



Memoria Técnica

Análisis, Cálculo y Diseño Estructural Sismo Resistente

Proyecto

Laboratorio Central Para el control de calidad del Agua en
la ciudad de Manta
Enero 2017

Responsable

Ing. Daniel Félix Astudillo
Diseñador Estructural

Contenido

1	Antecedentes	1
1.1	Descripción	1
1.2	Alcance del estudio	1
2	Análisis y Diseño Estructural Sismo Resistente	1
2.1	Cargas Adoptadas	1
2.2	Fuerzas Laterales	2
3	Modelo de Cálculo	5
3.1	Análisis Estructural Sismo Resistente	9
3.2	Deformación de los Elementos Resistentes	13
3.3	Cálculo de las derivas de piso.....	14
3.4	Diseño Estructural	15
3.4.1	Diseño de columnas.	15
3.4.2	Diseño de Vigas.....	17
3.4.3	Diseño de cimentación	17
4	Seguridad de Daño Estructural.....	19
5	Conclusiones y Recomendaciones.....	19
6	Objetivos Cumplidos del Diseño.....	20
7	Compromiso	20

1 Antecedentes

1.1 Descripción

La estructura en estudio es una edificación que se construirá en la ciudad de Manta-Ecuador. El proyecto arquitectónico planteado es una construcción de 1 planta, pero se consideró el peso para una futura ampliación de otra planta más la estructura se plantea en hormigón armado con una losa alivianada, vigas peraltadas y zapata corrida en una dirección, como proyecto definitivo.

1.2 Alcance del estudio

Se somete a la estructura a un análisis riguroso que permita evaluar el comportamiento y la capacidad de los elementos propuestos en el diseño estructural, verificando si las secciones son adecuadas para resistir las condiciones más desfavorables que pueden presentarse dentro de la vida útil de la misma.

El presente informe tiene como finalidad reflejar los resultados del análisis y diseño estructural, incluyendo la evaluación del sistema de cimentación para una estructura de este tipo.

2 Análisis y Diseño Estructural Sismo Resistente

El análisis y diseño estructural cumple con las especificaciones de la Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC 15 y el American Concrete Institute ACI 318-11. El modelo estructural adoptado son pórticos espaciales sismorresistentes de hormigón armado con vigas peraltadas. El análisis se realizó en el programa ETABS 2015 v15.2.0 con licencia de evaluación.

Para efectos del análisis y diseño es necesario definir las características de regularidad e importancia de la estructura, así pues luego de analizar los diferentes aspectos que influyen en esta caracterización se determinó que la estructura es de tipo normal, regular en planta e regular en elevación.

2.1 Cargas Adoptadas

La Tabla 2.1 indica las cargas que fueron calculadas y asumidas para realizar el análisis y diseño estructural del edificio en estudio. El detalle de los cálculos típicos de carga muerta se especifica en el y la carga viva se asume en referencia a la “Tabla 2.1 Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo y concentradas, Po” de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15).

Niveles	Carga Muerta (Kg/m ²)	Carga Viva (Kg/m ²)	Carga Pared (Kg/m ²)
PISO 1	150	350	150

Tabla 2.1. Cargas y Sobrecargas utilizadas en el Análisis Estructural

2.2 Fuerzas Laterales

En este análisis se utiliza lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15 el mismo que indica requisitos mínimos de cálculo y procedimientos de diseño sismo resistente, para el cortante basal, cálculo de fuerzas horizontales, control de las derivas de piso y otros efectos que deben ser tomados en cuenta en un análisis y diseño estructural.

Es primordial en el diseño sismo resistente determinar la zona sísmica en donde se construirá la edificación y su respectivo valor del coeficiente Z, para ello nos referimos a la “Tabla 2.2 Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z”, de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) y un extracto de la misma para la provincia de Pastaza nos muestra los siguientes resultados:

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
MANTA	MANTA	MANTA	MANABI	0.5

Tabla 2.2. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z

A continuación se muestra los valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada tomado de la “Tabla 2.2 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada, Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15):

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Tabla 2.3 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Además podemos corroborar gráficamente los resultados en la siguiente figura tomada del NEC-15:

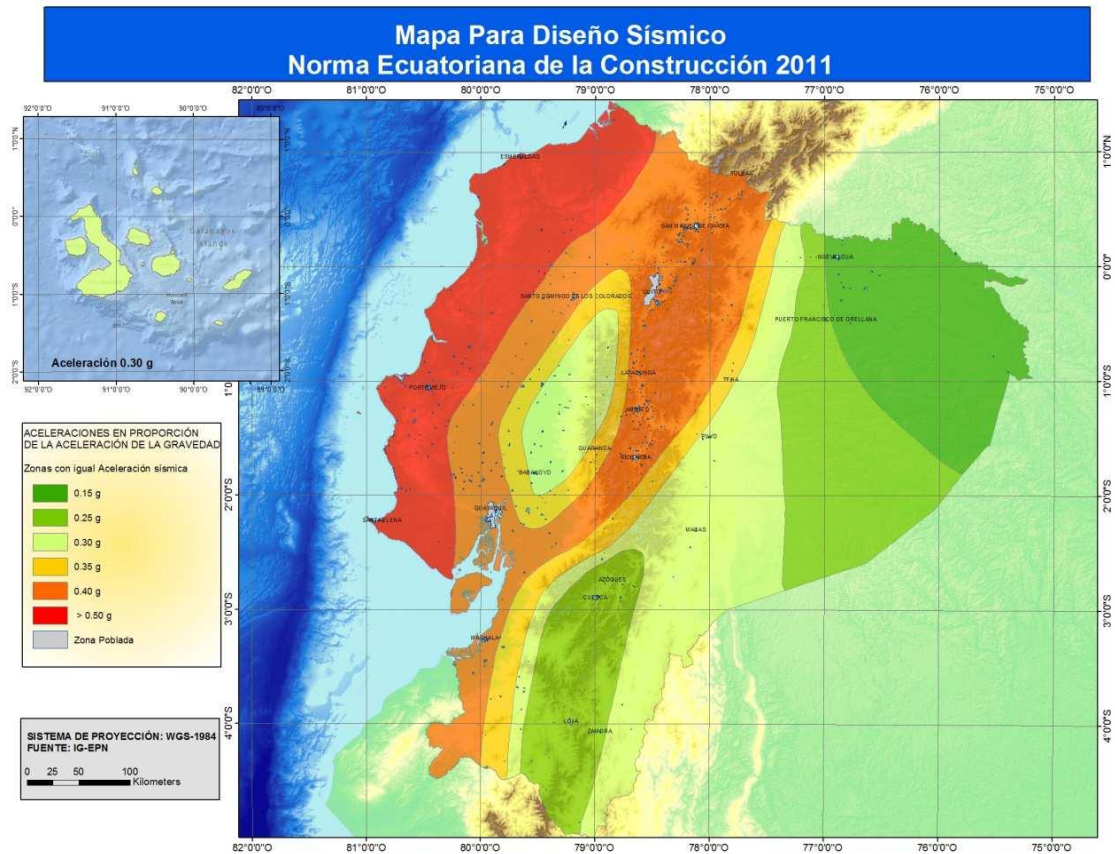


Figura 2.1 Mapa para diseño sísmico

Para el caso de la estructura en estudio se definen los siguientes valores de los coeficientes:

$$Z = 0.50$$

$$I = 1.50$$

$$R = 6$$

$$\text{Tipo de suelo} = C$$

$$\text{Coeficiente de regularidad en planta } (\Phi_P) = 1$$

$$\text{Coeficiente de regularidad en elevación } (\Phi_E) = 1$$

Para el cálculo de las fuerzas horizontales se procede:

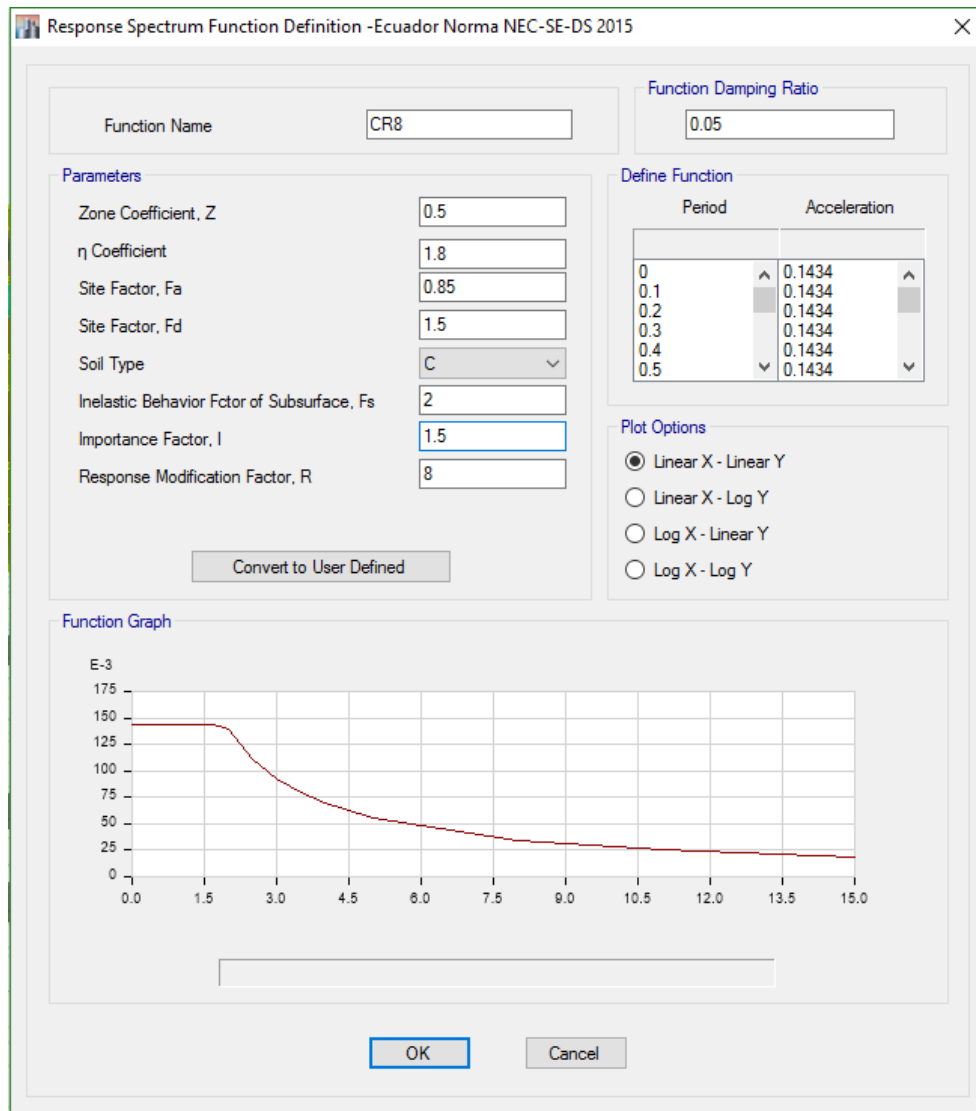


Figura 2.1a Ingreso de datos para espectro de diseño sísmico

La Tabla 2.4a contiene las fuerzas sísmicas dinámicas, calculadas de la edificación, estas fuerzas para el análisis son concentradas en el centro de masas de cada piso. Se detallan los cálculos típicos de las fuerzas horizontales en el la tabla 2.4b.

FUERZA DE CORTE DE PISO ANTE ACCION DINAMICA SISMICA EN X-Y

TABLE: Story Force							
Story	Load Case/Combo	Location	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story1	Sx Max	Top	94.8577	1.4017	945.3031	2.4988	181.091
Story1	Sx Max	Bottom	94.8577	1.4017	945.3031	7.4232	546.2739
Story1	Sy Max	Top	1.4017	92.2247	1448.6939	177.2453	2.4388
Story1	Sy Max	Bottom	1.4017	92.2247	1448.6939	539.2346	7.5333

V DIN X	94.8577	tonf
V DIN Y	92.2247	tonf

Tabla 2.4 Fuerzas Laterales actuantes en la Estructura ETABS.

3 Modelo de Cálculo

Gracias a la versatilidad de los nuevos programas de análisis de estructuras se realiza un modelo tridimensional de cálculo, para el respectivo análisis y diseño estructural.

ELEMENTOS ELEGIDOS PARA EL MODELO

Para el análisis se eligió realizar un modelo en el programa ETABS 2015 v15.2.0. Los elementos utilizados en la modelación son FRAME y SHELL.

ELEMENTO FRAME

El elemento FRAME es utilizado para modelar objetos lineales como vigas y columnas. Se compone de un nodo inicial y un nodo final y posee ejes locales que se presentan a continuación.

En la modelación estructural se aplicaron dos sistemas de coordenadas: sistema global y local. Estos referentes se aplicarán en el ingreso de datos y evaluación de resultados.

El eje 1 siempre va del nodo inicial al nodo final y es axial al elemento.

El eje 2 es ortogonal al eje 1 y por defecto tiene la misma dirección del eje Z.

El eje 3 resulta de implementar la regla de la mano derecha

NUDOS

Los nudos tienen un rol fundamental en el análisis de la estructura, y son los puntos de conexión entre los elementos, ellos son la localización primaria en la estructura en los cuales los desplazamientos son desconocidos o tienen que ser determinados.

Los componentes de desplazamientos y rotaciones, en los nudos son llamados grados de libertad.

La estructura está soportada en los nudos utilizando condiciones de restricción y de apoyos especiales.

SISTEMA LOCAL DE COORDENADAS

Cada nudo tiene su propio sistema local de coordenadas utilizado para definir los grados de libertad, restricciones, propiedades, cargas en los nudos e interpretación de resultados. Los ejes de un sistema local de coordenadas son definidos por 1, 2, 3. Por omisión estos ejes son coincidentes con los ejes globales X, Y, Z, respectivamente. Ambos sistemas siguen la Ley de la mano derecha.

GRADOS DE LIBERTAD

Las deflexiones de un modelo estructural están controladas por los desplazamientos de los nudos. Cada nudo de un modelo estructural tiene seis componentes de desplazamiento:

El nudo puede desplazarse a lo largo de sus tres ejes locales. Estas traslaciones son denominadas **U1, U2, U3**.

