



# **MEMORIA CÁLCULO ESTRUCTURAL**

**PROYECTO:**

**BLUE WATER**

**UBICACIÓN:**

**HRT. F. HUASPUNGO**

**PARROQUIA SAN ANTONIO**

**ELABORADO POR:**

**JUAN CAILLAGUA CASTRO**

**INGENIERO CIVIL**

**JUNIO 2022**

**QUITO- ECUADOR**



## INDICE

1. Antecedentes:.....	1
2. Alance.....	1
3. Objetivo.....	1
3.1 General.....	1
3.2 Específicos.....	2
4. SISTEMA ESTRUCTURAL.....	2
4.1 Losa alivianada de hormigón armado.....	2
4.2 Vigas.....	3
4.3 Columnas.....	3
4.4 Cimentación.....	4
4.5 Contrapiso.....	4
5. MATERIALES NORMAS Y CÓDIGOS.....	4
5.1 Materiales.....	4
5.2 Normas y Códigos.....	5
6. Modelación de la vivienda.....	5
6.1 Definición de unidades.....	5
6.2 Definición de materiales.....	6
6.3 Definición de la geometría.....	7
6.4 Definición de secciones.....	7
7. Cargas básicas y combinaciones de análisis y diseño.....	10
7.1 Carga muerta “D”.....	11
7.2 Cargas permanentes “CP”.....	11
7.3 Carga viva “CV”.....	12
7.3 Carga sísmica.....	13
7.4 Combinaciones de diseño.....	21
7.5 Comportamiento dinámico.....	22

7.6	Análisis de derivas.....	24
8.	Diseño de elementos hormigón armado.....	25
8.1	Flexión y corte.....	26
8.2	Flexo-compresión y Corte.....	28
8.3	Diseño de vigas.....	34
8.4	Cimentación.....	35
9.	Conclusiones:.....	39
10.	Bibliografía.....	39

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Solicitaciones Actuantes En Losa.....	3
FIGURA 2	Definición de unidades.....	6
FIGURA 3	Definición de hormigón simple $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	6
FIGURA 4	Definición de acero de refuerzo $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ .....	7
FIGURA 5	Geometría de la vivienda.....	7
Figura 6	secciones de etabs.....	8
FIGURA 7	Sección de columna 30x30.....	8
Figura 8	Sección de columna 30X30.....	9
FIGURA 9	Sección de vigas V 20x15.....	9
Figura 10	Sección de losas de entrepiso 1er, 2do piso $e=15 \text{ cm}$ .....	10
FIGURA 11	Carga permanente en losa de entrepiso.....	12
FIGURA 12	Carga viva en elementos tipo Shell (losa de entrepiso).....	13
FIGURA 13	inserción de cortante basal sentido X.....	17
FIGURA 14	Inserción del cortante basal sentido Y.....	17
FIGURA 15	Peso sísmico y Cortante basal.....	18
FIGURA 16	Distribución de fuerzas laterales en sentido X.....	18
FIGURA 17	Distribución de cortante sísmico en cada piso sentido X.....	19
FIGURA 18	Distribución de fuerzas laterales en sentido Y.....	19
FIGURA 19	Distribución de cortante sísmico en cada piso sentido Y.....	20
FIGURA 20	Esquema de espectro tipo indicado en la NEC 15.....	20
FIGURA 21	Espectro elástico e inelástico.....	21

FIGURA 22 Combinaciones de carga insertadas en el Etabs v18 .....	21
FIGURA 23 Comportamiento sísmico de la estructura tomado desde Etabs 2018.....	23
FIGURA 24 Primer modo de vibración desplazamiento en "Y" .....	23
FIGURA 25 Segundo modo de vibración desplazamiento "X" .....	24
FIGURA 26 Tercer modo de vibración rotación "Z" .....	24
FIGURA 27 Derivas con sismo SX.....	25
FIGURA 28 Derivas con sismo SY.....	25
FIGURA 29 Solicitaciones en columnas M33 .....	26
FIGURA 30 Cortantes en columnas V22 .....	27
FIGURA 31 Envolvente de momentos en losa N 2.7 .....	27
FIGURA 32 Envolvente de momentos en losa de cubierta.....	28
FIGURA 33 Diagrama de iteración Col 30x30 .....	29
FIGURA 34 Área de acero necesaria en sección de columna.....	30
Figura 35 Colocación de acero calculado en columna de 30X30.....	30
Figura 36 Colocación de acero calculado en columna de 30x30 .....	31
Figura 37 Verificación de capacidad de columnas armadas.....	31
FIGURA 38 Comprobación de Capacidad de columna viga " 6/5 Viga /Columna" .....	32
FIGURA 39 Esquema de armado de estribos en columna de 30x30cm .....	34
FIGURA 40 Área de acero en Losa primera planta .....	34
FIGURA 41 Área de acero en Losa segunda planta.....	35
Figura 42 inserción de acero calculado en la sección de viga 20/15.....	35

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Resumen de propiedades de los materiales .....	5
Tabla 2 Resumen de Secciones .....	8
Tabla 3 Definición de Solicitaciones actuantes sobre la edificación.....	11
Tabla 4 Cargas Permanentes por losa.....	12
Tabla 5 Cargas Vivas sobre la edificación .....	13
Tabla 6 Resumen de sección bajo condición de cuantía mínima requerida .....	29
Tabla 7 Resumen de acero transversal para la columna de 30x30cm .....	33

## **DISEÑO ESTRUCTURAL DIF. SR. MARCO VINICIO CAIZA**

### **1. Antecedentes:**

El Arq. Gustavo Ramirez contrata los servicios del Ing. Juan Gabriel Caillagua, para la realización del análisis y diseño estructural del proyecto BLUE WATER, que se encuentra ubicado en la parroquia San Antonio en el sector, Barrio Hrt. F. Huaspungo, ubicado en la ciudad de Quito provincia de Pichicha.

El bloque de análisis consta de un edificio de dos plantas, debido que arquitectónicamente se ha resuelto ejecutar de esta manera.

La estructura de los edificios es de hormigón armado para vigas, columnas, losas y cimentación. Los sistemas de piso son losas de hormigón armado que están conformadas con bloques de alivianamientos.

Para el análisis y diseño se consideró la siguiente distribución de áreas por piso, así como se indica a continuación:

- En el nivel N-0.92, se encuentra: parqueadero, departamento 1
- En el nivel N +1.78, se distribuye el departamento 2.
- En el nivel N +6.10, se distribuye en terraza inaccesible.

### **2. Alance**

El presente documento está realizado para detallar el procedimiento de análisis y diseño de los elementos estructurales que conforman el proyecto Blue Water a fin de que éste cumpla todas las especificaciones dadas en las normativas aplicables en nuestro país, como son la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 y ACI 318-14.

### **3. Objetivo**

#### **3.1 General**

Realizar el análisis y diseño y evaluación estructural del proyecto Blue Water aplicando la normativa vigente NEC-15.

### **3.2 Específicos**

- Describir los criterios, hipótesis, normas y procedimientos de diseño estructural, que se debe realizar a la estructura del proyecto Blue Water, a fin de garantizar óptimo desempeño bajo la acción de cargas actuantes verticales y laterales.
  - Proveer de la configuración estructural idónea de tal manera que se ofrezcan todas las garantías para ser utilizado como vivienda, brindando las condiciones de resistencia, seguridad y ductilidad requerida, y que además cumpla con los requisitos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC2015, en los capítulos:
    - NEC-SE-CG-2015 Cargas no sísmicas
    - NEC-SE-CM-2015 Geotécnica y Cimentaciones
    - NEC-SE-DS-2015 Peligro Sísmico
    - NEC-SE-HM-2015 Hormigón Armado
1. Analizar el correcto comportamiento de los elementos estructurales existentes como vigas y columnas mediante el criterio de capacidad de los elementos.
  2. Generar planos estructurales en base a los resultados obtenidos en el análisis y diseño estructural de la EDIF. SR. MARCO VINICIO CAIZA

## **4. SISTEMA ESTRUCTURAL**

Actualmente, debido a las exigencias del mercado, los sistemas constructivos han ido evolucionando en función de reducir costos, tiempos de construcción y lo más importante que la estructura (edificación) tenga un diseño sismo-resistente.

Se propone un sistema aporticado, cuyos elementos estructurales principales consisten en vigas banda y columnas, conectadas a través de nudos formando pórticos resistentes en las dos direcciones principales de análisis, estas son eje X-X y eje Y-Y.

### **4.1 Losa alivianada de hormigón armado**

Las losas son elementos estructurales bidimensionales de hormigón armado de sección transversal rectangular con alivianamientos, de poco espesor y abarcan una superficie considerable del piso. Sirven para conformar pisos del edificio y en conjunto con las vigas forman el nivel de piso.

Las losas que conforman los niveles de piso de la residencia en cuestión están soportadas perimetralmente e interiormente por vigas banda, respectivamente, y que son parte constitutiva del sistema de piso al integrar a la losa y formar una unión monolítica.

Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por flexión.

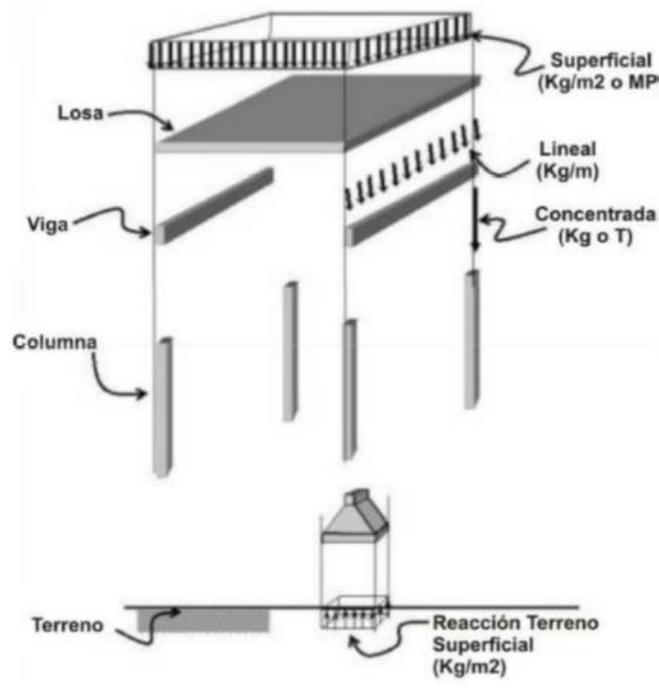


FIGURA 1 Solicitaciones Actuantes En Losa

El acero de refuerzo utilizado tiene un límite de fluencia  $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  y el hormigón para la conformación de este elemento estructural tiene una resistencia característica a la compresión simple de  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

El acero de refuerzo para control de retracción y temperatura es una malla electrosoldada con una resistencia a la fluencia de  $5000 \text{ kg/cm}^2$ , en varillas corrugadas, por estar expuesta directamente a los efectos externos de la intemperie.

#### 4.2 Vigas

Las vigas que conforman las diferentes estructuras a porticadas son de hormigón armado, de dimensiones variables y estas comprenden a vigas banda, tienen una resistencia característica a la compresión simple de  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ . EL acero de refuerzo en barras utilizado tiene un límite de fluencia  $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  distribuidos en diámetros diferentes, tanto para refuerzo longitudinal como para refuerzo transversal (estribos) y cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2167.

#### 4.3 Columnas

Las columnas que conforman la estructura a porticado son de hormigón armado, de dimensiones variables, tienen una resistencia característica a la compresión simple de

$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . El acero de refuerzo en barras utilizado tiene un límite de fluencia  $Fy=4200 \text{ kg/cm}^2$ . distribuidos en diámetros diferentes, tanto para refuerzo longitudinal como para refuerzo transversal (estribos) y cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2167.

#### 4.4 Cimentación.

La cimentación recomendada en cuanto a un valor asumido se deriva la aplicación de plintos aislados. El hormigón utilizado para la conformación de este elemento estructural, tiene una resistencia característica a la compresión simple de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . El acero de refuerzo utilizado tiene una resistencia a la fluencia de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ , en varillas corrugadas de diámetros variables, distribuidas en todo el desarrollo del elemento en ambas direcciones

#### 4.5 Contrapiso

El Contrapiso que conforma la estructura es de hormigón armado de espesor 10cm, asentado directamente sobre el suelo debidamente compactado. El hormigón utilizado para la conformación de este elemento estructural, tiene una resistencia a la compresión simple de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , y posee malla electrosoldada o acero de refuerzo como elemento controlador de retracción y temperatura.

## 5. MATERIALES NORMAS Y CÓDIGOS

### 5.1 Materiales

Como materiales predominantes en la construcción, se consideran los siguientes:

HORMIGÓN ESTRUCTURAL	
Peso volumétrico	$w=2.4028 \text{ tn/m}^3$
Resistencia a la tracción	5% del esfuerzo a la compresión
Módulo de elasticidad	$E=15100(f'c)^{(0.5)}=218,819.79 \text{ kg/cm}^2$
Coefficiente de Poisson	$\mu=0.20$
Resistencia cilíndrica a los 28 días	$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO EN BARRA	
Peso volumétrico	$w=7.845 \text{ tn/m}^3$
Resistencia a la fluencia	$f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E= 2043000 \text{ kg/cm}^2$
Coefficiente de Poisson	$\mu=0.30$
ACERO DE REFUERZO MALLA ELECTROSOLDAD	
Peso volumétrico	$w=7.845 \text{ tn/m}^3$
Resistencia a la fluencia	$f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E= 2043000 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente de Poisson
-------------------------

$\mu=0.30$
------------

Tabla 1 Resumen de propiedades de los materiales

## 5.2 Normas y Códigos

Para el análisis y diseño de los diferentes elementos de hormigón armado se aplicaron los criterios, comentarios, especificaciones y normas contenidas en los códigos descritos a continuación:

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015. Requisitos generales de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo-resistente de las estructuras, en los capítulos:

- NEC-SE-CG-2015 Cargas no sísmicas
- NEC-SE-CM-2015 Geotécnica y Cimentaciones
- NEC-SE-DS-2015 Peligro Sísmico
- NEC-SE-HM-2015 Hormigón Armado

En lo que se refiere a dimensiones mínimas, porcentajes mínimos de refuerzo, recubrimientos mínimos, longitudes de traslape, colocación y figurado de las varillas,

## 6. Modelación de la vivienda.

Para realizar la modelación estructural del proyecto Blue Water, se utilizó del software denominado Etabs18, considerando un análisis espacial tridimensional, utilizando elementos tipo frame para representar elementos estructurales como columnas, vigas de hormigón armado, y elementos tipo shell para representar elementos tipo placa como losas. La modelación o idealización de la estructura del edificio se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento.

### 6.1 Definición de unidades.

Es necesario definir las unidades con las cuales se va a ingresar los datos al programa de diseño denominado ETABS 18.1.1tales como, geometría, distancias, espesores, cargas, entre otros. Así mismo estas unidades nos permitirán leer los valores de solicitaciones generadas por acciones externas a la estructura, de tal manera que se pueda definir el diseño final de los elementos estructurales que se desea analizar.

