTA DE TABLA</b> .....	X
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	XI
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	XII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>1.2 Objetivo general</b> .....	14
<b>1.3 Objetivos específicos</b> .....	14
<b>1.4 Metodología</b> .....	14
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	15
<b>2.1 Viviendas en Ecuador</b> .....	15
<b>2.1.1 Acceso a viviendas</b> .....	15
<b>2.1.2 Cimentación</b> .....	15
<b>2.1.3 Resistencia de hormigones</b> .....	15
<b>2.1.4 Columnas</b> .....	16
<b>2.1.5 Sistemas Constructivos</b> .....	16
<b>2.1.6 Resistencia del acero de refuerzo</b> .....	16
<b>2.1.7 Ductilidad</b> .....	16
<b>2.1.8 Fiscalización</b> .....	16
<b>2.1.9 Continuidad vertical</b> .....	17
<b>2.1.10 Regularidad en Planta y elevación</b> .....	17
<b>2.2 Modelo estructural</b> .....	17
<b>2.2.1 Peligrosidad sísmica</b> .....	17
<b>2.2.2 Cortante Basal</b> .....	17
<b>2.2.3 Inercias Agrietadas</b> .....	18
<b>2.2.4 Coeficiente Sísmico</b> .....	18
<b>2.3 Análisis estructural de la vivienda en estudio</b> .....	18
<b>2.3.1 Vivienda con pórticos resistentes a momentos</b> .....	18
<b>2.3.2 Áreas de vivienda y Dimensiones principales</b> .....	19
<b>2.3.3 Mejoramiento de Suelo</b> .....	19

2.3.4	Cimentación adoptada .....	19
2.3.5	Característica de los materiales .....	19
2.3.6	Cargas muertas .....	20
2.3.7	Cargas vivas .....	20
2.3.8	Calculo del Cortante Basal. ....	20
2.3.9	Modelado de la Estructura mediante Software Estructural.....	20
2.3.10	Falla común estudiada para la vivienda con pórticos resistentes a momento. ....	21
2.3.11	Estrategia de Rehabilitación ante falla frágil por cortante en columnas.....	21
2.3.12	Factibilidad de la implementación de la estrategia.....	21
3.	CONCLUSIONES .....	22
4.	RECOMENDACIONES.....	23
	BIBLIOGRAFÍA.....	24

## LISTA DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. ....	30
<b>Tabla 2.</b> Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.....	30
<b>Tabla 3.</b> Coeficiente de Respuesta Sísmica .....	30
<b>Tabla 4.</b> Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas. ....	31
<b>Tabla 5.</b> Requisitos mínimos en función del número de pisos de la vivienda con pórticos de hormigón y losas .....	31
<b>Tabla 6.</b> Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y concentradas. ....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z. ....	26
<b>Gráfico 2.</b> Visita a construcción de vivienda con sistema de pórticos resistentes a momentos. ....	26
<b>Gráfico 3.</b> Vivienda con sistema de pórticos resistentes a momentos. ....	27
<b>Gráfico 4.</b> Vivienda con pórticos resistentes a momentos en fase de acabados. ....	27
<b>Gráfico 5.</b> Continuidad en Elevación para edificaciones. ....	28
<b>Gráfico 6.</b> Planeamiento Regular en Edificación. ....	28
<b>Gráfico 7.</b> Esquemas de envoltura. ....	28
<b>Gráfico 8.</b> Envolturas con FRP. ....	29
<b>Gráfico 9.</b> Preparación de la superficie, Reforzamiento con FRP. ....	29
<b>Gráfico 10.</b> Colocación FRP en estructuras. ....	29
<b>Gráfico 11.</b> Acabados sobre el FRP para reforzamiento estructural. ....	29

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos en función del número de pisos de vivienda con sistema aporticado.....	33
<b>Anexo 2.</b> Planta Baja de Vivienda de pórticos resistentes a momentos. ....	34
<b>Anexo 3.</b> Planta alta de vivienda con pórticos resistentes a momentos. ....	35
<b>Anexo 4.</b> Metrado de Cargas de la vivienda con sistema de pórticos resistentes a momento. ....	36
<b>Anexo 5.</b> Modelado de la Estructura .....	42

## INTRODUCCIÓN

Machala se encuentra ubicado en una zona de amenaza sísmica alta, lo cual presenta una preocupación a mayor responsabilidad en las construcciones civiles, puesto que sus estructuras están expuestas a posibles movimientos telúricos, siendo así que de no cumplir los requisitos mínimos presentados en la norma ecuatoriana de construcción, las estructuras pueden llegar a colapsar ante estos movimientos sin dar oportunidad de evacuación de la misma.

Las estructuras deben ser diseñadas para la posible ocurrencia de un sismo, de tal manera que al producirse el evento la estructura no colapse en su totalidad y asegure oportunidad a las personas a salvaguardar su integridad y vida evacuando o ubicándose en un punto seguro.

El sismo de diseño se determina a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico. [1], (Ver Gráfico 1.) Este mapa delimitado por zonas nos indica según una escala de colores la caracterización del peligro sísmico, iniciando en intermedia continuando en alta y por último muy alta.

Una edificación cumple los criterios de estado último límite, al tener el factor de resistencia sobre los factores siguientes, calculados para una sección en estudio, como son: de compresión, de tracción, de cortante, de torsión y flexión. [1]

Si bien es cierto que el cumplimiento de los requisitos mínimos estipulados en las normas vigentes, nos garantiza que la estructura cubra los criterios de estado de último límite, en el presente trabajo se verifica que se estén cumpliendo las mismas aplicadas en una vivienda de dos pisos construida con sistema estructural de pórticos resistentes a momento describiendo las estrategias más factibles de rehabilitación y prevención ante las fallas más comunes en el mismo.

Lo anteriormente descrito se lo realiza mediante un análisis visual en campo, y con el uso de un software estructural.



## **1.2 Objetivo general**

Describir la estrategia de rehabilitación ante la falla más común en una vivienda de dos pisos causados por fuerzas sísmicas mediante un análisis técnico e investigativo para mejorar su capacidad estructural

## **1.3 Objetivos específicos**

- Verificar el cumplimiento de la norma ecuatoriana de la construcción en los planos y obra de la vivienda de dos pisos.
- Analizar la estrategia de rehabilitación escogida ante la falla más común presentada en el sistema estructural analizado en función de la relación costo beneficio.
- Desarrollar un documento que evidencie los resultados obtenidos mediante investigación bibliográfica, uso de un software estructural especializado y visitas en campo.

## **1.4 Metodología**

La secuencia que se ha adoptado para la realización del estudio, ha iniciado con una visita en campo, tomando todos los datos necesarios como mediciones y características constructivas y de los materiales empleados en la construcción de la vivienda escogida para el trabajo, procediendo a verificar lo plasmado en los planos con lo ejecutado en obra, con los datos previamente obtenidos se ha realizado un metrado de las cargas que se encuentran presentes en la vivienda, con el fin de obtener el peso total de la estructura, posteriormente se ha calculado el cortante basal que actúa en dicha vivienda, para continuar con un modelado sistematizado se ha adoptado por la utilización de un software estructural, el cual nos ayuda a verificar la respuesta ante un evento sísmico, el comportamiento de la estructura.

Análisis de los resultados, tanto tangibles en obra como los obtenidos mediante el software estructural, que nos conlleva a la propuesta de una rehabilitación estructural factible.

Desarrollo del informe detallando los fundamentos teóricos, resultados y conclusiones del presente trabajo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Viviendas en Ecuador**

La construcción en el Ecuador se rige por las normas ecuatorianas de la construcción, esta norma es promovida y constantemente actualizada por el Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda (MIDUVI) estas normas exigen el cumplimiento mínimo que se requiere para garantizar tanto la seguridad, funcionalidad y comodidad de la vivienda.

#### **2.1.1 Acceso a viviendas**

Los habitantes han gestionado de una o varias formas el acceso a la compra de terrenos, desarrollando su experiencia de tal manera que la adquisición de estos sean con fines de comercio de inmuebles, por medio de acuerdos municipales o préstamos con la banca privada. [2]

El auge de la demanda de vivienda ha incrementado notoriamente en los últimos años, por lo cual para satisfacer las necesidades, las construcciones deben ser rápidas y económicas en su posibilidad, por lo cual para optar por un sistema constructivo en viviendas se requiere analizar los costos, siempre y cuando manteniendo los requisitos de seguridad y comodidad. [3], la vivienda que se ha escogido para llevar a cabo el presente proyecto se encuentra ubicada al Este de la ciudad donde el auge de las empresas inmobiliarias está siendo explotado de manera beneficiosa en su economía y aportando a un mayor desarrollo de la población y la ciudad.

#### **2.1.2 Cimentación**

En el caso de cimentaciones por zapatas sea aislada o continua la influencia de relación suelo-estructura de acuerdo a las frecuencias de resonancia disminuyen, y la amplitud de respuesta incrementa. En el caso de que la estructura este cimentado sobre una losa continua, los resultados presentan que la influencia decreciente de la rigidez del suelo aumentar la rigidez de la cimentación. [4], La interacción del suelo y la estructura dependen de varios factores como vibraciones mecánicas producidas por el paso de los vehículos pesados cercanos a la zona de edificación, otras vibraciones como acciones ejecutadas en fábricas, ruidos entre otros que producen vibraciones y resonancias.

