

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO CIVIL

TEMA:

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN EDUCATIVA DE CUATRO
PLANTAS DE HORMIGÓN ARMADO EN EL SUR DE QUITO, SECTOR
QUITUMBE**

AUTOR:

PETER DANIEL CHÁVEZ SANDOVAL

TUTOR:

FERNANDO VINICIO ULLOA LÓPEZ

Quito, febrero del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Peter Daniel Chávez Sandoval, con documento de identificación N° 1003533583, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: Diseño estructural de una edificación educativa de cuatro plantas de hormigón armado en el sur de Quito, sector Quitumbe, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero 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 autor 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.



.....
Nombre: Peter Daniel Chávez Sandoval
Cédula: 1003533583
Fecha: febrero del 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, Diseño estructural de una edificación educativa de cuatro plantas de hormigón armado en el sur de Quito, sector Quitumbe realizado por Peter Daniel Chávez Sandoval, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.



.....

Nombre: Ingeniero Fernando Vinicio Ulloa López
Cédula: 1706347539

Quito, febrero del 2017

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud a DIOS siendo sabiduría, perfección, principio y fin. El estudio y conocimiento a lo largo de esta carrera dejan ver la grandeza y perfección en la existencia de un ser supremo, al cual infinitamente le agradezco, tanta exactitud y profundidad en la naturaleza del universo así como las fuerzas y leyes a las cuales todos estamos sujetos ratifican su existencia.

A mis padres Peter y Alba por haber sido de muchas maneras un ejemplo en mi vida de lucha y fortaleza, aportando en mi vida principios y valores, así como a la vez enseñanzas sobre aciertos y fracasos, sabiendo de varias formas dejarme en claro que la vida es de valientes de los que toman riesgos, que no hay día sin que antes termine una larga noche, y es más fuerte la constancia de una gota de agua que rompe la dura roca.

A mi hermana Verónica por haber cuidado de mí y haberme guiado con sus consejos, siempre preocupada de hacerme ver que se puede llegar más lejos de lo que se piensa y se puede alcanzar lo que uno puede imaginar.

A mi tutor Ingeniero Fernando Ulloa, que sin saberlo me dio la oportunidad de soñar que este día llegaría, cuando apenas iniciaba mi formación académica, su dedicación y empeño en la cátedra fueron de inspiración, gracias por su apoyo, tolerancia y sobre todo por haberme brindado su amistad.

Agradecimientos especiales a las personas que me dieron la oportunidad de trabajar y adquirir experiencia al mismo tiempo que pude ser estudiante de ingeniería, su ejemplo ayudó en mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros de aula que muchas veces me apoyaron, con los cuales compartimos momentos de alegría y tristeza, momentos en los que no existió egoísmo y fuimos como hermanos, así también agradezco a la vida por poner en el momento adecuado a las personas que ocuparon un espacio importante en mí y supieron brindarme apoyo desinteresado e incondicional.

ÍNDICE

1. Generalidades del Proyecto.....	2
1.1 Título del proyecto	2
1.2 Entidad Ejecutora	2
1.3 Cobertura y localización	2
1.4 Plazo de ejecución.....	3
1.5 Monto	3
2. Diagnóstico.....	3
2.1 Descripción de la situación actual del área donde se ejecutará el proyecto.	3
2.1.1 Aspectos geopolíticos y límites.....	3
2.1.2 Aspectos de crecimiento en la construcción en el D.M.Q	5
2.1.3 Población D.M.Q	6
2.1.4 Educación D.M.Q.....	7
2.1.5 Salud D.M.Q	8
2.1.6 Vivienda y Servicios Básicos	8
2.1.7 Aspectos económicos y calidad de vida.....	12
3. Objetivos del Proyecto	13
3.1 Objetivo General	13
3.2 Objetivos Específicos.....	13
4. Análisis de la información existente	13
4.1 Información de partida	13
4.2 Normas de asignación y ocupación del suelo y edificabilidad para el D.M.Q.	14
4.3 Niveles de impacto de los usos de suelo	15
4.3.1 Impacto ambiental.....	15
4.3.2 Impacto urbano.....	15
4.4 Ocupación y edificabilidad D.M.Q.	15
4.5 Estudio de suelo	15

4.6 Zonificación sísmica y factor de zona Z	17
5. Análisis estructural sismo resistente	19
5.1 Diseño estructural de losa	20
5.2 Análisis sísmico. Determinación del cortante basal y fuerzas sísmicas.....	24
5.2.1 Cortante basal de diseño (V).....	25
5.2.2 Determinación de fuerzas sísmicas	31
5.2.3 Distribución de las fuerzas sísmicas en pórticos.....	32
5.2.4 Determinación de momentos por acción de fuerzas sísmicas.....	34
5.3 Pre diseño de columnas.....	37
5.4 Pre diseño de vigas.....	40
5.5 Modelo de la estructura.....	43
5.5.1 Datos de modelación.....	43
5.5.2 Definición de cargas.....	45
5.5.3 Definición de vigas y columnas para trazado de la estructura.....	47
5.5.4 Criterio sismo resistente.....	48
5.5.5 Diseño de secciones en acero de refuerzo en columnas y vigas	49
5.6 Análisis y diseño de cimentación.....	52
5.6.1 Análisis y diseño de losa de cimentación.....	53
5.7 Elaboración de planos estructurales	57
6. Análisis y costos de ejecución del proyecto	58
6.1 Justificación de costos de ejecución.....	58
6.2 Especificaciones técnicas	59
6.3 Determinación de cantidades y volúmenes de obra	60
6.4 Análisis de precios unitarios	60
6.5 Cronograma valorado de actividades	60
7. Conclusiones y recomendaciones	62
7.1 Conclusiones	62
7.2 Recomendaciones.....	62
8. Bibliografía	63

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de la división cantonal de la provincia de Pichincha.....	2
Figura 2. Mapa de principales riesgos D.M.Q.	4
Figura 3. Gráfico de analfabetismo.....	8
Figura 4. Gráfico de la tendencia de la vivienda.....	9
Figura 5. Gráfico de los usos para cocinar en los hogares.	10
Figura 6. Gráfico del consumo de agua en los hogares.....	10
Figura 7. Gráfico de los tipos de vivienda.	11
Figura 8. Gráfico de la presencia de servicios básicos en los hogares.....	11
Figura 9. Gráfico de las principales actividades laborales de los habitantes.	12
Figura 10. Mapa para diseño sísmico del Ecuador	18
Figura 11. Análisis de planos tipo nivel 0,73m.....	23
Figura 12. Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (Sa)	28
Figura 13. Distribución de fuerzas sísmicas	32
Figura 14. Pórticos y fuerzas Fx-Fy.....	33
Figura 15. Momentos en pórticos eje X-X causados por fuerzas sísmicas.....	35
Figura 16. Momentos en pórticos eje Y-Y causados por fuerzas sísmica	36
Figura 17. Momentos en pórticos eje Y-Y causados por fuerzas sísmicas.....	38
Figura 18. Esquema equivalente de cargas transmitidas de losa hacia viga	40
Figura 19. Aporte de área de cargas equivalentes transmitidas de losa hacia viga.....	41
Figura 20. Ejemplo de diseño de elemento viga	42
Figura 21. Modelo de la estructura realizado en ETABS, elementos vigas y columnas.	43
Figura 22. Ventana de especificaciones de diseño y materiales ETABS.....	44
Figura 23. Ventana de especificaciones de diseño y materiales ETABS.....	45
Figura 24. Ventana de tipo de cargas ETABS	46
Figura 25. Ventana de combinación de cargas ETABS.....	46
Figura 26. Modelo Estructural realizado en ETABS	48
Figura 27. Ventana combinaciones de carga de la envolvente ETABS.....	50

Figura 28. Resultados obtenidos de acero de refuerzo elementos vigas, columnas ETABS	51
Figura 29. Modelo de cimentación elaborado en SAFE	53
Figura 30. Materiales asumidos en modelación de losa de cimentación (programa SAFE).....	54
Figura 31. Valor de coeficiente de Balasto usado en la modelación en la losa de cimentación (programa SAFE)	54
Figura 32. Modelo de losa de cimentación (programa SAFE).....	57

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Censo INEC Pichincha 2010.....	7
Tabla 2. Comportamiento de la pobreza en los últimos años (%)	13
Tabla 3. Valores de (Z) para zonas sísmicas en Ecuador.....	17
Tabla 4. Combinación de cargas diseño por última resistencia	21
Tabla 5. Cargas de Servicio	22
Tabla 6. Acero de diseño en sentido x-x para losa método 3 ACI Nivel 0,73m.....	23
Tabla 7. Acero de diseño en sentido y-y para losa método 3 ACI Nivel 0,73m.....	24
Tabla 8. Niveles de amenaza sísmica.....	25
Tabla 9. Ecuación para determinación del cortante basal.....	25
Tabla 10. Coeficientes de importancia de la estructuras.....	26
Tabla 11. Coeficientes según el tipo de estructura, para determinación del periodo de vibración.....	27
Tabla 12. Tipo de Perfil de suelo para diseño sísmico.....	28
Tabla 13. Coeficientes de perfil de suelo (Fa) para zona sísmica (Z=V).....	28
Tabla 14. Coeficientes de perfil de suelo (Fd) para zona sísmica (Z=V)	29
Tabla 15. Coeficientes de perfil de suelo (Fs) para zona sísmica (Z=V).....	29
Tabla 16. Factor de reducción de resistencia sísmica (R).....	30
Tabla 17. Expresión de distribución de fuerzas sísmicas.....	31
Tabla 18. Distribución de fuerzas sísmicas.....	31
Tabla 19. Factor de distribución de fuerzas sísmicas.....	33
Tabla 20. Fuerzas sísmicas distribuidas por niveles	34
Tabla 21. Secciones de pre-diseño para elementos columnas.....	39
Tabla 22. Cargas utilizadas en pre-diseño de vigas	42
Tabla 23. Deriva inelástica máxima.....	49
Tabla 24. Coeficiente de balasto (K).....	56
Tabla 25. Listado de Rubros – Actividades de ejecución	59
Tabla 26. Cronograma valorado.....	61

RESUMEN

En el presente proyecto técnico **“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN EDUCATIVA DE CUATRO PLANTAS DE HORMIGÓN ARMADO EN EL SUR DE QUITO, SECTOR QUITUMBE”**, se alcanzaron los objetivos planteados mediante el estudio estructural de un diseño sismo resistente de la estructura planteada inicialmente en los planos arquitectónicos, cumpliendo con la normativa vigente NEC15; el diseño final permitió determinar el costo de ejecución de la obra gris en una inversión de USD \$. 633.428,81, en un tiempo de seis meses, el mismo que se determinó en base a un cronograma valorado de actividades.

El área de intervención del proyecto es de 3017 m², con áreas por planta en promedio de 650m².

El peso total de la estructura “obra gris” es de 0,85 t/m², obtenido de los pesos por cada elemento y relacionado con el área total útil del edificio, y el peso de acero de refuerzo de la estructura diseñada es 42kg/m².

Se determinaron actividades de trabajo específicas mediante rubros, que cuentan con cantidades y volúmenes de obra mediante anexos de cálculo, y especificaciones técnicas.

ABSTRACT

In the present technical Project “STRUCTURAL DESIGN OF A FOUR STORY EDUCATIONAL BUILDING MADE OF REINFORCED CONCRETE IN THE SOUTH OF QUITO, QUITUMBE”, The initial objectives proposed were reached with the structural study of an earthquake-resistant design of the first structure suggested in the architectural plans, fulfilling the current norm NEC15; the final design allowed to determinate the execution cost of the grey work as an investment of 633.428,81 USD in six months which one was calculated with an activity project planner .

The intervention area of the project is 3017 m², 650m² each story.

The total structure weight “grey work” is 0,85 t/m², as a result of the addition of each element weight in relation with the total useful floor area of the building and the structure designed steel reinforcement weight is 42kg/m².

The specific work activities were determinate by items, which ones have quantities and volumes in work using calculus attachments and technical specifications.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto conseguirá el diseño estructural en hormigón armado de la estructura definida arquitectónicamente para uso educativo, mediante la aplicación de normas técnicas que permitan garantizar aspectos de seguridad y economía mediante un diseño sismo resistente.

El objetivo del diseño sismo resistente será generar una estructura óptima para los usuarios, mediante la evaluación de costos y garantías que brindará la misma una vez ejecutada, frente a la posibilidad de enfrentar acciones y movimientos ya sean estos de origen sísmico o aquellos producidos por el hombre.

El diseño partirá de los planos arquitectónicos proporcionados por la unidad de titulación, que muestran una edificación de cuatro plantas y un área de sub suelo, con plantas simétricas en todos los pisos, las mismas que cuentan con un área principal de pasillos y aulas así como baterías sanitarias, en total poseen un área de 803,25 m² en cada planta.

El diseño estructural utilizará normativa ecuatoriana vigente, así como también se apoyará en manuales de diseño y bibliografía especificada para así lograr un dimensionamiento apropiado de los elementos que conformaran la estructura, los mismos que garantizarán economía y seguridad.

Un diseño sismo resistente consigue que la estructura se comporte adecuadamente frente a movimientos sísmicos, de ser estos leves, medianos o graves, evitando el colapso en caso de ser movimientos de gran intensidad, y brindando confort y estabilidad en caso de ser de mediana intensidad.

1. Generalidades del Proyecto

1.1 Título del proyecto

Diseño estructural de una edificación educativa de cuatro plantas de hormigón armado en el sur de Quito, sector Quitumbe

1.2 Entidad Ejecutora

Universidad Politécnica Salesiana

1.3 Cobertura y localización

Provincia: Pichincha Cantón: Quito

Parroquia: Quitumbe

Gráfico 1

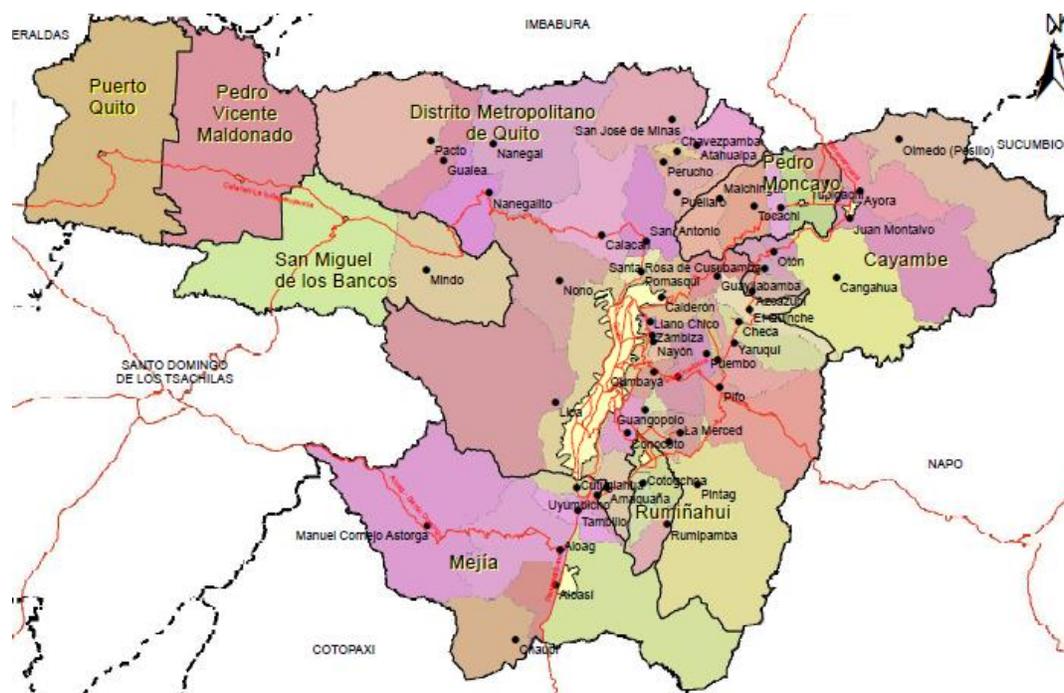


Figura 1. Gráfico de la división cantonal de la provincia de Pichincha.

Fuente: Mapas de la provincia de Pichincha. Gobierno de Pichincha. (2017). Recuperado de <http://www.pichincha.gob.ec/pichincha/mapas.html>.

1.4 Plazo de ejecución

El plazo de ejecución del proyecto determinado a través de la identificación de actividades mediante rubros integrados en un cronograma valorado es de 6 meses.

1.5 Monto

El costo del proyecto definido mediante el diseño sismo resistente y análisis económico de su ejecución es de USD \$. 633.428,81.

2. Diagnóstico

La ciudad de Quito como capital de la república del Ecuador cuenta con 2,597.989 habitantes, ciudad que acoge las principales y más grandes infraestructuras utilizadas en actividades como económicas, salud, educación, transporte, vivienda, etc.

(Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>)

Pese a las grandes infraestructuras existentes en la ciudad en el ámbito de la ingeniería civil tales como aeropuertos sistemas de transporte masivo, edificios de gran envergadura, hospitales, centros educativos, etc.; no todas las edificaciones de la ciudad cuentan con criterios de diseño adecuados que permitan brindar seguridad bajo efectos sísmicos de la naturaleza, por lo que la misma ciudad como tal vive en un permanente riesgo a catástrofes debido a los efectos de la naturaleza.

El rápido y desordenado crecimiento de la ciudad así como la falta de estímulos por parte de las autoridades ha colaborado con el desenfreno en la construcción de viviendas de mala y mediana calidad, sin las adecuadas garantías técnicas.