Los nudos pueden rotar alrededor de sus tres ejes locales. Estas rotaciones son **R1, R2, R3**. Estos seis componentes de desplazamiento son conocidos como grados de libertad del nudo. Los grados de libertad locales de un nudo están representados en la Figura 3.1

Con los elementos FRAME se modelaron los siguientes componentes de la estructura:

- Vigas
- Columnas
- Tijeras de corte
- Correas

Con los elementos SHELL se modelaron los siguientes componentes de la estructura:

- Losas
- Gradadas

FUERZAS INTERNAS RESULTANTES

Son las Fuerzas y Momentos resultantes del análisis y están compuestas por:

- P, Fuerza Axial
- V2, Cortante en el plano 1-2
- V3, Cortante en el plano 1-3
- T, Momento Torsor
- M2, Momento Flexionante alrededor del eje 2
- M3, Momento Flexionante alrededor del eje 3

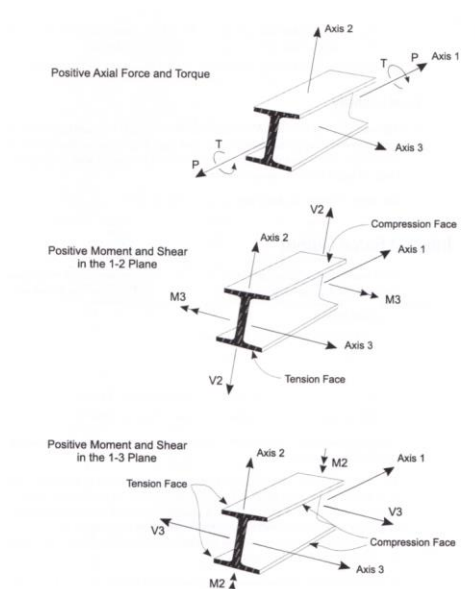


Figura 3.1 Elementos frame, fuerzas internas

COBIMACIONES DE CARGAS

Las combinaciones de carga son las descritas en el NEC 15, que a su vez son tomadas del ACI 318-11. Que son las que actualmente rigen en nuestro país y son:

- Combo 1: 1.4 Carga Muerta
- Combo 2: 1.2 Carga Muerta + 1.6 Carga Viva
- Combo 3: 1.2 Carga Muerta + 1.0 Carga Viva + 1.0 Carga Sísmica En X
- Combo 4: 1.2 Carga Muerta + 1.0 Carga Viva - 1.0 Carga Sísmica En X
- Combo 5: 1.2 Carga Muerta + 1.0 Carga Viva + 1.0 Carga Sísmica En Y
- Combo 6: 1.2 Carga Muerta + 1.0 Carga Viva - 1.0 Carga Sísmica En Y
- Combo 7: 1.0 Carga Muerta + 1.0 Carga Viva

ACEPCIONES DE CÓDIGOS

El análisis y cálculo de los elementos de la estructura, tiene como principal documento de apoyo la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15, y en unidades del sistema internacional de medidas de la norma estadounidense “ACI 318-11”.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Para realizar el diseño se la estructura se utilizó un modelo tridimensional implementado en ETABS 2015 v15.2.0 con licencia de evaluación.

MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON EL PROGRAMA ETABS 2016

La etapa inicial del proceso de análisis y diseño de una estructura es la esquematización que se realiza con el objeto de simplificar el proceso y dar un tratamiento sencillo, para esto es necesario resumir varias idealizaciones para reducir la complejidad del problema.

LOCALIZACIONES GEOMÉTRICAS.

- Los elementos estructurales son representados por líneas rectas que siguen la trayectoria del centroide del elemento.
- La sección transversal de un elemento es constante.

IDEALIZACIÓN DEL MATERIAL.

- El material se asume homogéneo o isotrópico.
- Del anterior comportamiento lineal se deduce la validez del principio de superposición.
- Los desplazamientos deben ser pequeños comparados con las dimensiones de la estructura.

IDEALIZACIÓN ESTRUCTURAL

Para la modelación de la estructura se consideran las siguientes idealizaciones:

- Los nudos se consideran rígidos e indeformables, es decir conservan su forma ante la acción de las cargas.
- Los pórticos planos tienen un plano de simetría sobre el cual están aplicadas las cargas, esto implica que tanto el pórtico como las cargas están en el mismo plano.
- Consecuentemente con la anterior modelación los elementos de un pórtico están en capacidad de trabajar a tracción, compresión, flexión y corte.

MODELO MATEMÁTICO

La Estructura debe modelarse como estructura tridimensional espacial con elementos, interconectados en nodos, que describan de una manera realista la rigidez y la masa de la estructura. Cada nodo debe tener seis grados de libertad, tres traslacionales y tres rotacionales.

La masa de la estructura se puede suponer concentrada en los nodos con un mínimo de tres grados de libertad traslacionales. La masa debe incluir la de los elementos estructurales y otras cargas relevantes tales como losas, vigas, columnas, zapatas, etc. Se han incluido las cargas sísmicas correspondientes a la estructura según los códigos anteriormente descritos.

DESPLAZAMIENTOS Y FUERZAS EN LOS MIEMBROS.

Los desplazamientos y las fuerzas en los miembros se pueden determinar combinando los parámetros (desplazamientos, derivas, fuerzas, momentos, torsiones, etc.) producidos en cada modo, por medio del método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS en ETABS 2015).

La Figura 3.2 indica el modelo realizado en el programa ETABS 2015 v15.2.0 con licencia de evaluación, elementos frame vigas y columnas, elementos shell losas, modeladas como diafragmas rígidos de piso.

En vista del alcance del presente informe se aplicaran cargas verticales equivalentes en la estructura a ampliarse para determinar el comportamiento de la estructura existente.

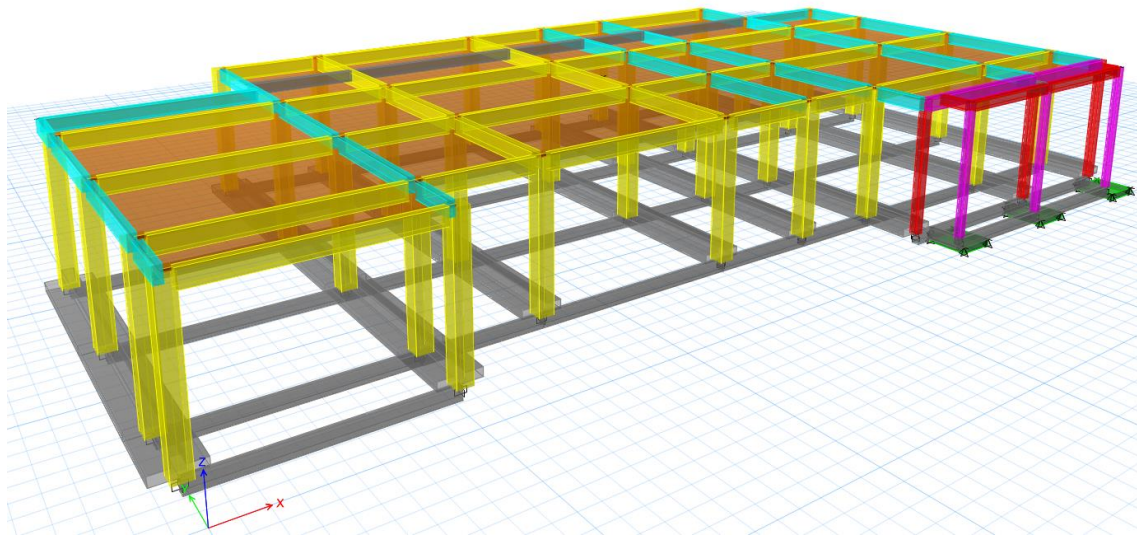


Figura 3.2 Modelo del Edificio en Análisis

3.1 Análisis Estructural Sismo Resistente

El prediseño de los miembros estructurales para realizar el análisis de la estructura cumplen con lo dispuesto en el código NEC-15 y ACI 318-11.