#### **2.1.3 Resistencia de hormigones**

“En todo el mundo se han desarrollado métodos innovadores para optimizar las propiedades del concreto tales como la tenacidad, ductilidad y resistencia a compresión, a tensión, a cortante, así como a los cambios bruscos de temperatura.” [5], la resistencia

del hormigón se la verifica mediante una prueba de resistencia a la compresión, dependiendo de la magnitud y tipo de obra civil se adopta por tomar un hormigón cuyas características satisfagan las necesidades, sean en resistencia a compresión, durabilidad, pesos específicos, resistencia a la corrosión ante la salinidad, entre otros.

#### **2.1.4 Columnas**

Las columnas son componentes estructurales en el cual actúan acciones combinadas de momento y carga axial, su fin es soportar en elevación, los demás componentes estructurales y no estructurales de entrepiso y cubierta, su geometría es alargada en el sentido vertical y considerablemente reducidas en sus dimensiones restantes con relación al sentido vertical. [6]

#### **2.1.5 Sistemas Constructivos**

Para garantizar la resistencia mínima deseada a compresión de los hormigones es recomendable que el tiempo del desencofrado tanto para columnas y losas sea el adecuado, puesto que de apresurarse en este tiempo, aumenta la posibilidad de agrietamiento del hormigón, o la superficie se descascarille. [7]

#### **2.1.6 Resistencia del acero de refuerzo**

El acero sirve como refuerzo del elemento tanto en sección longitudinal como transversal, garantizando que el elemento tenga la resistencia deseada y no sufra deformaciones más allá de las deseadas, de manera que confine el elemento, la resistencia a la fluencia del acero depende de varios factores como de la temperatura a la cual es formado, límite elástico entre otros factores mecánicos y conformaciones moleculares.

#### **2.1.7 Ductilidad**

Capacidad de la estructura para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica. [1]

#### **2.1.8 Fiscalización**

“Cada civilización desarrolla sus propios procedimientos, en pos de lograr los niveles de perfección, así se destacan los bajorrelieves del Egipto faraónico, relativos a trabajos de construcción, en los que aparecen diferenciados dos tipos de operarios: uno que realiza los diferentes trabajos de construcción y otro que se dedica a medir y comprobar lo que

han hecho los anteriores.” [8] Para el correcto desempeño de cada una de las tareas ejecutadas en la construcción de la vivienda, se requiere de una persona fiscalizadora como un ingeniero civil o arquitecto. (Ver Gráfico 2).

### **2.1.9 Continuidad vertical**

A consideración de la configuración estructural ideal se tiene en cuenta la continuidad vertical en el caso de pórticos resistentes a momentos, deben encontrarse en continuidad desde la cimentación pasando por entresijos hasta el nivel superior, de no cumplirse, los elementos no forman parte del sistema estructural resistente a fuerzas laterales. [9] (Ver Gráfico 5)

### **2.1.10 Regularidad en Planta y elevación**

Tanto las aberturas de puertas y ventanas deben estar distribuidas de manera regular y siguiendo una línea de ejes similares, para que el conjunto estructural se comporte de manera como un solo cuerpo. (Ver Anexo1 y Gráfico 6)

## **2.2 Modelo estructural**

En el modelo matemático de la estructura se deben incluir los elementos que trabajarán en conjunto para resistir las fuerzas laterales generadas en un evento sísmico, se incluirán columnas, vigas, losas y otros elementos que participen de manera estructural.

En las últimas décadas se ha presentado una mayor demanda en el interés de la aplicación computacional a la formulación en el análisis no lineal de las estructuras. [10]

En el ingreso de datos para los elementos estructurales, como propiedades mecánicas, se recomienda utilizar valores obtenidos mediante los ensayos como la resistencia a la compresión del hormigón y el módulo de elasticidad del acero, esto garantizará un mejor resultado en el modelo de la estructura en el software estructural. [11]

### **2.2.1 Peligrosidad sísmica**

Probabilidad de excedencia, dentro de un periodo específico de tiempo y dentro de una región determinada, de movimientos del suelo cuyos parámetros aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados. [1]

### **2.2.2 Cortante Basal**

Se considera a las fuerzas actuantes laterales en la base de la edificación ante la ocurrencia de un sismo o por la fuerza del viento.

Según la NEC 2015 [9], manifiesta que la determinación del cortante basal se lo realiza mediante la siguiente ecuación:  $V_{base} = \frac{Z C W}{R}$

Donde:

Z: Valor del factor de zona sísmica que depende de la posición geográfica donde es edificada la estructura en estudio. (Ver tabla 1.)

C: Coeficiente de Respuesta sísmica, el cual depende de la zona geográfica donde se desee implantar o se encuentre edificada la estructura estudiada.

R: Factor de reducción de resistencia sísmica, el cual depende del tipo y características de la estructura.

W: Peso sísmico efectivo de la estructura, igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso.

### **2.2.3 Inercias Agrietadas**

En estructuras de hormigón armado se requiere realizar el cálculo de rigidez y derivas máximas, para lo cual esta última no es mandante en viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta cinco metros, para lo cual se debe adoptar valores de las inercias agrietadas de los componentes que participan, en columnas el valor de las inercias agrietadas se considerará de  $0.8I_g$ , en el caso de vigas un valor de inercias agrietadas de  $0.5I_g$ . [1] Esto garantizará un análisis más efectivo y apegado a la realidad en obra.

### **2.2.4 Coeficiente Sísmico**

En el análisis de la estructura es necesario realizar el cálculo del cortante basal actuante en la misma, puesto que en el modelo matemático se requiere el ingresar un coeficiente extraído de dicho calculo, excluyendo el peso propio de la estructura, dado que este es calculado por el software estructural, con las dimensiones y datos mecánicos de la estructura, este coeficiente ingresado equivale al mismo cortante basal calculado con el metrado de cargas realizado con los detalles existentes en obra.

## **2.3 Análisis estructural de la vivienda en estudio**

### **2.3.1 Vivienda con pórticos resistentes a momentos**

Según NEC-2015: “Los pórticos resistentes a momento de hormigón armado transfieren las cargas actuantes a la cimentación a través de vigas y columnas” [9], La vivienda que se ha adoptado para el presente estudio cumple las características dispuestas por las

normas ecuatorianas de la construcción para pórticos resistentes a momentos, como son conjunto de elementos conectados entre sí como las columnas y vigas, las cuales reparten el peso de dicha estructura por medio de un sistema de cimentación al suelo, la vivienda tiene un costo que rodea los \$160.000 dólares americanos.(ver gráfico 3-4).

### **2.3.2 Áreas de vivienda y Dimensiones principales**

Dentro de una urbanización se encuentra la vivienda, con un terreno de aproximadamente 160 m<sup>2</sup> y un área de construcción de 78 m<sup>2</sup> en planta baja y 83 m<sup>2</sup> en planta alta dando un área total de construcción de 161 m<sup>2</sup>. (Ver Anexo 2 y 3)

La altura de entrepiso de la vivienda es de 2.70 metros, la cual sobrepasa a la máxima permitida por la norma ecuatoriana de la construcción, la cual es de 2.50 metros. (Ver Tabla 5 y Anexo 1.)

### **2.3.3 Mejoramiento de Suelo**

Correspondiente al mejoramiento de suelo, se ha realizado un mejoramiento global en toda la zona urbanizada en una profundidad de 3 metros, primeramente con material rocoso de 20 a 30", continuando con una segunda y tercer capa de lastre, uniforme y adecuadamente compactada.

### **2.3.4 Cimentación adoptada**

La cimentación que se ha adoptado para la vivienda es una cimentación superficial de zapata corrida con vigas de cimentación, fundida sobre un replantillo de 10 cm de espesor.

### **2.3.5 Característica de los materiales**

Los hormigones que se han ido usando en la construcción de la vivienda, tienen una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$ , en cimentación, columnas vigas y losas.

Para la fundición de las columnas se han implementado encofrados metálicos, los cuales han sido retirados a los 3 días, para las fundiciones de losas se ha implementado encofrados de madera y caña, los cuales han sido retirados a los 21 días de fraguado, en el cual alcanza la resistencia deseada el hormigón.

Ante un proyecto culminado la etapa de obra gris se desconoce exactamente las cuantías y disposición del acero de refuerzo, puesto que en el análisis visual de la estructura en obra no se logra recoger los datos necesarios para el conocimiento de las mismas. [12]

En el presente proyecto de vivienda se ha implementado aceros de refuerzo, como son las barras corrugadas, cumpliendo los requisitos mínimos dispuestos por la norma ecuatoriana de la construcción, sus dimensiones en toda la obra han variado con diámetros de 10, 12 y 14 mm, con una resistencia a fluencia del acero  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **2.3.6 Cargas muertas**

Mediante un cálculo minucioso se ha determinado la carga muerta de la estructura, este cálculo se realizó mediante el metrado de cargas que se presentan en la estructura, lo cual nos resultó un valor de 128.50 Ton. (Ver Anexo 4)

### **2.3.7 Cargas vivas**

Los cálculos matemáticos para determinar los efectos producidos por el peso de las personas en la estructura son dificultoso, porque depende de factores físicos y psicológicos, únicos de cada individuo, como peso, edad, sexo, personalidad, y otros factores. [13], para el valor de las cargas vivas actuantes en la estructura, como es la losa de entepiso y cubierta, se ha adoptado un valor dispuesto en la norma ecuatoriana de la construcción de 0,2 Ton/m<sup>2</sup> y 0,1Ton/m<sup>2</sup> correspondientemente, siendo este caso para residencias. (Ver Tabla 6.)