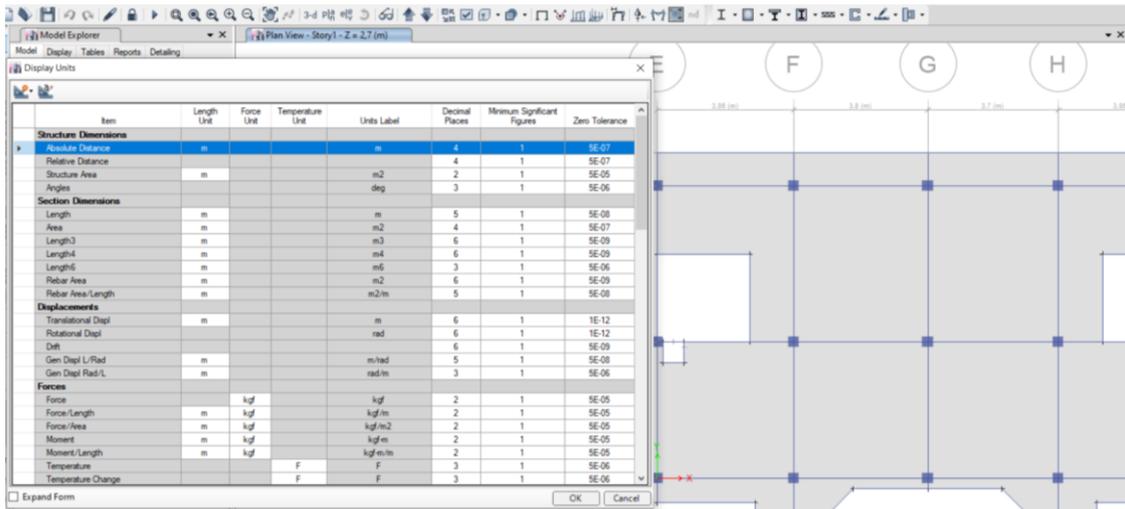


FIGURA 2 Definición de unidades

## 6.2 Definición de materiales

Se definen los principales materiales que comprenden la estructura como son: Hormigón simple con un esfuerzo admisible a la compresión de 210kg/cm<sup>2</sup>, Acero de refuerzo con un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm<sup>2</sup>. Con esta información se genera los diferentes materiales que se proponen utilizar para la idealización del modelo. A continuación, se muestra los gráficos de las definiciones de los materiales principales.

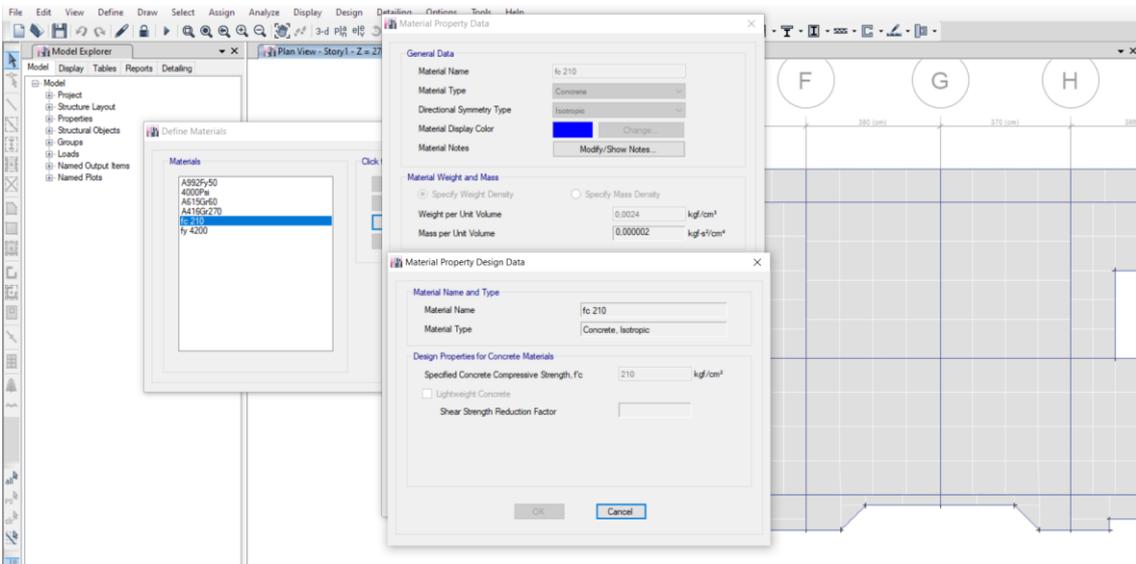


FIGURA 3 Definición de hormigón simple  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$

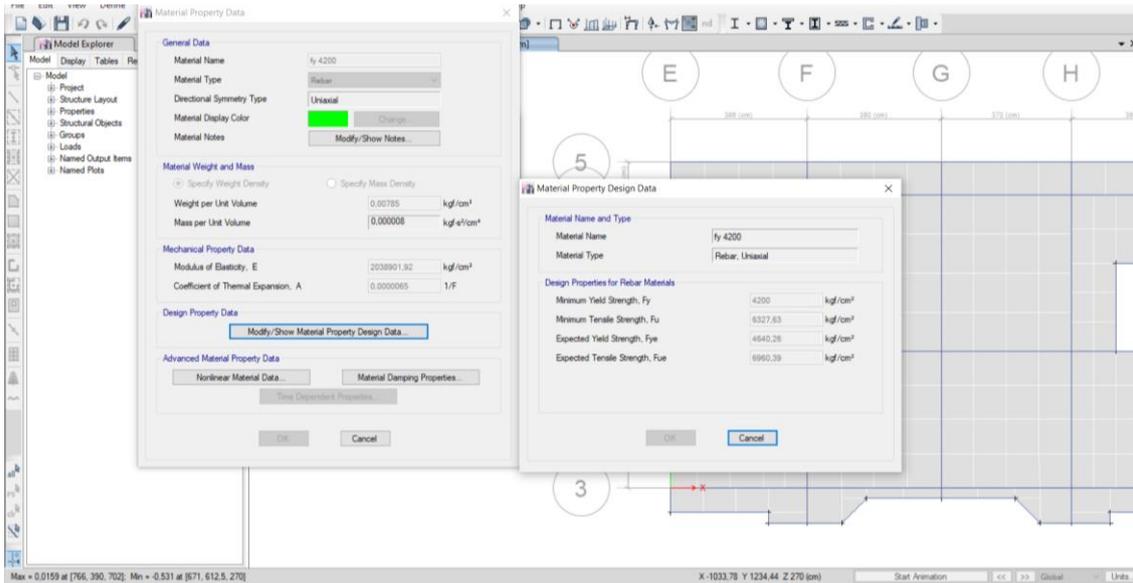


FIGURA 4 Definición de acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

### 6.3 Definición de la geometría

En coherencia con lo existente se ha considerado la conformación de un piso con estructura mixta, es decir, columnas de hormigón y vigas banda de hormigón la misma que soportara una losa de un peralte de 15 cm.

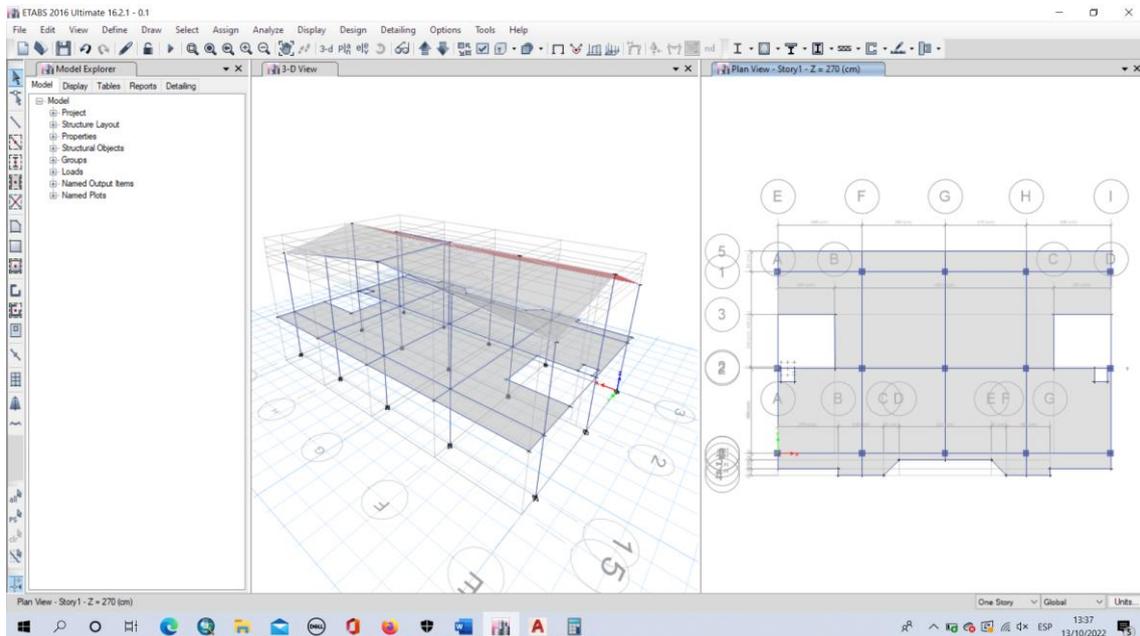


FIGURA 5 Geometría de la vivienda

### 6.4 Definición de secciones

Se define las secciones con las que se va realizar el dibujo del modelo en el programa ETABS 2016 v 16.2.1, en función de las herramientas para el tipo de elementos estructurales que se consideran, así para columnas y vigas se define como elementos tipo

frame o barra de dimensiones variables, además se considera para cada elemento el material correspondiente, de acuerdo con la definición del material que se generó en el punto anterior, de tal manera que se tiene el siguiente cuadro de resumen:

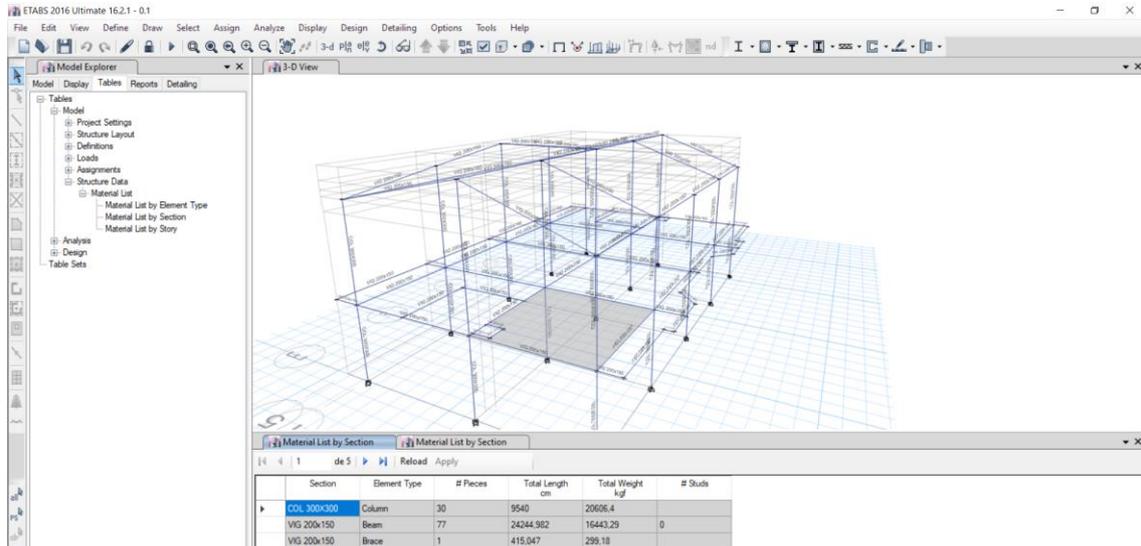


Figura 6 secciones de etabs

Tabla 2 Resumen de Secciones

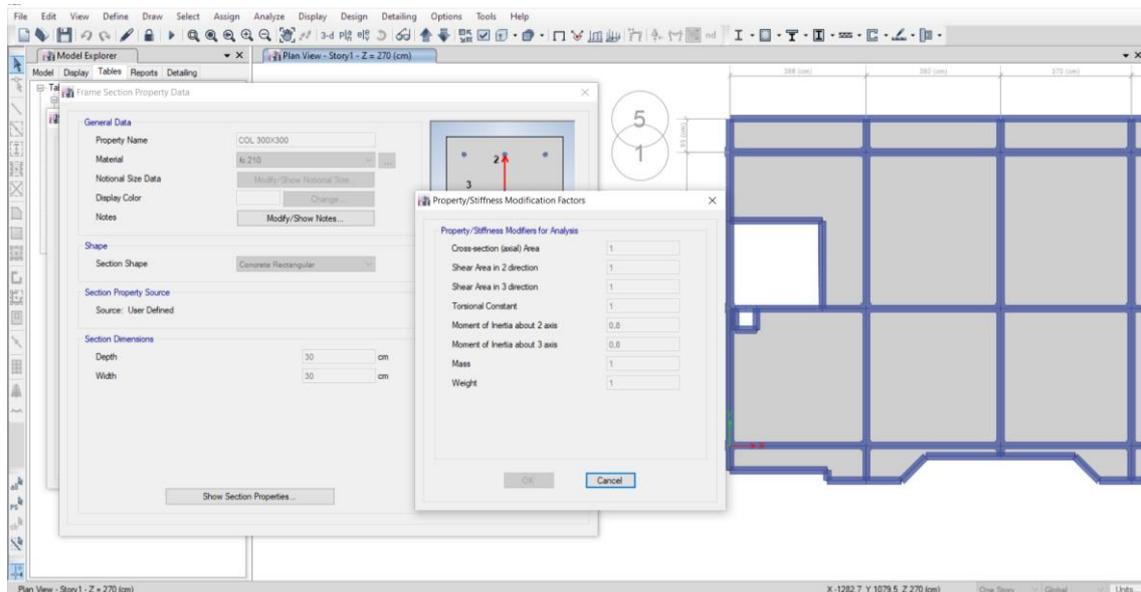


FIGURA 7 Sección de columna 30x30

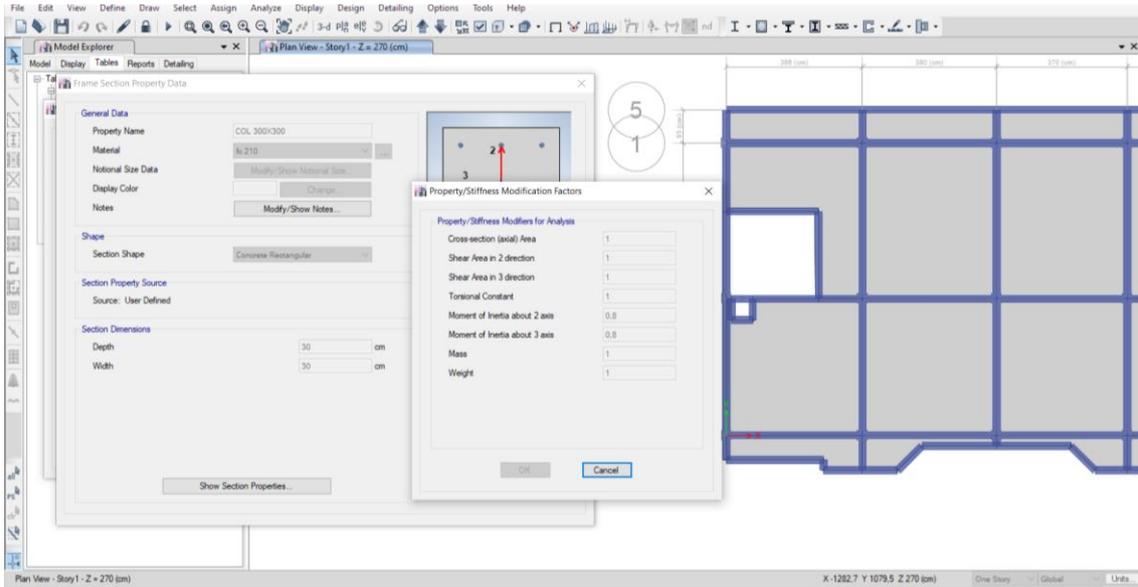


Figura 8 Sección de columna 30X30

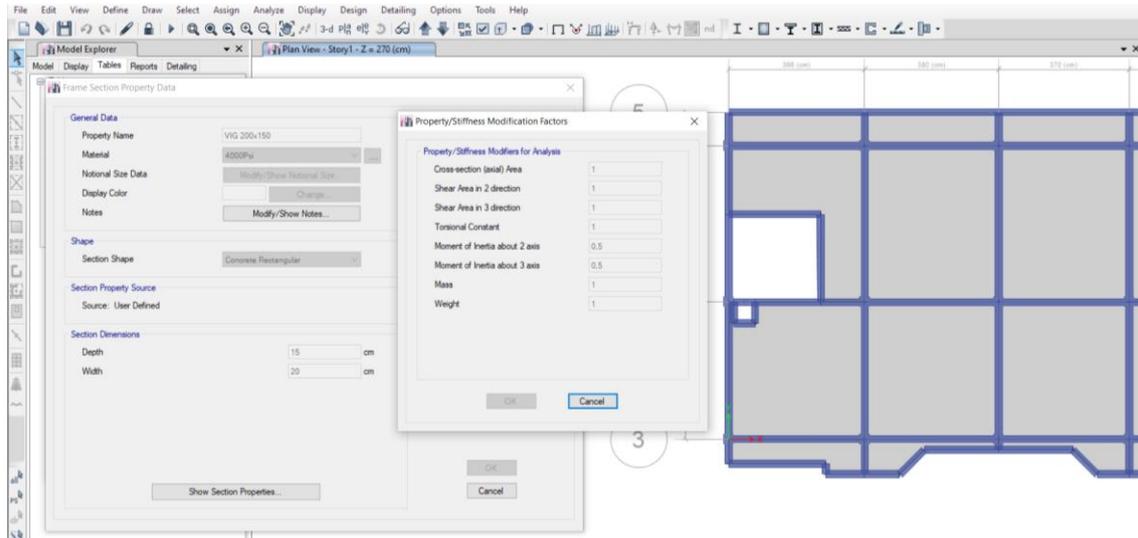


FIGURA 9 Sección de vigas V 20x15

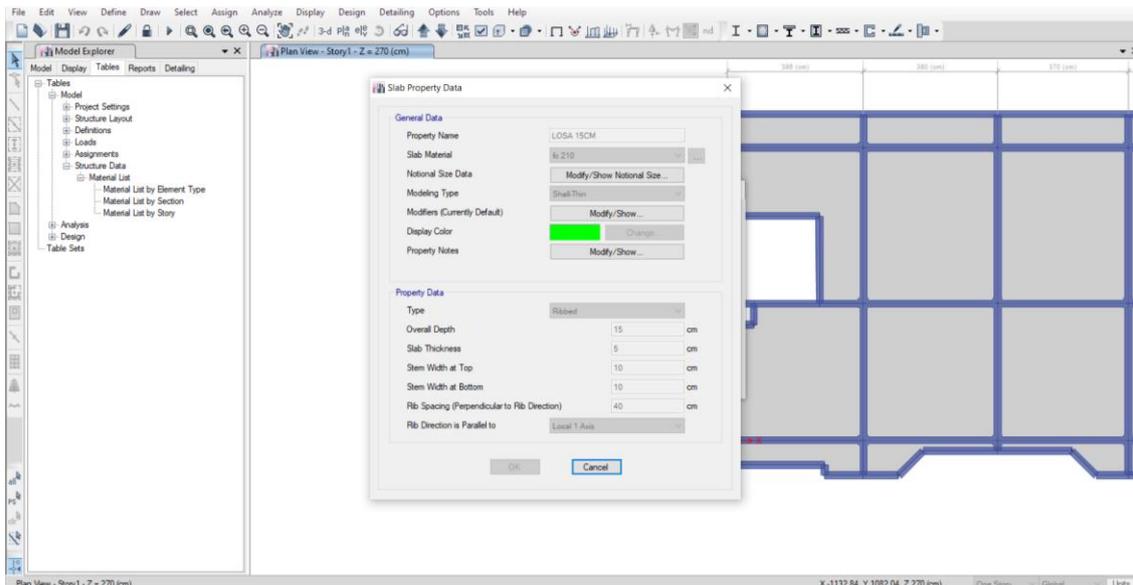


Figura 10 Sección de losas de entrepiso 1er, 2do piso  $e=15$  cm

## 7. Cargas básicas y combinaciones de análisis y diseño.

De acuerdo a la naturaleza del presente proyecto, las características, usos e importancia de las estructuras a diseñarse y los códigos de diseño y construcción aplicables, se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

a) La estructura del edificio está conformada por columnas y vigas banda de hormigón armado, sistemas de piso mediante losas alivianadas en dos direcciones también de hormigón armado. Los elementos deben soportar las diferentes solicitaciones, bajo las diversas condiciones de carga y sus combinaciones, considerando las más desfavorables para la etapa de diseño estructural.

b) Para el presente caso la cimentación se soportará sobre un suelo de características mecánicas normales, con una capacidad admisible asumida de  $2 \text{ Tn/m}^2$  según

c) Se elaboró un modelo matemático espacial de la estructura, mediante elementos tipo frame y tipo shell en tres dimensiones, considerando todas las características geométricas y las acciones bajo las diferentes condiciones de funcionamiento, que representa la edificación en referencia, tratando de mostrar lo más fielmente posible la geometría y los materiales utilizados, así como las consideraciones de sismo y/o de viento. Esto significa que se presentan edificios de hormigón armado para columnas, vigas y losa de entrepiso tal y como se debería construir.

SOLICITACIONES	ESTADOS DE CARGA	UNIDADES
----------------	------------------	----------

Cargas Permanentes	CP	Peso volumétrico de los elementos que conforman la estructura y/o de cubierta modelados	T/m <sup>2</sup>
Peso Propio	CM	Peso de los elementos, equipos, cargas permanentes que no se han incluido en el modelo	T/m <sup>2</sup>
Carga Viva	L	Carga viva, sobrecarga por mantenimiento, operación y funcionamiento	T/m <sup>2</sup>
Sismo Horizontal X-X	SX	Espectro Elástico de diseño de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015	T
Sismo Horizontal Y-Y	SY	Espectro Elástico de diseño de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015	T

Tabla 3 Definición de Solicitaciones actuantes sobre la edificación

### 7.1 Carga muerta “D”

La carga muerta también considerada como carga permanente está constituida por los pesos de todos los elementos estructurales y no estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: peso propio de elementos, instalaciones eléctricas, mecánica y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.

### 7.2 Cargas permanentes “CP”

La carga muerta también considerada como carga permanente está constituida por los pesos de todos los elementos estructurales y no estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, acabados, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánica y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.

Para la asignación de los diferentes tipos de carga permanente, se deben aplicar directamente sobre la cara superior de los elementos tipo shell que representan losas de entepiso, cubierta y gradas, se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-215, en su Capítulo de Cargas Gravitacionales NEC-SE-CG-2015.

Para losas de entepiso, se considera una sobrecarga de masillados, acabados, mamposterías, enlucidos, instalaciones eléctricas, sanitarias y otros dispositivos que se instalen, un total de 300.00 kg/m<sup>2</sup>.

A continuación, se muestra un resumen del cálculo de las cargas permanentes:

<b>CARGAS MUERTAS</b>	
<b>NEC-SE-CG 2015. Cargas Muerta</b>	
Masillado=	0.088 T/m <sup>2</sup>

Piso=	0.022 T/m <sup>2</sup>
Mampostería=	0.140 T/m <sup>2</sup>
Enlucido=	0.044 T/m <sup>2</sup>
Instalaciones=	0.006 T/m <sup>2</sup>
<b>D=</b>	<b>0.300 T/m<sup>2</sup></b>

Tabla 4 Cargas Permanentes por losa

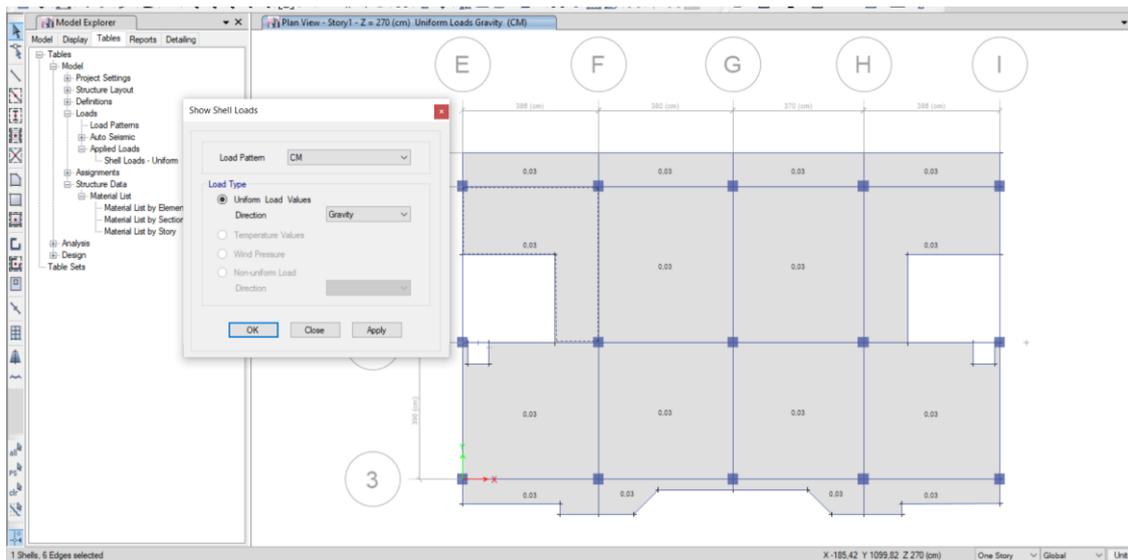


FIGURA 11 Carga permanente en losa de entrepiso

### 7.3 Carga viva “CV”

La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizará para el análisis estructural, depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición y otras. Esta carga se la cuantifica por unidad de área.

Para la asignación de las cargas vivas, estas deben ser cargas de servicio, y deben aplicarse directamente en la cara superior de los elementos tipo Shell que representan losas de entrepiso, cubierta y gradas, se tomó como referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015 en su Capítulo de Cargas Gravitacionales NEC-SE-CG-2015.

Para losas de entrepiso, se considera sobrecarga para uso de departamentos, un total de 200.00 kg/m<sup>2</sup>. Mientras que, para las losas de cubierta, se considera sobrecarga de mantenimientos, un total de 100.00kg/m<sup>2</sup>.

A continuación, se muestra un resumen del cálculo de las cargas vivas o sobrecargas.

<b>CARGAS VIVAS</b>	
NEC-SE-CG 2015. Cargas Viva tabla 9	
Departamentos=	0.200 T/m <sup>2</sup>

Tabla 5 Cargas Vivas sobre la edificación

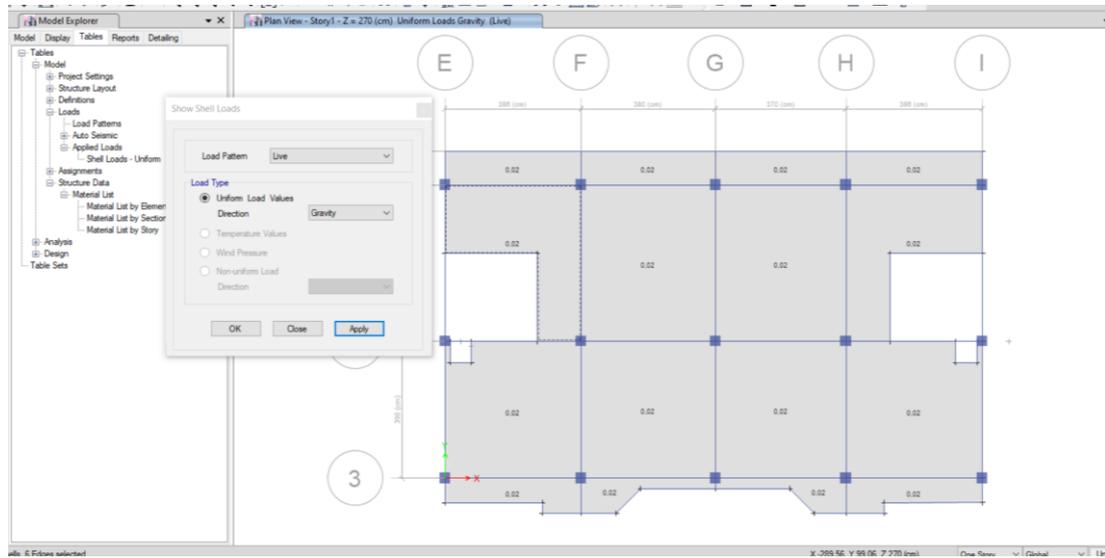
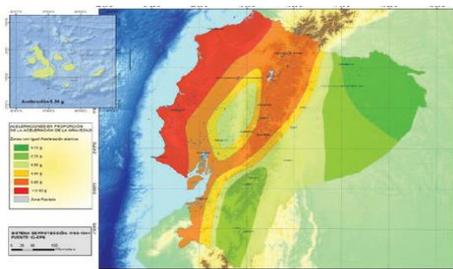


FIGURA 12 Carga viva en elementos tipo Shell (losa de entrepiso).

### 7.3 Carga sísmica.

Las cargas sísmicas son fuerzas laterales que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura. Evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en un tiempo de 50 años (período de retorno de 475 años), determinado 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. Se considera viga banda ya que la relación altura y base de viga como se indica en la expresión,  $h=1.5b$  no se cumple

#### 1.- Factor de zona sísmica (z)



**Prov=** Pichincha

**Z=** 0.4

**zona:** V

**Región:** Sierra

Fuente: NEC-SD-PELIGRO SÍSMICO SECC. 3.1.1

Fuente: NEC-SD-PELIGRO SÍSMICO SECC. 10,2

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

### 3.- TIPO DE SUELO

Perfil tipo de suelo:	Descripción	Definición
D		

### 4.- FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA SISMICA

Sistema estructural	Descripción	Valor de R
Otros sistemas estructurales para edificaciones	Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

### 5.- CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

Tipo de estructura	Ct	α
Pórticos especiales sin muros ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9

$$T = Ct \times hn^\alpha$$

$$T = 0.055 \times 6.1^{0.8}$$

$$T = 0.278s \quad T_{max} = 0.361 s$$

Del calculo en el programa ETABS obtenemos un valor  $T = 0.55 s$ . la variación es:

$$\text{Variación} = \frac{0.55}{0.278} = 1.97$$

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SD-2015, permite que el periodo de vibración de la estructura evaluado mediante sistemas computacionales, o de forma manual sea menor que 1.30; recomendaciones esta norma. En este caso la relación es de 1,43, por lo que la estructura no cumple.



Fa: 1.2

Fd: 1.19

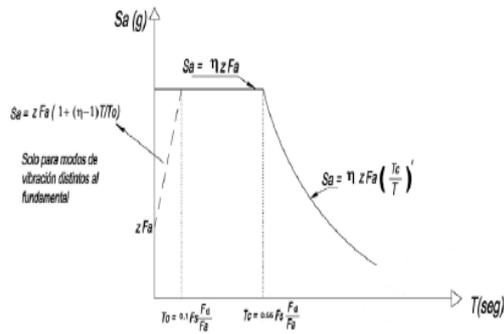
Fs: 1.28

$\eta = 2.48$

r = 1

$$Tc = 0,55 \times \frac{Fs \times Fd}{Fa} = 0.698$$

$$To = 0,1 \times \frac{Fs \times Fd}{Fa} = 0.127$$



$$Sa = \eta \times z \times Fa \quad \text{Para } 0 \leq T \leq Tc$$

$$Sa = \eta \times z \times Fa \times \left(\frac{Tc}{T}\right)^r \quad \text{Para } T \geq Tc$$

**Sa = 1.19040**

**7.- FACTOR DE IRREGULARIDAD**

**7.1.- Irregularidad en Planta**

**7.1.2.** La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa

$\emptyset PX = 1$

$\emptyset PY = 1$

**7.1.3.** Irregularidad torsional

$\emptyset PX = 1$

$\emptyset PY = 1$

**7.1.4.** Retrocesos excesivos en las esquinas

$\emptyset PX = 0.9$

$\emptyset PY = 0.9$

**7.1.5.** Discontinuidades en el sistema de piso

$\emptyset PX = 1$

$\emptyset PY = 1$

**7.1.6.** Ejes estructurales no paralelos

$\emptyset PX = 1$

$\emptyset PY = 1$

**7.1.7.** Resumen

$\emptyset PX = 0.9$

$\emptyset PY = 0.9$



## 7.2. Coeficiente de regularidad en elevación $\phi_E$

### 7.2.1.- Tipo 1

Existe diferencia de hasta el 50% de la inercia de un piso con respecto de otro subsiguiente

$$\phi_{Ei} \text{ sentido X} = 1.00$$

$$\phi_{Ei} \text{ sentido Y} = 1.00$$

### 7.2.2.- Tipo 2

Existe diferencia de hasta el 50% de la masa de un piso con respecto de otro subsiguiente

$$\phi_{Ei} \text{ sentido X} = 1.00$$

$$\phi_{Ei} \text{ sentido Y} = 1.00$$

### 7.2.3.- Tipo 2

Existe diferencia de hasta el 50% de la masa de un piso con respecto de otro subsiguiente

$$\phi_{Ei} \text{ sentido X} = 1.00$$

$$\phi_{Ei} \text{ sentido Y} = 1.00$$

### 7.2.4.- Tipo 3

Existe diferencia entre las medidas globales dse cada planta.