La planta tipo a analizarse se muestran a continuación en la siguiente figura:

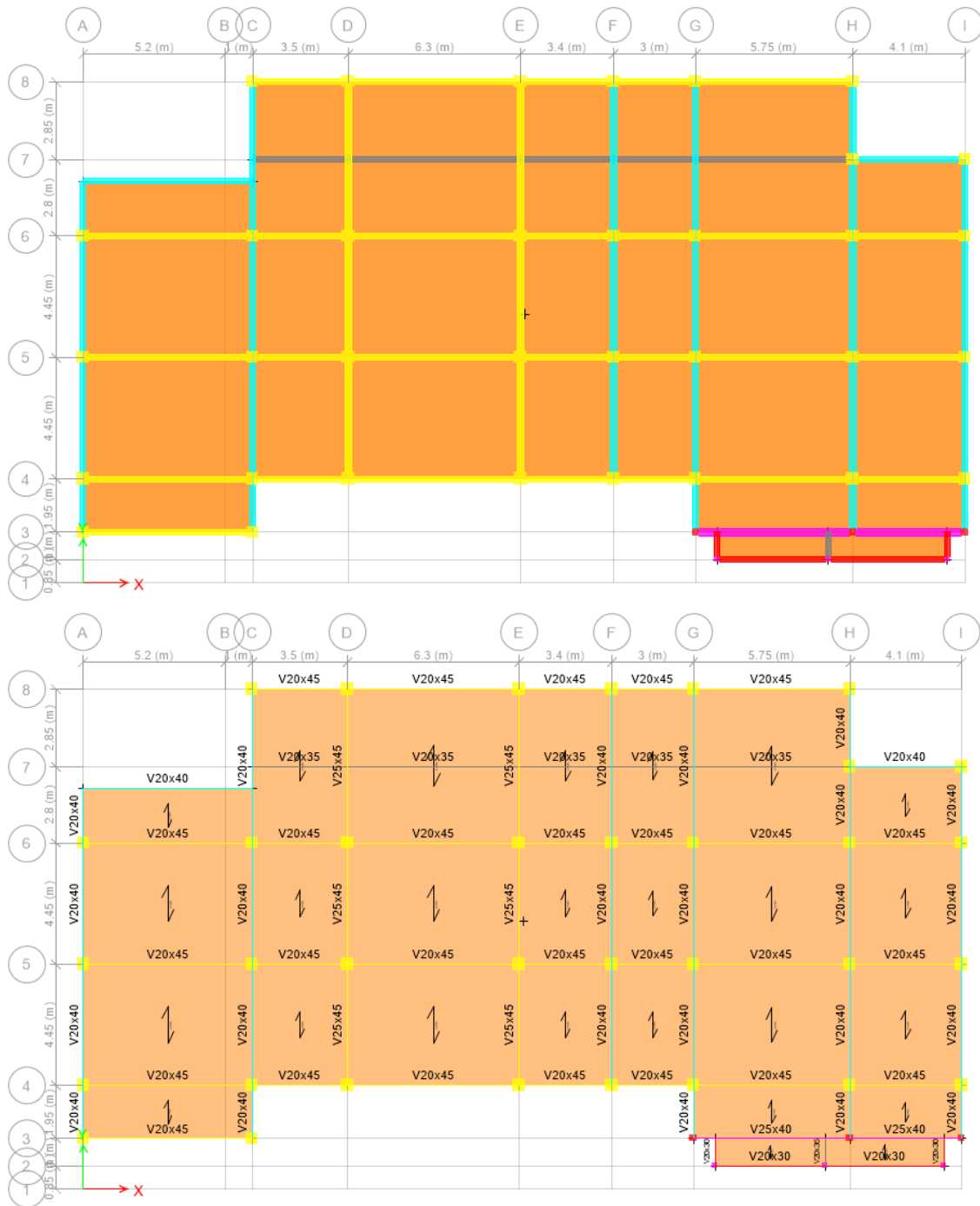


Figura 3.3 Planta tipo

Una vez realizado el prediseño de las columnas, se procede a ingresar dichas secciones y armados preliminares, para su análisis, con los siguientes valores:

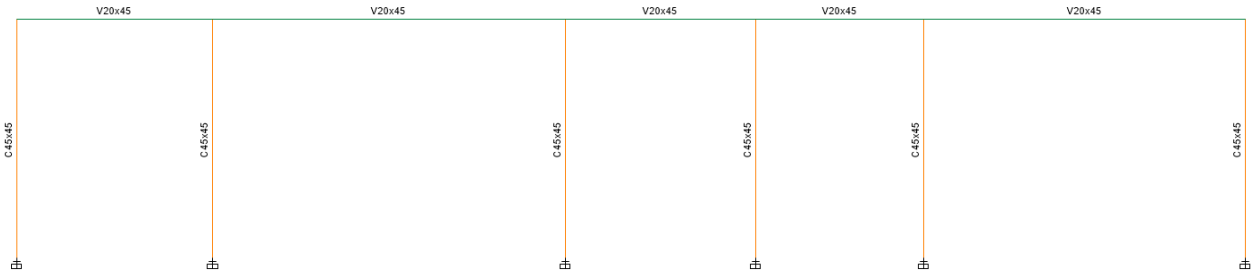


Figura 3.7 Prediseño de columnas

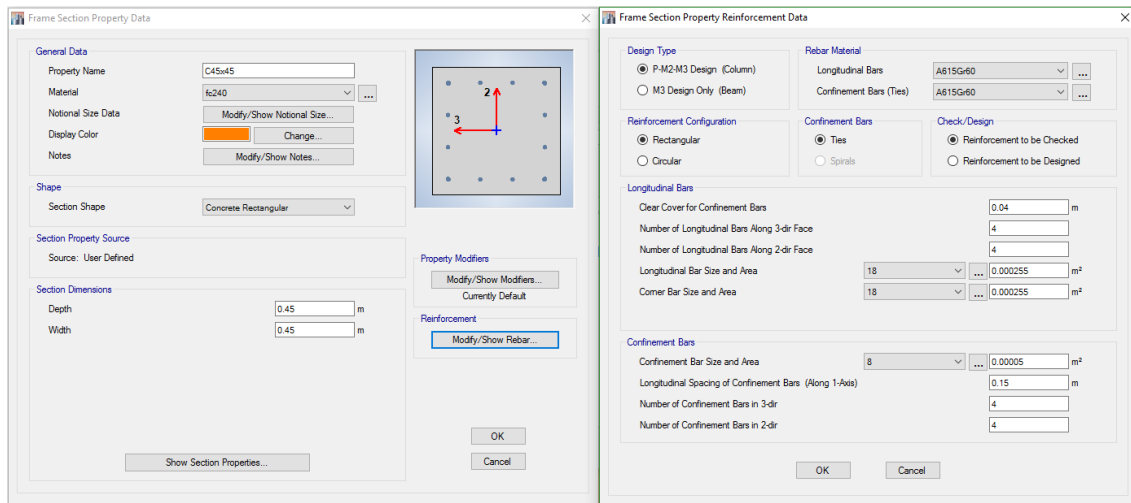


Figura 3.8 Prediseño de la sección y armados preliminares de columnas

Una vez realizado el prediseño de las vigas, se procede a ingresar dichas secciones y armados preliminares, para su análisis, con los siguientes valores:

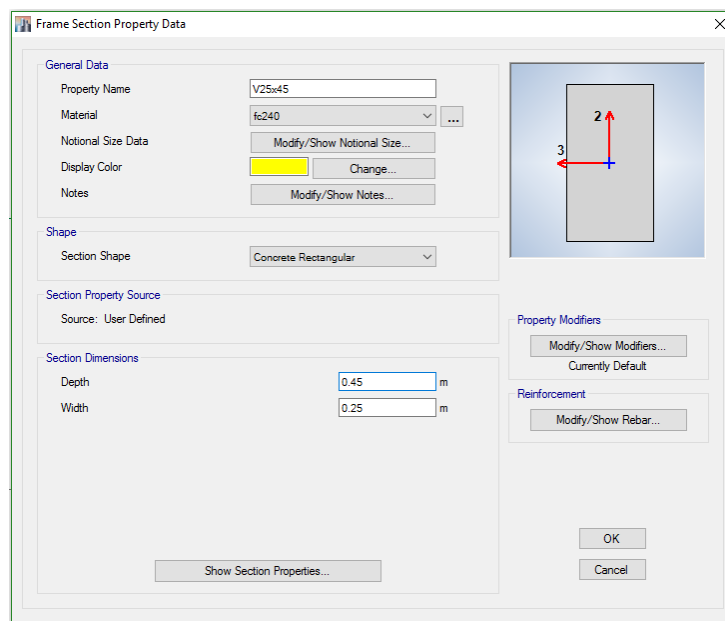
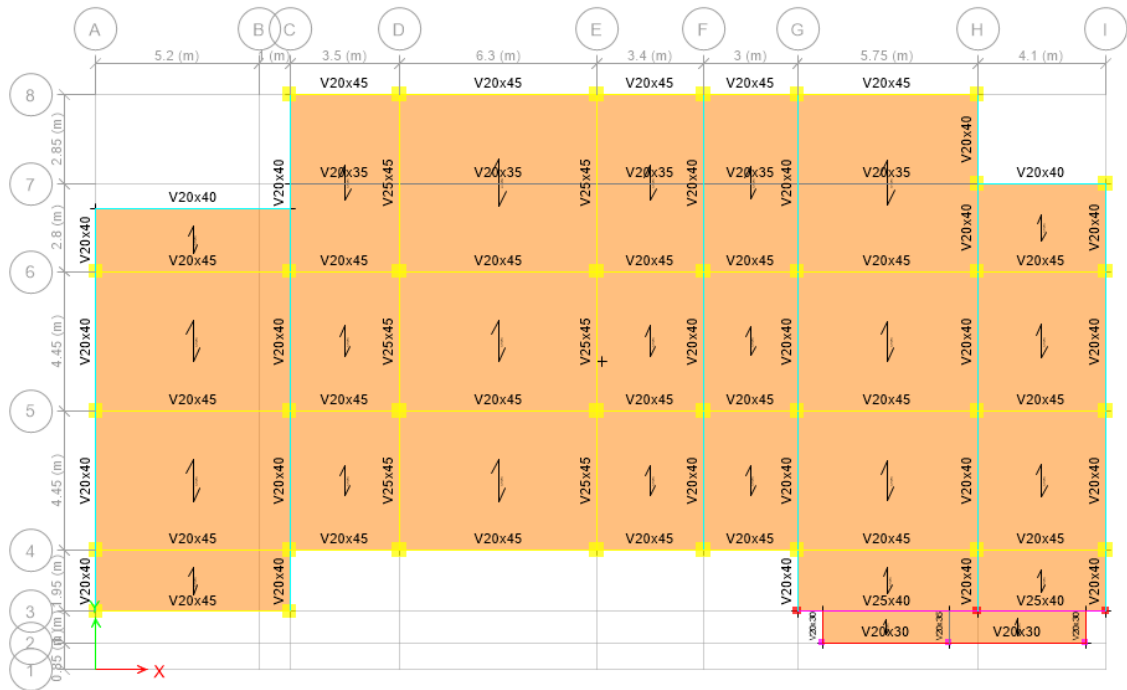


Figura 3.9 Prediseño de vigas tipo

La Figura 3.10 indica las secciones modeladas previas a su verificación de diseño definitiva en el programa de análisis, la vista en tres dimensiones nos da una idea de cómo se vería la estructura en su totalidad.

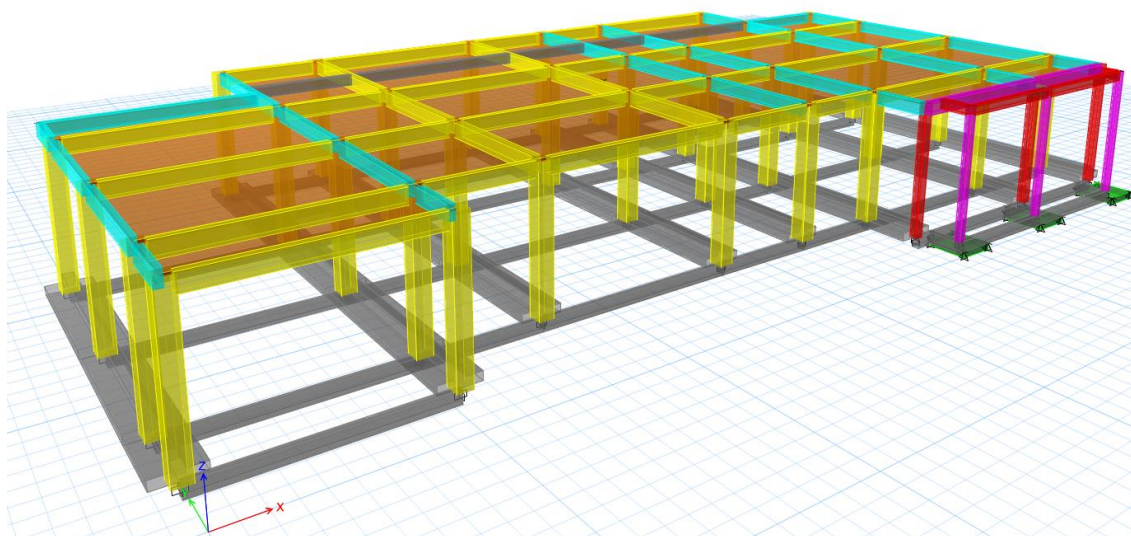


Figura 3.10 Vista Espacial de los Elementos Estructurales

3.2 Deformación de los Elementos Resistentes

Períodos y Modos de Vibración.

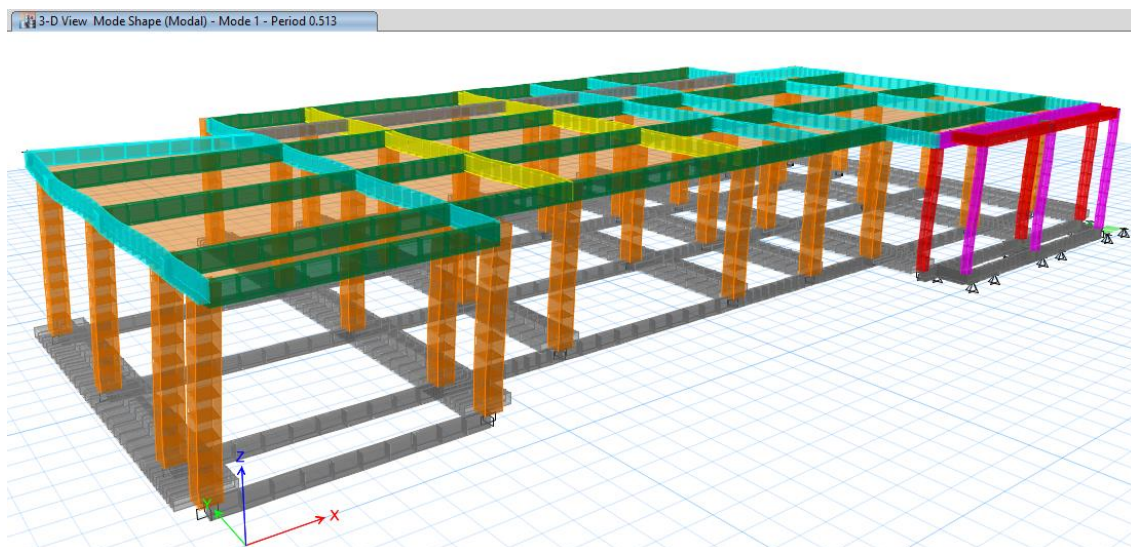


Figura 3.11 MODO 1 ($T = 0.513\text{seg}$)