### **2.3.8 Calculo del Cortante Basal.**

Para la determinación del cortante basal, se han adoptado los siguientes valores correspondientes a la zona donde se ha edificado la vivienda, según la Norma Ecuatoriana de la Construcción:  $Z = 0.4$ , Correspondiente a una zona sísmica alta. (Ver tabla 2);  $C = 2.4$ , Correspondiente al valor comprendido en la región costa. (Ver tabla 3);  $R = 3$ , para el caso de pórticos resistentes a momento. (Ver tabla 4);  $W = 145.12$  Toneladas, determinado mediante el metrado de cargas presentes en la estructura. (Ver Anexo 4)

$$V_{base} = \frac{Z C W}{R} \Rightarrow V_{base} = \frac{(0.4)(2.4) W}{3} \Rightarrow V_{base} = 0.32W$$

Donde el valor 0.32 equivale al coeficiente del cortante a ingresar en el software estructural, para el respectivo modelo matemático.

$$V_{base} = 0.32(145.12 \text{ Ton}) = 46.44 \text{ Ton}$$

### **2.3.9 Modelado de la Estructura mediante Software Estructural.**

**Ver Anexo 5.**

### **2.3.10 Falla común estudiada para la vivienda con pórticos resistentes a momento.**

Los resultados del modelado de la estructura en el software estructural, se ha presentado que las vigas de la planta baja como en planta alta en su mayoría, presentan deficiencias, el chequeo ha presentado que la demanda es mayor que la capacidad de las mismas, presentándose falla por flexión en vigas

### **2.3.11 Estrategia de Rehabilitación ante falla frágil por flexión en vigas**

Mediante el análisis realizado con el uso del software estructural, se ha podido notar que los elementos estructurales que presentan deficiencias son las vigas, principalmente las interiores y en su mayoría en la planta alta, de estos resultados se ha podido adoptar como estrategia de rehabilitación, la implementación de tejidos de polímeros reforzados con fibras FRP, lo cual lo encontramos en el medio comercial de la construcción, denominados comercialmente como sikadur y sikawrap.

La composición del FRP es aproximadamente 70% fibra y un 30% polímero, devolviendo y aumentando la resistencia de los elementos estructurales afectados, la efectividad del uso del mismo dependerá de factores como la correcta aplicación, del tipo de envoltura y del refuerzo existente en el interior del elemento. [14], (Ver Gráfico 7y8)

El procedimiento para la colocación del reforzamiento de los elementos con FRP es el siguiente:

- Preparación de la superficie: debe estar limpia, sin los acabados como pinturas, empastes y otros materiales ajenos a la composición estructural del elemento.
- Aplicación de una capa de resina sobre el elemento. (Ver Gráfico 9)
- Colocación del FRP sobre la capa de resina sobre el elemento (SikaWrap) Ver Gráfico 10.
- Presionado del FRP sobre el elemento con un rodillo especial.
- Espolvoreado con arena Sikadur, sobre la resina con FRP, para facilitar la adherencia de la capa final.(Ver Gráfico 11)

### **2.3.12 Factibilidad de la implementación de la estrategia**

Ante la importancia de reforzar la estructura, siendo el método técnico menos invasivo de la estructura, la estrategia implementada resulta muy conveniente ante la falla tratada, además la capacidad a flexión en las vigas incrementaría considerablemente al aplicar el reforzamiento con FRP, en función de la economía el valor por metro cuadrado de la implementación de la estrategia aborda los \$135 dólares americanos, y un costo de rehabilitación total de \$2.025 aproximadamente.



### 3. CONCLUSIONES

- Mediante un análisis visual y técnico se ha verificado que los requisitos mínimos requeridos que la norma ecuatoriana de la construcción dispone para viviendas de hasta 2 pisos con lujos no mayores a 5 metros, no se están cumpliendo en su totalidad, puesto que la norma menciona una altura máxima de entrepiso de 2.50 metros, mientras la vivienda con sistema de pórticos resistentes a momento cuenta con una altura de entrepiso de 2.70 metros, incumpliendo con el parámetro establecido por la norma vigente en el país.
- Del análisis estructural mediante un software estructural especializado se ha obtenido un periodo de vibración de la estructura de 0.323, considerándose aceptable estructuralmente, agregando el chequeo de los elementos, los cálculos realizados como la determinación del cortante basal el cual nos presentó un valor de 46.44 Toneladas , obviando las derivas de piso las cuales no son exigidas en el análisis mínimo requerido para este tipo de estructura por la norma ecuatoriana de la construcción, se ha podido dar como resultado que las vigas de la planta baja y planta alta están fallando a flexión, por lo cual se ha optado por implementar un reforzamiento de las mismas mediante un sistema FRP, la cual tiene un costo estimativo de \$95 dólares americanos, y en total de la rehabilitación necesaria de los elementos un aproximado de \$2.025 dólares americanos, se puede concluir que la estrategia es factible económicamente puesto que no se tendrá costos adicionales a corto plazo y siendo relativamente pequeño ante el costo de la vivienda que rodea los \$160.000 dólares americanos.
- De acuerdo a lo exigido para la opción de titulación mediante examen complejo, se ha desarrollado el presente documento evidenciando los parámetros de evaluación y cumplido con los requisitos mínimos para la aprobación del mismo, documento en el cuál además se evidencian los resultados obtenidos del estudio realizado y los medios que se han dado para lograr cuyo fin.

#### **4. RECOMENDACIONES**

- Como pioneros en el campo de la construcción, el ingeniero civil debe cumplir los principios de ética y moral ante situaciones que requieran la toma de decisiones del mismo, haciendo validar sus conocimientos técnicos y experiencias en el medio, velando por el cumplimiento de los deberes y obligaciones como las leyes y normas vigentes que rigen en el medio en el que se encuentre, sin dejar de lado los derechos a los cuales él es bien merecido, al cumplirse esto no solo garantizará seguridad en una obra ejecutada por su mando sino también garantizará la integridad de las personas que ocuparán el bien o servicio brindado por su persona.
- El país al encontrarse dentro del cinturón de fuego es muy vulnerable ante las amenazas sísmicas que en él se presentan, por lo cual es de gran importancia estar preparados y capacitados constantemente, tanto en campo de prevención como de rehabilitación estructural, debido a que los avances de tecnología no se detienen y lo descubierto anteriormente en muchos casos no ha resultado de la manera esperada, implementar la normativa mínima requerida y cuidar los procesos constructivos garantizará un mejor resultado final y una confiable respuesta de la estructura ante un evento sísmico.
- En la carrera de ingeniería civil, debe darse la importancia que merece a las cátedras de carácter investigativo y tecnológico, puesto que en la actualidad, la ingeniería se está abriendo campo a la investigación científica y tecnológica, más no solo al campo técnico, esto debido al auge de la preparación y creación de nueva información que aporte a la comunidad científica.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMORESISTENTE, Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, 2014.
- [2] M. J. Castillo y R. Forray, «LA VIVIENDA, UN PROBLEMA DE ACCESO AL SUELO,» *ARQ (Santiago)*, nº 86, pp. 48-57, 2014.
- [3] J. Carrillo, F. Echeverri y W. Aperador, «Evaluación de los costos de construcción de sistemas estructurales para viviendas de baja altura y de interés social,» *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. XVI, nº 4, pp. 479-490, 2015.
- [4] L. Auersch, A. Romero y P. Galvín, «Respuesta dinámica de edificaciones producida por campos de ondas incidentes considerando la interacción suelo-estructura,» *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 30, nº 4, pp. 256-263, 2014.
- [5] J. Carrillo, D. Silva y M. Sánchez, «Desempeño de losas de concreto sobre terreno reforzadas con malla electrosoldada o fibras de acero,» *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. XVII, nº 4, pp. 499-510, 2016.
- [6] L. Pestana Morejón y C. Rodríguez García, «Análisis de parámetros influyentes en el diseño de columnas esbeltas según la NC 207:2003.,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. X, nº 1, pp. 1-13, 2016.
- [7] J. Carrillo, S. M. Alcocer y W. Aperador, «Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo,» *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. XIV, nº 2, pp. 285-298, 2013.
- [8] D. López Leyva, L. Tarifa Lozano y M. G. Ileana, «Evaluación de la calidad en la construcción de viviendas en Matanzas,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. VIII, nº 2, p. 4, 2014.
- [9] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m, Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, 2014.
- [10] M. Silva, A. Cunha y M. P. Duque Gutiérrez, «Análisis no lineal de pórticos planos usando la formulación corrotacional con elemento de viga Timoshenko,» *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 33, nº 1-2, pp. 115-122, 2017.
- [11] A. H. Barbat, Y. F. Vargas Alzate, L. Pujades y J. Hurtado, «Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras con base en la degradación de rigidez,» *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 32, nº 1, pp. 39-47, 2016.
- [12] Y. García Gracial, J. M. Ruiz Ruiz y M. M. González Fernández, «REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL HOTEL IMPERIAL, SANTIAGO DE CUBA,» *Ciencia en su PC*, nº 4, pp. 22-36, 2016.

