

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**DISEÑO SISMORESISTENTE DEL EDIFICIO DE VIVIENDAS EN
HORMIGÓN ARMADO**

AUTORA:

DIANA EMPERATRIZ FREIRE MEDINA

TUTOR:

CARLOS ALBERTO ROMERO ROMERO

Quito, marzo del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Diana Emperatriz Freire Medina, con documento de identificación N° 1721044467, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: Diseño sismoresistente del edificio de viviendas en hormigón armado, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Diana Emperatriz Freire Medina

1721044467

Quito, marzo del 2018

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Diseño sismoresistente del edificio de viviendas en hormigón armado realizado por Diana Emperatriz Freire Medina, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2018



.....
Carlos Alberto Romero Romero

175806118-6

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado para toda mi familia, especialmente para mi madre y padre que supieron apoyarme durante todo el ciclo de estudiante, pues sin ellos no hubiese podido alcanzar esta meta.

Mis hermanos que con sus palabras de aliento me daban ánimo para culminar con este propósito.

AGRADECIMIENTO

Un eterno e infinito agradecimiento a mi familia entera que día a día estuvieron pendiente de todo mi proceso formativo académico.

A mi Tutor, que con su vasta experiencia y conocimiento me supo guiar para alcanzar este logro tan esperado.

A tan prestigiosa Institución, Universidad Politécnica Salesiana, pues en ella adquirí los conocimientos que me han permitido forjar mi camino hacia el éxito, además es el lugar donde encontré buenos maestros, compañeros y en especial el amor de mi vida, Luis Navarrete, que en su momento fue un pilar muy importante durante mi vida estudiantil.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
GENERALIDADES DEL PROYECTO	2
1.1. Nombre del proyecto.....	2
1.2. Localización y ubicación.....	2
1.3. Coordenadas geográficas del terreno	3
1.4. Plazo de ejecución.....	4
1.5. Costo del proyecto.....	4
CAPÍTULO 2	5
DIAGNÓSTICO	5
2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.....	5
2.1.1. Aspectos geopolíticos y límites.....	5
2.1.2. Población.....	6
2.1.3. Educación.....	7
2.1.4. Salud.....	8
2.1.5. Vivienda y servicios básicos	9
2.1.6. Vialidad y accesos.....	10
2.1.7. Aspectos socioeconómicos.....	10
2.1.8. Ocupación y uso del suelo.....	12
2.1.9. Ambiente	12
CAPÍTULO 3	14
OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO	14
3.1. Objetivo general y objetivos específicos.....	14
3.1.1. Objetivo general	14
3.1.2. Objetivos específicos	14
ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE	14
3.2. Estudio topográfico.	14
3.3. Estudio geológico y geotécnico	15
3.3.1. Estratigrafía	15
3.3.2. Riesgo sísmico	15
3.4. Exploración geotécnica	16
3.5. Estudio arquitectónico.....	16
3.6. Normas, códigos y ordenanzas.....	18

CAPÍTULO 4.....	20
Planteamiento y análisis de alternativa	20
4.1. Generalidades de la estructura	20
4.1.1. Características del hormigón armado.....	21
4.1.2. Cargas.....	21
4.1.2.1. Cargas muertas según NEC 2014	21
4.1.2.2. Carga viva	22
4.2. Pre diseño de secciones	23
4.2.1. Pre dimensionamiento de losa.....	23
4.2.2. Pre diseño de vigas por carga de gravedad	26
4.2.3. Pre diseño de columnas	26
4.3. Carga sísmica	28
4.3.1. Límites de periodo de vibración.....	29
4.3.2. Cálculo del cortante basal	30
4.3.2.1. Factor de reducción de resistencia sísmica	32
4.3.3. Definición de análisis modal espectral.....	33
4.3.4. Resumen de cargas	34
4.3.5. Combinaciones de carga	35
4.4. Introducción al ETABS.....	35
4.4.1. Crear archivo y guardar modelo.....	36
4.4.2. Definir la grilla.....	38
4.4.3. Definir los materiales	42
4.4.4. Definir las secciones	44
4.4.5. Dibujo de la estructura	50
4.4.6. Definición de los estados de carga	56
4.4.7. Definición de estados de carga para fuerzas sísmicas.....	57
4.4.8. Definición de análisis modal espectral.....	58
4.4.9. Combinaciones de cargas	62
4.4.10. Procedimiento para asignar cargas.....	66
4.4.11. Análisis del modelo con ETABS	70
4.5. Análisis e interpretación de resultados.....	70
4.5.1. Periodo	70
4.5.2. Comparación de derivas en modelos.....	73
4.5.3. Chequeo viga débil - columna fuerte	76
4.5.4. Deflexiones en vigas internas y volados.....	81
4.6. Diseño de muros - diafragmas.....	82
4.6.1. Armado de diafragmas	84
4.6.2. Cálculo de armadura por corte	84
4.7. Diseño de muro de sótano.....	85
4.7.1. Cálculo presión producido por suelo, reacciones y momentos	85
4.7.2. Diseño de pantalla.....	86
4.8. Diseño de losa cimentación.....	87

4.9. Análisis económico y financiero	89
4.9.1. Estimación de volúmenes de obra.....	89
4.9.2. Análisis de precios unitarios. (APU).....	89
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	93
Referencias.....	94
ANEXOS	98
ANEXO 1. Planos arquitectónicos.....	98
ANEXO 2. Planos estructurales.....	99
ANEXO 3. Cálculo de volúmenes de obra	100
ANEXO 4. Análisis de precios unitarios y presupuesto	101
ANEXO 5. Estudio de suelos.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de implantación del proyecto	3
Tabla 2. Población de la Parroquia Quitumbe en el último censo	6
Tabla 3. Población de la Parroquia Quitumbe	6
Tabla 4. Población por géneros	7
Tabla 5. Índices de educación de las parroquias de la Administración Zonal Quitumbe.....	8
Tabla 6. Centros de salud de la Parroquia Quitumbe.....	8
Tabla 7. Características de vivienda por parroquias	9
Tabla 8. Servicios básicos y cobertura en la parroquia Quitumbe.....	9
Tabla 9. Población distribuida por sectores económicos	11
Tabla 10. Carga viva. Sobrecargas mínimas	22
Tabla 11. Altura equivalente de losa.....	24
Tabla 12. Inercia de losa alivianada	25
Tabla 13. Inercia de losa maciza	25
Tabla 14. Resumen pre diseño de columnas	27
Tabla 15. Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.....	28
Tabla 16. Fd: Desplazamiento para diseño en roca.....	28
Tabla 17. Fs: Comportamiento no lineal de los suelos	28
Tabla 18. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	29
Tabla 19. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I	30
Tabla 20. Cuadro de cargas por nivel	34
Tabla 21. Combinaciones básicas para el diseño	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Parroquia Quitumbe.....	2
Figura 2. Ubicación del terreno.....	3
Figura 3. Uso y ocupación de suelo de la Parroquia Quitumbe.....	12
Figura 4. Estratigrafía de Parroquia Quitumbe.....	15
Figura 5. Zonificación sísmica y factor de zona Z.....	16
Figura 6. Distribución arquitectónica de la planta baja N+0.00 (local comercial)	17
Figura 7. Distribución arquitectónica de las plantas N+3.24, N+6.48, N+9.72, N+12.96, N+16.20, N+19.44 (viviendas)	18
Figura 8. Vista tridimensional de la estructura	20
Figura 9. Esquema de losa alivianada y losa maciza	24
Figura 10. Propiedades de la losa.....	25
Figura 11. Altura mínima.....	26
Figura 12. Ejemplos de elementos que causan excentricidades e irregularidades.....	31
Figura 13. Coeficientes de irregularidad en elevación.....	31
Figura 14. Peso reactivo.....	32
Figura 15. Coeficiente sísmico.....	33
Figura 16. Periodo – Aceleración espectral	34
Figura 17. Herramientas básicas del ETABS.....	36
Figura 18. Ventana de inicio del programa y unidades.....	37
Figura 19. Inicialización del modelo.....	37
Figura 20. Ventana para definir sistema de grilla	39
Figura 21. Vista en planta y vista en 3D	39
Figura 22. Modificar grilla.....	40
Figura 23. Ventana para modificar la grilla	41
Figura 24. Ventana para editar la información.....	42
Figura 25. Ventana para editar la información piso a piso	43
Figura 26. Modificar material	44
Figura 27. Definición de secciones a utilizar	45
Figura 28. Definición sección rectangular	46
Figura 29. Propiedades de las secciones	46
Figura 30. Propiedades geométricas.	47
Figura 31. Inercias agrietadas.	48
Figura 32. Detalle de refuerzos	48
Figura 33. Definir sección losa	49
Figura 34. Propiedades de losa.....	50
Figura 35. Dibujo de la estructura.....	50
Figura 36. Creación de columnas.....	51
Figura 37. Creación de vigas.....	52
Figura 38. Creación rápida de columnas.....	53
Figura 39. Columnas definidas	54
Figura 40. Elevación de columnas y vigas definidas pórtico B	55

Figura 41. Definición de losa maciza.....	55
Figura 42. Ventana para definir estados de carga	57
Figura 43. Estados de carga por sismo.....	58
Figura 44. Espectro de respuesta inelástico.....	59
Figura 45. Espectro con NEC.....	59
Figura 46. Casos de espectro de respuesta	60
Figura 47. Datos de carga.....	61
Figura 48. Combinación 1.....	62
Figura 49. Combinación 2.....	63
Figura 50. Combinación 3.....	63
Figura 51. Combinación 4 y 5.....	66
Figura 52. Asignación de cargas muertas en losa	67
Figura 53. Carga asignada en losa.....	68
Figura 54. Combinaciones de cargas	69
Figura 55. Cálculo de periodo.....	70
Figura 56. Periodo.....	71
Figura 57. Participación de masas y torsión.	72
Figura 58. Ventana pa visualizar resultados	73
Figura 59. Información en los nudos	74
Figura 60. Derivas máximas	74
Figura 61. Derivas Sx y Sy	75
Figura 62. Visualización de la relación viga débil columna fuerte.....	77
Figura 63. Columna fuerte – Viga débil	78
Figura 64. Nudo fuerte	79
Figura 65. Comprobación nudo fuerte	80
Figura 66. Valor de deflexión.	81
Figura 67. Valor de deflexión máxima.	82
Figura 68. Diseño de muros.	83
Figura 69. Diseño por corte.....	84
Figura 70. Diseño muro sótano	85
Figura 71. Cálculo de presiones del suelo.....	85
Figura 72. Fuerzas y momentos puntuales actuantes sobre la losa de cimentación... 87	
Figura 73. Presión máxima.	88
Figura 74. Distribución de acero de refuerzo.....	89
Figura 75. Cuadro de incidencia	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planos Arquitectónicos	98
Anexo 2. Planos Estructurales	99
Anexo 3. Cantidades de Obra	100
Anexo 4. Análisis de Precios Unitarios y Presupuesto	101
Anexo 5. Estudio de suelos	102

RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene como objetivo realizar el diseño sismoresistente del edificio para uso de viviendas en hormigón armado de 6 pisos y dos subsuelos, ubicado en Quitumbe - Distrito Metropolitano de Quito. Como objetivos específicos primeramente se realizó el pre diseño de los componentes estructurales de la edificación (losas, vigas y columnas) por carga de gravedad para determinar el tamaño de las secciones transversales iniciales. Estos resultados fueron ingresados en el programa ETABS para realizar el diseño y cálculo de acuerdo a los criterios establecidos en las Normas NEC-SE-DS-2014 y ACI 318-14. Para esto fue necesario controlar, periodo, torsión, masa participativa, corte basal, derivas inelásticas, chequeo del nudo y control de deflexiones. Los resultados obtenidos muestran que las columnas serán de 50x50cm con cuantía de refuerzo 2.43%, las vigas serán de 35x40 con cuantía de refuerzo menor a la máxima permitida 0.025, la losa será de 25 cm de espesor con refuerzo de $\Phi 14$ tanto en acero positivo como negativo. Los diafragmas serán de 25cm de espesor reforzados con acero $\Phi 18$ y 12 mm. Los muros sótanos serán de 35 cm de espesor reforzados con varillas de $\Phi 20$ mm y $\Phi 14$ mm como acero longitudinal y horizontal. Mientras que la infraestructura estará conformada por una losa de cimentación de espesor 1.20 reforzadas con varillas de $\Phi 25$ mm a cada 20cm en ambos sentidos. En relación a la lista de materiales se requieren de 1669.88 m³ de concreto y 195784.81 kilogramos de acero para la construcción de la edificación. Por último, el presupuesto estimado de la obra corresponde a \$ 1'066.103,45, es decir \$ 403.77/m² de construcción.

ABSTRACT

The objective of this technical project is to carry out the seismo-resistant design of the building for the use of reinforced concrete houses with six floors and two subfloors, located in Quitumbe - Metropolitan District of Quito. As to specific objectives, the pre-design of the structural components of the building (slabs, beams and columns) was carried out by gravity load to determine the size of the initial cross sections. These results were entered into the ETABS program to perform the design and calculation according to the criteria established in the NEC-SE-DS-2014 y ACI 318-14 Standards. For this it was necessary to control the period, torsion, participatory mass, basal cut, inelastic drifts, as well as to check the knot and control of deflections. The results obtained show that the columns will be 50x50cm with a reinforcement amount between 2.43%, the beams will be 35x40cm with a reinforcement amount less than the maximum allowed 0.025, and the slab will be 25cm thick with a reinforcement of $\Phi 14$ in positive steel as negative. The diaphragms will be 25cm thick reinforced with steel $\Phi 18$ and 12 mm. The basement walls will be 35 cm thick reinforced with 20 and 14 rods as longitudinal and horizontal steel. Whereas the infrastructure will be made up of 1.20 thick reinforced slabs with rods of $\Phi 25$ mm to each 20cm in both direction. In relation to the list of materials, 1669.878 m³ of concrete and 195784.81 kilograms of steel are required for the construction of the building. Finally, the estimated budget of the work corresponds to \$ 1'066.103,45 that is, \$ 403.77/ m² of construction.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto técnico intitulado de titulación está orientado al análisis y diseño sismoresistente de un edificio en hormigón armado.

La edificación estará destinada al uso de viviendas localizada en la parroquia Quitumbe, el terreno sobre el cual se encuentra la misma es arcilla limo – arenosa (CL–ML), con capacidad portante admisible de 29.28 T/m^2 . Sin embargo, el estudio de suelos fue realizado a una profundidad de seis (06) metros y las cimentaciones serán construidas a una profundidad de desplante de 8.08 metros, razón por la cual se utilizará una capacidad portante del suelo del de 17 T/m^2 para considerar un factor de seguridad.

Posteriormente, se procedió al diseño de todos los elementos estructurales (losas armadas en dos direcciones, vigas, columnas, escaleras, diafragmas, muros y cimentaciones,) según los requisitos establecidos en la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 2014, el código ACI 318 -14

Para el análisis y diseño sísmico de la superestructura se utilizará el software ETABS, para cimentaciones STAAD PRO v8i; para la elaboración de los planos tanto arquitectónicos como estructurales AutoCAD, la verificación manual de los datos obtenidos se lo hará por medio de hojas electrónicas Microsoft Excel, para la elaboración del análisis de precios unitarios y presupuesto Proexcel.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Nombre del proyecto

Diseño sísmoresistente del edificio de viviendas en hormigón armado “KATARI KAYPACHA”.

1.2. Localización y ubicación

El proyecto se encuentra localizado en la provincia de Pichincha, al sur de la ciudad de Quito, parroquia Quitumbe entre las calles Quitumbe Ñan y calle Oe2B.

Mapa de Quitumbe



Figura 1. Ubicación de la Parroquia Quitumbe

Fuente: (Google Maps, 2016).

1.3. Coordenadas geográficas del terreno

El proyecto se encuentra enmarcado dentro de las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas de implantación del proyecto

Coordenadas: UTM WGS-84		
Punto	Norte	Este
1	9967001	494574
2	9966985	494630
3	9966924	494621
4	9966933	494564
Coordenadas: GEOGRÁFICAS		
Punto	Longitud	Latitud
1	75°2'55.55''O	0°17'54.79'' S
2	75°2'53.73''O	0°17'53.31'' S
3	75°2'54.03''O	0°17'57.30'' S
4	75°2'55.87''O	0°17'57.00'' S

Fuente. Diana Freire

Mapa con la ubicación del terreno



Figura 2. Ubicación del terreno

Fuente: (Google, 2014).

1.4. Plazo de ejecución

El tiempo para la ejecución del proyecto será de once (11) meses, tiempo que está referido a la culminación del presente proyecto técnico, más no a la construcción del mismo, en este periodo de tiempo se recopilará toda la información y se realizará el diseño de la estructura.

1.5. Costo del proyecto

El costo total del proyecto en etapa de obra gris es de \$ 1'066.103,45 dólares americanos.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO

En este capítulo se reunirá la información y datos necesarios del punto de estudio correspondientes a los sectores de población, educación, vivienda, empleo, servicios básicos, salud y de esta manera conocer las condiciones de vida de los habitantes de la parroquia Quitumbe y sus alrededores

Historia

Hasta los años 70, Quitumbe era una zona agrícola con grandes haciendas (entre ellas la Hacienda Ibarra). Desde ese momento comienza un proceso de lotización, en el que se parten los terrenos y se produce un crecimiento desordenado. Con el apareamiento de lotes, se crearon cientos de barrios irregulares, que hasta el momento continúan así, sin servicios básicos. Quitumbe es, para muchos, el nuevo polo de desarrollo, tanto residencial como industrial. Así lo ven las autoridades, los moradores del sector y quienes lo visitan. En los últimos 10 años ha tenido una expansión acelerada. El antes llamado ‘granero de Quito’, se ha convertido en un territorio amigable para las inversiones (Diario La Hora, 2011).

2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto

2.1.1. Aspectos geopolíticos y límites

Quitumbe se extiende desde la av. Morán Valverde hasta el límite con el cantón Mejía. En total esta administración zonal tiene 8863.10 hectáreas, 320 barrios y 291.439 personas, según la proyección municipal. La parroquia Quitumbe comprende 28 barrios. La zona central, que comprende los alrededores del Terminal Terrestre, el centro comercial Quicentro Sur, la Plaza Quitumbe y la Plataforma Gubernamental, el área de mayor dinamismo. (Benavides, 2013).

Los límites de la parroquia de Quitumbe son: al Norte con las parroquias de Solanda y La Argelia, al Sur Guamaní, Turubamba, al Este La Ecuatoriana, Chillogallo y al Oeste el Valle de los Chillos.

2.1.2. Población

En la siguiente tabla se puede observar la población de la parroquia Quitumbe según el censo del 2010 realizado por el INEC.

Tabla 2. Población de la Parroquia Quitumbe en el último censo

Quitumbe	Población según censo
	2010
	79075

Nota. Población de la parroquia Quitumbe. Fuente: (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2010).

Tabla 3. Población de la Parroquia Quitumbe

Descripción		Total Zona Quitumbe	Parroquia
			Quitumbe
Superficie Total Ha.		8863.1	1380.8
Superficie Urbana Ha.		5361	1272.6
Población	2010	319.056	79.075
	2001	190.385	39.262
Viviendas	2010	100.693	25.668
	2001	54.594	11.789
Hogares	2010	84.24	20.95
	2001	47.229	9.909
Tasa de Crecimiento Demográfico %		2010-2001	8.1
		2001-1990	13.5
Incremento %		2010	101.4
		2001	303.8
* Densidad (Hab./Ha.) 2010		Global	57.3
		Urbana	62.1
Distribución Proporcional de la población %	2010	14.2	3.5
	2001	10.3	2.1

Nota. Población Quitumbe. Fuente: (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2010).

Tabla 4. Población por géneros

Población parroquia Quitumbe 2010 por géneros	Grupos de Edad	Hombres	Total Hombres	39.158
			Menos de 5 años	4.113
			Niños (5-11)	5.833
			Adolescentes (12-18)	5.577
			Jóvenes (19-35)	12.655
			Adultos (36-64)	9.942
		Tercera edad (65 y más)	1.038	
		Mujeres	Total Mujeres	39.917
			Menos de 5 años	3.833
			Niños (5-11)	5.611
			Adolescentes (12-18)	5.292
			Jóvenes (19-35)	13.4
	Adultos (36-64)		10.534	
	Tercera edad (65 y más)	1.247		
	Etnia	Indígenas	Total	3.998
			Hombres	2.084
			Mujeres	1.914
		Afro ecuatorianos - Negros	Total	2.48
			Hombres	1.256
			Mujeres	1.224
Discapacitados	Total	5.293		
	Hombres	2.879		
	Mujeres	2.414		
Madres solteras	Total General	1.858		
	Indígenas	47		
	Afro ecuatoriana - Negra	64		

Nota. Población Quitumbe. Fuente: (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2010).

2.1.3. Educación

La oferta educativa es amplia y se destaca la Unidad Educativa Municipal Quitumbe y la Escuela Bucheli en cuanto a educación básica, y en la superior, la Universidad Politécnica Salesiana. Además, cuenta con Unidades Educativas del Milenio y el Colegio Réplica Mejía.

También se puede destacar, Centro Educativo Abdón Calderón, Academia Naval Almirante Howard, Colegio Nacional Mixto Jorge Mantilla Ortega, Escuela - Colegio

Juan Pablo II Fe y Alegría, Colegio Dr. Ricardo Cornejo Rosales, Colegio Nueva Primavera, Unidad Educativa González Zumárraga, Unidad Educativa Aristóteles.

Tabla 5. Índices de educación de las parroquias de la Administración Zonal Quitumbe

Descripción		Parroquias				
		Guamaní	Turubamba	La Ecuatoriana	Quitumbe	Chillogallo
Tasa de Analfabetismo (población de 10 años y +)	Hombres	5.8	3.5	3.5	5.2	4.3
	Mujeres	10.2	7.4	6.5	7.8	6.8
	Total	8.1	5.5	5	6.5	5.6
Nivel de Instrucción	Ninguna	1,972	1,118	1,335	1,337	1,392
	Primaria	15,211	10,834	13,788	13,874	14,645
	Secundaria	13,371	10,441	16,181	14,334	16,280
	Superior	1,787	1,849	2,436	2,988	3,341
	Postgrado	19	18	33	29	20

Nota. Niveles de Educación parroquia Quitumbe. Fuente: (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2010).

2.1.4. Salud

Un referente importante es el Hospital del Padre Carollo conocido también como “Un Canto a la Vida”, el mismo que abrió su atención al público en el año 2008 siendo de carácter privado, además cuenta con el Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi-

Tabla 6. Centros de salud de la Parroquia Quitumbe

Centros de Salud y Especialidades	
Centro	Servicios
SubCentro Asistencia Social	Odontología
SubCentro El Blanqueado	Medicina no tradicional, Odontología
Sub Centro Pueblo Unido	Medicina no tradicional, Odontología
SubCentro San Martín de Porres	Medicina no tradicional. Odontología y Laboratorio

Nota. Centros de Salud Parroquia Quitumbe. Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2008).

2.1.5. Vivienda y servicios básicos

Tabla 7. Características de vivienda por parroquias

Parroquias	Condición de ocupación y ocupantes				
	Total viviendas	Ocupadas			En construcción
		Total	Con personas presentes		
			Viviendas	Ocupantes	
Administración zonal Quitumbe	100.884	87.627	83.65	319.905	4.736
Guamaní	21.564	18.632	17.786	68.583	1.208
Turubamba	17.607	14.653	13.949	53.892	1.016
La Ecuatoriana	18.415	16.381	15.743	60.152	763
Quitumbe	25.681	21.994	20.781	79.015	1.26
Chillogallo	17.617	15.967	15.391	58.263	489

Nota. Vivienda de Parroquia de Quitumbe. Fuente: (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2010).

Tabla 8. Servicios básicos y cobertura en la parroquia Quitumbe

Descripción	Parroquia	
	Total zona Quitumbe	Quitumbe
Agua Potable - Red Publica	96.3	99
Agua Potable - Tubería dentro de la vivienda	86.2	90.1
Alcantarillado - Red Pública	94.2	96.6
Eliminación Basura - Carro recolector	98	99
Disponibilidad de Energía Eléctrica	99.1	99.6
Servicio Higiénico - Uso exclusivo	89.2	92.2
Servicio Ducha - Uso exclusivo	78.3	85
Combustible para Cocinar - Gas	98.6	98.9
Disponibilidad de Servicio Telefónico	50	55.5
Vía adoquinada. pavimentada o de hormigón rígido	68.8	71.5

Nota. Servicios Básicos. Fuente: (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2010).

En cuanto a servicios básicos como agua potable, alcantarillado, recolección de basura y energía eléctrica la parroquia Quitumbe cuenta con altos porcentajes de cobertura como se puede observar en la tabla anterior muy cercanos al 100%, con lo que la población goza de confort y buen vivir.

2.1.6. Vialidad y accesos

La Terminal Terrestre Quitumbe es la principal estación de autobuses de transporte interprovincial en la ciudad de Quito y, conjuntamente con la de Guayaquil, son las de mayor tráfico de pasajeros en el Ecuador, se ubica entre la av. Mariscal Sucre y Córdor Ñan y la bordean las quebradas Ortega y El Carmen, catalogadas como áreas protegidas. La terminal fue fundada en 2008, ubicada al sur de la ciudad, cercana a centros comerciales, barrios y otros servicios, tiene un patio de comidas y locales comerciales, información turística, y algunas agencias bancarias. Es además una estación multimodal del Sistema Integrado de Transporte Metropolitano de Quito (SITM-Q), con conexiones hacia el Metro (a futuro) y los corredores Trolebús, Sur Oriental y Sur Occidental, mediante los cuales se puede acceder a casi cualquier punto de la ciudad (Wikipedia, 2015).

2.1.7. Aspectos socioeconómicos

El Sur de Quito con el pasar de los años cuenta con más servicios y alternativas que ofrecer a los habitantes propios de la localidad o extraños. El parque Las Cuadras posee con 24 hectáreas. así mismo la Plaza Quitumbe con 4 hectáreas. las mismas que acogen a gran cantidad de personas los fines de semana, por la variedad de espectáculos artísticos, ciclo paseo, espacios para cantantes contratados por el Municipio o independientes así mismo como teatro callejero.

La parroquia cuenta con el centro comercial Quicentro del Sur, Mercado y Parque de las Cuadras, Comerciales del Ahorro Ipiles del Sur, Cuerpo de Bomberos, Hospital Padre Carollo, Universidad Politécnica Salesiana, Boulevard Quitumbe Ñan, Confiteca, Coca Cola, fábrica Edesa, bares y discotecas, supermercado Santa María, servicio de hoteles, administración zonal, entidades bancarias y múltiples servicios.

Tabla 9. Población distribuida por sectores económicos

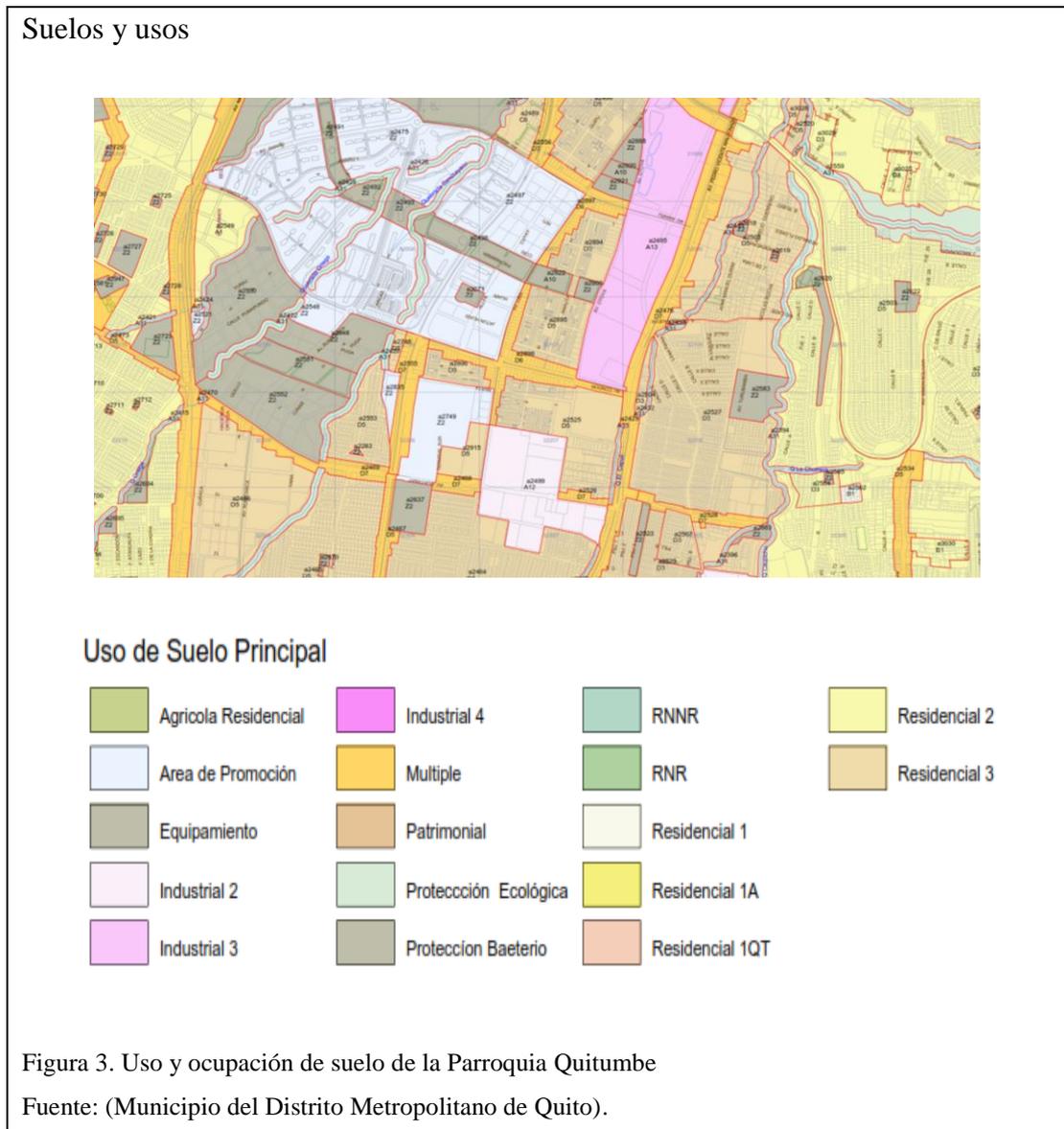
Descripción		Parroquia		
		Total Zona	Quitumbe	
Población Económicamente Activa (PEA)	Total	213.08	51.561	
	Hombre	119.558	28.86	
	Mujer	93.522	22.701	
Población en Edad de Trabajar (PET)	Total	250.831	62.972	
	Hombre	122.402	30.95	
	Mujer	128.429	32.022	
Sectores Económicos *	Primario (Agrícola)	Total	2.959	555
		Hombre	1.798	361
		Mujer	1.161	194
	Secundario (Industrial)	Total	36.079	7.602
		Hombre	27.026	5.575
		Mujer	9.053	2.027
	Terciario (Comercio y Servicios)	Total	90.985	23.246
		Hombre	48.683	12.67
		Mujer	42.302	10.576
	Trabajador Nuevo	Total	6.394	1.557
		Hombre	2.872	689
		Mujer	3.522	868

Nota. Población Parroquia Quitumbe. Fuente: (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2010).