2.1 Descripción de la situación actual del área donde se ejecutará el proyecto.

2.1.1 Aspectos geopolíticos y límites

La parroquia Quitumbe perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito, se encuentra al sur de la ciudad, delimitada con las parroquias Chillogallo y Guamaní, se ubica en promedio a 2700 msnm con temperaturas que varían entre los 7° y 32° grados

centígrados. Debido a su gran concentración de habitantes cuenta con importantes centros de comercio, educación y salud, así como vías principales y transporte público.

Debido al variado relieve del sector existe un riesgo del 75 % para la ocurrencia de eventos geomorfológicos, en particular en espacios con características topográficas desfavorables como de pendiente pronunciada.

(Plan de desarrollo 2012-2022, Municipio D.M.Q. (2016). Recuperado de http://www.emaseo.gob.ec/documentos/lotaip_2012/s/plan_de_desarrollo_2012_2014.pdf)

Mapas

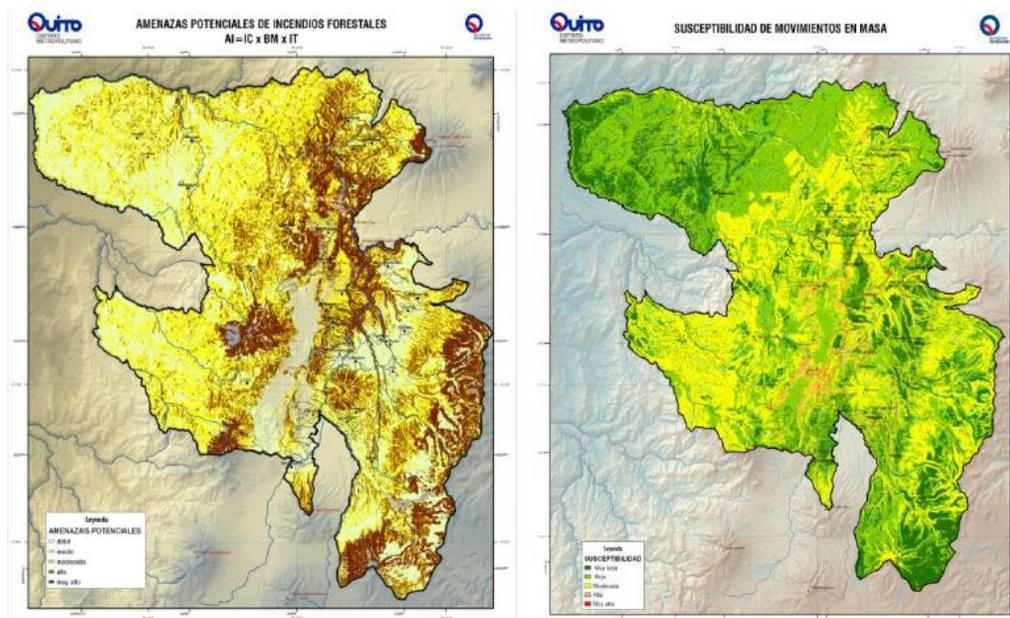


Figura 2. Mapa de principales riesgos D.M.Q.

Fuente: Plan de desarrollo 2012-2022. Municipio D.M.Q. (2016).

Recuperado de http://www.emaseo.gob.ec/documentos/lotaip_2012/s/plan_de_desarrollo_2012_2014.pdf.

Las principales amenazas con respecto a un rápido análisis de riesgo en el D.M.Q se definen principalmente por aspectos fisiográficos, climáticos, conjugados con los factores sociales y económicos propios de la ciudad, así como los principales fenómenos naturales de los cuales se podrían derivar amenazas hidro-meteorológicas (lluvias,

inundaciones, granizadas), geomorfológicas (deslizamientos, hundimientos, flujos de lodo), geodinámicas (sismos, erupciones volcánicas), antrópicas.

2.1.2 Aspectos de crecimiento en la construcción en el D.M.Q

El desordenado y rápido crecimiento poblacional, así como la especulación del precio real de los terrenos han fomentado un descuido en el desmedido aumento de edificaciones residenciales y comerciales, difícil de ser regulado por las autoridades municipales a cargo, debido a la burocratización, y a la lentitud con la que se realizan los trámites de aprobación de planos y permisos respectivos de construcción, debido a un obsoleto modelo vigente para trámite de los mismos en una sociedad resistente a invertir en su seguridad.

Este crecimiento trae consigo una elevada vulnerabilidad física de las edificaciones frente a posibles desastres de la naturaleza, según el último censo poblacional existen 763.719 viviendas en el D.M.Q. de las cuales el 80% son casas o departamentos. (Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>)

Si bien es cierto no existe un estudio específico que muestre o cuantifique exactamente el número de viviendas informales existentes según el plan de desarrollo elaborado por el municipio de Quito para el periodo 2012-2014, el 60% de estas son consideradas informales, es decir aproximadamente 450.000 viviendas tendrían un nivel considerablemente alto de vulnerabilidad física.

(Plan de desarrollo 2012-2022, Municipio D.M.Q. (2016). Recuperado de http://www.emaseo.gob.ec/documentos/lotaip_2012/s/plan_de_desarrollo_2012_2014.pdf)

Todo esto tomando en cuenta que el municipio del D.M.Q. elabora permanentemente planes de legalización de viviendas (regula tu barrio), que promueve la legalización de residencias para efectos de impuestos prediales, de ninguna manera asegura que las mismas se hayan construido y ejecutado en una buena práctica de normas y vigilancia técnica.

2.1.3 Población D.M.Q

Según los datos del INEC la población en el D.M.Q. se ha duplicado en los últimos 30 años, en el último censo realizado por el (INEC, 2010) se estimó una población de 2, 339.191 habitantes.

La proyección según este modelo para el año 2016 es de 2, 597.989 para el D.M.Q.

Tabla 1. Censo INEC Pichincha 2010

Rango de Edad	2001	%	2010	%
De 95 y más años	3.829	0,2	1.619	0,1
De 90 a 94 años	6.294	0,3	4.639	0,2
De 85 a 89 años	11.092	0,5	10.760	0,4
De 80 a 84 años	17.445	0,7	20.187	0,8
De 75 a 79 años	25.513	1,1	27.990	1,1
De 70 a 74 años	35.569	1,5	40.040	1,6
De 65 a 69 años	43.818	1,8	57.014	2,2
De 60 a 64 años	54.407	2,3	72.702	2,8
De 55 a 59 años	66.296	2,8	94.397	3,7
De 50 a 54 años	92.526	3,9	114.630	4,4
De 45 a 49 años	247.627	10,4	142.926	5,5
De 40 a 44 años	110.756	4,6	154.206	6,0
De 35 a 39 años	141.919	5,9	180.504	7,0
De 30 a 34 años	163.413	6,8	208.179	8,1
De 25 a 29 años	182.114	7,6	238.688	9,3
De 20 a 24 años	204.363	8,6	246.050	9,6
De 15 a 19 años	249.075	10,4	238.705	9,3
De 10 a 14 años	246.651	10,3	241.334	9,4
De 5 a 9 años	243.651	10,2	244.844	9,5
De 0 a 4 años	242.729	10,2	236.893	9,2
Total	2.388.817	100,0	2.576.287	100,0

Nota: Censo 2010 provincia de Pichincha. Fuente: INEC

2.1.4 Educación D.M.Q

Por ser Quito capital de la República del Ecuador, se encuentran distribuidas en sus cantones y parroquias, las mejores instituciones educativas en todos sus niveles tanto públicas como privadas, entre las más importantes dentro de la parroquia Quitumbe tenemos: Unidad Educativa Municipal Quitumbe, Academia Aeronáutica “Mayor Pedro Traversari”, Colegio Réplica Mejía, entre otras.

De acuerdo a los últimos datos según el INEC el nivel de analfabetismo en la provincia de Pichincha se ha reducido según el siguiente gráfico.

Gráfico 2

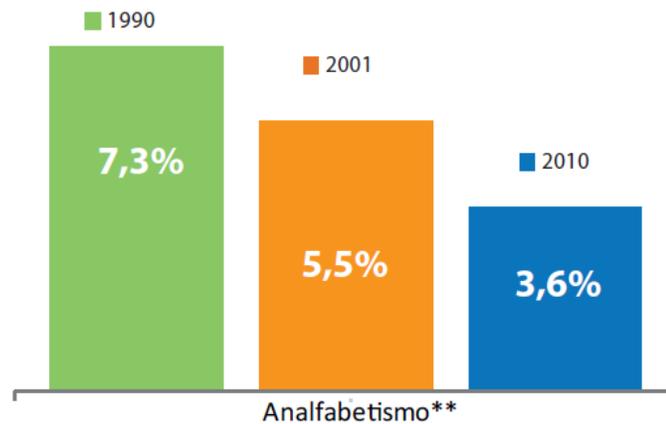


Figura 3. Gráfico de analfabetismo.

Fuente: (Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>)

2.1.5 Salud D.M.Q

El sistema de salud pública en el D.M.Q. está dividido en dos sectores principales, el de hospitales y centros de salud para todos aquellos habitantes que no poseen un vínculo con el sistema de seguridad social IESS y los hospitales y casas de salud para todos aquellos vinculados al sistema de seguridad social nacional.

Debido a la desatención en las últimas décadas en el área de salud existe un déficit de infraestructura, por lo que el actual sistema de salud se encuentra saturado, no existen estudios específicos del nivel exacto que no es cubierto.

2.1.6 Vivienda y Servicios Básicos

Según el INEC 2010 los datos con respecto a vivienda en el D.M.Q. son los siguientes:

Gráfico 3

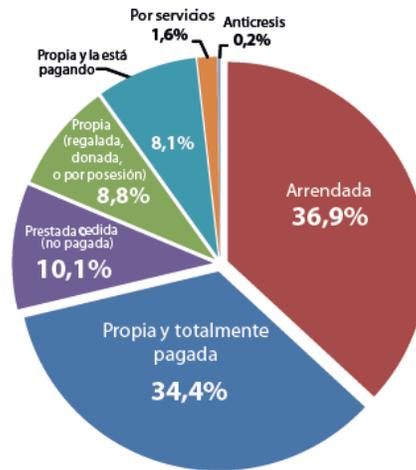


Figura 4. Gráfico de la tendencia de la vivienda.

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>

Los hogares utilizan principalmente gas licuado de petróleo, el mismo es comercializado mediante bombonas, para su uso doméstico y comercial, como combustible en las cocinas. Actualmente el gobierno se encuentra en una campaña permanente de cambio de este sistema mediante la implementación de cocinas de inducción eléctrica, como paso anexado a un modelo que pretende el cambio de la matriz energética.

Gráfico 4

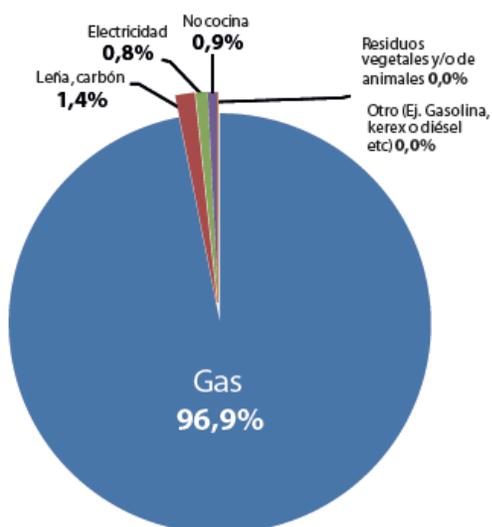


Figura 5. Gráfico de los usos para cocinar en los hogares.

Fuente: (Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>)

De acuerdo al último censo realizado por el INCE 2010 a continuación se presentan algunos datos importantes con respecto a servicios básicos en los hogares.

Gráfico 5

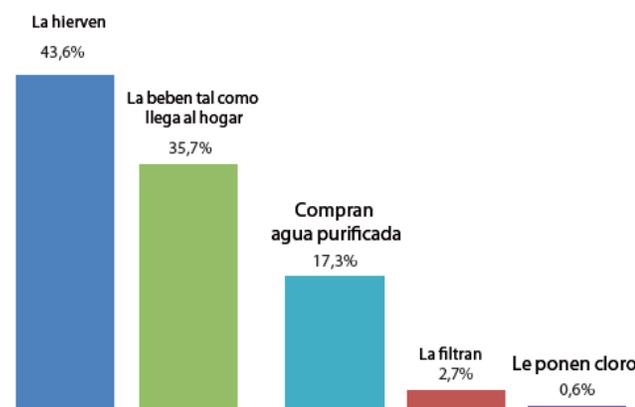


Figura 6. Gráfico del consumo de agua en los hogares.

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>

Gráfico 6

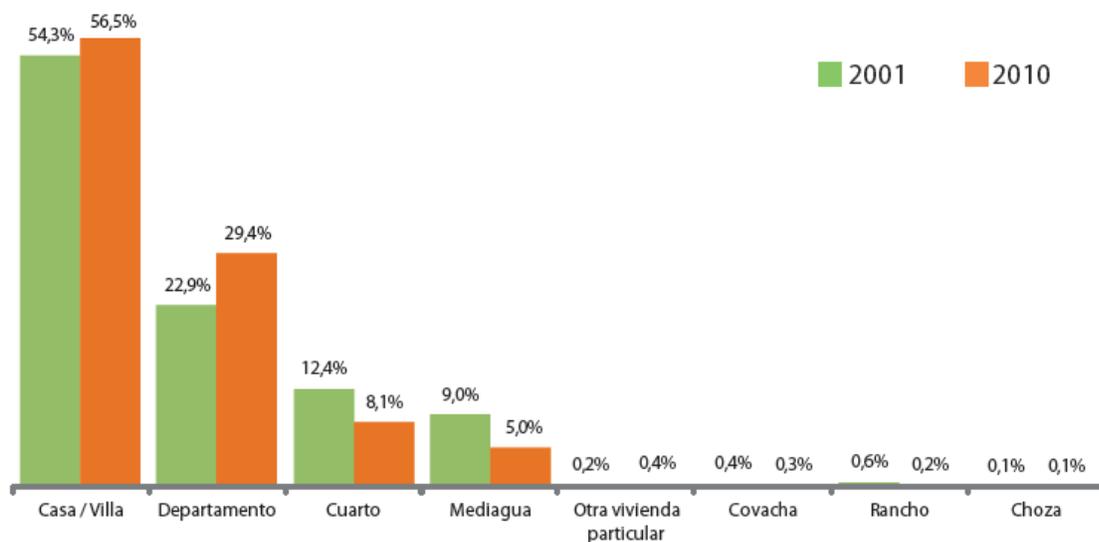


Figura 7. Gráfico de los tipos de vivienda.

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>

Gráfico 7

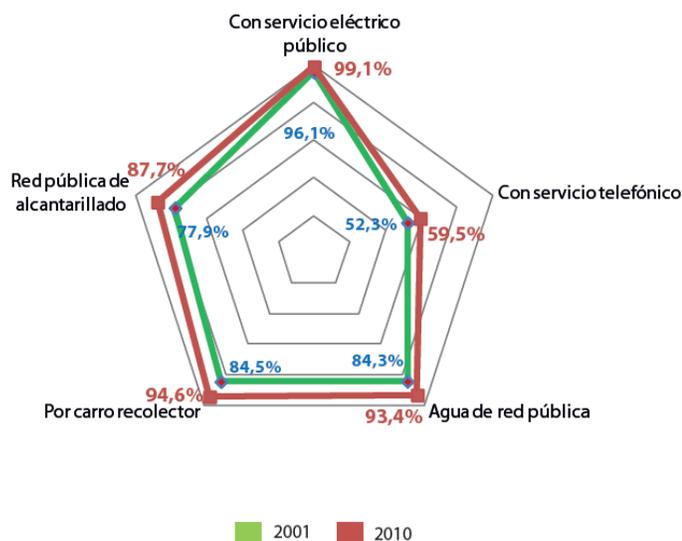


Figura 8. Gráfico de la presencia de servicios básicos en los hogares.

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>

2.1.7 Aspectos económicos y calidad de vida

En los últimos años el D.M.Q. ha sufrido la llegada de inmigrantes provenientes de las distintas provincias del Ecuador, fenómeno que ha contribuido al crecimiento poblacional y de comercios localizados en gran parte en la parroquia Quitumbe, en la que al mismo tiempo se encuentra ubicado el terminal sur de la ciudad que recibe el flujo de todos los recorridos terrestres interprovinciales hacia las demás provincias del país.

Gráfico 8

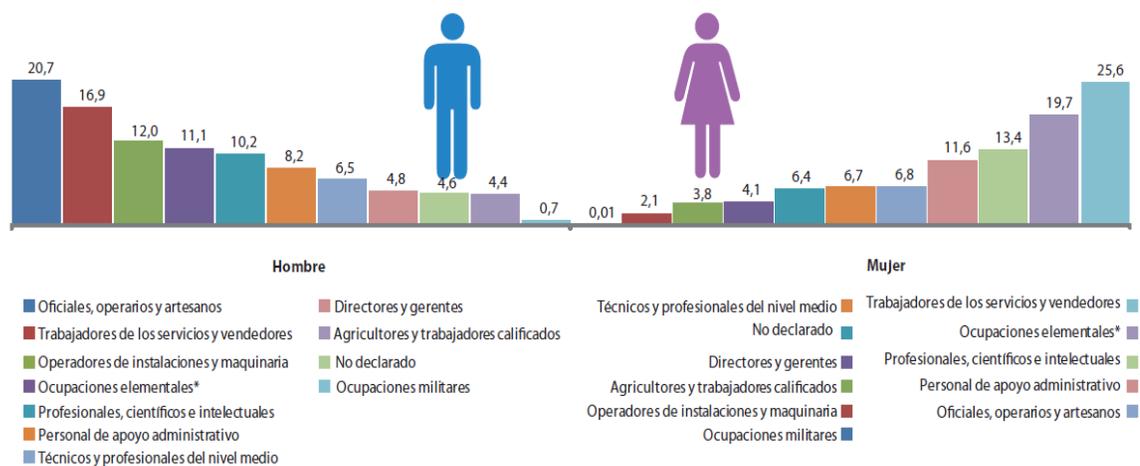


Figura 9. Gráfico de las principales actividades laborales de los habitantes.