[13] S. Villamizar, D. Gómez y P. Thomson, «Efectos de interacción humano-estructura en losas,» *Dyna*, vol. 81, nº 184, pp. 129-137, 2014.

[14] L. F. R. Landeta, REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO CON FRP(FIBER REINFORCED POLYMERS). APLICACIÓN AL CASO DE REFUERZO DE UNA LOSA Y COLUMNAS DE UN SALÓN DE AUDIOVISUALES Y UN AUDITORIO, Sangolquí, 2013.

## GRÁFICOS

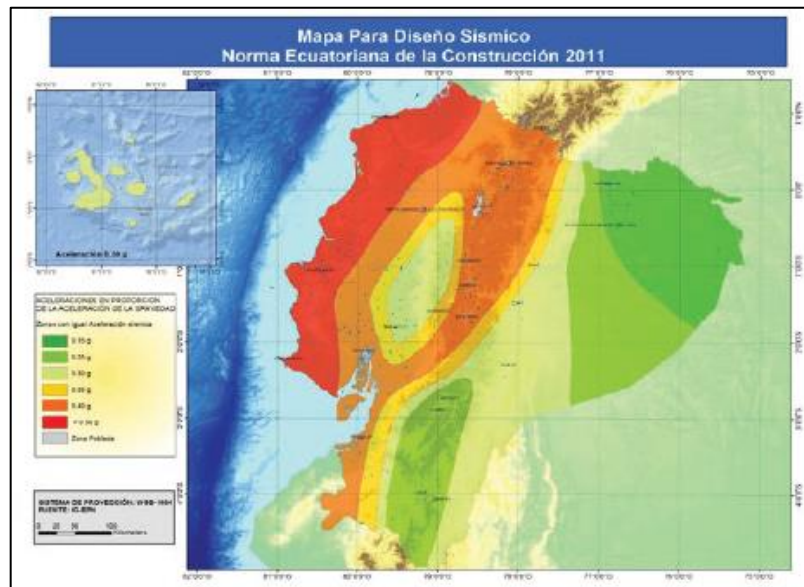


Gráfico 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

Fuente: NEC 2015



Gráfico 2. Visita a construcción de vivienda con sistema de pórticos resistentes a momentos.

Fuente: NEC 2015



Gráfico 3. Vivienda con sistema de pórticos resistentes a momentos.

Fuente: Dario Macas



Gráfico 4. Vivienda con pórticos resistentes a momentos en fase de acabados.

Fuente: Dario Macas

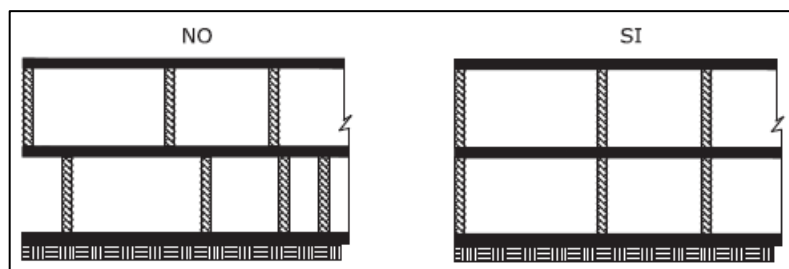


Gráfico 5. Continuidad en Elevación para edificaciones.

Fuente: NEC 2015

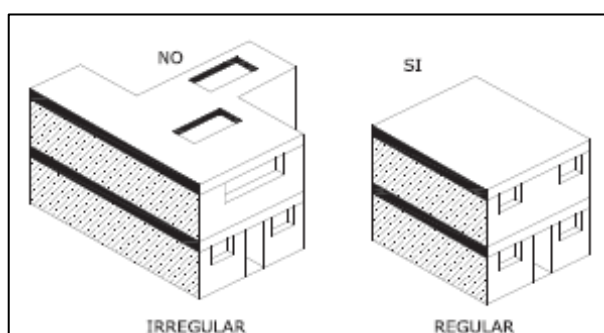


Gráfico 6. Planeamiento Regular en Edificación.

Fuente: NEC 2015

a) Envoltura completa del elemento; generalmente se utiliza para columnas y pilas de puentes en donde se tiene toda la geometría descubierta.

b) Envoltura en U o en tres caras del elemento; se utiliza principalmente en vigas y nervios de losas.

c) Adherencia en dos caras; se usa en vigas que no requieren un alto nivel de refuerzo.

(Completamente envuelto)      (Envoltura en U)      (2 lados)

Gráfico 7. Esquemas de envoltura

Fuente: L. F. Rosero Landeta

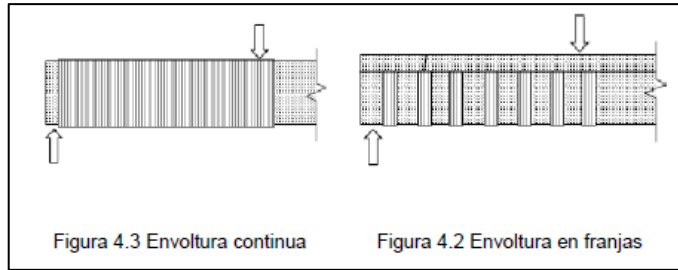


Gráfico 8. Envolturas con FRP

Fuente: L. F. Rosero Landeta



Gráfico 9. Preparación del Reforzamiento con FRP

Fuente: L. F. Rosero Landeta



Gráfico 10. Colocación FRP en estructuras

Fuente: L. F. Rosero Landeta



Gráfico 11. Acabados sobre el FRP para reforzamiento estructural

Fuente: L. F. Rosero Landeta



## TABLAS

**Tabla 1.** Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC-2015

**Tabla 2.** Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
SAN JUAN DE PASTOCALLE	SAN JUAN DE PASTOCALLE	LATACUNGA	COTOPAXI	0.40
TANICUCHA	TANICUCHI	LATACUNGA	COTOPAXI	0.40
TOACASO	TOACASO	LATACUNGA	COTOPAXI	0.40
MULALO	MULALO	LATACUNGA	COTOPAXI	0.40
SAN AGUSTIN DE CALLO	MULALO	LATACUNGA	COTOPAXI	0.40
SAN MIGUEL DE SALCEDO	SAN MIGUEL	SALCEDO	COTOPAXI	0.40
PUJILI	PUJILI	PUJILI	COTOPAXI	0.40
PORTOVELO	PORTOVELO	PORTOVELO	EL ORO	0.30
CHILLA	CHILLA	CHILLA	EL ORO	0.30
PACCHA	PACCHA	ATAHUALPA	EL ORO	0.30
PIÑAS	PIÑAS	PIÑAS	EL ORO	0.30
ZARUMA	MALVAS	ZARUMA	EL ORO	0.30
HUAQUILLAS	HUAQUILLAS	HUAQUILLAS	EL ORO	0.40
SANTA ROSA	SANTA ROSA	SANTA ROSA	EL ORO	0.40
ARENILLAS	ARENILLAS	ARENILLAS	EL ORO	0.40
BELLAVISTA	BELLAVISTA	SANTA ROSA	EL ORO	0.40
MACHALA	MACHALA	MACHALA	EL ORO	0.40
BALSAS	BALSAS	BALSAS	EL ORO	0.35
MARCABELI	MARCABELI	MARCABELI	EL ORO	0.35
PASAJE	PASAJE	PASAJE	EL ORO	0.35
BELLA MARIA	BELLAMARIA	SANTA ROSA	EL ORO	0.40
EL GUABO	EL GUABO	EL GUABO	EL ORO	0.40
LA UNION	LA UNION	QUININDE	ESMERALDAS	0.50
VICHE	VICHE	QUININDE	ESMERALDAS	0.50
MONTERREY	ROSA ZARATE (QUININDE)	QUININDE	ESMERALDAS	0.50
LA VILLEGAS	ROSA ZARATE (QUININDE)	QUININDE	ESMERALDAS	0.50
ATACAMES	ATACAMES	ATACAMES	ESMERALDAS	0.50
ROSA ZARATE	ROSA ZARATE (QUININDE)	QUININDE	ESMERALDAS	0.50
BOLIVAR	BOLIVAR	MUISNE	ESMERALDAS	0.50
LA INDEPENDENCIA	ROSA ZARATE (QUININDE)	QUININDE	ESMERALDAS	0.50

Fuente: NEC 2015

**Tabla 3.** Coeficiente de Respuesta Sísmica

Zona geográfica	C
Costa y Galápagos	2.4
Sierra y Oriente	3

Fuente: NEC 2015

**Tabla 4.** Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas.

Sistema Estructural	Materiales	Coefficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Pórticos resistentes a Momento	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> , reforzado con acero laminado en caliente.	3	2(b)
	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> , con armadura electro-soldada de alta resistencia.	2.5	2
	Acero Doblado en Frío	1.5	2 (b)