El proceso de poblamiento del sector ha sido creciente en las últimas décadas, especialmente en el sector de Quitumbe, donde se han construido urbanizaciones unifamiliares y multifamiliares; lo cual ha dado paso para que los sectores de comercio y servicios también se desarrollen. La PEA de 12 años y más, se refiere a las personas que están en edad de trabajar. Es un indicador de la oferta de mano de obra en una sociedad.

Los sectores más representativos son el industrial, el comercial y de servicios como se puede observar en la tabla anterior. La parroquia Quitumbe alberga muchas industrias como son las constructoras por el crecimiento de planes multifamiliares, la construcción inicial de El Metro, Envasadora de gas (Agip Gas), la fábrica Plywood, la construcción de la plataforma de Desarrollo Social que incluirá a los ministerios de Desarrollo Urbano y Vivienda (Miduvi), Inclusión Económica y Social (MIES) y Coordinador de Desarrollo Social; el Instituto Nacional del Niño y la Familia, Programa de Protección Social y Consejo Nacional de Salud.

2.1.8. Ocupación y uso del suelo



La superficie total de suelo de la Administración Zonal Quitumbe es de 8863.1 hectáreas, la superficie urbana 5361 hectáreas, correspondiendo a la parroquia Quitumbe 1272.6 hectáreas. Como se observa en la figura el uso principal del suelo es residencial 2 y residencial 3, industrial y protección ecológica (Ortega y El Carmen) en el que se permite comercio y servicio de nivel barrial. En lo que respecta a la parte industrial se tendrá de impacto bajo, mediano y alto.

2.1.9. Ambiente

El clima de la zona del Proyecto, está determinada por la incidencia de factores meteorológicos, la condición climática depende de la ubicación geográfica, la

topografía, el tipo de cobertura (vegetal, acuosa, etc.) y la época del año, teniendo un clima generalmente templado húmedo.

El sur de Quito tiene un clima entre semihúmedo a húmedo. Se caracteriza por tener una temperatura media anual que oscila entre 12 y 13 °C con estaciones secas y lluviosas. La estación lluviosa se distribuye de octubre hasta abril, siendo marzo y abril los meses con la mayor intensidad de lluvias registradas, mientras que la estación seca comienza en julio y termina a mediados de septiembre.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO

3.1. Objetivo general y objetivos específicos

3.1.1. Objetivo general

Diseñar por sismoresistencia el edificio de viviendas en hormigón armado.

3.1.2. Objetivos específicos

- Calcular el tamaño de la sección transversal de los componentes estructurales de la edificación por carga de gravedad (losas, vigas y columnas).
- Diseñar los componentes estructurales de la edificación de acuerdo a los criterios sismoresistentes establecidos en las Normas NEC 2014 y ACI 318 -14.
- Calcular las cantidades de obra para la construcción de la edificación
- Elaborar el análisis de precios unitarios y el presupuesto del proyecto en su obra gris.

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

3.2. Estudio topográfico.

La Topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (en sistema métrico decimal), y para direcciones se emplean unidades de arco. (grados sexagesimales).

El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se llama comúnmente levantamiento (Avendaño, 2014)

3.3. Estudio geológico y geotécnico

Gracias a los estudios de referencia realizados en campo y laboratorio se puede saber la capacidad admisible, así como el tipo de cimentación recomendada y asentamientos permisibles del proyecto, el cual contará de 2 sub suelos y 6 plantas construidas en hormigón armado.

3.3.1. Estratigrafía

La carta geológica del sector de Quitumbe fue proporcionada por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, se puede observar que el material predominante es Cangagua y presencia de depósitos de cenizas provenientes del Pululahua.

Ubicación Parroquia Quitumbe

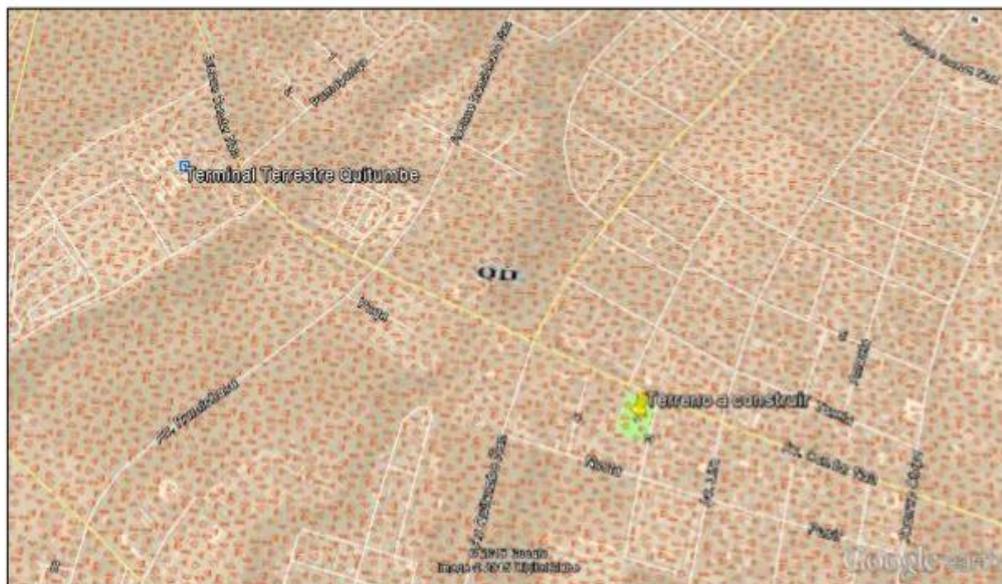


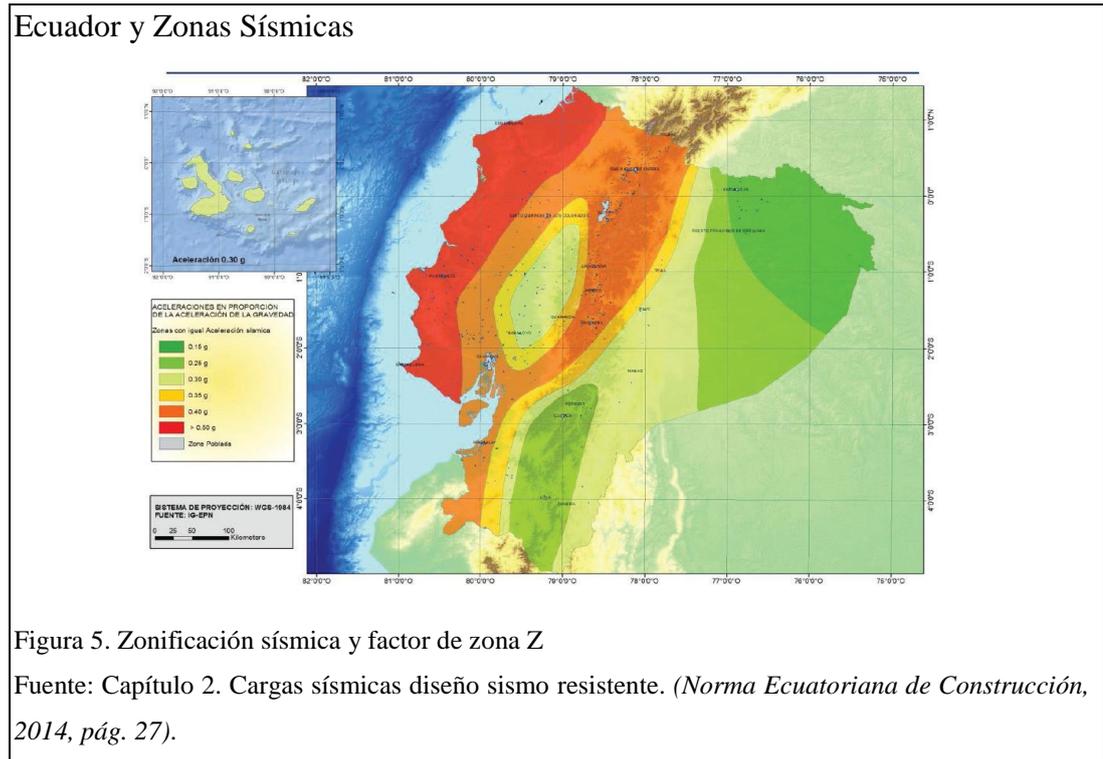
Figura 4. Estratigrafía de Parroquia Quitumbe

Fuente: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2016).

3.3.2. Riesgo sísmico

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, vigente para el diseño sísmo resistente de todo tipo de estructuras que estén sujetas a los efectos de terremotos que podrían presentarse en su vida útil:

El área de estudio en el sector de Quitumbe, al sur de Quito, se encuentra enclavada en una zona de intensidad sísmica de V grado, valor factor $Z = 0.40$, caracterización de la amenaza sísmica alta, según el mapa de zonificación sísmica para diseño, que fue realizado de manera integral para todo el territorio nacional, de acuerdo con las metodologías actuales usadas a nivel mundial y a la disponibilidad de la información a nivel local.



3.4. Exploración geotécnica

Con la finalidad de obtener datos reales de un estudio de suelos, la Universidad Politécnica Salesiana proporcionó los datos de referencia para el proyecto.

En el anexo 5 se encuentra el informe de estudio de suelos.

3.5. Estudio arquitectónico

El Proyecto consta de 6 niveles, con 2 subsuelos, la planta baja N+0.00, las planta tipo desde el N+3.24 hasta el N+19.44

Planos arquitectónicos (Planta Baja N+0.00)

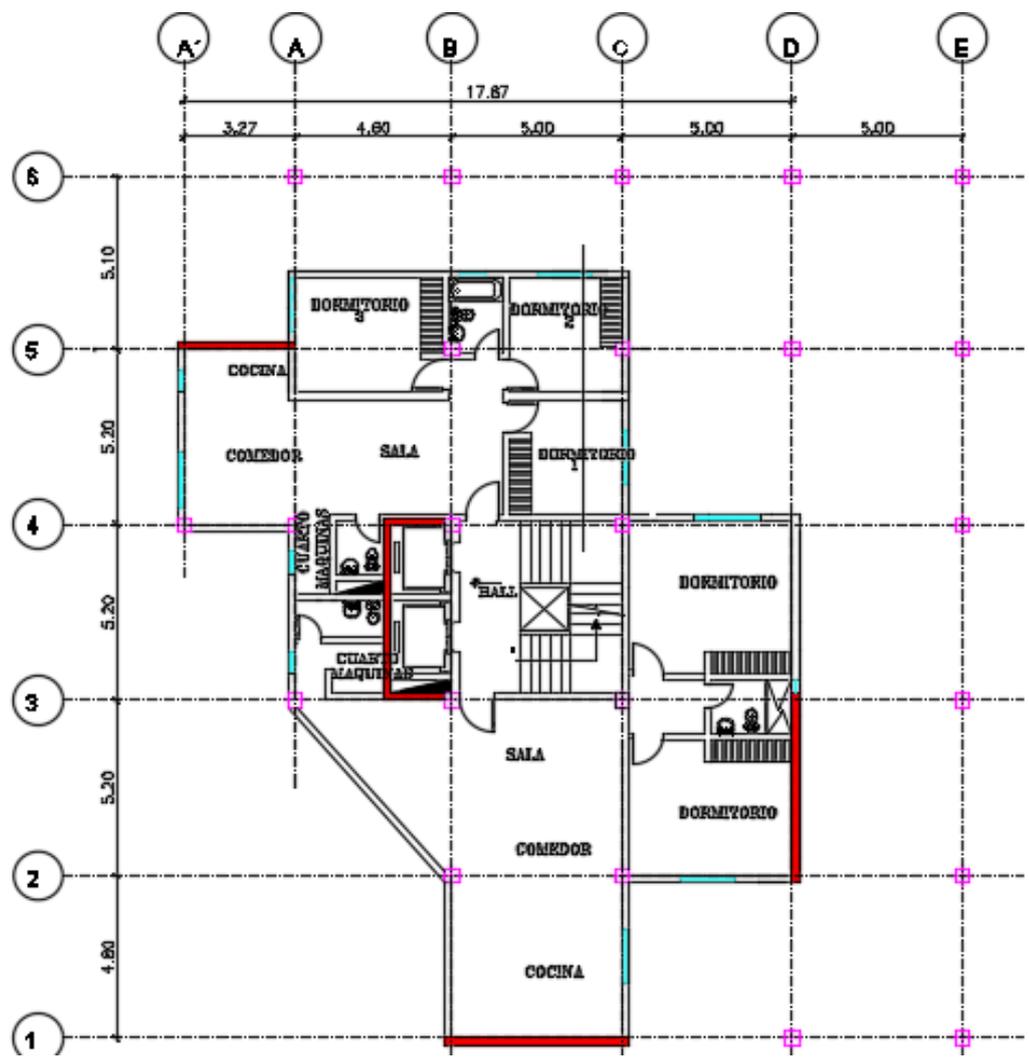


Figura 6. Distribución arquitectónica de la planta baja N+0.00 (local comercial)

Elaborado por: Diana Freire

Planos arquitectónicos (Planta Tipo)

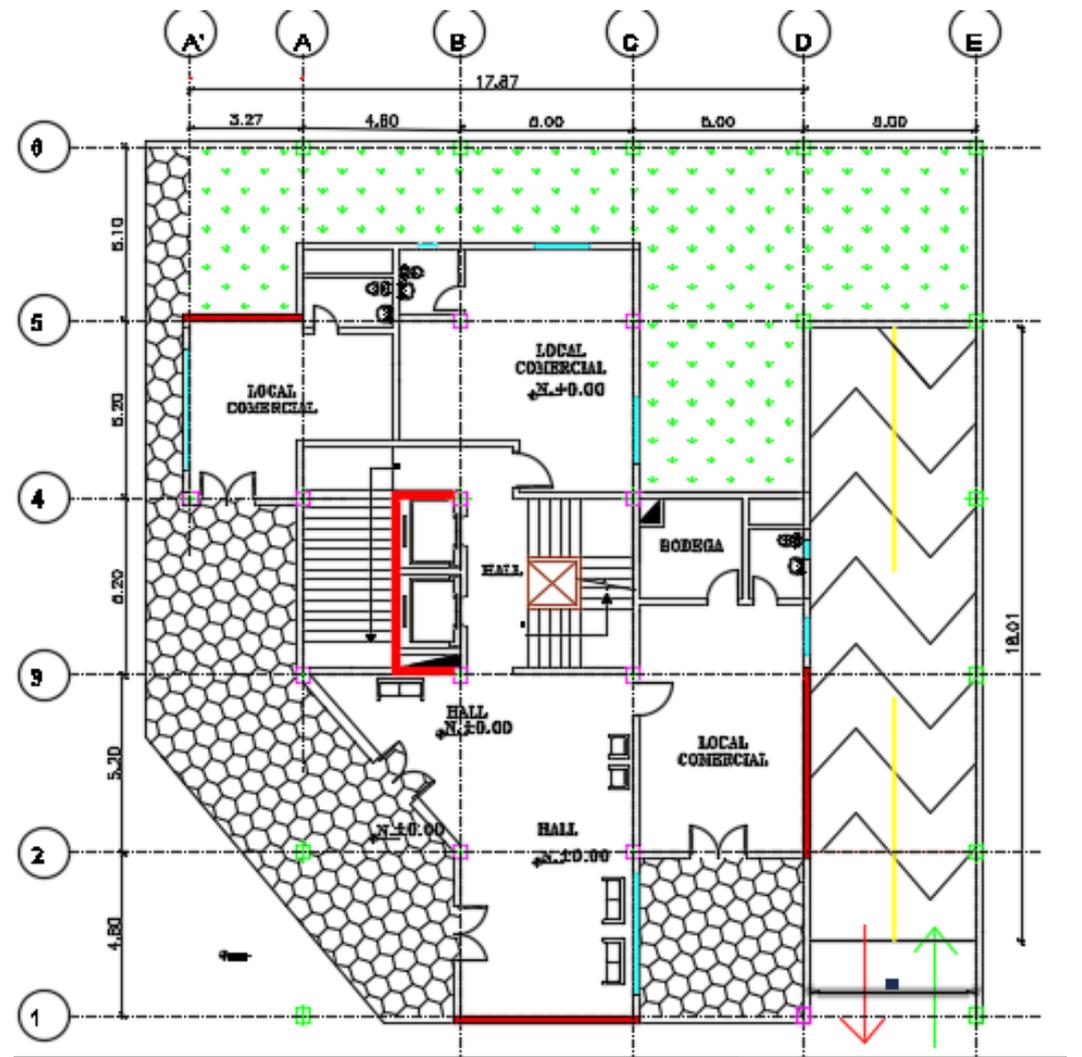


Figura 7. Distribución arquitectónica de las plantas N+3.24, N+6.48, N+9.72, N+12.96, N+16.20, N+19.44 (viviendas)

Elaborado por: Diana Freire

3.6. Normas, códigos y ordenanzas

Las normas que sirven de guía y base de diseño de todos los elementos estructurales del presente proyecto son:

- ACI 318 -14 (Instituto Americano del Concreto.)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción con los respectivos capítulos:

- Capítulo 1. NEC-SE-CG Cargas (No sísmicas).
- Capítulo 2. NEC-SE-DS Peligro Sísmico.
- Capítulo 5. NEC-SE-HM Estructuras de Hormigón Armado.

CAPÍTULO 4

PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVA

4.1. Generalidades de la estructura

La estructura de la edificación estará construida por marcos (columnas y vigas), diafragmas, muros de contención y losas nervadas armadas en dos sentidos. La infraestructura será considerada como losa de cimentación.

Vista 3D de la estructura.

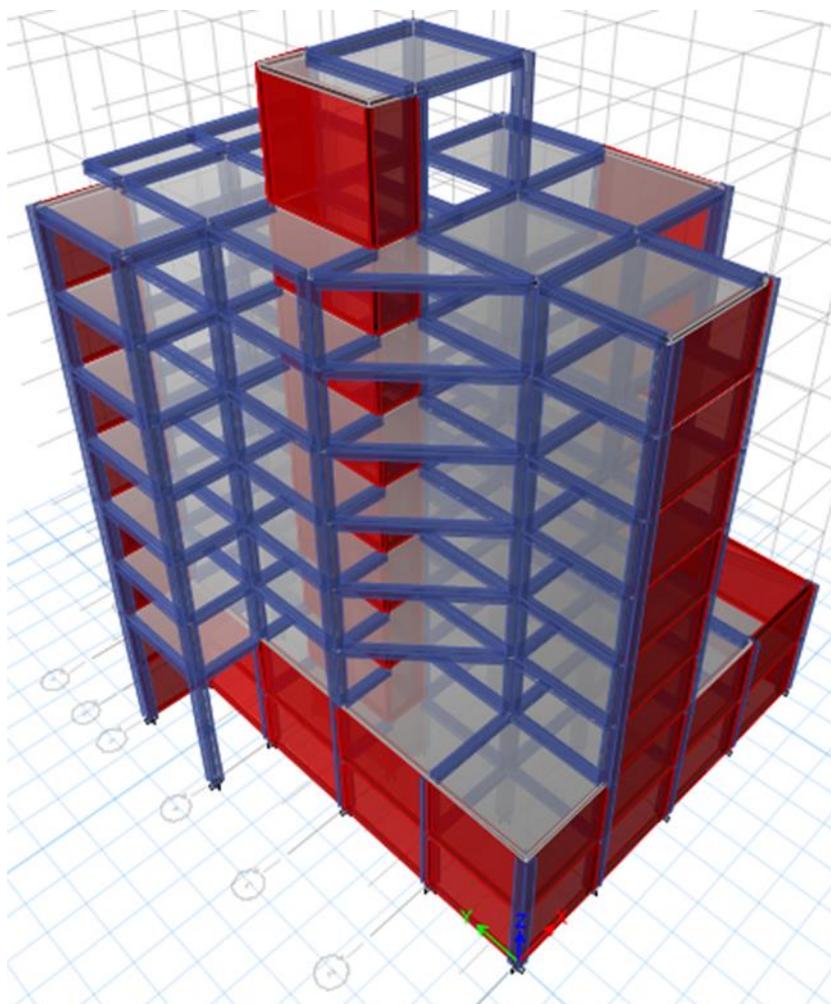


Figura 8. Vista tridimensional de la estructura

Elaborado por: Diana Freire

4.1.1. Características del hormigón armado

La resistencia a compresión del hormigón es la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto tomados a los 28 días, para el diseño de la superestructura se utilizará $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ y para la infraestructura $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$, módulo de Elasticidad, $E_c = 15000 \sqrt{f'c} \text{ Kg/cm}^2$ equivalente a $E_c = 4.7 \sqrt{f'c}$, en MPA la resistencia del concreto, y en GPA el módulo de elasticidad según NEC. El acero de refuerzo que se utilizará será $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, el módulo de elasticidad $E_s = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$.

4.1.2. Cargas

4.1.2.1. Cargas muertas según NEC 2014

Espesor de losa: 0.25 m **Tipo de losa:** Bidireccional

Y hor. armado: 2.40 (T/m³)

Y masillado: 2.20 (T/m³)

B (bloque): 0.40 m

n (nervio): 0.10 m

r (recubrimiento): 0.025 m

h-r (altura bloque): 0.20 m

h (altura losa): 0.25 m

peso del bloque: 0.012T/m²

Peso de nervios: $0.1 \cdot 0.2 \cdot 3.6 \cdot 2.4 \text{ Ton/m}^3$: 0.1728 Ton/m²

Peso de loseta compresión: $0.05 \cdot 2.4 \text{ Ton/m}^3$: 0.12 Ton/m²

Peso de bloque: 8 bloques $\cdot 0.012 \text{ Ton/m}^2$: 0.096 Ton/m²

Peso Propio de Losa Total: 0.388 Ton/m²

Peso del masillado

Espesor: 0.05 m (2,5 cm de enlucido y 2,5 cm de masillado)

Peso de masillado: $0.05 \cdot 2.2 \text{ Ton/m}^2$

Sub total: 0.11 Ton/m²

Peso de recubrimiento piso

Peso de recubrimiento: 0.02*2.2 Ton/m²

Sub total: 0.044 Ton/m²

Peso de la mampostería

Peso: 0.20 Ton/m²

Sub total: 0.20 Ton/m²

|

Carga permanente:

Peso de masillado: 0.11 Ton/m²

Peso de mampostería: 0.20 Ton/m²

Peso de recubrimiento: 0.044 Ton/m²

Total: 0.354 Ton/m²

El valor de la carga muerta de elementos no estructurales que se ingresó en el programa es de 0.36 Ton/m², ya que software ETABS calcula automáticamente las cargas muertas por el peso propio de la losa y elementos estructurales.

4.1.2.2. Carga viva

Tabla 10. Carga viva. Sobrecargas mínimas

Piso	Uso	Nivel	Carga (T/m²)
7	Terraza	24.14	0.10
6	Residencias	19.44	0.10
5	Residencias	16.20	0.20
4	Residencias	12.96	0.20
3	Residencias	9.72	0.20
2	Residencias	6.48	0.20
1	Residencias	3.24	0.20
PB	Local comercial	0.00	0.48
Subsuelo 2	SB2	-3.44	0.20
Subsuelo 1	SB1	-6.88	0.20

Fuente: Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 27).

4.2. Pre diseño de secciones

4.2.1. Pre dimensionamiento de losa

Es necesario pre dimensionar la losa, de acuerdo a la geometría, tomando la expresión simplificada del ACI, tenemos:

$$h_{min} = \frac{L_n * (800 + 0.0712 * f_y)}{36000}$$

Donde h_{min} es la altura mínima de losa considerando una luz libre L_n , medida a partir de la cara de las columnas. Considerando la fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ tenemos el siguiente resultado.

$$h_{min} = \frac{5.20 * (800 + 0.0712 * 4200)}{36000}$$

h_{min} : 15.88 cm

Por lo tanto, asumimos para tener una dimensión estándar de losa, una losa de 20 centímetros.

Luego para dimensionar la loseta de compresión tomamos en cuenta la longitud entre nervios, L_1 , de 50 cm., donde la siguiente ecuación muestra cómo se obtuvo el espesor mínimo de loseta de compresión considerado en el ACI.

$$e = \frac{L_1}{12} = \frac{50}{12} = 4.16 \text{ cm}$$

De igual modo se asume un espesor de loseta de 5 cm. De esta manera el espesor de la losa será de 25 cm

Para el modelado de la estructura tanto en el plano como en tres dimensiones, el programa de cálculo estructural, ETABS, no define secciones de acero para losas ya que se modela para que la losa transfiera las cargas a las vigas, por lo tanto, se propone considerar los siguiente:

Determinar una altura de losa equivalente para que la rigidez correspondiente de la losa intervenga en el análisis estructural y no solo en la distribución de cargas. Se muestra a continuación una tabla con las alturas de losa equivalente según el NEC.

Tabla 11. Altura equivalente de losa

Losa Maciza h (cm.)	Losa Alivianada h (cm)
10.88	15
14.50	20
18.06	25
21.54	30
24.96	35

Fuente: Diana Freire Medina

Para una losa alivianada de 25 cm, se tiene una losa maciza de 18.06 cm, este valor se considerará para elementos área tipo membrana del programa ETABS se introducirá este valor para ser considerada su rigidez a flexión.

Cálculo de losa maciza equivalente de losa alivianada

Datos:

Tipo: losa nervada

ancho nervio: 10 cm

h1: 5 cm

h2: 20 cm

resultado de losa maciza

base: 100 cm

hmac: 18.06 cm

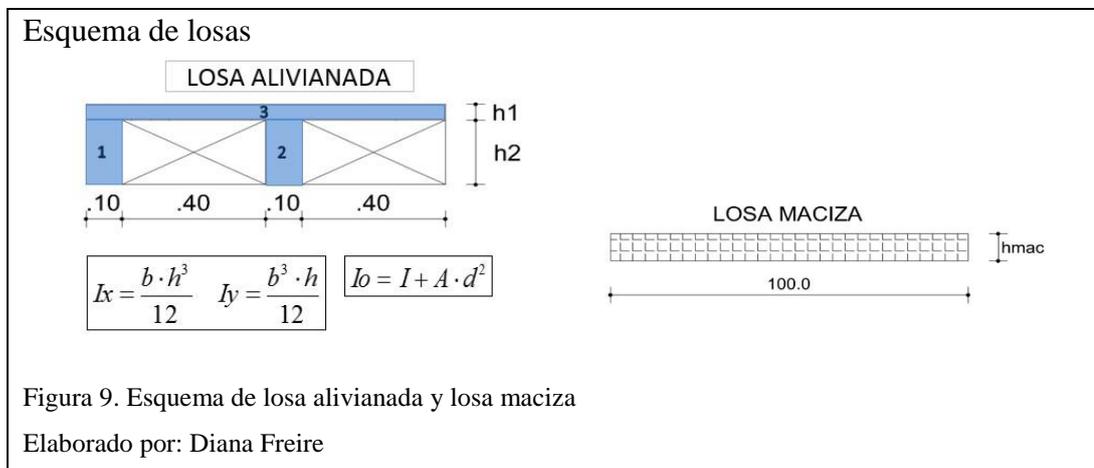


Tabla 12. Inercia de losa alivianada

FIG	b (cm)	h (cm)	Xmed (cm)	Ymed (cm)	A (cm ²)	A*Xmed (cm ³)	A*Ymed (cm ³)	Xcentro (cm)	Ycentro (cm)	Iox (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)	Iox losa (cm ⁴)
1	10.00	20.00	5.00	10.00	200.00	1000.00	2000.00	41.11	16.94	6666.67	26666.67	49097.22
2	10.00	20.00	55.00	10.00	200.00	11000.00	2000.00			6666.67	26666.67	
3	100.00	5.00	50.00	22.50	500.00	25000.00	11250.00			1041.67	254166.67	
			sumas		900.0	37000.0	15250.0				307500.00	

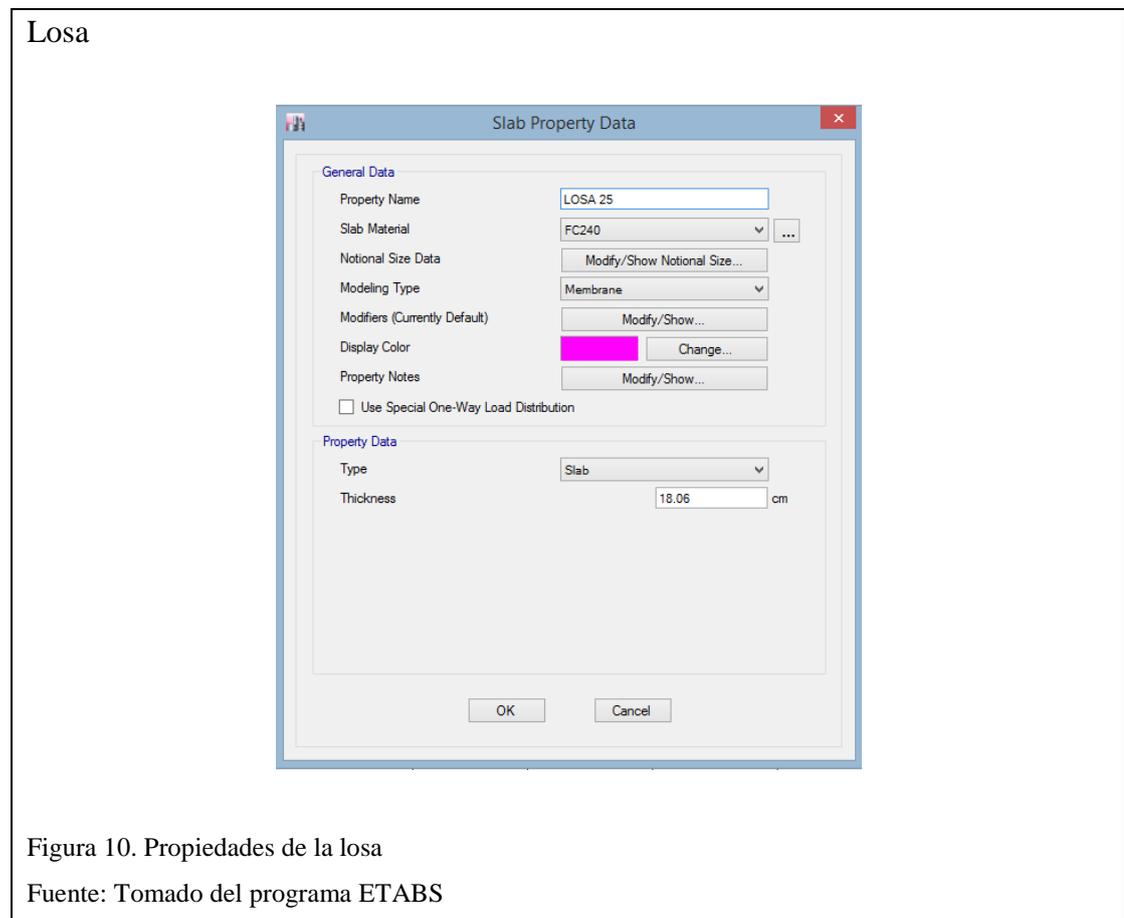
Fuente: Elaborado por Diana Freire M.