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEC. (2016). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>

Tras varias etapas de gobiernos nacionales y municipales la ciudad capital ha enfrentado altos y bajos con respecto a los niveles de ingresos en sus habitantes así como también en los niveles de desempleo.

Tabla 2. Comportamiento de la pobreza en los últimos años (%)

Año	Pobreza por consumo	Pobreza extrema por consumo	Desigualdad
1995	39,3	13,6	0,4246
1998	44,8	18,8	0,4434
1999	52,2	20,1	0,4496
2006	38,3	12,9	0,4554

Nota: Censo 2010 provincia de Pichincha. Fuente: INEC

3. Objetivos del Proyecto

3.1 Objetivo General

Realizar el diseño estructural de una edificación educativa de cuatro plantas de hormigón armado en el sur de Quito, sector Quitumbe, mediante la aplicación de normativas técnicas NEC15.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el diseño estructural sismo resistente en hormigón armado.
- Determinar el presupuesto de ejecución de la Obra Civil diseñada.
- Determinar el cronograma valorado y las especificaciones técnicas de las actividades necesarias para la ejecución de la Obra Civil diseñada.

4. Análisis de la información existente

4.1 Información de partida

Previo al presente estudio estructural se cuenta con los planos arquitectónicos y de diseño definitivos, los mismos son producto de varios análisis correspondientes a temas de mercado, análisis financieros y económicos, beneficios valorados, demanda futura, etc; los mismos que fueron realizados como parte de los estudios determinados en la formulación del proyecto.

Esto para asegurar el correcto dimensionamiento arquitectónico para demandas futuras, las mismas que debieron ser analizadas con información general y específica en etapas de pre factibilidad y factibilidad, respectivamente, en la elaboración de planos arquitectónicos.

Los análisis económicos al identificar indicadores positivos de TIR y VAN (tasa interna de retorno/ valor actual neto), aseguran que previo a la ejecución del proyecto este sea rentable y genere beneficios tanto a usuarios como a ejecutores.

Ver Anexo 1 Planos arquitectónicos definitivos

4.2 Normas de asignación y ocupación del suelo y edificabilidad para el D.M.Q.

Para efectos de ejecución de proyectos en la construcción dentro de la ciudad de Quito, el D.M.Q. define suelo: urbano, urbanizable, y no urbanizable.

Esta clasificación corresponde a criterio de uso sustentable del suelo, en razón de que este constituya, por una parte, un recurso fundamental para el desarrollo económico y social, y por tanto debe ser precautelado para el futuro. Esta clasificación corresponde tanto a las características de sus usos actuales, potenciales y de vocación, así como a sus restricciones de uso por riesgo natural y/o antrópico. (Ordenanza de zonificación 0008 D.M.Q. 2002. p.17).

El área señalada donde se ejecutará el proyecto pertenece a un uso de suelo urbano, el mismo que cuenta con vías, redes públicas de servicios, infraestructuras, y ordenamiento urbanístico definido y aprobado, el mismo que por su uso genérico puede ser residencial, múltiple, comercial, industrial, de equipamiento y de protección especial de patrimonio edificado. El uso señalado para el área de ejecución de proyecto es Residencial- Múltiple. (Ordenanza de zonificación 0008 D.M.Q. 2002. p.27).

4.3 Niveles de impacto de los usos de suelo

4.3.1 Impacto ambiental

Se refiere a las acciones que perturben el ambiente una vez en funcionamiento el área de proyecto, por lo que la misma se enmarcaría según la clasificación del D.M.Q en Bajo Impacto, que son todas aquellas actividades que generan un nivel de presión sonora de 40 a 50 dB durante periodos de seis a veinte horas, o también las que generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos en pequeños volúmenes. (Ordenanza de zonificación 0008 D.M.Q. 2002. p.24).

4.3.2 Impacto urbano

Esta clasificación corresponde al número de aparcamientos que demandaría el área del proyecto en sus alrededores una vez esta entre en funcionamiento.

Por el número de usuarios que evidentemente cubrirían el área de construcción indicada en planos arquitectónicos según el D.M.Q. esta correspondería a Alto Impacto para actividades que generan altas demandas de accesibilidad y transporte colectivo, aparcamientos colectivos superiores a 40 unidades. (Ordenanza de zonificación 0008 D.M.Q. 2002. p.25).

4.4 Ocupación y edificabilidad D.M.Q.

El área del proyecto corresponde a sectorización B, así como se indica en el informe de regulación metropolitana a la altura máxima de edificación tanto en altura vertical como en número de pisos.

Los datos regulatorios del informe al señalar la altura máxima concuerdan con los planos arquitectónicos definitivos. (Ordenanza de zonificación 0008 D.M.Q. 2002. p.27).

4.5 Estudio de suelo

Con la finalidad de contar con datos específicos sobre las propiedades geotécnicas del suelo en el área de ejecución del proyecto se cuenta con información técnica mediante informe elaborado por el laboratorio de ensayo de materiales de la

Universidad Politécnica Salesiana (2016), el mismo consta de la siguiente información principal

- Contenido de humedad
- Granulometría por lavado y tamizado hasta la malla N°200
- Ensayo de límites de consistencia
- Descripción manual – visual (S.U.C.S)
- Ensayo de compresión triaxial

Los resultados se presentan para bloques 1 y 2 y para el bloque 3, se muestran separadamente dos alternativas por ser de diferentes características como se muestra en el informe.

Ver Anexo 2 Informe del estudio de comprobación del suelo de cimentación para el edificio de aulas a construirse.

Entre los resultados más relevantes entregados en el informe podemos citar los siguientes: el nivel freático se encuentra ubicado aproximadamente a 1,5m de profundidad, y el tipo de cimentación propuesta es de zapata corrida en dos direcciones sobre un mejoramiento, y es el mismo para bloque 1-2 y difiere en el caso de bloque 3.

Para dimensionamiento de la cimentación se realizará una interpretación más detallada del informe indicado en anexo correspondiente, pero se puede señalar que se tiene una capacidad portante del suelo de 50 t/m² en la cota 93m. (Bloque 1), la capacidad portante del suelo es 35 t/m² en la cota 93m. (Bloque2).

Con respecto al bloque 3, presenta inferiores características de capacidad de carga, se recomiendan varias alternativas, adoptando el mejoramiento en 5m de excavación a partir de la cota 93m. Siendo los dos primeros metros de excavación remplazados por un mejoramiento estabilizado con cemento portland, seguido por 3m de mejoramiento con un pedraplen, que se encuentra detallada en el estudio de suelos, mostrado en el Anexo 2.

4.6 Zonificación sísmica y factor de zona Z

En el Ecuador existe un alto riesgo sísmico debido a que se encuentra atravesado por la Cordillera de los Andes, así como en varias regiones existen riesgos sísmicos de origen volcánico, dando lugar a que sea necesario un diseño estructural sísmo resistente, por lo que la Norma Ecuatoriana de la Construcción zonifica al país según el valor de la aceleración máxima en la roca, esperada para el sismo de diseño.

Esta zonificación se presenta mediante un mapa de zonificación sísmica correspondiente a estudios estadísticos de riesgo sísmico en base a datos históricos, para una excedencia de 10% en 50 años, y un periodo de retorno de 475 años.

Tabla 3. Valores de (Z) para zonas sísmicas en Ecuador

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

Nota: Valores de Z para zonas sísmicas en Ecuador

Fuente: Peligro sísmico. NEC. (2016) Recuperado de

<http://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

La zona correspondiente al área donde se ejecutará el proyecto corresponde a riesgo alto ubicado en zona V, con un valor de $Z = 0,4$.

A partir de esta información se calcularán mediante los métodos más adecuados los valores de cortante basal y carga sísmica, para poder determinar los valores de momentos y cortantes producidos por el efecto sísmico, los mismos que servirán para un pre dimensionamiento manual de las secciones requeridas en los elementos de la estructura que se definirá, mediante el método elástico, que a diferencia del método por coeficientes es más conservador y permitirá la obtención en pre diseño de secciones más conservadoras.

Mapa

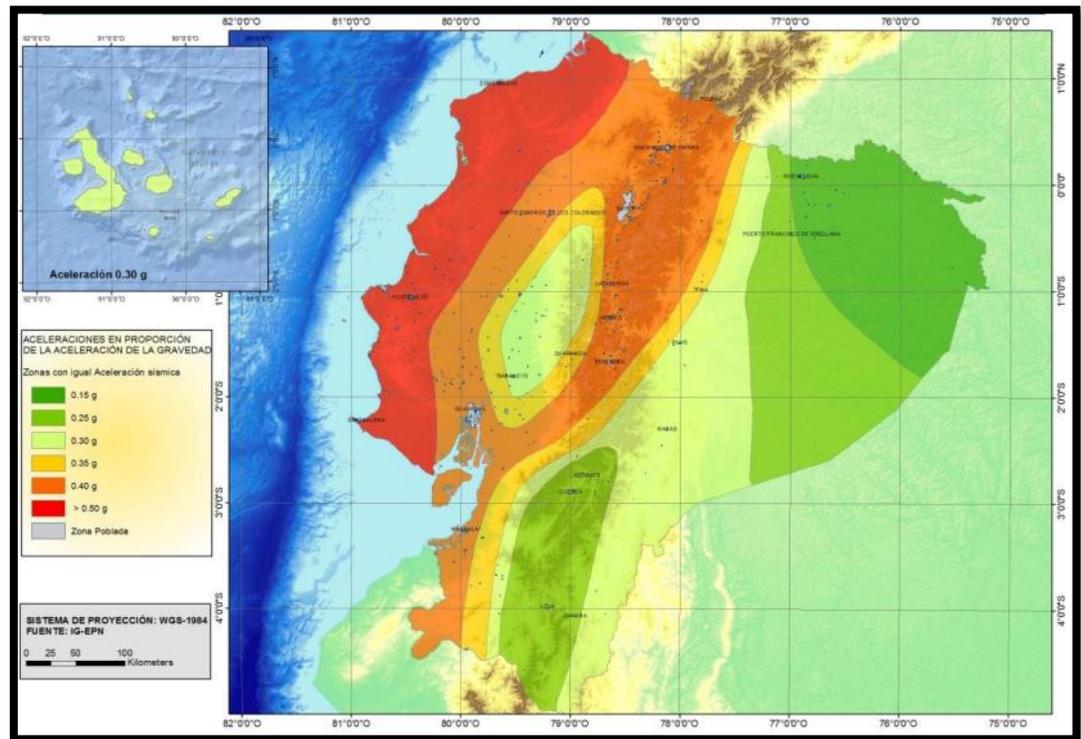


Figura 10. Mapa para diseño sísmico del Ecuador

Fuente: Peligro sísmico. NEC. (2015) Recuperado de

<http://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

5. Análisis estructural sismo resistente

En el presente capítulo se conseguirá el objetivo previamente definido, de diseñar la estructura arquitectónica indicada mediante elementos de hormigón armado, por lo que se desarrollará en base al siguiente esquema, y en cumplimiento de las normativas ecuatorianas vigentes.

- Diseño de losa reticulada en dos direcciones
- Análisis sísmico determinación del cortante basal y fuerzas sísmicas
- Pre diseño de elementos columna
- Pre diseño de elementos viga
- Modelo de la estructura
- Diseño de secciones en acero de refuerzo columna y viga
- Análisis y diseño de cimentación
- Elaboración de planos estructurales

El análisis estructural sismo resistente cumplirá con el objetivo de reducir los riesgos sísmicos propios de la región a niveles aceptables, por lo que la estructura se diseñará en función de criterios normativos que toman en cuenta la seguridad y economía.

Los lineamientos normativos en la NEC 15 son el conjunto de requisitos y requerimientos mínimos que se deben cumplir de manera obligatoria, los mismos que estarán sujetos a los efectos de terremotos que podrían presentarse durante la vida útil de la estructura.

El análisis y diseño se realizará mediante una combinación de carga (diseño por última resistencia) tomando en cuenta la presencia sobre la estructura de carga muerta CM (peso propio de la estructura), carga viva o de servicio CV, y carga sísmica normativa en función de estudios de suelos del sitio de emplazamiento y región del país zona sísmica.

En el presente análisis se tomarán en cuenta los materiales de diseño en hormigón y acero con sus características de resistencia a la compresión y fluencia respectivamente, los mismos que deberán ser de las mismas características en la etapa de ejecución.

5.1 Diseño estructural de losa

A continuación se realizará el diseño de la losa de la estructura mediante el Método de diseño ACI Method 1 Coefficients for slabs moments and shears to define loads y el Método 3 ACI Coeficientes para determinar momentos y cortantes, según el tipo de restricciones del paño analizado, para efectos comparativos y elección del más óptimo. (Hormigón armado, NEC15, 2015, p73)

La normativa ecuatoriana vigente NEC 15 remite el diseño de estos elementos estructurales al ACI 318, el mismo que define la siguiente ecuación para la determinación del peralte de dicho elemento. (Hormigón armado, NEC15, 2015, p73)

$$h = \frac{\ln \left[0.8 + \frac{f_y}{14000} \right]}{36 + 9\beta}$$

h =peralte de losa maciza en cm.

\ln =longitud libre de claro largo, medido de paño a paño en cm.

f_y =resistencia a la fluencia del acero

β =relación del claro libre largo/ longitud del claro libre corto

La condición requerida necesaria para definir el peralte calculado como peralte asumido es que la inercia de la losa asumida debe ser mayor que la inercia equivalente.

losa maciza $I_{hcal} < I_{h\text{ equivalente asumida}}$

Del análisis y cálculos realizados se obtuvieron los siguientes resultados:

$$h_{cal} = 17.7 \text{ asumo losa de } 20\text{cm}$$

$$I_{h_{cal}} = 46522.65\text{cm}^4 > I_{h\text{ equivalente}} = 25416.67\text{cm}^4$$

No Cumple el requerimiento

$$h_{cal} = 17.7 \text{ asumo losa de } 25\text{cm}$$

$$I_{h_{cal}} = 46522.65\text{cm}^4 < I_{h\text{ equivalente}} = 49097.22\text{cm}^4$$

Cumple el requerimiento

Las cargas de servicio serán regidas por la normativa ecuatoriana vigente, las mismas que están en función del tipo y usos de la estructura, así como de una combinación de cargas que corresponde a un diseño por última resistencia, la combinación utilizada es la combinación 2.

Tabla 4. Combinación de cargas diseño por última resistencia

<u>Combinación 1</u>
1.4 D
<u>Combinación 2</u>
1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L_r ; S ; R]
<u>Combinación 3*</u>
1.2 D + 1.6 max[L_r ; S ; R] + max[L ; 0.5W]
<u>Combinación 4*</u>
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L_r ; S ; R]
<u>Combinación 5*</u>
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
<u>Combinación 6</u>
0.9 D + 1.0 W
<u>Combinación 7</u>
0.9 D + 1.0 E

Nota: Combinación de cargas diseño por última resistencia Fuente: (Cargas no sísmicas, NEC15, 2015, p19)

Tabla 5. Cargas de Servicio

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60 ^e
^e La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100 mm x 100 mm		

Nota: Cargas de Servicio Fuente: (Cargas no sísmicas, NEC15, 2015, p30)

La losa objeto de análisis corresponde a una losa que se armará en dos direcciones y tendrá un peralte de 25cm.