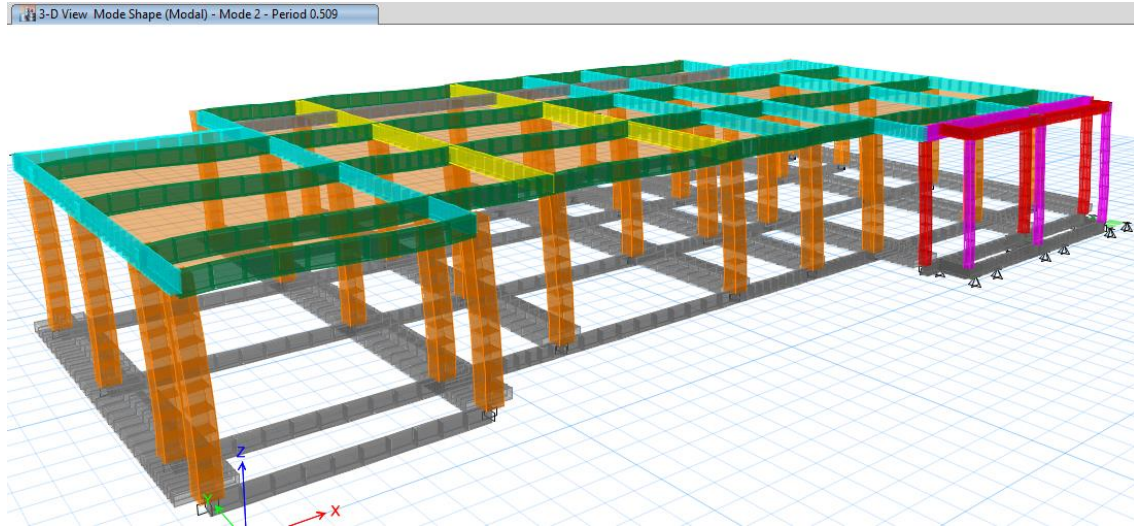


Figura 3.12 MODO 2 ($T = 0.509\text{seg}$)

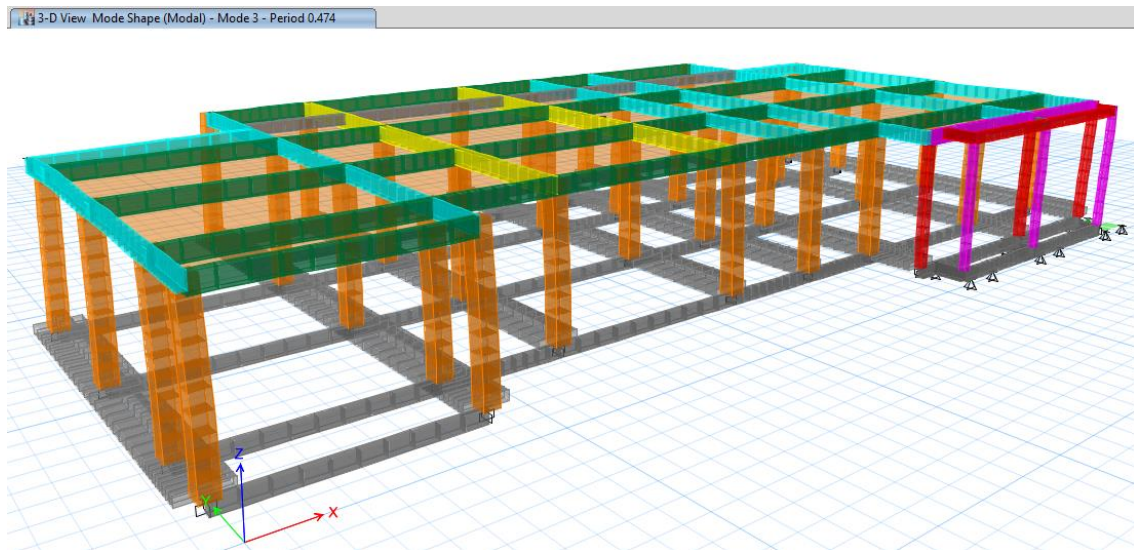


Figura 3.13 MODO 3 ($T = 0.474\text{seg}$)

3.3 Cálculo de las derivas de piso

A continuación se detalla los resultados obtenidos del modelo en cuanto a la deformación de la estructura, especialmente los diferenciales de deformación entre pisos y el nivel de planta baja, con los que se procede a calcular dichas derivas.

R=	8
Deriva Max=	0.02

Story	Load Case/Combo	Item	Deriva Max	Deriva Promedio	Ratio	Label	Max Loc X m	Max Loc Y m	Max Loc Z m	Deriva Inelastico
Story1	Comb4 Max	Diaph D1 Y	0.001302	0.001098	1.186	7	0	12.7	4.32	0.00781 OK
Story1	Env Max	Diaph D1 Y	0.001302	0.001103	1.181	7	0	12.7	4.32	0.00781 OK
Story1	Comb6 Max	Diaph D1 Y	0.001299	0.001101	1.18	7	0	12.7	4.32	0.00779 OK
Story1	Comb6 Min	Diaph D1 Y	0.001283	0.001105	1.161	7	0	12.7	4.32	0.00770 OK
Story1	Env Min	Diaph D1 Y	0.001283	0.00111	1.156	7	0	12.7	4.32	0.00770 OK
Story1	Comb4 Min	Diaph D1 Y	0.00128	0.001108	1.155	7	0	12.7	4.32	0.00768 OK
Story1	Sy Max	Diaph D1 Y	0.001265	0.001077	1.174	7	0	12.7	4.32	0.00759 OK
Story1	Comb3 Min	Diaph D1 X	0.001109	0.001061	1.044	49	31.6	0.85	4.32	0.00665 OK
Story1	Env Min	Diaph D1 X	0.001109	0.001061	1.044	49	31.6	0.85	4.32	0.00665 OK
Story1	Comb5 Min	Diaph D1 X	0.001103	0.001058	1.043	49	31.6	0.85	4.32	0.00662 OK
Story1	Comb5 Max	Diaph D1 X	0.001088	0.001047	1.039	49	31.6	0.85	4.32	0.00653 OK
Story1	Env Max	Diaph D1 X	0.001088	0.001047	1.039	49	31.6	0.85	4.32	0.00653 OK
Story1	Comb3 Max	Diaph D1 X	0.001086	0.001045	1.04	26	28.15	18.35	4.32	0.00652 OK
Story1	Sx Max	Diaph D1 X	0.000989	0.000987	1.002	49	31.6	0.85	4.32	0.00593 OK
Story1	Comb4 Min	Diaph D1 X	0.000721	0.000632	1.141	49	31.6	0.85	4.32	0.00433 OK
Story1	Comb6 Min	Diaph D1 X	0.000716	0.000628	1.14	49	31.6	0.85	4.32	0.00430 OK
Story1	Comb6 Max	Diaph D1 X	0.0007	0.000617	1.135	49	31.6	0.85	4.32	0.00420 OK
Story1	Comb3 Max	Diaph D1 Y	0.000697	0.000586	1.19	7	0	12.7	4.32	0.00418 OK
Story1	Comb4 Max	Diaph D1 X	0.000695	0.000613	1.133	49	31.6	0.85	4.32	0.00417 OK
Story1	Comb5 Max	Diaph D1 Y	0.000693	0.000588	1.179	7	0	12.7	4.32	0.00416 OK
Story1	Comb5 Min	Diaph D1 Y	0.000677	0.000591	1.146	7	0	12.7	4.32	0.00406 OK
Story1	Comb3 Min	Diaph D1 Y	0.000674	0.000593	1.137	7	0	12.7	4.32	0.00404 OK
Story1	Sy Max	Diaph D1 X	0.000213	0.000128	1.661	49	31.6	0.85	4.32	0.00128 OK

Tabla 3.1 Derivas de piso obtenidas por el Software Etabs.