Tabla 13. Inercia de losa maciza

FIG	b (cm)	hmac (cm)	Xmed (cm)	Ymed (cm)	A (cm ²)	A*Xmed (cm ³)	A*Ymed (cm ³)	Xcentro (cm)	Ycentro (cm)	Iox maciza (cm ⁴)
Maciza	100.00	18.06	50.00	9.03	1806.12	90305.89	16310.31	50.00	9.03	49097.22

Fuente: Elaborado por Diana Freire M.

Como se indica se usa una losa de espesor equivalente ante la imposibilidad de modelar directamente losas aligeradas o nervadas en el ETABS.



4.2.2. Pre diseño de vigas por carga de gravedad

Para esto se utilizó lo recomendado por el ACI es decir el cálculo de la altura mínima en vigas y losas.

Vigas

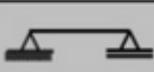
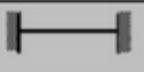
				
Losas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Figura 11. Altura mínima
Fuente: Tomado ACI

Como criterio de la autora se utilizó para determinar la altura de la viga L/16, que es la condición más desfavorable es decir la longitud de la viga más larga $520/16=32.5\text{cm}$, mientras que el ancho de la viga será el 60% de su altura es decir 19.4 cm. Sin embargo, se utilizó como pre diseño una sección de viga de 35x40 cm, para disponer de suficiente ancho para la colocación de la distribución del acero de refuerzo.

4.2.3. Pre diseño de columnas

Materiales

f'c: 240 kg/cm²

f_y: 4200 kg/cm²

Peso específico hormigón: 2.4 t/m³

φ_f= 0.9 sin unidades

φ_v= 0.75 sin unidades

Cargas

L mayor: 5.2 m

L menor: 5 m

A colaborante: 26 m²

Longitud de vigas colaborante: 10.2 m

b viga: 35 cm

h viga: 40cm

Volumen vigas: 1.428 m³

Peso vigas: 3.43 t

Peso repartido: 0.132 t/m²

W D Losa: 0.36 t/m²

W L: 0.20 t/m²

Wu: 0.91 t/m²

n: 9 número de pisos

Pu: 212.98 t

fac. mayoración sismo: 1.3 sin unidades

Pu diseño: 276.876 t

Ag: 2450.23 cm²

Sección de la col: 49 cm

Tabla 14. Resumen pre diseño de columnas

	b	h	Ag	As (con ρ_{min})	ϕ var	A var (cm ²)	Nun var
columnas centrales	50	50	2500	25	14	1.54	16.00

Elaborado: Diana Freire M.

La cantidad de acero de refuerzo y el tamaño de las vigas de la estructura se encontrará detallada en el Anexo 2 (Planos Estructurales).

Las secciones transversales y armado correspondientes a las columnas y cimentación, se detallan en el Anexo 2 (Planos Estructurales).

Los detalles estructurales de los muros sótanos, diafragmas de corte, se detallan en el Anexo 2 (Planos Estructurales).

4.3. Carga sísmica

En el capítulo de la norma NEC-SE-DS parte 1, se encuentran las tablas para el valor de los coeficientes de amplificación del suelo utilizados para el cálculo del cortante basal. A continuación, se detallan tablas que describen dichos valores:

Tabla 15. Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

Fuente: Capítulo 2. Cargas sísmicas sismoresistente. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 31).

Tabla 16. Fd: Desplazamiento para diseño en roca

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Fuente: Capítulo 2. Cargas sísmicas sismoresistente. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 31).

Tabla 17. Fs: Comportamiento no lineal de los suelos

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: Capítulo 2. Cargas sísmicas sismoresistente. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 31).

4.3.1. Límites de periodo de vibración

Los valores de F_a , F_d , F_s dependen del tipo de suelo que nos da el correspondiente estudio el mismo que es un tipo D para el presente proyecto y del factor Z que depende de la zona sísmica adoptada.

Tabla 18. 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	0.3	0.35	0.4	≥ 50
Peligro Sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Capítulo 2. Cargas sísmicas diseño sismo resistente. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 28).

Datos:

Fa: 1.20 **Fd:** 1.19 **Fs:** 1.28

Fórmulas a utilizar:

$$T_c = 0.55 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a} \right) \rightarrow 0.698 \text{ seg}$$

$$T_l = 2.4 * F_d \rightarrow 2.856 \text{ seg}$$

$$T_o = 0.10 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a} \right) \rightarrow 0.127 \text{ seg}$$

Para $0 \leq T \leq T_c$ se usará la siguiente fórmula: $S_a = \eta * Z * F_a$

Sa: Espectro de respuesta elástico de aceleraciones,

η : 2.48 valor de amplificación espectral para la región Sierra.

Z: Factor de zona sísmica

Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

Por lo tanto, como: $0 \leq 0.599 \leq 0.698$

Sa= (2.48) (0.4) (1.20) con valor igual **Sa=** 1.19 (g)

4.3.2. Cálculo del cortante basal

Tabla 19. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coficiente I
Edificaciones Esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud, sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garage para vehículos o aviones que atienden emergencias. Estructuras de centros de telecomunicaciones, estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1

Fuente: Capítulo 2. Cargas sísmicas diseño sismo resistente. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 41).

En el diseño sísmico se recomienda tomar las debidas precauciones con respecto a las configuraciones de los edificios sean estos en planta o en elevación, excentricidades, discontinuidad de elementos verticales, concentraciones de masa en pisos, etc., Ya que esto puede ocasionar problemas en el comportamiento de la edificación, a continuación, se describen los tipos de irregularidades y coeficientes de configuración estructural:

La simetría es una característica valiosa para la configuración de edificaciones resistentes a sismos.

- La rotación de la planta produce momentos torsionantes en columnas alejadas del centro de rigidez y la falla se produce debido a las fuerzas cortantes por torsión.
- Toda planta irregular implica la presencia de efectos torsionantes que deben ser controlados.

Excentricidades e irregularidades

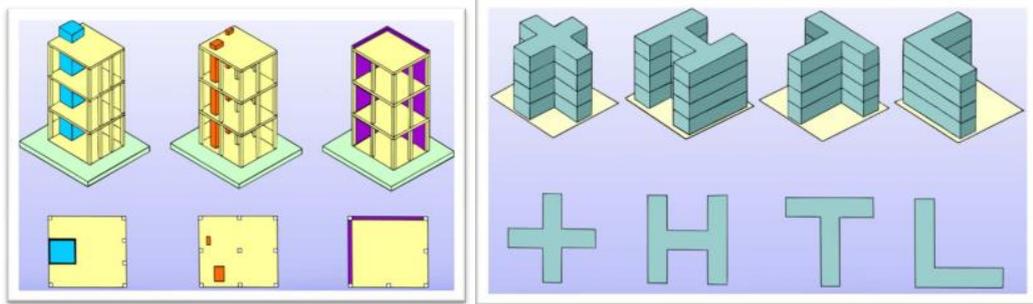


Figura 12. Ejemplos de elementos que causan excentricidades e irregularidades

Fuente: (Macías, 2011, pág. 24)

Irregularidades en elevación

<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_{Ei}=0.9$ Rigidez $K_i < 0.70$ Rigidez K_o $Rigidez < 0.80 \cdot \frac{(K_o + K_e + K_p)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_{Ei}=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_{Ei}=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Figura 13. Coeficientes de irregularidad en elevación

Fuente: Capítulo 2. Cargas sísmicas diseño sismo resistente. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 54).

4.3.2.1. Factor de reducción de resistencia sísmica

El factor R a considerarse en el cálculo del cortante basal aplicado a una estructura de edificación, en cualquiera de las direcciones de cálculo adoptadas, se escogerá de la tabla 13 de la NEC 14. Según el tipo de sistema estructural resistente al efecto sísmico.

Con los parámetros obtenidos se procede a obtener el valor del Coeficiente C el cual será ingresado al ETABS, para posterior calcular el valor del cortante basal.

$$V = \frac{I * Sa}{R * \phi Pi * \phi Ei} * W$$

$$V = C * W$$

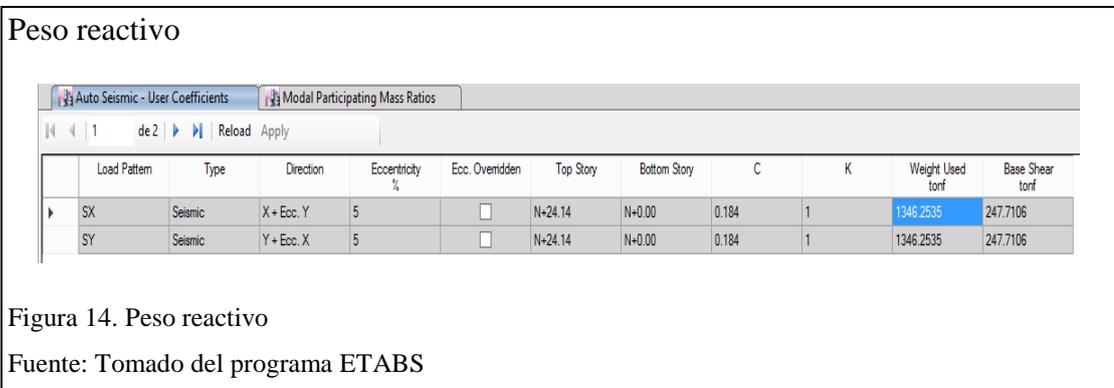
Datos:

I= 1 Importancia de la estructura
 Sa= 1.19 Espectro elástico de diseño en aceleraciones
 ϕPi = 0.9 Irregularidad en Planta
 ϕPe = 0.9 Irregularidad en Elevación
 R= 8 este valor se obtiene del NEC SE-DS

W= 1346.2535 Ton es el peso reactivo, se le llama así porque reacciona a las cargas o ante la acción sísmica.

$$V = \frac{1*1.19}{8*0.9*0.9} * W \qquad V= 0.184*1346.2535$$

$$V= 0.184*W \qquad V= 247.71 \text{ Ton}$$



Factor Cortante basal

The image shows a software dialog box titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It is divided into several sections:

- Direction and Eccentricity:** Contains checkboxes for "X Dir", "Y Dir", "X Dir + Eccentricity" (checked), "Y Dir + Eccentricity", "X Dir - Eccentricity", and "Y Dir - Eccentricity". Below these is a text input for "Ecc. Ratio (All Diaph.)" set to 0.05 and an "Overwrite Eccentricities" button.
- Factors:** Contains two text input fields: "Base Shear Coefficient, C" (value 0.14, highlighted with a red box) and "Building Height Exp., K" (value 1).
- Story Range:** Contains two dropdown menus: "Top Story" (value N+24.14) and "Bottom Story" (value N+0.00).

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Figura 15. Coeficiente sísmico

Fuente: Tomado del programa ETABS

4.3.3. Definición de análisis modal espectral

Para la definición del análisis espectral $S_a = f(t)$, se genera un archivo en el cual este almacenado el espectro de diseño, el archivo que contenga el espectro de diseño puede tener una extensión .txt, el espectro puede ser generado en Excel y posteriormente se puede copiar las columnas con los valores de periodo (T) y aceleración espectral al block de notas, o grabar el archivo desde Excel como "texto con formato (delimitado por espacios)". El espectro de diseño inelástico, asociado al edificio ha sido definido para los siguientes parámetros principales $I=1$, $R= 8$, $Z= 0,40$ y para suelo tipo D.

En la siguiente tabla se muestran los valores de periodo y su correspondiente aceleración espectral.

Periodo-aceleración espectral

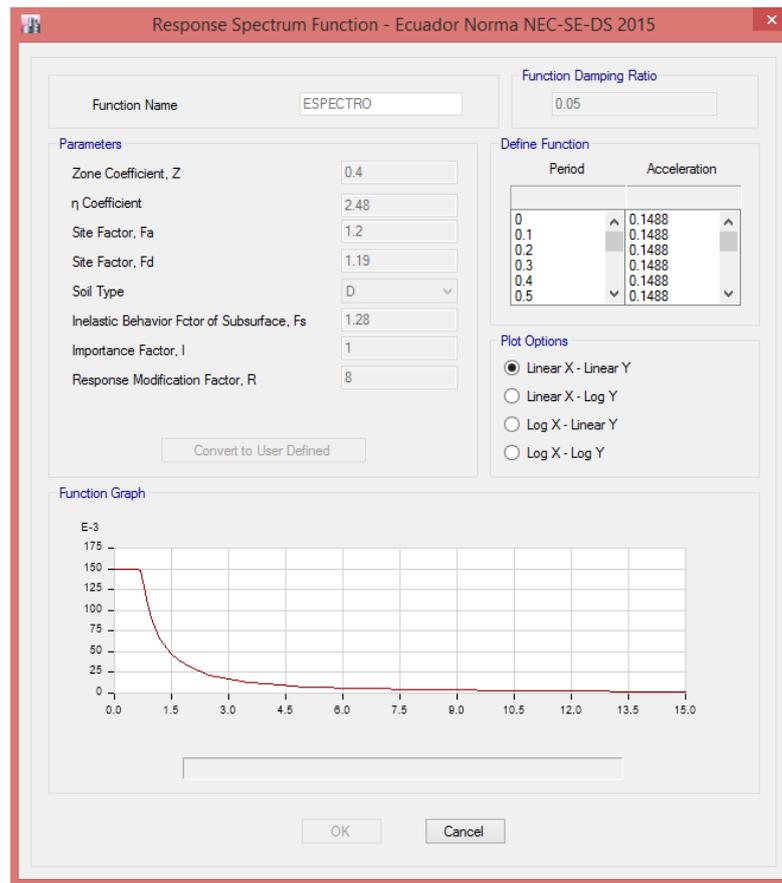


Figura 16. Periodo – Aceleración espectral

Fuente: Tomado del programa ETABS

4.3.4. Resumen de cargas

Tabla 20. Cuadro de cargas por nivel

NIVEL	Carga Viva por uso/ocupac	Carga Muerta (D)	Carga Viva (L)
N+24.14	0.1	0.04	0.1
N +19.44	0.1	0.04	0.1
N +16.2	0.2	0.36	0.2
N +12.96	0.2	0.36	0.2
N +9.72	0.2	0.36	0.2
N +6.48	0.2	0.36	0.2
N +3.24	0.2	0.36	0.2
N +0.00	0.48	0.36	0.48
N -3.44	0.2		0.2
N -6.88	0.2		0.2

Elaborado por: Diana Freire

4.3.5. Combinaciones de carga

Se presenta a continuación las combinaciones de cargas que se utilizan para el diseño, estas combinaciones son tomadas del código ACI 318 2014. Se recuerda al lector la siguiente nomenclatura:

D carga muerta, **L** carga viva, **E** carga de sismo, **R** carga de lluvia, **W** carga del viento, **S** carga de granizo

Todos los componentes estructurales presentes en la edificación, serán diseñadas con el fin de que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas.

Tabla 21. Combinaciones básicas para el diseño

Combinaciones de Carga
1.4 D
1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr ó S ó R)
1.2 D + 1.6 (Lr ó S ó R) + (L ó 0.5W)
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 (Lr ó S ó R)
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
0.9 D + 1.0 W
0.9D + 1.0E ²

Fuente: Capítulo 1. Cargas no sísmicas (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2014, pág. 19).

4.4. Introducción al ETABS

El programa computacional será el protagonista del diseño de la estructura, cabe mencionar que se realizaron varios modelos con muros de diafragmas que fueron colocados en diferentes posiciones y con diferentes secciones, esto con la finalidad de controlar los tres primeros modos de vibración, ya que estos hacen referencia a la masa participante, los mismos no deben exceder al 30%, es decir Rz y así mismo los valores de Ux, Uy tienen que ser $\pm 30\%$.

Herramienta del ETABS

	Vista en planta		Dibujar ventanas		Main (Principal)		Define (Definir)	
	Vista en Elevación		Dibujar puertas			Nuevo Modelo		Definir propiedades de material
	Perspectiva		Display (Visualizar)			Abrir modelo existente		Definir secciones frame (vigas, diagonales, columnas)
	Desplazar Arriba/Abajo, Izquierda/Derecha		Mostrar modelo no deformado			Guardar modelo		Definir secciones área
	Opciones para ver modelo		Mostrar modelo deformado			Imprimir Gráfico		Espectros de respuesta
	Shell and area assings (Asignación de placas)		Mostrar formas modales			Imprimir tablas de datos		Casos de historia en el tiempo
	Asignar muro o losa		Diagramas de esfuerzos			Deshacer		Estados de Carga
	Abertura en losa		Diagrama de energía y trabajo Virtual			Rehacer		Definir Masas
	Asignar diafragma rígido		Point and joint assings (Asignación de nudos)			Refresh (Actualizar)		Draw (Dibujar)
	Asignar ejes locales		Asignar diafragma rígido			Bloquear/Desbloquear Modelo		Seleccionar objeto
	Asignar carga uniforme		Asignar panel zone			Correr análisis		Dibujar líneas
	Asignar etiqueta de Pier		Asignar restricciones			Correr análisis de secuencia constructiva		Crear líneas en una región (opción rápida)
	Asignar etiqueta de Spandrel		Asignar fuerzas o momentos			Correr análisis No Lineal		Crear columnas en una región
						Zoom de área seleccionada		Crear vigas secundarias
						Zoom completo		Dibujar Diagonales
						Zoom previo		Dibujar áreas poligonales
						Acercamiento		Dibujar áreas rectangulares
						Alejamiento		Dibujar áreas con un clic (opción rápida)
						Mover con el Mouse (Pan)		Dibujar muros
						Vista 3D		Crear muros en una región

Figura 17. Herramientas básicas del ETABS

Nota: Tomado del programa ETABS

4.4.1. Crear archivo y guardar modelo

A continuación, se describe paso a paso el procedimiento para la creación del modelo estructural que se desea realizar:

Iniciamos el programa

Aparece un cuadro con recomendaciones para el uso del programa, se recomienda que el usuario tome en cuenta cada uno de los “tips” que nos proporciona esta ventana, cada vez que iniciemos el programa, se desplegará un tip diferente. Presione OK para desplegar para dejar la pantalla del programa libre y empezar a desarrollar el modelo.

Ventana del programa

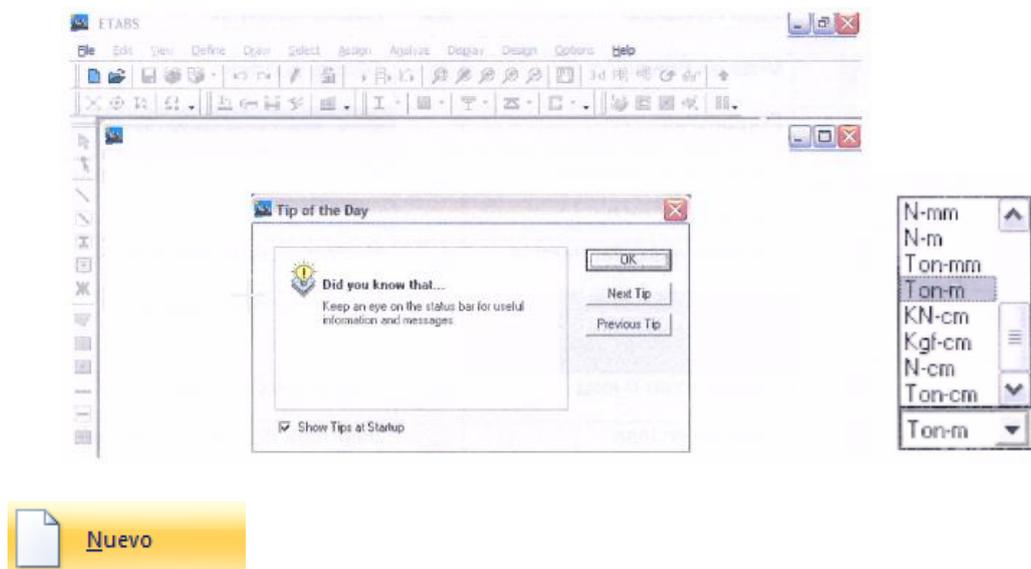


Figura 18. Ventana de inicio del programa y unidades

Nota: Tomado del programa ETABS

Cambie las unidades en la parte inferior derecha de la pantalla, en el presente análisis de trabajará en toneladas, metros.

Presione el icono para crear una nueva estructura, es el primero de la fila de iconos en la parte superior de la pantalla:

Se desplegará entonces una ventana "New Model Initialization", la cual pregunta al usuario si desea inicializar un modelo en base a definiciones y preferencias ya existentes. Seleccionamos: **NO** pues no tenemos aún un modelo de referencia.

Ventana del programa

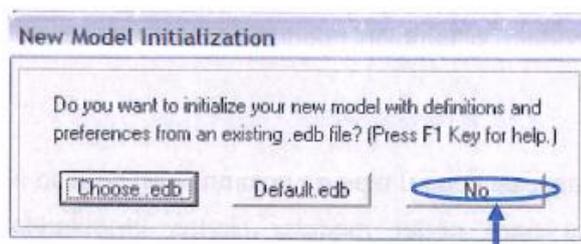


Figura 19. Inicialización del modelo

Nota: Tomado del programa ETABS

En la ventana anterior se tienen tres opciones, cada una de las cuales se describe a continuación:

Choose.edb Cuando seleccionamos esta opción, el programa desplegará una lista de archivos que previamente hayan sido creados, los mismos que deberán tener la extensión .edb y que pueden ser usados como base para la inicialización de nuevos modelos, usando sus definiciones y preferencias.

Default.edb Este método es similar al anterior, excepto que la selección de archivos sucede automáticamente. Etabs primero espera iniciar el nuevo modelo, utilizando las definiciones y preferencias que son especificadas en un archivo con extensión .edb típico de Etabs, que tiene el nombre Default.edb y que es almacenado en el mismo directorio como ETABS.exe, es así que ETABS puede localizar el Default.edb automáticamente.

NO: ETABS despliega el sistema de grilla y de pisos, para que usuario la modifique en función de sus requerimientos.

4.4.2. Definir la grilla

A continuación, se debe definir la grilla para crear el modelo, se debe ingresar datos correspondientes al número de líneas en sentido X, sentido Y, distancia entre ejes, número de pisos etc. Es importante resaltar que número de líneas no implica necesariamente número de ejes de columnas, pues pueden generarse líneas auxiliares adicionales para definir algunas características especiales del modelo, o también pueden ser definidas para el efecto líneas secundarias.

En el presente caso, se tiene 9 ejes de columnas en sentido X, además se definen líneas para poder modelar ciertas irregularidades en planta. Igualmente, en sentido Y, tenemos 11 ejes de columnas. Sin embargo, se definen líneas en dicho sentido para modelar el volado. Por lo tanto, se tiene:

Grilla

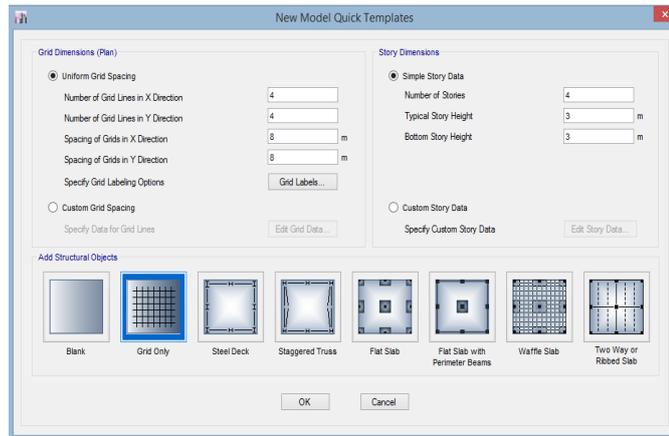


Figura 20. Ventana para definir sistema de grilla

Nota: Tomado del programa ETABS

En esta ventana el ETABS permite añadir al modelo algunos elementos estructurales como son: Paneles metálicos, losas planas etc. En nuestro caso se selecciona la opción "Grid Only" y presionamos **OK**

Automáticamente se genera la grilla para la construcción del modelo estructural. En la práctica son pocos los casos en los que se cuenta con modelos regulares tanto en planta como en elevación, razón por la cual será necesario modificar la grilla para que se adapte a la geometría en planta y elevación de cada proyecto particular.