Ver Anexo 3 Hojas de cálculos análisis de losas métodos ACI 1 y 3

Los resultados obtenidos en el análisis de los elementos losa mediante el método ACI 3 (Hormigón armado, NEC15, 2015, p73) son los siguientes:

Las tablas utilizadas y mostradas en el anexo 3 fueron obtenidas de (Arthur H, Nelson. (1999). Diseño de estructuras de concreto. Sp)

Plano estructural 1

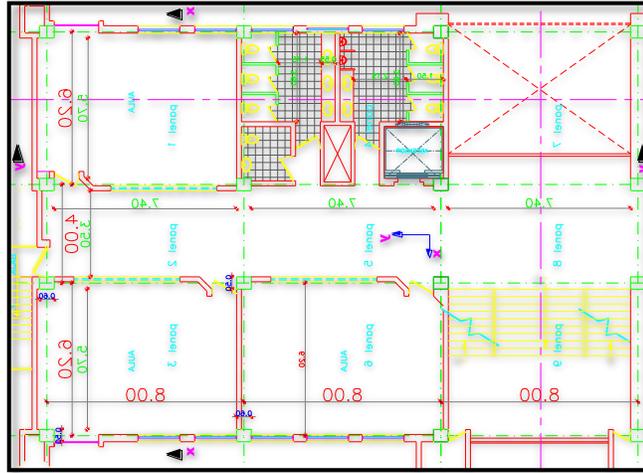


Figura 11. Análisis de planos tipo nivel 0,73m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Acero de diseño en sentido x-x para losa método 3 ACI Nivel 0,73m

Tramo de panel	Mu x-x T.m	k Kg/cm ²	ρ	As cm ²	As min cm ²	As diseño	Varillas
Momentos positivos As inferior -longitudinal a los ejes							
1;1	1,605	22,51762	0,00566	2,25	1,33	2,253	2 Ø 14
2;2	0,447	6,27032	0,00152	0,60	1,33	1,327	1 Ø 14
3;3	1,605	22,51762	0,00566	2,25	1,33	2,253	2 Ø 14
4;4	1,389	19,49070	0,00486	1,94	1,33	1,936	2 Ø 12
5;5	0,447	6,27032	0,00152	0,60	1,33	1,327	1 Ø 14
6;6	1,389	19,49070	0,00486	1,94	1,33	1,936	2 Ø 12
7;7	2,333	32,72746	0,00844	3,36	1,33	3,361	2 Ø 16
8;8	0,447	6,27032	0,00152	0,60	1,33	1,327	1 Ø 14
9;9	2,333	32,72746	0,00844	3,36	1,33	3,361	2 Ø 16
Momentos negativos As superior-puentes							
1;1	0,535	7,50587	0,00182	0,73	1,00	1,00	1 Ø 12
1;2	2,415	33,87542	0,00877	3,49	1,00	3,49	2 Ø 16
2;3	2,415	33,87542	0,00877	3,49	1,00	3,49	2 Ø 16
3;3	0,535	7,50587	0,00182	0,73	1,00	1,00	1 Ø 12
4;4	0,463	6,49690	0,00157	0,63	1,00	1,00	1 Ø 12
4;5	2,001	28,07348	0,00716	2,85	1,00	2,85	1Ø14 + 1Ø16
5;6	2,001	28,07348	0,00716	2,85	1,00	2,85	1Ø14 + 1Ø16
6;6	0,463	6,49690	0,00157	0,63	1,00	1,00	1 Ø 12
7;7	0,778	10,90915	0,00267	1,06	1,00	1,06	1 Ø 14
7;8	3,141	44,05863	0,01174	4,67	1,00	4,67	2 Ø 18
8;9	3,141	44,05863	0,01174	4,67	1,00	4,67	2 Ø 18
9;9	0,778	10,90915	0,00267	1,06	1,00	1,06	1 Ø 14

Nota: Acero de diseño en sentido x-x para losa método 3 ACI Nivel 0,73m Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Acero de diseño en sentido y-y para losa método 3 ACI Nivel 0,73m.

Tramo de panel	Mu y-y T.m	k Kg/cm ²	ρ	As cm ²	As min cm ²	As diseño	Varillas
Momentos positivos As inferior - longitudinal a los ejes							
1;1	0,970	11,88150	0,00291	1,24	1,42	1,42	1 Ø 14
4;4	0,925	11,32846	0,00277	1,18	1,42	1,42	1 Ø 14
7;7	1,412	17,28883	0,00429	1,83	1,42	1,83	2 Ø 12
2;2	0,259	3,16602	0,00076	0,32	1,42	1,42	1 Ø 14
5;5	0,259	3,16602	0,00076	0,32	1,42	1,42	1 Ø 14
8;8	0,259	3,16602	0,00076	0,32	1,42	1,42	1 Ø 14
3;3	0,970	11,88150	0,00291	1,24	1,42	1,42	1 Ø 14
6;6	0,925	11,32846	0,00277	1,18	1,42	1,42	1 Ø 14
9;9	1,412	17,28883	0,00429	1,83	1,42	1,83	2 Ø 12
Momentos negativos As superior - puentes							
1;1	0,323	3,96050	0,00095	0,41	1,00	1,00	1 Ø 12
1;4	1,988	24,34451	0,00615	2,62	1,00	2,62	2 Ø 14
4;7	2,382	29,16955	0,00746	3,18	1,00	3,18	2 Ø 16
7;7	0,471	5,76294	0,00139	0,59	1,00	1,00	1 Ø 12
2;2	0,086	1,05534	0,00025	0,11	1,00	1,00	1 Ø 12
2;5	0,262	3,20408	0,00077	0,33	1,00	1,00	1 Ø 12
5;8	0,262	3,20408	0,00077	0,33	1,00	1,00	1 Ø 12
8;8	0,086	1,05534	0,00025	0,11	1,00	1,00	1 Ø 12
3;3	0,323	3,96050	0,00095	0,41	1,00	1,00	1 Ø 12
3;6	1,988	24,34451	0,00615	2,62	1,00	2,62	2 Ø 14
6;9	2,382	29,16955	0,00746	3,18	1,00	3,18	2 Ø 16
9;9	0,471	5,76294	0,00139	0,59	1,00	1,00	1 Ø 12

Nota: Acero de diseño en sentido y-y para losa método 3 ACI Nivel 0,73m Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis sísmico. Determinación del cortante basal y fuerzas sísmicas

El objetivo de la determinación del cortante basal y las fuerzas sísmicas será incorporar estas fuerzas al análisis estático estructural, el mismo que permitirá un pre diseño para las secciones de la estructura elementos viga y columna, para llegar de esta manera a un diseño definitivo.

Las fuerzas sísmicas horizontales estarán en función del peso reactivo de la estructura, llamado así porque es el que reacciona frente a la presencia de acciones sísmicas.

Se recuerda que la respuesta de una edificación a solicitaciones sísmicas del suelo se caracteriza por aceleraciones, velocidades, y desplazamientos de sus elementos, en particular de los pisos en el caso de edificios. (Norma NEC 15, 2015, p.24).

Tabla 8. Niveles de amenaza sísmica

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno Tr (años)	Tasa anual de excedencia (1/Tr)
1	Frecuente (menor)	0.5	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	0.2	225	0.00444
3	Raro (severo)	0.1	475	0.00211
4	Muy raro (extremo)	0.02	2500	0.0004

Nota: Niveles de amenaza sísmica Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p41)

Los requisitos NEC15 del diseño sismo resistente que se deberán cumplir son:

- Seguridad de vida (condición de resistencia a las solicitaciones de cálculo)
- Limitación de daño (deformaciones derivas de piso permisibles)
- Ductilidad (técnicas de diseño dispositivos de control sísmico)

5.2.1 Cortante basal de diseño (V)

El cortante basal se define como el porcentaje del peso reactivo que afectará la estructura cuando exista la acción de un movimiento sísmico. (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p61)

Tabla 9. Ecuación para determinación del cortante basal

$V = \frac{IS_a(T_a)}{R \cdot O_P \cdot O_E} W$	
Dónde	
$S_a(T_a)$	Espectro de diseño en aceleración; véase en la sección [3.3.2]
O_P y O_E	Coefficientes de configuración en planta y elevación; véase en la sección [5.3]
I	Coefficiente de importancia; se determina en la sección [4.1]
R	Factor de reducción de resistencia sísmica; véase en la sección [6.3.4]
V	Cortante basal total de diseño
W	Carga sísmica reactiva; véase en la sección [6.1.7]
T_a	Período de vibración; véase en la sección [6.3.3]

Nota: Ecuación para determinación del cortante basal Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p61)

El cálculo del cortante basal en función de los valores que se muestran en el gráfico 20, se detalla a continuación:

V =	0,19	Cortante basal
Z =	0,4	Factor de zona sísmica
Sa(Ta) =	1,19	espectro de diseño en aceleración
Ta =		periodo de vibración
I =	1,3	coeficiente de importancia de la estructura
R =	8	Factor de reducción de resistencia sísmica
ϕ_p =	1	Coeficiente de configuración en planta
ϕ_e =	1	Coeficiente de configuración en elevación
W =	1849,19	carga sísmica reactiva de la edificación

Ver Anexo 4 Hojas de cálculo y análisis de cortante basal.

Tabla 10. Coeficientes de importancia de la estructuras

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras substancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras substancias peligrosas.	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	1.0

Nota: Coeficientes de importancia de la estructuras Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p39)

Tabla 11. Coeficientes según el tipo de estructura, para determinación del periodo de vibración

$T = C_t h_n^\alpha$		
Dónde:		
C_t	Coeficiente que depende del tipo de edificio	
h_n	Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.	
T	Periodo de vibración	
Para:		
Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Nota: Coeficientes según el tipo de estructura Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p62)

Pórticos espaciales Hormigón

$C_t = 0,055$ Armado

$h_n = 22,700$ altura total de la estructura m.

$\alpha = 0,750$

$T = 0,572$ Segundos

$S_a = \eta Z F_a$ para $0 \leq T \leq T_c$

$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$ para $T > T_c$

Gráfico 9

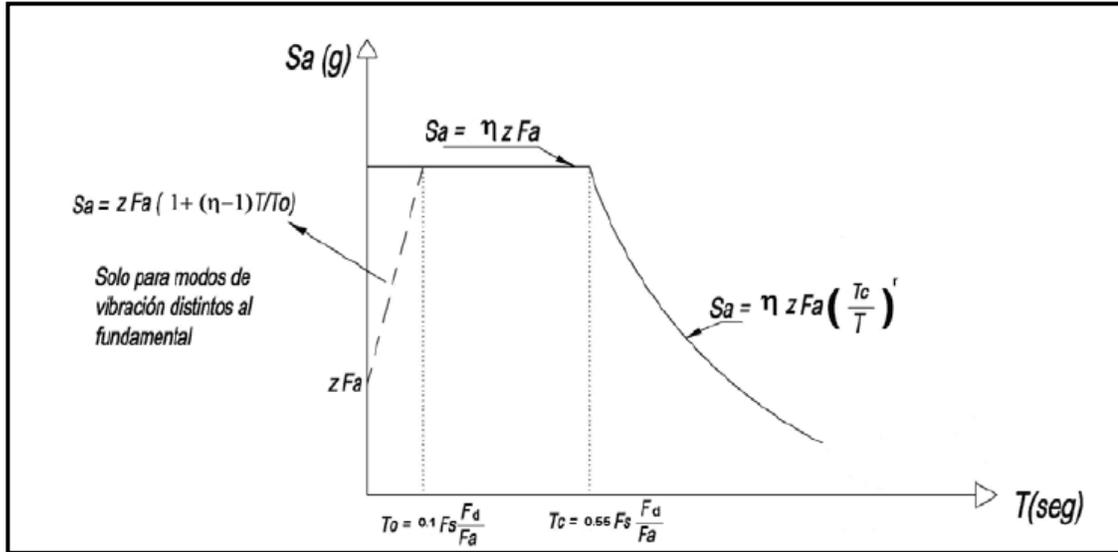


Figura 12. Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (S_a)

Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p33)

Tabla 12. Tipo de Perfil de suelo para diseño sísmico

D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o.	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$

Nota: Tipo de Perfil de suelo para diseño sísmico Fuente: NEC15

Tabla 13. Coeficientes de perfil de suelo (F_a) para zona sísmica ($Z=V$)

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
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 3: Tipo de suelo y Factores de sitio F_a

Nota: Coeficientes de perfil de suelo Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p31)

Tabla 14. Coeficientes de perfil de suelo (F_d) para zona sísmica ($Z=V$)

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
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 4 : Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Nota: Coeficientes de perfil de suelo Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p31)

Tabla 15. Coeficientes de perfil de suelo (F_s) para zona sísmica ($Z=V$)

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
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 5 : Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Nota: Coeficientes de perfil de suelo Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p31)

Suelo tipo = D

$$F_a = 1,2$$

$$F_d = 1,19$$

$$F_s = 1,28$$

$$T_c = 0,6981$$

- $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente

$$S_a = 1,1904$$

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

Tabla 16. Factor de reducción de resistencia sísmica (R)

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Tabla 15: Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles

Nota: Factor de reducción de resistencia sísmica Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p64)

$$A = 18,9 \text{ ancho piso inferior}$$

$$B = 18,9 \text{ ancho piso superior adyacente}$$

$$h_n = 22,7 \text{ altura total de la estructura}$$

$$\text{Si } A > 1,3 B, \text{ Estructura irregular}$$

$$\text{Si } A < 1,3 B, \text{ Estructura Regular}$$

$$1.3B = 24,57 \text{ m.}$$

$$A < 1,3B \text{ Estructura Regular}$$

$$\phi_p = 1$$

$$\phi_e = 1$$

5.2.2 Determinación de fuerzas sísmicas

Las fuerzas totales calculadas previamente se distribuirán en la altura de la misma usando la siguiente expresión.

Tabla 17. Expresión de distribución de fuerzas sísmicas

$V = \sum_{i=1}^n F_i ; V_x = \sum_{i=x}^n F_i ; F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V$	
Dónde:	
V	Cortante total en la base de la estructura (determinado en la sección 6.3.2)
V _x	Cortante total en el piso x de la estructura
F _i	Fuerza lateral aplicada en el piso i de la estructura
F _x	Fuerza lateral aplicada en el piso x de la estructura
n	Número de pisos de la estructura
w _x	Peso aginado al piso o nivel x de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva W (incluye la fracción de la carga viva correspondiente, según la sección 6.1.7)
w _i	Peso aginado al piso o nivel i de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva W (incluye la fracción de la carga viva correspondiente, según la sección 6.1.7)

Nota: Expresión de distribución de fuerzas sísmicas Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p66)

Tabla 18. Distribución de fuerzas sísmicas

Nº PISO	USOS	Nivel	Área aulas m2	Área pasillos m2	W T/m2 -2do estado carga aulas	W T/m2 -2do estado carga pasillos	Wi ton.	Wi hi ton m	Fxi ton
tapagrada	tapagrada	16,53	96,00		0,7373	-	70,78	1170,01	25,22
TERRAZA	Terraza	15,13	222,4	194,5	0,7373	-	307,38	4650,66	100,25
	3 aulas	11,53	222,4	194,5	0,7373	0,7873	317,11	3656,22	78,81
	2 aulas	7,93	222,4	194,5	0,7373	0,7873	317,11	2514,65	54,21
	1 aulas	4,33	222,4	194,5	0,7373	0,8073	321,00	1389,91	29,96
	-1 aulas	0,73	222,4	194,5	0,7373	0,8073	321,00	234,33	5,05
						Sumatoria	1654,36	12445,77	268,28

Nota: Distribución de fuerzas sísmicas Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico 10

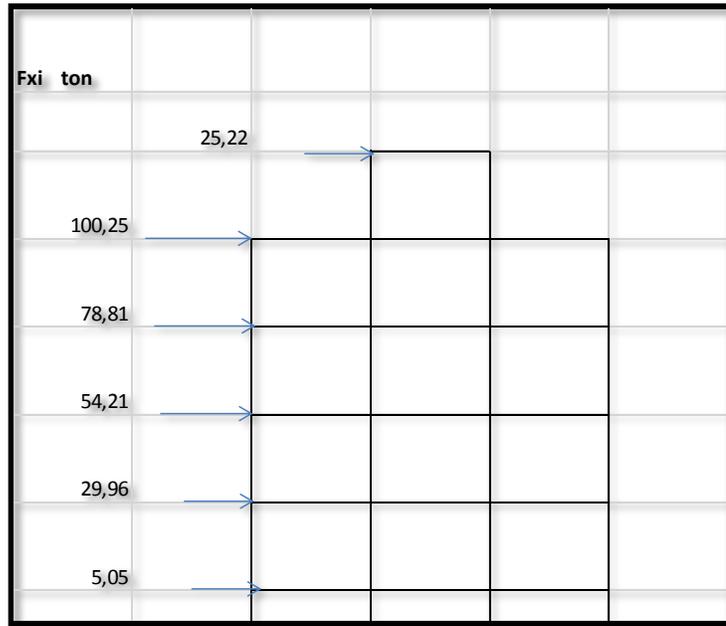


Figura 13. Distribución de fuerzas sísmicas

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Distribución de las fuerzas sísmicas en pórticos

Realiza la repartición y distribución de fuerzas horizontales o sísmicas por pórticos en sentidos X-X y Y-Y, multiplicando la fuerza sísmica de cada nivel por un factor que dependerá del número de columnas en cada piso en dirección de las cargas.

