

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Estudio comparativo del empleo de aisladores en
edificaciones esenciales siguiendo la propuesta de Norma
Sísmica de Guayaquil**

AUTORA:

Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth

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

TUTOR:

Ing. Ponce Vásquez Guillermo Alfonso M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

9 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Civil**.

TUTOR

f. _____
Ing. Ponce Vásquez Guillermo Alfonso M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas Stefany Esther M.Sc.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio comparativo del empleo de aisladores en edificaciones esenciales siguiendo la propuesta de Norma Sísmica de Guayaquil** previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2020

AUTORA

f. _____
Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio comparativo del empleo de aisladores en edificaciones esenciales siguiendo la propuesta de Norma Sísmica de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2020

LA AUTORA:

f. _____
Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth

URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Taboada_Vanesa_final.doc (D64018280)
Submitted: 2/17/2020 4:09:00 PM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 3 %

Sources included in the report:

Tesis Pedro Merino imprimir 18 DE MARZO DEL 2019.docx (D49340484)
TESINA SAN JOSÉ MANTA ROMMEL ABRIL.docx (D31689112)
JIMENEZ CARRION JENNER GEOVANNY.docx (D41034453)
2A_QUISPE_SOLÓRZANO_HENRY_ALFREDO_MAESTRIA_2017.docx (D34029719)
1A_Quispe_Solórzano_Henry_Maestria_2017.docx (D30659998)
Tesis Jose Suares.pdf (D41422290)
<https://docplayer.es/89310172-Universidad-central-del-ecuador.html>
<https://docplayer.es/75977314-Universidad-central-del-ecuador.html>

Instances where selected sources appear:

14



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por permitirme cumplir una meta académica más en mi vida; así mismo, a mi mamá por ser mi soporte en cada uno de mis pasos a lo largo de mi vida, por su paciencia y su amor infinito.

De manera especial a mis dos ángeles, mi tío Augusto Salinas, quien me brindó su apoyo incondicional, siendo él mi primer profesor y a Robinson Gaibor por haberme acompañado con tanto amor en cada paso de mi vida universitaria, creyendo en mí en todo momento.

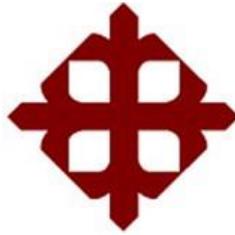
Así también a mis familiares, amigos y demás personas que estuvieron presentes ayudándome a tomar fuerzas en los momentos difíciles, en especial a Israel, gracias de todo corazón.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEDICATORIA

A mi ángel Robin,
que desde el cielo me cuida,
este logro académico también es tuyo.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. STEFANY ESTHER ALCÍVAR BASTIDAS M.Sc.
DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

ING. JOSÉ ANDRÉS BARROS CABEZAS M.Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. JAIME FRANCISCO HERNÁNDEZ BARREDO M.Sc.
OPONENTE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	5
1.1 AISLADORES SÍSMICOS	5
1.2 VENTAJAS DE AISLADORES SÍSMICOS	8
1.3 DESVENTAJAS DE AISLADORES SÍSMICOS.....	9
1.4 TIPOS DE AISLADORES	10
1.4.1 AISLADORES DE CAUCHO DE ALTO AMORTIGUAMIENTO (HDRB)	10
1.4.2 AISLADORES DE CAUCHO CON/SIN NÚCLEO DE PLOMO (LDRB)	11
1.4.3 AISLADORES CON NÚCLEO DE PLOMO (LRB)	12
1.4.4 AISLADORES FRICCIONALES	12
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA GENERAL	15
2.1. ZONA SÍSMICA.....	15
2.2. TIPO DE SUELO	15
2.3. COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO.....	15
2.4. FACTOR “r”	16
2.5. RELACIÓN DE AMPLIFICACIÓN ESPECTRAL.....	16
2.6. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA.....	16
2.7. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA SÍSMICA “R”	16
2.8. COMBINACIONES DE CARGA.....	17
2.9. CARGAS DE DISEÑO	17

2.9.1. CARGAS MUERTAS.....	17
2.9.2. CARGAS VIVAS.....	17
CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SIN AISLACIÓN SÍSMICA	19
3.1. GEOMETRÍA	20
3.2. MÉTODO DE FUERZAS LATERALES.....	22
3.2.1. PERIODO DE LA ESTRUCTURA	22
3.2.2. CORTANTE BASAL DE DISEÑO	23
3.3. ANÁLISIS MODAL.....	24
3.3.1. PARTICIPACIÓN DE LAS MASAS EN EL ANÁLISIS MODAL	26
3.4. ESPECTRO ELÁSTICO HORIZONTAL DE DISEÑO EN ACELERACIONES.....	26
3.4.1. ESPECTRO DE RESPUESTA DE ACELERACIONES.....	28
3.4.2. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAZAMIENTOS	28
3.5. REVISIÓN DE DERIVAS	29
3.6. CANTIDADES DE MATERIALES	29
3.6.1. PÓRTICOS MÁS CRÍTICOS.....	30
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA CON AISLACIÓN SÍSMICA	35
4.1. GEOMETRÍA	36
4.2. ANÁLISIS MODAL.....	39
4.2.1. PARTICIPACIÓN DE LAS MASAS EN EL ANÁLISIS MODAL	41
4.3. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN ACELERACIONES.....	41
4.3.1. ESPECTRO DE RESPUESTA DE ACELERACIONES.....	41

4.3.2.	ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAZAMIENTOS	42
4.4.	REVISIÓN DE DERIVAS	43
4.5.	MÉTODO DE FUERZAS EQUIVALENTES	43
4.5.1.	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	44
4.5.2.	FACTOR DEL AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO	46
4.5.3.	RIGIDEZ EFECTIVA	48
4.5.4.	FUERZA LATERAL DE DISEÑO BAJO EL SISTEMA DE AISLACIÓN (V_b)	49
4.5.5.	FUERZA LATERAL DE DISEÑO SOBRE EL SISTEMA DE AISLACIÓN (V_s)	49
4.6.	MÉTODO MODAL ESPECTRAL	50
4.6.1.	SELECCIÓN DE AISLADORES SÍSMICOS	50
4.6.2.	RIGIDEZ EFECTIVA	50
4.6.3.	AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO	51
4.7.	MÉTODO HISTORIA DE LA RESPUESTA	52
4.7.1.	ENERGÍA EFECTIVA	52
4.7.2.	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (Q_d)	52
4.7.3.	FUERZA MÁXIMA SOBRE EL AISLADOR (F_M)	53
4.7.4.	RIGIDEZ POST ELÁSTICA (k_2)	54
4.7.5.	RIGIDEZ INICIAL (k_1)	54
4.7.6.	REGISTROS SÍSMICOS	55
4.7.7.	ACELEROGRAMAS REGISTROS SÍSMICOS	55
4.7.8.	ESPECTROS DE ACELERACIONES DE REGISTROS	

SÍSMICOS	57
4.8. CORTANTE EN LA BASE	59
4.9. DESPLAZAMIENTOS EN LOS AISLADORES	60
4.10. CANTIDADES DE MATERIALES.....	60
CAPÍTULO V: RESULTADOS OBTENIDOS	66
5.1.1. CORTANTE DE DISEÑO EN LAS ESTRUCTURAS	66
5.1.2. ANÁLISIS MODAL	68
5.1.3. DESPLAZAMIENTOS	70
5.1.4. CANTIDAD DE MATERIALES	72
5.1.5. PRECIOS	73
CONCLUSIONES	74
REFERENCIAS	76

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Efecto de los aisladores sísmicos ubicados en la base de un edificio.....	5
Ilustración 2 Reducción de aceleración por cambio de periodo.....	6
Ilustración 3 Reducción de aceleraciones por incremento de amortiguamiento	6
Ilustración 4 Efecto de las condiciones de suelo en la respuesta de las estructuras aisladas.	7
Ilustración 5 Edificio Aislado "Sky Building" ubicado en la ciudad de Guayaquil.....	8
Ilustración 6 Instalaciones sanitarias en un edificio aislado	9
Ilustración 7 Aislador sísmico tipo HDRB.....	10
Ilustración 8 Aislador tipo High Damping Rubber Bearings.....	11
Ilustración 9 Aislador sísmico tipo Low Damping Rubber Bearings	11
Ilustración 10 Aislador de caucho con núcleo de plomo LRB.	12
Ilustración 11 Movimiento generado por el Péndulo de Fricción.....	13
Ilustración 12 Aislador Péndulo Friccional.	13
Ilustración 13 Aislador doble péndulo friccional.	14
Ilustración 14 Sistema de aislación con triple péndulo friccional.....	14
Ilustración 15 Vista de la estructura A.....	19
Ilustración 16 Vigas correspondientes al bloque de las escaleras de la Estructura A	21
Ilustración 17 Losa Nervada del modelo	21
Ilustración 18 Modelo de la Estructura sin Aislación Sísmica.....	22

Ilustración 19 Modo de vibración 1, traslación en Y, Estructura A	24
Ilustración 20 Modo de vibración 2, traslación en X, Estructura A	25
Ilustración 21 Modo de vibración 2, rotacional, Estructura A	25
Ilustración 22 Componentes del espectro sísmico elástico de aceleraciones	27
Ilustración 23 Espectro de Respuesta Elástico e Inelástico (reducido $R=5$) de Aceleraciones de un sistema sin aislación sísmica.....	28
Ilustración 24 Espectro sísmico elástico en desplazamientos de la Estructura A	28
Ilustración 25 Vista en Planta de los aisladores y deslizantes de la Estructura B	35
Ilustración 26 Vista en Elevación de la Estructura B con sistema de aislación	36
Ilustración 27 Losa Nervada de la Estructura B con aislación sísmica	38
Ilustración 28 Modelo de la Estructura con Aislación Sísmica	38
Ilustración 29 Modo de vibración 1, traslación en Y, Estructura B	39
Ilustración 30 Modo de vibración 2, traslación en X, Estructura B	40
Ilustración 31 Modo de vibración 3, rotacional, Estructura B	40
Ilustración 32 Espectro de Respuesta de aceleraciones de un sistema con aislación sísmica.....	42
Ilustración 33 Espectro sísmico elástico en desplazamientos de la Estructura B	42
Ilustración 34 Espectro sísmico elástico, cálculo del S_{M-TM} en la Estructura B	45
Ilustración 35 Espectro de desplazamiento, cálculo del S_{dM} en la Estructura B	46

Ilustración 36 Tabla para hallar el factor B_M	47
Ilustración 37 Resultado del desplazamiento máximo para un amortiguamiento del 30% de la estructura aislada.....	47
Ilustración 38 Ubicación de aisladores sísmicos en la Estructura B.....	50
Ilustración 39 Parámetros para la histéresis de un aislador.....	53
Ilustración 40 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico TOHOKU	55
Ilustración 41 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico AGY2	56
Ilustración 42 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico AES2	56
Ilustración 43 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico LLALLAY	56
Ilustración 44 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico OZST1709	57
Ilustración 45 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico AMNT	57
Ilustración 46 Espectros de demanda sísmica y de base	58
Ilustración 47 Espectros promedio de los registros sísmicos y de base	58
Ilustración 48 Rangos de periodos a revisarse en los espectros promedio y de base	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cargas Muertas colocadas en las estructuras	17
Tabla 2 Cargas Vivas ubicadas en las estructuras	18
Tabla 3 Secciones de las columnas de la Estructura A	20
Tabla 4 Secciones de las vigas principales de la Estructura A	20
Tabla 5 Secciones de las vigas secundarias de la Estructura A	20
Tabla 6 Cálculo de periodo de la estructura no aislada	22
Tabla 7 Valores de C_t y α dependiendo del tipo de la estructura	23
Tabla 8 Resultado del cortante basal de la estructura no aislada	23
Tabla 9 Periodos obtenidos debido a los modos de vibración de la estructura A	24
Tabla 10 Resultado de la participación de masas según el análisis modal .	26
Tabla 11 Valores de los principales componentes para el espectro elástico de diseño	27
Tabla 12 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido X.....	29
Tabla 13 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido Y	29
Tabla 14 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 4	30
Tabla 15 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 5	30
Tabla 16 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 6	30
Tabla 17 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje A.....	31

Tabla 18 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje B.....	31
Tabla 19 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje E.....	31
Tabla 20 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido X	32
Tabla 21 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido Y	32
Tabla 22 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 4	32
Tabla 23 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 5	33
Tabla 24 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 6	33
Tabla 25 Cantidad de acero en estribos de columnas	33
Tabla 26 Cantidad de materiales en la Estructura A	34
Tabla 27 Secciones de columnas de la Estructura B con aislación sísmica	37
Tabla 28 Secciones de las vigas principales de la Estructura B con aislación sísmica.....	37
Tabla 29 Secciones de las vigas secundarias de la Estructura B	37
Tabla 30 Periodos obtenidos debido a los modos de vibración de la Estructura B	39
Tabla 31 Resultado de la participación de masas según el análisis modal de la Estructura B	41
Tabla 32 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido X.....	43
Tabla 33 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido Y	43
Tabla 34 Cálculo del desplazamiento máximo de la Estructura B.....	45
Tabla 35 Cálculo de la Rigidez efectiva del sistema asilado.....	48
Tabla 36 Cálculo de la fuerza lateral sísmica de diseño (V_b)	49

Tabla 37 Cálculo de la fuerza lateral sísmica de diseño (V_s).....	49
Tabla 38 Cálculo de la rigidez efectiva de cada aislador sísmico	51
Tabla 39 Cálculo de la rigidez efectiva de cada aislador sísmico	51
Tabla 40 Cálculo de la energía efectiva del aislador sísmico.....	52
Tabla 41 Cálculo de la energía efectiva del aislador sísmico.....	53
Tabla 42 Cálculo de la energía efectiva del aislador sísmico.....	53
Tabla 43 Cálculo de la rigidez post elástica sobre un aislador sísmico.....	54
Tabla 44 Cálculo de la rigidez inicial de un aislador sísmico.....	54
Tabla 45 Cortantes basales de la estructura con aislación	59
Tabla 46 Desplazamientos en los aisladores de la edificación esencial	60
Tabla 47 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 4	60
Tabla 48 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 5	61
Tabla 49 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 6	61
Tabla 50 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje A.....	62
Tabla 51 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje B.....	62
Tabla 52 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje E.....	63
Tabla 53 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido X	63
Tabla 54 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido Y	63
Tabla 55 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 4	64

Tabla 56 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 6	64
Tabla 57 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 5	65
Tabla 58 Cantidad de acero en estribos de columnas	65
Tabla 59 Cantidad de materiales en la Estructura A	65
Tabla 60 Cortante basal en las estructuras A y B mediante método modal espectral	66
Tabla 61 Cortante basal en la estructura no aisladas y la estructura aislada mediante método modal espectral	66
Tabla 62 Comparación del cortante basal en ambas estructuras mediante los distintos tipos de métodos utilizados.....	67
Tabla 63 Participación de masas en dirección X de las Estructuras A y B...	68
Tabla 64 Participación de masas en dirección Y de las Estructuras A y B...	69
Tabla 65 Participación de masas rotacionales de las Estructuras A y B.....	70
Tabla 66 Desplazamientos en el sentido X de ambas estructuras software ETABS	71
Tabla 67 Desplazamientos en el sentido X de ambas estructuras software ETABS	71
Tabla 68 Comparación de los desplazamientos en la base de ambas estructuras mediante los distintos tipos de métodos utilizados	72
Tabla 69 Cantidades de materiales de la Estructura A y de la Estructura B	72
Tabla 70 Precio estimado de la Estructura A	73
Tabla 71 Precio estimado de la Estructura B	73

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fórmula para hallar el periodo de una estructura	22
Ecuación 2 Fórmula para hallar el cortante basal de diseño.....	23
Ecuación 3 Fórmula para el desplazamiento máximo en estructuras aisladas	44
Ecuación 4 Fórmula para el desplazamiento máximo en estructuras aisladas	44
Ecuación 5 Expresión para hallar el desplazamiento máximo	46
Ecuación 6 Expresión para hallar el desplazamiento máximo en base al factor de amortiguamiento efectivo	47
Ecuación 7 Ecuación para hallar el periodo efectivo de una estructura aislada	48
Ecuación 8 Ecuación para hallar la rigidez efectiva de una estructura aislada	48
Ecuación 9 Ecuación para hallar la fuerza lateral de diseño de una estructura aislada	49
Ecuación 10 Ecuación para hallar rigidez efectiva de cada aislador sísmico	51
Ecuación 11 Ecuación para hallar el amortiguamiento efectivo de cada aislador sísmico	51
Ecuación 12 Fórmula para el cálculo de la energía efectiva de un aislador.	52
Ecuación 13 Fórmula para calcular la resistencia característica de un aislador	52
Ecuación 14 Fórmula para calcular la fuerza máxima sobre un aislador	53
Ecuación 15 Fórmula para calcular la rigidez post elástica sobre un aislador	54
Ecuación 16 Fórmula para calcular la rigidez inicial de un aislador	54

RESUMEN

Desde el año 2015 se ha venido empleando el diseño sismo-resistente propuesto por la Norma Ecuatoriana de Construcción la cual ha sido cuestionada por diseñadores estructurales debido a los daños presentados en los eventos sísmicos; por ello, la Municipalidad de Guayaquil, al estar ubicada en un país altamente sísmico propone a un comité de Ingenieros Civiles de dicha ciudad para la elaboración de una Nueva Norma Sísmica que sea aplicable para estructuras con aisladores sísmicos. Este trabajo de titulación evalúa un diseño con aislación sísmica elaborado con la Nueva Propuesta de la Norma Sísmica de Guayaquil que acoge criterios del Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures del American Society of Civil Engineers y otro diseño elaborado con la NEC-15, la cual al hacer el análisis y la comparación de ambas edificaciones nos lleva a concluir que a pesar de que la estructura con aislación sísmica es de mayor costo, tendrá mayores ventajas en el uso de edificios de tipo esencial.

Palabras Claves: aisladores sísmicos, NEC-15, ASCE 7-16, desplazamientos, cantidades de hormigón y acero, cortante de diseño.

ABSTRACT

Since 2015, the structural designers design with the Ecuadorian Construction Standard, which has been questioned for the damages presented in structures during seismic events. The Guayaquil Municipality, located in a highly seismic country, proposes a committee of Civil Engineers of that city to develop a New Seismic Standard that is applicable for structures with seismic insulators. This degree work evaluates a design with seismic isolation prepared with the New Proposal of the Seismic Standard of Guayaquil that incorporate specifications of the Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures of the American Society of Civil Engineers and another design developed with the NEC- 15. The análisis and comparisons of both buildings, allow us conclude that although the structure with seismic isolation is of greater cost, it'll have greater advantages in the use of essential type buildings.

Key words: Seismic insulators, NEC-15, ASCE 7-16, displacements, amounts of concrete and steel, design shear.

INTRODUCCIÓN

Los aisladores sísmicos son dispositivos que disipan la energía al momento de un sismo; es decir que generan poca transmisión de la actividad sísmica a la edificación. Éstos permiten a la estructura desacoplarse del suelo y se ubican en puntos de apoyos estratégicos ya sea en su base o en algunos casos, a cierta altura del edificio permitiendo a la estructura tener desplazamientos residuales relativamente pequeños y una respuesta dentro del régimen elástico que evitaría posteriormente el colapso.

Actualmente, las edificaciones aisladas se caracterizan principalmente por volver a su operatividad casi inmediatamente después de ocurrido el evento sísmico, pues se puede inspeccionar rápidamente el estado de los aisladores; además, que es indudable que se presenten daños en los elementos estructurales y no estructurales, garantizando así la seguridad de sus ocupantes. Ésta es la principal razón por la cual han ido tomando interés en el campo de la construcción por parte de los diseñadores y de los usuarios debido a los beneficios presentados frente a los diseños convencionales. Se estima que un aislador sísmico cumpla sus funciones durante la vida útil de la estructura y que su comportamiento controle el desplazamiento y los periodos, por ende, también la respuesta de aceleración. Así mismo, que proporcione una amortiguación mayor a la edificación, que de flexibilidad en dirección horizontal y a la vez, que le otorgue rigidez verticalmente, del mismo modo, que cause bajas deformaciones en los elementos y produzca una recuperación de sus capacidades al instante.

Las edificaciones esenciales al ser estructuras de servicio operativo permanente frente a un sismo, son de vital importancia en su diseño puesto que al haber un comportamiento dinámico del suelo deben continuar operando para asistir a las diferentes emergencias suscitadas; es por ello que el siguiente trabajo tiene como finalidad presentar un estudio comparativo entre una edificación esencial sismorresistente sin aislación sísmica y de una diseñada con dispositivos aislantes basada en la propuesta

de la Norma Sísmica de la ciudad de Guayaquil con el propósito de comparar comportamientos dinámicos en ambos casos y determinar ventajas no solo en los parámetros estructurales sino también en costos.

ANTECEDENTES

Hoy en día, las estructuras esenciales cuentan con el diseño sismorresistente basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2015, en donde se establecen parámetros y especificaciones justificado por la NEHRP "Recommended Provisions and Commentary for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures" (FEMA 450) del año 2004 para las estructuras con aisladores sísmicos, la cual ha sido cuestionada por su falta de claridad y, con el fin de darle mayor importancia a las edificaciones aisladas y al diseño sismorresistente en edificaciones no sólo de carácter esencial, la Municipalidad de Guayaquil propone la creación de una nueva normativa para la ciudad a finales del 2018 tomando como punto clave la norma vigente en el país y algunos parámetros de diseño.