Vistas

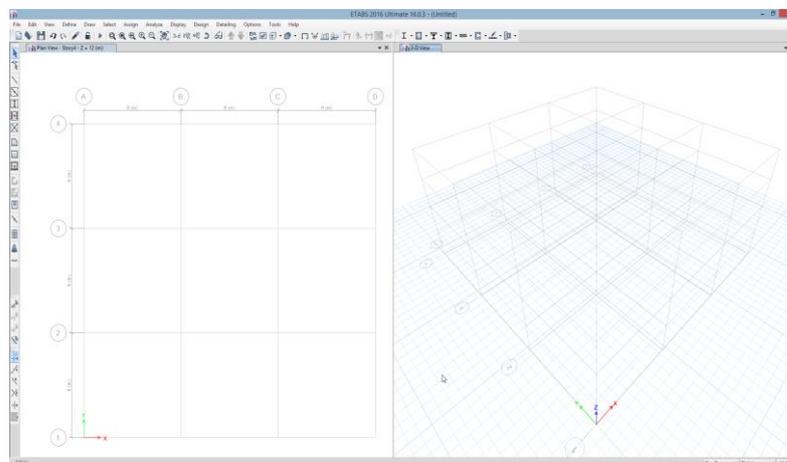
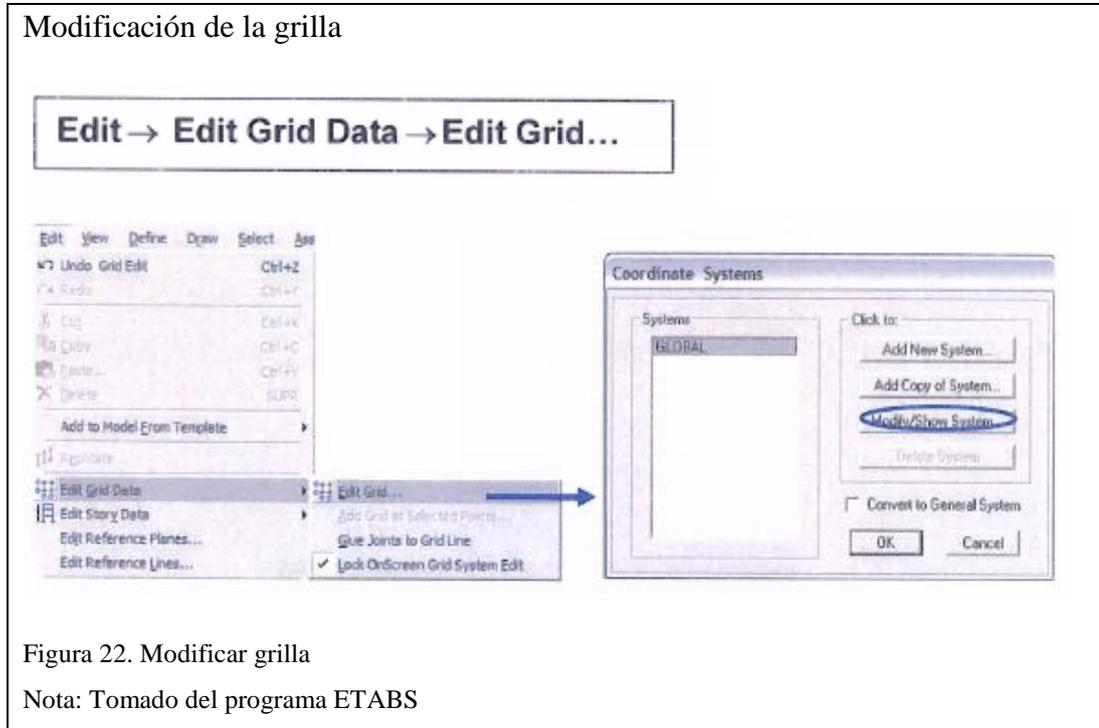


Figura 21. Vista en planta y vista en 3D

Nota: Tomado del programa ETABS

Por esta razón debemos editar la grilla y definirla de acuerdo a las características propias del modelo que se quiera construir. Para editar la grilla lo hacemos de la siguiente manera:



Alternativamente se puede hacer doble clic sobre la malla con el botón izquierdo del Mouse. A continuación, se presenta una ventana en la cual podemos modificar la grilla de acuerdo a los requerimientos del modelo que deseamos generar. Se muestra la identificación de las líneas tanto en sentido X e Y:

Sistema de grilla

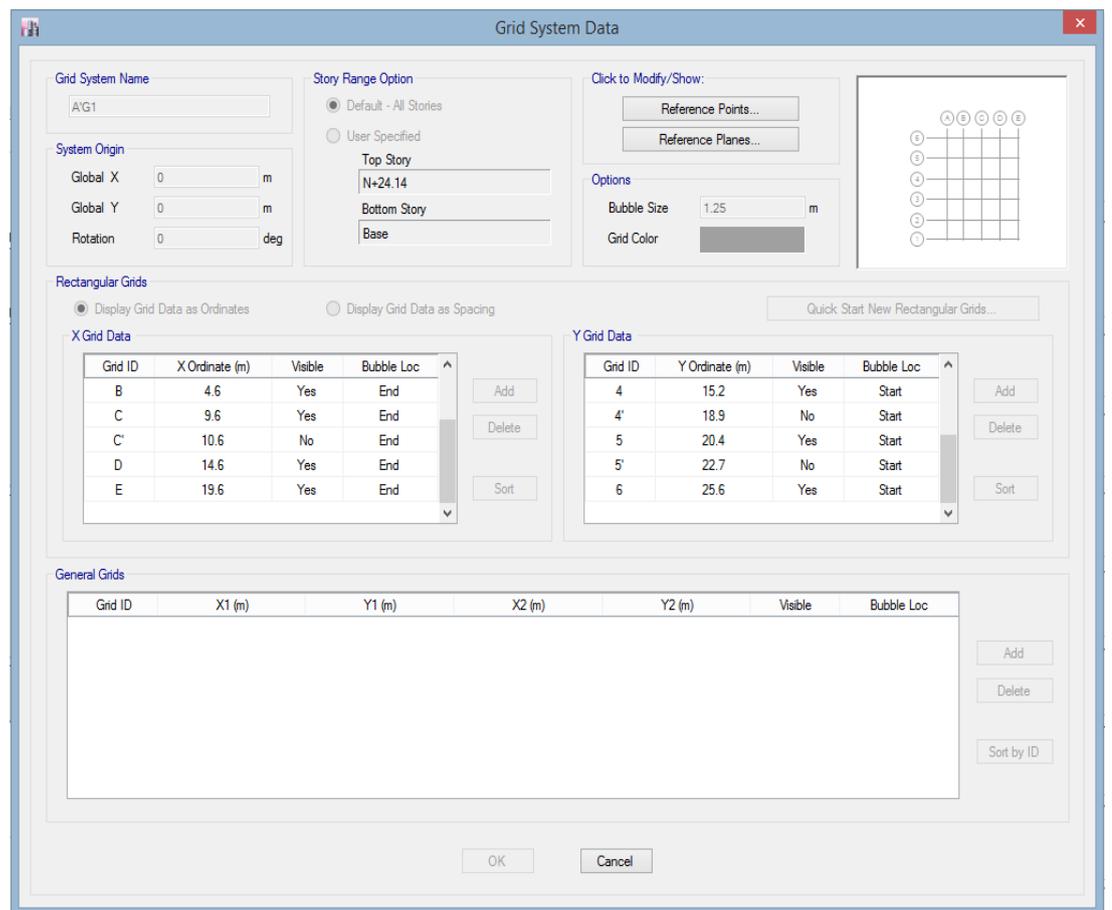


Figura 23. Ventana para modificar la grilla

Nota: Tomado del programa ETABS

Una vez modificada la grilla, según la geometría del modelo estructural, presionamos: OK. De manera similar se puede editar la grilla en sentido Z.

En el modelo que estamos desarrollando se tiene una altura de entrepiso igual a 3.24 m y entre subsuelos 3.44 m. Una vez editada la grilla tendremos la siguiente pantalla:

Información piso a piso

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
N+24.14	4.7	31.02	Yes	None	No	0	Blue
N+19.44	3.24	26.32	No	N+24.14	No	0	Green
N+16.20	3.24	23.08	No	N+24.14	No	0	Cyan
N+12.96	3.24	19.84	No	N+24.14	No	0	Red
N+9.72	3.24	16.6	No	N+24.14	No	0	Magenta
N+6.48	3.24	13.36	No	N+24.14	No	0	Yellow
N+3.24	3.24	10.12	No	N+24.14	No	0	Grey
N+0.00	3.44	6.88	No	N+24.14	No	0	Blue
N-3.44	3.44	3.44	No	N+24.14	No	0	Green
Base		0					

Note: Right Click on Grid for Options

Refresh View

OK Cancel

Figura 24. Ventana para editar la información

Nota: Tomado del programa ETABS

4.4.3. Definir los materiales

Una vez creada la grilla para modelar la estructura, es necesario definir los materiales constitutivos de los elementos. En nuestro estudio se analiza una estructura de hormigón armado (Concrete). Para definir las propiedades de los materiales seguimos la siguiente secuencia

Materiales

Define → Material Properties...

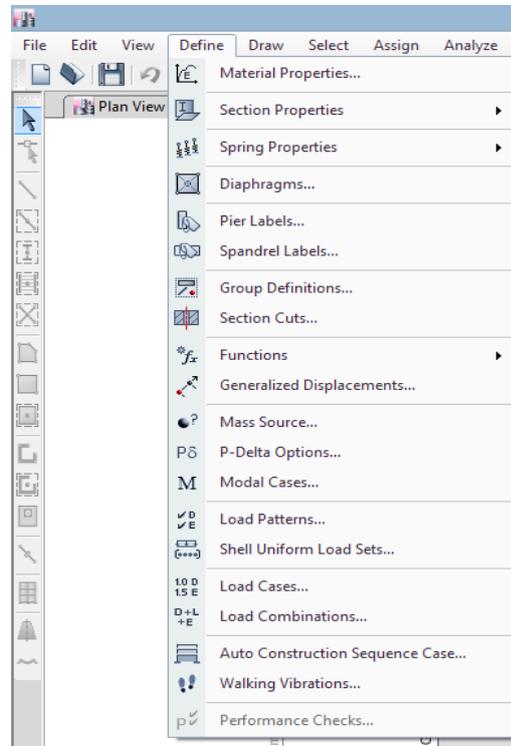
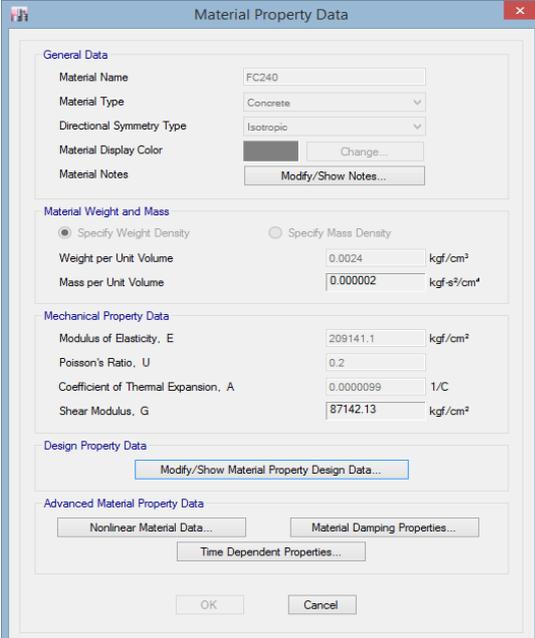


Figura 25. Ventana para editar la información piso a piso

Nota: Tomado del programa ETABS

Para modificar las propiedades del material concreto, se hace clic en Modify/Show Material y se despliega la siguiente pantalla:

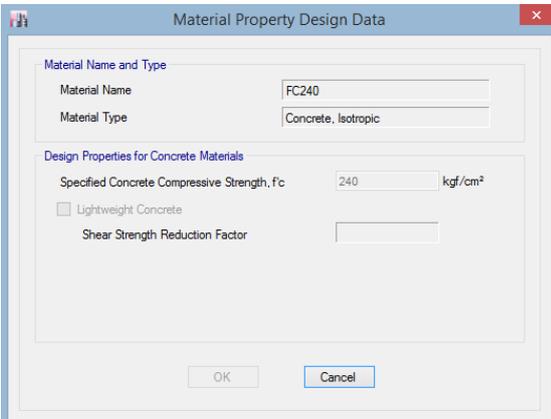
Material hormigón



The 'Material Property Data' dialog box is used to define the material properties for concrete. It is organized into several sections:

- General Data:** Material Name (FC240), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (with a 'Change...' button), and Material Notes (with a 'Modify/Show Notes...' button).
- Material Weight and Mass:** Radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. Fields for Weight per Unit Volume (0.0024 kgf/cm³) and Mass per Unit Volume (0.000002 kgf·s²/cm⁴).
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E (209141.1 kgf/cm²), Poisson's Ratio, U (0.2), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000099 1/C), and Shear Modulus, G (87142.13 kgf/cm²).
- Design Property Data:** A button labeled 'Modify/Show Material Property Design Data...'
- Advanced Material Property Data:** Buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'.

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are located at the bottom.



The 'Material Property Design Data' dialog box is used to specify design parameters for concrete materials. It includes:

- Material Name and Type:** Material Name (FC240) and Material Type (Concrete, Isotropic).
- Design Properties for Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, Fc (240 kgf/cm²). There is a checkbox for 'Lightweight Concrete' and a field for 'Shear Strength Reduction Factor'.

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are located at the bottom.

Figura 26. Modificar material

Nota: Tomado del programa ETABS

4.4.4. Definir las secciones

Mediante el menú "Define", podemos definir las secciones que asignaremos a los distintos elementos estructurales. En las figuras que se muestran a continuación se describe el ingreso de un tipo de columna y un tipo de viga.

Secciones a utilizar

Define → Frame Sections...

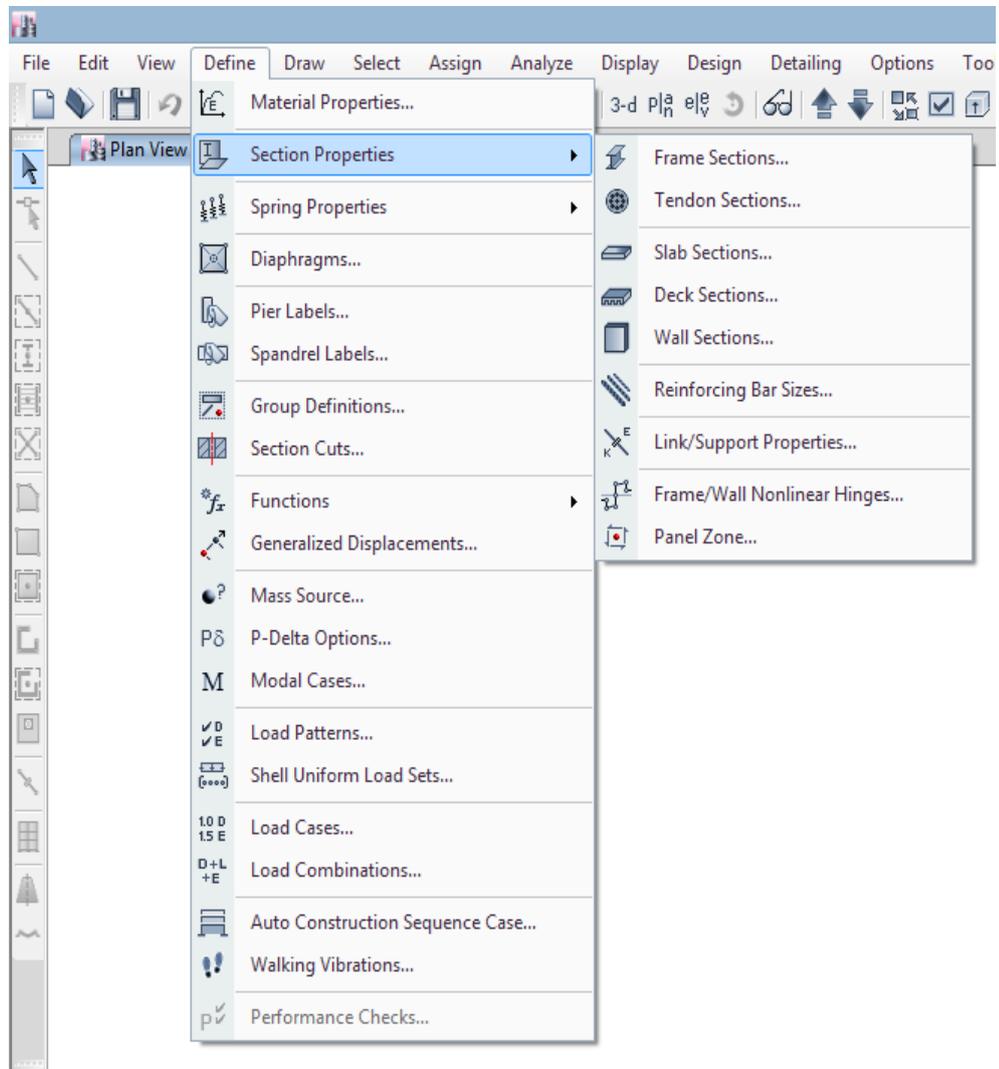


Figura 27. Definición de secciones a utilizar

Nota: Tomado del programa ETABS

Aparece un cuadro "Frame Sections", existen secciones previamente definidas, las cuales podríamos borrar si no son de nuestra utilidad. Aplastamos en **Add New Property** donde las secciones de vigas y columnas que definiremos son rectangulares, por lo tanto, seleccionamos **Concrete rectangular** en la pestaña inferior.

Secciones rectangulares

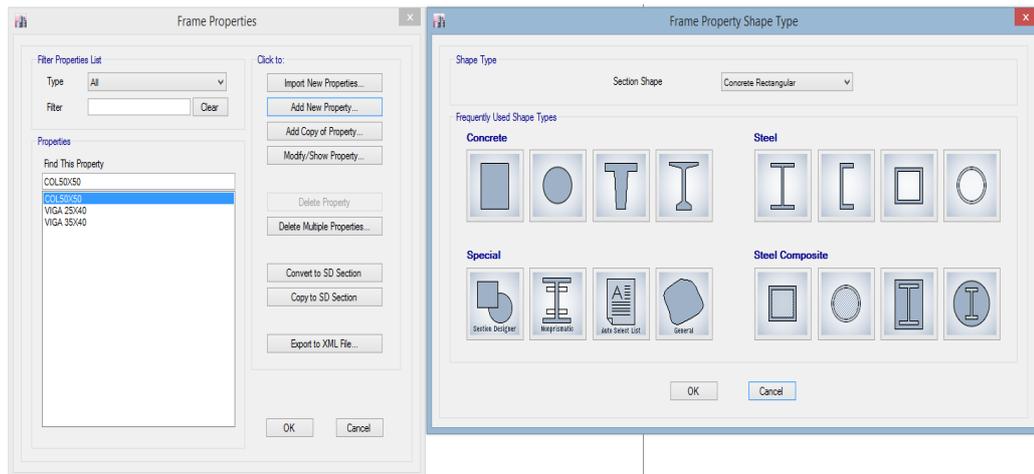


Figura 28. Definición sección rectangular

Nota: Tomado del programa ETABS

Inmediatamente procedemos a crear la sección para una columna de 50x50 cm, a la cual nombraremos C50X50. Se deberá tener en cuenta las unidades en las cuales se está trabajando, y por supuesto asignar el material adecuado a la sección que se está creando.

Sección columna

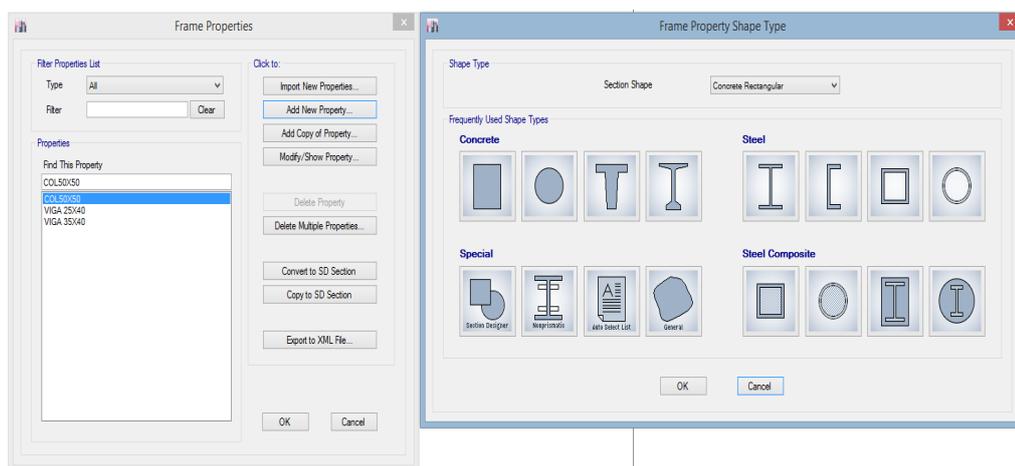


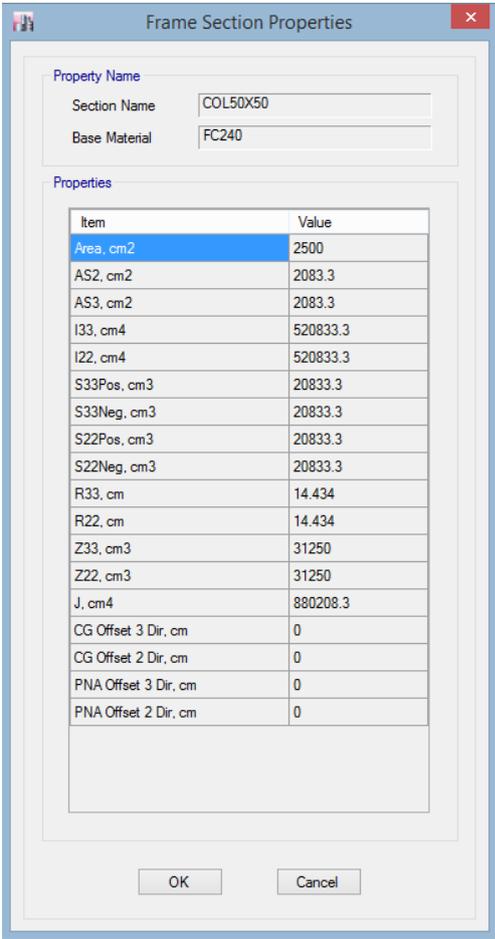
Figura 29. Propiedades de las secciones

Nota: Tomado del programa ETABS

Se muestra a continuación las funciones que están disponibles en la ventana mostrada anteriormente. La función Show **Section Properties** permite desplegar una ventana

en la cual se muestran las propiedades geométricas de la sección, tales como: área, momentos de inercia, secciones de corte, módulos de sección elásticos y plásticos, radios de giro etc.

Propiedades



Item	Value
Area, cm2	2500
AS2, cm2	2083.3
AS3, cm2	2083.3
I33, cm4	520833.3
I22, cm4	520833.3
S33Pos, cm3	20833.3
S33Neg, cm3	20833.3
S22Pos, cm3	20833.3
S22Neg, cm3	20833.3
R33, cm	14.434
R22, cm	14.434
Z33, cm3	31250
Z22, cm3	31250
J, cm4	880208.3
CG Offset 3 Dir, cm	0
CG Offset 2 Dir, cm	0
PNA Offset 3 Dir, cm	0
PNA Offset 2 Dir, cm	0

OK Cancel

Figura 30. Propiedades geométricas.
Nota: Tomado del programa ETABS

La función **Modify Show Modifiers**, permite ingresar factores para modificar las propiedades de la sección Por ejemplo, aquí es donde se reducen las inercias para adaptarse a las exigencias del NEC 14.

Inercias agrietadas

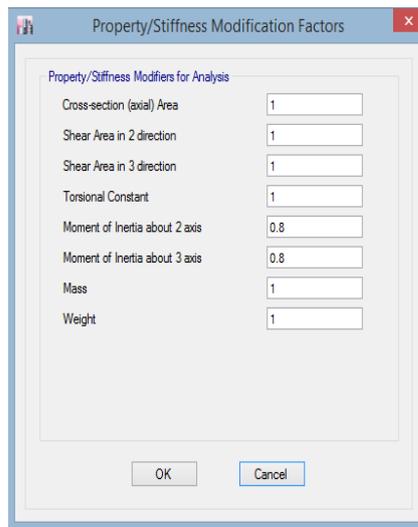


Figura 31. Inercias agrietadas.

Nota: Tomado del programa ETABS

La función **Modify Show Rebar** permite especificar ciertos parámetros necesarios para el análisis, por ejemplo: Se especifica si se trata de columna "Column" o viga "Beam", igualmente la configuración del refuerzo, el tipo de refuerzo transversal etc.

Sección y refuerzos

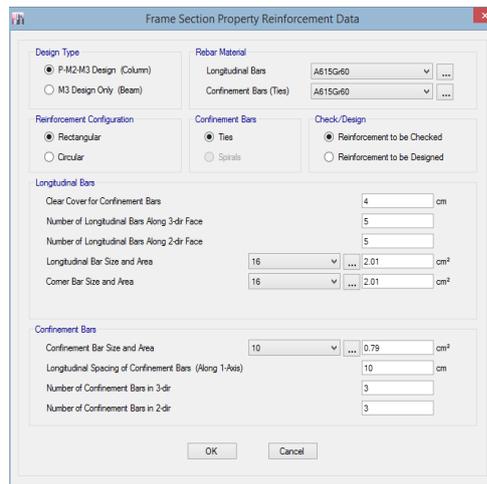
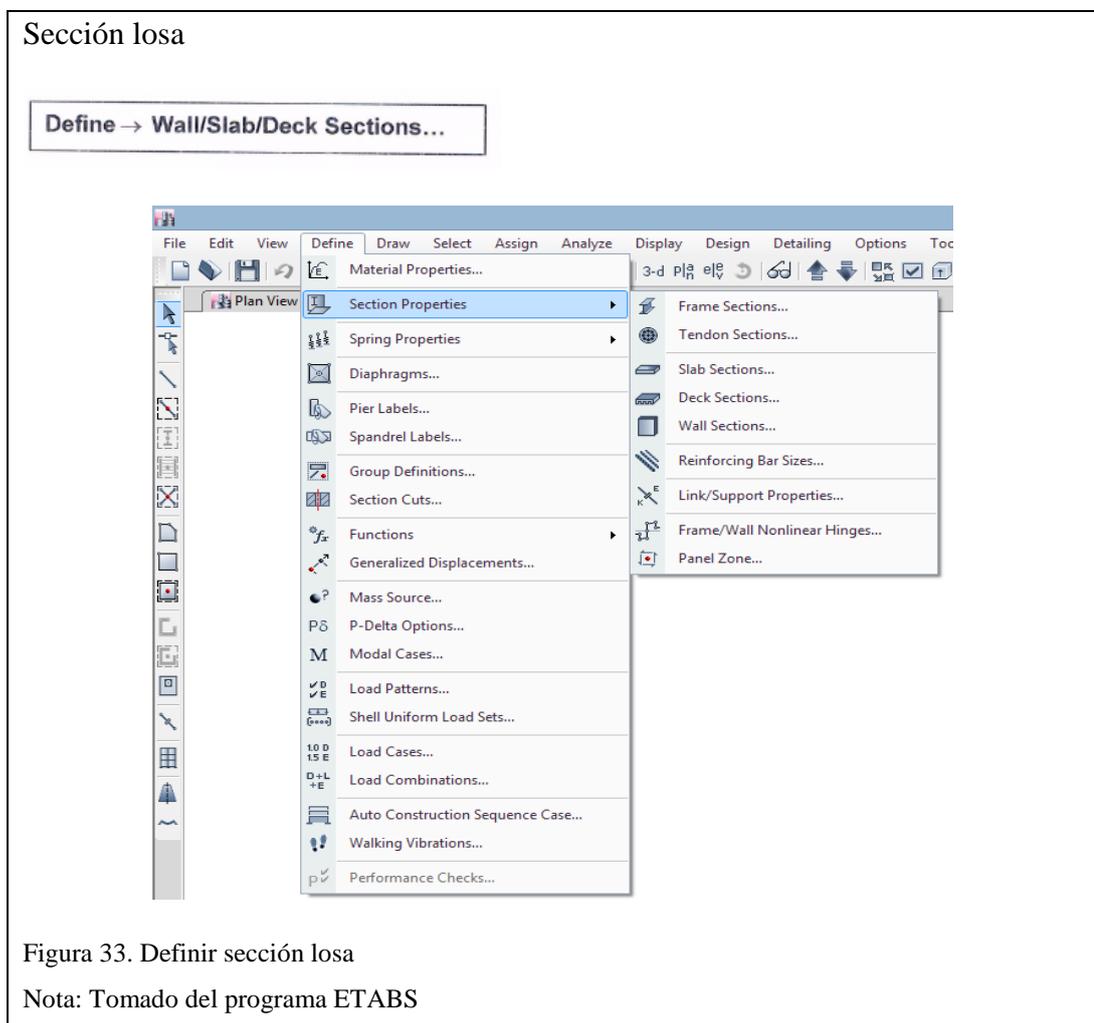


Figura 32. Detalle de refuerzos

Nota: Tomado del programa ETABS

De manera similar se puede crear las secciones para las vigas de los primeros niveles. Sin embargo, al llenar el cuadro que resulta de presionar el botón **Modify Show Modifiers** debe colocar los factores para considerar la inercia agrietada de las vigas con el valor de 0.5 y 0.8 para las columnas a efecto de calcular las derivas inelásticas.

Para modelar la losa debemos recordar que se trabajará con una losa maciza de 18.06 cm de espesor equivalente a una losa nervada de 25 cm de espesor. Dado que en el ETABS no se puede incluir una losa aligerada. Para ello definimos una sección losa de la siguiente manera:



Losa

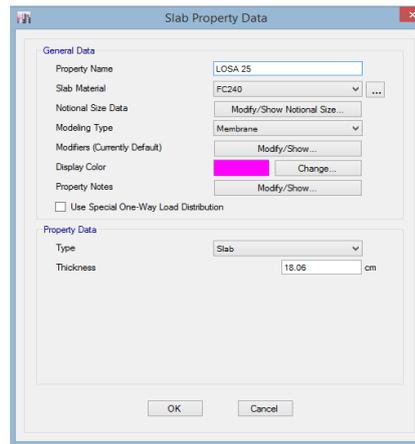


Figura 34. Propiedades de losa

Nota: Tomado del programa ETABS

En nuestro caso, las losas no serán diseñadas por el programa, pero es importante modelarlas para distribuir las cargas, considerar su peso y analizar el comportamiento de la estructura en conjunto. Es importante que la losa se defina como membrana, caso contrario las cargas que pasen hacia las vigas serán incorrectas.

4.4.5. Dibujo de la estructura

Como se mostró en la descripción de las herramientas del programa, existen varios procedimientos para dibujar la estructura y asignar las secciones definidas a los elementos que se dibujan. Se presentan dos procedimientos:

Dibujo de estructura

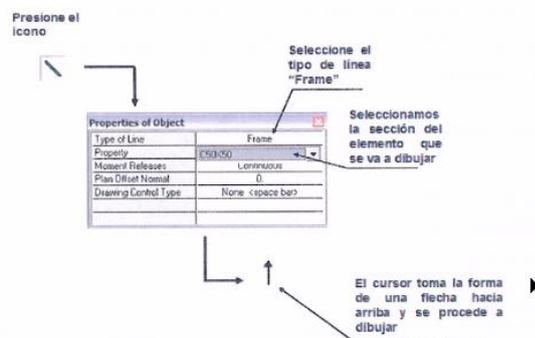


Figura 35. Dibujo de la estructura

Nota: Tomado del programa ETABS

Se dibuja los elementos columna en cada piso, uno a uno, desde el nudo inicial hasta el nudo final, posteriormente se mostrará el procedimiento mediante el cual se puede agilizar el proceso de dibujo.