$$\phi_{Ei} \text{ sentido X} = 1.00$$

$$\phi_{Ei} \text{ sentido Y} = 1.00$$

### 7.2.5.- Tipo 4

Existe diferencia entre las medidas globales de cada planta.

$$\phi_{Ei} \text{ sentido X} = 1.00$$

$$\phi_{Ei} \text{ sentido Y} = 1.00$$

### 7.2.6.- Tipo 5

No existe deslizamiento entre ejes locales

$$\phi_{Ei} \text{ sentido X} = 1.00$$

$$\phi_{Ei} \text{ sentido Y} = 1.00$$

### 7.2.7.- Tipo 6

No existe discontinuidad en la resistencia que supere en un 30% piso a piso

$$\phi_{Ei} \text{ sentido X} = 1.00$$

$$\phi_{Ei} \text{ sentido Y} = 1.00$$

### 7.2.8.- Resumen

No existe discontinuidad en la resistencia que supere en un 30% piso a piso

$$\phi_E = \phi_{EA} \times \phi_{EB} \times \phi_{EC} \quad \phi_{Ex} = 1.00$$

$$\phi_{Ey} = 1.00$$

## 8.- CALCULO DEL CORTANTE BASAL

$$V = \frac{I_x S_a}{R \times \phi_p \times \phi_e} \times W \quad \begin{aligned} V_x &= 0.2645 \times W \\ V_y &= 0.2645 \times W \end{aligned}$$

## 9.- DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FUERZAS SISMICAS LATERALES

T (s)	K
$T \leq 0,5$	1
$0,5 < T \leq 2,5$	$0,75 + 0,5T$
$T > 2,5$	2

$$K = 1.00$$

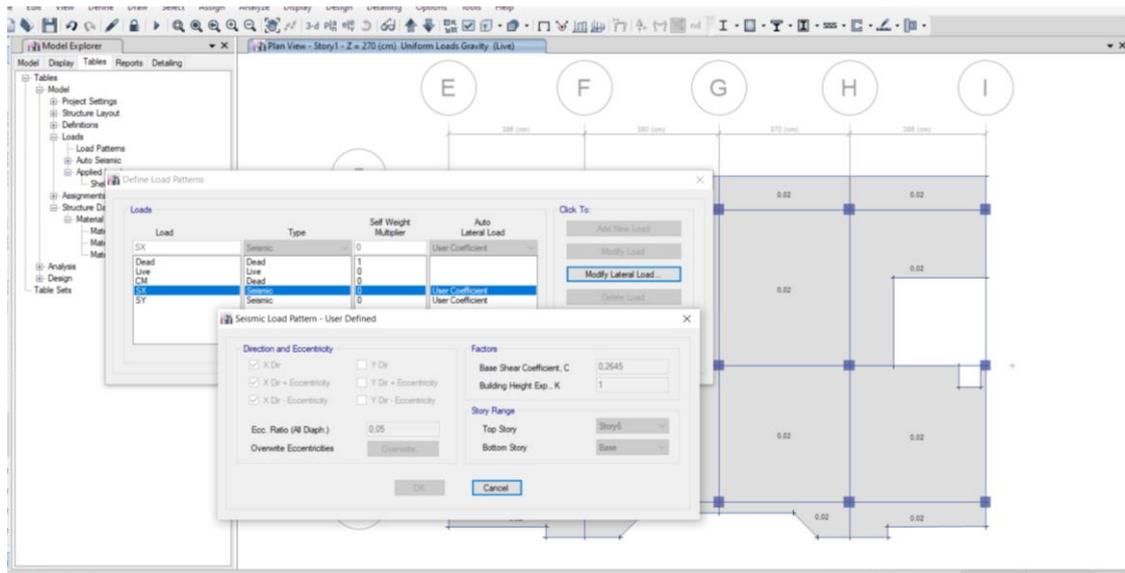


FIGURA 13 inserción de cortante basal sentido X

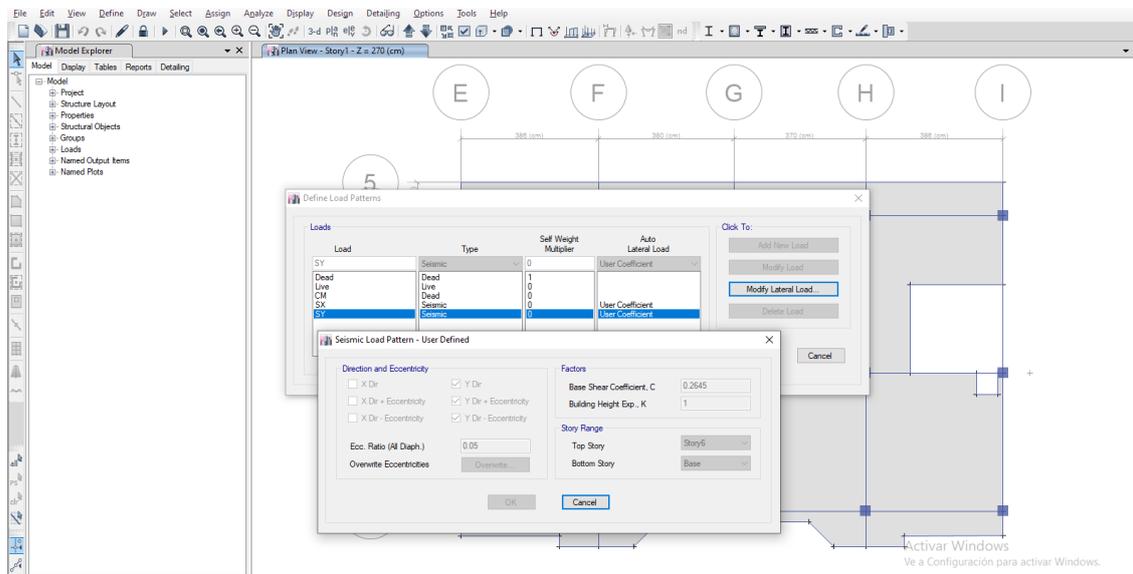


FIGURA 14 Inserción del cortante basal sentido Y

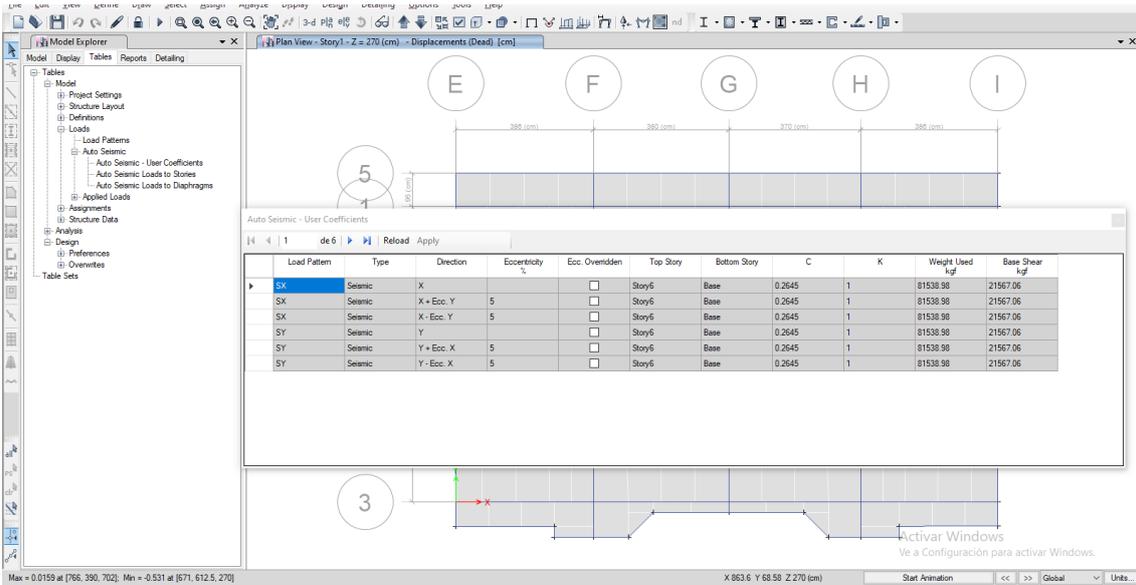


FIGURA 15 Peso sísmico y Cortante basal

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, permite que el periodo de vibración de la estructura evaluado mediante sistemas computacionales, o de forma manual sea menor que 1.30 veces del periodo calculado mediante las recomendaciones esta norma. Se concluye que los elementos estructurales colocados, como secciones de columnas y vigas, cumplen su propósito que es dar rigidez global a la edificación.

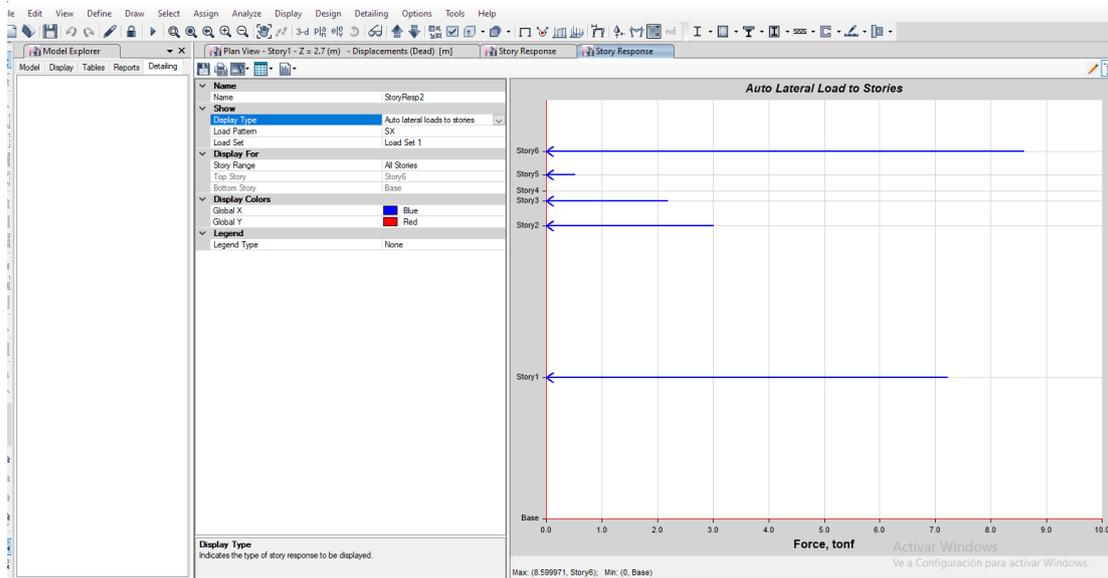


FIGURA 16 Distribución de fuerzas laterales en sentido X

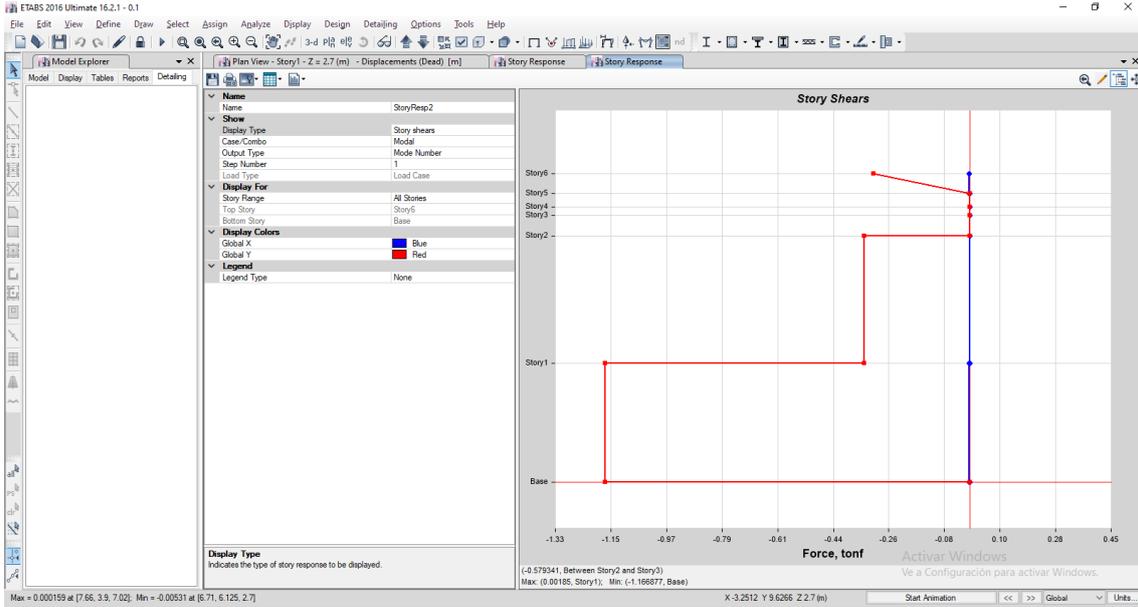


FIGURA 17 Distribución de cortante sísmico en cada piso sentido X

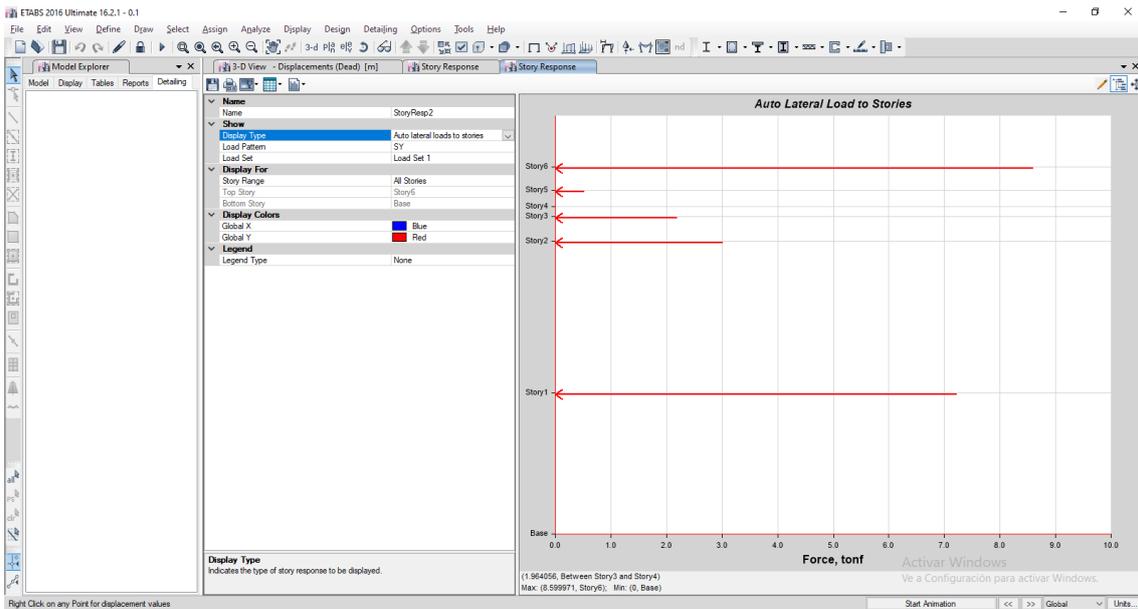


FIGURA 18 Distribución de fuerzas laterales en sentido Y

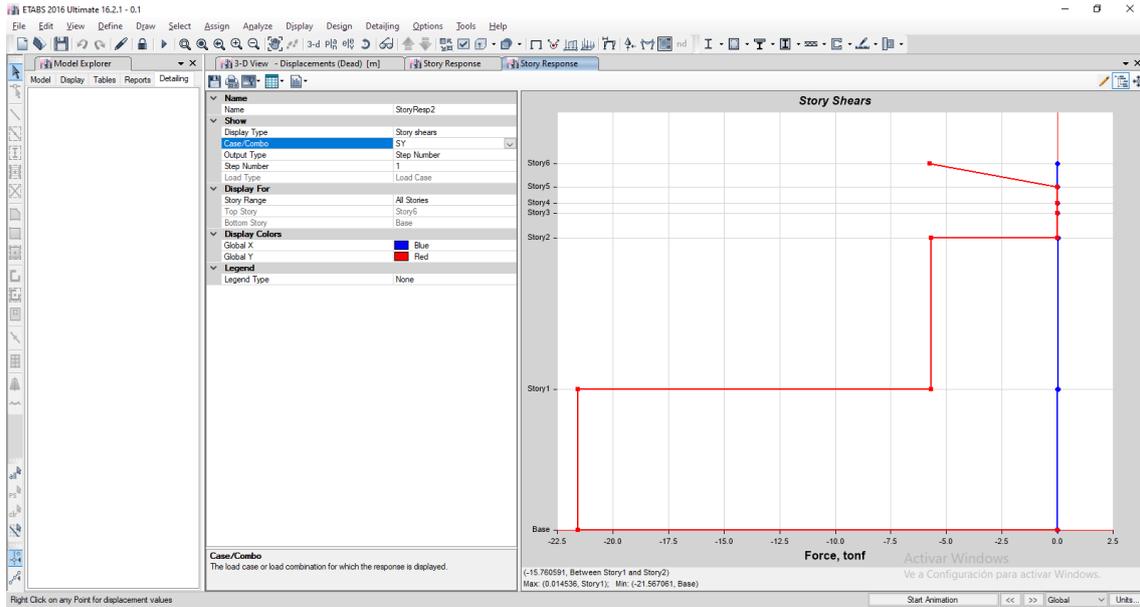


FIGURA 19 Distribución de cortante sísmico en cada piso sentido Y

- Cálculo de espectro de diseño

Se ha procedido a realizar la construcción del espectro de diseño según los criterios de la NEC 15 tal como indica en la ilustración 12, la misma que establece los parámetros de linealidad y no linealidad de los valores de  $S_a$  "aceleración propia de la roca" en relación al periodo de vibración de la estructura  $T$  como se ha indicado anteriormente este periodo es de 0,992 segundos con lo cual se indica que la estructura se indica en el tramo constante de la gráfica.