Este trabajo se enfoca en el estudio y en la comparación de dichas normas con la intención de que permita no solo al diseñador; sino también a los ingenieros fiscalizadores y revisores comprender el comportamiento de las estructuras y a mejorar ciertos criterios de diseño aplicados actualmente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Comparar cuantitativamente las diferencias en la aplicación de la propuesta de la norma sísmica de Guayaquil en lo que respecta al uso de aisladores sísmicos en edificaciones esenciales.

OBJETIVO ESPECÍFICOS:

- Diseñar una edificación esencial sin aisladores siguiendo la Norma Sísmica de Guayaquil
- Diseñar una edificación esencial con aisladores siguiendo la Norma Sísmica de Guayaquil
- Evaluar diferencias importantes en ambos diseños.

ALCANCE

El estudio se centra en el análisis de una edificación de ocupación esencial con irregularidad en planta localizada en la ciudad de Guayaquil con suelo tipo D. Para su análisis se elaborará el diseño de los elementos principales de una estructura sin aislación basada en los criterios sismorresistentes vigentes en la norma que rige en nuestro país para posteriormente usar el mismo diseño, pero agregando aislación sísmica siguiendo la propuesta de la norma sísmica de Guayaquil permitiendo comparar cambios de secciones en las columnas y vigas de la planta baja, primer y último piso, variación en la cantidad de acero y concreto y, la alteración de los parámetros dinámicos en cada uno de los proyectos propuestos.

METODOLOGÍA

Para la comparación de los resultados y respuestas debido al comportamiento dinámico de las estructuras se empleará el software ETABS, en el cual se modelará dos diseños diferentes; el primero, una estructura esencial sismorresistente mayor a 8 pisos basada en las normas conocidas y empleadas comúnmente (NEC-15 y el ACI 318-14) y el segundo, una estructura sismorresistente aplicando aisladores sísmicos y diseñada en base a la nueva propuesta de la Norma Sísmica de la ciudad de Guayaquil.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 AISLADORES SÍSMICOS

A lo largo del tiempo, los movimientos telúricos en el Ecuador, principalmente en la ciudad de Guayaquil, han sido los responsables de grandes daños debido a la fuerza que actúa en la superficie terrestre que produce un desplazamiento en las estructuras, por lo cual se han implementado técnicas, criterios y nuevos materiales sismorresistentes que ayuden a contrarrestar el efecto que ocasionan estos fenómenos en las edificaciones. Desde la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015 hasta los nuevos sistemas de construcción, proponen crear diseños que mitiguen el daño estructural y no estructural de los edificios con el fin de salvaguardar vidas humanas y de no tener que pagar grandes costos en reparaciones manteniendo la vida útil de la estructura intacta. La mejora de los métodos ha sido un tema de mucho interés no solo para los diseñadores, sino también para el usuario para su seguridad e integridad.

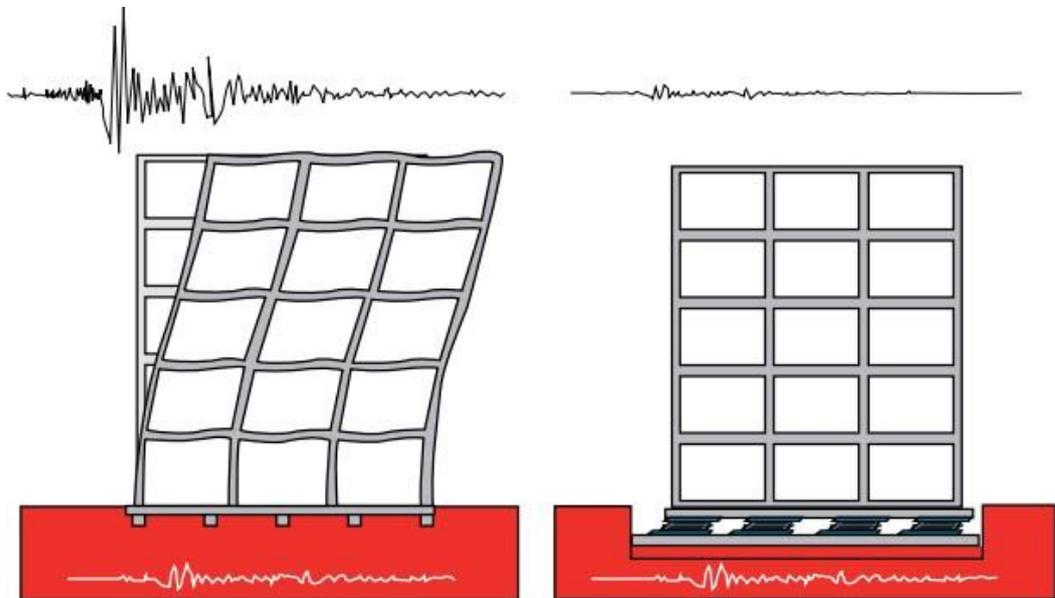


Ilustración 1 Efecto de los aisladores sísmicos ubicados en la base de un edificio.

Fuente: (López, Retarnales, & Kanneglessner, 2011)

Al momento de que el movimiento del suelo se genera, el comportamiento de la estructura varía dependiendo de la aceleración del suelo que se transmite a la toda la edificación, puede hacer que esta se comporte inelásticamente en el peor de los casos y, posteriormente dar paso al colapso; por ello, en la actualidad se ha incrementado el uso de sistemas de aislación que permitan atenuar los daños ocasionados.

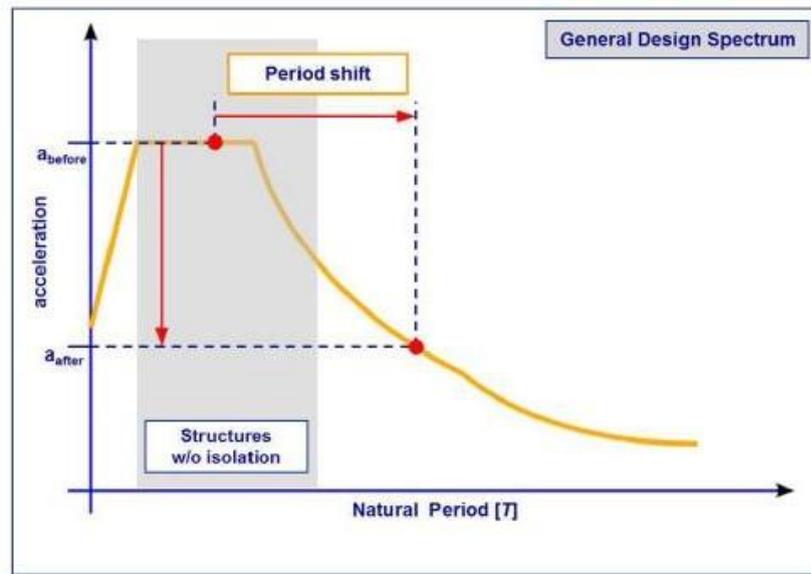


Ilustración 2 Reducción de aceleración por cambio de periodo

Fuente: (Méndez Galindo, 2013)

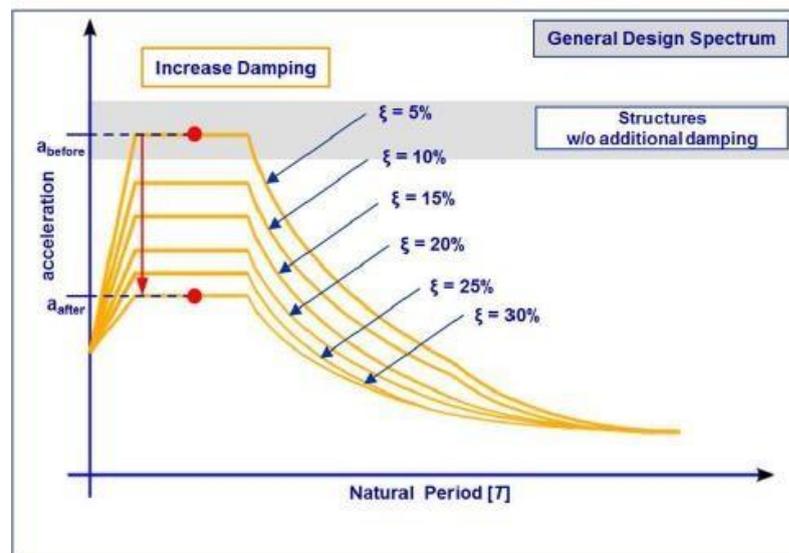


Ilustración 3 Reducción de aceleraciones por incremento de amortiguamiento

Fuente: (Méndez Galindo, 2013)

Los aisladores tienen como función principal el reducir la magnitud espectral en la estructura aumentando el periodo de vibración; es decir, que la aislación sísmica juega un papel importante durante un terremoto pues al proporcionar flexibilidad a la estructura, hace que el periodo natural de esta se aleje del periodo natural del sismo, evadiendo el efecto de resonancia, y al controlar la energía del sismo transmitido, disminuye los desplazamientos en cada piso y regresa a los elementos sus propiedades elásticas inmediatamente sin interrumpir el funcionamiento de la edificación. Un diseño con aislación, en resumen, tiene como fin que una estructura sea hecha inelásticamente, y se comporte como una elástica, y se desacople del suelo mediante los puntos de apoyo, que son las rotulas plásticas, donde son colocados estos sistemas.

Por lo tanto, podemos decir que los dos principales fundamentos de un aislador son la flexibilidad y el amortiguamiento provocando efectos en la aceleración de las estructuras que tienen bajos periodos. El aislamiento sísmico tiene mayor ventaja si es colocado en edificaciones rígidas con periodos cortos y ubicados en suelos rígidos, ya que al colocarse en suelos blandos se puede llegar a tener altas frecuencias debido al movimiento telúrico.

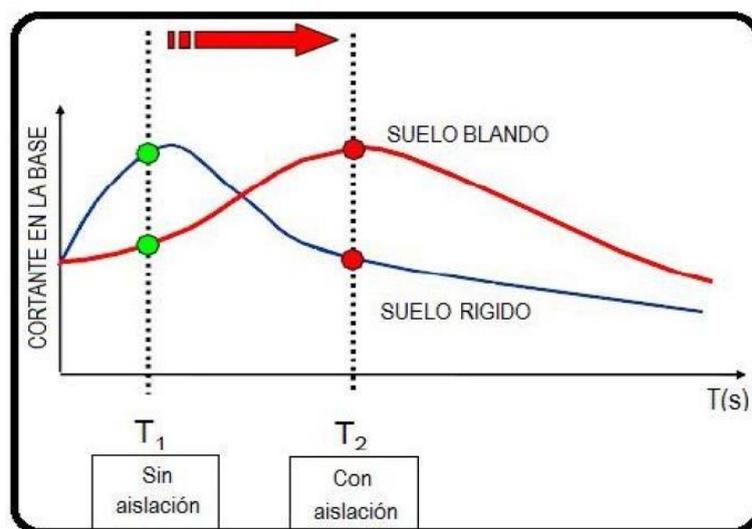


Ilustración 4 Efecto de las condiciones de suelo en la respuesta de las estructuras aisladas.

Fuente: (Guerrero Melo, 2011)

1.2 VENTAJAS DE AISLADORES SÍSMICOS

- Existen reducciones en la aceleración espectral debido a que el periodo aumenta, ayudando a disminuir las fuerzas que actúan en la estructura.
- Pequeños desplazamientos en cada uno de los pisos ya que la estructura se comporta como un solo elemento rígido.
- Reducción en daños estructurales y no estructurales.
- Las dimensiones de las secciones de los elementos estructurales pueden disminuir frente a un diseño convencional.
- Disminuye el efecto de torsión en la respuesta sísmica.
- Fácil inspección de daños después del evento sísmico.
- Ciclos de histéresis estables.
- El correcto uso de estos sistemas permite que se tenga una edificación de calidad, la cual brindará seguridad a sus ocupantes.



Ilustración 5 Edificio Aislado "Sky Building" ubicado en la ciudad de Guayaquil

Fuente: (El Universo, 2016)

1.3 DESVENTAJAS DE AISLADORES SÍSMICOS

- Pueden presentarse casos de que debido a que los aisladores se encuentran en la base de la estructura, a grandes sismos podrían tener grandes desplazamientos afectando a edificaciones vecinas.
- La presencia de residuos en edificaciones vecinas podría afectar el espacio que necesita la estructura aislada para el movimiento lo cual haría perder su capacidad como tal.
- El diseño debe limitarse a desacoplar algunos elementos de la estructura; por ejemplo, las escaleras, con el fin de que se tenga libertad para desplazarse correctamente; y así mismo a dejar espacios.
- Diseño flexible para las instalaciones eléctricas, de agua potable, aguas residuales, etc.
- El costo debido a los ensayos de laboratorio que deben realizarse para su utilización, y el transporte.
- Normas de diseño en Ecuador son más rigurosas.

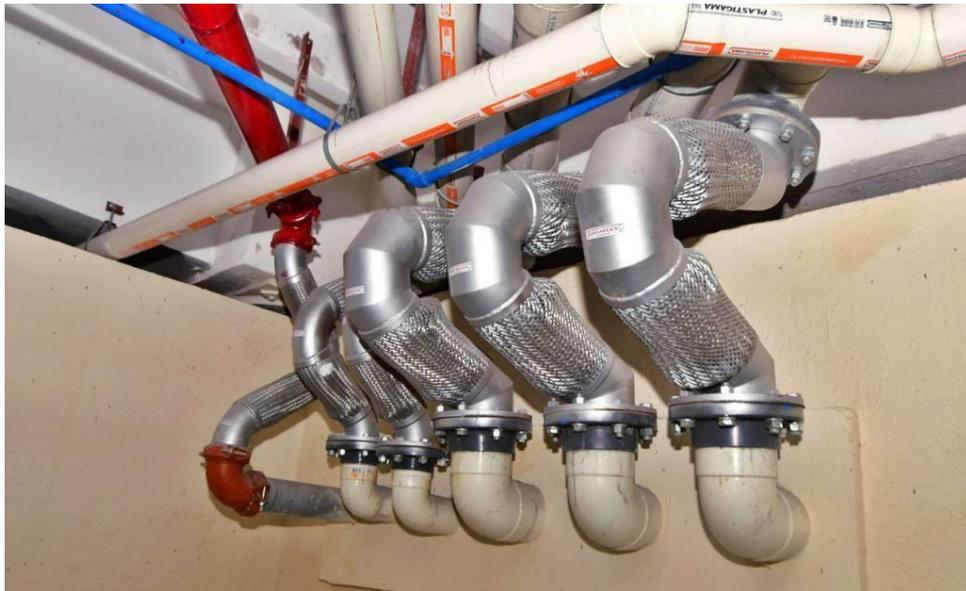


Ilustración 6 Instalaciones sanitarias en un edificio aislado.

Fuente: (Sky Building, 2016)

1.4 TIPOS DE AISLADORES

Debido a los beneficios proporcionados por los sistemas de aislación en las estructuras, se han diseñado diferentes tipos entre ellos podemos citar los siguientes:

- ✓ Aisladores de caucho (goma) de alto amortiguamiento (HDRB)
- ✓ Aisladores de caucho (goma) con/sin núcleo de plomo (LDRB)
- ✓ Aisladores friccionales

1.4.1 AISLADORES DE CAUCHO DE ALTO AMORTIGUAMIENTO (HDRB)

Los aisladores de alto amortiguamiento HDRB se caracterizan en tener una amortiguación de la estructura hasta un 15% y esto se debe a que posee un elastómero reforzado junto a carbono extra fino, aceite negro o resinas que mejoran su capacidad de absorción de energía sísmica.

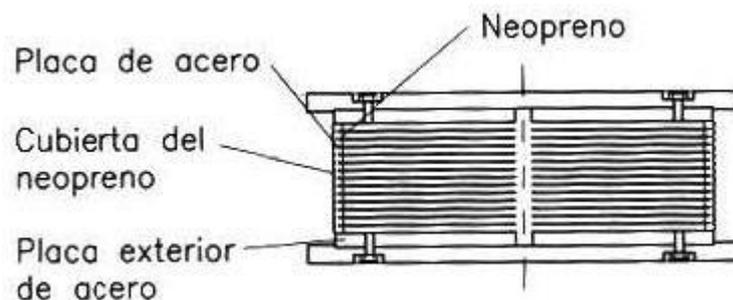


Ilustración 7 Aislador sísmico tipo HDRB.

Fuente: (López Almansa, 2013)

Los aisladores tipo HDRB (High Damping Rubber Bearings) tienen placas de acero que además están protegidas contra la corrosión para evitar el mal funcionamiento posteriormente y permiten llegar a altos niveles de amortiguamiento, intensifica la rigidez vertical del sistema y a su vez ayuda con las deformaciones ocasionadas por el peso de la edificación.

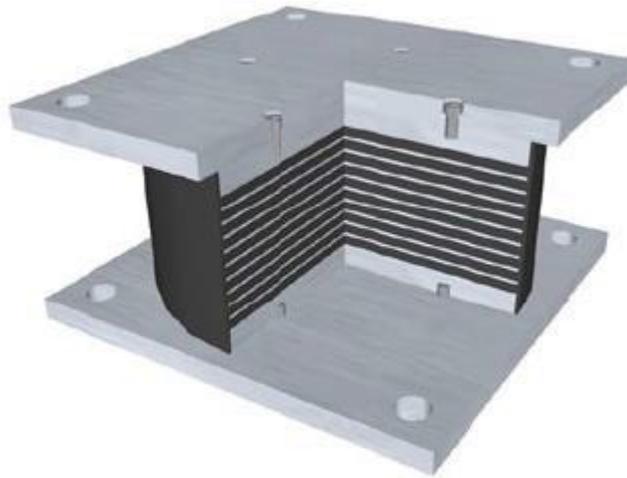


Ilustración 8 Aislador tipo High Damping Rubber Bearings.

Fuente: (MAGEBA, 2011)

1.4.2 AISLADORES DE CAUCHO CON/SIN NÚCLEO DE PLOMO (LDRB)

Los aisladores de baja amortiguación (Low Damping Rubber Bearings) presentan una amortiguación del sistema en un 5%, a su vez cuentan con beneficios como su fácil construcción y que sus propiedades mecánicas no se alteran como factores como la temperatura pues están fabricados con láminas de acero como capas junto al caucho.



Ilustración 9 Aislador sísmico tipo Low Damping Rubber Bearings

Fuente: (Anrango Cañarejo, 2015)

1.4.3 AISLADORES CON NÚCLEO DE PLOMO (LRB)

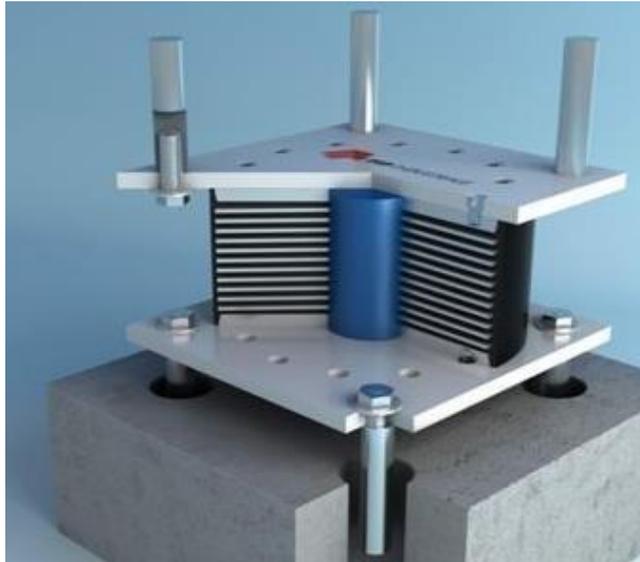


Ilustración 10 Aislador de caucho con núcleo de plomo LRB.

Fuente: (Lema Toapanta, 2013)

Este tipo de aislador, LRB (Lead Rubber Bearing) contiene en el centro un núcleo de plomo el cual brinda una buena resistencia a la fatiga además de cauchos separados con láminas de acero que le dan amortiguamiento a la estructura desde un 25% hasta un 30% aproximadamente. El caucho tiene la función de proveer capacidad a carga axial y da flexibilidad a carga lateral, mientras que las láminas de acero permiten dar confinamiento a las capas de caucho y a su vez impiden que estas se deformen cuando es aplicada la carga.

1.4.4 AISLADORES FRICCIONALES

Los péndulos friccionales están compuestos por un deslizador articulado y cuentan con dos grandes ventajas frente a los anteriores tipos y es que posee menor costo y su tiempo de fabricación es corto. El periodo obtenido del sistema aislado no depende precisamente de la masa de la estructura y este es seleccionado debido al radio de curvatura que tiene el elemento pues a mayor desplazamiento se necesita mayor fuerza para vencer la componente gravitacional. La forma y geometría del dispositivo provoca que

después del evento sísmico, la edificación regrese a su posición original sin mayor inconveniente.

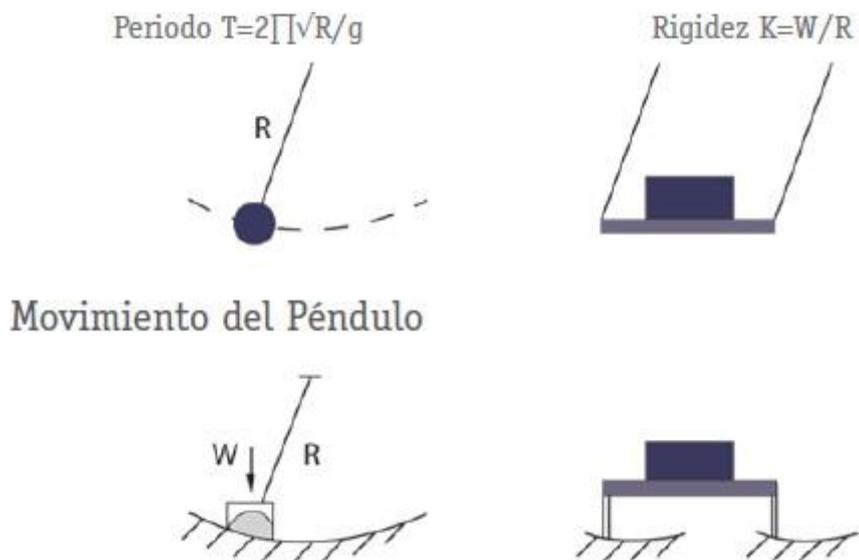


Ilustración 11 Movimiento generado por el Péndulo de Fricción.