Fuente: NEC 2015

**Tabla 5.** Requisitos mínimos en función del número de pisos de la vivienda con pórticos de hormigón y losas

Número de pisos de la vivienda	Elemento	Luz máxima (m)	altura total de entrepiso máxima (m)	Sección mínima base x altura (cm x cm)	Cuantía Longitudinal Mínima de acero laminado en caliente	Refuerzo de acero laminado Transversal Mínimo (estribos)
1	Columnas	4.0	2.50	20x20(a)	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			15x20(b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)
2	Columnas	4.0	2.50	Piso 1: 25x25 Piso 2: 20x20	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			20x20 (b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)

Fuente: NEC 2015

Tabla 6. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y concentradas.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Hospitales</b>		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50
<b>Instituciones penales</b>		
Celdas	2.00	
Corredores	4.80	
<b>Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad</b>	Véase sección <a href="#">4.5 ASCE/SEI 7-10</a>	
<b>Pasarelas y plataformas elevadas (excepto rutas de escape)</b>	3.00	
<b>Patios y terrazas peatonales</b>	4.80	
<b>Pisos para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2600 mm<sup>2</sup>)</b>		1.40
<b>Residencias</b>		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares	2.00	
Habitaciones	4.80	
Salones de uso público y sus corredores		
<b>Salas de baile</b>	4.80	
<b>Salas de billar, bolos y otras áreas de recreación similares</b>	3.60	
<b>Salida de emergencia</b>	4.80	
Únicamente para residencias unifamiliares	2.00	
<b>Sistemas de pisos para circulación</b>		
Para oficinas	2.40	9.00
Para centros de cómputo	4.80	9.00

Fuente: NEC 2015

## ANEXOS

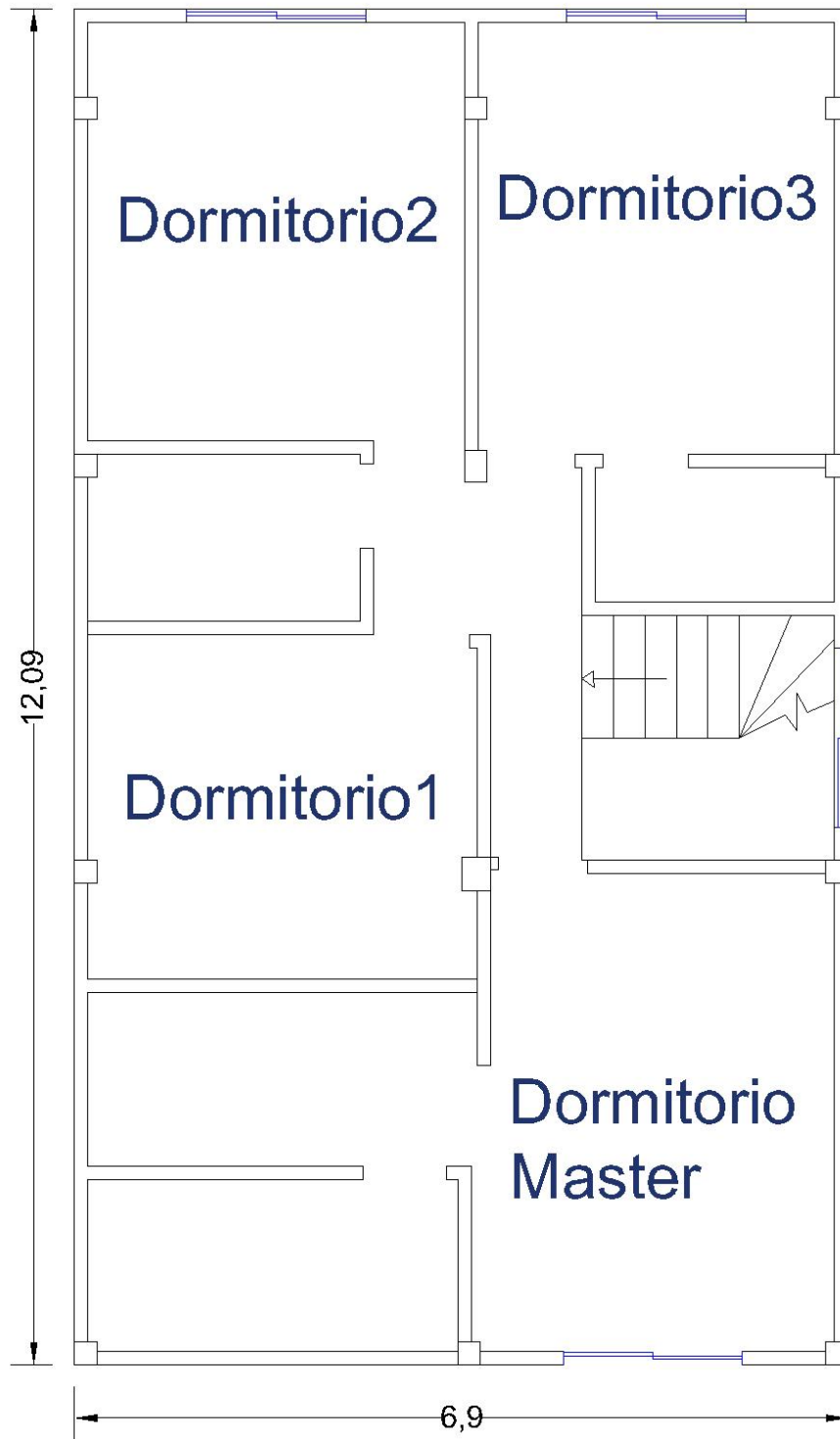
**Anexo 1.** Verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos en función del número de pisos de vivienda con sistema aporticado

DESCRIPCIÓN	REQUISITO NEC	VIVIENDA DE ESTUDIO	CUMPLE
Número de Pisos de vivienda	Máximo 2	2	<b>SI</b>
Luz Máxima (m)	5.00 m	4.10 m	<b>SI</b>
Altura total de entepiso máxima (m)	2.50 m	2.70 m	<b>NO</b>
Sección mínima de columna en primer piso (cm x cm)	25x25	27x27	<b>SI</b>
Sección mínima de columna en segundo piso (cm x cm)	20x20	22x20	<b>SI</b>
Abertura en planta	Menor al 25% del área Total de Piso	Abertura=4.92m <sup>2</sup> Área Total=83m <sup>2</sup> %Abertura=5.92%	<b>SI</b>

Anexo 2. Planta Baja de Vivienda de pórticos resistentes a momentos.

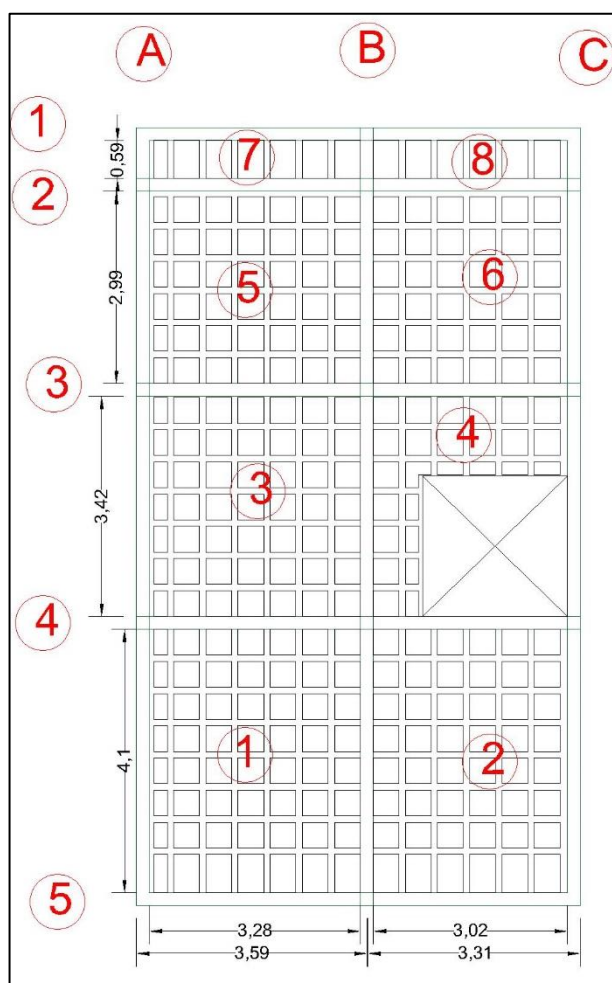


Anexo 3. Planta alta de vivienda con pórticos resistentes a momentos.



Anexo 4. Metrado de Cargas de la vivienda con sistema de pórticos resistentes a momento.