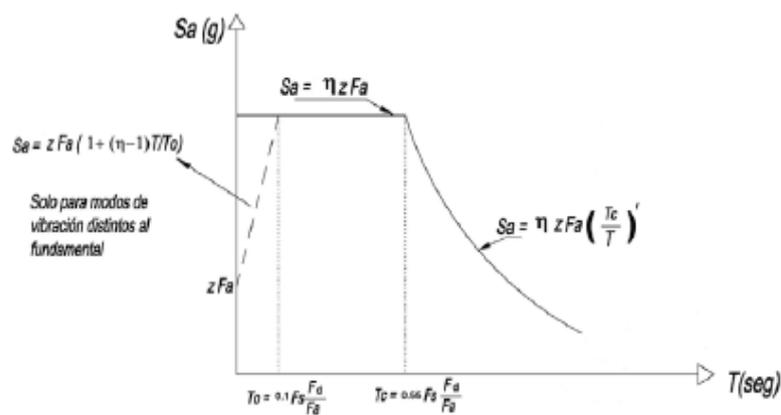


FIGURA 20 Esquema de espectro tipo indicado en la NEC 15

La ilustración 13 muestra el espectro sísmico elástico e inelástico en aceleraciones calculado para el suelo tipo D. en cálculo presenta un valor cercano a 0.35 con un período

de vibración de la estructura calculado mediante la NEC cuyo valor es  $T=0,992$  seg, condición más crítica se presenta cuando se tiene un perfil de suelo tipo D.

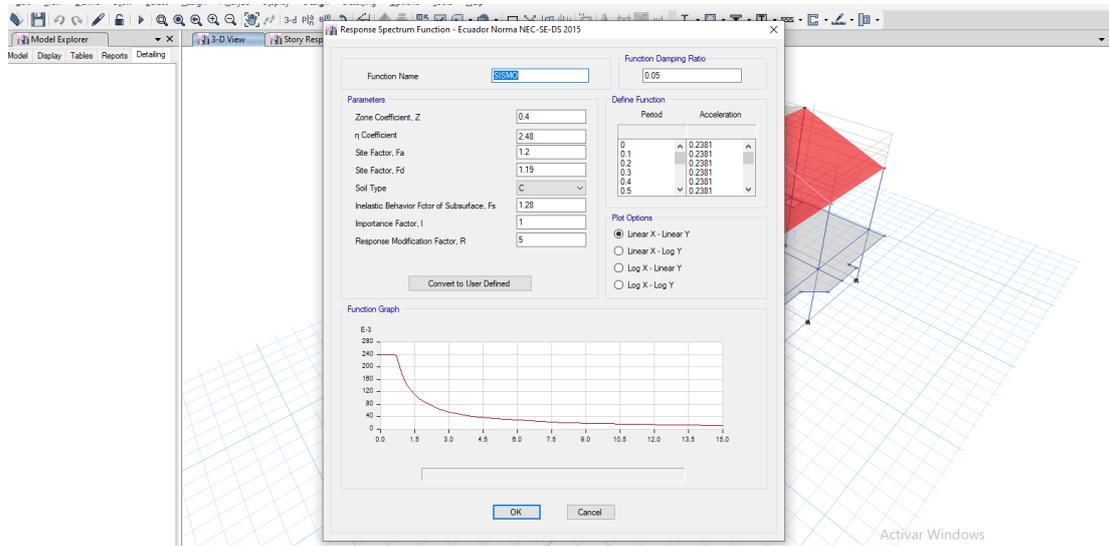


FIGURA 21 Espectro elástico e inelástico

#### 7.4 Combinaciones de diseño

Para el análisis de la estructura se consideran las combinaciones de cargas básicas necesarias a fin de determinar las condiciones de diseño más críticas, de acuerdo a lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015 en su capítulo NEC SE-DS-2015. De acuerdo a la norma ACI 318-14 y NEC-15, para todas las estructuras se consideran 8 combinaciones de carga:

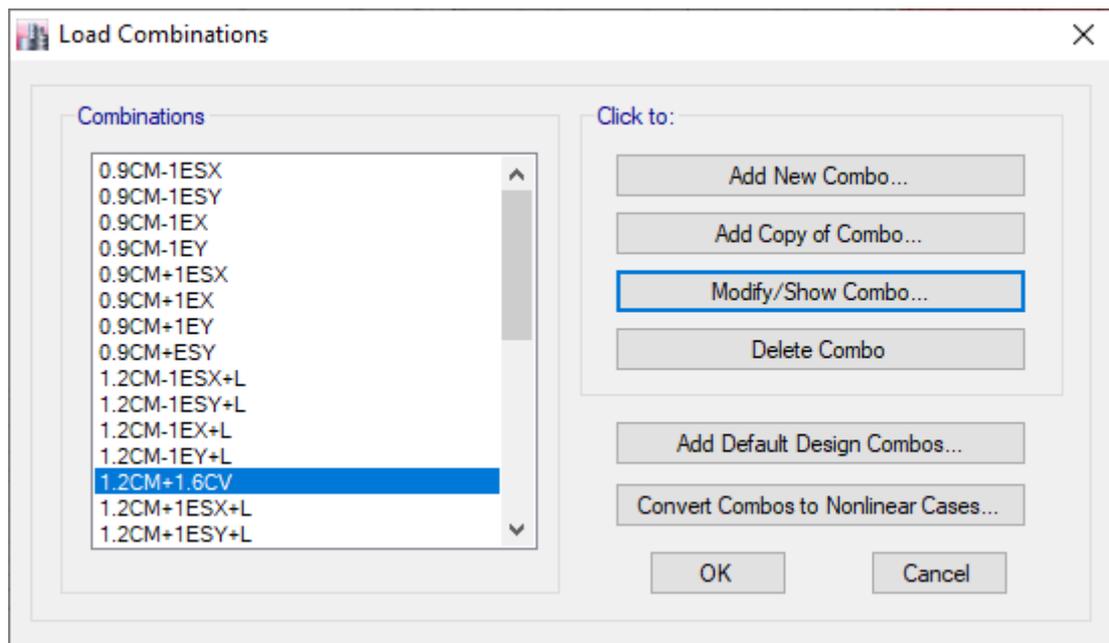


FIGURA 22 Combinaciones de carga insertadas en el Etabs v18

### **7.5 Comportamiento dinámico**

El cálculo modal espectral o dinámico es el de uso más común y generalizado por las normas sismo-resistentes. En esencia, intenta combinar estimaciones estadísticas históricas, con la teoría de dinámica estructural. Todo el proceso se orienta a la obtención de un conjunto de fuerzas actuantes sobre los elementos estructurales que conforman la estructura de la edificación.

Se trata del efecto de fuerzas de componente horizontal que se consideran aplicados en el centro de masas de cada planta de la edificación. Estos esfuerzos tendrán que ser resistidos por los elementos estructurales de la edificación, por este motivo se introducen entre las hipótesis de cálculo estructural y se dimensiona cada elemento resistente en correspondencia a este efecto.

Existen varios “modos” o “formas” en los que una estructura puede vibrar u oscilar frente a una excitación sísmica. Cada modo de vibración tiene además una deformada característica y una frecuencia de vibración asociada diferente. En realidad, una estructura sometida a un sismo vibrará según una combinación de diferentes modos de vibración. Se asume que los tres primeros modos de vibración son los más destructivos y los restantes no tienen influencia práctica. De hecho, el primer modo de vibración coincide con la frecuencia natural o propia del edificio, es decir, es aquella a la que se supone que responderá de forma prioritaria.

Se analizó el comportamiento modal de la estructura frente a la acción sísmica, de tal manera que se tienen los siguientes resultados:

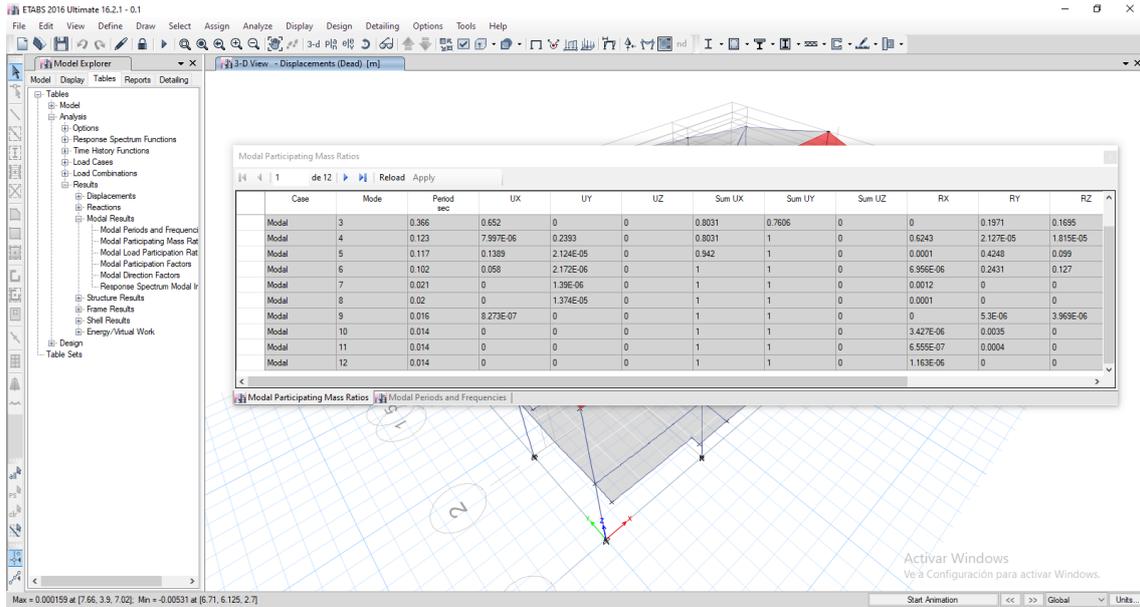


FIGURA 23 Comportamiento sísmico de la estructura tomado desde Etabs 2018

Del resumen descrito, se puede concluir que el comportamiento Modal 1 es de traslación con un pequeño porcentaje de rotación, el comportamiento Modal 2 es también es traslacional con un pequeño porcentaje de rotación y el comportamiento Modal 3 es de rotación. Cumpliéndose de esta forma con los requerimientos sismo resistente y de ductilidad de la estructura. Además, podemos concluir que en definitiva la participación modal de la masa cumple más del 90% a partir del Modo 5, esto garantiza que el comportamiento global de la estructura es el adecuado ya que cumplen las recomendaciones dispuestas en la normativa vigente NEC-15.

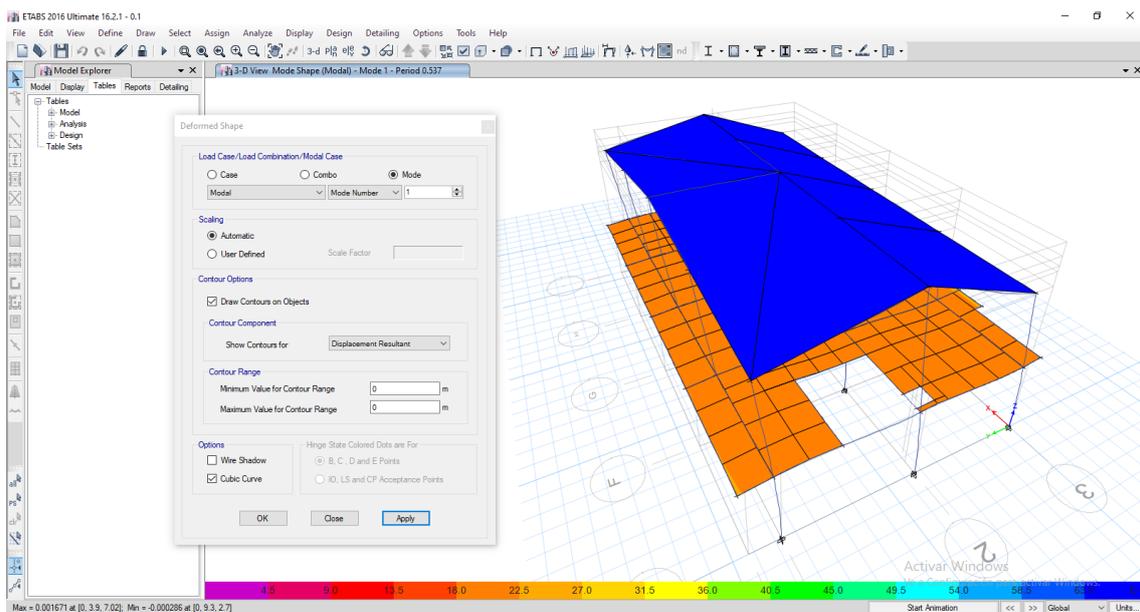


FIGURA 24 Primer modo de vibración desplazamiento en "Y"

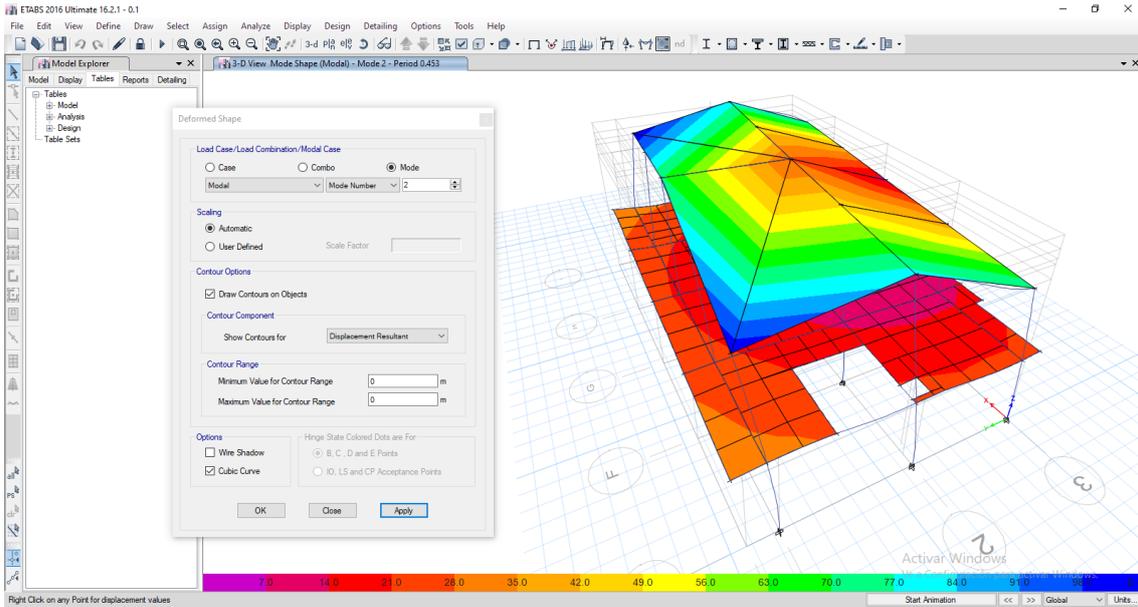


FIGURA 25 Segundo modo de vibración desplazamiento "X"