Fuente: (Fernández Huamán, 2014)

- Péndulo Simple

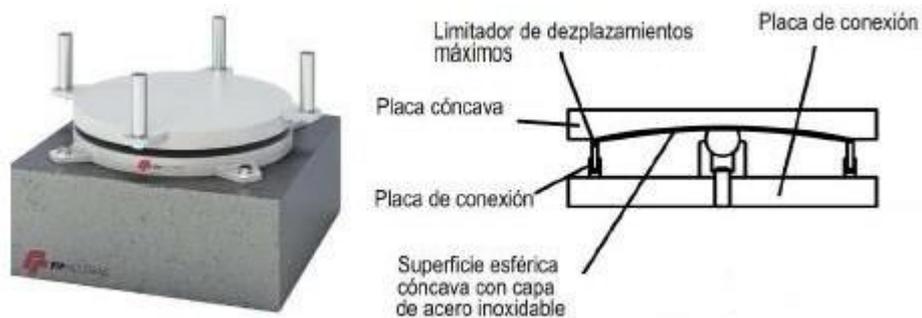


Ilustración 12 Aislador Péndulo Friccional.

Fuente: (Lema Toapanta, 2013)

- Doble péndulo: Este tipo de aislación posee dos curvaturas que permite tener mayor desplazamiento que el sistema durante el sismo.

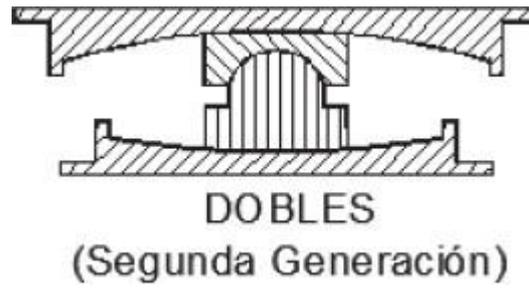


Ilustración 13 Aislador doble péndulo friccional.

Fuente: (Tipanluisa Valdivieso, 2017)

- Triple péndulo

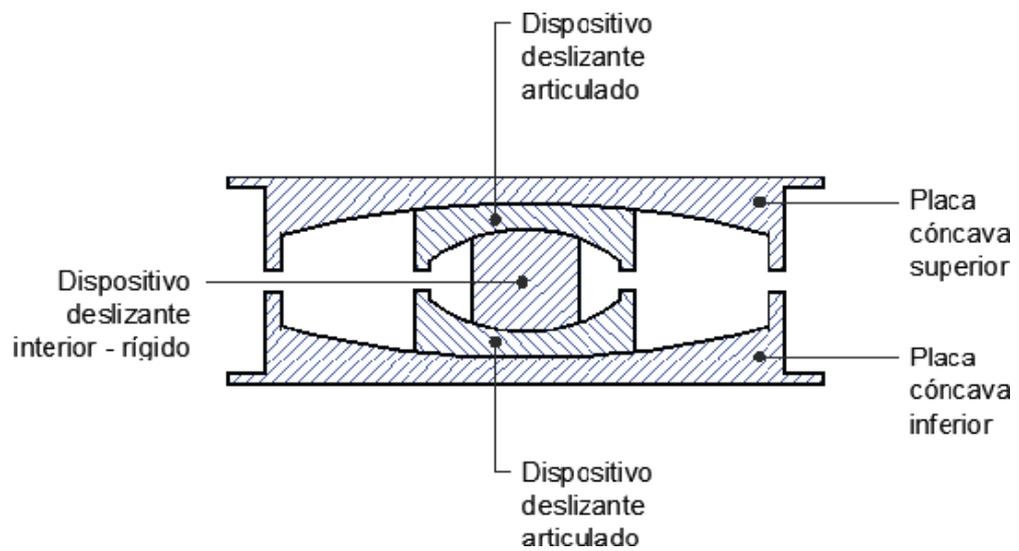


Ilustración 14 Sistema de aislación con triple péndulo friccional.

Fuente: (Tipanluisa Valdivieso, 2017)

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA GENERAL

Para el análisis comparativo del siguiente trabajo de titulación se han empleado dos estructuras esenciales e irregulares en planta, ambas con ocho pisos de altura con igual número de luces a excepción del primer piso, el cual es el doble de altura debido a que cuenta con un mezzanine. Ambos modelos serán analizados mediante el software ETABS. El primer modelo llamado “ESTRUCTURA A” está diseñado sin aisladores sísmicos, siguiendo la normativa vigente en el Ecuador; es decir, la NEC-15 y, para el siguiente análisis de la “ESTRUCTURA B” se modela mediante la propuesta de la Nueva Norma de Guayaquil basado en la ASCE-7, capítulo 17 la cual se va a ir especificando cada uno de los procedimientos a seguir mediante se desarrollen los cálculos.

2.1. ZONA SÍSMICA

Para la ciudad de Guayaquil de acuerdo a lo especificado en la Norma Ecuatoriana de Construcción del 2015 se ha considerado una zona sísmica V, con un valor de factor Z igual a 0,40 g con alta caracterización del peligro sísmico.

2.2. TIPO DE SUELO

El tipo de suelo a emplearse en el análisis será tipo D para la ciudad de Guayaquil.

2.3. COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO

- Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto ($F_a=1,2$)
- Amplificación de las ordenadas des espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca ($F_d=1,19$)
- Comportamiento no lineal de los suelos ($F_s=1,28$)

2.4. FACTOR “r”

El valor del factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto es igual 1 ya que corresponde para todos los suelos con excepción del suelo tipo E. (NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

2.5. RELACIÓN DE AMPLIFICACIÓN ESPECTRAL

Este valor es escogido dependiendo de la ubicación geográfica de la estructura, más que todo de la región. Por tal caso se toma un $\eta = 1,80$ perteneciente a las provincias de la Costa a excepción de Esmeraldas.

2.6. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

Para el primer diseño sin aislación, al tratarse de una estructura de edificación esencial se toma un $I=1,5$. Este coeficiente I es de importancia al ser un factor que incrementa la demanda sísmica de diseño para estructuras, y que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño (NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

Para el segundo diseño se tomó un factor de importancia $I=1$ como está especificado en la sección 17.2.1. donde señala que se debe tomar como 1.0 para una estructura sísmicamente aislada, independientemente de su asignación de categoría de riesgo (ASCE 7, 2016).

2.7. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA SÍSMICA “R”

El factor de reducción utilizado para el primer caso es de 5, estimando que reducirá el cortante basal y la respuesta sísmica elástica de aceleración sísmica llevándola a una respuesta inelástica considerando que se debe tener un comportamiento dúctil por ser una edificación de tipo esencial. Para el segundo análisis se toma un R de 1 especificado en el ASCE 7-16, sección 17.2.3. el cual se permite que el valor del factor de redundancia, ρ , sea igual a 1.0 para estructuras aisladas. (ASCE 7, 2016).

2.8. COMBINACIONES DE CARGA

Las combinaciones de carga utilizadas están basadas en el ACI 318-14 siendo éstas las siguientes:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1,2D + 1,6(Lr \text{ or } S \text{ or } R) + (Lr \text{ or } W)$
- $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1,2D \pm E + L + 0,2S$
- $0,9D \pm (W \text{ or } E)$

2.9. CARGAS DE DISEÑO

2.9.1. CARGAS MUERTAS

Se colocaron las siguientes cargas para todos los niveles de la estructura:

CARGAS	T/m ²
PAREDES	0,15
DUCTOS	0,03
CERÁMICA	0,01
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	0,02
TOTAL	0,21

Tabla 1 Cargas Muertas colocadas en las estructuras

Fuente: La Autora

2.9.2. CARGAS VIVAS

Para las cargas vivas se tomó en consideración a cargas referidas a hospitales (Sala de quirófanos, laboratorios) por tratarse de una estructura esencial.

PISOS	CARGA (T/m²)
PRIMER PISO	0,29
SEGUNDO PISO	0,29
TERCER PISO	0,29
CUARTO PISO	0,29
QUINTO PISO	0,29
SEXTO PISO	0,29
SÉPTIMO PISO	0,29
CUBIERTA	0,20

Tabla 2 Cargas Vivas ubicadas en las estructuras

Fuente: La Autora

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SIN AISLACIÓN SÍSMICA

La estructura cuenta con ocho pisos, el primer piso tiene una altura de entrepiso de 7 metros, mientras que los pisos restantes tienen una altura de 3,5 metros. Las Luces que poseen en sentido X son de 7,50 metros cada una, y en el sentido Y tienen luces de 5,20 m, 5,70 m en los dos primeros ejes 1 y 2 respectivamente y los faltantes de 6 metros y está diseñada en base a la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015.

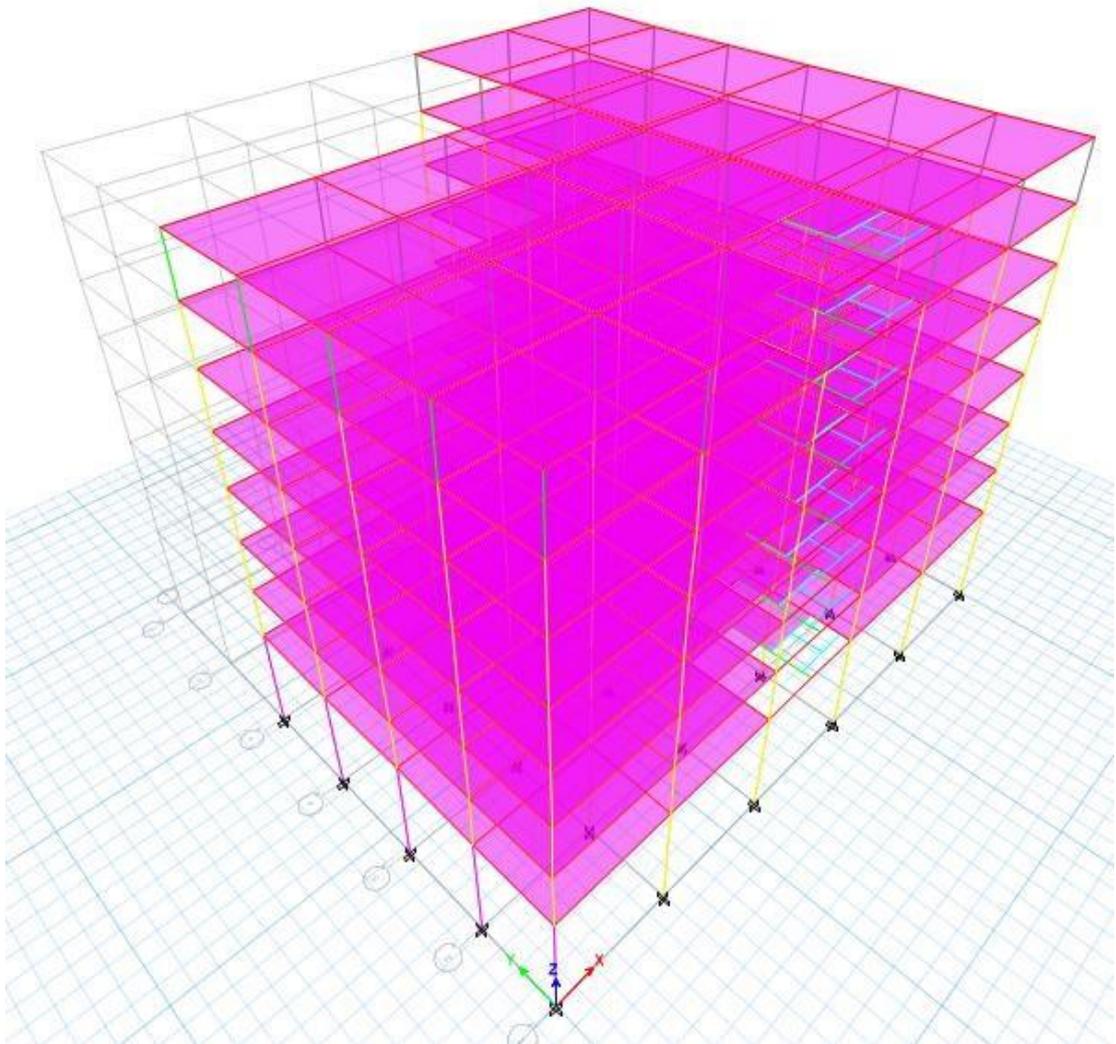


Ilustración 15 Vista de la estructura A

Fuente: La Autora

3.1. GEOMETRÍA

En cada piso se tiene dos secciones de columnas diferentes, las del extremo izquierdo son de mayor dimensión que las restantes.

COLUMNAS (m)			
PISOS	ALTURA (m)	EJE A	DEMÁS EJES
1	7,00	0,65 x 0,95	0,65 x 1,00
2	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
3	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
4	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
5	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
6	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
7	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
8	3,50	0,55 x 0,95	0,55 x 1,00

Tabla 3 Secciones de las columnas de la Estructura A

Fuente: La Autora

Para las vigas principales se tomó en consideración una sola dimensión:

PISOS	VIGAS	
	B (m)	H (m)
1	0,45	0,85
2	0,45	0,85
3	0,45	0,85
4	0,45	0,85
5	0,45	0,85
6	0,45	0,85
7	0,45	0,85
8	0,45	0,85

Tabla 4 Secciones de las vigas principales de la Estructura A

Fuente: La Autora

Para las vigas secundarias que corresponden al eje C-D se utilizaron las siguientes dimensiones:

VIGAS SECUNDARIAS		
	B (m)	H (m)
1	0,20	0,40
2	0,20	0,60

Tabla 5 Secciones de las vigas secundarias de la Estructura A

Fuente: La Autora

Las vigas secundarias de 0,20 m x 0,40 m corresponden a las del color turquesa, mientras que la de 0,20 m x 0,60 m es del color verde.

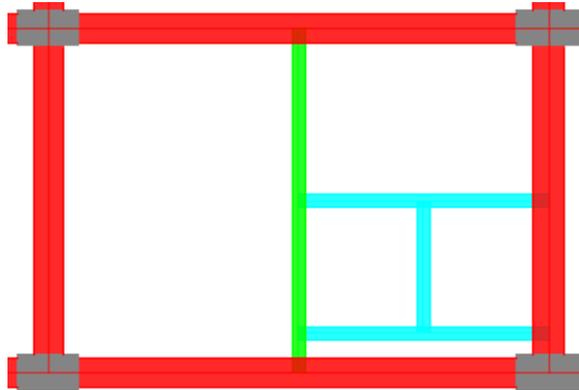


Ilustración 16 Vigas correspondientes al bloque de las escaleras de la Estructura A

Fuente: La Autora

La dimensión que corresponde a la losa nervada en la estructura es la siguiente:

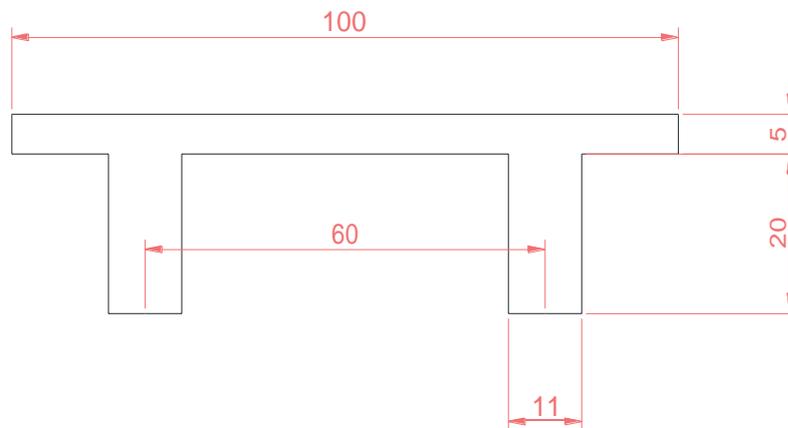


Ilustración 17 Losa Nervada del modelo

Fuente: La Autora

Finalmente, la estructura sin aislación se presenta de la siguiente forma:

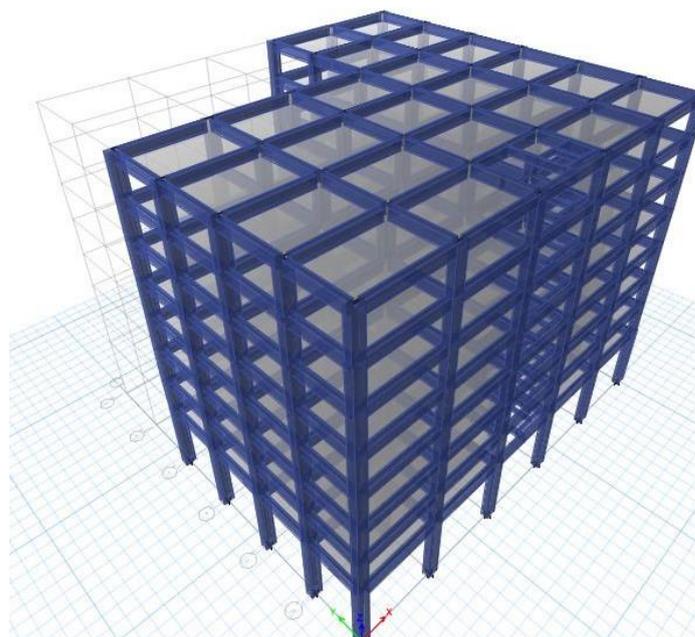


Ilustración 18 Modelo de la Estructura sin Aislación Sísmica

Fuente: La Autora

3.2. MÉTODO DE FUERZAS LATERALES

3.2.1. PERIODO DE LA ESTRUCTURA

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción se debe emplear la siguiente fórmula para hallar el periodo no aislado de una edificación:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Ecuación 1 Fórmula para hallar el periodo de una estructura

Fuente: (NEC, 2015)

C_t	0,055	
h_n	31,5	m
α	0,9	
T	1,23	seg

Tabla 6 Cálculo de periodo de la estructura no aislada

Fuente: (NEC, 2015)

Donde para hallar el coeficiente C_t y el valor de α se lo encuentra en la siguiente tabla:

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

Tabla 7 Valores de C_t y α dependiendo del tipo de la estructura

Fuente: (NEC, 2015)

3.2.2. CORTANTE BASAL DE DISEÑO

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_P\phi_E} W$$

Ecuación 2 Fórmula para hallar el cortante basal de diseño

Fuente: (NEC, 2015)

Para lo cual ya obtenemos los valores de la estructura:

I	1,500	
Sa	0,492	
R	5,000	
ϕ_P	0,900	
ϕ_E	0,900	
Cs	0,182	
W	7521,5093	Ton
V	1369,46571	Ton

Tabla 8 Resultado del cortante basal de la estructura no aislada

Fuente: La Autora

3.3. ANÁLISIS MODAL

Para el análisis modal del modelo se debe tomar en cuenta que todos los modos involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015). Para los tres primeros modos de vibración se obtuvieron los siguientes periodos:

MODO DE VIBRACIÓN	PERIODO
Traslación en Y	1,098 seg
Traslación en X	1,013 seg
Rotacional	0,97 seg