Sección columnas

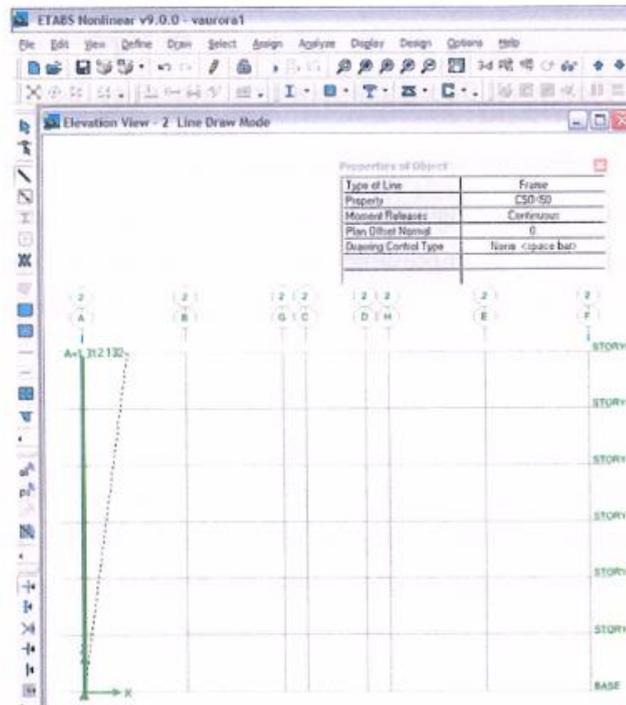


Figura 36. Creación de columnas

Nota: Tomado del programa ETABS

Una vez dibujados todos los elementos columna, desde el primero hasta el último nivel, hacemos clic derecho y el puntero quedará liberado para poder dibujar los elementos del siguiente eje, o podemos presionar también la tecla escape "Esc".

El procedimiento antes descrito se repetirá hasta generar todos los elementos columnas en todos los pórticos y en todos los niveles. Similar procedimiento se realizará para dibujar las vigas, igualmente elemento por elemento.

Dibujo vigas

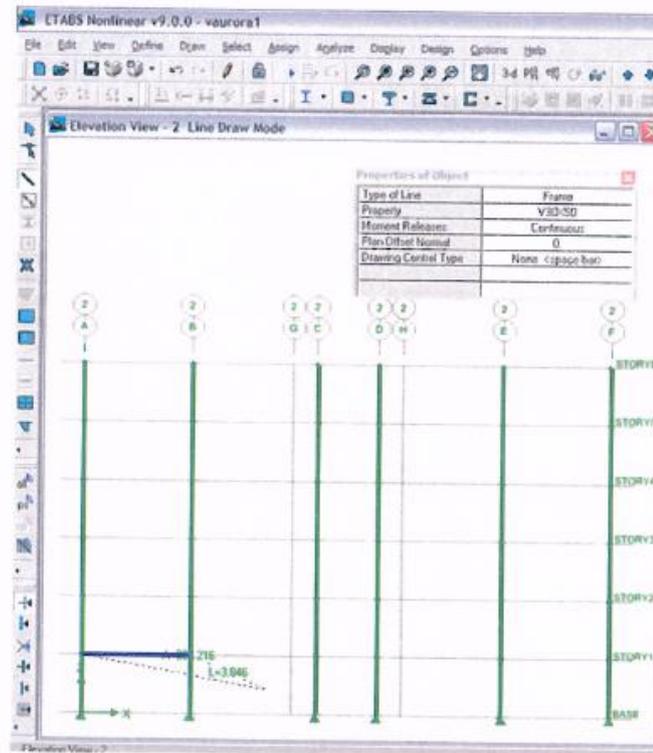


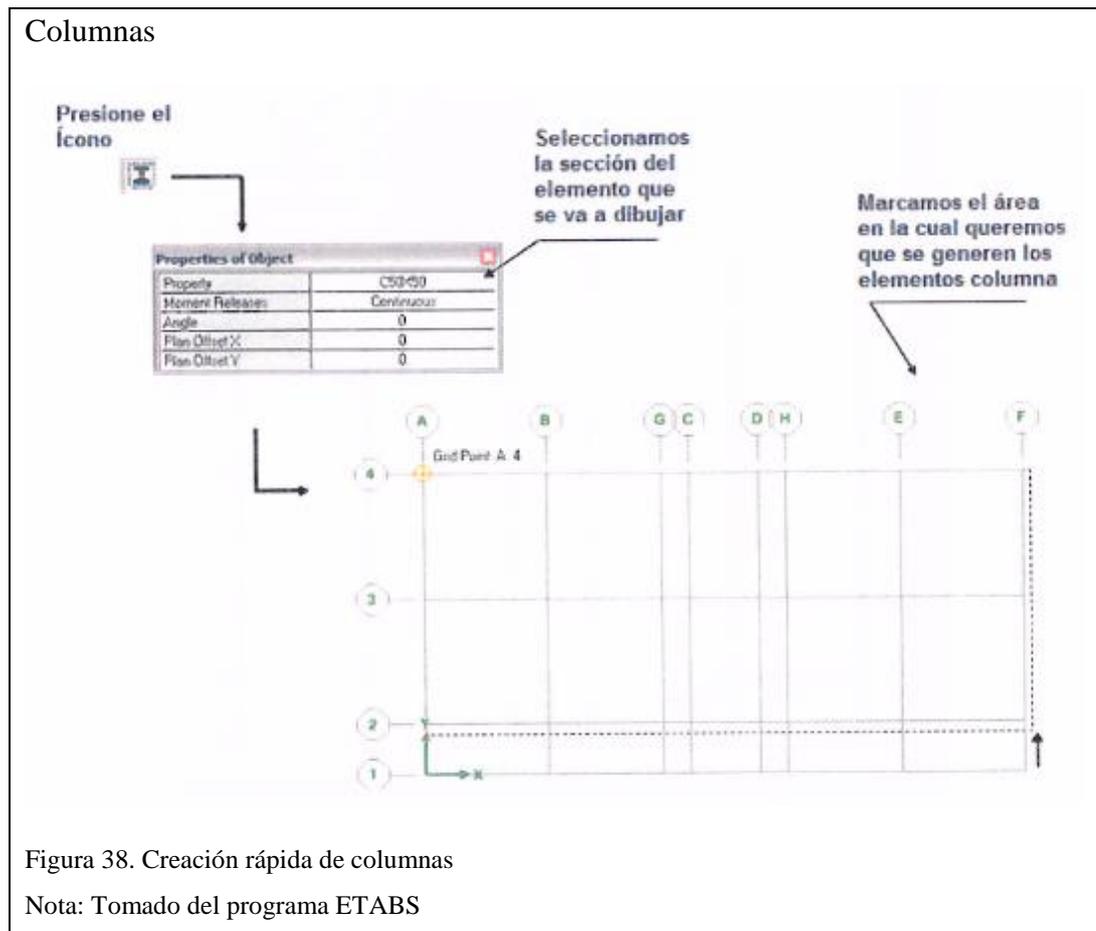
Figura 37. Creación de vigas

Nota: Tomado del programa ETABS

Es claro que este procedimiento no es ágil, de hecho, es bastante tedioso y demoroso, por esta razón se muestra a continuación un procedimiento que permite generar los elementos de una manera más rápida. Se deja constancia que igualmente el usuario puede emplear otras alternativas para una generación más efectiva de los elementos de la estructura. Sin embargo, la alternativa que se muestra a continuación es usada con fines didácticos.

Se procede a la generación de todas las columnas nivel por nivel, es así que a continuación se describe el procedimiento para generar las columnas del primer nivel. Primeramente debe asegurarse de que en la ventana ubicada en la parte inferior derecha esté seleccionado **“One Story”**: para que los elementos se generen solamente en un piso. Si todas las columnas de la estructura son iguales, entonces convendría que en la ventana se elija **All Stories**, para que las columnas se generen en todos los pisos.

Posteriormente siga la secuencia:



Para marcar el área debe hacer clic en la parte superior izquierda y desplazarse hasta la parte inferior derecha sin dejar de presionar el botón izquierdo del mouse. Una vez que esté marcada el área en la cual se desea generar las columnas suelte el botón izquierdo del mouse. Presionando la tecla "Escape", el puntero vuelve a su condición inicial.

Columnas

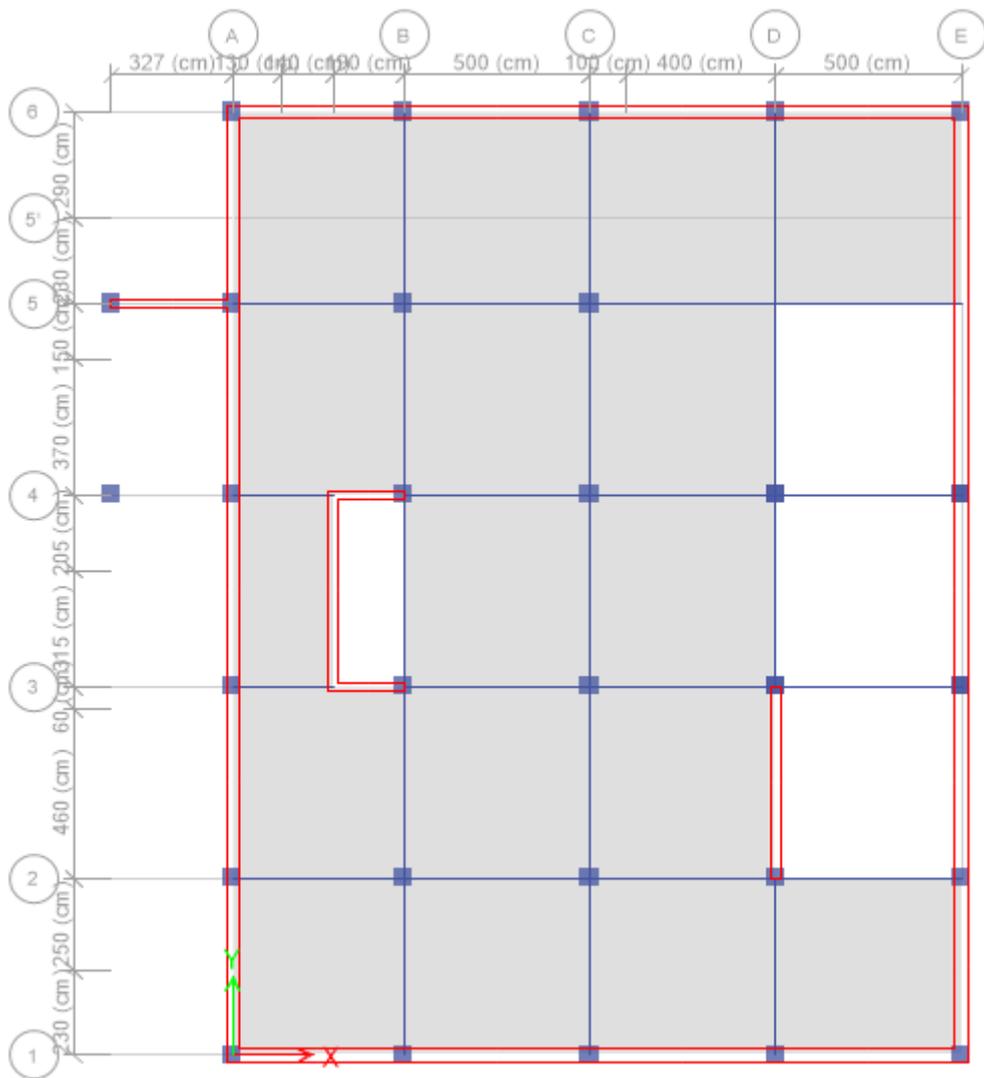


Figura 39. Columnas definidas

Nota: Tomado del programa ETABS

De esta manera quedan creadas las columnas del primer nivel. El mismo procedimiento se realiza para crear las columnas en el resto de pisos.

En la figura 40 se presenta la elevación correspondiente al pórtico B, se muestra además las secciones asignadas a los elementos en cada piso. Las vigas pueden ser creadas con un procedimiento similar.

Elevación de columnas

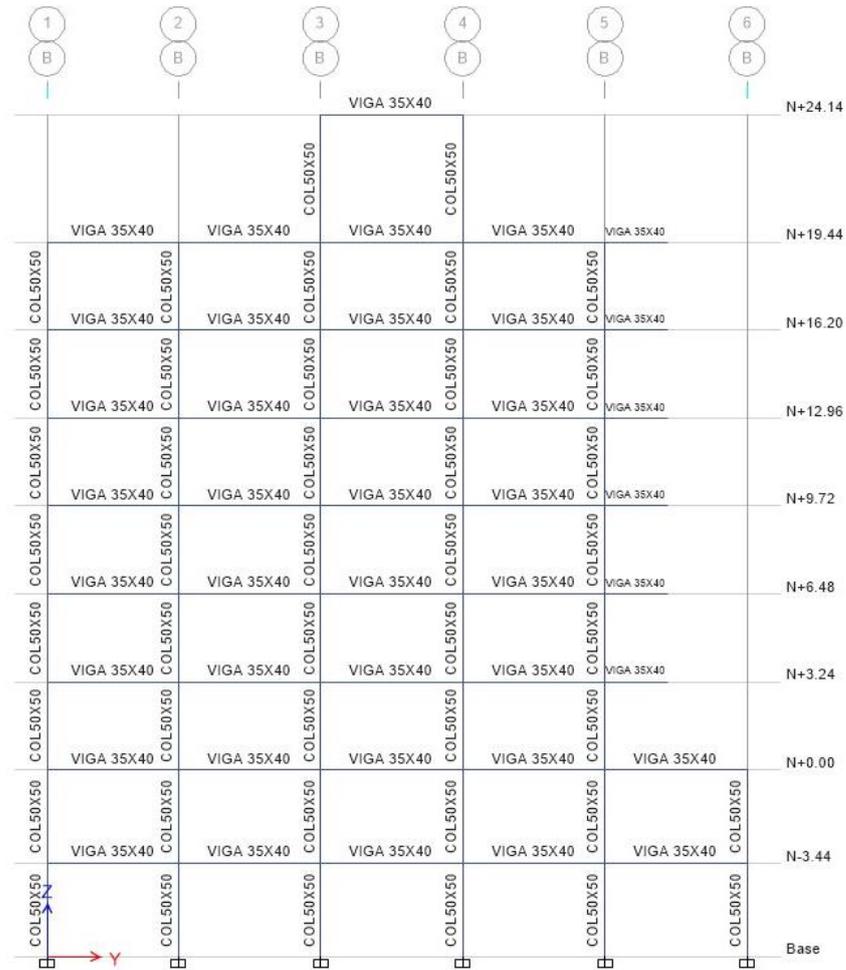


Figura 40. Elevación de columnas y vigas definidas pórtico B

Nota: Tomado del programa ETABS

Finalmente se modela una losa maciza equivalente de 18.06 cm, el procedimiento se describe a continuación.

Definición de losa maciza

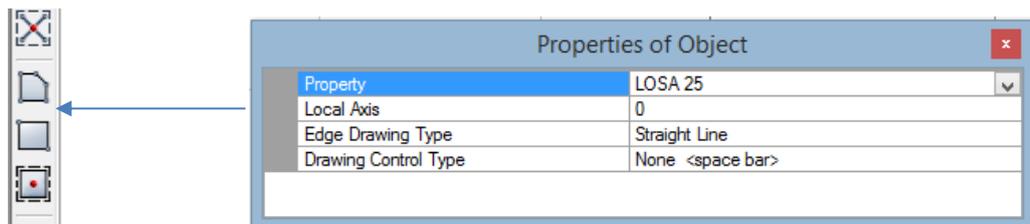


Figura 41. Definición de losa maciza

Nota: Tomado del programa ETABS

Seleccionamos cualquiera de los 3 iconos donde se desplegará la ventana con información de la sección que se va a usar.

Para marcar el área será necesario señalar dos de los nudos que forman una diagonal. El procedimiento presentado no es el único, existen varias opciones para dibujar los elementos de losa, en tal virtud el usuario deberá familiarizarse con estos procedimientos.

4.4.6. Definición de los estados de carga

A continuación se presentará el procedimiento para la definición de los estados de carga que se consideraron en el análisis.

Los estados de carga son los siguientes:

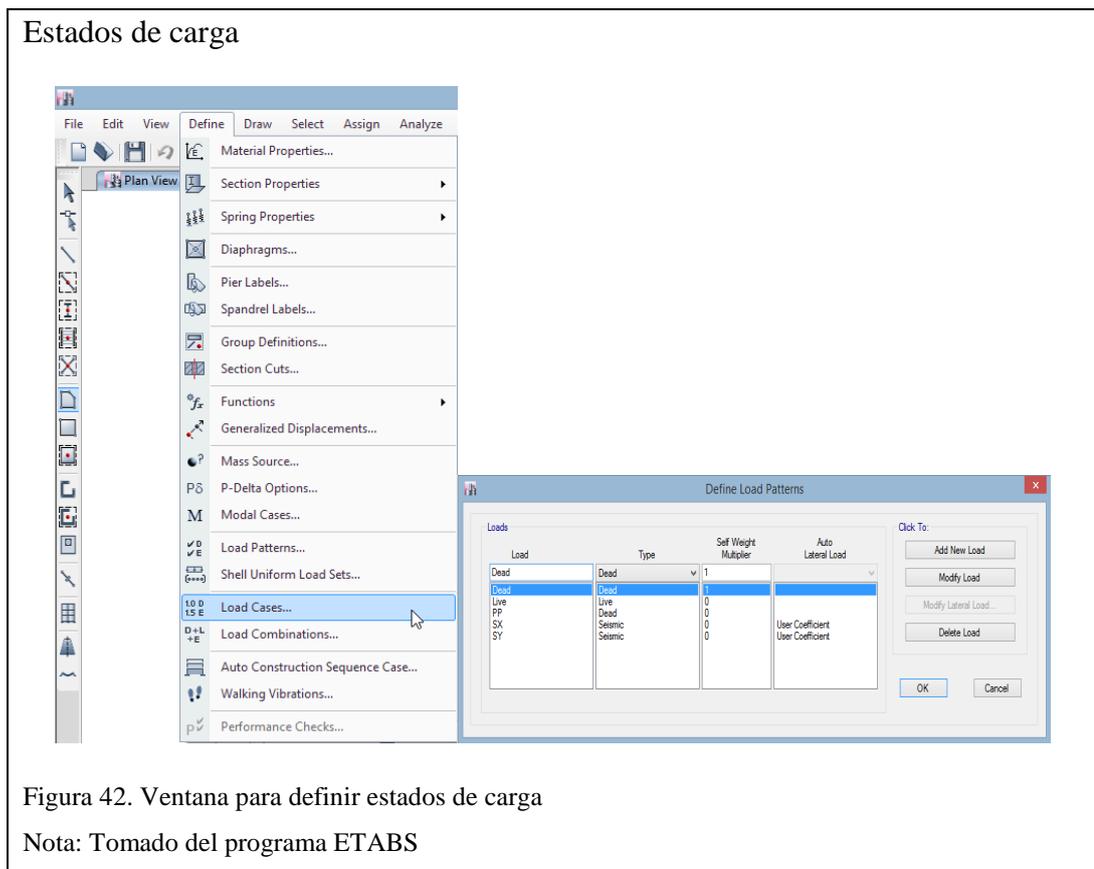
- **Peso propio (PP):** En este estado de carga, automáticamente el programa calculará el peso propio de los elementos.
- **Permanente (Perman):** Estado de carga, correspondiente a carga muerta, que incluye los siguientes componentes:
 - Peso de mamposterías.
 - Peso de enlucidos masillados y recubrimientos (Acabado de piso).

Carga viva: Para la carga viva se definen tres estados de carga, Viva1, Viva2 y Viva3, según la distribución presentada anteriormente, aplicando el criterio de tablero de ajedrez.

- SX1: Fuerzas laterales estáticas equivalentes en sentido "X", considerando excentricidad positiva.
- SX2: Fuerzas laterales estáticas equivalentes en sentido "X", considerando excentricidad negativa.
- SY1: Fuerzas laterales estáticas equivalentes en sentido "Y", considerando excentricidad positiva.
- SY2: Fuerzas laterales estáticas equivalentes en sentido "Y", considerando excentricidad negativa.

La figura 42 muestra la secuencia para definir los estados de carga. El usuario deberá notar que solo se ha colocado el valor de 1, para el factor multiplicador de peso propio en el estado PP, correspondiente al Peso Propio, colocar el valor de 1 en otro estado de carga, representará una duplicación de las cargas provenientes del peso propio de los elementos. Es importante que el usuario defina correctamente el tipo de carga.

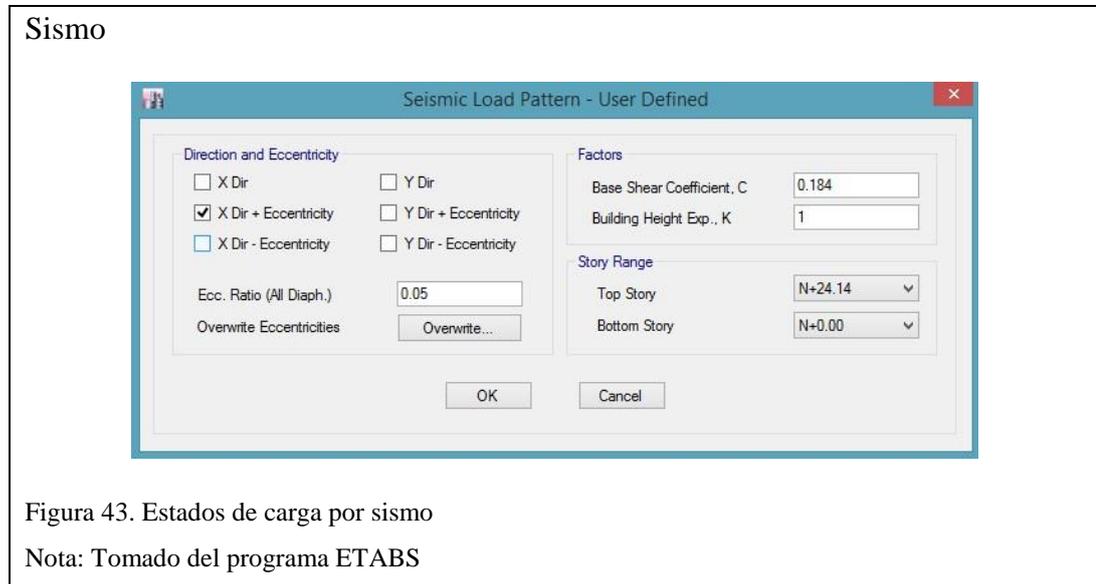
Define y load cases



4.4.7. Definición de estados de carga para fuerzas sísmicas

El usuario podrá constatar que para definición de los estados de carga para las fuerzas laterales estáticas equivalentes, el proceso es muy sencillo. La autora ha considerado pertinente resaltar este procedimiento por la importancia que estos estados de carga representan en el análisis y diseño.

En la figura 43, los estados de carga correspondientes a las fuerzas laterales han sido modificados para utilizar coeficientes definidos por el usuario. Seleccionamos el estado de carga SX1 y lo modificamos como se muestra a continuación:



En esta ventana se tiene la opción para definir la dirección en la cual se desea considerar la excentricidad accidental y el valor que esta tomará; en este caso se toma un 5%. Igualmente se define el coeficiente para el cálculo del cortante basal y el rango de pisos que se desea considerar para el cálculo, se considerara desde el primero hasta el último piso.

El mismo procedimiento se repetirá para los estados de carga SX2, SY1 y SY2, tomando en cuenta la dirección de la acción sísmica y el sentido de la excentricidad accidental.

4.4.8. Definición de análisis modal espectral

Para la definición del análisis modal espectral $e=J(t)$, el usuario deberá generar un archivo en el cual esté almacenado el espectro de respuesta, el archivo que contenga el espectro de respuesta puede tener una extensión de archivo de texto (.txt), el espectro puede ser generado en excel y posteriormente se pueden copiar las columnas con los valores de periodo y aceleración al bloc de notas. Con fines didácticos se presenta el siguiente espectro de respuesta inelástico:

Análisis modal espectral

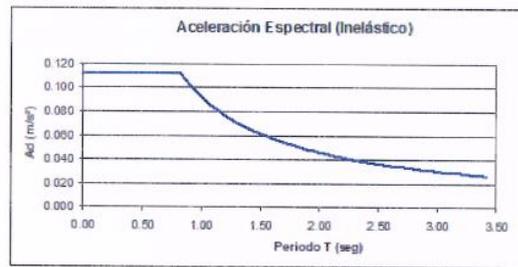


Figura 44. Espectro de respuesta inelástico

Nota: Tomado del programa ETABS

Con la siguiente secuencia: seleccionamos **Define** y luego a **Functions** y **Response Spectrum** para definir un espectro de respuesta desde cero. Seguido se escogerá la opción de Ecuador NEC e ingresamos los valores de Z, R, I, Fa, Fs, Fd, n y tipo de suelo.

Definición de espectro

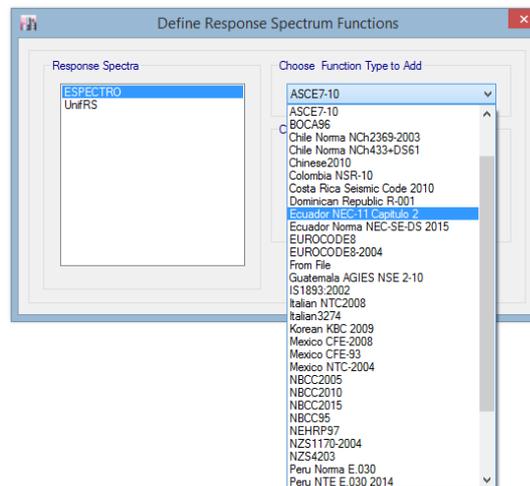


Figura 45. Espectro con NEC

Nota: Tomado del programa ETABS

Una vez que ha sido definida la función, presionamos OK. Ahora es necesario definir los estados de espectro de respuesta que utilizarán la función que acabamos de crear, para lo cual seguimos el siguiente procedimiento:

Define luego Load Cases y DINAMICO X , Modify Show Case

Espectro de respuesta

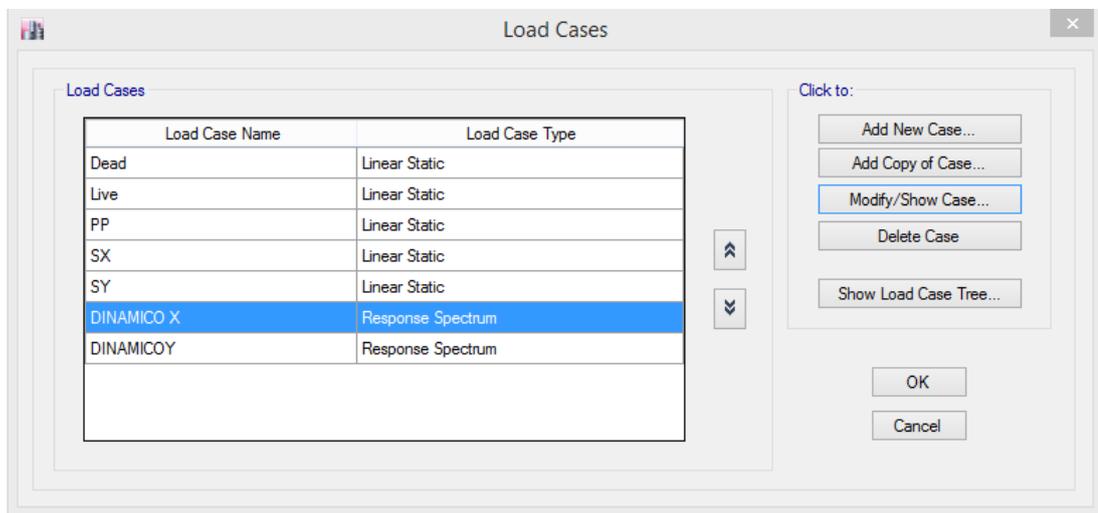
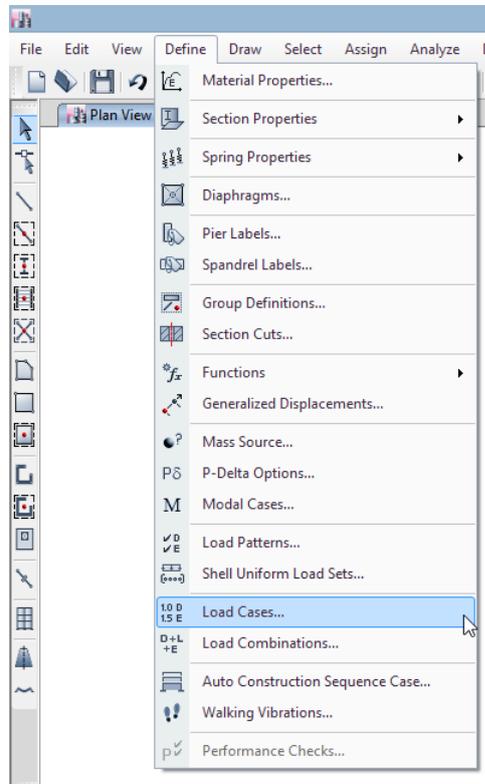


Figura 46. Casos de espectro de respuesta

Nota: Tomado del programa ETABS

Datos de carga

Load Case Data

General

Load Case Name: DINAMICO X

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO	9.8067

Add

Delete

Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

OK Cancel

Figura 47. Datos de carga

Nota: Tomado del programa ETABS

A continuación, se desplegará una ventana en la cual se debe definir el nombre del caso del espectro de respuesta. Es recomendable generar un estado de carga de espectro de respuesta para sentido "X" y para sentido "Y".

Conviene en este punto hacer algunas precisiones: Se toma un factor de amortiguamiento igual a 0.05 del amortiguamiento crítico, que se usa para edificios de hormigón armado.

En lo referente a la combinación Modal (Modal Combination) se usa CQC (Complete Quadratic Combination), método que toma en cuenta el acoplamiento estadístico entre modos cercanos causados por el amortiguamiento, con este método se evita que dichos modos de vibración se superpongan.

En lo que tiene que ver con la Combinación Direccional (Directional Combination), se toma SRSS, que combina los resultados direccionales tomando la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados, con lo cual se consideran todas las direcciones.