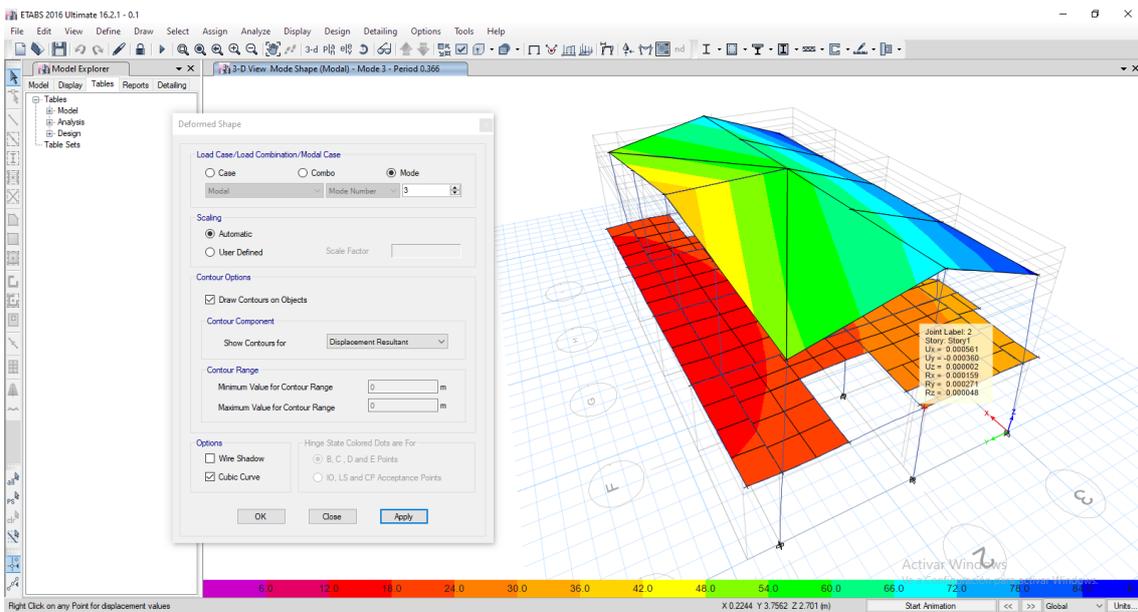


FIGURA 26 Tercer modo de vibración rotación "Z"

## 7.6 Análisis de derivas.

El análisis de la edificación se verifica el cumplimiento de la deriva total considerando la ecuación dada por la norma vigente. Así tenemos los siguientes valores ante cargas sísmicas laterales, tanto estáticos "SX y SY".

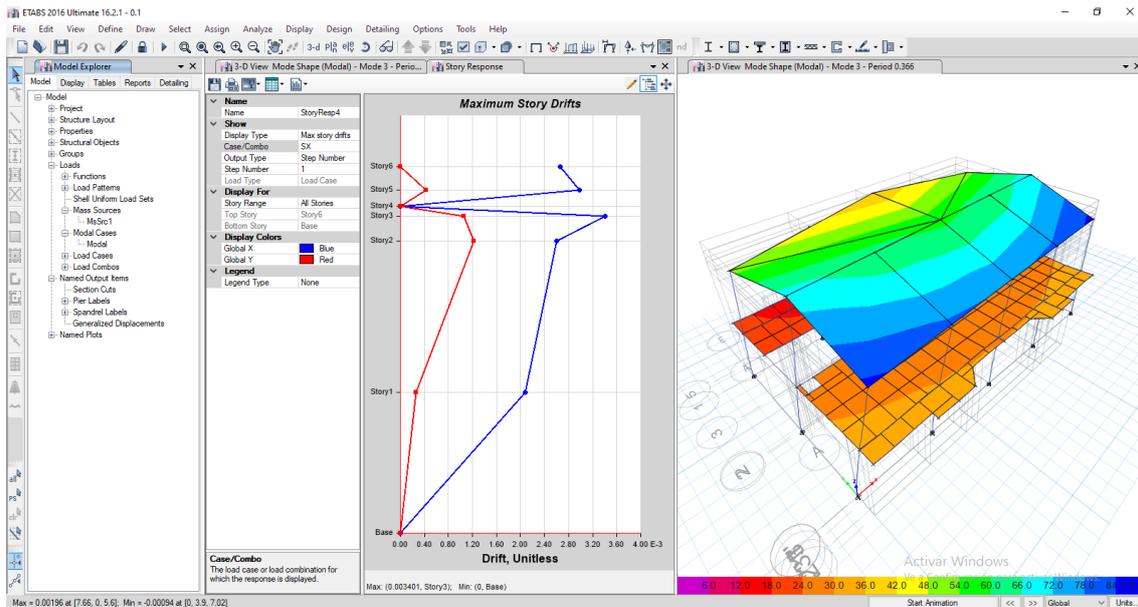


FIGURA 27 Derivas con sismo SX

$$\Delta = 0.75 \times R \times d = 0.75 \times 5 \times 0.003401 = 1.275\%$$

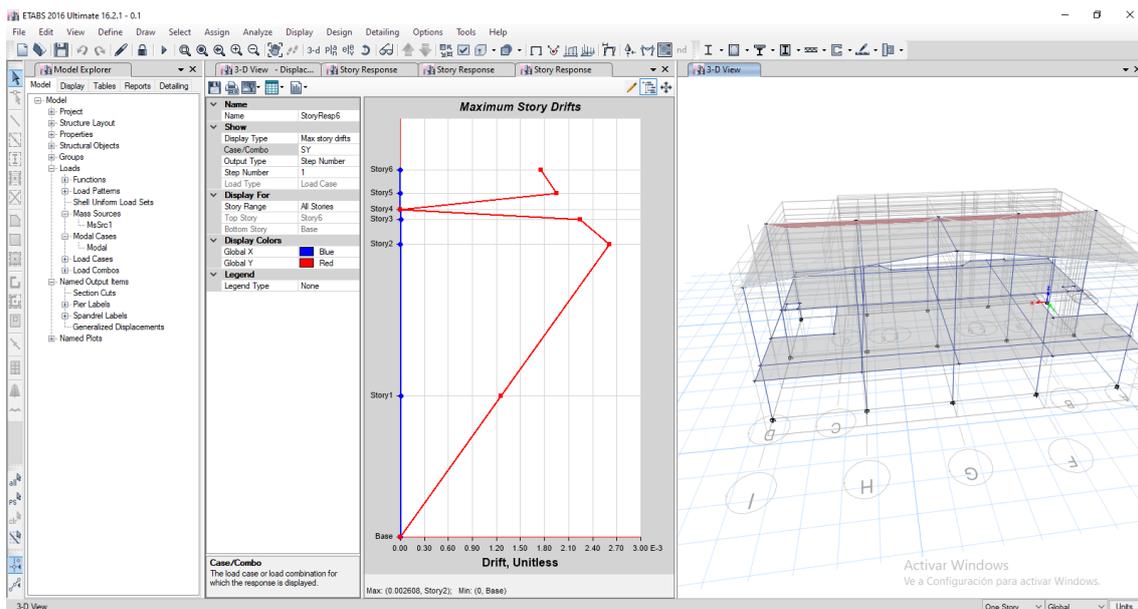


FIGURA 28 Derivas con sismo SY

$$\Delta = 0.75 \times R \times d = 0.75 \times 5 \times 0.002608 = 0.978\%$$

## 8. Diseño de elementos hormigón armado.

Una vez superada la fase de análisis, se continúa con la verificación de esfuerzos de los elementos de acuerdo con la capacidad de cada uno de ellos. Se utiliza la opción de diseño del programa ETABS 2018v1.1, por cuanto los datos de entrada han sido cuidadosamente verificados y se puede confiar en los resultados a obtener. Se escoge la opción para

diseñar los elementos de acuerdo a la metodología de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015 y el ACI 318-14 para elementos de hormigón armado. En general, el chequeo de esfuerzos en elementos barra (frame) y tipo placa (shell), deben resaltarse las facilidades de diseño gráfico del programa ETABS 2018v1.1 que a través de un código de colores y valores determinados en cada elemento estructural, permite al diseñador encontrar las secciones o elementos que no satisfacen los requisitos de diseño, de tal forma que buena parte de los chequeos se los realiza directamente en pantalla, para las diferentes combinaciones de carga, evitando así la generación de extensos listados de resultados para verificar las condiciones óptimas de diseño.

### 8.1 Flexión y corte

A continuación, se presenta el resumen de valores de momentos de las solicitaciones críticas en vigas, para los diferentes pórticos de la estructura analizados.