Tabla 9 Periodos obtenidos debido a los modos de vibración de la estructura A

Fuente: La Autora

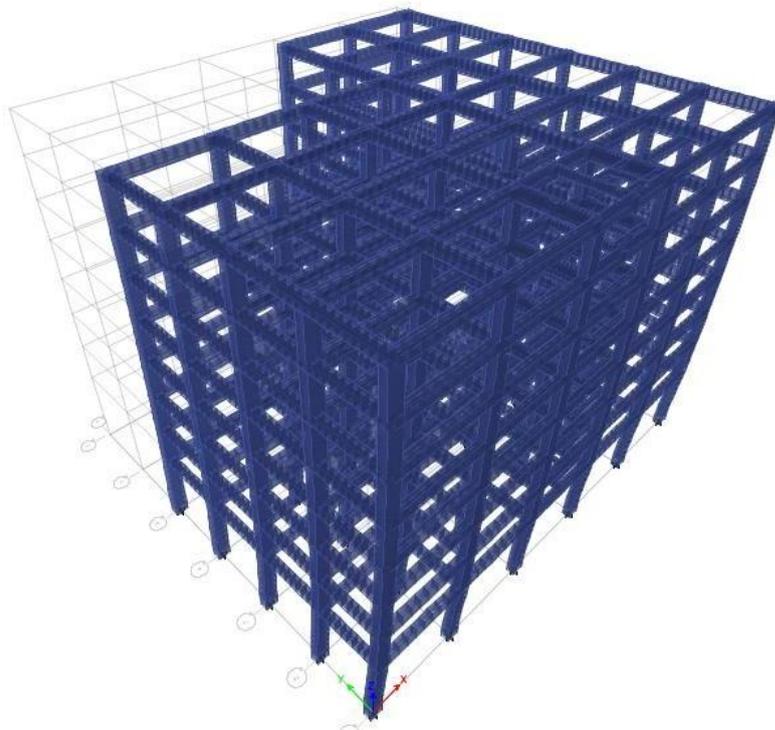


Ilustración 19 Modo de vibración 1, traslación en Y, Estructura A

Fuente: La Autora

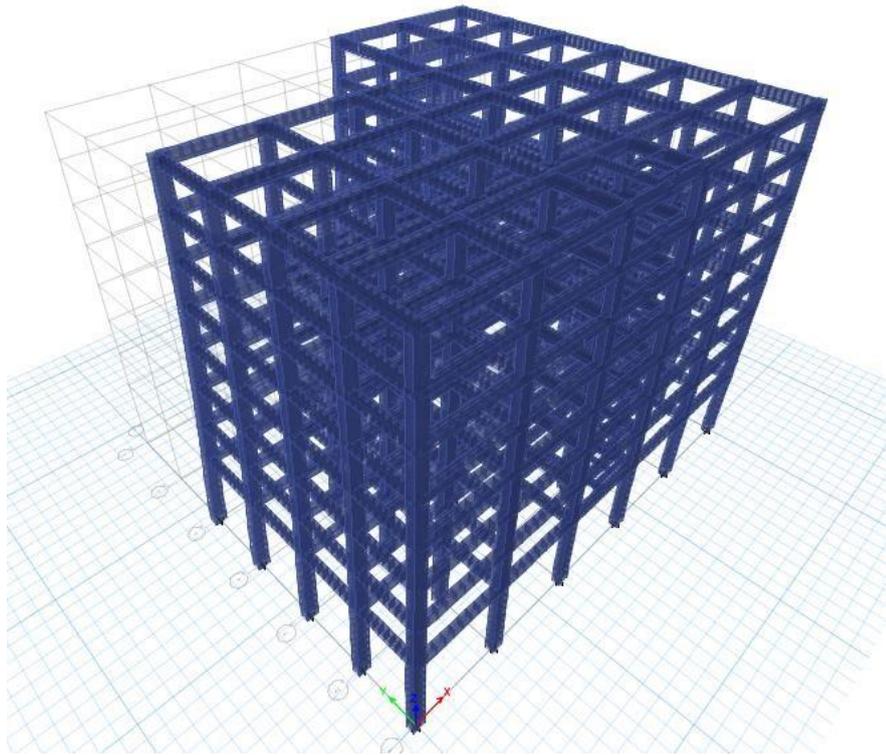


Ilustración 20 Modo de vibración 2, traslación en X, Estructura A

Fuente: La Autora

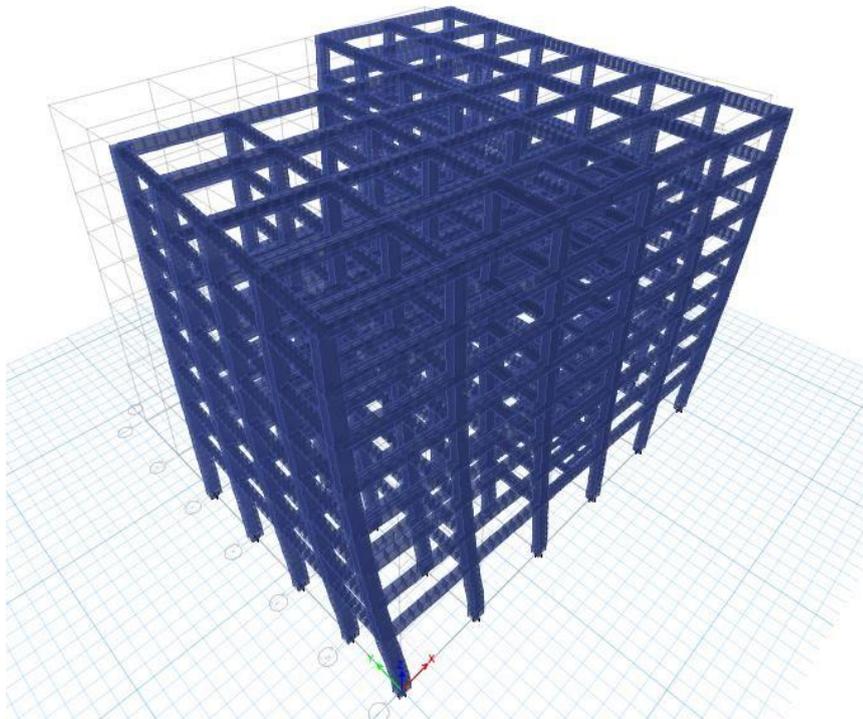


Ilustración 21 Modo de vibración 2, rotacional, Estructura A

Fuente: La Autora

3.3.1. PARTICIPACIÓN DE LAS MASAS EN EL ANÁLISIS MODAL

La tabla presentada a continuación muestra la participación de las masas de los resultados obtenidos del análisis modal:

PARTICIPACIÓN DE MASAS							
MODO	PERIODO	% PART. MASA EN X	% PART. MASA EN Y	SUMA PART. MASA EN X	SUMA PART. MASA EN Y	% PART. MASA ROTACIONAL	SUMA PART. MASA ROTACIONAL
1	1,098	0,000001	0,927000	0,000	0,927	0,000500	0,001
2	1,013	0,812300	0,000044	0,812	0,927	0,080600	0,081
3	0,97	0,080100	0,000600	0,892	0,928	0,828600	0,910
4	0,344	0,000000	0,057900	0,892	0,986	0,000100	0,910
5	0,313	0,067300	0,000005	0,960	0,986	0,011200	0,921
6	0,303	0,012000	0,000028	0,972	0,986	0,057600	0,979
7	0,188	0,000000	0,010000	0,972	0,996	0,000011	0,979
8	0,166	0,007300	0,000001	0,979	0,996	0,009300	0,988
9	0,163	0,011800	0,000000	0,991	0,996	0,005300	0,993
10	0,124	0,000000	0,002800	0,991	0,998	0,000001	0,993
11	0,106	0,000300	0,000000	0,991	0,998	0,004300	0,998
12	0,101	0,005800	0,000000	0,997	0,998	0,000100	0,998
13	0,089	0,000000	0,001000	0,997	0,999	0,000000	0,998
14	0,073	0,000019	0,000000	0,997	0,999	0,001500	0,999
15	0,068	0,000000	0,000400	0,997	1,000	0,000000	0,999
16	0,068	0,002100	0,000000	0,999	1,000	0,000008	0,999
17	0,056	0,000000	0,000100	0,999	1,000	0,000000	0,999
18	0,054	0,000002	0,000000	0,999	1,000	0,000600	1,000
19	0,049	0,000700	0,000000	1,000	1,000	0,000001	1,000
20	0,049	0,000000	0,000030	1,000	1,000	0,000000	1,000
21	0,043	0,000000	0,000000	1,000	1,000	0,000200	1,000
22	0,038	0,000200	0,000000	1,000	1,000	0,000000	1,000
23	0,037	0,000000	0,000000	1,000	1,000	0,000040	1,000
24	0,032	0,000047	0,000000	1,000	1,000	0,000000	1,000

Tabla 10 Resultado de la participación de masas según el análisis modal

Fuente: La Autora

3.4. ESPECTRO ELÁSTICO HORIZONTAL DE DISEÑO EN ACELERACIONES

Para elaborar el espectro de respuesta se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Fa	1,20	
Fd	1,19	
Fs	1,28	
η	1,80	
z	0,40	
Sa	0,86	g
To	0,13	seg
Tc	0,70	seg
T_L	2,86	seg
Coeficiente I	1,5	
r	1,00	
R	5,00	

Tabla 11 Valores de los principales componentes para el espectro elástico de diseño

Fuente: La Autora

Dónde:	
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
F_a	Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_d	Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_s	Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura
T₀	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
T_c	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

Ilustración 22 Componentes del espectro sísmico elástico de aceleraciones

Fuente: (NEC, 2015)

3.4.1. ESPECTRO DE RESPUESTA DE ACELERACIONES

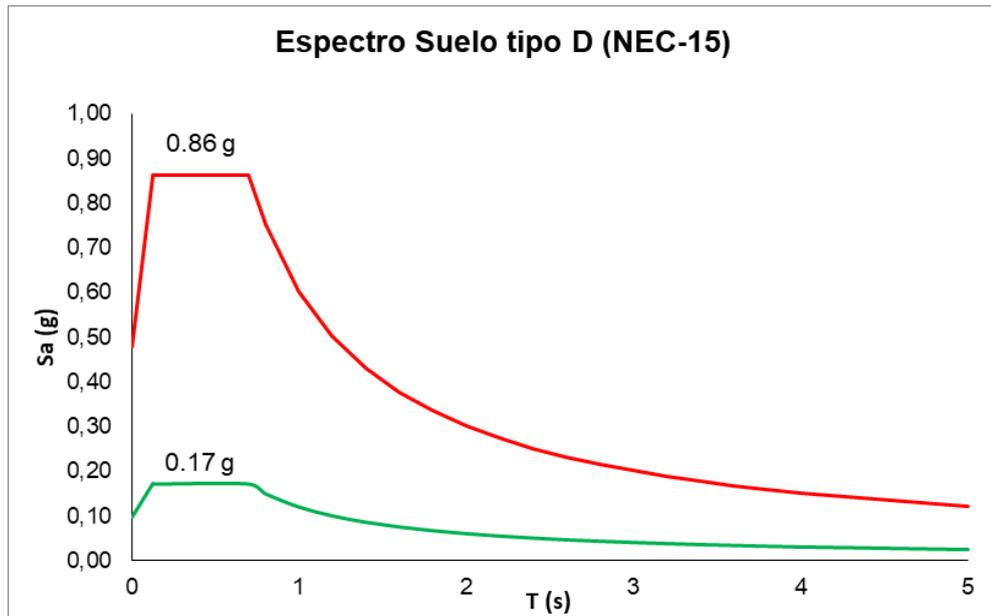


Ilustración 23 Espectro de Respuesta Elástico e Inelástico (reducido $R=5$) de Aceleraciones de un sistema sin aislación sísmica

Fuente: (NEC, 2015)

3.4.2. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAZAMIENTOS

El espectro en desplazamientos para el caso expuesto es el siguiente:

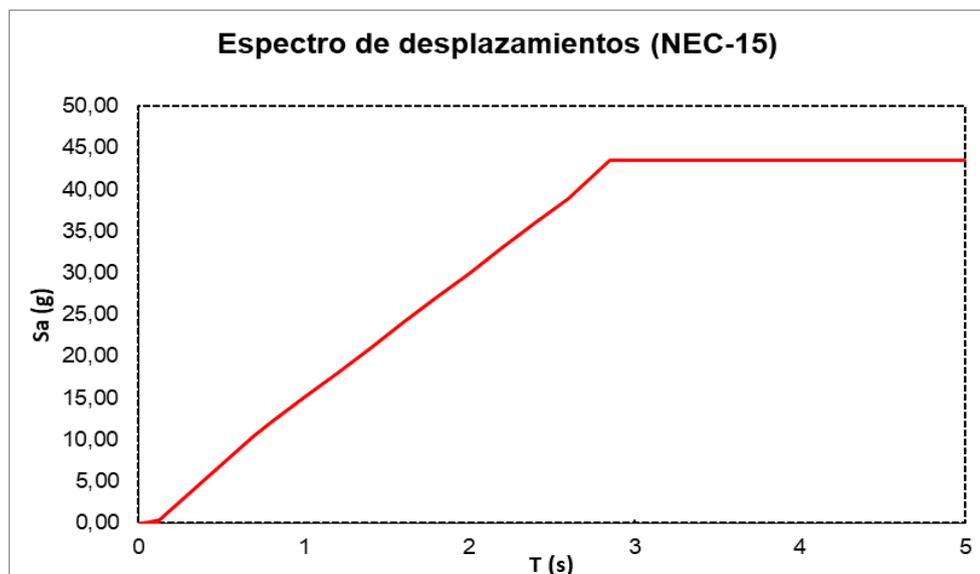


Ilustración 24 Espectro sísmico elástico en desplazamientos de la Estructura A

Fuente: (NEC, 2015)

3.5. REVISIÓN DE DERIVAS

Según la NEC-15 se debe revisar los límites permisibles de las derivas inelásticas de los pisos, la cual no debe excederse de 0,02 para estructuras de hormigón armado, estructuras metálicas y de madera.

Piso	Deriva elástica	Deriva inelástica (%)	Deriva permisible
8	0,000599	0,2%	CUMPLE
7	0,000922	0,3%	CUMPLE
6	0,001264	0,5%	CUMPLE
5	0,001579	0,6%	CUMPLE
4	0,001859	0,7%	CUMPLE
3	0,002111	0,8%	CUMPLE
2	0,002361	0,9%	CUMPLE
1	0,002086	0,8%	CUMPLE

Tabla 12 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido X

Fuente: La Autora

Piso	Deriva elástica	Deriva inelástica (%)	Deriva permisible
8	0,000465	0,2%	CUMPLE
7	0,000758	0,3%	CUMPLE
6	0,001063	0,4%	CUMPLE
5	0,001336	0,5%	CUMPLE
4	0,001578	0,6%	CUMPLE
3	0,001811	0,7%	CUMPLE
2	0,002185	0,8%	CUMPLE
1	0,002762	1,0%	CUMPLE

Tabla 13 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido Y

Fuente: La Autora

3.6. CANTIDADES DE MATERIALES

De acuerdo a la colocación de las varillas de refuerzo y estribado en los elementos de la estructura obtenemos las cantidades de materiales de los pórticos:

3.6.1. PÓRTICOS MÁS CRÍTICOS

PÓRTICO EJE 4 - SENTIDO X							
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	CANTIDAD	VOLUMEN DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
1º PISO	0,45	0,85	37,50	1	14,34375	352,330	868,90
2º-3º PISO	0,45	0,85	37,50	2	28,68750	342,630	1689,95
4º-5º PISO	0,45	0,85	37,50	2	28,68750	233,270	1150,56
6º-7º PISO	0,45	0,85	37,50	2	28,68750	233,270	1150,56
8º PISO	0,45	0,85	37,50	1	14,34375	228,420	369,06
TOTAL					114,750		5229,03

Tabla 14 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 4

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE 5 - SENTIDO X							
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	CANTIDAD	VOLUMEN DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
1º PISO	0,45	0,85	37,5	1	14,34375	352,330	868,90
2º-3º PISO	0,45	0,85	37,5	2	28,68750	342,630	1689,95
4º PISO	0,45	0,85	37,5	1	14,34375	238,120	587,24
5º PISO	0,45	0,85	37,5	1	14,34375	233,270	560,65
6º PISO	0,45	0,85	37,5	1	14,34375	228,420	460,83
7º PISO	0,45	0,85	37,5	1	14,34375	223,570	448,87
8º PISO	0,45	0,85	37,5	1	14,34375	337,330	302,46
TOTAL					114,750		4918,90

Tabla 15 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 5

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE 6 – SENTIDO X							
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	CANTIDAD	VOLUMEN DE HORMIGÓN	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
1º PISO	0,45	0,85	15	1	5,7375	133,680	325,41
2º PISO	0,45	0,85	15	1	5,7375	136,080	335,59
3º PISO	0,45	0,85	15	1	5,7375	136,080	327,07
4º PISO	0,45	0,85	15	1	5,7375	95,520	235,57
5º-6º PISO	0,45	0,85	15	2	11,475	95,520	471,13
7º PISO	0,45	0,85	15	1	5,7375	90,720	181,22
8º PISO	0,45	0,85	15	1	5,7375	85,920	171,63
TOTAL					45,900		2047,63

Tabla 16 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 6

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE A - SENTIDO Y							
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	CANTIDAD	VOL. DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
1º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	424,200	1046,14
2º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	315,000	776,84
3º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	284,100	694,16
4º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	245,000	616,01
5º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	280,000	566,23
6º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	212,050	480,31
7º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	315,000	380,65
8º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	175,000	276,21
TOTAL					70,074		4836,55

Tabla 17 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje A

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE B – SENTIDO Y							
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	CANTIDAD	VOL. DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
1º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	251,300	954,02
2º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	424,100	790,84
3º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	214,100	721,57
4º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	210,000	663,55
5º-6º PISO	0,45	0,85	22,9	2	17,5185	284,100	1027,03
7º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	177,050	524,03
8º PISO	0,45	0,85	22,9	1	8,75925	350,000	407,41
TOTAL					70,074		5088,43

Tabla 18 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje B

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE E – SENTIDO Y							
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	CANTIDAD	VOL. DE HORMIGÓN	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
1º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	386,400	1471,22
2º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	492,900	1208,94
3º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	434,500	1155,66
4º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	380,100	1170,06
5º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	380,100	1071,30
6º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	380,100	994,97
7º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	327,900	812,80
8º PISO	0,45	0,85	34,9	1	13,34925	350,000	407,41
TOTAL					106,794		8292,34

Tabla 19 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje E

Fuente: La Autora

ESTRIBOS SENTIDO X						
Estribos	Lado	Rec.	Long est. (m)	Cant.	Long. Total	Peso (kg)
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	57	125,4	11479,55

Tabla 20 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido X

Fuente: La Autora

ESTRIBOS SENTIDO Y						
Estribos	Lado	Rec.	Long est. (m)	Cant.	Long. Total	Peso (kg)
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	48	105,6	2000,067
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	48	105,6	2000,067
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	144	316,8	18000,608
TOTAL						22000,743

Tabla 21 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido Y

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE 4			
Columnas	Longitud (m)	Cuantía	Acero de refuerzo (kg)
COL 100 x 65	214,41	0,000491	826,20
COL 95 x 65	857,64	0,000491	3304,80
COL 95 x 65	245,04	0,000380	731,21
COL 100 x 60	328,00	0,000491	1263,90
COL 95 x 60	1230,00	0,000491	4739,63
COL 100 x 55	120,60	0,000314	297,42
COL 95 x 55	469,00	0,000380	1399,52
TOTAL			12562,67

Tabla 22 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 4

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE 5			
Columnas	Longitud (m)	Cuantía	Acero de refuerzo (kg)
COL 100 x 65	285,88	0,000380	853,08
COL 95 x 65	796,38	0,000380	2376,43
COL 95 x 65	214,41	0,000380	639,81
COL 95 x 65	255,25	0,000380	761,68
COL 100 x 60	328,00	0,000491	1263,90
COL 95 x 60	1230,00	0,000491	4739,63
COL 100 x 55	120,60	0,000314	297,42
COL 95 x 55	469,00	0,000380	1399,52
TOTAL			12331,46

Tabla 23 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 5

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE 6			
Columnas	Longitud (m)	Cuantía	Acero de refuerzo (kg)
COL 95 x 65	510,50	0,000380	1523,35
COL 95 x 65	285,88	0,000380	853,08
COL 95 x 60	984,00	0,000491	3791,71
COL 95 x 55	281,40	0,000380	839,71
TOTAL			7007,85

Tabla 24 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 6

Fuente: La Autora

Estribos columnas	Rec	Long est. (m)	Cantidad		Long. Total	Peso (kg)
1,00 x 0,65	0,040	3,100	60	5	186,000	573,380
0,95 x 0,65	0,040	3,000	60	31	180,000	554,884
1,00 x 0,60	0,040	3,000	30	30	90,000	277,442
0,95 x 0,60	0,040	2,900	30	186	87,000	268,194
1,00 x 0,55	0,040	2,900	30	5	87,000	268,194
0,95 x 0,55	0,040	2,800	30	31	84,000	258,946
TOTAL						2201,039

Tabla 25 Cantidad de acero en estribos de columnas

Fuente: La Autora

Materiales	Cantidad	Unidad
Hormigón en vigas	1196,154	m ³
Hormigón en columnas	657,134	m ³
Hormigón de losas	700,73	m ³
Acero de refuerzo	180223,998	Kg

Tabla 26 Cantidad de materiales en la Estructura A

Fuente: La Autora

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA CON AISLACIÓN SÍSMICA

La estructura presentada a continuación cuenta con las mismas luces de la edificación anterior, alturas de entrepisos de 3,5 metros a excepción del primer piso que tiene 7 metros y del piso colocado bajo este que es de 1 metro de altura donde estarán ubicados los aisladores sísmicos con los deslizantes. Las Luces entre los ejes de A hasta F son de 7,50 metros cada uno, y en el otro sentido las luces son de 5,20 m, 5,70 m en los dos primeros ejes 1 y 2 respectivamente y los restantes de 6 metros como el anterior modelo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el diseño con aislación sísmica está basado en la propuesta de la Nueva Norma Sísmica de Guayaquil, la cual toma varias especificaciones del ASCE 7-16 que están detalladas en este capítulo.