Distribución de cajonetas en losas



VOLUMENES DE CAJONETAS						
Paño #	dimensiones (largo x ancho x alto)			#	Volumen m3	
1	0.40	0.40	0.15	42.00	1.01	1.32
	0.40	0.60	0.15	6.00	0.22	
	0.40	0.20	0.15	8.00	0.10	
2	0.40	0.40	0.15	42.00	1.01	1.22
	0.40	0.60	0.15	6.00	0.22	
3	0.40	0.40	0.15	42.00	1.01	1.09
	0.40	0.20	0.15	7.00	0.08	
4	0.40	0.40	0.15	17.00	0.41	0.53
	0.40	0.20	0.15	10.00	0.12	
5	0.40	0.40	0.15	36.00	0.86	0.94
	0.40	0.20	0.15	6.00	0.07	
6	0.40	0.40	0.15	36.00	0.86	0.86
7	0.40	0.40	0.15	7.00	0.17	0.17
8	0.40	0.40	0.15	6.00	0.14	0.14
					<b>Volumen Total</b>	<b>6.28</b>

<b>VOLUMEN DE LOSA</b>					
<b>PAÑO</b>	<b>dimensiones ( largo x ancho)</b>		<b>Área m2</b>	<b>Alto</b>	<b>Volumen</b>
1	4.10	3.30	13.53	0.22	2.98
2	4.10	3.00	12.30	0.22	2.71
3	3.42	3.30	11.29	0.22	2.48
4			5.41	0.22	1.19
5	3.00	3.30	9.90	0.22	2.18
6	3.00	3.00	9.00	0.22	1.98
7	0.60	3.30	1.98	0.22	0.44
8	0.60	3.00	1.80	0.22	0.40
<b>ÁREA TOTAL</b>			<b>65.21</b>	<b>Vol. Total</b>	<b>14.35</b>

<b>VOLUMEN DE VIGAS</b>				
<b>Viga</b>	<b>base b</b>	<b>alto h</b>	<b>largo L</b>	<b>Volumen</b>
AB1	0.20	0.22	3.68	0.16
AB2	0.20	0.22	3.68	0.16
AB3	0.20	0.22	3.68	0.16
AB4	0.20	0.22	3.68	0.16
AB5	0.20	0.22	3.68	0.16
BC1	0.20	0.22	3.22	0.14
BC2	0.20	0.22	3.22	0.14
BC3	0.20	0.22	3.22	0.14
BC4	0.20	0.22	3.22	0.14
BC5	0.20	0.22	3.22	0.14
A1-2	0.20	0.22	0.60	0.03
A2-3	0.20	0.22	3.00	0.13
A3-4	0.20	0.22	3.42	0.15
A4-5	0.20	0.22	4.10	0.18
B1-2	0.20	0.22	0.60	0.03
B2-3	0.20	0.22	3.00	0.13
B3-4	0.20	0.22	3.42	0.15
B4-5	0.20	0.22	4.10	0.18
C1-2	0.20	0.22	0.60	0.03
C2-3	0.20	0.22	3.00	0.13
C3-4	0.20	0.22	3.42	0.15
C4-5	0.20	0.22	4.10	0.18
<b>Volumen Total</b>				<b>2.99</b>



<b>VOLUMEN DE VIGAS PLANTA ALTA (AZOTEA)</b>				
<b>Viga</b>	<b>base b</b>	<b>alto h</b>	<b>largo L</b>	<b>Volumen</b>
AB1	0.15	0.30	3.68	0.17
AB2	0.15	0.30	3.68	0.17
AB3	0.15	0.30	3.68	0.17
AB4	0.15	0.30	3.68	0.17
AB5	0.15	0.30	3.68	0.17
BC1	0.15	0.30	3.22	0.14
BC2	0.15	0.30	3.22	0.14
BC3	0.15	0.30	3.22	0.14
BC4	0.15	0.30	3.22	0.14
BC5	0.15	0.30	3.22	0.14
A1-2	0.15	0.30	0.60	0.03
A2-3	0.15	0.30	3.00	0.14
A3-4	0.15	0.30	3.42	0.15
A4-5	0.15	0.30	4.10	0.18
B1-2	0.15	0.30	0.60	0.03
B2-3	0.15	0.30	3.00	0.14
B3-4	0.15	0.30	3.42	0.15
B4-5	0.15	0.30	4.10	0.18
C1-2	0.15	0.30	0.60	0.03
C2-3	0.15	0.30	3.00	0.14
C3-4	0.15	0.30	3.42	0.15
C4-5	0.15	0.30	4.10	0.18
			<b>Volumen Total</b>	<b>3.05</b>

<b>VOLUMEN DE COLUMNAS PLANTA BAJA</b>				
<b>#</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>Alto</b>	<b>Volumen</b>
1	0.27	0.27	2.7	0.20
2	0.27	0.27	2.7	0.20
3	0.27	0.27	2.7	0.20
4	0.27	0.27	2.7	0.20
5	0.27	0.3	2.7	0.22
6	0.27	0.27	2.7	0.20
7	0.27	0.27	2.7	0.20
8	0.27	0.3	2.7	0.22
9	0.27	0.27	2.7	0.20
10	0.27	0.27	2.7	0.20
11	0.27	0.27	2.7	0.20
12	0.27	0.27	2.7	0.20
			<b>Volumen Total</b>	<b>2.41</b>

VOLUMEN DE COLUMNAS PLANTA ALTA				
#	Ancho	Largo	Alto	Volumen
1	0.2	0.2	2.65	0.11
2	0.2	0.2	2.65	0.11
3	0.2	0.2	2.65	0.11
4	0.2	0.2	2.65	0.11
5	0.25	0.3	2.65	0.20
6	0.2	0.2	2.65	0.11
7	0.2	0.2	2.65	0.11
8	0.2	0.3	2.65	0.16
9	0.2	0.2	2.65	0.11
10	0.2	0.2	2.65	0.11
			<b>Volumen Total</b>	<b>1.21</b>

#### Datos Para cálculo de Pesos de Losa

1m3=	139 bloques	Area Losa	78.5 m2
		Espesor Losa	0.22 m2
		Volumen Losa	17.27 m3
Bloque=	8.50 KN/m3	Peso Hormigón	24 KN/m3

Descripción	Pesos
Cajonetas	53.35 KN
Peso H°A°	265.32 KN
Peso Total Losa	318.67 KN
Peso T Losa por m2	4.06 KN/m2
Peso Losa sin vigas	3.79 KN/m2
Peso Losa sin vigas	386.28 Kg/m2

AREA DE PAREDES PLANTA ALTA									
PAREDES			VENTANAS			PUERTAS			m2
LARGO m	ALTO m	AREA m2	LARGO m	ALTO m	AREA m2	LARGO m	ALTO m	AREA m2	AREA TOTAL
3.22	2.65	8.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.53
3.08	2.65	8.16	1.65	2.20	3.63	0.00	0.00	0.00	4.53
4.10	2.65	10.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.87
1.99	2.65	5.27	1.60	2.20	3.52	0.00	0.00	0.00	1.75
4.93	2.65	13.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.06
3.45	2.65	9.14	1.60	1.20	1.92	0.00	0.00	0.00	7.22
3.45	2.65	9.14	1.60	1.20	1.92	0.00	0.00	0.00	7.22
11.37	2.65	30.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.13
3.29	2.65	8.72	0.00	0.00	0.00	0.75	2.10	1.58	7.14
3.47	2.65	9.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20
3.47	2.65	9.20	0.00	0.00	0.00	0.85	2.10	1.79	7.41
3.36	2.65	8.90	0.00	0.00	0.00	0.80	2.10	1.68	7.22
1.73	2.65	4.58	0.00	0.00	0.00	0.75	2.10	1.58	3.01
2.99	2.65	7.92	0.00	0.00	0.00	0.80	2.10	1.68	6.24
3.57	2.65	9.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.46
2.32	2.65	6.15	0.00	0.00	0.00	0.77	2.10	1.62	4.53
1.57	2.65	4.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.16
5.17	2.65	13.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.70
1.99	2.65	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.27
								AREA TOTAL	160.68

AREA DE PAREDES PLANTA BAJA									
PAREDES			VENTANAS			PUERTAS			m2
LARGO m	ALTO m	AREA m2	LARGO m	ALTO m	AREA m2	LARGO m	ALTO m	AREA m2	AREA TOTAL
3.30	2.70	8.91	0.8	1.9	1.52	1.60	2.10	3.36	4.03
3.21	2.70	8.67	1.6	1.2	1.92	0.00	0.00	0.00	6.75
10.22	2.70	27.59	0	0	0			2.97	24.62
6.63	2.70	17.90	1.6	1.2	1.92	1.60	2.20	3.52	12.46
10.30	2.70	27.81	0	0	0	0.00	0.00	0.00	27.81
3.98	2.70	10.75	0	0	0	0.00	0.00	0.00	10.75
2.29	2.70	6.18	0	0	0	0.00	0.00	0.00	6.18
1.18	2.70	3.19	0	0	0	0.75	2.10	1.58	1.61
2.29	2.70	6.18	0	0	0	0.00	0.00	0.00	6.18
7.63	2.70	20.60	0	0	0	0.00	0.00	0.00	20.60
								AREA TOTAL	121.00

Especificaciones Técnicas, Bloques en Pared x m2			
Peso	7.29	kg	$CB = \frac{1m2}{(b+J)x(h+J)}$ $CB = 12.04 \text{ x m2}$
Dimensiones Bloque			
base b	0.39		
alto h	0.19		
espesor e	0.09		
espesor junta de mortero J	0.015		
CB= Cantidad de Bloques por m2			

Especificaciones Técnicas, Volumen de Mortero en Juntas x m2			
Volumen de mortero Vmo (m3/m2)	$Vmo = Vmu - (CB)x(VB)$ $Vmo = 0.01 \text{ m3}$		
Volumen de muro Vmu (m3/m2)			
Cantidad de bloques x m2			
Vol Bloques V B			