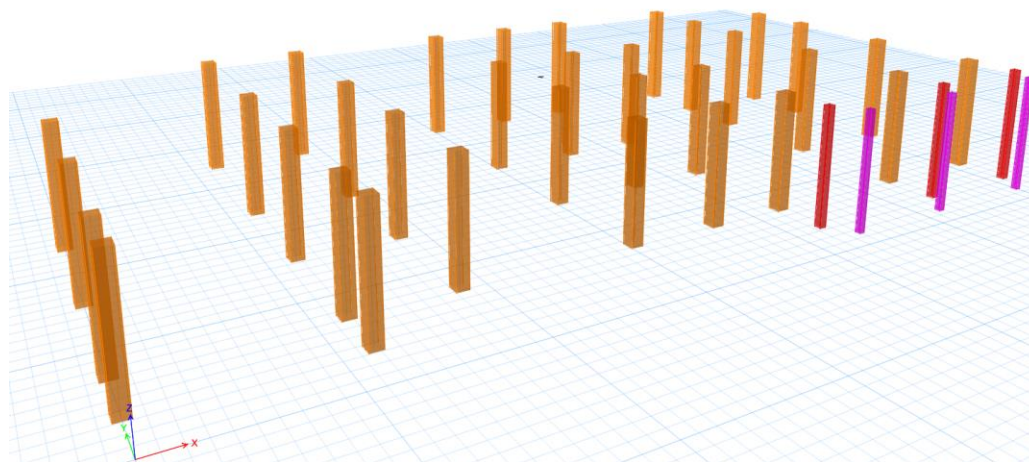
3.4 Diseño Estructural

Para el diseño se adopta un Hormigón Estructural de una resistencia a la compresión de 240 Kg/cm², en cuanto a los parámetros de aceptación en lo que se refiere a calidad, mezclado y colocación este debe cumplir con los requerimientos mínimos presentados en el ACI 318-11 en su capítulo 5, el Acero Estructural deberá tener un esfuerzo mínimo a la fluencia de 4200 Kg/cm², este acero deberá cumplir con los requisitos previstos en ACI 318-11 sección 3.5.3. Según la inspección del suelo realizado en el lugar del proyecto se adopto una resistencia del mismo de qadm=26 Ton/m2.

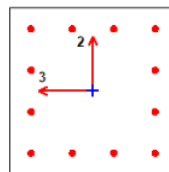
Los miembros estructurales propuestos en los planos, cumplen con lo dispuesto en la sección 8.8.1 del código ACI 318-11 para columnas, para las vigas cumplen con la sección 21.10.4 del mismo código.

3.4.1 Diseño de columnas.

Para el diseño de las columnas se ocupa el programa ETABS 2015 v15.2.0 con licencia de evaluación, como se indicó anteriormente, de este se obtuvieron los siguientes resultados



ACI 318-14 Column Section Design



Column Element Details (Summary)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (m)	LLRF	Type
Story1	C11	11	C45x45	Env	0	4.32	0.568	Sway Special

Section Properties

b (m)	h (m)	dc (m)	Cover (Torsion) (m)
0.45	0.45	0.057	0.0273

Material Properties

E_c (tonf/m ²)	f'_c (tonf/m ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (tonf/m ²)	f_{ys} (tonf/m ²)
2339281.9	2400	1	42184.18	42184.18

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_{CTied}	$\Phi_{CSpiral}$	Φ_{Vns}	Φ_{Vs}	Φ_{Vjoint}
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85

Axial Force and Biaxial Moment Design For P_u , M_{u2} , M_{u3}

Design P_u tonf	Design M_{u2} tonf-m	Design M_{u3} tonf-m	Minimum M_2 tonf-m	Minimum M_3 tonf-m	Rebar %	Capacity Ratio Unitless
0	-11.8687	-10.3924	0	0	1.51	0.789

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	C_m Factor Unitless	δ_{ns} Factor Unitless	δ_s Factor Unitless	K Factor Unitless	Effective Length m
Major Bend(M3)	1	1	1	1	3.87
Minor Bend(M2)	1	1	1	1	3.87

Shear Design for V_{u2} , V_{u3}

	Shear V_u tonf	Shear ΦV_c tonf	Shear ΦV_s tonf	Shear ΦV_p tonf	Rebar A_v/s m ² /m
Major, V_{u2}	4.6805	0	4.6805	4.8058	0.00047
Minor, V_{u3}	5.4441	0	5.4441	6.178	0.00055

Figura 3.16 Armado general de columnas

3.4.2 Diseño de Vigas.

En cuanto el diseño de las vigas, de igual manera, se ocupa el programa ETABS 2015 v15.2.0 con licencia de evaluación, como se indicó anteriormente, de este se obtuvieron los siguientes resultados:

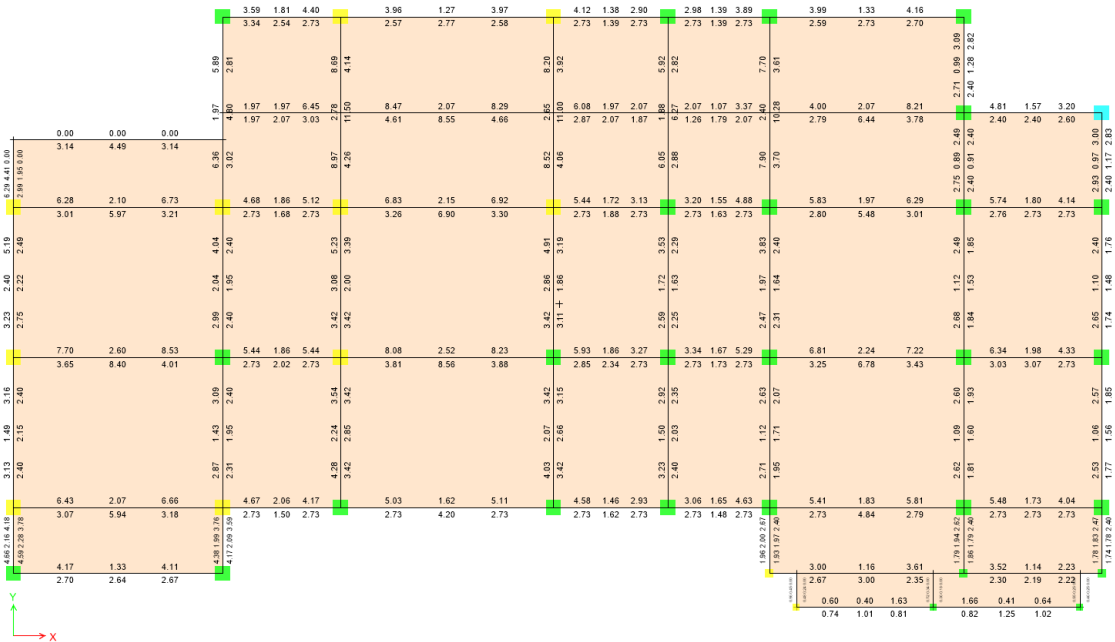
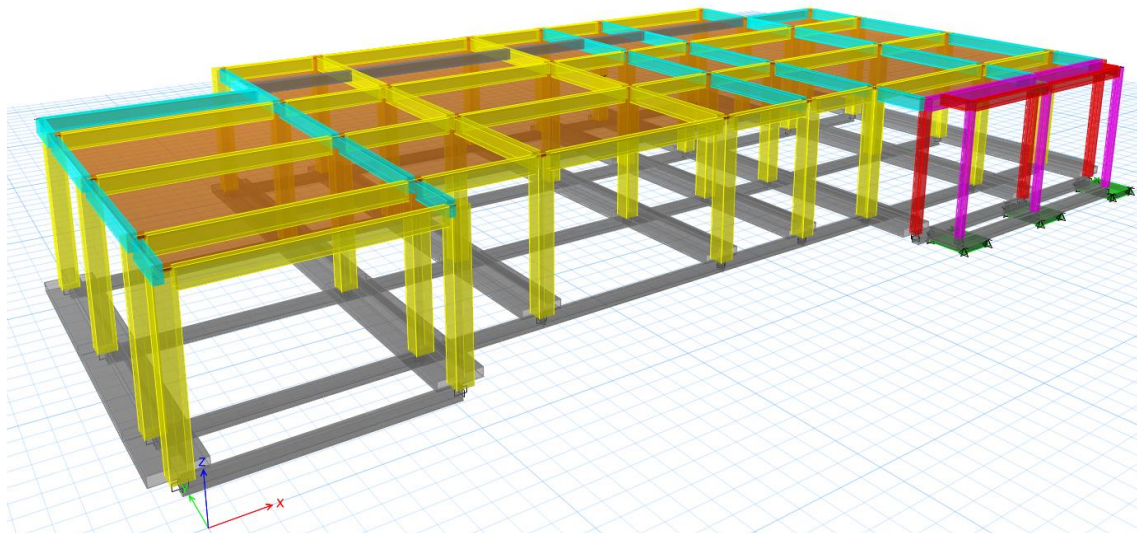
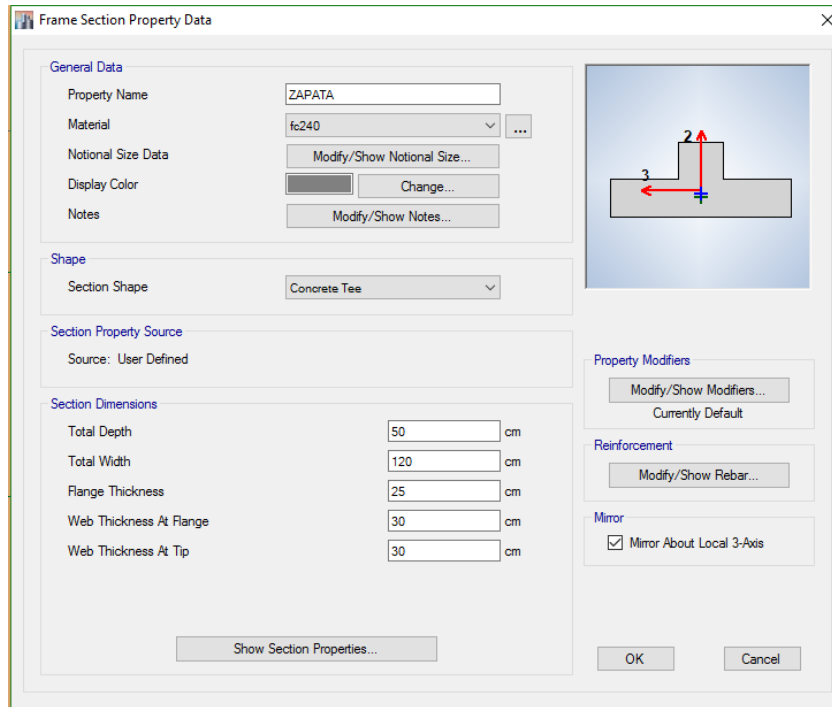


Figura 3.18 Armado de vigas tipo.

3.4.3 Diseño de cimentación





Módulo de Reacción del Suelo Datos para SAFE

Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Chequeo de Cimentación

Qc max=11.53 Ton/m² <26.32 Ton/m²

CIMENTACION OK

4 Seguridad de Daño Estructural

Dentro del margen de seguridad esperado para la presente estructura debemos tener en cuenta que muchas veces el daño estructural no se lo puede apreciar ya que no se lo puede observar directamente ya que estos elementos muchas veces son inaccesibles debido a los acabados arquitectónicos.

Para este el presente diseño la estructura pueda disipar energía de daños pequeños, moderados, y extensos, dentro del tipo de daño que se presentan a continuación.

Daño estructural pequeño: Pequeñas fisuras en las esquinas de las puertas, ventanas e intersecciones de los tumbados.

Daño estructural moderado: Grandes fisuras en las esquinas de las puertas y ventanas, pequeñas fisuras diagonales en los paneles de paredes de corte, grandes fisuras en los ladrillos de las chimeneas.

Daño estructural extenso: Grandes fisuras diagonales en los paneles de paredes de corte, permanente movimiento lateral de pisos y tumbados, grietas en los cimientos, colapsos parciales.

Daño estructural completo: La estructura puede tener un desplazamiento lateral permanente, peligro inmediato de colapso debido a fallas del sistema de resistencia para cargas laterales.

5 Conclusiones y Recomendaciones

1. El modelo estructural elegido fue capaz de reproducir el comportamiento estructural dominante, ya que se simula la estructura en forma tridimensional mediante un análisis estático lineal.
2. Los diseños ejecutados cumplen con todos los parámetros y verificaciones exigidos en los códigos actuales de diseño y construcción, su buen uso e interpretación culminarán en la ejecución de una funcional obra civil.
3. La estructura es segura desde el punto de vista estructural.

6 Objetivos Cumplidos del Diseño

El objetivo que se logra es que la estructura y cada una de sus partes:

- Resista sismos menores sin ningún daño estructural y no estructural.
- Resista sismos moderados sin ningún daño estructural y admitiéndose algunos daños menores no estructurales.
- Resista sismos fuertes sin colapsos, admitiéndose algún daño estructural, reparable.

La estructura diseñada con la ayuda del programa ETABS, durante el proceso constructivo será capaz de resistir sismos de intensidad, tal que la probabilidad de excedencia, en ese período, no exceda el valor de dicha probabilidad durante la vida útil de la estructura terminada.

7 Compromiso

Yo, Daniel Francisco Felix Astudillo, con C.C. # 092191771-2 y registro profesional de la SENESCYT # 1021-15-1380641, certifico que el diseño estructural presentado está basado en los criterios sismo resistentes en caso de un evento sísmico; por ende, alcanzará los objetivos de desempeño estructural adecuados a las normativas vigentes como NEC 15, ACI 318-14, AISC 360-10 y sus derivaciones. Con estos criterios realizados en el análisis estructural garantizo la estabilidad de la edificación en su totalidad, dando por conclusión que en caso de un evento telúrico o de la naturaleza la edificación no colapsará.

Daniel Francisco Félix Astudillo
Ingeniero Civil - Diseñador Estructural
N° Registro Senescyt 1021-15-1380641