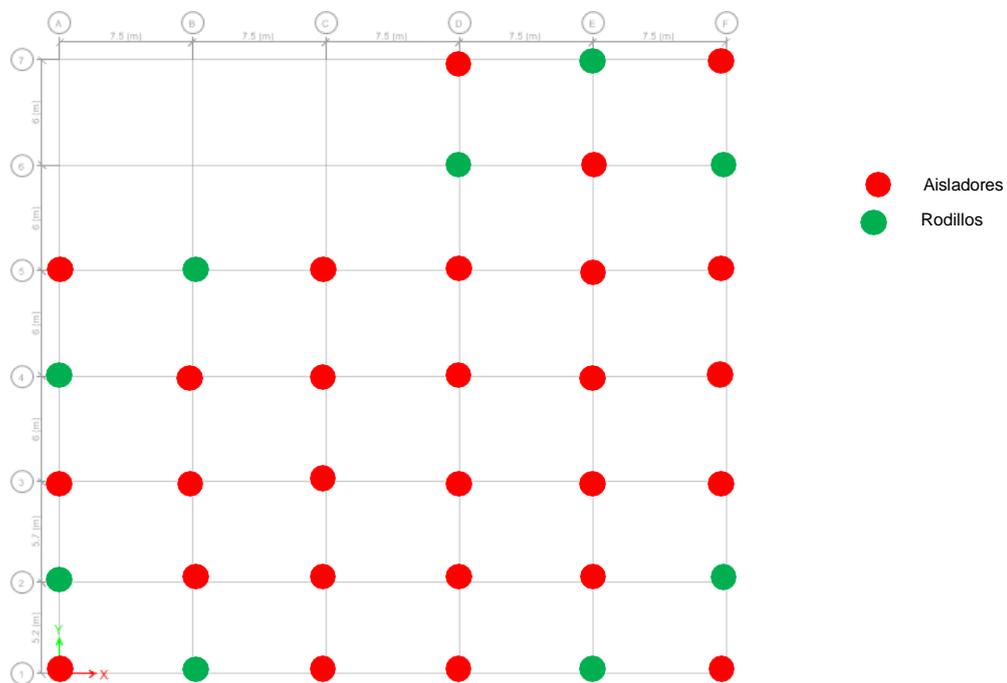


Ilustración 25 Vista en Planta de los aisladores y deslizantes de la Estructura B

Fuente: La Autora

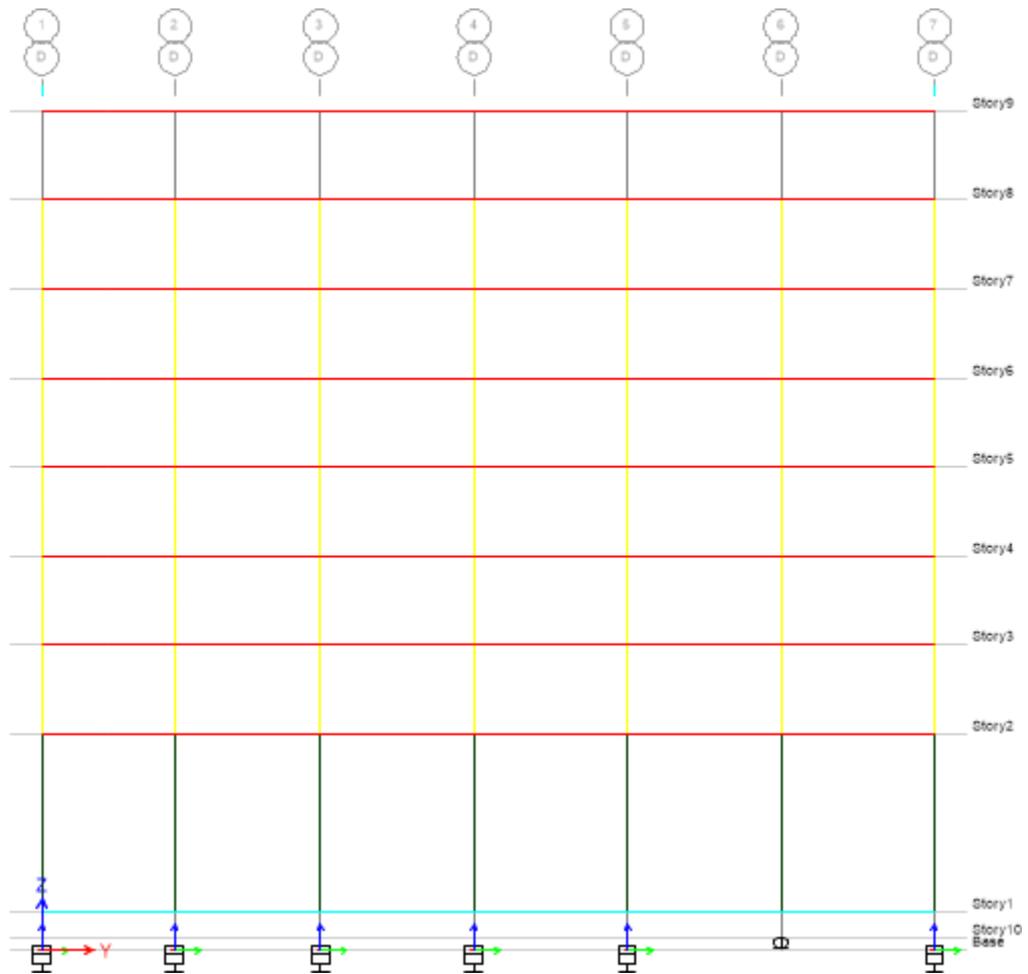


Ilustración 26 Vista en Elevación de la Estructura B con sistema de aislación

Fuente: La Autora

4.1. GEOMETRÍA

Las columnas del diseño con aislación sísmica son similares a las de la edificación anterior, con el cambio de que en el piso de aislación de colocaron columnas de 1 metro de altura con secciones de 1,20 m x 2,00 m.

COLUMNAS			
PISOS	ALTURA (m)	DEMÁS EJES	EJE A
BASE AISLADORES	1,00	0,65 x 0,95	1,20 x 2,00
1	7,00	0,65 x 0,95	0,65 x 1,00
2	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
3	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
4	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
5	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
6	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
7	3,50	0,60 x 0,95	0,60 x 1,00
8	3,50	0,55 x 0,95	0,55 x 1,00

Tabla 27 Secciones de columnas de la Estructura B con aislación sísmica

Fuente: La Autora

Las vigas principales cuentan con las secciones especificadas en la tabla adjunta a continuación:

PISOS	B (m)	VIGAS	H (m)
BASE AISLADORES	1,40		0,90
1	0,45		0,85
2	0,45		0,85
3	0,45		0,85
4	0,45		0,85
5	0,45		0,85
6	0,45		0,85
7	0,45		0,85
8	0,45		0,85

Tabla 28 Secciones de las vigas principales de la Estructura B con aislación sísmica

Fuente: La Autora

Para las vigas secundarias se utilizaron nuevamente las dimensiones de las vigas de la Estructura A:

VIGAS SECUNDARIAS		
	B (m)	H (m)
1	0,20	0,40
2	0,20	0,60

Tabla 29 Secciones de las vigas secundarias de la Estructura B

Fuente: La Autora

El dimensionamiento de la losa nervada se la representa en el siguiente gráfico:

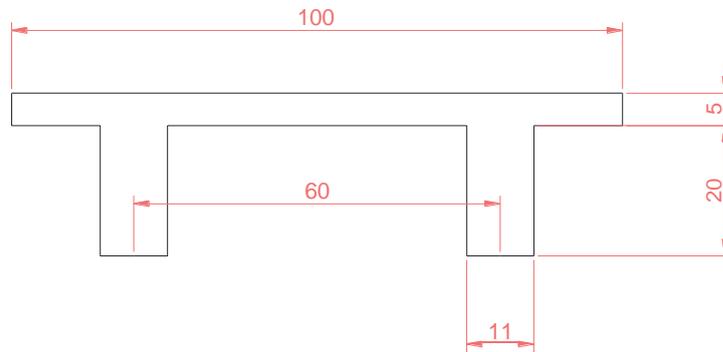


Ilustración 27 Losa Nervada de la Estructura B con aislación sísmica

Fuente: La Autora

La estructura modelada es la siguiente:

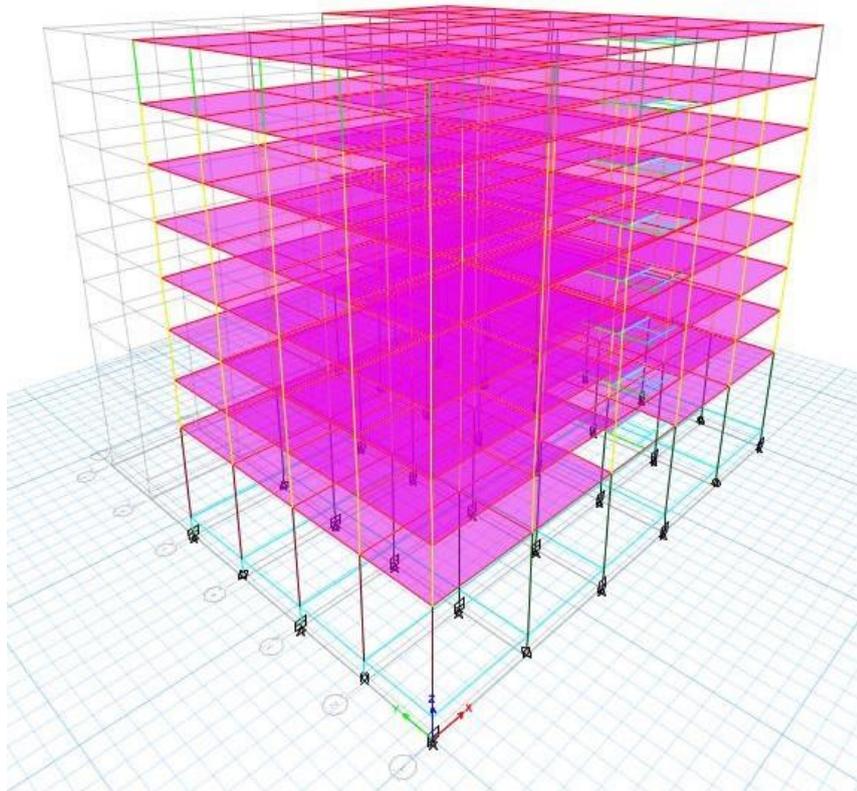


Ilustración 28 Modelo de la Estructura con Aislación Sísmica

Fuente: La Autora

4.2. ANÁLISIS MODAL

En el análisis modal de esta estructura lo que se requiere es llevarla a un periodo efectivo de 3 segundos obteniendo lo siguiente:

MODO DE VIBRACIÓN	PERIODO
Traslación en Y	2,908 seg
Traslación en X	2,874 seg
Rotacional	2,823 seg

Tabla 30 Periodos obtenidos debido a los modos de vibración de la Estructura B

Fuente: La Autora

Hay que tomar en consideración que el T_M (periodo efectivo de la estructura) en el desplazamiento máximo D_M debe ser menor o igual a 5 segundos.

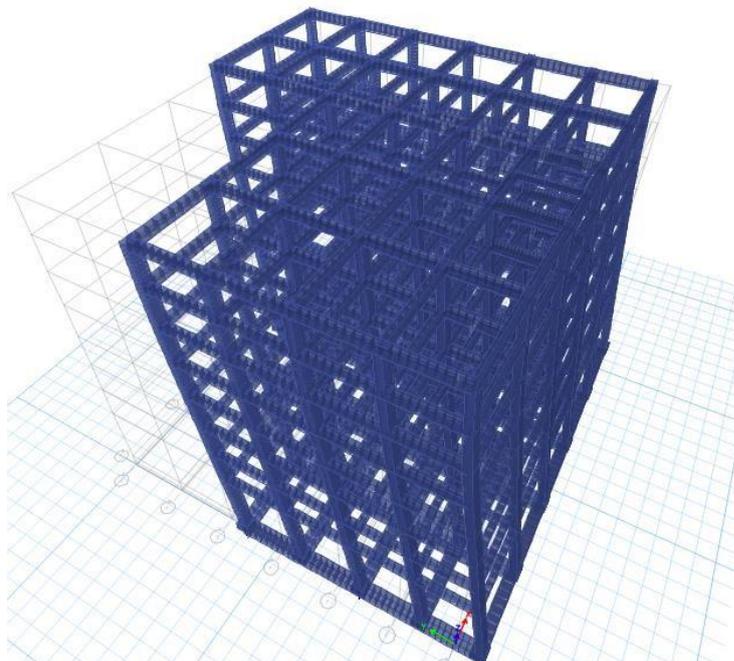


Ilustración 29 Modo de vibración 1, translación en Y, Estructura B

Fuente: La Autora

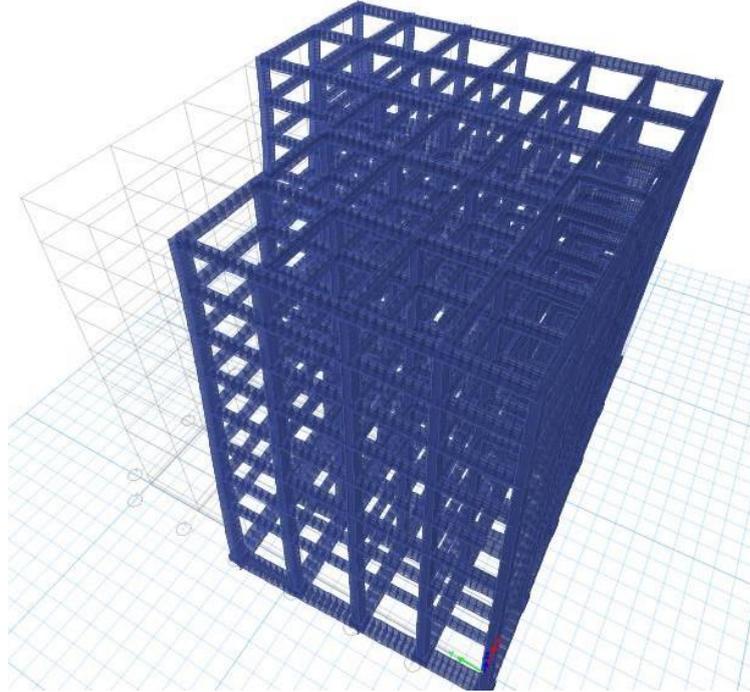


Ilustración 30 Modo de vibración 2, traslación en X, Estructura B

Fuente: La Autora

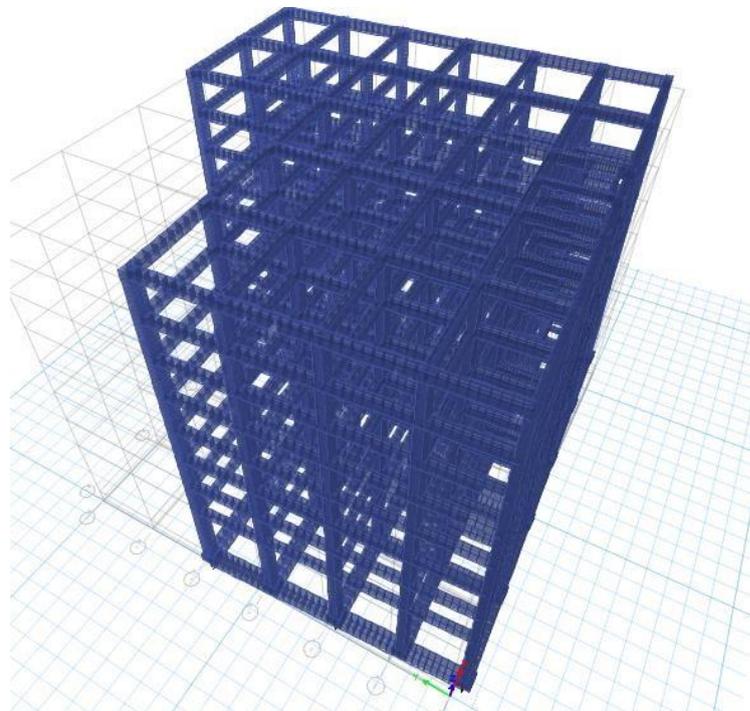


Ilustración 31 Modo de vibración 3, rotacional, Estructura B

Fuente: La Autora

4.2.1. PARTICIPACIÓN DE LAS MASAS EN EL ANÁLISIS MODAL

La participación de masas obtenidas en el análisis modal es mostrada a continuación:

PARTICIPACIÓN DE MASAS							
MODO	PERIODO	% PART. MASA EN X	% PART. MASA EN Y	SUMA PART. MASA EN X	SUMA PART. MASA EN Y	% PART. MASA ROTACIONAL	SUMA PART. MASA ROTACIONAL
1	2,908	0,109	0,457	0,109	0,457	0,431	0,431
2	2,852	0,549	0,379	0,658	0,835	0,069	0,500
3	2,801	0,339	0,160	0,996	0,996	0,497	0,997
4	0,541	0,000	0,004	0,996	1,000	0,000	0,997
5	0,532	0,003	0,000	1,000	1,000	0,000	0,997
6	0,502	0,000	0,000	1,000	1,000	0,003	1,000
7	0,298	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
8	0,273	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
9	0,267	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
10	0,230	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
11	0,216	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
12	0,184	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
13	0,176	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
14	0,164	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
15	0,161	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
16	0,158	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
17	0,135	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
18	0,131	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
19	0,123	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
20	0,117	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
21	0,105	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
22	0,105	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
23	0,101	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000
24	0,092	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	1,000

Tabla 31 Resultado de la participación de masas según el análisis modal de la Estructura B

Fuente: La Autora

4.3. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN ACELERACIONES

4.3.1. ESPECTRO DE RESPUESTA DE ACELERACIONES

El espectro a utilizarse en la estructura va a ser considerado un $MCE = 1.5$ del espectro de diseño de la norma NEC-15 para luego ser reducido un 1,7, valor que corresponde al B_M que es coeficiente numérico para una amortiguación efectiva igual a β_M .

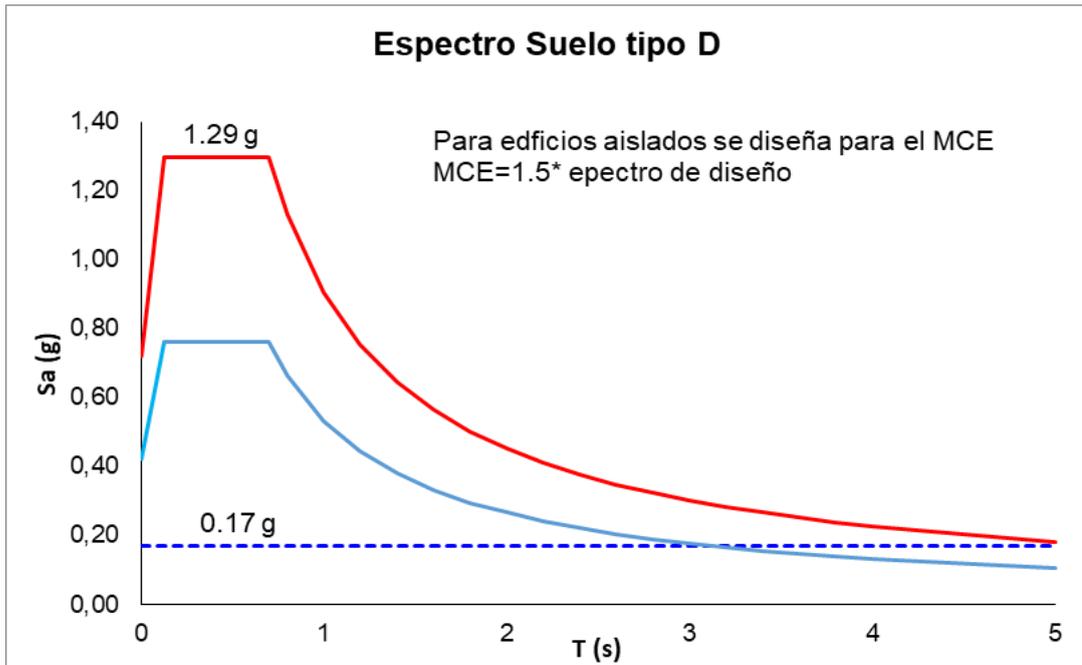


Ilustración 32 Espectro de Respuesta de aceleraciones de un sistema con aislación sísmica

Fuente: La Autora

4.3.2. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAZAMIENTOS

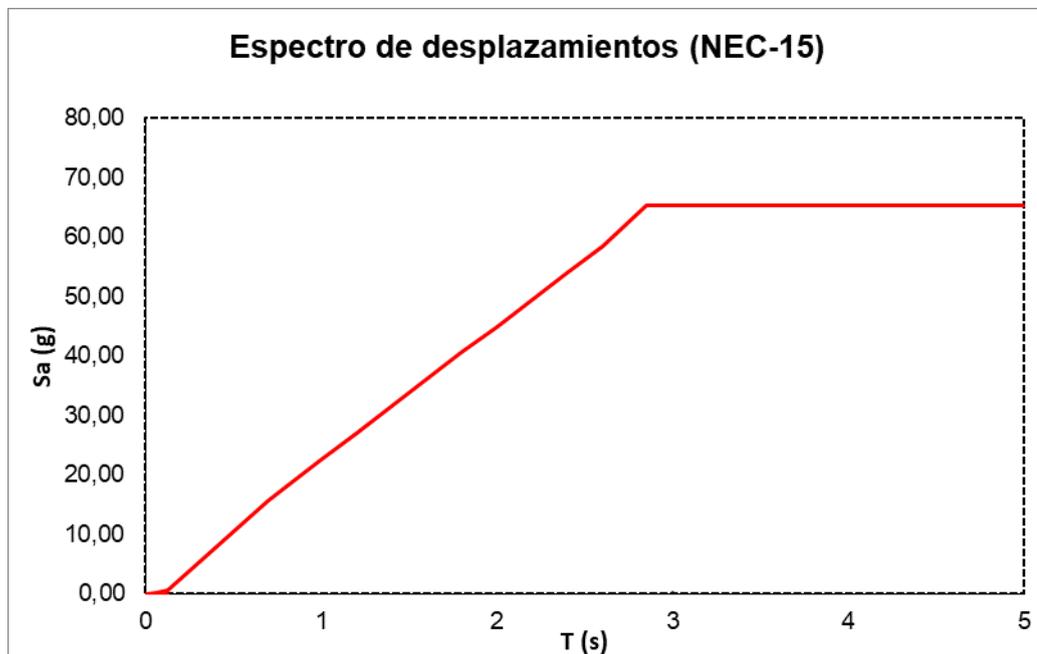


Ilustración 33 Espectro sísmico elástico en desplazamientos de la Estructura B

Fuente: La Autora

4.4. REVISIÓN DE DERIVAS

Según la ASCE 7-16 se determina que el límite de distorsión de entrepiso deberá ser menor o igual a $0,015 h_{sx}$ lo cual obtenemos los siguientes valores el programa ETABS:

Piso	Deriva ETABS	$0,015 h_{sx}$	Deriva admisible
9	0,000583	0,0525	CUMPLE
8	0,000919	0,0525	CUMPLE
7	0,001310	0,0525	CUMPLE
6	0,001713	0,0525	CUMPLE
5	0,002117	0,0525	CUMPLE
4	0,002534	0,0525	CUMPLE
3	0,003011	0,0525	CUMPLE
2	0,003195	0,0525	CUMPLE
1	0,001487	0,1050	CUMPLE

Tabla 32 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido X

Fuente: La Autora

Piso	Deriva ETABS	$0,015 h_{sx}$	Deriva admisible
9	0,000517	0,0525	CUMPLE
8	0,000858	0,0525	CUMPLE
7	0,001244	0,0525	CUMPLE
6	0,001626	0,0525	CUMPLE
5	0,002002	0,0525	CUMPLE
4	0,002402	0,0525	CUMPLE
3	0,003057	0,0525	CUMPLE
2	0,004538	0,0525	CUMPLE
1	0,001619	0,1050	CUMPLE

Tabla 33 Derivas elásticas e inelásticas en el sentido Y

Fuente: La Autora

4.5. MÉTODO DE FUERZAS EQUIVALENTES

Este método a emplearse para analizar la Estructura B que corresponde a un diseño aislado, en donde hay que tener en cuenta varios parámetros tales

como que su periodo efectivo debe ser mayor a tres veces el periodo no aislado, en este caso a la de la Estructura A. La rigidez efectiva del desplazamiento máximo del sistema debe ser mayor a un tercio de la rigidez efectiva del 20% del desplazamiento máximo y finalmente que el desplazamiento de la aislación no sea menor al desplazamiento total máximo (D_{TM}).