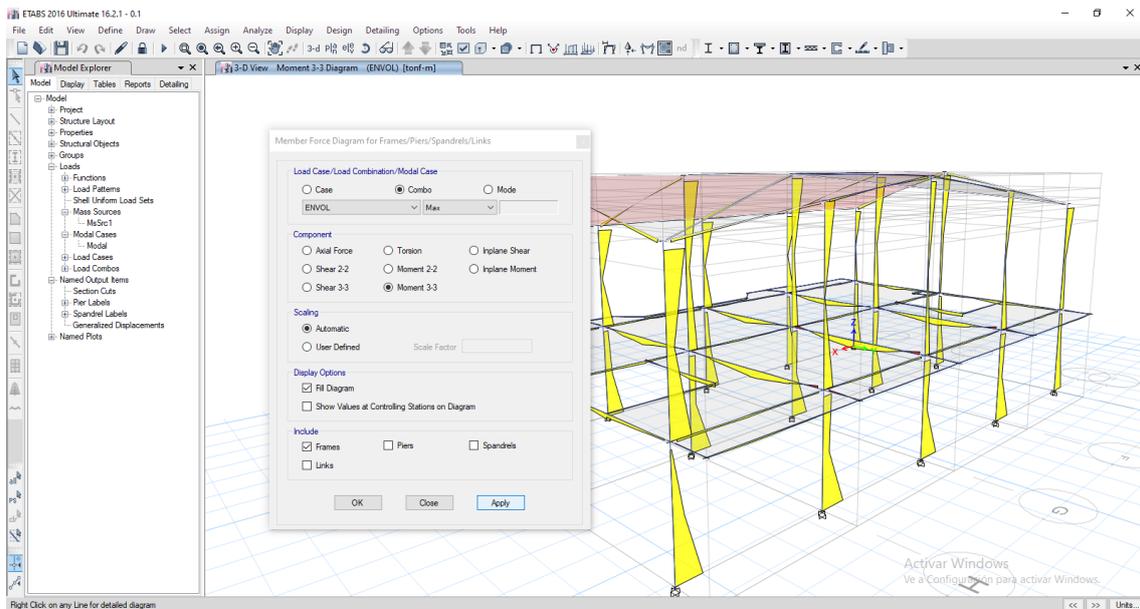


FIGURA 29 Solicitaciones en columnas M33

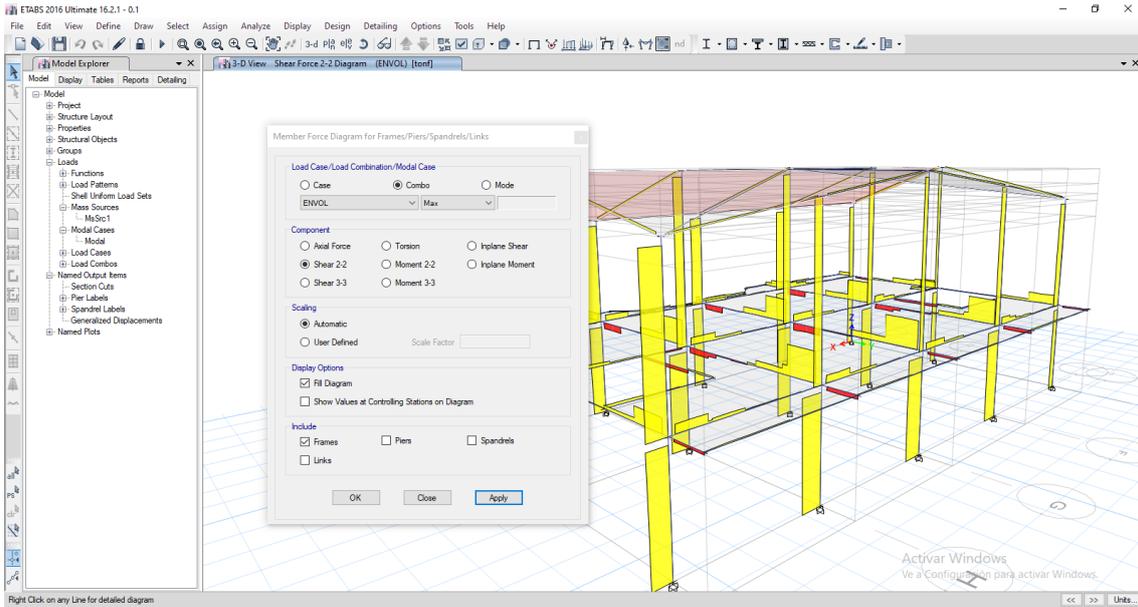


FIGURA 30 Cortantes en columnas V22

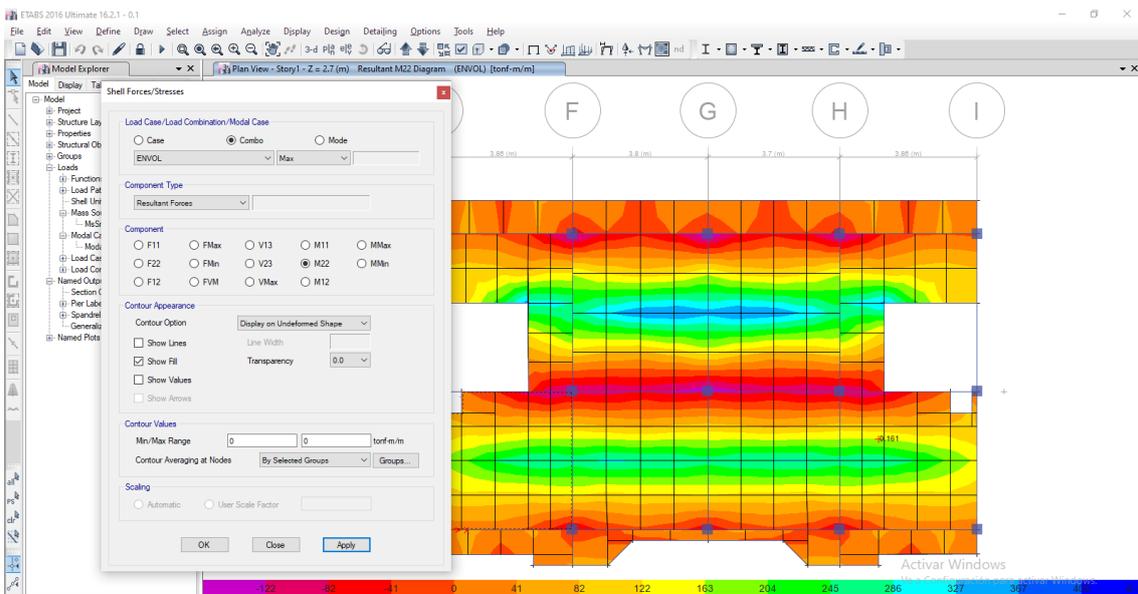


FIGURA 31 Envolvente de momentos en losa N 2.7

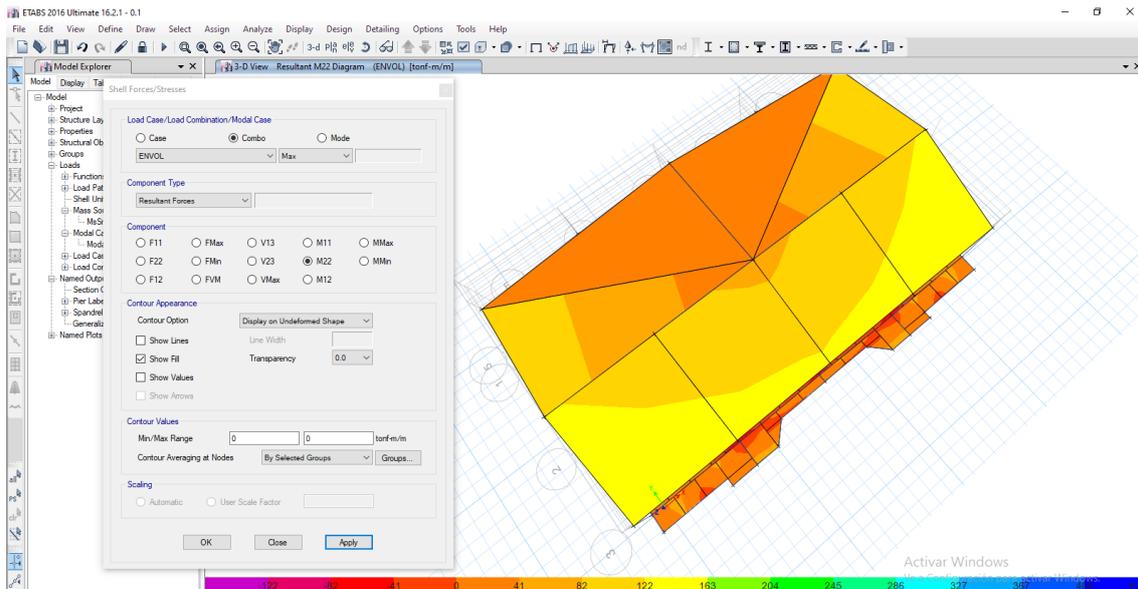


FIGURA 32 Envoltorio de momentos en losa de cubierta

## 8.2 Flexo-compresión y Corte

Para el chequeo de las columnas, se considera las que tengan mayores solicitaciones a carga axial, momentos y esfuerzos cortantes, lo cual se cumple satisfactoriamente. Este análisis se debe realizar para cada edificación.

Se realiza un análisis de cortante para las columnas que conforman la estructura, en las dos direcciones.

Para la estructura se tienen archivos de salida o elementos gráficos en los que se pueden encontrar las cargas aplicadas correspondientes a las condiciones más críticas y un chequeo que hace el programa ETABS 2018 para verificar que los elementos tengan la suficiente capacidad de absorber las fuerzas a que están sometidos.

Se tomaron los elementos más esforzados para verificar que su capacidad esté dentro de los rangos aceptables. En los resúmenes de gráficos y tablas anteriormente descritos en este informe se presenta el chequeo de los esfuerzos y de los elementos mecánicos de la estructura modelada, para las condiciones de carga más exigentes, observando que no se sobrepasen los esfuerzos admisibles en ningún elemento.

Para los elementos de hormigón armado se comprueban los esfuerzos de corte y momento hasta que estos sean solventados satisfactoriamente, cumpliendo también criterios de serviciabilidad.

Además se consideran las siguientes armaduras mínimas:

El refuerzo mínimo de flexión para cadenas de amarre será:

$$A_s \text{ min} = 14 \cdot b \cdot d / f_y$$

El refuerzo mínimo de flexo-compresión para las columnas será:

$$A_s \text{ min} = 0.010 \cdot b \cdot h$$

Los detalles del refuerzo se pueden ver en los planos estructurales respectivos.

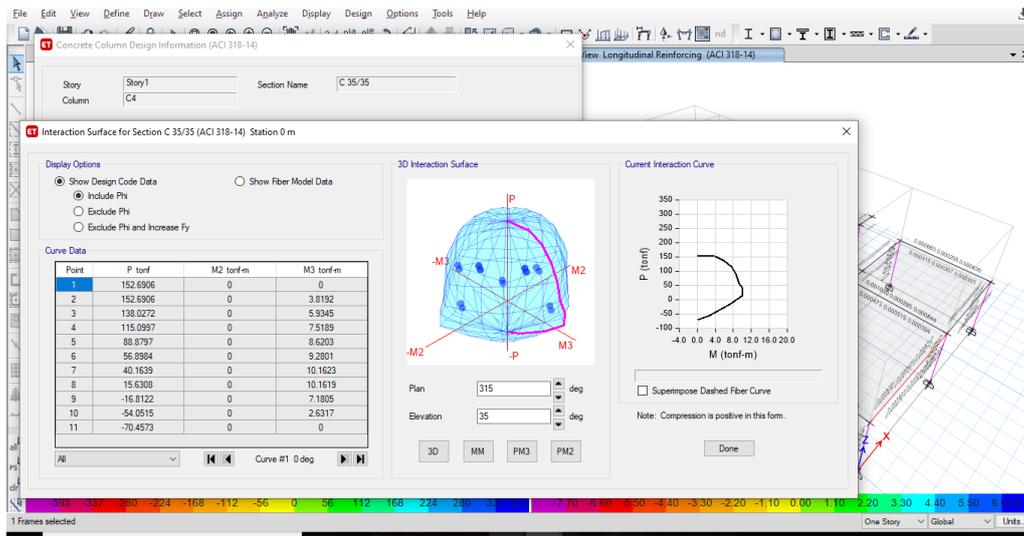


FIGURA 33 Diagrama de iteración Col 30x30

En la tabla 8 se define el acero longitudinal que se ha colocado en la columna de 30x30 cm con la finalidad de cubrir la demanda de la columna más esforzada a nivel de planta baja así se tiene una cuantía de 1.41% de área bruta de hormigón tal cual se detalla en la tabla descrita.

Diametros	Área de varilla	Tipo de Columna	Cuantía de acero	Sección Transversal de columna		Área de hormigón (Ag)	Área acero calculado (As cal)	numero de varillas	Varillas colocados (As)	Área acero colocado	Acero de rufuerzo en columnas
				b	h						
14	1.539	C1	1.00%	35.00	35.00	1225.000	12.250	7.958	8.000	12.315	8Φ14
16	2.011	C2	1.15%	35.00	35.00	1225.000	14.088	7.007	8.000	16.085	8Φ16
14	1.539	C3	1.30%	30.00	30.00	900.000	11.700	7.600	8.000	12.315	8Φ14

Tabla 6 Resumen de sección bajo condición de cuantía mínima requerida

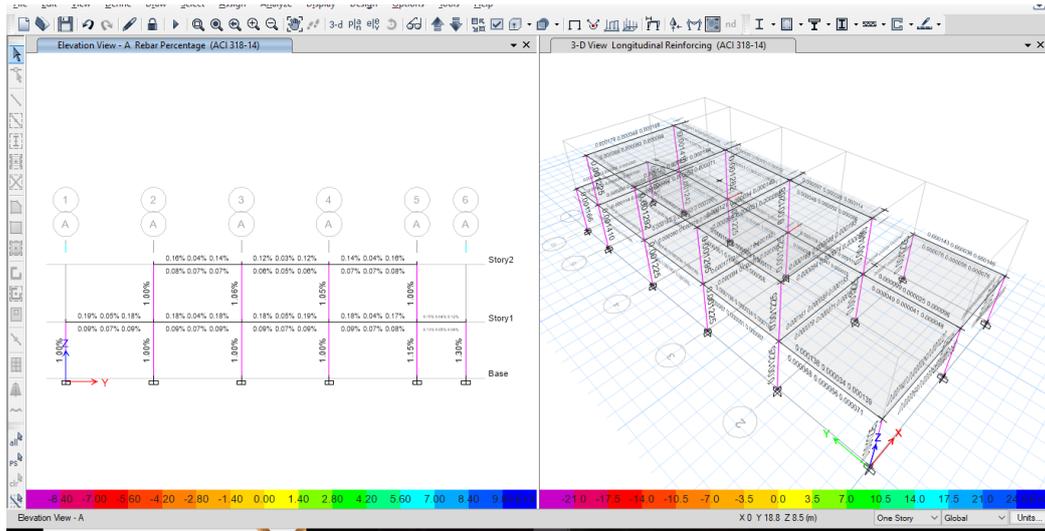


FIGURA 34 Área de acero necesaria en sección de columna

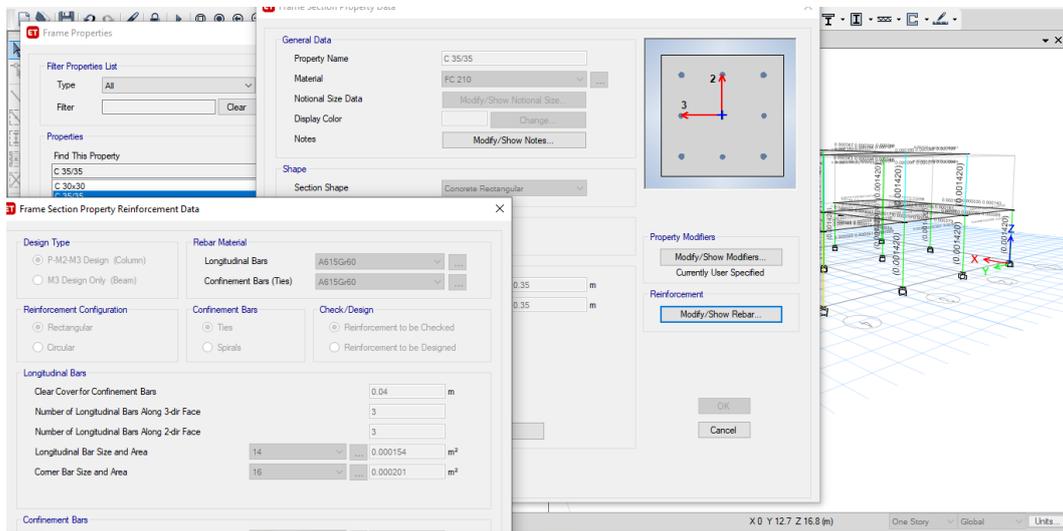


Figura 35 Colocación de acero calculado en columna de 30X30

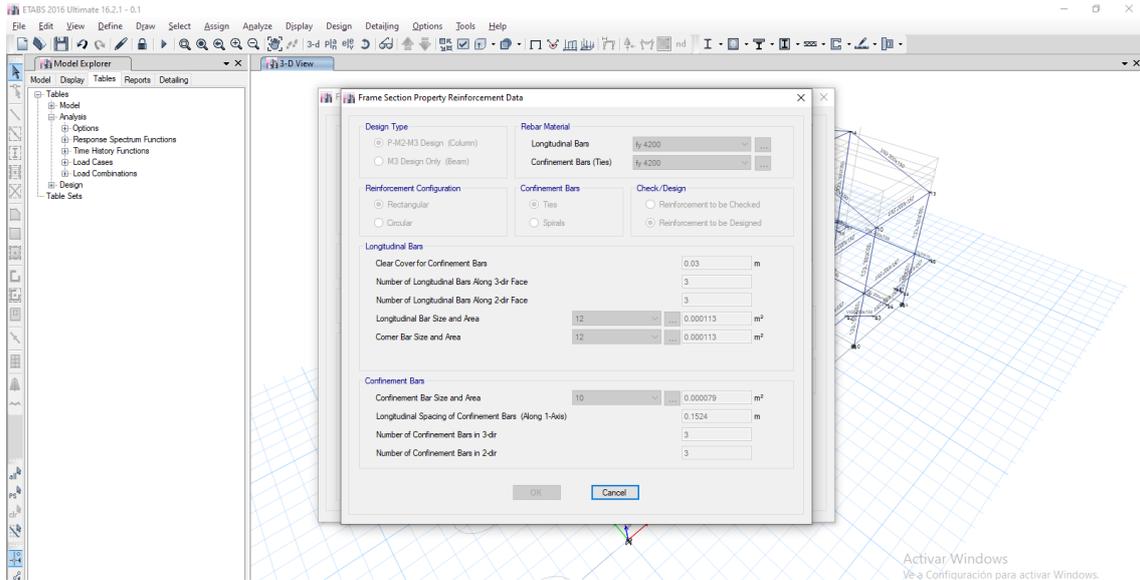


Figura 36 Colocación de acero calculado en columna de 30x30

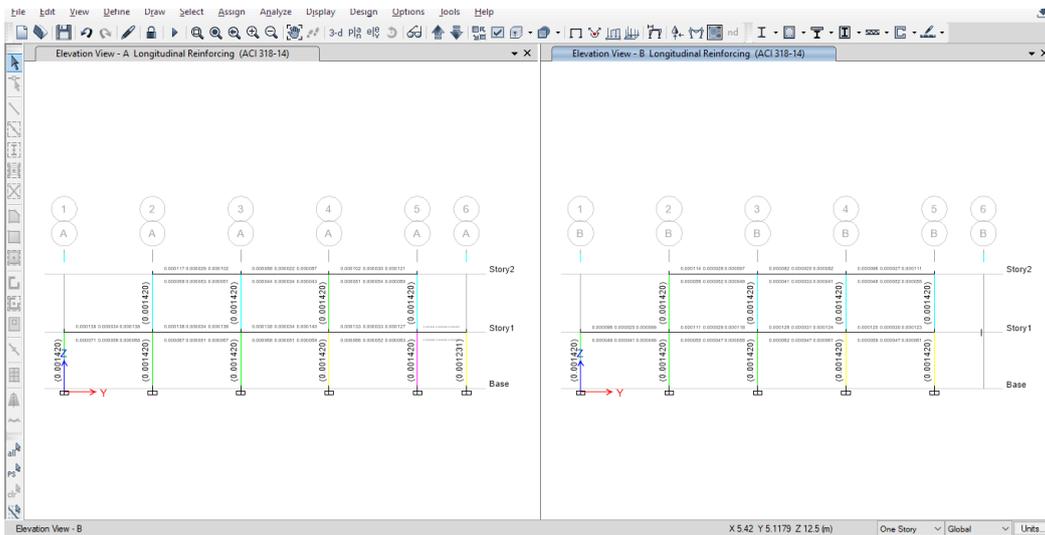


Figura 37 Verificación de capacidad de columnas armadas

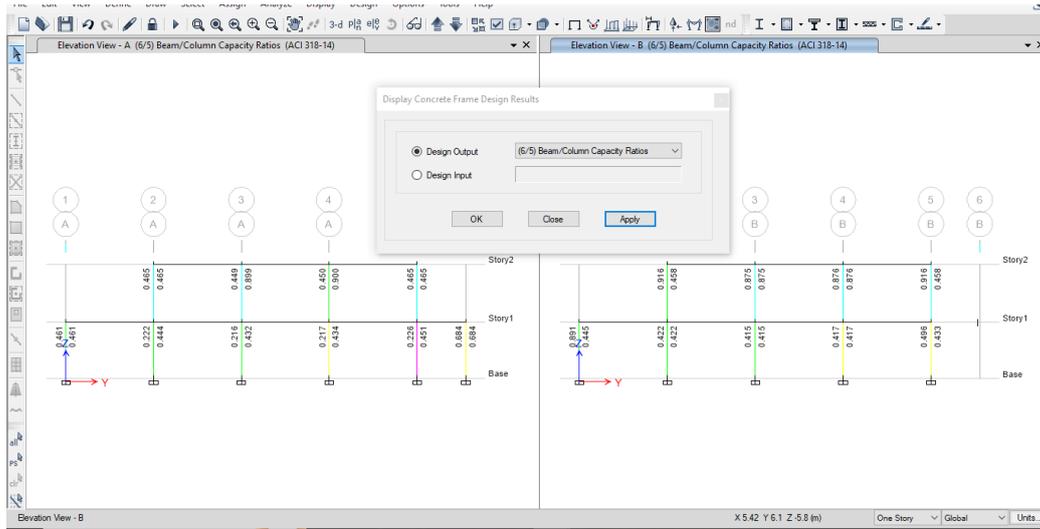


FIGURA 38 Comprobación de Capacidad de columna viga " 6/5 Viga /Columna"

A continuación, se detalla el proceso para la colocación de acero transversal y validación de longitud de confinamiento y no confinado.