Peso de Pared por m2			
Área de Bloques=	0.893	m2	Peso de Bloques (KN) = 0.861 KN
Volumen de bloques=	0.08	m3	Peso mortero junta (KN)= 0.193 KN
Peso de Bloques (Kg) =	87.80	Kg	Peso mortero enlucido (KN) = 0.80 KN
			Peso Pared (KN/m2)= 1.854 KN/m2
			Peso Pared (Kgf/m2)= 189.06 Kgf/m2

PESO CERAMICA DE PISO			
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO Kg/m3	ESPESOR	PESO SOBRE AREA Kg/m2
MORTERO	2000	0.015	30
CARÁMICA	1800	0.015	27
<b>PESO POR m2 DE LOSA</b>			<b>57</b>

### Resumen del Peso Total de la Estructura

DESCRIPCIÓN	PESO SOBRE ÁREA Kg/m2	ÁREAS m2	PESO SOBRE ÁREA Kg/m3	VOLÚMEN m3	PESO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL Kg
PESO VIGAS AZOTEA			2400.00	3.05	7328.88
PESO COLUMNAS PLANTA ALTA			2400.00	1.21	2893.80
PESO MAMPOSTERÍA PLANTA ALTA	189.06	160.68			30376.78
PESO ENLUCIDO PLANTA ALTA	42	321.35			13496.78
PESO PISO DE ACABADO	57	65.21			3716.74
PESO LOSA	386.28	65.21			25188.07
PESO VIGAS EN LOSA			2400.00	2.99	7166.02
PESO COLUMNAS PLANTA BAJA			2400.00	2.41	5773.68
PESO MAMPOSTERÍA PLANTA BAJA	189.06	121.00			22875.03
PESO ENLUCIDO PLANTA BAJA	40	241.99			9679.68
			<b>W total (Kg)</b>		<b>128495.46</b>
			<b>W total (Ton)</b>		<b>128.50</b>
<b>Carga Viva</b>	<b>203.94</b>	<b>65.21</b>	<b>(Ton)</b>		<b>13.30</b>

Sobrecarga Losa entrepiso			
Elemento	peso(Kg)	Area	Total
Mampostería	30376.78	65.21	465.86
Enlucido	13496.78	65.21	206.99
Piso	3716.74	65.21	57.00
		<b>TOTAL</b>	<b>729.85</b>

## Anexo 5. Modelado de la Estructura

### Definimos las coordenadas de las grillas en donde plasmaremos nuestra estructura7

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	3,4	Primary	Yes	End	
C	4,5	Primary	Yes	End	
D	5,7	Primary	Yes	End	
E	6,6	Primary	Yes	End	

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	
2	4,25	Primary	Yes	Start	
3	5,35	Primary	Yes	Start	
4	6,45	Primary	Yes	Start	
5	7,9	Primary	Yes	Start	
6	11	Primary	Yes	Start	

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z3	1,35	Primary	Yes	End
Z2	2,7	Primary	Yes	End
Z4	5,35	Primary	Yes	End

Display Grids as:  Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

Bubble Size: 0,5

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

### Definimos las propiedades de los materiales que presenta la estructura estudiada

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Hormigon 210kg/cm2

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 3000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2402,7697

Mass per Unit Volume: 245,0143

Units: Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2,188E+09

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

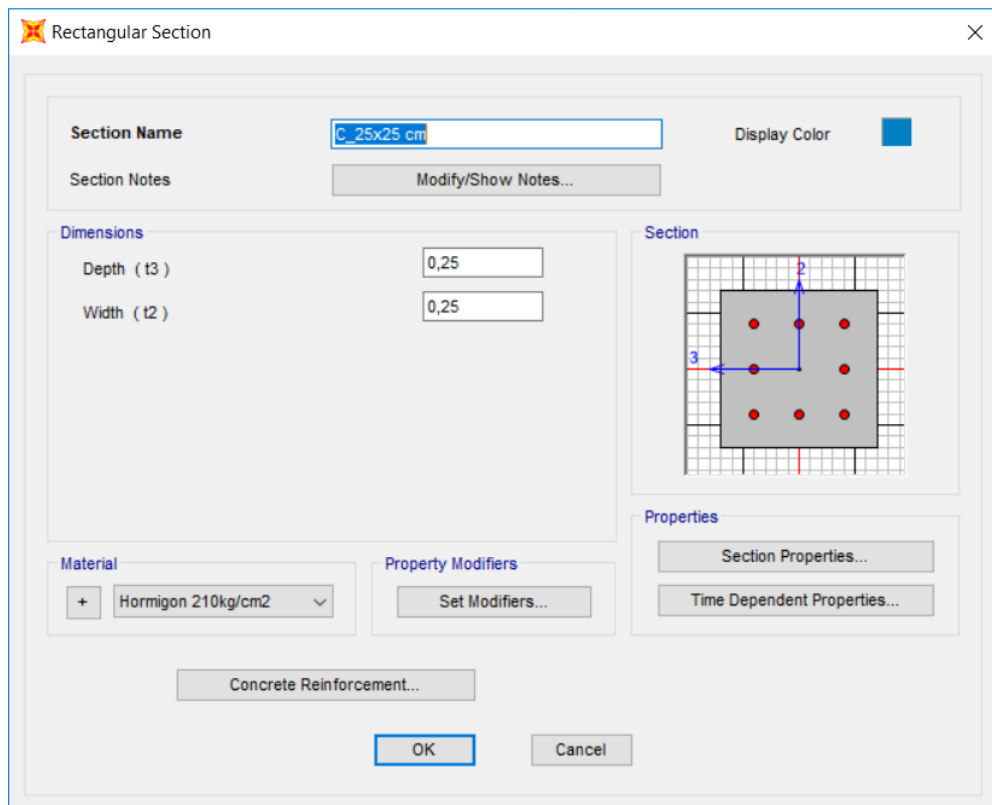
Shear Modulus, G: 9,117E+08

Other Properties For Concrete Materials

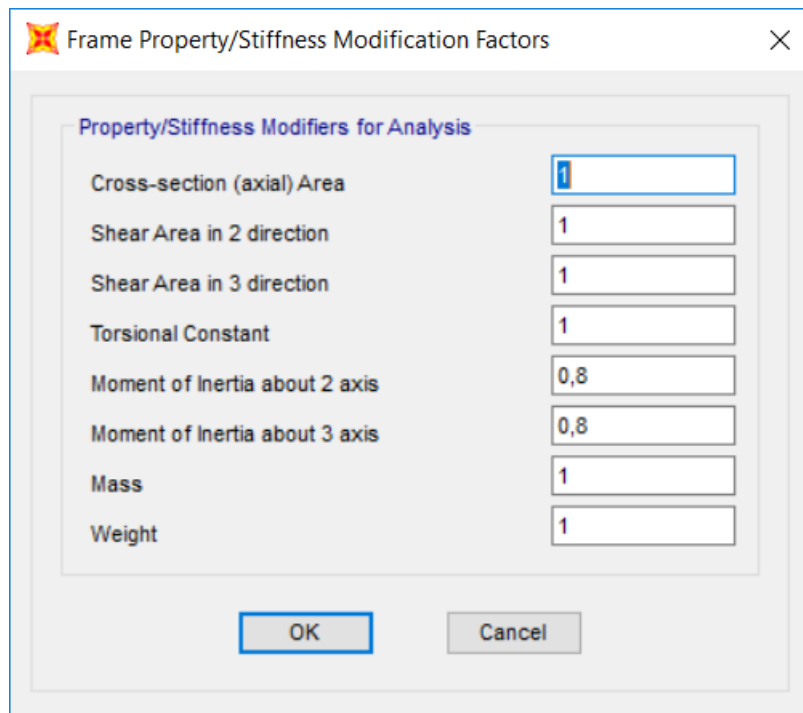
Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2100000,

Expected Concrete Compressive Strength: 2100000,

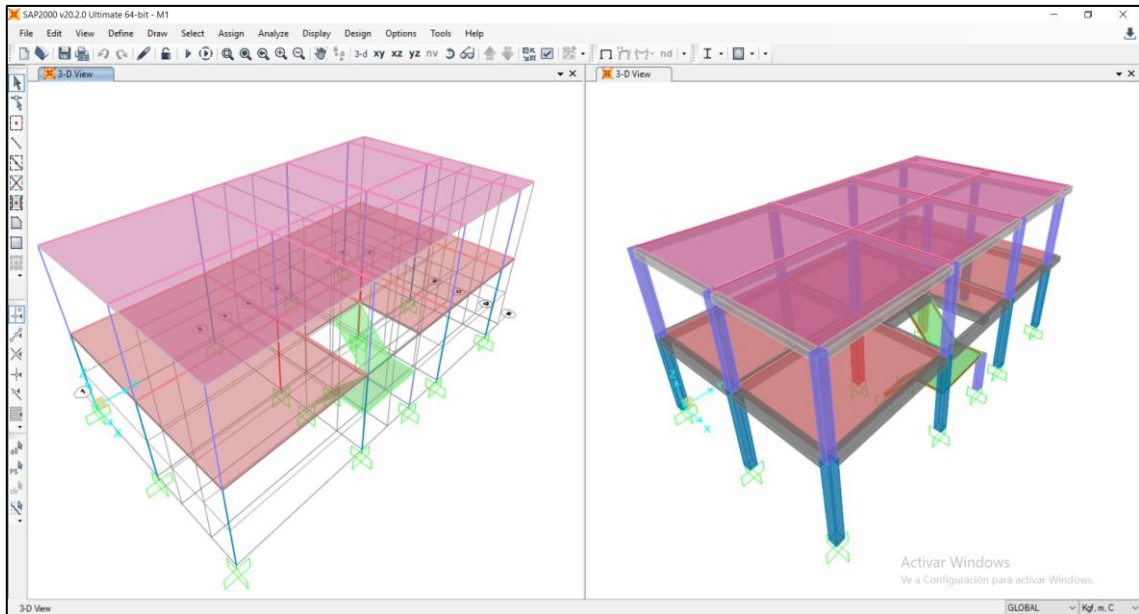
**Insertamos las dimensiones de las columnas y vigas empleadas en nuestra estructura**