4.5.1. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO

El desplazamiento máximo viene dado por la siguiente fórmula:

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4 \pi^2 B_M}$$

Ecuación 3 Fórmula para el desplazamiento máximo en estructuras aisladas

Fuente: (ASCE 7, 2016)

En donde g representa la aceleración de la gravedad, S_{M1} es el parámetro de aceleración espectral de amortiguamiento al 5% en un periodo de 1 segundo, T_M es el periodo efectivo de la estructura y B_M es la amortiguación efectiva. Sin embargo, para efectuarse el cálculo se lleva la expresión a la siguiente forma:

$$D_M = \frac{g S_{M-TM} (T_M)^2}{4 \pi^2 B_M}$$

Ecuación 4 Fórmula para el desplazamiento máximo en estructuras aisladas

Fuente: (Hernández Barredo, 2019)

Donde el S_{M-TM} corresponde a la aceleración espectral al periodo efectivo, en este caso a un T_M igual a 3 segundos dando como resultado lo siguiente:

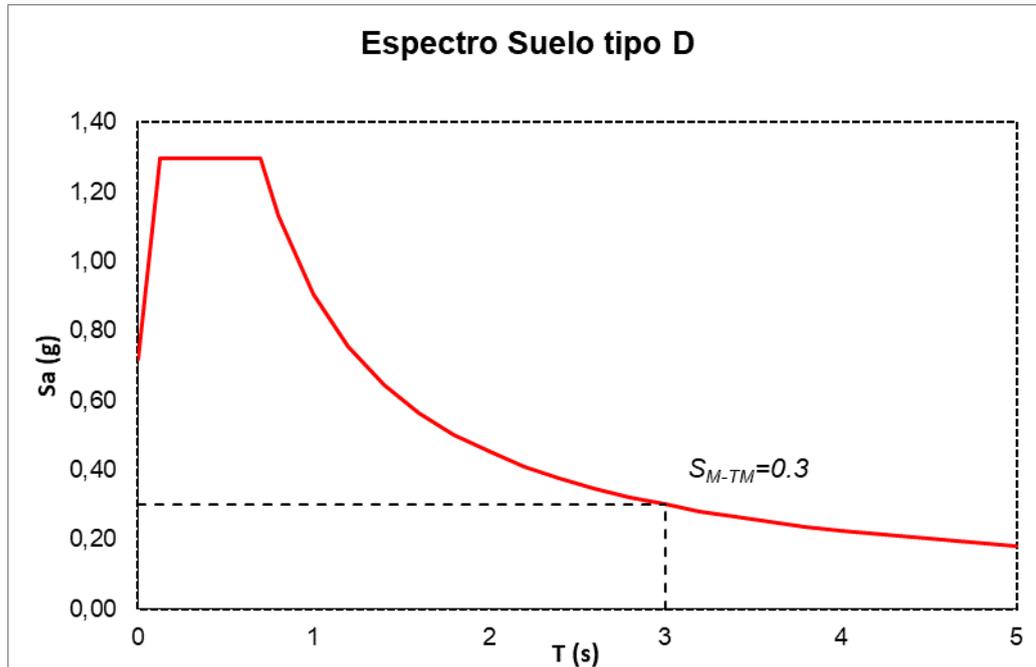


Ilustración 34 Espectro sísmico elástico, cálculo del S_{M-TM} en la Estructura B

Fuente: La Autora

Con ello obtenemos el desplazamiento máximo:

T_M	3,00	seg
S_{M-TM}	0,30	g
g	9,81	m/seg ²
D_M	67,09 / B_M	m

Tabla 34 Cálculo del desplazamiento máximo de la Estructura B

Fuente: La Autora

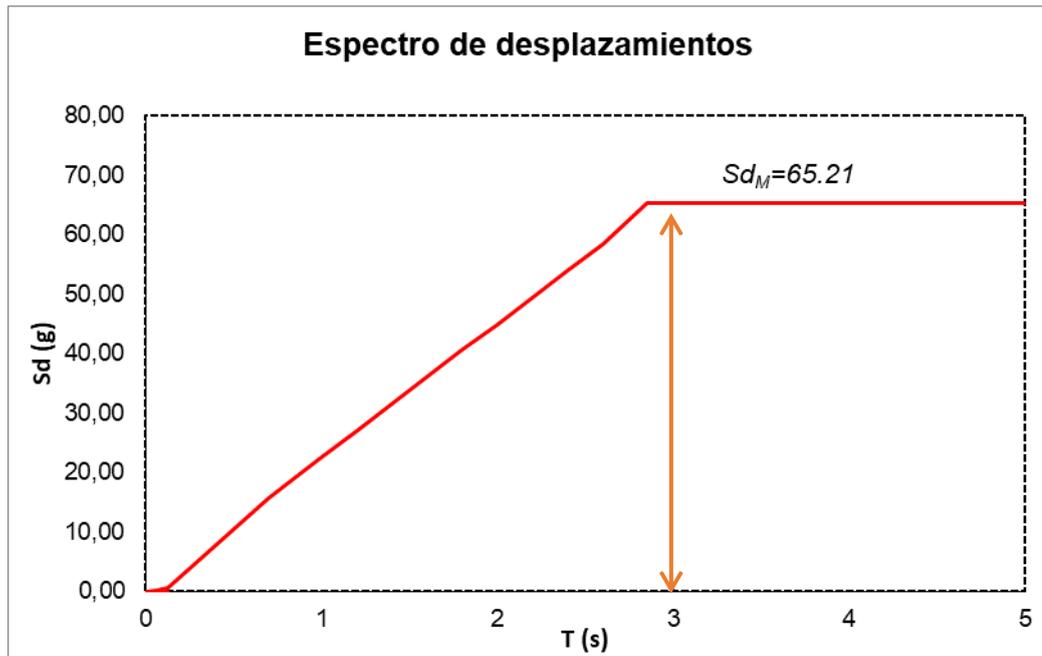


Ilustración 35 Espectro de desplazamiento, cálculo del S_{dM} en la Estructura B

Fuente: La Autora

Finalmente, con la gráfica determinamos que el desplazamiento máximo para un periodo efectivo de 3 segundos es igual a:

$$D_M = \frac{65.21}{B_M}$$

Ecuación 5 Expresión para hallar el desplazamiento máximo

Fuente: La Autora

4.5.2. FACTOR DEL AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO

El factor B_M se basa en la amortiguación efectiva del sistema de aislamiento, esto está especificado en la norma ASCE 7-16, lo cual nos muestra una tabla para escoger los valores de acuerdo a la amortiguación efectiva que se desee emplear en el sistema, en este caso se toma un amortiguamiento del 30%, por lo que se obtiene lo siguiente:

Table 17.5-1 Damping Factor, B_M

Effective Damping, β_M (percentage of critical) ^{a,b}	B_M Factor
≤2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥50	2.0

^aThe damping factor shall be based on the effective damping of the isolation system determined in accordance with the requirements of Section 17.2.8.6.

^bThe damping factor shall be based on linear interpolation for effective damping values other than those given.

Ilustración 36 Tabla para hallar el factor B_M

Fuente: (ASCE 7, 2016)

Ya obtenido este valor, finalmente podemos hallar el desplazamiento máximo:

$$D_M = \frac{D_M^*}{B_M} \quad D_M = \frac{65.21}{1.7}$$

Ecuación 6 Expresión para hallar el desplazamiento máximo en base al factor de amortiguamiento efectivo

Fuente: La Autora

Para un amortiguamiento del 30%	
ξ	0,30
B_M	1,70
D_M (cm)	38,36

Ilustración 37 Resultado del desplazamiento máximo para un amortiguamiento del 30% de la estructura aislada

Fuente: La Autora

4.5.3. RIGIDEZ EFECTIVA

Para encontrar la rigidez efectiva del caso analizado se va a emplear la siguiente fórmula de la sección 17.5.3.2. para calcular el periodo efectivo del ASCE 7-16.

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_M g}} \quad (17.5-2)$$

Ecuación 7 Ecuación para hallar el periodo efectivo de una estructura aislada

Fuente: (ASCE 7, 2016)

En la cual W es el peso sísmico efectivo de la estructura, g es la aceleración de la gravedad y como se parte de que se trabajará con un periodo efectivo de 3 segundos, se podrá despejar la rigidez efectiva obteniendo lo siguiente:

$$k_M = 4 \pi^2 \frac{W}{(T_M)^2 g}$$

Ecuación 8 Ecuación para hallar la rigidez efectiva de una estructura aislada

Fuente: (ASCE 7, 2016)

W	8021,30	Ton
K_M	35,87	Ton/ cm
K_M	35866,81	Kg/cm

Tabla 35 Cálculo de la Rigidez efectiva del sistema asilado

Fuente: La Autora

4.5.4. FUERZA LATERAL DE DISEÑO BAJO EL SISTEMA DE AISLACIÓN (V_b)

Esta fuerza es aquella con la que se diseñará todos los elementos estructurales por debajo del nivel base y será la fuerza lateral sísmica denominada V_b. Se calcula su valor con la siguiente fórmula:

$$V_b = K_M D_M$$

Ecuación 9 Ecuación para hallar la fuerza lateral de diseño de una estructura aislada

Fuente: (ASCE, 2016)

Aplicando los datos ya conocidos anteriormente se obtiene:

D_M	38,36	cm
K_M	35866,81	Kg/cm
V_b	1375,81	Ton
C_s	0,1715	

Tabla 36 Cálculo de la fuerza lateral sísmica de diseño (V_b)

Fuente: La Autora

4.5.5. FUERZA LATERAL DE DISEÑO SOBRE EL SISTEMA DE AISLACIÓN (V_s)

W	8021,30	Ton
W_s	1485,63	Ton
β_M	0,30	
V_{st}	1597,64	Ton
R	1	
V_s	1597,64	Ton

Tabla 37 Cálculo de la fuerza lateral sísmica de diseño (V_s)

Fuente: La Autora

4.6. MÉTODO MODAL ESPECTRAL

4.6.1. SELECCIÓN DE AISLADORES SÍSMICOS

Para el cálculo de la rigidez efectiva se necesita saber el número de aisladores que se van a ubicar en la estructura, para ello se tomó en consideración las columnas que poseen baja carga axial quedando de la siguiente forma:

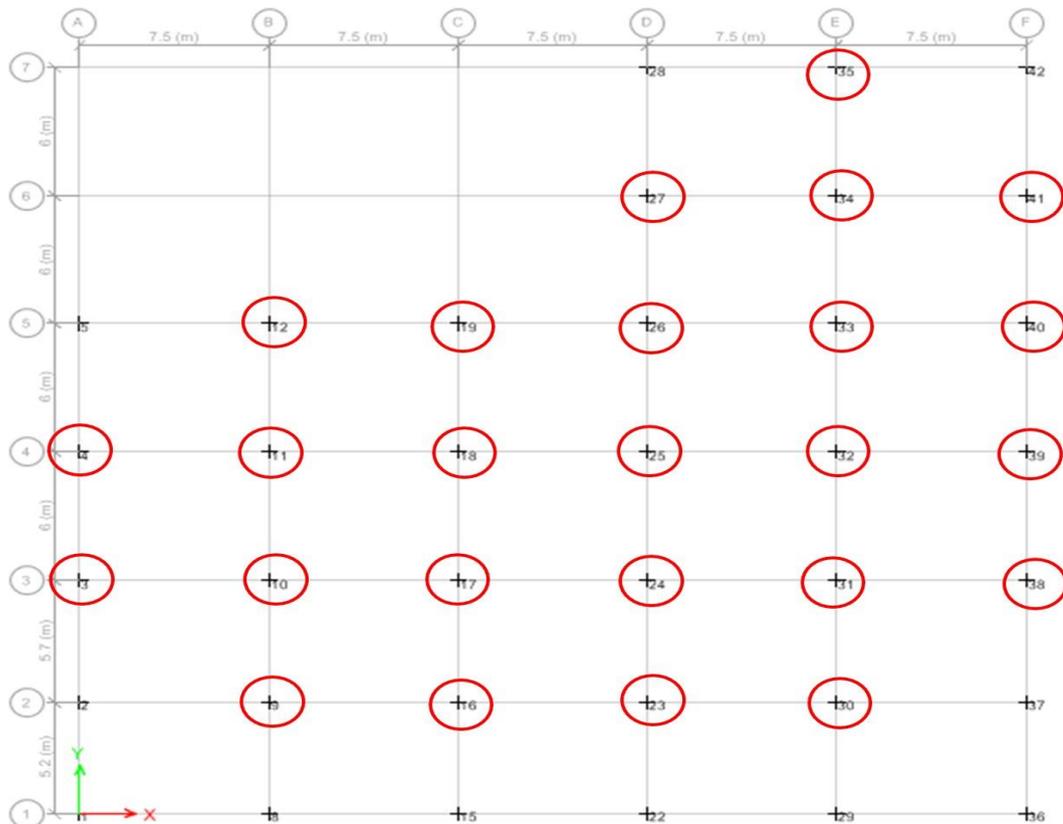


Ilustración 38 Ubicación de aisladores sísmicos en la Estructura B

Fuente: La Autora

En la imagen adjuntada, la ubicación de los aisladores corresponde al 70% de los puntos de apoyo de la estructura; es decir, la estructura cuenta con 25 aisladores sísmicos y el restante, es de 11 deslizantes.

4.6.2. RIGIDEZ EFECTIVA

Obtenido el número de aisladores sísmicos podemos calcular la rigidez efectiva de cada uno de estos elementos con la siguiente fórmula:

$$k_{M_unit} = \frac{k_M}{\# \text{ aisladores}}$$

Ecuación 10 Ecuación para hallar rigidez efectiva de cada aislador sísmico

Fuente: (Hernández, 2019)

# aisladores	25	
K_M	35866,81	Kg/cm
K_{M_UNIT}	1434,67	Kg/cm

Tabla 38 Cálculo de la rigidez efectiva de cada aislador sísmico

Fuente: La Autora

4.6.3. AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO

Para el amortiguamiento efectivo de cada uno de los aisladores sísmico se obtiene de la siguiente fórmula:

$$c_{M_unit} = \frac{2 \sqrt{k_M M} \xi}{\# \text{ aisladores}}$$

Ecuación 11 Ecuación para hallar el amortiguamiento efectivo de cada aislador sísmico

Fuente: (Hernández, 2019)

# aisladores	25	
K_M	35866,81	Kg/cm
W	8021,30	Ton
M	8176,66	Kg
ξ	0,30	
C_{M_UNIT}	411,003	Kg-seg/cm

Tabla 39 Cálculo de la rigidez efectiva de cada aislador sísmico

Fuente: La Autora

4.7. MÉTODO HISTORIA DE LA RESPUESTA

4.7.1. ENERGÍA EFECTIVA

Para este paso, se debe conocer la energía efectiva que tendrá el aislador sísmico por cada ciclo de carga, dato el cual sirve para conocer la histéresis del elemento. Obteniendo el valor de la siguiente ecuación:

$$E_{M_unit} = \xi \ 2 \pi \ k_{M_unit} \ (D_M)^2$$

Ecuación 12 Fórmula para el cálculo de la energía efectiva de un aislador.

Fuente: (Hernández, 2019)

ξ	0,30	
D_M	38,36	cm
K_{M_UNIT}	1434,67	Kg/cm
E_{M_UNIT}	3979095,7	Kg-cm

Tabla 40 Cálculo de la energía efectiva del aislador sísmico

Fuente: La Autora

4.7.2. RESISTENCIA CARACTERÍSTICA (Qd)

Este parámetro se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_{M_unit} = 4 \ Q_d \ D_M$$

Ecuación 13 Fórmula para calcular la resistencia característica de un aislador

Fuente: (Hernández, 2019)

Y viene dado como una componente de la histéresis de un aislador sísmico, el cual sirve para hacer los cálculos de la rigidez post elástica (K_2) que permitirá conocer la rigidez inicial posteriormente:

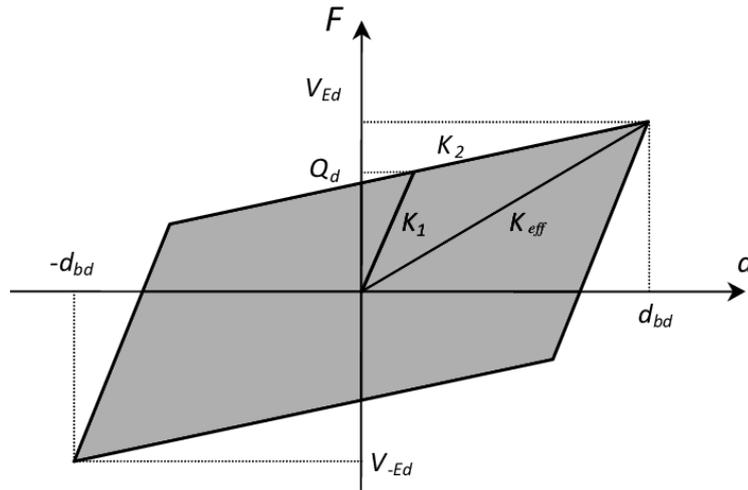


Ilustración 39 Parámetros para la histéresis de un aislador

Fuente: (Méndez, 2012)

E_{M_UNIT}	3979095,7	Kg-cm
D_M	38,36	cm
Q_d	25932,58	Kg

Tabla 41 Cálculo de la energía efectiva del aislador sísmico

Fuente: La Autora

4.7.3. FUERZA MÁXIMA SOBRE EL AISLADOR (F_M)

$$F_{M_unit} = k_M D_M$$

Ecuación 14 Fórmula para calcular la fuerza máxima sobre un aislador

Fuente: (Hernández, 2019)

K_{M_UNIT}	1434,67	Kg/cm
D_M	38,36	cm
F_{M_UNIT}	55032,34	Kg

Tabla 42 Cálculo de la energía efectiva del aislador sísmico

Fuente: La Autora

4.7.4. RIGIDEZ POST ELÁSTICA (k_2)

$$k_2 = \frac{F_M - Q_d}{D_M}$$

Ecuación 15 Fórmula para calcular la rigidez post elástica sobre un aislador

Fuente: (Hernández, 2019)

Q_d	25932,58	Kg
F_{M_UNIT}	55032,34	Kg
D_M	38,36	cm
K_2	758,60	Kg/cm

Tabla 43 Cálculo de la rigidez post elástica sobre un aislador sísmico

Fuente: La Autora

4.7.5. RIGIDEZ INICIAL (k_1)

El valor supuesto de k_1 será un ajuste visual a la rigidez elástica de la unidad de aislamiento durante la descarga inmediatamente después de la D_M . (ASCE 7, 2016)

$$k_1 = 10 k_2$$

Ecuación 16 Fórmula para calcular la rigidez inicial de un aislador

Fuente: (Hernández, 2019)

K_2	758,60	Kg/cm
K_1	7586,00	Kg/cm

Tabla 44 Cálculo de la rigidez inicial de un aislador sísmico

Fuente: La Autora

4.7.6. REGISTROS SÍSMICOS

Para la demanda sísmica se han empleado el uso de 7 registros sísmicos, los cuales fueron insertados para su análisis, los cuales se han denominado de la siguiente forma:

- AES2
- AGY2
- AMNT
- LLALLAY
- OXPM1709
- OZST1709
- TOHOKU

4.7.7. ACELEROGRAMAS REGISTROS SÍSMICOS

Los 7 registros sísmicos empleados en este análisis tienen las siguientes gráficas correspondientes a aceleración de la superficie del terreno vs tiempo.