4.4.9. Combinaciones de cargas

Para las combinaciones de carga se toman aquellas que actuando sobre la estructura generan los esfuerzos más críticos sobre la misma.

Para el análisis sísmico se considera el recomendado por el NEC-2014, para un tipo de suelo dado; además de acuerdo a la misma norma, la estructura es implantada en zona sísmica V.

El diseño en hormigón armado ha sido realizado siguiendo la teoría última resistencia.

Las combinaciones de carga establecidas por el ACI 318-2014, recomienda las siguientes combinaciones:

Combinación 1:

Carga muerta = 1.4

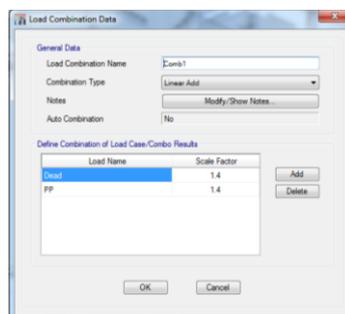


Figura 48. Combinación 1

Nota: Tomado del programa ETABS

Combinación 2:

Carga muerta=1.2, Carga viva =1.6

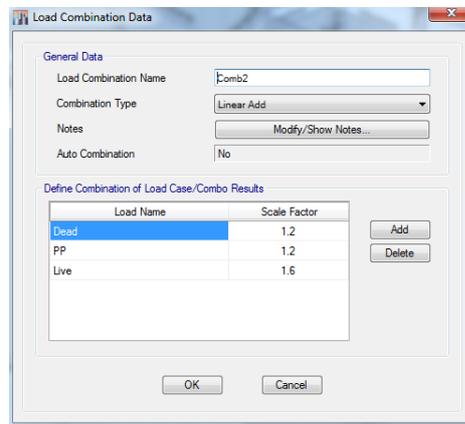


Figura 49. Combinación 2

Nota: Tomado del programa ETABS

Combinación 3:

Carga muerta =1.2, Carga viva =1.0

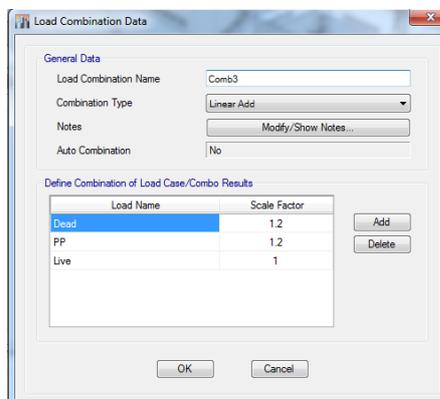


Figura 50. Combinación 3

Nota: Tomado del programa ETABS

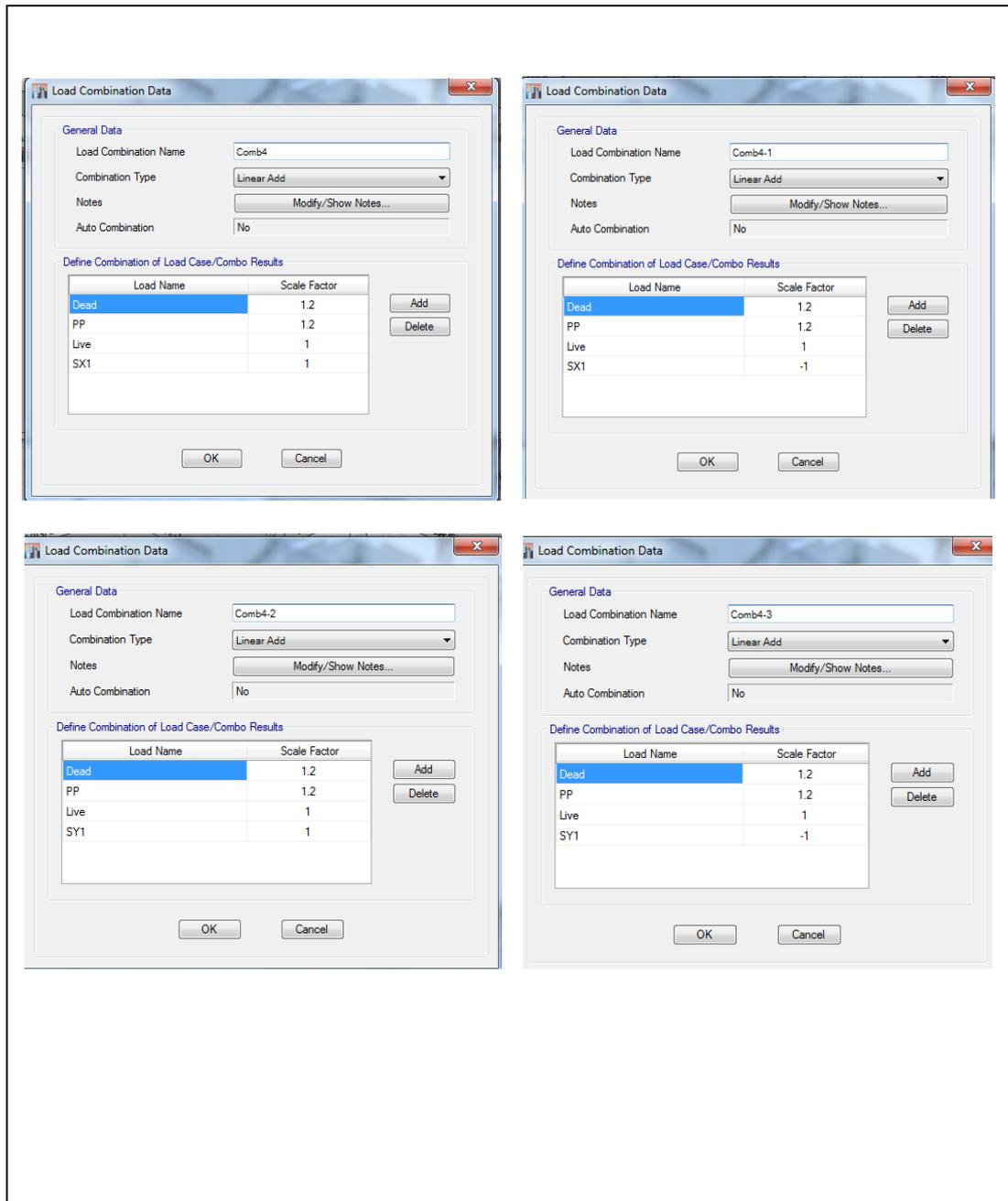
Combinación 4 y 5:

Carga muerta = 1.2, Carga viva = 1.0, Sismo en dirección X = +/-1.4

Carga muerta = 0.9, Sismo en dirección X = +/-1.4

Carga muerta = 1.2, Carga viva = 1.0, Sismo en dirección Y = +/-1.4

Carga muerta = 0.9, Sismo en dirección Y = +/-1.4



Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Comb4-4

Combination Type: Linear Add

Notes:

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
PP	1.2
Live	1
SX2	1

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Comb4-5

Combination Type: Linear Add

Notes:

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
PP	1.2
Live	1
SX2	-1

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Comb4-6

Combination Type: Linear Add

Notes:

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
PP	1.2
Live	1
SY2	1

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Comb4-7

Combination Type: Linear Add

Notes:

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
PP	1.2
Live	1
SY2	-1

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Comb5

Combination Type: Linear Add

Notes:

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	0.9
PP	0.9
SX1	1

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Comb5-1

Combination Type: Linear Add

Notes:

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	0.9
PP	0.9
SX1	-1

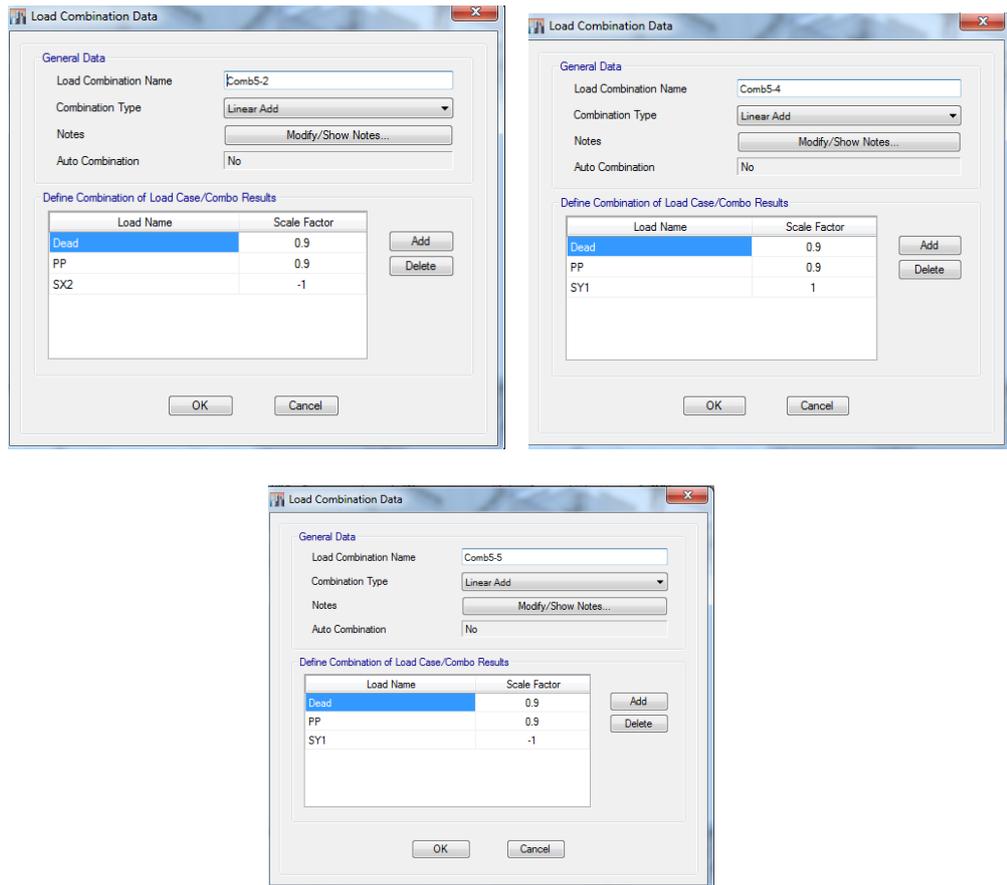


Figura 51. Combinación 4 y 5

Nota: Tomado del programa ETABS

4.4.10. Procedimiento para asignar cargas

Como se mencionó en páginas anteriores, la aplicación de carga será realizada a través de los elementos área (losas), si no tuviesen estos elementos, el procedimiento sería: asignar las cargas triangulares, trapezoidales o rectangulares directamente en las vigas, lo que sin dudarle resultaría algo tedioso.

Para asignar cargas en las losas el procedimiento se describe a continuación:

Los elementos de losa pueden ser seleccionados uno a uno, o también se puede utilizar la herramienta “Select”, para seleccionar todos los elementos de área que tengan secciones similares, y a las cuales queramos aplicarles la misma carga por unidad de área. Una vez seleccionados los elementos, la secuencia es la siguiente:

Cargas losa

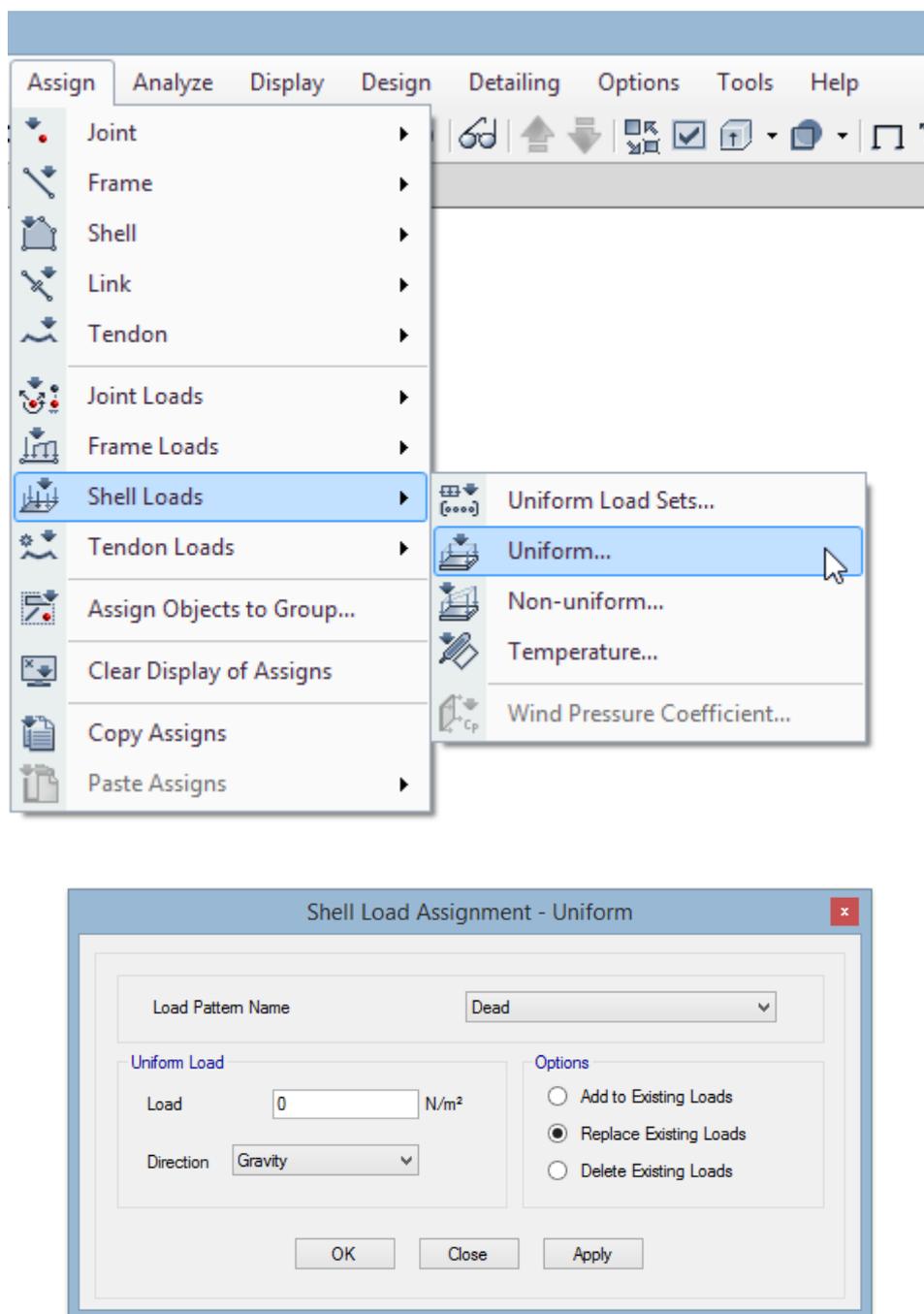


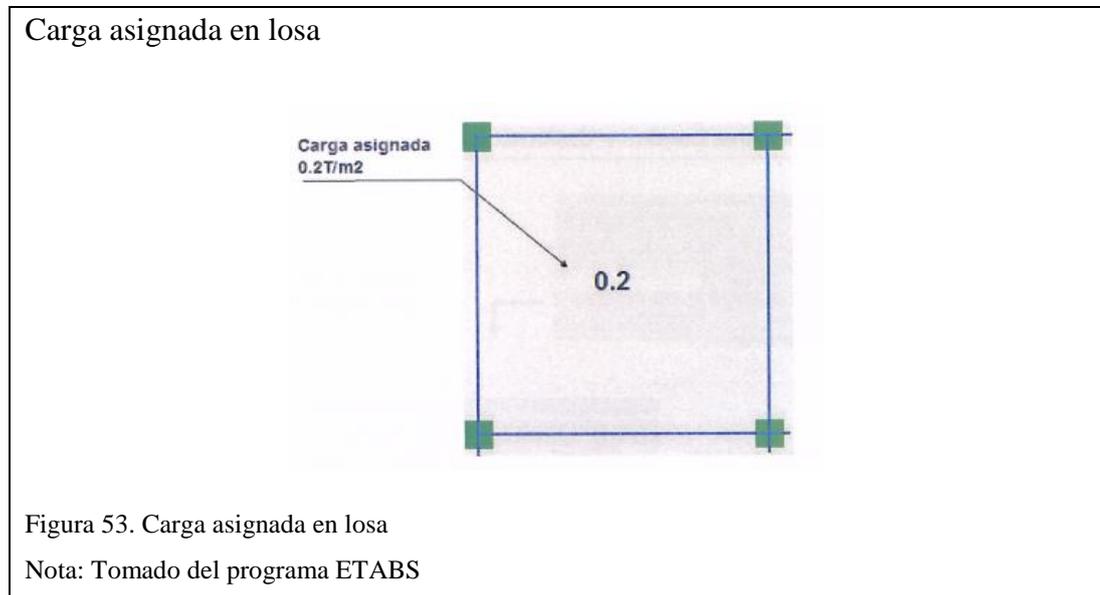
Figura 52. Asignación de cargas muertas en losa

Nota: Tomado del programa ETABS

La figura anterior muestra como asignamos la carga correspondiente a "VIVA ", como se recordará, en este estado, la carga viva se aplica en todas los elementos de losa en la dirección de la gravedad, la carga viva tiene un valor de 0.2 T/m² para los pisos de uso residencial, 0.48 T/m² en planta baja por ser de uso comercial y 0.1 T/m² en los niveles 24.14 y 19.44. Según código NEC 2014.

La carga aplicada puede ser sumada a una carga previamente asignada "Add to Existing Loads", por otra parte, si se desean remplazar las cargas existentes por la carga que se está asignando, la opción será "Replace Existing Loads" finalmente si se desean eliminar las cargas, deberemos seleccionar "Delete Existing Loads".

Estas opciones aplican solamente al estado de carga que está activo. El mismo procedimiento deberá repetirse para los demás estados de carga, verificando que la carga asignada corresponda al estado de carga correcto, igualmente es importante verificar la concordancia de unidades y la dirección de aplicación de la carga. Una vez completado el procedimiento, sobre cada elemento de losa aparecerá el valor de carga asignado.



Debemos recordar que fueron definidos dos estados para Carga Muerta: Peso Propio (PP) y Permanente (PERMAN), y carga Viva, en la figura 54 se puede observar la asignación de carga "Viva" de 0.2 T/m², no obstante, el usuario deberá realizar las respectivas combinaciones utilizando cada uno de los estados de carga que se definieron.

Compos

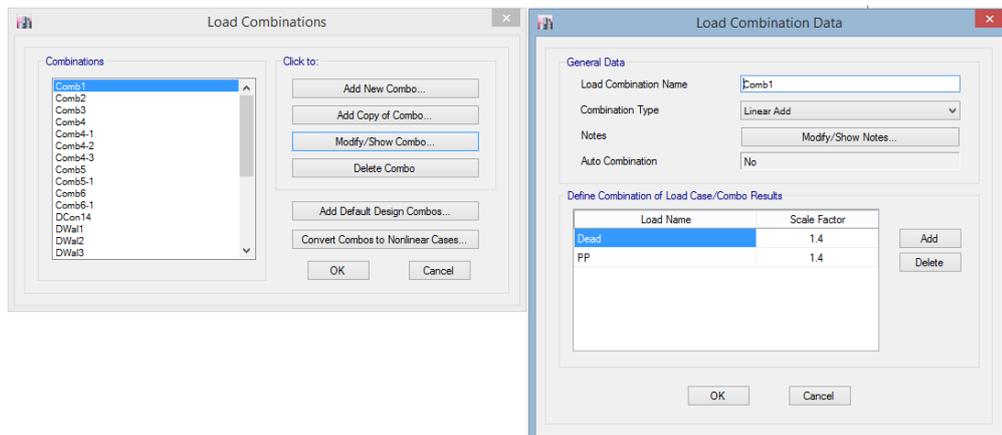
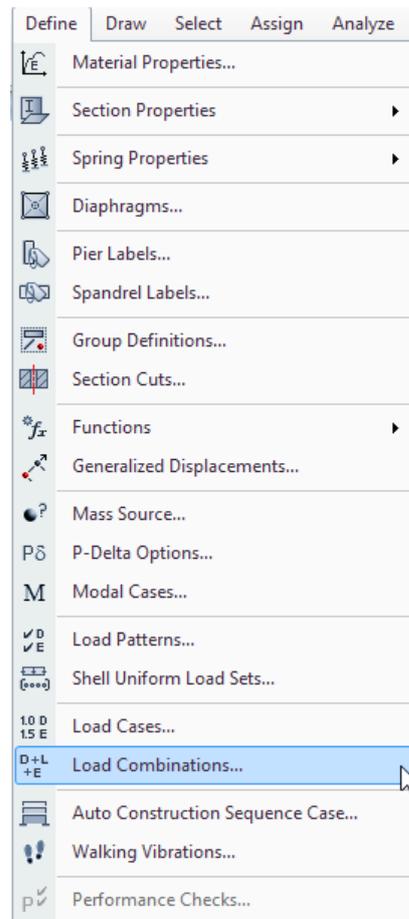


Figura 54. Combinaciones de cargas

Nota: Tomado del programa ETABS

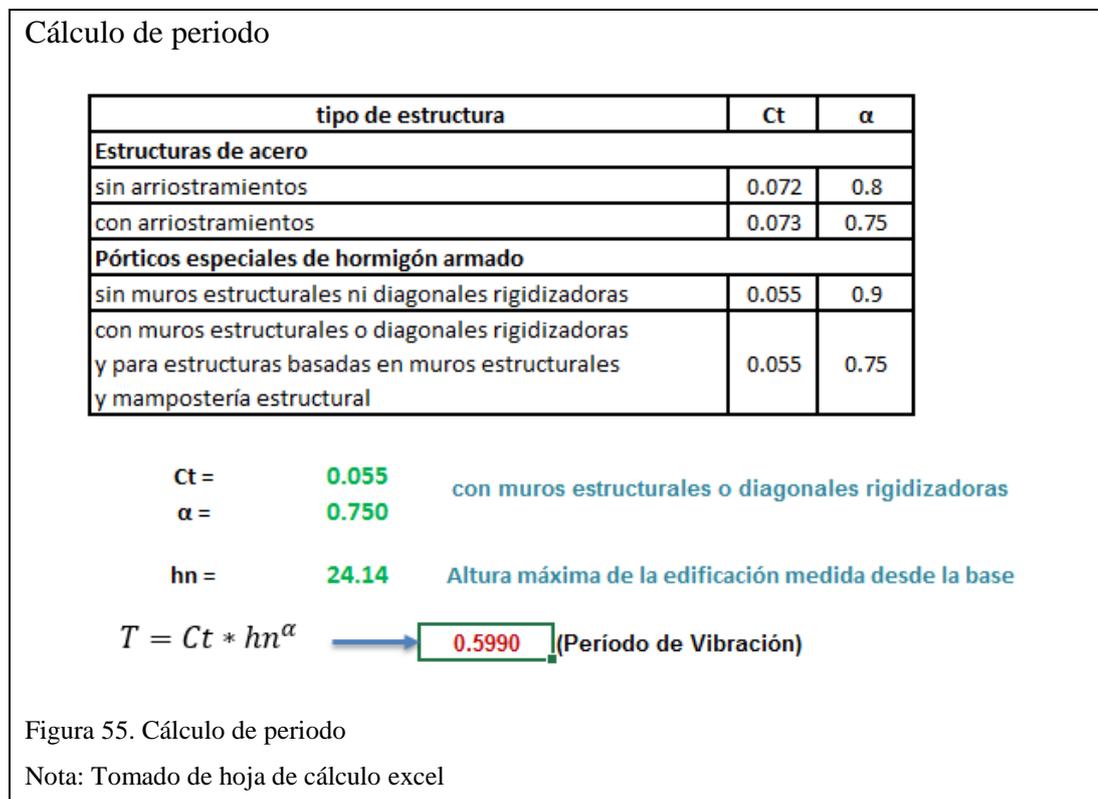
4.4.11. Análisis del modelo con ETABS

Una vez que se definieron todas las características del modelo, a saber: materiales, secciones, geometría, se definieron estados de carga, se asignaron cargas, y se efectuaron los perfeccionamientos correspondientes, el modelo está listo para ser analizado. Para ello simplemente se debe hacer clic en el icono **Run** 

4.5. Análisis e interpretación de resultados

4.5.1. Periodo

Como punto principal se tiene que comparar el periodo T calculado con las fórmulas que propone la NEC y el periodo calculado por ETABS donde se tiene lo siguiente:



Se puede apreciar que el periodo calculado manualmente da $T=0.599$ seg. y el periodo calculado por el programa $T=0.617$ seg., lo que nos indica que no cumple con la norma NEC, pero, sin embargo, la entidad colaboradora CAE permite un factor de mayoración de 30% del valor calculado, obteniendo un período de $T=0.778$ seg.

Para determinar el periodo calculado por el programa vamos a la siguiente ruta:

Periodo

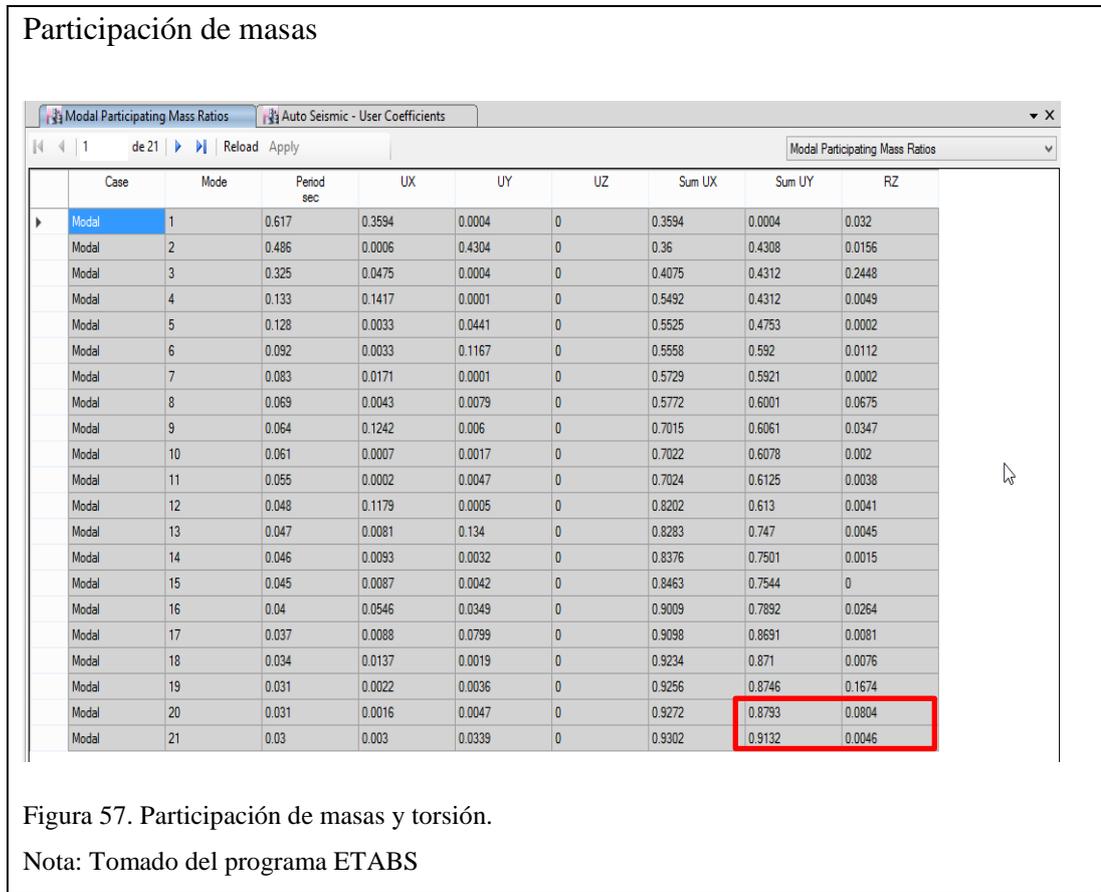
The screenshot shows the 'Display' menu in ETABS. The 'Show Tables...' option is selected, which has opened a table displaying modal analysis results. The table has three columns: 'Case', 'Mode', and 'Period sec'. The 'Period sec' column is highlighted with a red border. The first row is highlighted in blue.

Case	Mode	Period sec
Modal	1	0.617
Modal	2	0.486
Modal	3	0.325
Modal	4	0.133
Modal	5	0.128
Modal	6	0.092

Figura 56. Periodo

Nota: Tomado del programa ETABS

Para determinar la masa participativa y torsión calculado por el programa vamos a la siguiente ruta



Se controla los dos primeros modos de vibración ya que son los mayores, estos modos indican la existencia o no de rotación tomando como referencia la masa participante no mayor al 30%, es decir que $Rz \leq 30\%$ y así mismo los valores de Ux , Uy tienen que ser $\pm 30\%$. De esta manera, se puede determinar que el edificio cumple con la de NEC y los parámetros establecidos por el Colegio de Arquitectos del Ecuador (CAE).