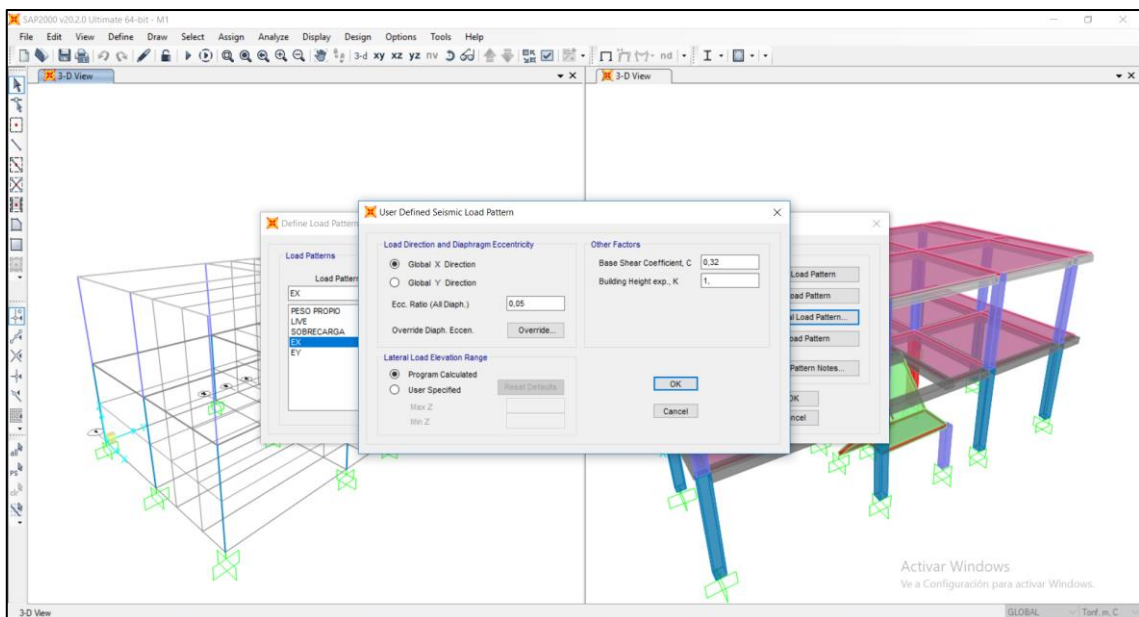
**Definimos las inercias agrietadas en caso de columnas valores de  $I_g$  0,8; Vigas  $I_g$  0,5 y losas  $I_g$  0,6**

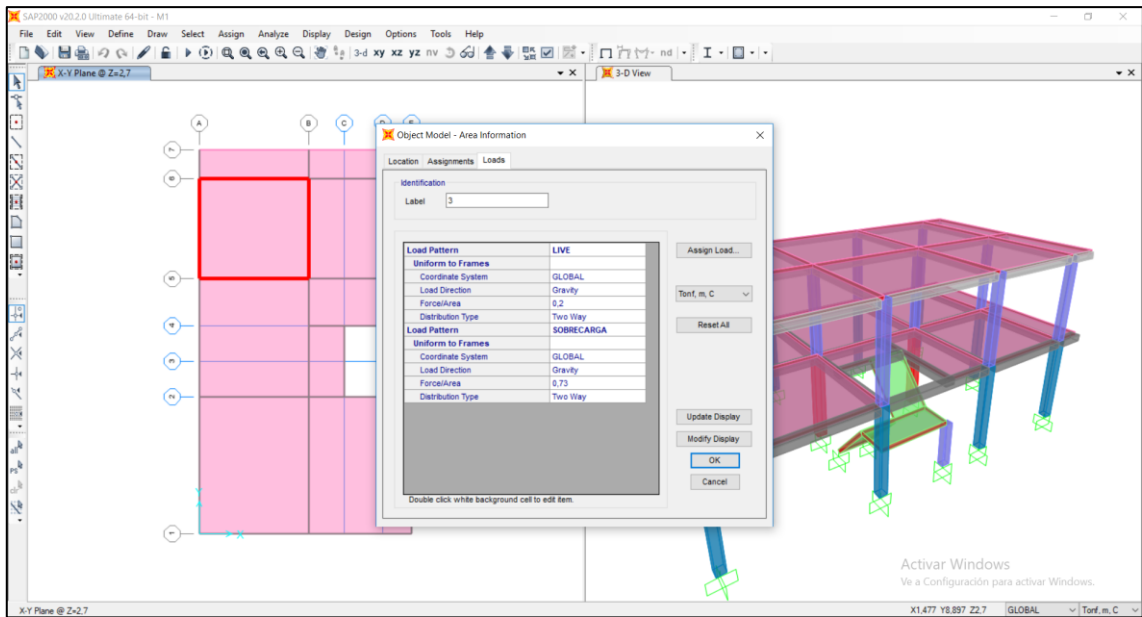


**Definidos los materiales y secciones, procedemos a plasmar la estructura correspondiente**

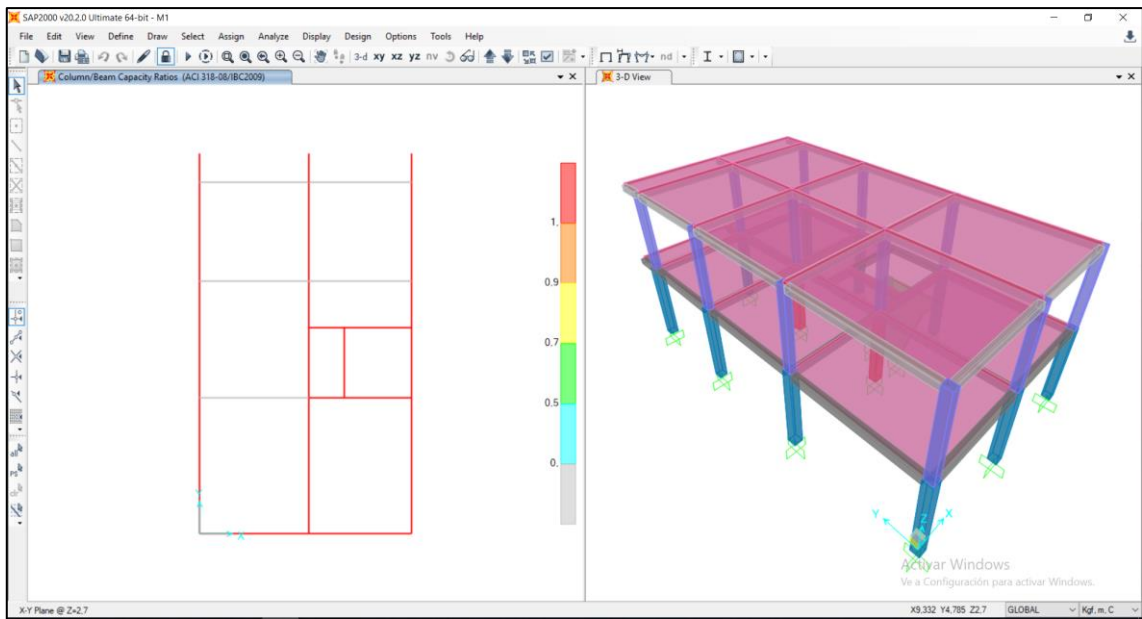


**Agregamos las cargas correspondientes, determinadas en el metrado de cargas y las indicadas en las normas, además del coeficiente sísmico del cortante basal**





### Chequeo de los elementos de la estructura, para revisar los elementos que fallen



### Tabla de los resultados modales

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

Filter:

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
▶	MODAL	Mode	1	0,3234	0,757	0,00829	1,469E-06	0,757	0,00829	1,469E-06
	MODAL	Mode	2	0,30264	0,006146	0,575	4,258E-05	0,764	0,583	4,404E-05
	MODAL	Mode	3	0,270587	0,001111	0,198	3,203E-05	0,765	0,781	7,608E-05
	MODAL	Mode	4	0,11349	0,216	2,316E-05	1,499E-08	0,98	0,781	7,609E-05
	MODAL	Mode	5	0,104269	0,0003166	0,126	0,0003015	0,981	0,908	0,0003776
	MODAL	Mode	6	0,094124	0,002425	0,065	0,000144	0,983	0,973	0,0005215