Características columnas considerada	
Datos	
b1(cm)	30,00
hc(cm)	30,00
r(cm)	3,00
fc	210,00
fy	4200,00
hc(cm)	
db long(cm) menor	1,13
db long(cm)	1,13

1. Longitud de la zona de confinamiento "Lo"

- a) Lo 30.00 cm = hc
- b) Lo 50.00 cm = h
- c) Lo 45.00 cm

Se elige la mayor longitud Lo 50.00 cm = hc

2. Separación entre estribos en la zona de confinamiento

- a)  $s \leq 10.00$  cm
- b)  $s \leq 8.40$  cm 6db longitudinal

Se elige la menor = s = 8.40 cm

3. Separación de estribos fuera de la zona de confinamiento

- a)  $s = 15.00 \text{ cm}$
- b)  $s \leq 8.40 \text{ cm}$  6db longitudinal

Se elige la menor =  $s = 8.40 \text{ cm}$

4. Longitud fuera de la zona de confinamiento "L"

$$L = 200.00 \text{ cm}$$

Se calcula el acero transversal para cada una de las direcciones "x"e"y", mediante las ecuaciones que estipula la norma.

Ecuación 1=Sentido X-X Y-Y

$$Ashx := 0.3 \cdot \frac{10 \cdot (30 - 8) \cdot 210}{4200} \cdot \left( \frac{30 \cdot 30}{(30 - 8) \cdot (30 - 8)} - 1 \right)$$

$$Ashx := 1.12 \text{ cm}^2$$

Ecuación 2=Sentido X-X Y-Y

$$Ashy := 0.09 \cdot \frac{10 \cdot (30 - 8) \cdot 210}{4200}$$

$$Ashy = 0.99 \text{ cm}^2$$

Refuerzo transversal mínimo para resistir el Vx			
D(cm)	Ramales	Area	Area Atran(cm)
1	1	0,785	1,13
<u>1F10+@0,1&amp;0,15m</u>			
Refuerzo transversal mínimo para resistir el Vy			
D(cm)	Ramales	Area	Area Atran(cm)
1	1	0,785	1,13
<u>1F10+@0,1&amp;0,15m</u>			

Tabla 7 Resumen de acero transversal para la columna de 30x30cm

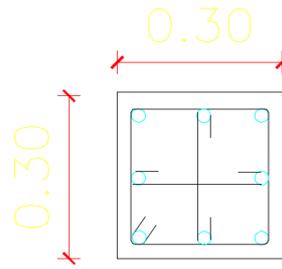


FIGURA 39 Esquema de armado de estribos en columna de 30x30cm

### 8.3 Diseño de vigas.

Conforme a lo establecido en la norma ecuatoriana de la construcción en su apartado de hormigón armado se establece los criterios para definir el diseño de viga tanto en el acero longitudinal como en el acero transversal. Para esto se ha definido en las figuras 39 a 43 el acero requerido en vigas por piso siendo así en la tabla 10 de armado donde se considera el acero mínimo considerando un hormigón simple de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  y un acero cuyo esfuerzo de fluencia es de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

Para el cálculo de acero mínimo se establece q debe ser la mayor entre los valores obtenidos mediante las siguientes ecuaciones, siendo el valor determinante por lo que ninguna viga puede tener menos acero que el mínimo requerido en la NEC 2015

$$A_{s_{min}} = \frac{1.4}{f_y} * b * d \quad (a)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 * f_y} * b * d \quad (b)$$

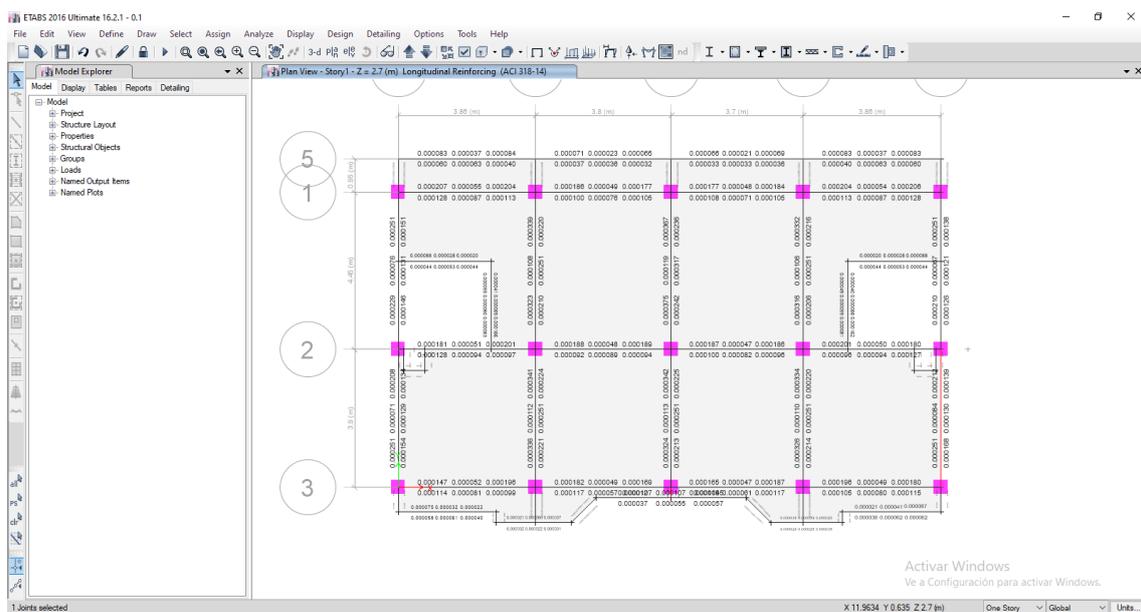


FIGURA 40 Área de acero en Losa primera planta

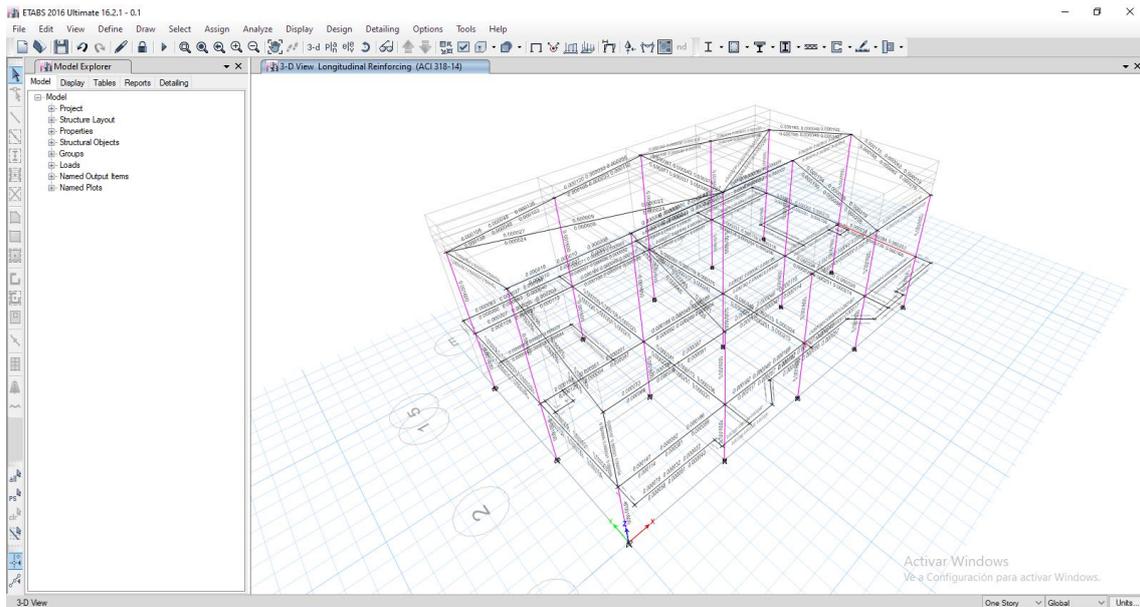


FIGURA 41 Área de acero en Losa segunda planta

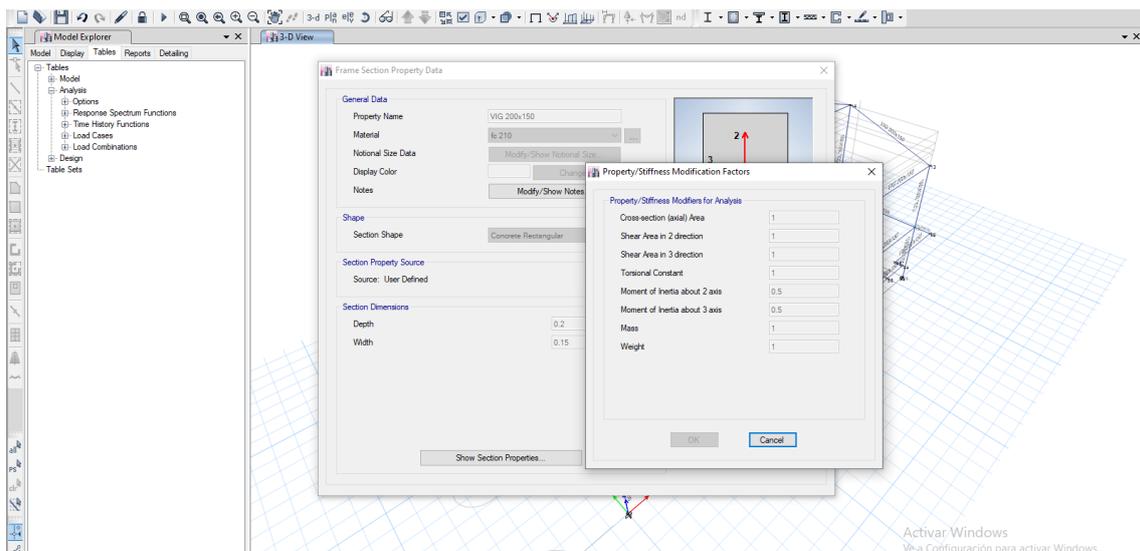


Figura 42 inserción de acero calculado en la sección de viga 20/15

## 8.4 Cimentación

El suelo de cimentación bajo los niveles de fundación indicados o sea a partir del apoyo de los cimientos deberán ser verificados en obra por el constructor y aprobados por la fiscalización por cada edificación, en caso de no coincidir con los valores de diseño descritos en el presente informe, es sumamente necesario que se realice un nuevo diseño de la estructura, considerando las características físicas y mecánicas reales de las condiciones del suelo de cimentación

**DATOS**

FC	210 kg/m <sup>2</sup>
bcol	0,3 m
hcol	0,3 m
qsn	18 t/m <sup>2</sup>
Fy	4200 kg/cm <sup>2</sup>

P(T)	Mx (T.m)	My (T.m)
30	0,64	1,1

**AREA DE CIMENTACIÓN**

$$A = FM * P / q_a$$

A=	2,333333333	
B=	1,528	1,5
L=	1,528	1,5

**EXENTRICIDAD**

L/6	0,25
e=M/p	0,0213 m

e < L/6 **Cumple esta condición**

**REVISIÓN DE ESFUERZOS**

$$q_{s,2} = \frac{P}{A} \left( 1 \pm \frac{6E}{L} \right)$$

qs1	13,93451576
qs2	11,77976996

qs1 < qa **Cumple esta condición**  
 qs1 < qa **Cumple esta condición**

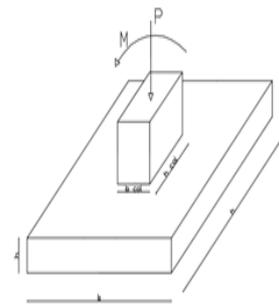


**Dimensionamiento de la Zapata**

B	1,5 m	
L	1,5 m	
Calculo de d		
h	0,3 m	
φ	0,012 m	
r	0,075 m	
d	0,213 m	
Peso H	2,4 t/m <sup>3</sup>	
P. Zap	1,62 t	
Pu	31,62 t	Peso de la zapata sumado la carga puntual
A	2,25 m <sup>2</sup>	

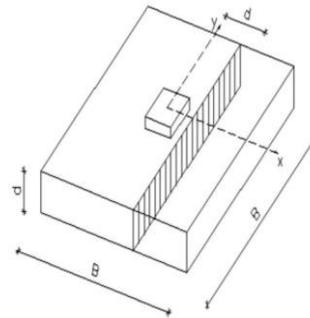
**Transmisión de Fuerza cortante en una dirección**

Vu=	10,449	$V_u = \left( \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d \right) * B * q_u$
Vc=	24,539	$V_c = 0.53 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$
φ Vc=	18,404	
φ Vc	>	Vu <b>Cumple esta condición</b>



**Transmisión de Fuerza cortante en dos direcciones**

Vu=	35,763 t	
Bo=	2,052 m	
Vc1=	69,67216281 t	
Vc2=	100,7079444 t	
Vc3=	105,2082994 t	
φ Vc=	52,254	
φ Vc	>	Vu <b>Cumple esta condición</b>





## Diseño de la zapata para resistir momento flexionante

Mu=	4,86 T.m	Momento Ultimo
Ecu=	0,003	
Ecy=	0,002	
c=	0,1278 m	Distancia la eje neutro
B1	0,9	

$$c = \frac{\epsilon_{cu}d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}}$$

$$0.65 \geq \beta_1 \leq 0.85$$

B1=	0,85
a=	0.10863 m

$$M_u \leq \phi M_n \quad \phi = 0.9 \quad (\text{Tabla 21.2.1})$$

$$M_n = (a * 0.85f'_c * B) * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n = A_s F_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_u \leq \phi A_s F_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$\phi$ =	0,9
----------	-----

As=	8,102 cm <sup>2</sup>	Acero minimo requerido
-----	-----------------------	------------------------

Refuerzo minimo a Flexion

$$a) \frac{14}{F_y} b_w d \quad a = 10,65 \text{ cm}^2$$

Acero minimo requerido

$$b) \frac{0.80\sqrt{f'_c}}{F_y} b_w d \quad b = 8,819 \text{ cm}^2$$

Revison de altura por flexion

d	0,030
---	-------

AV	1,13 cm <sup>2</sup>
----	----------------------

#Varillas D=1,2cm	9	9 VARILLAS
-------------------	---	------------

A_VARILLAS=	10,18 cm <sup>2</sup>
-------------	-----------------------

a	1,60 cm
---	---------

Mn=	8,765 T.m
-----	-----------

$\phi$ Mn=	7,888
------------	-------

$\phi$ Mn	>	Mu	Cumple esta condición
-----------	---	----	-----------------------

## 9. Conclusiones:

- Se analizó la estructura global, tal como deberá ser construida, el comportamiento estructural es el adecuado, tomando en cuenta que se consideraron las características físicas y mecánicas importantes del suelo de acuerdo al estudio realizado, con el fin de conseguir un diseño sismo resistente de la estructura apegado a la realidad.
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, permite que el periodo de vibración de la estructura, evaluado mediante sistemas computacionales o de forma manual sea menor que 1.30 veces del periodo calculado mediante las recomendaciones esta norma. El valor del periodo de vibración de la estructura cumple este requisito ya que el valor obtenido es menor que el admisible, de esta manera se comprueba que la estructura tiene la suficiente rigidez para soportar las acciones laterales de eventuales movimientos sísmicos con una probabilidad de excedencia del 10% en un tiempo de 50años.
- Se realizó el análisis del comportamiento modal espectral de las estructuras frente a las acciones laterales producidas por el espectro inelástico de diseño, y se verificó que el comportamiento de la estructura en el primer y segundo modo de vibración sean de traslación con un porcentaje mínimo de torsión, y el tercer modo de vibración es de rotacional, lo cual permite concluir que el comportamiento global de la estructura es el adecuado y además presenta la suficiente rigidez y ductilidad frente a las acciones sísmicas.

## 10. Bibliografía

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

ACI 3018 – 18

Firma responsable:

---

ING. JUAN CAILLAGUA CASTRO

CC: 1722721501

SENECYT: 1005-2019-21132091005