Plano estructural 2

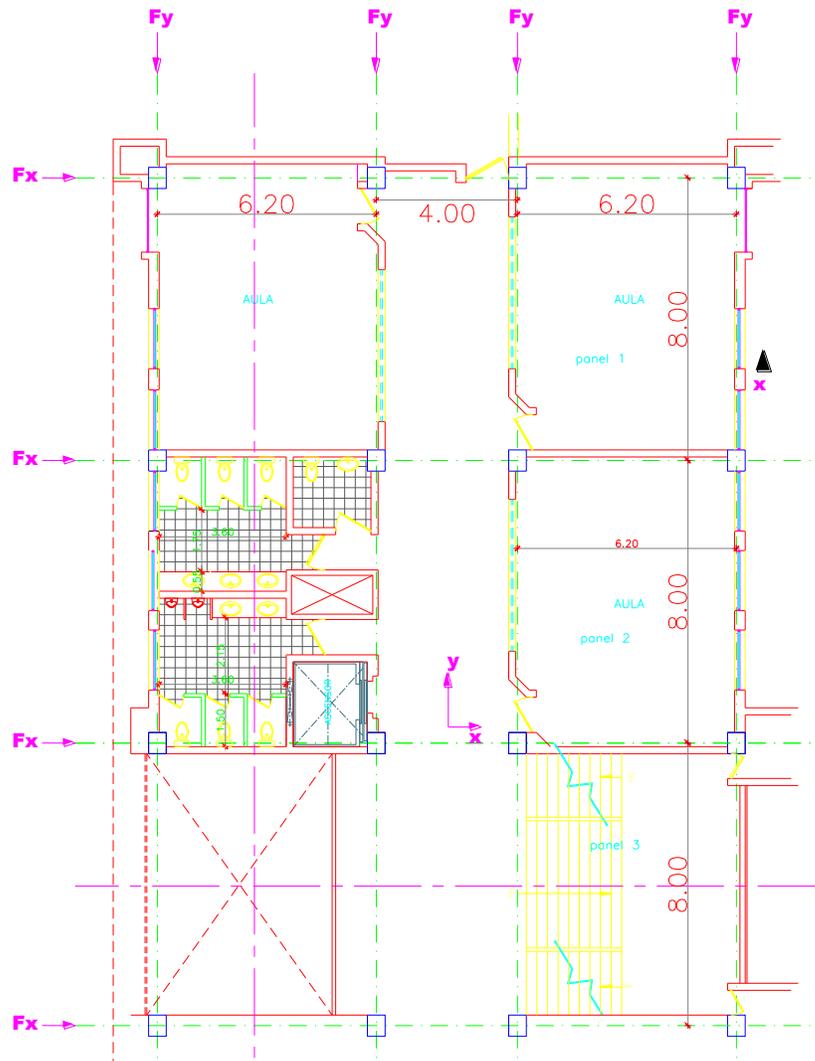


Figura 14. Pórticos y fuerzas F_x - F_y

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 19. Factor de distribución de fuerzas sísmicas

Sentido	N°columnas	N°columnas en dirección de la carga	Factor
	Total		
x-x	16	4	0,25
y-y	16	4	0,25

Nota: Factor de distribución de fuerzas sísmicas Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 20. Fuerzas sísmicas distribuidas por niveles

Nº PISO	USOS	Nivel	Fxi ton.	Factor x-x	Factor y-y	Fx ton.	Fy ton.
tapagrada	tapagrada	16,53	25,22	0,25	0,25	6,31	6,31
TERRAZA	Terraza	15,13	100,25	0,25	0,25	25,06	25,06
3	aulas	11,53	78,81	0,25	0,25	19,70	19,70
2	aulas	7,93	54,21	0,25	0,25	13,55	13,55
1	aulas	4,33	29,96	0,25	0,25	7,49	7,49
sub1	aulas	0,73	5,05	0,25	0,25	1,26	1,26

Nota: Fuerzas sísmicas distribuidas por niveles Fuente: *Elaboración propia*

5.2.4 Determinación de momentos por acción de fuerzas sísmicas

Con el objetivo de pre dimensionamiento de secciones de elementos vigas y columnas, a continuación se realizará una definición de los momentos debido a la acción de las fuerzas que se presentarán con la acción de movimientos sísmicos, siendo este un modelo equivalente.

El procedimiento consiste en la acumulación del cortante basal por piso y por pórtico, para mediante el cálculo del coeficiente de repartición C, determinar la fuerza en la mitad de la altura de entre pisos, el posterior cálculo del momento en el extremo superior y extremo inferior de las columnas.

Estos momentos serán incorporados mediante la combinación de cargas adoptada según la NEC15, de conjunto con los momentos obtenidos por carga muerta y carga viva.

$$C = \frac{Lx1 + Lx2}{2LT}$$

C= coeficiente de repartición

Lx1=longitud de tramo anterior

Lx2=longitud de tramo posterior

LT=longitud total

Ver Anexo 5 Hojas de análisis y cálculo de momentos debido a la acción de fuerzas sísmicas.

Gráfico 11

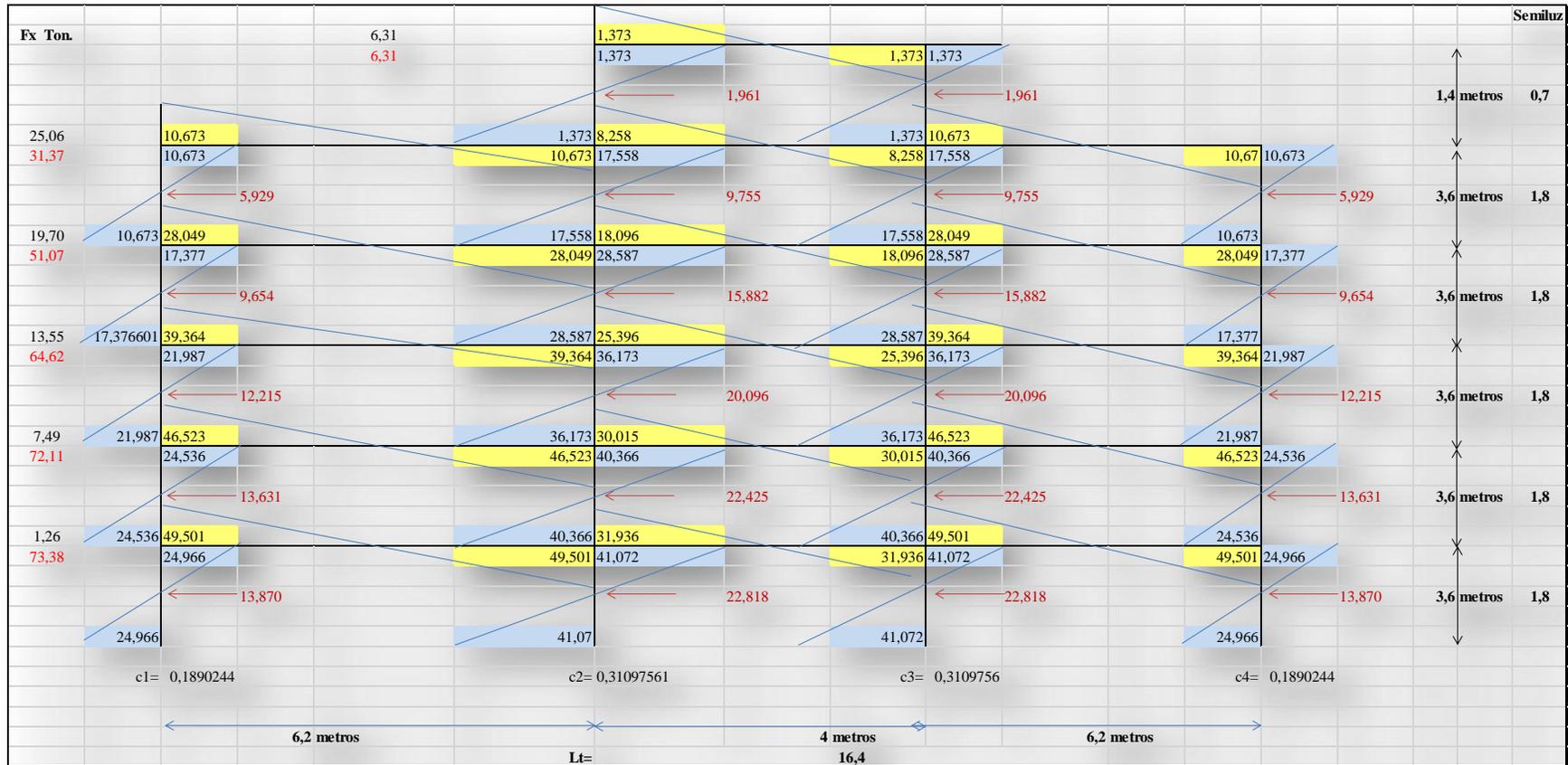


Figura 15. Momentos (ton-m) en pórticos eje X-X causados por fuerzas sísmicas

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12

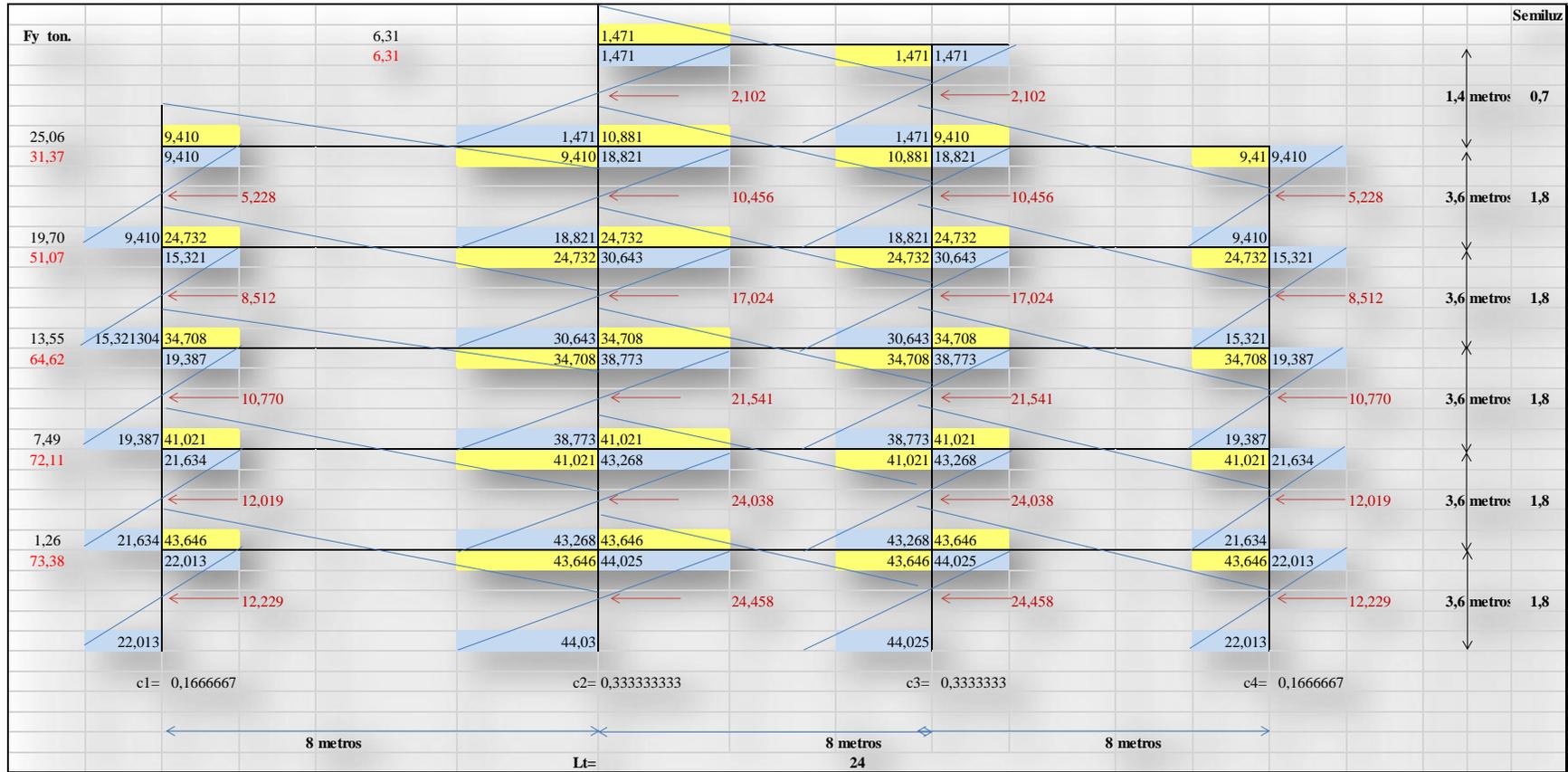


Figura 16. Momentos (ton-m) en pórticos eje Y-Y causados por fuerzas sísmica

Fuente: Elaboración propia

5.3 Pre diseño de columnas

El pre-diseño de las secciones de los elementos columnas que se muestran a continuación han sido determinados por los métodos elásticos (esfuerzos admisibles) y por el método de última resistencia (plástico), para efectos comparativos.

$$P = A_g \times f'_c + A_{st} \times f_y$$

$$\rho_{min} = 0.01 ; A_{st} = 0.01 \times A_g$$

$$A_g = \frac{P}{58.91}; \text{Método elástico si } f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2} \quad f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$A_g = \frac{P}{76.3}; \text{Método elástico si } f'_c = 280 \frac{kg}{cm^2} \quad f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$P = \phi \times 0.80 \cdot (0.85 \times f'_c \times A_g)$$

$$A_g = \frac{P_u}{0.476 f'_c}; \text{Método plástico}$$

$$A_g = \frac{P_u}{100}; \text{Método plástico si } f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2} \quad f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$A_g = \frac{P_u}{133.28}; \text{Método plástico si } f'_c = 280 \frac{kg}{cm^2} \quad f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Ver Anexo 6 Hojas de cálculo para la determinación de las secciones de pre diseño de los elementos columna.

Plano estructural 3

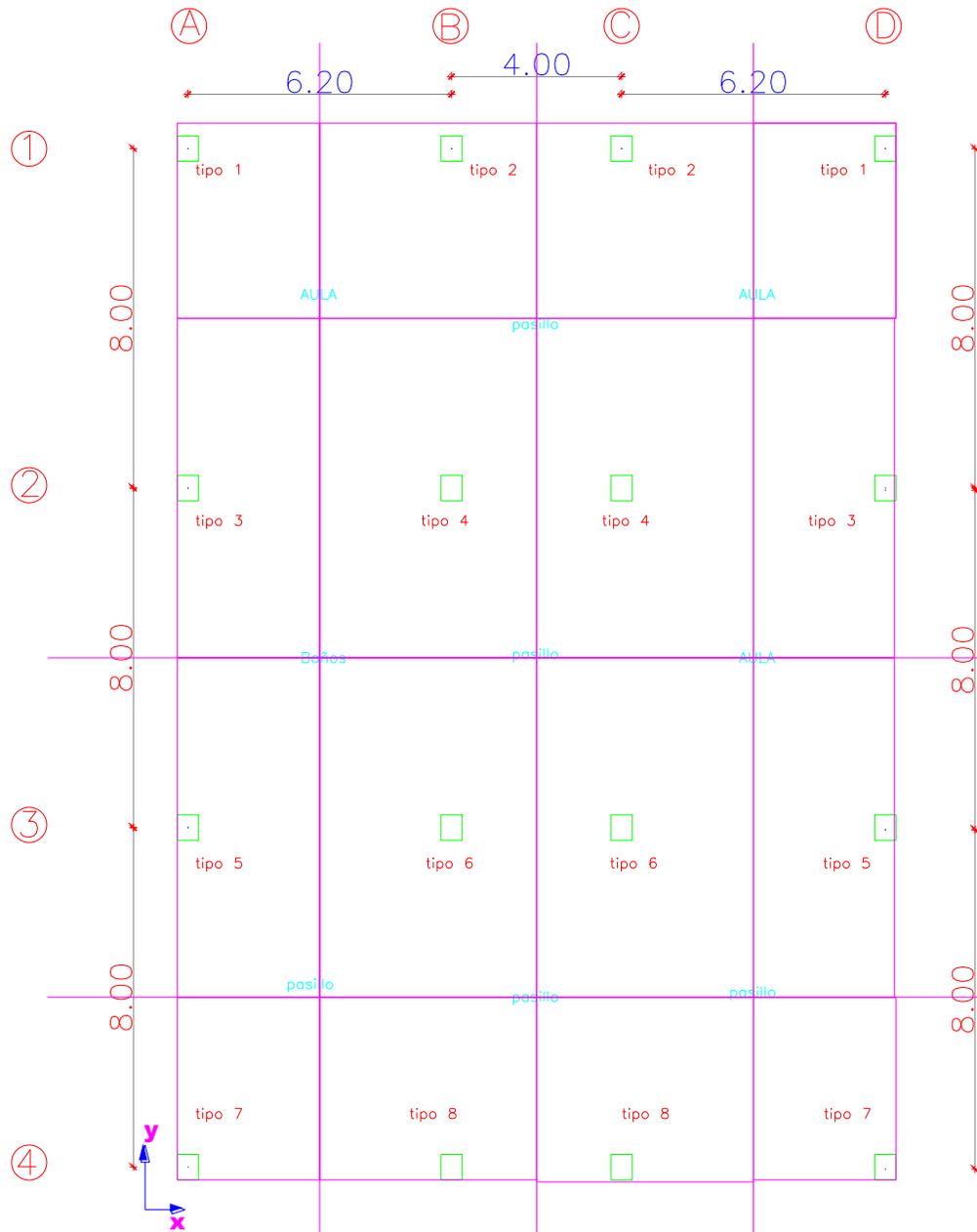


Figura 17. Momentos en pórticos eje Y-Y causados por fuerzas sísmicas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Secciones de pre-diseño para elementos columnas