Ilustración 40 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico TOHOKU

Fuente: La Autora



Ilustración 41 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico AGY2

Fuente: La Autora

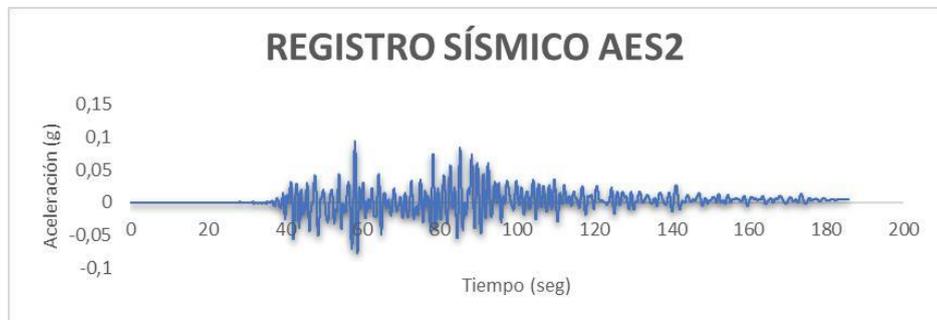


Ilustración 42 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico AES2

Fuente: La Autora



Ilustración 43 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico LLALLAY

Fuente: La Autora

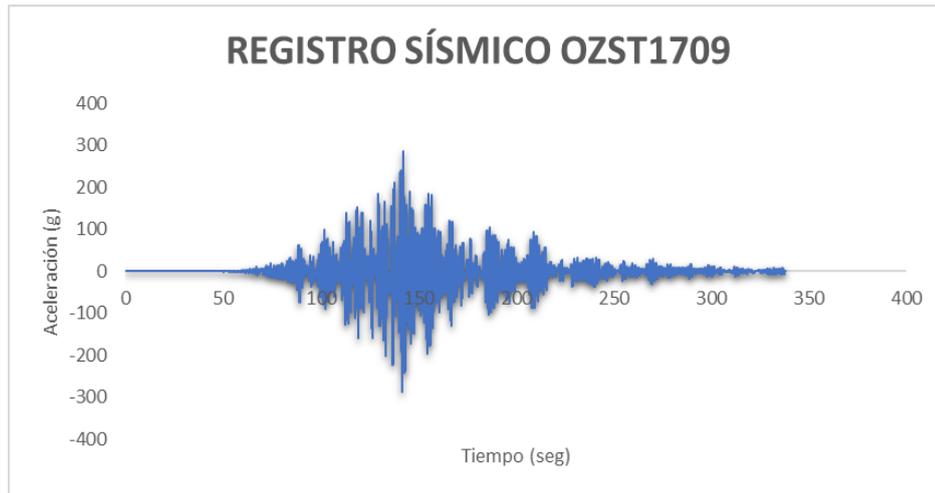


Ilustración 44 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico OZST1709

Fuente: La Autora

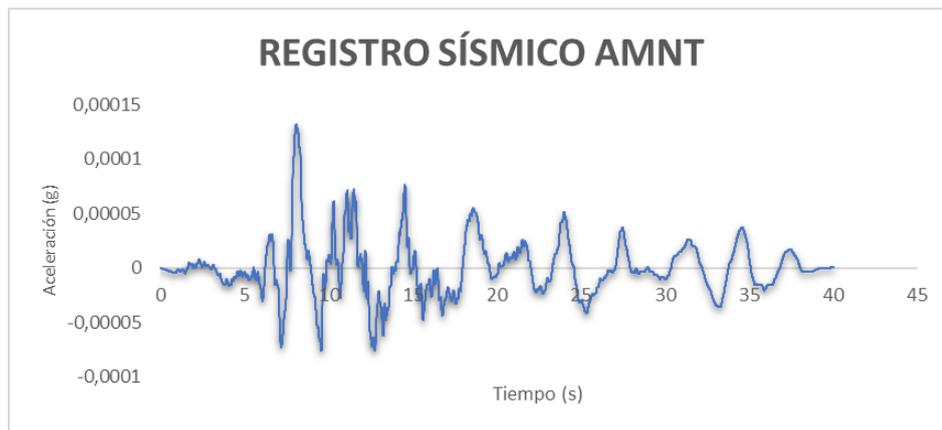


Ilustración 45 Gráfica de aceleración de la superficie del terreno vs tiempo correspondiente al registro sísmico AMNT

Fuente: La Autora

4.7.8. ESPECTROS DE ACCELERACIONES DE REGISTROS SÍSMICOS

El primer paso a seguir fue el de obtener las combinaciones SRSS (square root of the sum of the squares) del par de componentes horizontales de cada registro para posteriormente combinarlas y sacar un promedio de todas como se mostrarán en las ilustraciones 40 y 41 respectivamente.

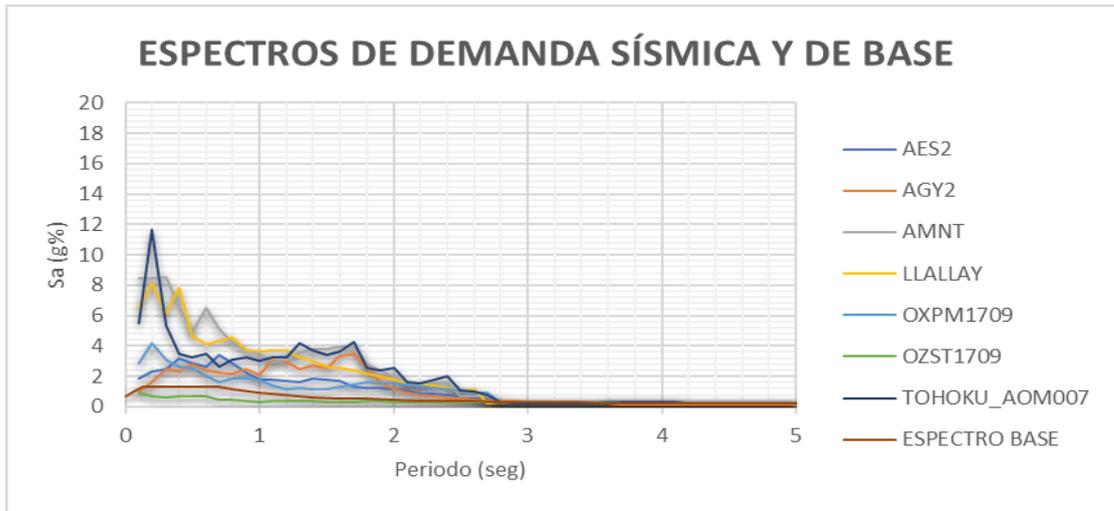


Ilustración 46 Espectros de demanda sísmica y de base

Fuente: La Autora

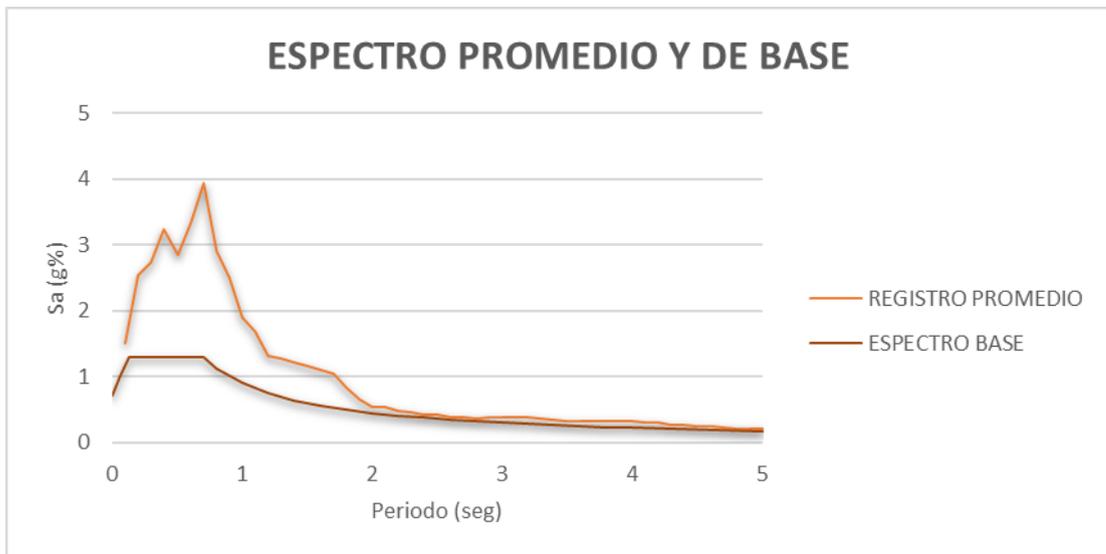


Ilustración 47 Espectros promedio de los registros sísmicos y de base

Fuente: La Autora

El espectro promedio de los registros sísmicos que se empleó para la comparación no debe ser excedido por el espectro MCE_R en un rango de periodos de $0,75T$ y $1,25 T$; es decir, cómo el periodo utilizado es de 3 segundos, el rango está entre los valores de 2,25 seg. y 3,75 seg.

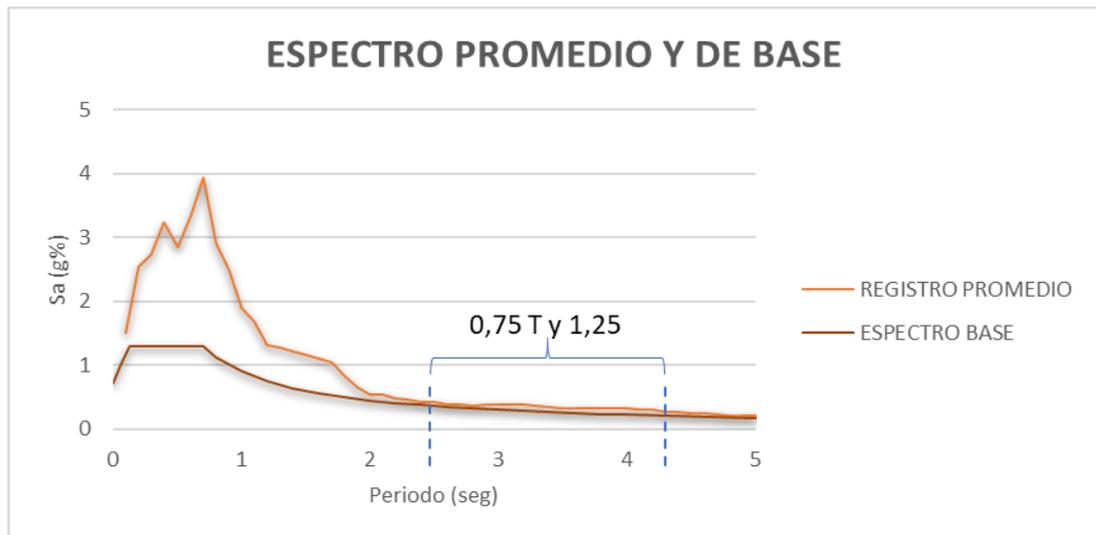


Ilustración 48 Rangos de periodos a revisarse en los espectros promedio y de base

Fuente: La Autora

4.8. CORTANTE EN LA BASE

Para el análisis tiempo-historia de la estructura con los registros empleados se obtienen los siguientes cortantes en la base detallados en la siguiente tabla:

REGISTRO SÍSMICO	CORTANTE BASAL (Ton)
AES2	845,9653
AGY2	766,5356
AMNT	811,4186
LLALLAY	800,9674
OXPM1709	348,4073
OZST1709	342,3987
TOHOKU	495,9799
TOTAL	630,2390

Tabla 45 Cortantes basales de la estructura con aislación

Fuente: La Autora

4.9. DESPLAZAMIENTOS EN LOS AISLADORES

Los desplazamientos obtenidos mediante fueron los siguientes:

REGISTRO SÍSMICO	DESPLAZAMIENTOS (cm)
AES2	21,004
AGY2	10,708
AMNT	20,900
LLALLAY	9,663
OXPM1709	12,153
OZST1709	2,495
TOHOKU	67,794
TOTAL	20,674

Tabla 46 Desplazamientos en los aisladores de la edificación esencial

Fuente: La Autora

4.10. CANTIDADES DE MATERIALES

De acuerdo a la colocación de las varillas de refuerzo y estribado en los elementos de la estructura obtenemos las cantidades de materiales de los pórticos:

PÓRTICO EJE 4 – SENTIDO X						
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	VOL. DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
BASE AISLADORES	0,90	1,40	37,5	47,25	620,180	2926,69
1º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	703,690	1735,41
2º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	541,300	1081,29
3º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	541,300	1081,29
4º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	435,440	1084,34
5ª PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	378,910	1018,55
6º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	383,860	746,61
7º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	546,250	570,40
8º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	270,650	387,13
TOTAL				162,00		10631,71

Tabla 47 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 4

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE 5 – SENTIDO X						
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	VOL. DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
BASE AISLADORES	0,90	1,40	37,5	47,25	620,180	2926,69
1º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	703,690	1583,22
2º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	541,300	1382,65
3º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	541,300	1182,75
4º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	435,440	1069,42
5ª PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	433,040	966,49
6º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	378,910	826,32
7º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	489,570	506,08
8º PISO	0,45	0,85	37,5	14,34	270,650	387,13
TOTAL				162,00		10830,75

Tabla 48 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 5

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE 6 – SENTIDO X						
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	VOLUMEN DE HORMIGÓN	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
BASE AISLADORES	0,90	1,40	15	18,900	659,260	2514,71
1º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	708,540	1565,51
2º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	378,910	1431,04
3º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	541,300	1208,11
4º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	546,150	1084,28
5º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	433,040	1025,22
6º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	378,910	826,32
7º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	546,15	570,33
8º PISO	0,45	0,85	15	5,7375	162,39	400,48
TOTAL				64,800		10626,01

Tabla 49 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje 6

Fuente: La Autora

PÓRTICO EJE A – SENTIDO Y						
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	VOLUMEN DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
BASE AISLADORES	0,90	1,40	22,9	28,85400	434,700	1437,74
1º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	424,200	1287,92
2º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	389,200	954,65
3º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	354,200	784,31
4º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	280,000	754,18
5ª PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	315,000	629,24
6º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	245,000	522,21
7º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	210,000	419,49
8º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	175,000	276,21
TOTAL				98,928		7065,95

Tabla 50 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje A

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE B – SENTIDO Y						
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	VOLUMEN DE HORMIGÓN (m3)	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
BASE AISLADORES	0,90	1,40	22,9	28,854	490,000	1888,15
1º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	385,000	1483,54
2º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	385,000	1021,97
3º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	315,000	971,05
4º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	354,200	964,04
5ª PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	210,000	663,55
6º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	280,000	566,23
7º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	280,000	566,23
8º PISO	0,45	0,85	22,9	8,75925	350,000	407,41
TOTAL				98,928		8532,16

Tabla 51 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje B

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE E – SENTIDO Y						
VIGAS	B (m)	H (m)	LONGITUD VIGA (m)	VOLUMEN DE HORMIGÓN	LONGITUD VARILLA (m)	ACERO DE REFUERZO (Kg)
BASE AISLADORES	0,90	1,40	34,9	43,974	358,400	1705,04
1º PISO	0,45	0,85	34,9	13,34925	350,000	1520,23
2º PISO	0,45	0,85	34,9	13,34925	350,000	1008,81
3º PISO	0,45	0,85	34,9	13,34925	350,000	863,15
4º PISO	0,45	0,85	34,9	13,34925	317,100	746,20
5ª PISO	0,45	0,85	34,9	13,3493	455,000	640,46
6º PISO	0,45	0,85	34,9	13,34925	280,000	566,23
7º PISO	0,45	0,85	34,9	13,34925	280,000	566,23
8º PISO	0,45	0,85	34,9	13,34925	315,000	445,39
TOTAL				150,768		8061,72

Tabla 52 Cantidad de hormigón y acero de refuerzo en vigas del pórtico del eje E

Fuente: La Autora

ESTRIBOS	LADO	REC + 0,50 ø8est	LONG EST. (m)	CANT.	LONG. TOTAL	PESO (Kg)
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	57	125,4	11479,55448

Tabla 53 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido X

Fuente: La Autora

ESTRIBOS	LADO	REC + 0,50 ø8est	LONG EST. (m)	CANT.	LONG. TOTAL	PESO (Kg)
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	48	105,6	2000,067568
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	48	105,6	2000,067568
VIGA 0,45 X 0,85	0,85	0,050	2,2	144	316,8	18000,60811
TOTAL						22000,74325

Tabla 54 Cantidad de acero en estribos en vigas, sentido Y

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE 4			
COLUMNAS	LONGITUD (m)	CUANTÍA	ACERO DE REFUERZO (Kg)
COL 200 X 120	3,00	0,024000	565,20
COL 95 x 65	3,00	0,017748	2089,83
COL 100 x 65	10,21	0,017251	1382,64
COL 95 x 65	10,21	0,029773	9545,05
COL 95 x 65	10,21	0,019431	1557,37
COL 100 x 60	20,50	0,006000	4827,75
COL 100 x 60	20,50	0,006380	1026,70
COL 95 x 60	20,50	0,005700	25683,63
COL 95 x 60	20,50	0,005833	938,68
COL 95 x 60	20,50	0,006159	991,14
COL 100 x 55	6,70	0,005500	289,27
COL 95 x 55	6,70	0,005225	1374,04
TOTAL			49706,09

Tabla 55 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 4

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE 6			
COLUMNAS	LONGITUD (m)	CUANTÍA	ACERO DE REFUERZO (Kg)
COL 95 x 65	3,00	0,015682	1107,93
COL 95 x 65	10,21	0,017358	2782,44
COL 95 x 65	10,21	0,025034	2006,44
COL 95 x 60	20,50	0,005700	13759,09
COL 95 x 60	20,50	0,007262	3505,91
COL 95 x 55	6,70	0,005225	824,43
TOTAL			23986,23

Tabla 56 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 6

Fuente: La Autora

PÓRTICO – EJE 5			
COLUMNAS	LONGITUD (m)	CUANTÍA	ACERO DE REFUERZO (Kg)
COL 200 X 120	3,00	0,024000	565,20
COL 95 x 65	3,00	0,018007	2120,32
COL 100 x 65	10,21	0,012799	1025,82
COL 95 x 65	10,21	0,029050	4656,63
COL 95 x 65	10,21	0,021353	5134,23
COL 100 x 60	20,50	0,006000	5793,30
COL 95 x 60	20,50	0,005700	26600,90
COL 95 x 60	20,50	0,006210	999,34
COL 100 x 55	6,70	0,005500	289,27
COL 95 x 55	6,70	0,005225	1374,04
TOTAL			47993,87

Tabla 57 Cantidad de acero de refuerzo en columnas del pórtico del eje 5

Fuente: La Autora

ESTRIBOS	REC.	LONG EST. (m)	CANT	CANT	LONG. TOTAL	PESO (Kg)
COLUMNAS 1,00 X 0,65	0,040	3,100	60	5	186,000	573,380
COLUMNAS 0,95 X 0,65	0,040	3,000	60	31	180,000	554,884
COLUMNAS 1,00 X 0,60	0,040	3,000	30	30	90,000	277,442
COLUMNAS 0,95 X 0,60	0,040	2,900	30	186	87,000	268,194
COLUMNAS 1,00 X 0,55	0,040	2,900	30	5	87,000	268,194
COLUMNAS 0,95 X 0,55	0,040	2,800	30	31	84,000	258,946
TOTAL						2201,039

Tabla 58 Cantidad de acero en estribos de columnas

Fuente: La Autora

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
HORMIGÓN EN VIGAS	1688,688	m ³
HORMIGÓN EN COLUMNAS	748,126	m ³
HORMIGÓN DE LOSAS	700,73	m ³
ACERO DE REFUERZO	446794,199	Kg

Tabla 59 Cantidad de materiales en la Estructura A

Fuente: La Autora

CAPÍTULO V: RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se procede a la comparación de los resultados entre ambos modelos presentados en los capítulos anteriores, para ello se han tomado en cuenta varios aspectos calculados que se detallarán a continuación.

5.1.1. CORTANTE DE DISEÑO EN LAS ESTRUCTURAS

CORTANTE	ESTRUCTURA A	ESTRUCTURA B
EN X	753,0145 Ton	1233,2363 Ton
EN Y	703,114 Ton	1218,5258 Ton

Tabla 60 Cortante basal en las estructuras A y B mediante método modal espectral

Fuente: La Autora

En la tabla 60 se presentan los cortantes en ambas direcciones de las dos estructuras A y B, si vemos los cortantes de la estructura A podemos notar que son menor que la estructura B y esto se debe a que está afectado por el factor de redundancia que es de 5, sometiéndose a posibles daños en un sismo de gran magnitud. Si se pusiera un factor de redundancia de 1 como se utiliza en la estructura B se obtendría lo siguiente:

CORTANTE	ESTRUCTURA A	ESTRUCTURA B
EN X	3765,0726 Ton	1233,2363 Ton
EN Y	3515,5698 Ton	1218,5258 Ton

Tabla 61 Cortante basal en la estructura no aisladas y la estructura aislada mediante método modal espectral

Fuente: La Autora

Los valores de la tabla 61 es evidente que el modelo aislado denominada "Estructura B" tienen un menor cortante de diseño; es decir, que la fuerza lateral que tendrá el edificio permitirá a la estructura tener pequeños daños en comparación al modelo que no cuenta con aisladores sísmicos.

Se espera que el cortante dinámico obtenido las tablas 61 de la Estructura A sea menor que 85% del cortante basal obtenido por el método estático para estructuras irregulares. El cortante basal del método estático calculado en la Tabla 13 del capítulo III es de 1369,47 Ton, mientras que los cortantes dinámicos en ambos sentidos de la Estructura A no representan el 85% de éste por lo que no cumple la especificación de la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015, caso contrario ocurre con los valores de los cortantes en ambas direcciones de la Estructura B que sobrepasan el 85% siguiendo dicha especificación.