Lo que la norma indica es que consideremos tantos modos que para las combinaciones nos aseguren como mínimo un 90% de la participación de masa, en la tabla se puede observar la sumatoria de las dos columnas Ux , Uy 100% con lo que se cumple la norma

Posteriormente seguimos la secuencia siguiente para calcular el corte basal:

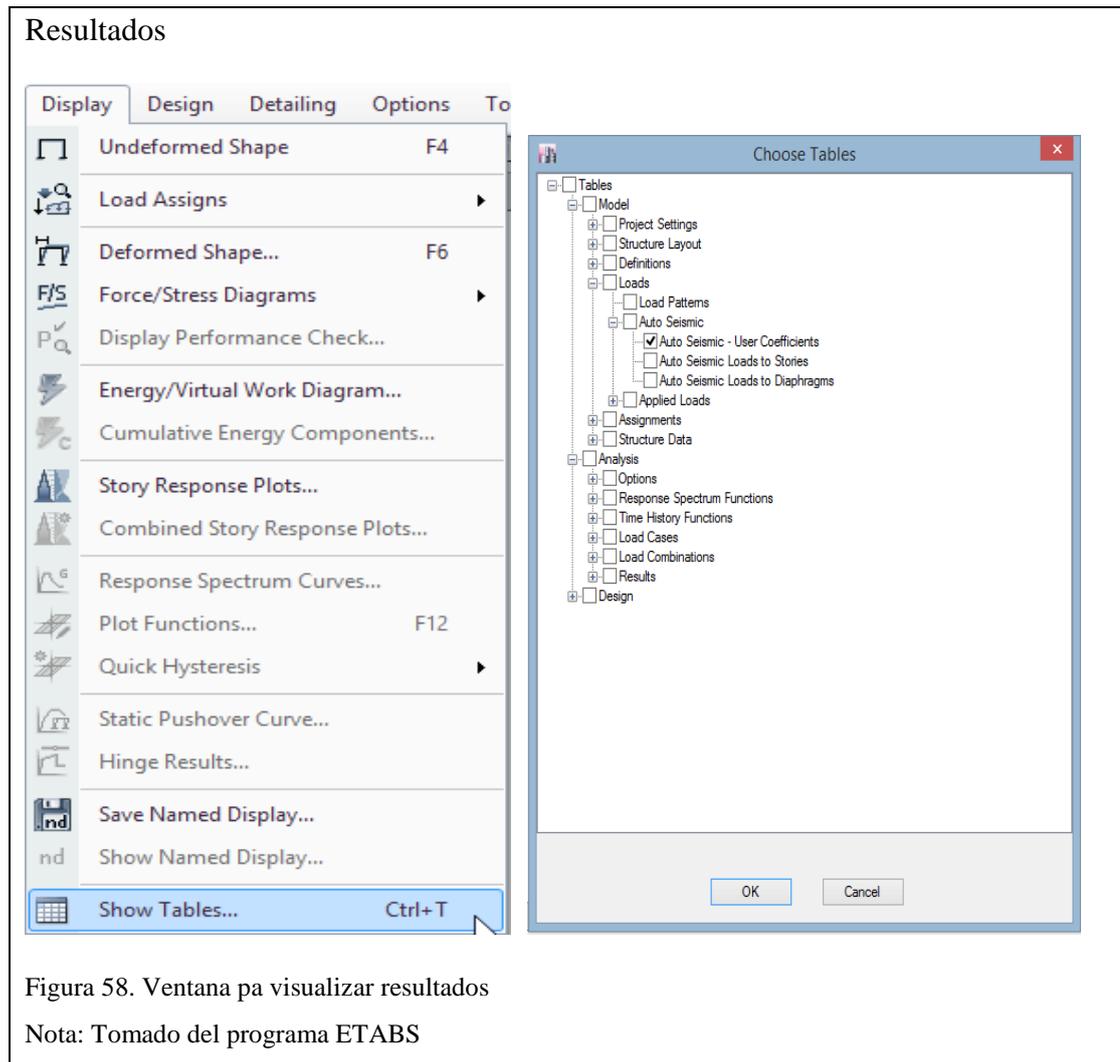


Figura 58. Ventana pa visualizar resultados

Nota: Tomado del programa ETABS

4.5.2. Comparación de derivas en modelos

Con fines explicativos, una vez que se ha analizado el modelo, se han obtenido los desplazamientos en un nudo y derivas de piso para el estado de carga "SX". Las derivas de piso se miden para estados de carga, sismo o viento, no para combinaciones de carga.

Nudos

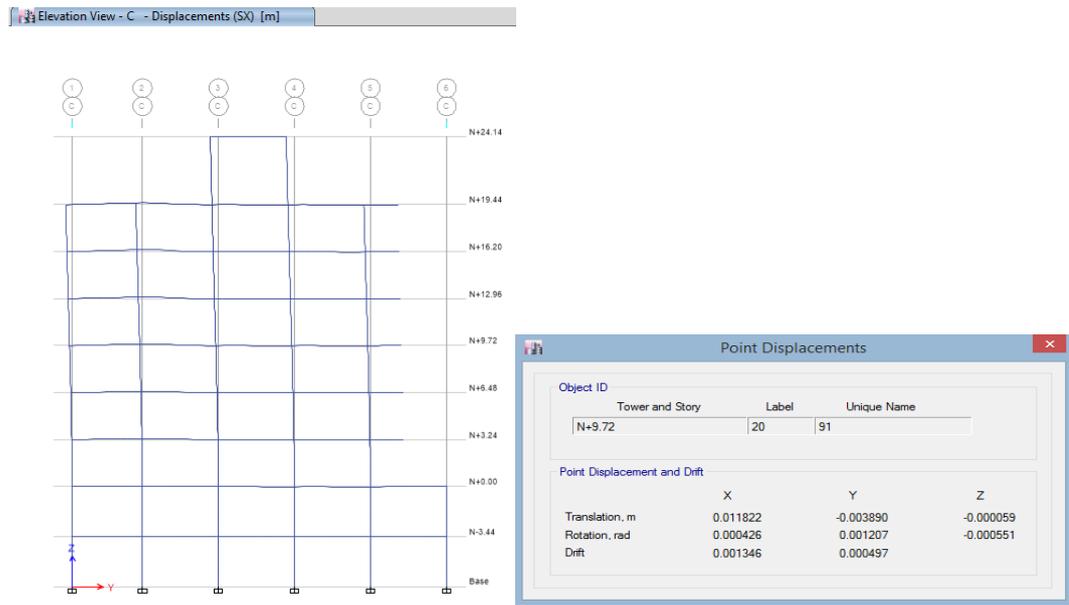


Figura 59. Información en los nudos

Nota: Tomado del programa ETABS

A continuación, se desplegará una ventana en la cual están disponibles varias opciones para visualizar las respuestas de fuerzas o desplazamientos para cargas laterales. El usuario podrá desplegar respuestas de: fuerzas laterales en pisos, derivas en diafragmas, desplazamientos medidos en el centro de masa, máxima deriva de piso, momentos de volteo etc.

Derivas

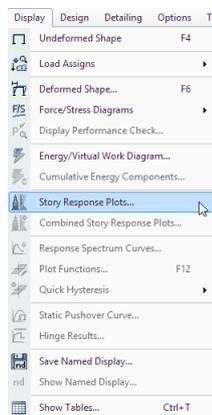


Figura 60. Derivas máximas

Nota: Tomado del programa ETABS

A continuación, se desplegará la opción para ver las derivas máximas en donde en Display Type se seleccionará **Max Story Drifts**, en Case Combo **SX** y **SY** como se indica en la figura.

Derivas máximas

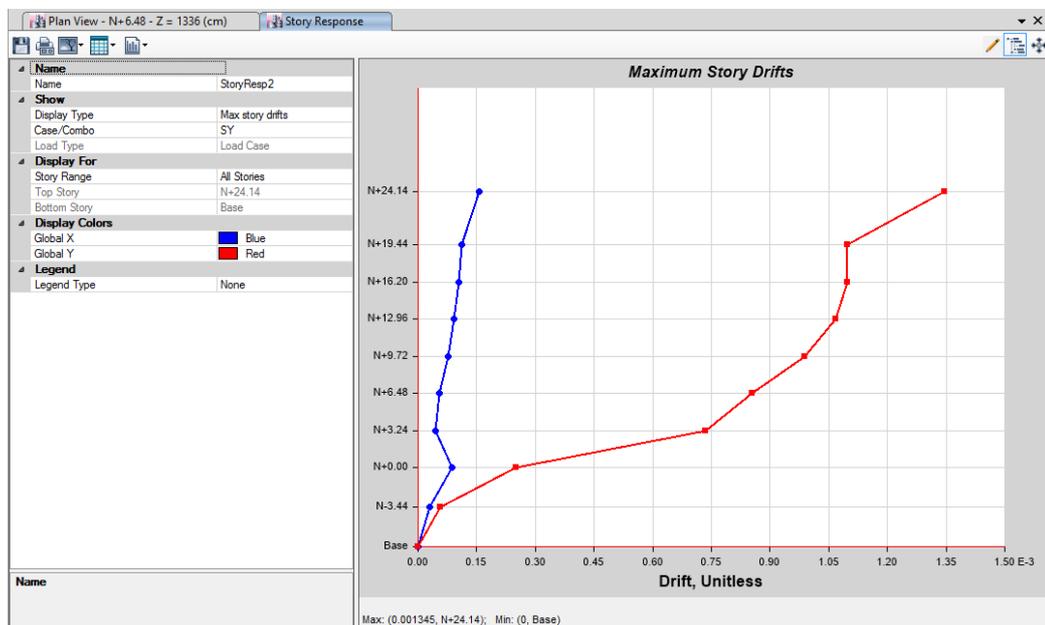
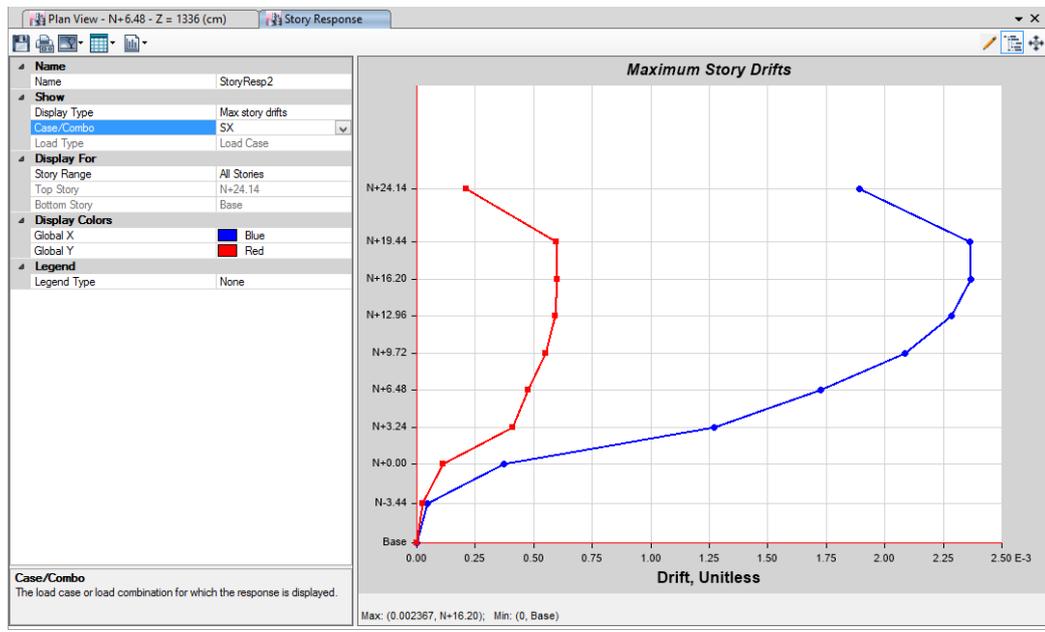


Figura 61. Derivas Sx y Sy

Nota: Tomado del programa ETABS

En el proceso de diseño se debe cumplir con “derivadas máximas” que se pueden esperar ante un evento sísmico extremo (2% conforme a la NEC-14), los desplazamientos relativos entre dos pisos consecutivos divididos entre la altura de entrepiso fueron calculados con un factor de reducción de 25%, por consiguiente:

$$\begin{array}{ll} \Delta_{\text{máx}} = 0.75 \cdot R \cdot \text{deriva en X} & \Delta_{\text{máx}} = 0.75 \cdot R \cdot \text{deriva en Y} \\ \Delta_{\text{máx}} = 0.75 \cdot 8 \cdot 0.002367 & \Delta_{\text{máx}} = 0.75 \cdot 8 \cdot 0.001345 \\ \Delta_{\text{máx}} = 0.014 < 0.02 \quad \text{ok} & \Delta_{\text{máx}} = 0.008 < 0.02 \quad \text{ok} \end{array}$$

4.5.3. Chequeo viga débil - columna fuerte

En diseño sismorresistente es fundamental realizar el chequeo de viga débil - columna fuerte. ETABS nos permite visualizar esta condición, estableciendo un índice entre la capacidad de la columna y de la viga. Se plantea una verificación manual de esta condición y posteriormente se la compara con los resultados que reporta el programa.

Según el diseño por capacidad la relación de las resistencias nominales de las columnas sobre las vigas no debe ser menor que 6/5 (1.20), entonces, teóricamente, el rango de 0 a 1.20 es inaceptable y requieren columnas como mayor cuantía o mayor sección, rangos mayores a 1.20 son adecuadas. En este caso se tiene que aclarar que el programa ETABS va arrojar valores que se van a encontrar en el rango entre 0 a 0.8333 (la inversa de 1.20 es 0.8333), si es mayor el diseño es inadecuado, caso contrario el diseño está correcto. Con esta aclaración los resultados se aprecian a continuación siguiendo la secuencia:

Relación chequeo del nudo

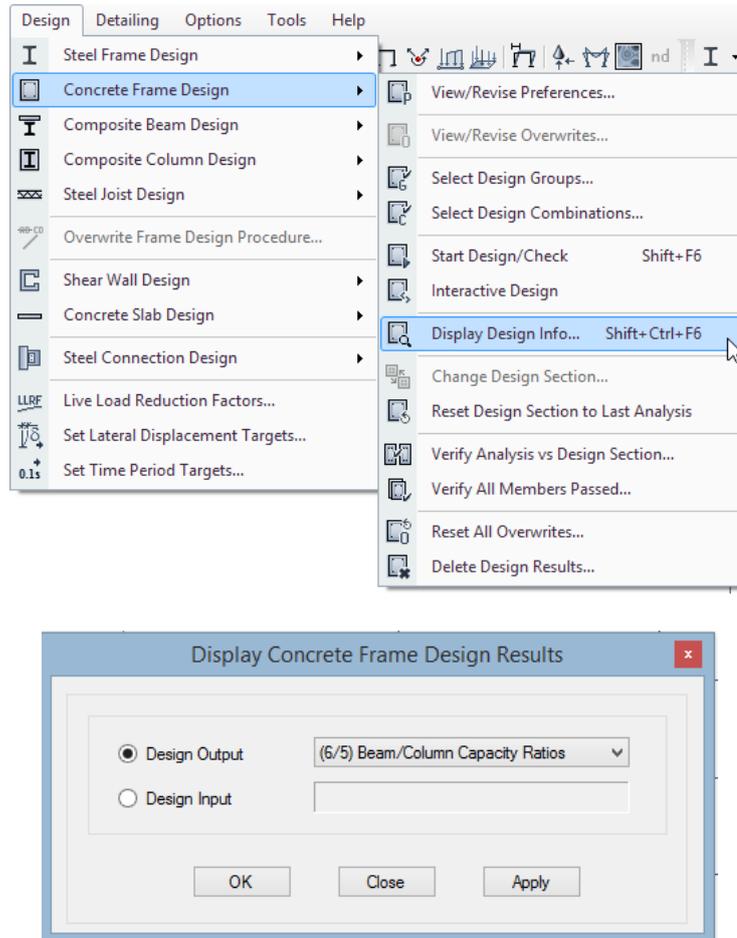


Figura 62. Visualización de la relación viga débil columna fuerte

Nota: Tomado del programa ETABS

Nudo fuerte

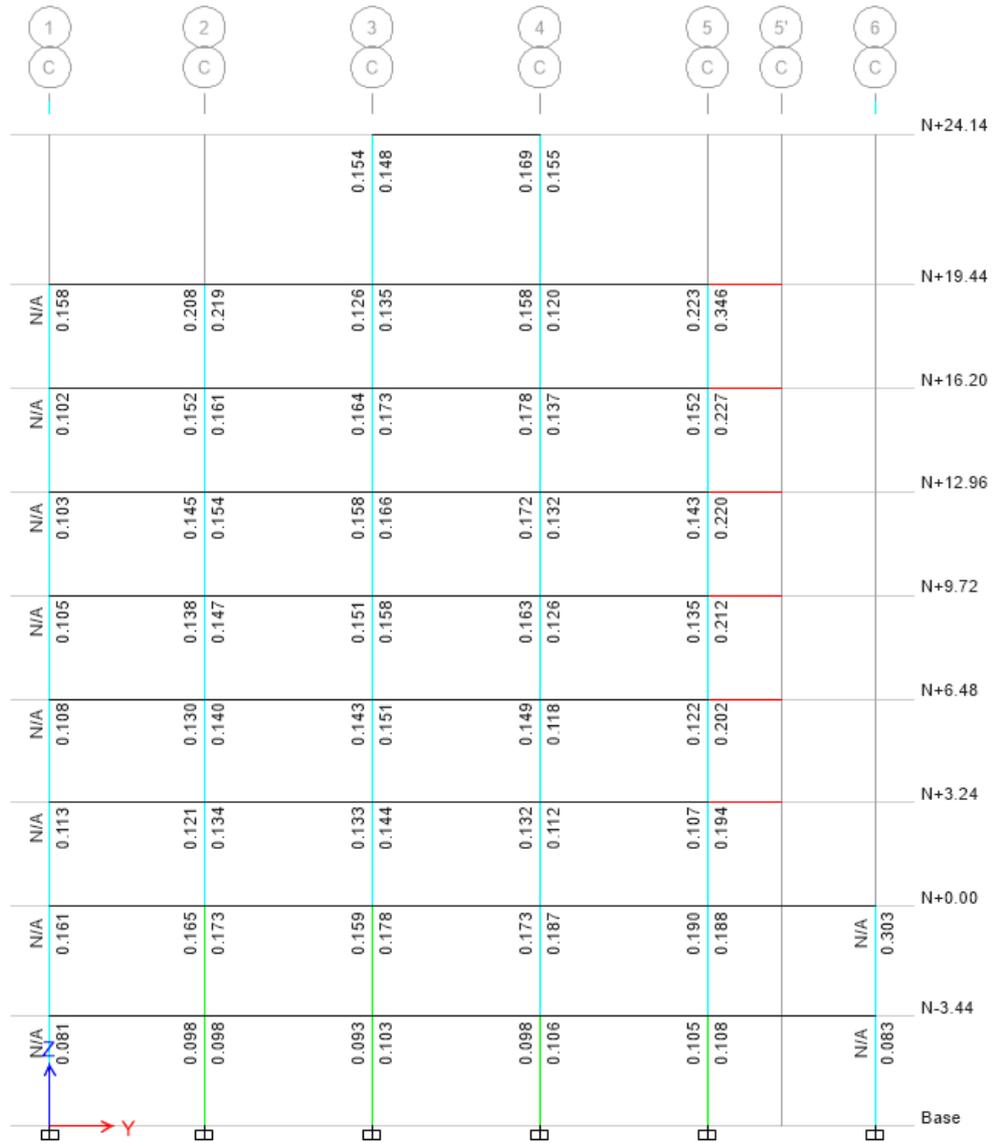


Figura 63. Columna fuerte – Viga débil

Nota: Tomado del programa ETABS

Los valores que se detallan a continuación son los que arroja el programa, se tomó como ejemplo de cálculo el pórtico C-C y los ejes 3-4 dando como acero longitudinal los siguientes valores que serán ingresados a la hoja de cálculo para el respectivo chequeo.

Nudo fuerte

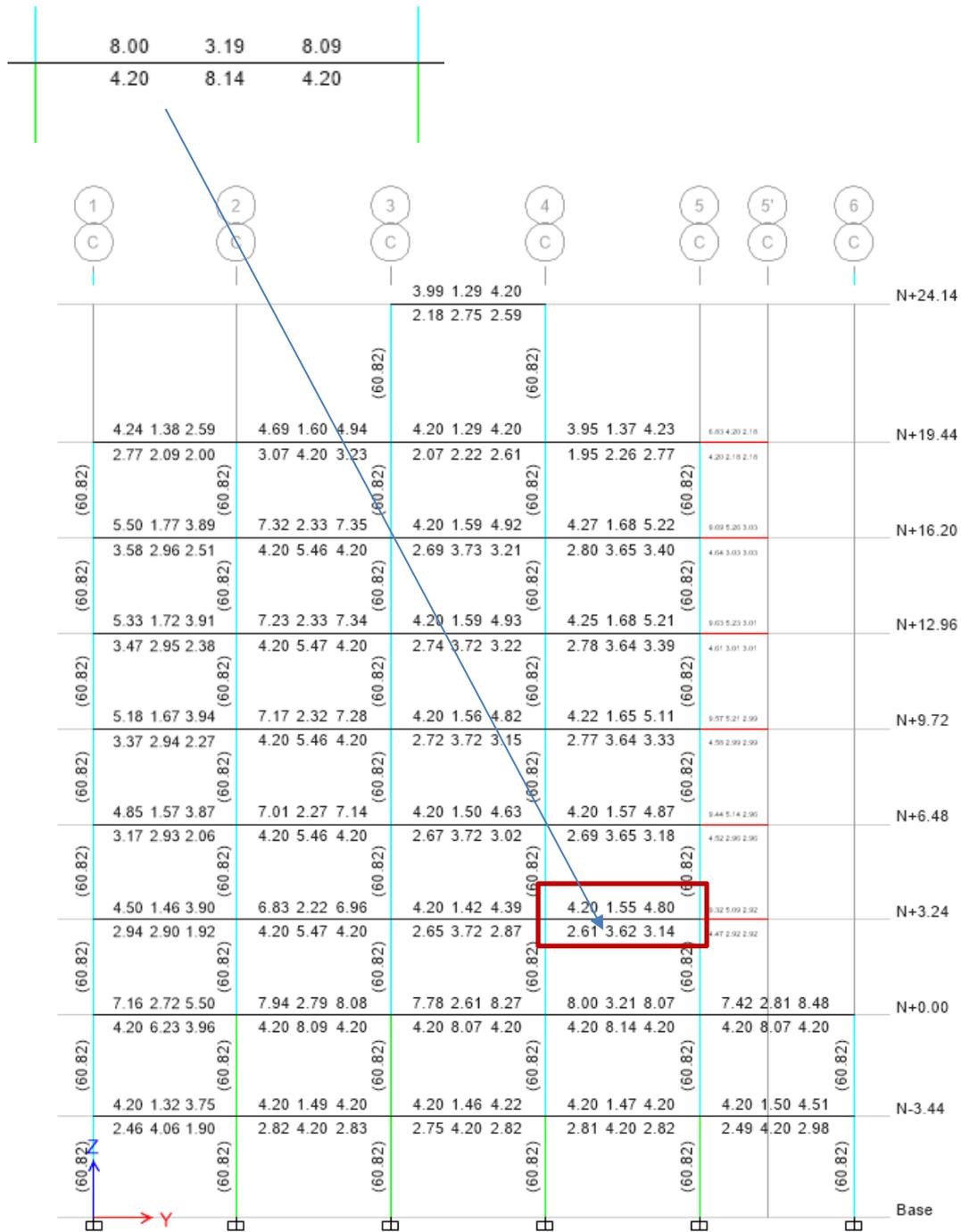


Figura 64. Nudo fuerte

Nota: Tomado del programa ETABS

Comprobación nudo fuerte

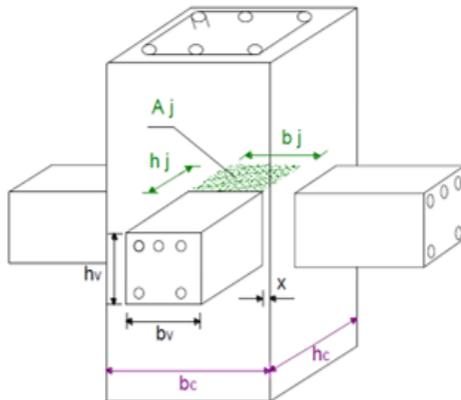
$$V_n = \alpha * \sqrt{f'c} * A_j$$

CONDICIONES

$$V_j < \phi V_n$$

$$h_c \geq 20 * \phi v_{iga}$$

$$h_{col} \geq h_{viga}$$



NOTA:

El peralte de la columna debe ser paralelo al sentido del análisis

CONDICION	INTERNA
α	5.3

BAJE CATEGORIA	
α	4

Aj	2125
Vn	111.93

 Ton

CHECK LIST	
CORTE	OK
ADHERENCIA	OK
CORTE VERTICAL	OK

DISEÑO DE NUDO		
DATOS DE COLUMNA		
hc (cm)	50	peralte columna
bc (cm)	50	ancho columna
H (m)	3.24	altura de la columna
DATOS VIGA		
bv (cm)	35	ancho de la viga
hv (cm)	40	alto de la viga
recubr	4	
As1		
número	4	
ϕ	18	
As1	10.18	
As2		
número	4	
ϕ	16	
As2	8.04	
d viga	36	
f'c	240	

Figura 65. Comprobación nudo fuerte

Nota: Tomado de hoja de calculo

Para que el nudo sea fuerte y la comprobación sea válida debe cumplir obligatoriamente las condiciones de corte, adherencia y corte vertical.

4.5.4. Deflexiones en vigas internas y volados.

Deflexión en viga



Figura 66. Valor de deflexión.

Nota: Tomado del programa ETABS

Como se muestra en la figura esta analizada la viga del nivel 9.72 y pórtico en elevación del eje B entre los ejes 3-4 ya que tiene la luz más crítica 5.20 m además se crea un combo de carga muerta + carga viva sin mayorar y con eso se obtiene:

Para comprobar la deflexión se lo hace con el siguiente cálculo:

Vigas: $L/360$ donde $5.20 \text{ m}/360 = 0,014 \text{ m}$

$0,014 > 0.000812$ ok

Comprobación para el voladizo

Deflexión en voladizos

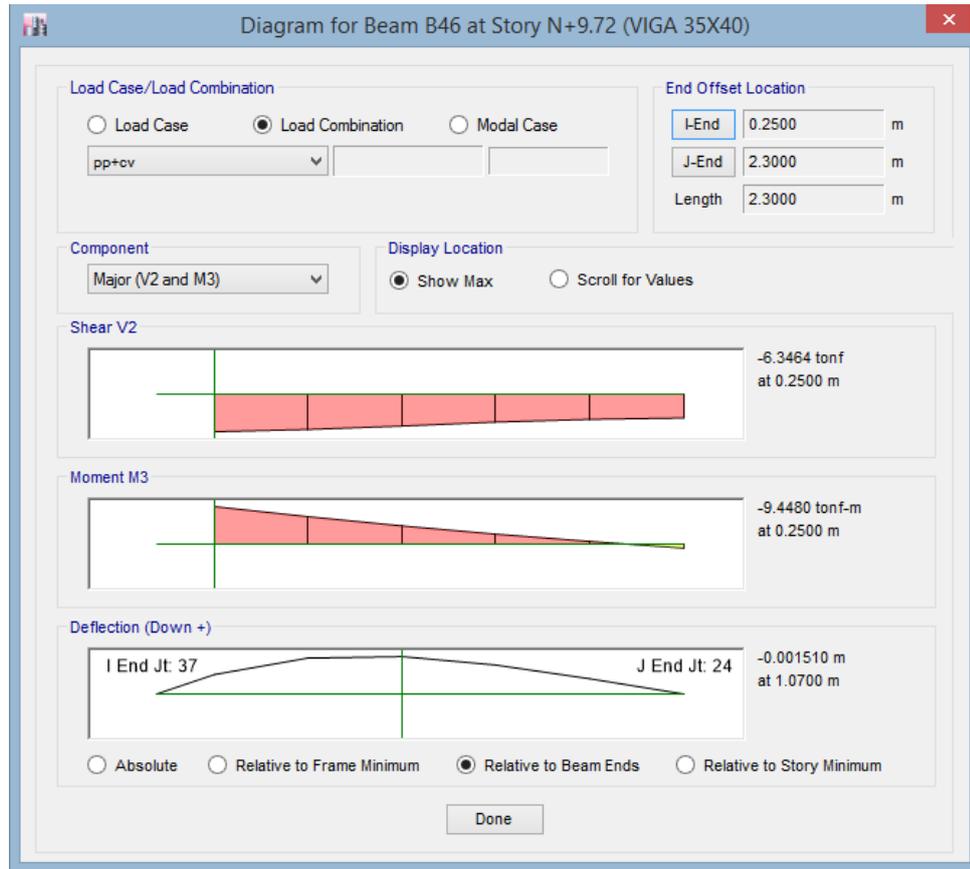


Figura 67. Valor de deflexión máxima.

Nota: Tomado del programa ETABS

Voladizos: $L/180$ donde $2.30\text{m}/180 = 0,004\text{ m}$

$0,004 > 0.0015$ ok

4.6. Diseño de muros - diafragmas

Se detalla el diseño del muro de longitud $L=5.20\text{ m}$ ubicado en el eje A'' entre los ejes 3-4 para lo cual se observan los valores marcados en el recuadro.

Diseño de muros

ETABS 2016 Shear Wall Design

ACI 318-14 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
N+3.24	P2	310.111	1260	900	25	0.466

Material Properties

E_c (tonf/cm ²)	f'_c (tonf/cm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (tonf/cm ²)	f_{ys} (tonf/cm ²)
209.141	0.24	1	4.218	4.218

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_C	Φ_v	Φ_v (Seismic)	IP_{MAX}	IP_{MIN}	P_{MAX}
0.9	0.65	0.75	0.8	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X ₁ cm	Left Y ₁ cm	Right X ₂ cm	Right Y ₂ cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	270	1520	460	1520	190	25
Top	Leg 2	270	1000	270	1520	520	25
Top	Leg 3	270	1000	460	1000	190	25
Bottom	Leg 1	270	1520	460	1520	190	25
Bottom	Leg 2	270	1000	270	1520	520	25
Bottom	Leg 3	270	1000	460	1000	190	25

Flexural Design for P_u , M_{u2} and M_{u3}

Station Location	Required Rebar Area (cm ²)	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	P_u tonf	M_{u2} tonf-cm	M_{u3} tonf-cm	Pier A_g cm ²
Top	64.86	0.0029	0.0053	DWai9	262.0409	-3212.998	120082.823	22500
Bottom	109.98	0.0049	0.0053	DWai9	266.0539	-118.01	163055.346	22500

Figura 68. Diseño de muros.