Columna	Nivel	Área	carga serv.1	carga serv.2	P kg	Ag elastico	Ag Ulima res.	Ag Diseño
Tipo 1	Tapagrada		11002,52	0,00	11002,520	186,77	165,04	30x30
	TERRAZA		22005,04	5164,18	27169,220	461,20	407,54	30x30
	3		33007,56	18736,39	51743,952	878,36	776,16	30x30
	2		44010,08	37783,49	81793,566	1388,45	1226,90	35x35
	1		55012,60	60294,76	115307,355	1957,35	1729,61	45x45
	sub1		66015,12	84247,07	150262,189	2550,71	2253,93	55x55
Columna								
Tipo 2	Tapagrada		19700,92	1029,40	20730,316	351,90	310,95	30x30
	TERRAZA		39401,84	12387,15	51788,991	879,12	776,83	30x30
	3		59102,76	39531,58	98634,336	1674,32	1479,52	40x40
	2		78803,68	77625,76	156429,443	2655,40	2346,44	50x50
	1		98504,60	122648,30	221152,901	3754,08	3317,29	60x60
	sub1		118845,52	170552,93	289398,449	4912,55	4340,98	70x70
Columna								
Tipo 3	Tapagrada		22005,04	551,70	22556,742	382,90	338,35	30x30
	TERRAZA		44010,08	8161,12	52171,197	885,61	782,57	30x30
	3		66015,12	26709,81	92724,927	1574,01	1390,87	40x40
	2		88020,16	52740,84	140760,995	2389,42	2111,41	50x50
	1		110025,20	83506,24	193531,436	3285,21	2902,97	55x55
	sub1		132030,24	116241,07	248271,305	4214,42	3724,07	60x60
Columna								
Tipo 4	Tapagrada		39401,84	1029,40	40431,236	686,32	606,47	30x30
	TERRAZA		78803,68	12387,15	91190,831	1547,97	1367,86	40x40
	3		118205,52	39531,58	157737,096	2677,59	2366,06	50x50
	2		157607,36	77625,76	235233,123	3993,09	3528,50	60x60
	1		197009,20	122648,30	319657,501	5426,20	4794,86	70x70
	sub1		237691,04	170552,93	408243,969	6929,96	6123,66	80x80
Columna								
Tipo 5	Tapagrada		24485,04	551,70	25036,742	425,00	375,55	30x30
	TERRAZA		48970,08	8161,12	57131,197	969,80	856,97	30x30
	3		73455,12	26709,81	100164,927	1700,30	1502,47	40x40
	2		97940,16	52740,84	150680,995	2557,82	2260,21	50x50
	1		122425,20	83506,24	205931,436	3495,70	3088,97	60x60
	sub1		147902,24	116241,07	264143,305	4483,84	3962,15	70x70
Columna								
Tipo 6	Tapagrada		41881,84	1029,40	42911,236	728,42	643,67	30x30
	TERRAZA		83763,68	12387,15	96150,831	1632,16	1442,26	40x40
	3		125645,52	39531,58	165177,096	2803,89	2477,66	50x50
	2		167527,36	77625,76	245153,123	4161,49	3677,30	60x60
	1		209409,20	122648,30	332057,501	5636,69	4980,86	70x70
	sub1		253563,04	170552,93	424115,969	7199,39	6361,74	80x80
Columna								
Tipo 7	Tapagrada		13482,52	0,00	13482,520	228,87	202,24	30x30
	TERRAZA		26965,04	5164,18	32129,220	545,40	481,94	30x30
	3		40447,56	18736,39	59183,952	1004,65	887,76	30x30
	2		53930,08	37783,49	91713,566	1556,84	1375,70	35x35
	1		67412,60	60294,76	127707,355	2167,84	1915,61	45x45
	sub1		81887,12	84247,07	166134,189	2820,14	2492,01	55x55
Columna								
Tipo 8	Tapagrada		22180,92	1029,40	23210,316	394,00	348,15	30x30
	TERRAZA		44361,84	12387,15	56748,991	963,32	851,23	30x30
	3		66542,76	39531,58	106074,336	1800,62	1591,12	40x40
	2		88723,68	77625,76	166349,443	2823,79	2495,24	50x50
	1		110904,60	122648,30	233552,901	3964,57	3503,29	60x60
	sub1		134717,52	170552,93	305270,449	5181,98	4579,06	70x70

Nota: Secciones de pre-diseño para elementos columnas Fuente: Elaboración propia

5.4 Pre diseño de vigas

El pre diseño de las vigas se realizará mediante la definición de cargas por el método mosaico de cargas indicado y vigente en la NEC15, el mismo consiste en distribuir una carga uniformemente equivalente en la viga transmitida de losa hacia viga, mediante el trazado de áreas de carga.

Gráfico 11

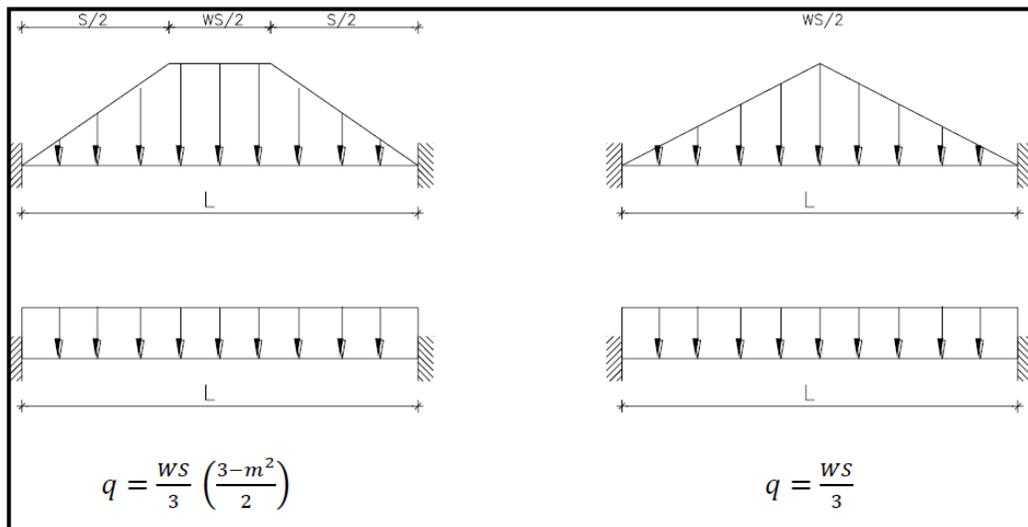


Figura 18. Esquema equivalente de cargas transmitidas de losa hacia la viga

Fuente: NEC15

q = Carga uniformemente distribuida equivalente, transmitida de losa a viga

W = Carga uniformemente distribuida por unidad de área

S = Longitud claro corto

L = Longitud claro largo

m = Lado corto/Lado largo

Plano estructural 4

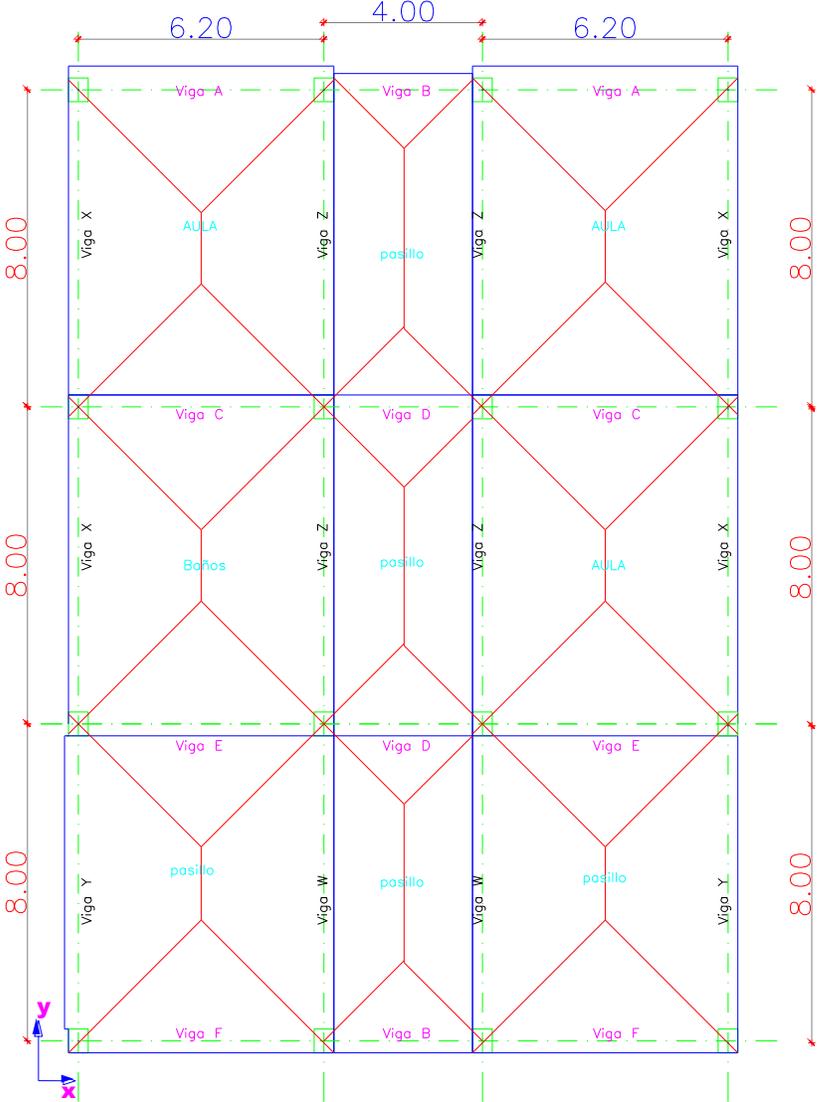


Figura 19. Aporte de área de cargas equivalentes transmitidas de losa hacia la viga
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Cargas utilizadas en pre-diseño de vigas

N° PISO	USOS	CV pasillo t/m2	CV aulas t/m2	Carga muerta t/m2
Tapagrada	Tapagrada	-	0,20	0,6873
TERRAZA	Terraza	0,40	0,20	0,6873
3	Aulas	0,40	0,20	0,6873
2	Aulas	0,40	0,20	0,6873
1	Aulas	0,48	0,20	0,6873
sub1	Aulas	0,48	0,20	0,6873

Nota: Cargas utilizadas en pre-diseño de vigas Fuente: NEC15

Ejemplo de Diseño

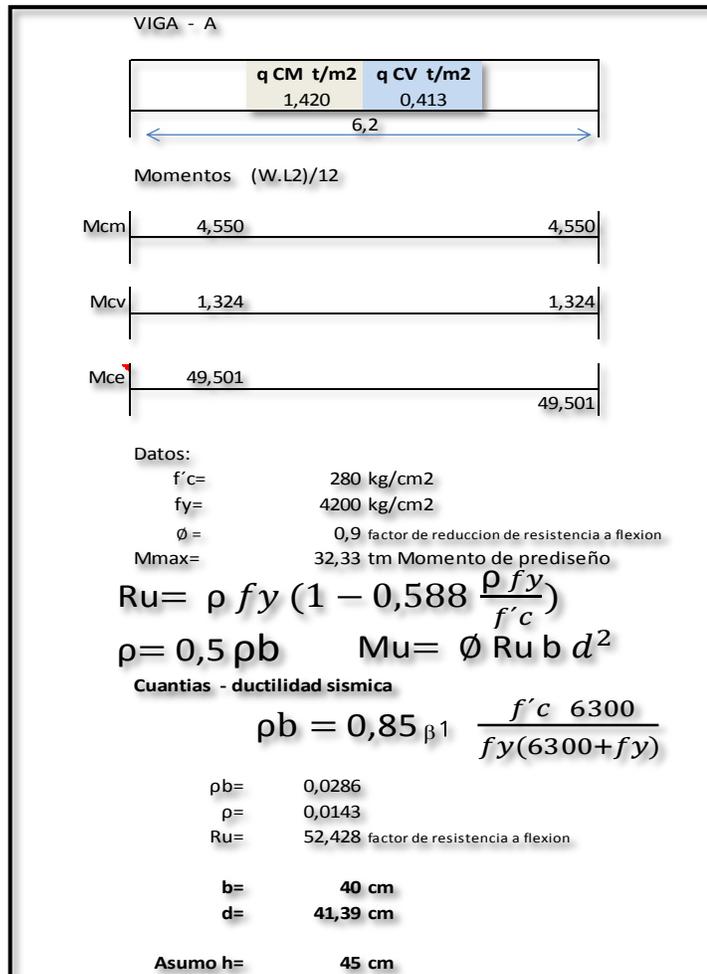


Figura 20. Ejemplo de diseño de elementos vigas

Fuente: Elaboración propia

Ver Anexo 7 Hojas de cálculo para la determinación de las secciones de pre diseño de los elementos vigas.

5.5 Modelo de la estructura

Mediante la utilización del programa estructural ETABS con las secciones pre definidas, se definirá un modelo estructural definitivo en cuanto a secciones de elementos columnas y vigas, así como las secciones de refuerzo de cada uno de ellos mediante la aplicación de la normativa NEC 15, gracias a la versatilidad del software y utilizado las secciones previamente establecidas como partida, el objetivo será definir el modelo estructural más adecuado y óptimo, mediante la corrida del modelo ajustándolo a los requerimientos establecidos para que al final los resultados obtenidos cumplan con las solicitaciones de desplazamientos permisibles NEC 15, los mismos que se deben guardar para cumplir con criterios sísmicos de diseño.

Modelo Estructural 1

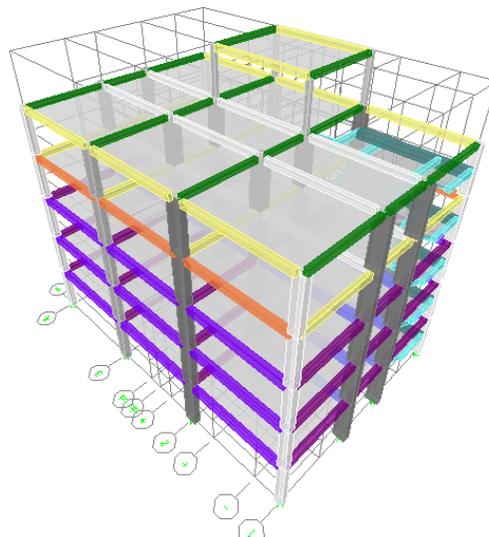


Figura 21. Modelo de la estructura realizado en ETABS, elementos vigas y columnas.

Fuente: Elaboración Propia

5.5.1 Datos de modelación

El presente modelo empezará con la definición de los materiales con los que se diseñarán los elementos vigas, columnas, cimentación, los mismos que serán ingresados manualmente en base a los disponibles en concordancia con el NEC15, hormigón y acero de refuerzo respectivamente, cuyas propiedades son las siguientes:

Ventana Informática 1

Figura 22. Ventana de especificaciones de diseño y materiales ETABS

Fuente: Elaboración propia

$$E_c = 4,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; NEC15$$

E_c = módulo de elasticidad del hormigón (GPa)

$f'c$ = resistencia a compresión del hormigón (MPa)

$$E_c = 13500 \times \sqrt{f'c} \quad \left(\frac{kg}{cm^2} \right); \text{materiales ecuatorianos}$$

Ventana Informática 2

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data". It contains the following fields and values:

- Material Name:** 4200
- Display Color:** Color (green)
- Type of Material:** Isotropic, Orthotropic
- Type of Design:** Design (Steel)
- Analysis Property Data:**
 - Mass per unit Volume: 7,981E-06
 - Weight per unit Volume: 7,833E-03
 - Modulus of Elasticity: 2100000
 - Poisson's Ratio: 0,3
 - Coeff of Thermal Expansion: 1,170E-05
 - Shear Modulus: 807692,31
- Design Property Data:**
 - Minimum Yield Stress, Fy: 4200
 - Minimum Tensile Strength, Fu: 5460
 - Cost per Unit Weight: 2,205E-03

Buttons: OK, Cancel

Figura 23. Ventana de especificaciones de diseño y materiales ETABS

Fuente: Elaboración propia

$E_c = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$; módulo de elasticidad acero de refuerzo

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ ; NEC15}$$

5.5.2 Definición de cargas

En esta sección del modelo se ingresarán las variables de carga, así como combinaciones de carga, las mismas que se encuentran especificadas en la NEC 15.

Ventana Informática 3

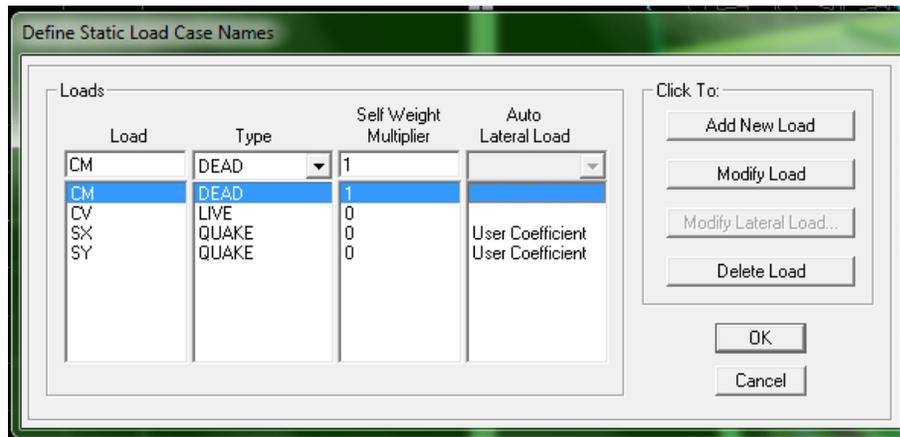


Figura 24. Ventana de tipo de cargas ETABS

Fuente: Elaboración propia

Ventana Informática 4

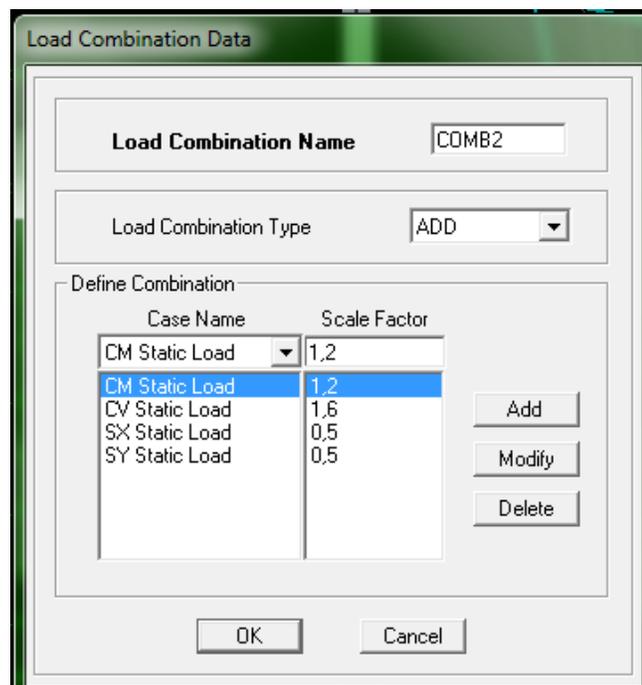


Figura 25. Ventana de combinación de cargas ETABS

Fuente: Elaboración propia

Estas cargas serán ingresadas en los elementos adecuados (elemento Shell), los mismos que repartirán adecuadamente las cargas sobre los elementos, los que permitirá visualizar un adecuado diagrama de cortes y momentos en los elementos viga, columna. Las cargas ingresadas manualmente son las siguientes:

$CM = 0,245 \text{ T/m}^2$ instalaciones; $CM = \text{peso propio de los elementos}$

$$CV = 0,2 \text{ T/m}^2 ; CV = 0,4 \text{ T/m}^2 ; CV = 0,48 \text{ T/m}^2 ;$$

Las cargas correspondientes a sismo en sentido X - Y serán calculadas en base al porcentaje del cortante basal, que está en función del peso reactivo de la estructura, que es ingresado mediante su valor correspondiente previamente definido.