MÉTODO	CORTANTE BASAL	
	ESTRUCTURA A	ESTRUCTURA B
De Fuerzas	1369,46 Ton	1375,81 Ton
Modal Espectral	753,01 Ton	1233,24 Ton
Tiempo-Historia	-	630,24 Ton

Tabla 62 Comparación del cortante basal en ambas estructuras mediante los distintos tipos de métodos utilizados

Fuente: La Autora

En la tabla 62 observamos los resultados de los cortantes basales de ambas estructuras mediante los tres métodos diferentes que se han empleado. Si nos fijamos en los valores expuestos, podemos concluir que la Estructura A tiene cortantes basales menores en comparación de la Estructura B pero es por la diferencia al utilizar un R igual a 5 y un R igual a 1 respectivamente; sin embargo, se debe tomar en cuenta que al utilizar un factor de reducción de 5 someteos a la estructura a fallas que podrían ocasionar incluso hasta el colapso de esta si llegara a fallar en caso de algún movimiento telúrico. Si se diseñaran ambas estructuras con un mismo factor de reducción igual a 1, se obtendría que en la estructura A, en el método de fuerzas equivalentes, su cortante aumentaría a casi 68747,45 Ton mientras que aplicando el método modal espectral se tendría un valor de 3765,0726 Ton siendo éstos valores considerablemente altos a diferencia del modelo con aislación que ha sido

diseñado con un factor de redundancia de 1 y que cuenta con menor valor de cortante basal en los tres métodos, y que brinda mayor seguridad de que la edificación será lo suficientemente segura para su ocupación.

5.1.2. ANÁLISIS MODAL

5.1.2.1. PARTICIPACIÓN DE MASAS

PARTICIPACIÓN DE MASAS						
MODO	PERIODO ESTRUCTURA A	% PARTICIPACIÓN DE MASA EN X	SUMA PARTICIPACIÓN DE MASA EN X	PERIODO ESTRUCTURA B	% PARTICIPACIÓN DE MASA EN X	SUMA PARTICIPACIÓN DE MASA EN X
1	1,098	0,000001	0,000	2,908	0,108800	0,109
2	1,013	0,812300	0,812	2,852	0,548700	0,658
3	0,97	0,080100	0,892	2,801	0,338800	0,996
4	0,344	0,000000	0,892	0,541	0,000008	0,996
5	0,313	0,067300	0,960	0,532	0,003200	1,000
6	0,303	0,012000	0,972	0,502	0,000200	1,000
7	0,188	0,000000	0,972	0,298	0,000000	1,000
8	0,166	0,007300	0,979	0,273	0,000100	1,000
9	0,163	0,011800	0,991	0,267	0,000100	1,000
10	0,124	0,000000	0,991	0,23	0,000001	1,000
11	0,106	0,000300	0,991	0,216	0,000000	1,000
12	0,101	0,005800	0,997	0,184	0,000000	1,000
13	0,089	0,000000	0,997	0,176	0,000001	1,000
14	0,073	0,000019	0,997	0,164	0,000000	1,000
15	0,068	0,000000	0,997	0,161	0,000002	1,000
16	0,068	0,002100	0,999	0,158	0,000005	1,000
17	0,056	0,000000	0,999	0,135	0,000000	1,000
18	0,054	0,000002	0,999	0,131	0,000000	1,000
19	0,049	0,000700	1,000	0,123	0,000000	1,000
20	0,049	0,000000	1,000	0,117	0,000000	1,000
21	0,043	0,000000	1,000	0,105	0,000000	1,000
22	0,038	0,000200	1,000	0,105	0,000000	1,000
23	0,037	0,000000	1,000	0,101	0,000000	1,000
24	0,032	0,000047	1,000	0,092	0,000000	1,000

Tabla 63 Participación de masas en dirección X de las Estructuras A y B

Fuente: La Autora

PARTICIPACIÓN DE MASAS						
MODO	PERIODO ESTRUCTURA A	% PARTICIPACIÓN DE MASA EN Y	SUMA PARTICIPACIÓN DE MASA EN Y	PERIODO ESTRUCTURA B	% PARTICIPACIÓN DE MASA EN Y	SUMA PARTICIPACIÓN DE MASA EN Y
1	1,098	0,927000	0,927	2,908	0,456500	0,457
2	1,013	0,000044	0,927	2,852	0,378800	0,835
3	0,97	0,000600	0,928	2,801	0,160300	0,996
4	0,344	0,057900	0,986	0,541	0,004000	1,000
5	0,313	0,000005	0,986	0,532	0,000026	1,000
6	0,303	0,000028	0,986	0,502	0,000100	1,000
7	0,188	0,010000	0,996	0,298	0,000300	1,000
8	0,166	0,000001	0,996	0,273	0,000001	1,000
9	0,163	0,000000	0,996	0,267	0,000000	1,000
10	0,124	0,002800	0,998	0,23	0,000000	1,000
11	0,106	0,000000	0,998	0,216	0,000000	1,000
12	0,101	0,000000	0,998	0,184	0,000008	1,000
13	0,089	0,001000	0,999	0,176	0,000000	1,000
14	0,073	0,000000	0,999	0,164	0,000000	1,000
15	0,068	0,000400	1,000	0,161	0,000000	1,000
16	0,068	0,000000	1,000	0,158	0,000000	1,000
17	0,056	0,000100	1,000	0,135	0,000000	1,000
18	0,054	0,000000	1,000	0,131	0,000001	1,000
19	0,049	0,000000	1,000	0,123	0,000001	1,000
20	0,049	0,000030	1,000	0,117	0,000000	1,000
21	0,043	0,000000	1,000	0,105	0,000000	1,000
22	0,038	0,000000	1,000	0,105	0,000000	1,000
23	0,037	0,000000	1,000	0,101	0,000000	1,000
24	0,032	0,000000	1,000	0,092	0,000000	1,000

Tabla 64 Participación de masas en dirección Y de las Estructuras A y B

Fuente: La Autora

En la Tabla 63 podemos ver que para la Estructura A se obtiene un 0% de participación de la masa, siendo el primer modo en traslación, lo cual en “X” se obtiene la mayor participación de masa en el modo 5 que es de traslación; en “Y” se tiene que la mayor participación de masa se obtiene en el primer modo también de traslación, mientras que para el rotacional se obtiene la mayor participación de masa en el tercer modo. En la Estructura B podemos observar que la mayor participación de la masa se da en el modo 3 que corresponde al de rotación.

PARTICIPACIÓN DE MASAS						
MODO	PERIODO ESTRUCTURA A	% PARTICIPACIÓN DE MASA ROTACIONAL	SUMA PARTICIPACIÓN DE MASA ROTACIONAL	PERIODO ESTRUCTURA B	% PARTICIPACIÓN DE MASA ROTACIONAL	SUMA PARTICIPACIÓN DE MASA ROTACIONAL
1	1,098	0,000500	0,001	2,908	0,431100	0,431
2	1,013	0,080600	0,081	2,852	0,068500	0,500
3	0,97	0,828600	0,910	2,801	0,497400	0,997
4	0,344	0,000100	0,910	0,541	0,000022	0,997
5	0,313	0,011200	0,921	0,532	0,000200	0,997
6	0,303	0,057600	0,979	0,502	0,002600	1,000
7	0,188	0,000011	0,979	0,298	0,000000	1,000
8	0,166	0,009300	0,988	0,273	0,000100	1,000
9	0,163	0,005300	0,993	0,267	0,000040	1,000
10	0,124	0,000001	0,993	0,23	0,000009	1,000
11	0,106	0,004300	0,998	0,216	0,000000	1,000
12	0,101	0,000100	0,998	0,184	0,000000	1,000
13	0,089	0,000000	0,998	0,176	0,000000	1,000
14	0,073	0,001500	0,999	0,164	0,000000	1,000
15	0,068	0,000000	0,999	0,161	0,000004	1,000
16	0,068	0,000008	0,999	0,158	0,000002	1,000
17	0,056	0,000000	0,999	0,135	0,000000	1,000
18	0,054	0,000600	1,000	0,131	0,000000	1,000
19	0,049	0,000001	1,000	0,123	0,000000	1,000
20	0,049	0,000000	1,000	0,117	0,000000	1,000
21	0,043	0,000200	1,000	0,105	0,000000	1,000
22	0,038	0,000000	1,000	0,105	0,000000	1,000
23	0,037	0,000040	1,000	0,101	0,000000	1,000
24	0,032	0,000000	1,000	0,092	0,000000	1,000

Tabla 65 Participación de masas rotacionales de las Estructuras A y B

Fuente: La Autora

5.1.3. DESPLAZAMIENTOS

En las tablas 66 y 67 adjuntas a continuación, se han detallado los desplazamientos obtenidos mediante el método modal espectral, los cuales se obtuvieron diferentes desplazamientos en sentido X y Y.

5.1.3.1. DESPLAZAMIENTO EN X

PISOS	SIN AISLACIÓN (cm)	CON AISLACIÓN (cm)
8	4,6005	38,0252
7	4,4328	37,8473
6	4,1653	37,5585
5	3,7896	37,1406
4	3,3105	36,5881
3	2,7372	35,8985
2	2,0787	35,0652
1	1,3359	34,0616

Tabla 66 Desplazamientos en el sentido X de ambas estructuras software ETABS

Fuente: La Autora

5.1.3.2. DESPLAZAMIENTO EN Y

PISOS	SIN AISLACIÓN (cm)	CON AISLACIÓN (cm)
8	5,0679	40,5303
7	4,9178	40,3569
6	4,6702	40,0684
5	4,3172	39,648
4	3,8658	39,0947
3	3,3247	38,4086
2	2,6966	37,5796
1	1,9334	36,5185

Tabla 67 Desplazamientos en el sentido X de ambas estructuras software ETABS

Fuente: La Autora

En la Tabla 66 y Tabla 67 tenemos los desplazamientos, “X” y “Y” respetivamente, de cada piso por lo que se puede observar es que la Estructura A tiene un desplazamiento en X de 1,3359 cm en el primer piso y va aumentando su desplazamiento hasta llegar al máximo en el piso ocho con 4,6005 cm mientras que la Estructura B no varían sus desplazamientos en X puesto que se mantienen en un rango de 34,0616 cm y 38,0252 cm. Así mismo ocurre en los desplazamientos del sentido Y pues la estructura A tiene un desplazamiento en el primer piso de 1,9334 cm hasta llegar a un máximo de 5,0679cm y la estructura B se mantienen en el rango de 36,5185cm hasta llegar a 40,5303 cm. Es decir, la Estructura B está actuando como un elemento rígido.

El desplazamiento máximo obtenido en el capítulo anterior es de 38,36 cm mientras que en el modelo del ETABS da uno de 38,02 cm.

MÉTODO	DESPLAZAMIENTOS	
	ESTRUCTURA A	ESTRUCTURA B
Fuerzas equivalentes	-	38,36 cm
Modal Espectral	4,6 cm	38,14 cm
Tiempo-Historia	-	20,67 cm

Tabla 68 Comparación de los desplazamientos en la base de ambas estructuras mediante los distintos tipos de métodos utilizados

Fuente: La Autora

En la Tabla 68 podemos observar los resultados de los desplazamientos obtenidos del análisis y diseño de ambas estructuras. Éstos desplazamientos corresponden al desplazamiento en base la estructura, en los cuales se puede observar una notable diferencia entre el resultado de la estructura A y la estructura B ya que la primera de ellas no actúa como un solo cuerpo rígido como las demás por lo que sus desplazamientos se verán afectados a medida se tenga más altura en comparación con los de la estructura con aislación que actúa como un solo cuerpo rígido manteniendo el mismo desplazamiento para cada piso.

5.1.4. CANTIDAD DE MATERIALES

Para el cálculo de la cantidad de materiales se tomaron en cuenta los pórticos de la Estructura A y de la Estructura B, detallado en el capítulo III y IV respectivamente.

MATERIALES	ESTRUCTURA A		ESTRUCTURA B	
	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
HORMIGÓN EN VIGAS	1196,154	m ³	1688,688	m ³
HORMIGÓN EN COLUMNAS	657,134	m ³	748,126	m ³
HORMIGON DE LOSAS	700,73	m ³	700,73	m ³
ACERO DE REFUERZO	180223,998	Kg	446794,199	Kg

Tabla 69 Cantidades de materiales de la Estructura A y de la Estructura B

Fuente: La Autora

En la tabla 65 podemos observar que las cantidades de materiales de la estructura aislada es mayor que la que no cuenta con aislación.

5.1.5. PRECIOS

Para el cálculo de los precios se toman en cuenta los siguientes precios: para hormigón bombeable con $f'c$ de 280 kg/cm² un valor de \$ 135,98 el m³ mientras que para el acero de refuerzo es de \$ 0,87 el Kg. Datos proporcionados por el Ing. Marco Suárez, docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

ESTRUCTURA A			
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIOS
HORMIGÓN	2554,018	m ³	\$ 347 295, 37
ACERO DE REFUERZO	180223,998	Kg	\$ 156 794, 88
TOTAL			\$ 504 090,25

Tabla 70 Precio estimado de la Estructura A

Fuente: La Autora

ESTRUCTURA B			
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIOS
HORMIGÓN	3137,544	m ³	\$ 426 643, 23
ACERO DE REFUERZO	446794,199	Kg	\$ 388 710, 95
TOTAL			\$ 815 354, 18

Tabla 71 Precio estimado de la Estructura B

Fuente: La Autora

Podemos concluir que la Estructura B tiene un mayor costo que la Estructura A.

CONCLUSIONES

Se propuso en este trabajo de titulación, cuantificar precios en dos edificaciones esenciales, uno de ellos sin aislación sísmica, mientras que el otro edificio contara con aisladores sísmicos en un 70% y el 30% se utilizarían deslizantes, lo cual al realizar los cálculos respectivos de las cantidades de materiales de hormigón y acero en ambas estructuras es evidente que en el diseño con aislación tiene mayor precio en el mercado, pero la diferencia al modelo convencional es que al ocurrir un evento sísmico, la estructura diseñada bajo la Norma Ecuatoriana de Construcción del año 2015, es probable que sufra daños pues para el diseño de ésta se está utilizando un factor de reducción de 5 que provoca que el edificio esté sujeto a posibles fallas y a posibles daños estructurales y no estructurales, además de que después del evento sísmico se tendrá que hacer un análisis donde se pueda determinar si es habitable y si se puede seguir usando la estructura normalmente. Mientras que la estructura aislada basada en la nueva Propuesta de Norma Sísmica de Guayaquil que acoge el capítulo 17 del ASCE 7-16, si se emplea correctamente se obtendrán daños casi nulos o nulos y el regreso a su uso será inmediato pues se puede inspeccionar rápido debido al cuarto de aislación que cuenta bajo el primer piso siendo esto ventajoso un factor ventajoso para los ocupantes de este tipo de estructuras.

Por este mismo motivo también se puede observar cambios en el cortante basal en ambas estructuras al ser una fuerza sísmica en un nivel determinado y que se va acumulando a medida que nos vamos acercando a la base., en los resultados podemos ver que notablemente la estructura con aislación sísmica baja su cortante basal si ambas estructuras son usadas con un mismo factor de reducción, siendo este factor ventajoso en el momento de un sismo, teniendo en consideración el tipo de edificación que se tiene.

Los desplazamientos que se tendrán en ambos diseños serán diferentes. La estructura A contará con desplazamientos en su base menores a los

máximos, pues a medida que la elevación del edificio va subiendo, se van prolongando los desplazamientos, mientras que la Estructura B actuará como un solo cuerpo rígido y su desplazamiento en la base predominará el diseño y se concentrará en los aisladores sísmicos disipando la energía del evento provocando a su vez que los ocupantes tengan mayor seguridad. En conclusión, tomando en consideración el tipo de suelo que se tiene en la ciudad de Guayaquil que es tipo D y las normas aplicadas, se puede emplear el uso de aisladores sísmicos obteniendo beneficios a lo que refiere al diseño.

REFERENCIAS

- Anrango Cañarejo, M. R. (2015). *Análisis y rediseño de la cimentación de un edificio en acero con aisladores sísmicos "Bloque E del Hospital Regional de Ambato" Modelamiento en el programa ETABS*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- ASCE. (2016). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia: The American Society of Civil Engineers.
- Auqui Parra, M. V. (2010). *Análisis de Aisladores Sísmicos Elastoméricos Construidos en el Ecuador*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.
- Carillo Robles, C. (2017). *Análisis comparativo de diferentes aisladores sísmicos para edificaciones con fines de reducción de daños - Hospital de Ilave, Puno 2017*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Centeno Saquicela, J. M. (2016). *Aisladores Sísmicos para Edificaciones Esenciales: Caso Quirófanos del Hospital Regional del IESS José Carrasco Arteaga Cuenca 2016*. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca.
- El Universo. (26 de Octubre de 2016). El Universo. *Aeropuerto de Guayaquil tiene otro vecino: el Sky Building*.
- Fernández Huaman, V. (9 de Diciembre de 2014). *Aisladores Sísmicos: Péndulo de Fricción*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/vancefernandezhuaman/aisladores>
- Game Doylet, D. E. (2013). *Aplicación de sistemas de aislamientos sísmico en edificaciones*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Caracas: Banco de Desarrollo de América Latina.
- Guaygua Quillunpangui, B. A. (2015). *Análisis Experimental y analítico de Aisladores Elastoméricos*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Guerrero Melo, J. R. (2011). *Reducción de la demanda sísmica en estructuras aporticadas empleando aisladores de base*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Hernández Barredo, J. (8 de Noviembre de 2019). CURSO DE AISLACIÓN SÍSMICA. Guayaquil: SEIS, Sociedad Ecuatoriana de Ingeniería Sísmica.
- Korswagen Eguren, P. A., Arias Ricse, J. C., & Huaringa Huamaní, P. G. (2012). *Análisis y Diseño de Estructuras con Aisladores Sísmicos en el Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Lema Toapanta, E. P. (2013). *Análisis y Diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en el ETABS*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- López Almansa, F. (2013). *Aislamiento de Base*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.
- López, C., Retarnales, R., & Kanneglesser, T. (2011). *Protección Sísmica de Estructuras: Sistemas de Aislación Sísmica y disipación de Energía*. Santiago de Chile: Trama Impresores S.A.
- MAGEBA . (2011). Sistemas mageba de aislamiento sísmico y disipación de energía para estructuras seguras y fiables incluso en las condiciones sísmicas más exigentes. *Sistemas de Protección Sísmica*.
- Méndez Galindo, C. (2013). Beneficios y Ventajas de los sistemas de Protección Sísmica. *Congreso Estructuras 2013, XII Seminario de Ingeniería Estructural y Sísmica*. San José, Cost Rica.

- NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Núñez García, L. (2014). *Aislación Sísmica de un edificio (análisis comparativo del comportamiento y costos con un edificio tradicional)*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Pérez Zamora, N. A., & Vásquez Ortega, M. J. (2016). *Diseño de aisladores sísmicos de base para edificios de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado*. Managua: Universidad Centroamericana.
- Tapia Delgado, C. A., & Veletanga Mena, L. D. (2017). *Diseño de Aisladores Sísmicos LRB y análisis por desempeño de edificios*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Tipanluisa Valdivieso, E. M. (2017). *Análisis sísmico no lineal de pórticos planos con aisladores sísmicos triple péndulo de fricción (TPF)*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Wang, Y.-P. (2011). *Fundamentals of Seismic Base Isolation*. Taiwán: National Chiao-Tung University.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth**, con C.C: # **2400293425** autora del trabajo de titulación: **Estudio comparativo del empleo de aisladores en edificaciones esenciales siguiendo la propuesta de Norma Sísmica de Guayaquil** previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **9 de marzo de 2020**

f. _____

Nombre: **Taboada Muñoz Vanessa Elizabeth**

C.C: **2400293425**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estudio comparativo del empleo de aisladores en edificaciones esenciales siguiendo la propuesta de Norma Sísmica de Guayaquil.		
AUTORA	Vanessa Elizabeth Taboada Muñoz		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Guillermo Alfonso Ponce Vásquez M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de marzo de 2020	No. PÁGINAS:	101
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño estructural, Análisis dinámico, Evaluación Financiera		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	aisladores sísmicos, NEC-15, ASCE 7-16, desplazamientos, cantidades de hormigón y acero, cortante de diseño.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Desde el año 2015 se ha venido empleando el diseño sismo-resistente propuesto por la Norma Ecuatoriana de Construcción la cual ha sido cuestionada por diseñadores estructurales debido a los daños presentados en los eventos sísmicos; por ello, la Municipalidad de Guayaquil, al estar ubicada en un país altamente sísmico propone a un comité de Ingenieros Civiles de dicha ciudad para la elaboración de una Nueva Norma Sísmica que sea aplicable para estructuras con aisladores sísmicos. Este trabajo de titulación evalúa un diseño con aislación sísmica elaborado con la Nueva Propuesta de la Norma Sísmica de Guayaquil que acoge criterios del Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures del American Society of Civil Engineers y otro diseño elaborado con la NEC-15, la cual al hacer el análisis y la comparación de ambas edificaciones nos lleva a concluir que a pesar de que la estructura con aislación sísmica es de mayor costo, tendrá mayores ventajas en el uso de edificios de tipo esencial.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORES:	Teléfono: +593 99 – 580 – 2564	E-mail: vaneliz1724@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas		
	Teléfono: +593 – 98 – 461 – 6792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			