Nota: Tomado del programa ETABS

Datos:

Armadura vertical

diafragma	A_g	22500
5.20 metros	required reinf ratio	0.0049
	A_s vertical	110.25
		55.13 c/lado
	No de varillas c/lado	22.5
	A_s c/varilla	2.45

Pier A_g cm²: 22500 cm²

Required Reinf Ratio: 0.0049

A_s vertical: 22500/0.0049

A_s vertical:

Armadura horizontal

1 m entran 5 varillas cada 20 cm	
acero horizontal cm ² / m	6.3
numero de varillas(2 caras)	10
as requerido	0.63

∅12 @ 20

Rebar c²/m: 6.3

4.6.1. Armado de diafragmas

Los diafragmas se deben diseñar por cada nivel en ETABS, determinando los esfuerzos para cada estado de carga, donde se obtienen los esfuerzos últimos (M_u , P_u , V_u). Con estos resultados se determinan las cuantías para las combinaciones de carga. Cabe destacar que se mantendrá la distribución de acero en toda la altura del elemento.

4.6.2. Cálculo de armadura por corte

Se debe calcular la capacidad nominal cortante para muros cuya ecuación es:

$$V_n = A_{cv} * (\alpha c * \sqrt{f'c} + \rho n * f_y)$$

Donde $\alpha c = 1/4$

$$A_{cv} = 25cm * 520cm = 13000cm^2$$

$$V_n = 13000 * (0.25 * \sqrt{240} + 0.0025 * 4200)$$

$$V_n = 186.85 Ton$$

Diseño por corte

Shear Design									
Station Location	ID	Rebar cm ² /cm	Shear Combo	P _u tonf	M _u tonf-cm	V _u tonf	ΦV _c tonf	ΦV _n tonf	
Top	Leg 1	0.0625	DWal4	42.4892	2217.63	38.3847	45.0068	75.0631	
Top	Leg 2	0.0625	DWal10	134.6308	-18171.488	133.1077	125.9283	208.1874	
Top	Leg 3	0.0625	DWal5	-88.4766	4488.687	21.3338	13.6374	43.6936	
Bottom	Leg 1	0.0625	DWal4	47.2964	-10219.002	38.3847	29.5605	59.6167	
Bottom	Leg 2	0.0625	DWal10	142.7272	-61298.367	133.1077	127.1427	209.4019	
Bottom	Leg 3	0.0625	DWal5	-83.6694	-2423.455	21.3338	26.0831	56.1393	

Figura 69. Diseño por corte.
Nota: Tomado del programa ETABS

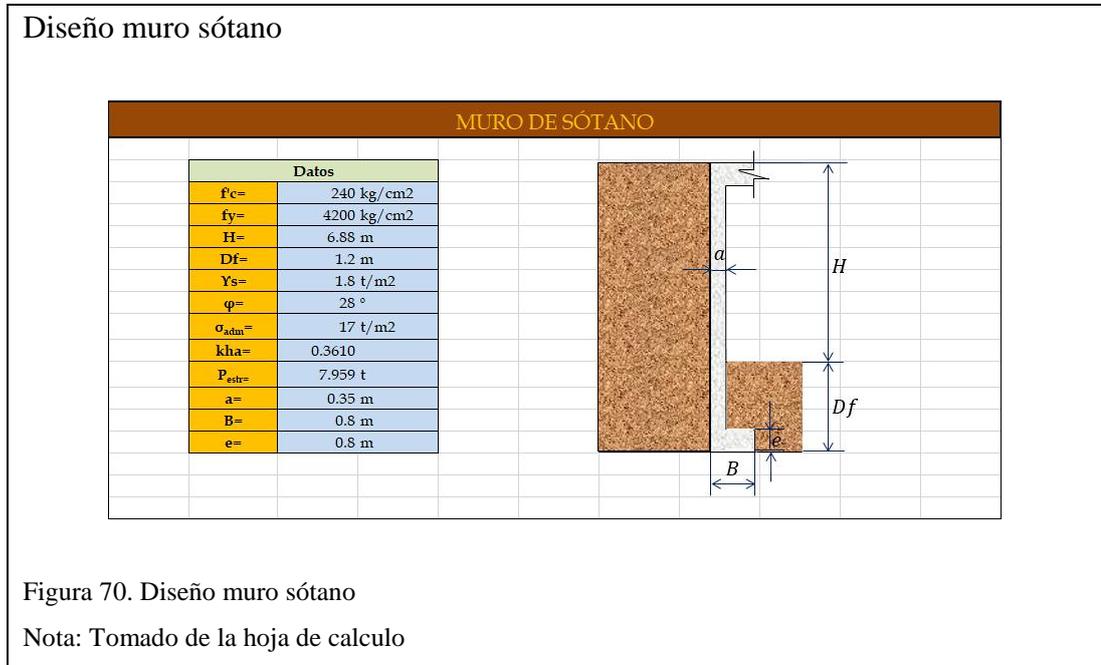
$V_u = 133.1077$ Ton este valor de cortante es obtenido de la combinación más crítica en ETABS.

$$V_u < V$$

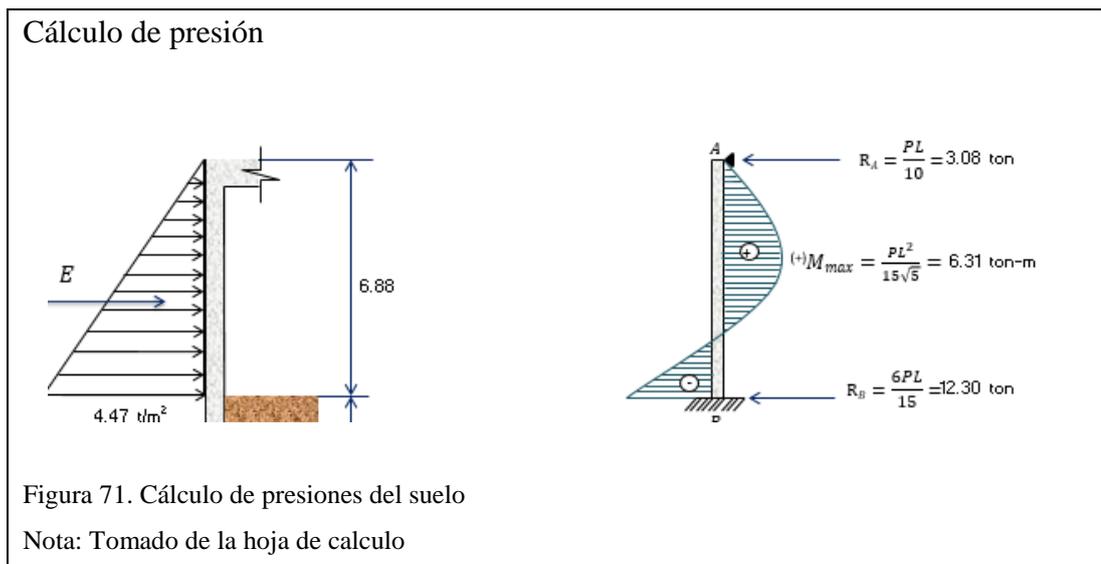
$$133.1077 Ton < 186.85 Ton \quad OK$$

4.7. Diseño de muro de sótano.

El diseño del muro de sótano se realizó en hojas electrónicas de Excel, a continuación, se muestra el detalle del mismo.



4.7.1. Cálculo presión producido por suelo, reacciones y momentos



4.7.2. Diseño de pantalla

a.- Diseño a flexión

$$\begin{aligned}M_{UB} &= 21.16 \text{ ton-m} \\ b &= 100 \text{ Cm} \\ rec &= 5 \text{ Cm} \\ d &= 30 \text{ Cm} \\ \phi_{flexion} &= 0.9\end{aligned}$$

a.1- Cálculo de cuantía de refuerzo

$$w = 0,847 - \sqrt{0,719 - \frac{Mu}{0,59 \phi f'c b d^2}} \rho_{cal} = w \frac{f'c}{fy} = 0.0066$$
$$w = 0.11591674$$
$$\rho_{min} = \frac{14}{fy} = 0.00333$$
$$\rho_{dis} = 0.00664$$
$$0.00662$$

a.2 Calculo de acero de refuerzo principal.

$$A_{sdis} = \rho b d$$

$$A_{sdis} = 9.8714 \text{ cm}$$

a.3 Cálculo de acero de refuerzo por temperatura

$$A_{stem} = 0,002bt$$

$$A_{stem} = 0.07 \text{ cm}^2$$

$$A_{stem} = 0.035 \text{ cm}^2/\text{cara}$$

b.- Diseño a corte

$$\begin{aligned}V_u &= 18.46 \text{ ton} \\ b &= 100 \text{ cm} \\ rec &= 5 \text{ cm} \\ d &= 30 \text{ cm} \\ \phi_{corte} &= 0.85\end{aligned}$$

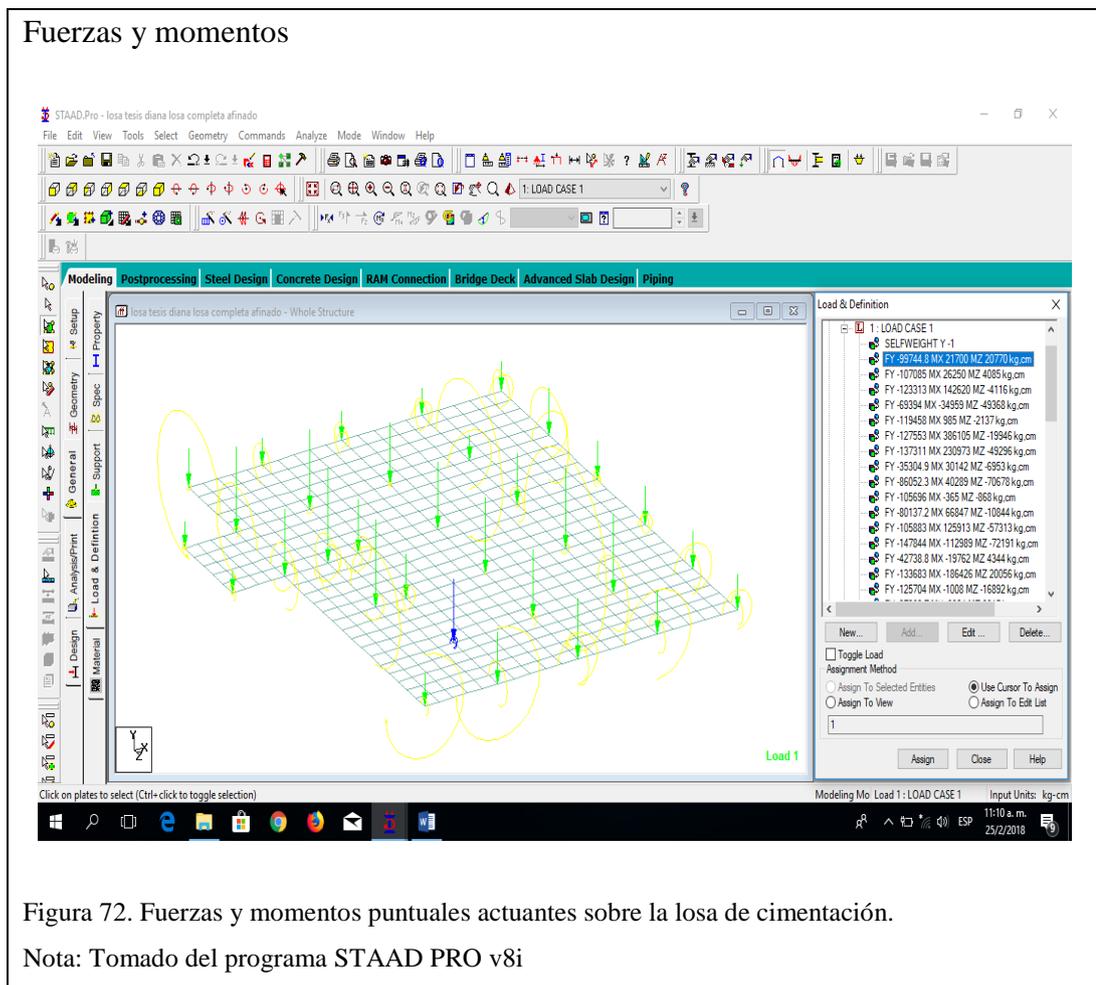
b.1- Chequeo a corte

$$v_u = \frac{V_u}{\phi b d} \leq v_{uc} = 7.238 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_{uc} = 0,53\sqrt{f'c} = 8.211 \text{ kg/cm}^2$$

4.8. Diseño de losa cimentación

El diseño de las cimentaciones fue realizado con el software Staad Pro v8i. la infraestructura se calculó como una losa fundación. Para el cual fue necesario colocar las reacciones de apoyo resultantes del ETABS tal como se muestra en la figura 66.



En la figura 72 se muestran los resultados donde se aprecia la presión máxima actuante con un valor máximo de 1.45 kg/cm² menor que el considerado en el cálculo de la estructura 1.7 kg/cm². Cabe destacar que realmente el estudio de suelos de referencia recomienda un valor de esfuerzo permisible del suelo de 2.928 kg/cm² a una profundidad de -6 m. Sin embargo, la losa fundación estará a una profundidad de desplante de -8.08m, quiere esto decir que se consideró un factor de seguridad de 1.2

kg/cm², dado que las recomendaciones del estudio de suelos corresponden a -6m de profundidad y el cimiento estará a -8.08m.

Presión máxima

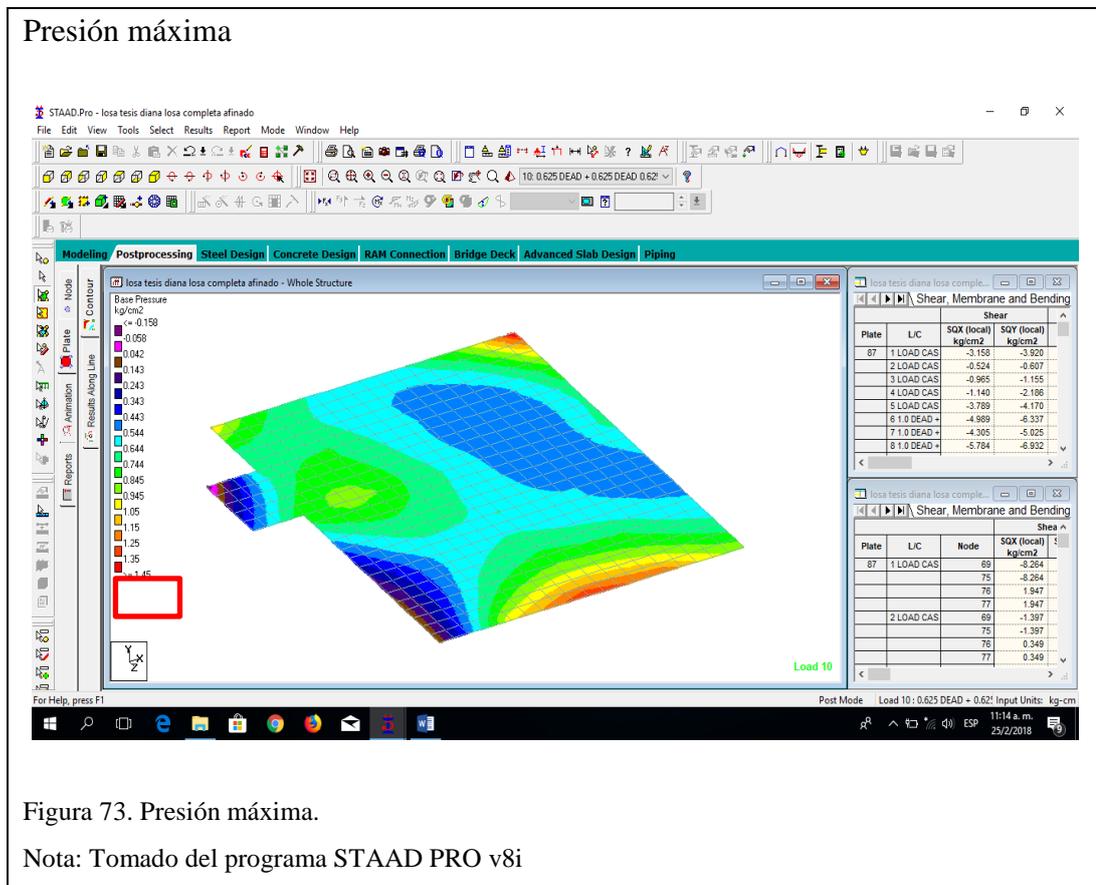


Figura 73. Presión máxima.

Nota: Tomado del programa STAAD PRO v8i

El espesor resultante de la losa es de 1.20 m y será reforzada con el área de acero mínimo, es decir 24 cm²/m tal como se muestra en la figura 75 para el cual se utilizarán varillas de 25mm de diámetro a cada 20cm en ambas direcciones.

Acero de refuerzo

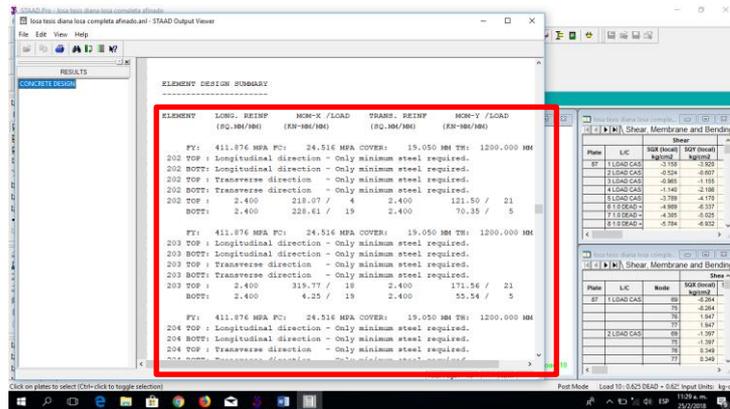


Figura 74. Distribución de acero de refuerzo

Nota: Tomado del programa STAAD PRO v8i

4.9. Análisis económico y financiero

4.9.1. Estimación de volúmenes de obra

El volumen del generador del concepto se multiplicará por el precio unitario que está definido en el presupuesto y nos dará una estimación del costo de obra. La lista de materiales se encuentra en el Anexo 3.

4.9.2. Análisis de precios unitarios. (APU)

El análisis de precio unitario es el costo de una actividad por unidad de medida, el mismo que se compone de una valoración de los materiales, la mano de obra, materiales, equipos y herramientas que serán los costos directos, mientras que la utilidad, transporte, material de oficina y gastos varios por ejemplo (papelería, impresión, carpetas, esferos, alquiler de oficina, pago de servicios públicos etc.) corresponden a costos indirectos.

prevención de accidentes corresponden a los costos indirectos, material de oficina y gastos varios por ejemplo (papelería, impresión, carpetas, esferos, alquiler de oficina, pago de servicios públicos etc.)

Para saber que un presupuesto está bien elaborado la Cámara de Construcción cuenta con unos porcentajes de incidencia de componente de un proyecto.

A continuación, se puede apreciar que el presente proyecto se encuentra dentro los rangos correspondientes a una edificación.

Cuadro de incidencia

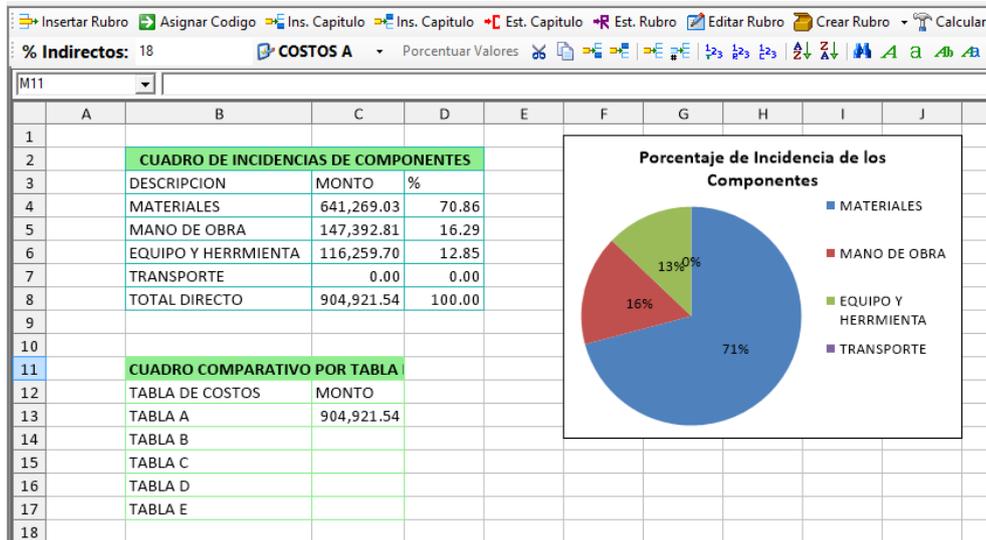


TABLA DE INCIDENCIA DE INSUMOS			
%	MATERIALES %	MANO DE OBRA %	EQUIPO %
EDIFICACION	60 - 80	15 - 30	5 - 15
REDES DE AGUA	60 - 80	15 - 30	5 - 15
RED DE ALCANTARILLADO	60 - 80	15 - 30	5 - 15
VIAS	40 - 60	10 - 25	20-40

Figura 75. Cuadro de incidencia

Nota: Tomado del programa Pro Excel

El análisis de los precios unitarios se encuentra en el Anexo 4.

CONCLUSIONES

- El tamaño de la sección transversal de los componentes estructurales (losa, vigas y las columnas) calculado en el pre diseño por carga de gravedad permitió que el programa realizara la revisión de la estructura.
- Los componentes estructurales de la edificación fueron calculados según los criterios sismoresistente establecidos en las normas ACI-318-14 y NEC-2014. Para esto fue necesario controlar, periodo, masa participativa, corte basal, derivas inelásticas, chequeo del nudo y control de deflexiones.
- El periodo de la estructura resulto ser $T=0.617$ seg, menor que el permisible según la entidad colaboradora CAE cuyo valor corresponde a $T=0.778$ seg. El porcentaje de la masa participativa, en cada dirección de análisis es de 93.02% y 91.32% en las direcciones X y Y respectivamente, mayor al mínimo establecido por norma la cual establece 90% como mínimo. El corte basal, resulto ser el mínimo según norma cuyo valor corresponde a 247.71 Ton. Las derivas inelásticas en cada dirección de análisis del sismo resultaron ser 0.014 y 0.008 ambas menores que la máxima establecida según NEC el cual corresponde a 0.02. En relación al chequeo del nodo en todos los casos los resultados fueron mayor a 1.2, por ultimo las deflexiones actuantes están dentro de los valores permisible.
- Los resultados obtenidos muestran columnas con sección de 50x50cm con cuantía de refuerzo 2.43 %, las vigas serán de 35x40 con cuantía de refuerzo menor a la máxima permitida 0.025, la losa tiene espesor de 25 cm con refuerzo

de $\Phi 14$ tanto en refuerzo positivo como negativo. Los diafragmas serán de 25cm de espesor reforzados con acero $\Phi 18$ y 12 mm. Los muros sótanos serán de 35 cm de espesor reforzados con varillas de $\Phi 20$ y $\Phi 14$ como acero longitudinal y horizontal. En relación a la infraestructura es será una losa cimentación de espesor de 1.20 m de altura reforzadas con varillas de $\Phi 25$ mm a cada 20cm en ambos sentidos.

- Los diagramas o muros de corte permitieron controlar el periodo y la torsión en el edificio dada la irregularidad de la estructura.
- El proyecto requiere un total de 195784.81 kilogramos de acero de refuerzo y 1669.88 m³ de concreto para la construcción de la infraestructura y superestructura de la edificación.
- Se requieren de 117.24 kilogramos de acero por cada metro cubico de concreto.
- El costo de construcción de la edificación en su obra gris corresponde a un monto aproximado de \$1066103.45
- El costo de construcción por m² estimado para este proyecto corresponde a un valor de \$403.77 en su obra en gris.

RECOMENDACIONES

- Realizar el diseño sísmoresistente de la edificación considerando que la estructura estará conformada por perfiles metálicos y sistema de entre piso losas deck. A efecto de comparar los resultados en cuanto a materiales requeridos para la construcción del edificio y el costo del mismo.
- Diseñar la edificación considerando la hipótesis de dilatar (separar) la estructura a efectos de evitar irregularidad en planta para evaluar y comparar el comportamiento de la estructura con los obtenidos en el trabajo técnico desarrollado.

REFERENCIAS

- Aguilar, L. D. (2015). *Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta del reforzamiento de la institución honrar la vida del D.M.Q.* Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5300/1/T-UCE-0011-191.pdf
- Aguirre, C. E. (2008). *Análisis técnico-económico entre proyectos de construcción de estructura metálica y hormigón armado para edificios.* Universidad Politécnica Salesiana, Quito. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277869276_Analisis_tecnico-economico_entre_proyectos_de_construccion_de_estructura_metalica_y_hormigon_armado_para_edificios
- Alvear, S. (17 de Abril de 2013). *Slide Share.* Obtenido de <http://es.slideshare.net/azuca92/criterios-para-diseo-estructural>
- American Institute of Steel Construction. (2005). *Especificaciones para construcciones en acero estructural.* Chicago . Obtenido de http://www.aisc.org/uploadedfiles/steel_solution_center/technical_resources/engineering_faqs/2005specification_third_printing.pdf
- Avendaño, M. G. (2013). *Cimentaciones sismo resistentes utilizando SAFE.* Quito.
- Avendaño, M. G. (2014). *Diseño sismoresistente de edificios de acero utilizando ETABS y NEC 2014* (Segunda edición ed.). Quito.
- Benavides, M. (2013). *Los Quitos del Sur.* Obtenido de <http://www.quitofun.com/ADondeIr-LosQuitosDelSur.html>
- Club Ensayos. (2013). *Levantamiento Topográfico.* Obtenido de <https://www.clubensayos.com/Historia/Levantamiento-Topografico/1342564.html>
- Diario La Hora. (1 de Junio de 2011). Noticias de Quito. *Quitumbe en pleno auge.* Obtenido de <http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101150511#.Vv1vMnokjCZ>

Google. (27 de Noviembre de 2014). *Google Earth*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@-0.2986801,-78.5484682,917a,20y,15.75h/data=!3m1!1e3>

Guerra A, M., & Chacón S, D. (2010). *Manual para el Diseño Sismo Resistente de Edificios utilizando el programa ETABS*. Quito.

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (2016). *Infraestructura de datos espaciales del INIGEMM*. Obtenido de <http://geoportal.inigemm.gob.ec/>

Macías, M. J. (2011). *Análisis Técnico Económico del Diseño Sismoresistente de un edificio con estructura de acero vs estructura de hormigón armado*. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/496>

Maps, Google. (2016). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@-0.297624,-78.5496814,16.5z>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUV. Obtenido de http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_RE_%28Riesgo_sismico%29.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUV. Obtenido de http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_DS_%28peligro%20sismico%29.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_CG_%28cargas_no_sismicas%29.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_AC_%28Estructura_Acero%29.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_HM_%28hormigon_armado%29.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI. Obtenido de http://www.disaster-info.net/PED-Sudamerica/leyes/leyes/suramerica/ecuador/otranorm/Codigo_Ecuatoriano_Construccion.pdf

Ministerio de Salud Pública. (2008). *Servicios Públicos de Salud*. Quito. Obtenido de http://www.saluddealtura.com/fileadmin/PDF/Directorio_servicios_salud_publicos.pdf

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (s.f.). *Alcaldía de Quito*. Obtenido de <http://sthv.quito.gob.ec/images/PUOS2012/USOSSUELOPRINCIPALPUOSU1.pdf>

Rosas, G. E. (2015). *Estudio Estructural comparativo entre hormigón armado y acero estructural para el conjunto habitacional FAROGAMA I*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda. (2010). *Alcaldía de Quito*. Obtenido de <http://sthv.quito.gob.ec/index>

Wikipedia. (28 de Septiembre de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Terminal_Terrestre_Quitumbe

Zambrano, D. B. (2006). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277987920_Estudio_de_factibilidad_del_proyecto_de_creacion_de_un_patio_de_comidas_de_la_empresa_comunitaria_de_los_comerciantes_informales_del_barrio_carcelen_en_la_ciudad_de_Quito

ANEXOS

ANEXO 1. Planos arquitectónicos

Las láminas con los planos arquitectónicos tienen el siguiente contenido:

A1: Plantas arquitectónica de los dos subsuelos (N-3.44, N-6.88)

A2: Planta arquitectónica de la planta baja (N 0.00) y planta tipo para el resto de niveles (N+3.24, N+6.48, N+9.72, N+12.96, N+16.20, N+19.44).

A3: Fachadas frontales y laterales.

A4: Corte longitudinal y corte transversal.

ANEXO 2. Planos estructurales

Las láminas con los planos estructurales presentan el siguiente contenido:

E1: Muro - Cimentación.

E2: Columnas - Escaleras

E3: Diafragmas

E4: Rampas y vigas del nivel N-6.88 a N-3.44 y del nivel N-3.44 a N 0.00

E5: Losa y Vigas N-3.44

E6: Losas N 0.00

E7: Vigas N 0.00

E8: Losas N+3.24, N+6.48, N+9.72, N+12.96, N+16.20, N+19.44, N+24.14

E9: Vigas N+3.24, N+6.48, N+9.72, N+12.96, N+16.20

E10: Vigas N N+19.44

ANEXO 3. Cálculo de volúmenes de obra

ANEXO 4. Análisis de precios unitarios y presupuesto

ANEXO 5. Estudio de suelos