Carga de granizo (S) para cubiertas planas o pendientes menores al 5%, contemplarán una carga distribuida estimada en 0,1 t/m² asumiendo:

$$S = \rho G \times Hs ; \rho G \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right); Hs \text{ (altura de acumulación)}$$

5.5.3 Definición de vigas y columnas para trazado de la estructura

Las secciones de los elementos definidos en esta sección serán los prediseñados en los anexos anteriormente mencionados, así como los materiales.

La losa diseñada en el anexo 3 será ingresada mediante el elemento Shell, con un espesor equivalente de losa maciza, con respecto al peralte de la losa reticulada de diseño, sobre la misma que serán colocadas las cargas correspondientes, las mismas que se transmitirán a los elementos viga, columna.

Las secciones de pre diseño serán adaptadas y ajustadas con respectó a los criterios más convenientes para el modelo definitivo, con criterios de orientación de elementos columna ya sean estas por flexión o sismo.

Modelo Estructural 2

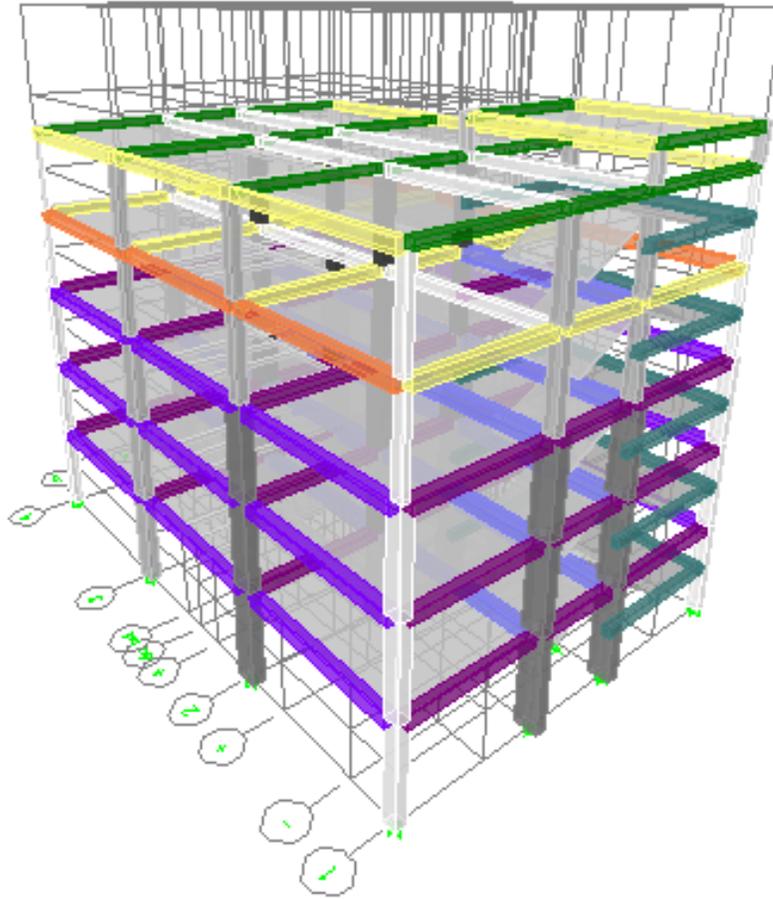


Figura 26. Modelo Estructural realizado en ETABS

Fuente: Elaboración propia

5.5.4 Criterio sismo resistente

Una estructura bajo los efectos de un sismo reaccionara mediante un trabajo conjunto de todos sus elementos, por lo que será diseñada con este fin, en el caso de que las derivas máximas sean muy altas debido a la gran masa de la estructura esta tiene como opción de diseño la separación de la misma en dos o más estructuras, lo que reducirá su masa y por consiguiente sus derivas.

- Si no coinciden, la distancia mínima de separación será el promedio de los valores absolutos de los desplazamientos máximos horizontales inelásticos ΔM , para cada una de las partes de la estructura que se desee actúen separadamente. (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p46)

- Si las cotas de los entrepisos coinciden, la separación mínima será la mitad del valor absoluto del desplazamiento máximo horizontal inelástico ΔM de una de las partes, el más desfavorable. (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p46)

El criterio referente a la deriva inelástica máxima permisible ΔM , para cualquier piso de la estructura es la no excedencia de la deriva inelástica establecida en la siguiente tabla, la misma que se expresa como un porcentaje de la altura del piso.

Tabla 23. Deriva inelástica máxima

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Nota: Deriva inelástica máxima Fuente: (Peligro sísmico, NEC15, 2015, p40)

$$\Delta M = 0,75 \Delta E \quad ; \quad \Delta M < \Delta M \text{ máxima}$$

$$\Delta M = \text{deriva máxima inelástica}$$

$\Delta E = \text{desplazamiento obtenido en aplicacion de fuerzas laterales}$

$R = \text{factor de reducción de resistencia}$

Otro criterio de diseño importante utilizado en la modelación de la estructura mediante la aplicación de la norma NEC 15, es la implementación de los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, y son las siguientes:

$0,5 I_g \text{ para vigas}$

$0,8 I_g \text{ para columnas}$

5.5.5 Diseño de secciones en acero de refuerzo en columnas y vigas

La determinación de las secciones definitivas de hormigón en los elementos viga columna, así como sus respectivas secciones de acero de refuerzo se realizan mediante una evaluación de combinaciones de carga más desfavorables, la misma que es ingresada mediante la función de la envolvente de cargas de la siguiente manera:

Ventana Informática

Load Combination Data

Load Combination Name: ENVOLVENTE

Load Combination Type: ENVE

Define Combination

Case Name	Scale Factor
COMB1 Combo	1
COMB1 Combo	1
COMB2 Combo	1
COMB7A Combo	1
COMB7B Combo	1
COMB7C Combo	1
COMB7D Combo	1

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Figura 27. Ventana combinaciones de carga de la envolvente ETABS

Fuente: *Elaboración Propia*

Plano estructural 5

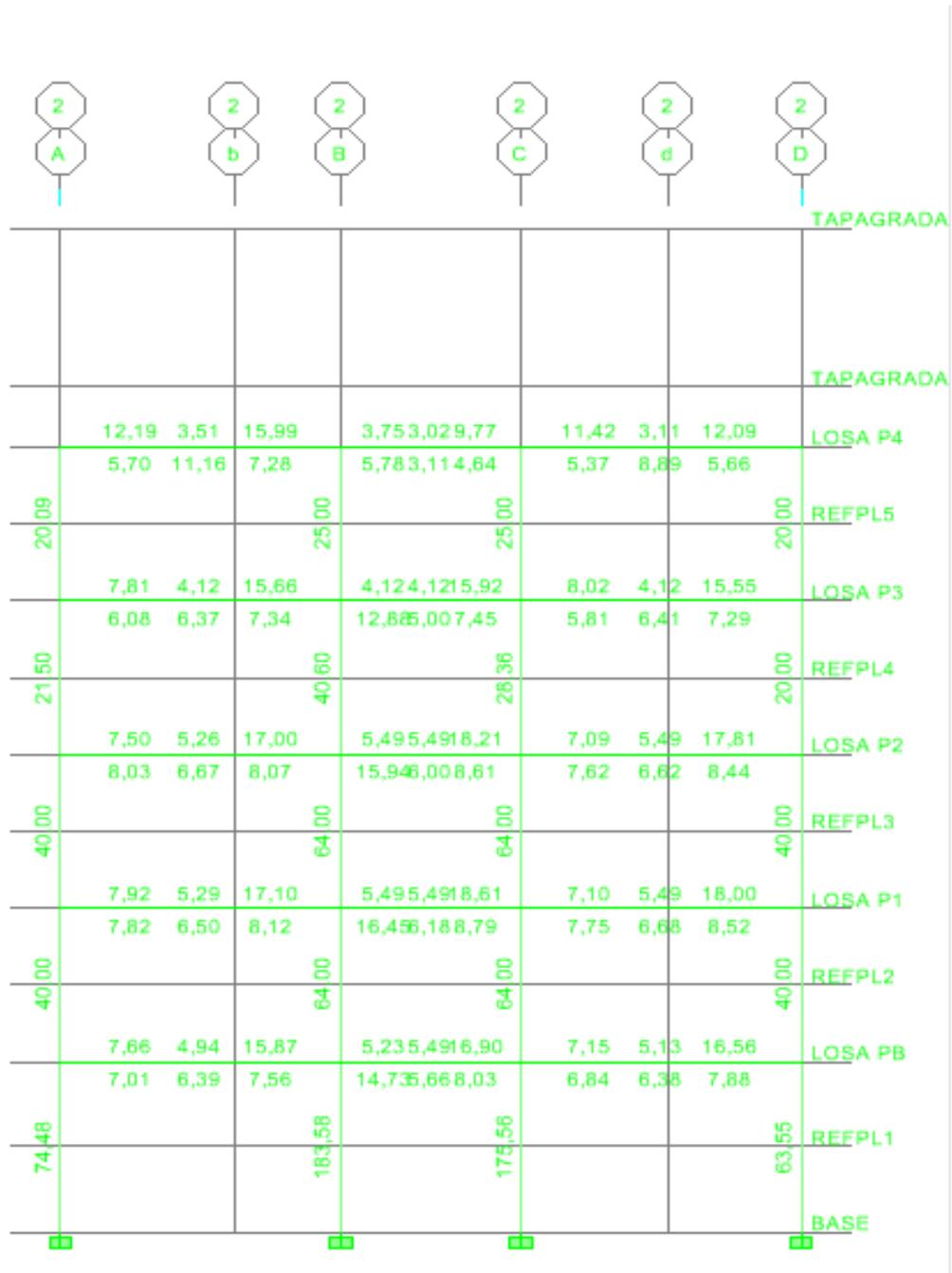


Figura 28. Resultados obtenidos de acero de refuerzo elementos vigas, columnas ETABS

Fuente: Elaboración propia

Ver Anexo 8 Resultados del modelo y diseño definitivo.

5.6 Análisis y diseño de cimentación

La cimentación es el elemento de la superestructura que permite la transición de cargas, cualquiera que estas sean, hacia el suelo de fundación.

Ésta debe ser diseñada con la consigna de soportar las solicitaciones generadas por la superestructura como son cargas axiales, momentos, y cortantes.

Mediante la aplicación de los principios de la mecánica de suelos se determinará la presión admisible del suelo de fundación, las dimensiones del área de cimentación se determinarán con las cargas no mayoradas, es decir mediante un análisis elástico, para posterior a este diagnóstico determinar el peralte de cimentación y finalmente la armadura de refuerzo, estas dos últimas se determinarán considerando cargas mayoradas.

La cimentación definida se considerará según criterios de diseño NEC 15, como cimentación superficial al cumplir con la siguiente expresión, ya que de no cumplir con la relación mencionada esta pertenece a la categorización de cimentación profunda.

$$\frac{Df}{B} \leq 4 \quad Df = \text{profundidad de desplante} ; B = \text{Ancho de cimentación}$$

La modelación del tipo de cimentación más apropiado se realizará mediante la utilización del programa Safe, y el empleo de los datos obtenidos a través del estudio de suelos existente previo a la realización del presente proyecto, así como de los datos de cargas y momentos obtenidos como resultado del análisis estructural previamente realizado y explicado, objeto del presente proyecto.

Los datos existentes del estudio de suelos, sugieren concretamente la alternativa de vigas de cimentación, en base a los resultados logrados con respecto a capacidad de carga del sitio donde se realizará la fundación, razón por la cual mediante este análisis al realizar las primeras modelaciones, los resultados obtenidos que satisfacen las solicitaciones tanto de cargas existentes en base a la capacidad de carga, supera en un

70% el área de cimentación total de la estructura, la misma que ocuparía en este porcentaje al área total del proyecto, razón por la cual los criterios en las áreas de geotécnica y cimentaciones son claras al respecto, al no ser esta la opción más adecuada, debido al costo de encofrados, mano de obra, y debido al área excesiva, la alternativa más adecuada sería mediante losa de cimentación.

Modelo Estructural 3

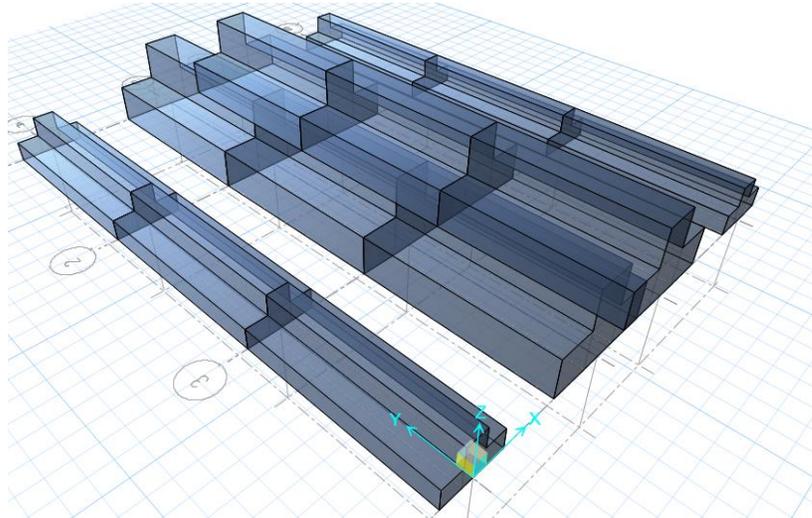


Figura 29. Modelo de cimentación elaborado en SAFE

Fuente: Elaboración propia

5.6.1 Análisis y diseño de losa de cimentación

El presente modelo de cimentación obedece a las solicitaciones previas generadas en el análisis estructural sismo resistente de la estructura, por lo que el diseño obtenido en esta sección cumplirá con normativa NEC15.

El diseño losa de cimentación parte de la información existente, para varias alternativas modeladas mediante el análisis de resultados, donde se define aquella más conveniente para el cumplimiento de los objetivos del estudio.

La modelación del elemento losa de cimentación se realiza a partir de las siguientes características:

Ventana Informática

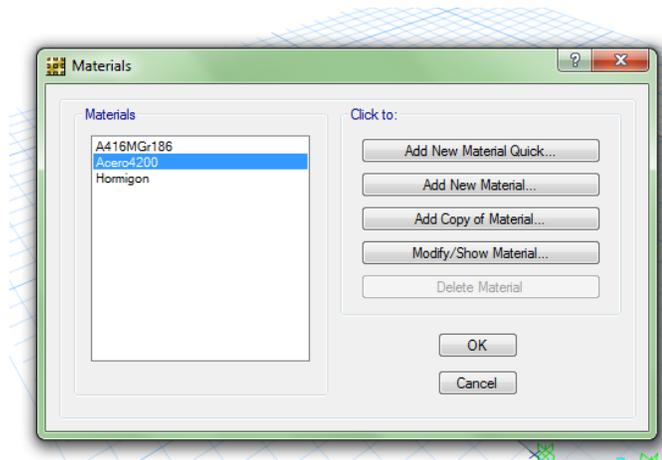


Figura 30. Materiales asumidos en modelación de losa de cimentación (programa SAFE)

Fuente: *Elaboración propia*

Ventana Informática

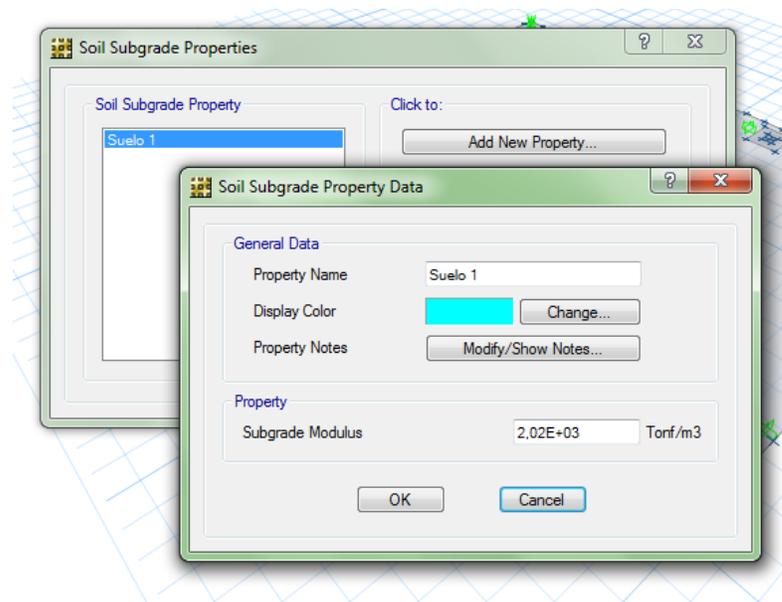


Figura 31. Valor de coeficiente de Balasto usado en la modelación en la losa de cimentación (programa SAFE)

Fuente: *Elaboración propia*

El modelo de la cimentación recibirá las cargas y momentos definidos en los estudios obtenidos en capítulos anteriores, análisis en los cuales se tomó en cuenta la acción de fuerzas sísmicas.

Cuando se considera sismo, se puede incrementar el esfuerzo admisible del suelo en un 33%, tomando en cuenta que las acciones de sismo son momentáneas, y de corta duración. (Avedaño, 2013, p.14).

La transmisión de fuerzas en la base de las columnas en el caso de que dicha base sea mayor que el elemento propuesto, el aplastamiento debe verificarse en la base de la columna. (Avedaño, 2013, p.14).

La resistencia al aplastamiento sobre la columna es $0,85 \phi f'c$

La resistencia al aplastamiento sobre el elemento es $0,85 \phi f'c$; $\phi = 0,65$

Se ha tenido en cuenta que el asentamiento máximo, así como los esfuerzos admisibles del suelo de fundación sean mayores que los obtenidos en el análisis propuesto.

En el capítulo 7 del ACI se indica que, en elementos tales como losas de cimentación bidireccionales, se colocará como armadura de refuerzo mínima al acero por temperatura. (ACI, 2014, p104)

para nuestro caso $f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$ $AS_{min} = 0,0018 b h$; $AS_{min} = 0,002 b h$

Se presenta una tabla con los valores del módulo de reacción del suelo conocido también como coeficiente de balasto en función de la capacidad admisible del suelo de cimentación.

Tabla 24. Coeficiente de balasto (K)

Esf Adm (t/m ²)	K (t/m ³)	Esf Adm (t/m ²)	K (t/m ³)	Esf Adm (t/m ²)	K (t/m ³)
2.50	650	15.50	3190	28.50	5700
3.00	780	16.00	3280	29.00	5800
3.50	910	16.50	3370	29.50	5900
4.00	1040	17.00	3460	30.00	6000
4.50	1170	17.50	3550	30.50	6100
5.00	1300	18.00	3640	31.00	6200
5.50	1390	18.50	3730	31.50	6300
6.00	1480	19.00	3820	32.00	6400
6.50	1570	19.50	3910	32.50	6500
7.00	1660	20.00	4000	33.00	6600
7.50	1750	20.50	4100	33.50	6700
8.00	1840	21.00	4200	34.00	6800
8.50	1930	21.50	4300	34.50	6900
9.00	2020	22.00	4400	35.00	7000
9.50	2110	22.50	4500	35.50	7100
10.00	2200	23.00	4600	36.00	7200
10.50	2290	23.50	4700	36.50	7300
11.00	2380	24.00	4800	37.00	7400
11.50	2470	24.50	4900	37.50	7500
12.00	2560	25.00	5000	38.00	7600
12.50	2650	25.50	5100	38.50	7700
13.00	2740	26.00	5200	39.00	7800
13.50	2830	26.50	5300	39.50	7900
14.00	2920	27.00	5400	40.00	8000
14.50	3010	27.50	5500	40.50	8100
15.00	3100	28.00	5600	41.00	8200

Nota: valores de K Fuente: (Avedaño, 2013, p17)

Los resultados obtenidos se detallarán en los planos definitivos de la cimentación de la estructura, los mismos que se realizaron mediante el cumplimiento de la normativa vigente NEC15, y mediante el uso de criterios sismo resistentes, tomando en cuenta seguridad y economía.

Plano estructural 6

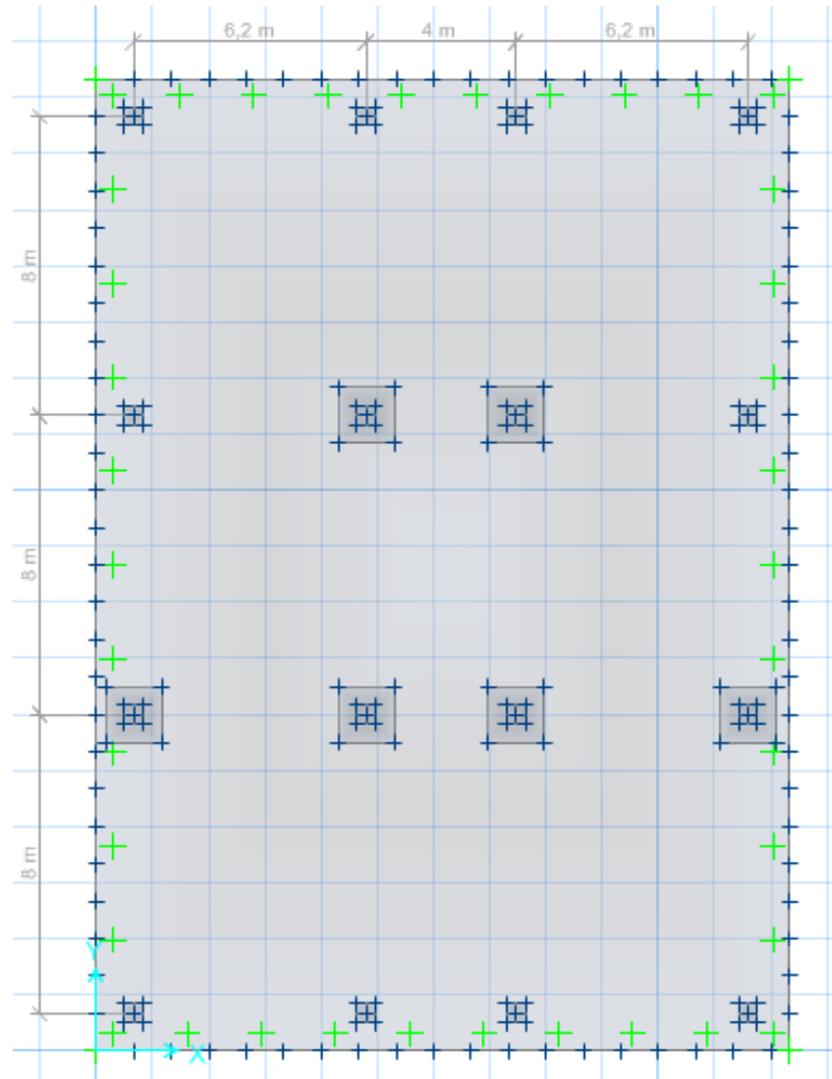


Figura 32. Modelo de losa de cimentación (programa SAFE)

Fuente: *Elaboración propia*

Ver Anexo 9 Análisis y modelamiento elemento losa de cimentación.

5.7 Elaboración de planos estructurales

La realización de los planos estructurales tomó como punto de partida las geometrías indicadas en los planos arquitectónicos previamente recibidos, lo que permite mediante todos los elementos estructurales diseñados en los capítulos anteriores, definir finalmente dimensiones, y cantidades, de hormigón y aceros de refuerzo.

Los planos estructurales contarán tanto con cantidades, así como especificaciones técnicas sobre las características que deberán poseer los materiales utilizados durante la etapa de ejecución. Ver Anexo 10 Planos estructurales definitivos.

6. Análisis y costos de ejecución del proyecto

6.1 Justificación de costos de ejecución

El análisis estructural objeto del presente estudio, el mismo que se ha realizado en cumplimiento de normativas de diseño vigentes para el Ecuador (NEC15), ha permitido la obtención de planos definitivos, que cumplen con las solicitudes necesarias de diseño, las mismas que se mencionan a detalle en los capítulos anteriores, lo que en el presente capítulo permite la determinación del costo de ejecución de la parte estructural de la edificación educativa de cuatro plantas de hormigón armado, mediante la elaboración del análisis de precios unitarios y la cuantificación de cantidades de obra en base a los planos obtenidos.

Es propio de esta etapa mediante un criterio y conocimiento técnico generar un listado de actividades necesarias para la correcta ejecución del proyecto, y dar cumplimiento a las especificaciones técnicas que fueron consideradas en el cálculo estructural.

Tabla 25. Listado de Rubros – Actividades de ejecución

COD	DESCRIPCION	UNIDAD
	PRELIMINARES	
000-1	Limpieza y desbroce del terreno	m ²
000-2	Replanteo y nivelación	m ²
000-3	Cerramiento provisional	m
000-4	Excavación en área de cimentación	m ³
000-5	Desalojo de material de excavación	m ³
	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	
000-1	Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$, inc. Figurado	kg
000-2	Hormigón simple en replantillo $e=10\text{cm}$	m ³
000-3	Hormigón en columna $f'_c= 280\text{ Kg/cm}^2$, inc. Encofrado	m ³
000-4	Hormigón en Losa alivianada $f'_c= 280\text{ Kg/cm}^2$, inc. Encofrado	m ³
000-5	Hormigón en Vigas $f'_c= 280\text{ Kg/cm}^2$, inc. Encofrado	m ³
000-6	Hormigón en Cimentación $f'_c= 280\text{ Kg/cm}^2$	m ³
000-7	Blóque Alivianado 40x40x20 cm	U
000-8	Malla electrosoldada R126 (8mm10x10)	m ²

Nota: valores de K Fuente: Elaboración propia

6.2 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas contempladas corresponden a todas las características y solicitudes de los materiales, las mismas que fueron previamente consideradas en el análisis estructural en capítulos previos, así como aquellas consideraciones constructivas y de verificación necesarias para su ejecución. Los puntos sobre los cuales se enfocan las mismas son los siguientes:

- Descripción
- Procedimiento
- Medición y pago
- Materiales mínimos
- Equipo mínimo
- Mano de obra mínima calificada

Ver Anexo. 11 Especificaciones técnicas.

6.3 Determinación de cantidades y volúmenes de obra

En la presente sección se identifica la metodología utilizada para la estimación de cantidades de obra que se generarán en la ejecución del proyecto durante la etapa de construcción en obra gris, la misma que consistirá en esquemas extraídos de los planos existentes para esta etapa, los cuales mediante un anexo de cálculo en base a medidas reales expuestas en el gráfico, concluirán en las cantidades reales, a través del correcto uso de criterios como longitud, altura, espesor, y unidades propias de cada actividad, las que se definirán como actividades cronológicas de rubros que obedecerán a criterios técnicos específicos, que fueron contemplados en el análisis del presente estudio estructural. Ver Anexo 12 Cantidades y volúmenes de obra.

6.4 Análisis de precios unitarios

Como herramienta para la determinación del presupuesto de ejecución del proyecto técnico elaborado a continuación se realizará el análisis de precios unitarios.

El presente análisis de precios unitarios se presenta mediante anexos en hojas de cálculo que contemplan los siguientes aspectos:

- A. equipos
- B. mano de obra
- C. materiales
- D. transporte

Aspectos que en el análisis consideran los detalles y la lógica constructiva técnicas en la ingeniería civil. Los mismos que serán fundamentales en las diferentes etapas de ejecución según lo estipulado en la ley de contratación de obras, vigente en el Ecuador. Ver anexos 13 Análisis de precios unitarios.

6.5 Cronograma valorado de actividades

El cronograma valorado muestra a continuación de una manera cronológica como se desarrollarán las actividades de ejecución del proyecto técnico tomando en cuenta aspectos de costos así como aspectos constructivos, lo que en base al tiempo de ejecución por actividades se determinará el tiempo total que conllevará la etapa final de ejecución del proyecto técnico.

Tabla 26. Cronograma valorado

OBRA : Diseño estructural de una edificación educativa de cuatro plantas de hormigón armado en el sur de Quito, sector Quitumbe						CRONOGRAMA VALORADO						
ESTADO: Emitida												
COD	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDADES			Descripcion	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6
			CANTIDAD	PRECIO	Precio total							
OE1. PRELIMINARES												
000-1	Limpieza y desbroce del terreno	m2	900,00	0,86	774,90	valor total	774,90					
						cant. Total	900,00					
						% ejecutado	100%					
000-2	Replanteo y nivelación	m2	669,24	1,79	1194,59	valor total	1194,59					
						cant. Total	669,24					
						% ejecutado	100%					
000-3	Cerramiento provisional	m	130,00	2,97	386,36	valor total	386,36					
						cant. Total	130,00					
						% ejecutado	100%					
000-4	Excavación en área de cimentación	m3	3.620,59	5,72	20725,14	valor total	20725,14					
						cant. Total	3620,59					
						% ejecutado	100%					
000-5	Desalojo de material de excavación	m3	4.344,70	7,74	33610,63	valor total	33610,63					
						cant. Total	4344,70					
						% ejecutado	100%					
TOTAL DE COMPONENTE 1							56691,62					
OE2. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO												
000-1	Acero de refuerzo fy=4200kg/cm2, inc. Figurado	kg	127948	1,93	246607,77	valor total	246607,77	49321,55	61651,94	61651,94	36991,17	12330,39
						cant. Total	127948	25589,60	31987,00	31987,00	19192,20	6397,40
						% ejecutado	10%	20%	25%	25%	15%	5%
000-2	Hormigón simple en replantillo e=10cm	m3	77,65	13,60	1056,28	valor total	1056,28					
						cant. Total	77,65					
						% ejecutado	100%					
000-3	Hormigón en columna f'c= 280 Kg/cm2, inc. Encofrado	m3	176,08	231,11	40694,16	valor total	40694,16	8.138,83	10.173,54	10.173,54	6.104,12	2.034,71
						cant. Total	176,08	35,22	44,02	44,02	26,41	8,80
						% ejecutado	10%	20%	25%	25%	15%	5%
000-4	Hormigón en Losa alivianada f'c= 280 Kg/cm2, inc. Encofrado	m3	323,51	236,28	76437,98	valor total	76437,98	15.287,60	19.109,49	19.109,49	11.465,70	3.821,90
						cant. Total	323,51	64,70	80,88	80,88	48,53	16,18
						% ejecutado	10%	20%	25%	25%	15%	5%
000-5	Hormigón en Vigas f'c= 280 Kg/cm2, inc. Encofrado	m3	224,87	247,73	55707,53	valor total	55707,53	11.141,51	13.926,88	13.926,88	8.356,13	2.785,38
						cant. Total	224,87	44,97	56,22	56,22	33,73	11,24
						% ejecutado	10%	20%	25%	25%	15%	5%
000-6	Hormigón en Cimentación f'c= 280 Kg/cm2	m3	465,89	266,52	124166,26	valor total	124166,26					
						cant. Total	465,89					
						% ejecutado	100%					
000-7	Blóque Alivianado 40x40x20 cm	U	13.818,00	0,95	13181,90	valor total	13181,90	2.636,38	3.295,47	3.295,47	1.977,28	659,09
						cant. Total	13818,00	2.763,60	3.454,50	3.454,50	2.072,70	690,90
						% ejecutado	10%	20%	25%	25%	15%	5%
000-8	Malla electrosoldada R126 (8mm10x10)	m2	3.178,56	5,94	18885,30	valor total	18885,30	3.777,06	4.721,33	4.721,33	2.832,80	944,27
						cant. Total	3178,56	635,71	794,64	794,64	476,78	158,93
						% ejecutado	10%	20%	25%	25%	15%	5%
TOTAL DE COMPONENTE 2							576737,18					
TOTAL DE EJECUCION						633428,81						

Nota: Cronograma valorado Fuente: Elaboración propia

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

-Se alcanzó el objetivo general al realizar el diseño estructural sismo resistente, dando cumplimiento a la normativa ecuatoriana vigente NEC15.

-El área de terreno intervenido en el proyecto es de 650 m² y el área total de plantas y áreas útiles es de 3170 m².

-Para el proyecto se tomó en cuenta la alternativa diseño en hormigón estructural, cuya ejecución tendrá un costo de USD \$. 633.428,81

-El peso total de la estructura “obra gris” es de 0,85 t/m², obtenido de los pesos por cada elemento y relacionado con el área total útil del edificio, y el peso de acero de refuerzo de la estructura diseñada es 42kg/m².

- Se cumplieron todos los objetivos específicos planteados, al determinar el presupuesto de ejecución del proyecto técnico, y su cronograma valorado de actividades, permitiendo estimar el tiempo de ejecución de la obra gris en 6 meses.

-Se debe señalar que este tipo de obras tienen un fin privado, el mismo que previamente fue considerado y analizado por los formuladores del proyecto en conjunto con los interesados en la ejecución del proyecto, lo que de manera correcta permite que dentro de esta área se realice el estudio estructural sismo resistente como proyecto técnico.

7.2 Recomendaciones

-La principal recomendación acorde a este tipo de obras, es que durante la ejecución se tome en cuenta la comprobación de la calidad y especificaciones de los materiales, la misma que se encuentra señalada en la sección especificaciones técnicas, para lo cual se deberá contratar un área de fiscalización durante estas etapas.

-Se deberá realizar un ajuste de precios de acuerdo al año en el que se ejecute el proyecto, ya que el presupuesto se elaboró en el presente año.

-Durante la etapa de ejecución se recomienda que el diseñador realice al menos cuatro visitas técnicas, con la finalidad de contribuir a que no se realicen cambios significativos que perjudique el criterio estructural sismo resistente del diseño.

8. Bibliografía

-American Concrete Institute. (2015).Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318 S-14.Farmington: American Concrete Institute.

-Arthur H, Nelson. (1999). Diseño de estructuras de concreto. Bogotá: Mc Graw Hill.

-Guerra Avedaño, Marcelo. (2002). Manual para el diseño sismo resistente de edificios utilizando ETABS. Quito: Universidad Católica del Ecuador.

-Guerra Avedaño, Marcelo. (2013). Cimentaciones Sismo Resistente Utilizando SAFE. Quito: Universidad Católica del Ecuador.

- INEC, (2016). Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>

- NEC15, (2016). Norma ecuatoriana de la construcción. Recuperado de <http://www.habitatyvivienda.cob.ec>