

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“SISTEMA DE AISLAMIENTO SISMICO EN LA BASE PARA
UN CENTRO DE SALUD DE 2° NIVEL DE ATENCIÓN EN LA
CIUDAD DE HUACHO SEGÚN NTP E.030 Y LA NORMA
AMERICANA ASCE/SEI 7-10”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. MONCADA MONTORO, ANDRES OSWALDO

ASESOR:

ING. POZO GALLARDO, DAVID E.

CIP: 186386

HUACHO – PERU

2018

**“SISTEMA DE AISLAMIENTO SISMICO EN LA BASE PARA UN CENTRO DE
SALUD DE 2° NIVEL DE ATENCIÓN EN LA CIUDAD DE HUACHO SEGÚN NTP
E.030 Y LA NORMA AMERICANA ASCE/SEI 7-10”**

**ING. SANCHEZ GUZMAN JORGE ANTONIO
PRESIDENTE**

**ING. IMAN MENDOZA, JAIME
SECRETARIO**

**ING. REQUENA SOTO, ELIAS FILIBERTO
VOCAL**

**ING. POZO GALLARDO, DAVID E.
ASESOR**

DEDICATORIA

A Mi Madre: Por estar en mi mente en los momentos que más necesitaba y darme fuerza y tino para tomar las decisiones en mi vida.

A Mi Padre: Por estar siempre apoyándome en lo necesario para lograr todos mis objetivos académicos, profesionales y personales. Por aconsejarme y escucharme cuando lo necesito. Y brindarme su apoyo incondicional

A mi hermana Moraima: Por estar ahí siempre para apoyarnos mutuamente.

A mi hermana Rocio: Por ayudarme en mi etapa universitaria y darme un espacio en su casa para poder desarrollarme académicamente y profesionalmente los últimos 10 años.

PRESENTACIÓN

La investigación de esta tesis está enfocada en un edificio de uso hospitalario en la ciudad de Huacho en donde se le aplicara la técnica de diseño sismorresistente muy aplicada en los países de alta sismicidad que es el aislamiento de base.

Para tal fin se desarrolla el análisis de una edificación hospitalaria de configuración regular en planta y altura, de cuatro niveles, ubicada en el distrito de la Huacho, provincia Huaura y departamento de Lima.

El título de la tesis “**sistema de aislamiento sísmico en la base para un centro de salud de 2° nivel de atención en la ciudad de huacho según NTP E.030 y la norma americana ASCE/SEI 7-10**”, la tesis se enfocará en desarrollar el análisis de acuerdo a los lineamientos de la norma ASCE/SE 7-10 la cual la norma peruana dispone según su el artículo 3.9 para sistemas de aislamiento sísmico.

El trabajo que se presentará en la tesis además de las bases teóricas será el pre dimensionamiento y estructurado de un hospital de 4 pisos y se hará el análisis estructural del sistema convencional y después se hará lo mismo, pero con el sistema a implementar que la aislación de base.

Finalmente, se realiza un análisis comparativo de respuesta entre las estructuras de base fija y base aislada, donde se analiza las ventajas que pueda presentar el sistema de base aislada; dando al final las conclusiones y recomendaciones para el uso de sistemas de aislación basal.

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	IV
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN	7
ABSTRAC.....	8
CAPÍTULO I.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.1.1 PROBLEMA GENERAL.....	11
1.1.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	11
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
CAPÍTULO II.....	12
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	12
2.2 BASES TEÓRICAS	14
2.2.1 NIVEL DE ATENCIÓN DE UN ESTABLECIMIENTO DE SALUD.....	14
2.2.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL.....	16
2.2.3 PRINCIPIOS DE SISMOLOGÍA.....	18
2.2.4 DINÁMICA DE ESTRUCTURAS.....	20
2.2.5 DISEÑO SISMORRESISTENTE E.030	24
2.2.6 ASCE/SEI 7-10.....	35
.....	41
2.2.7 INTRODUCCIÓN AL AISLAMIENTO DE BASE	46
2.8. FILOSOFIA DEL AISLAMIENTO SÍSMICO:	50
2.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	58
2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	58
2.3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICA.....	58

CAPITULO III.....	59
METODOLOGIA.....	59
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO.....	59
3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	59
3.1.2 ENFOQUE.....	60
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	61
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.....	61
3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	62
3.4.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62
3.4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS INS. DE RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.5 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	65
CAPITULO IV	67
RESULTADOS	67
4.1 EDIFICIO CONVENCIONAL.....	67
4.2 ZONIFICACIÓN SÍSMICA–GEOTÉCNICA	67
4.2.1 COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO	67
4.2.2 SISMICIDAD REGIONAL	68
4.2.3 MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA – GEOTÉCNICA.....	68
4.2.4 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	70
4.3 DATOS DEL PROYECTO.....	73
4.3.1 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL DISEÑO CONVENCIONAL	73
4.3.2 MODELACIÓN MATEMÁTICO EN ETABS v.2016.....	73
4.4 PREDIMENSIONAMIENTO.....	73
4.4.1.PRE DIMENSIONAMIENTO LOSA MACIZA BIDIRECCIONAL	74
4.4.2 PRE DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES.....	74
4.4.3 PRE DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS	75
4.5 ESTRUCTURACIÓN	76
4.5.1 ZONIFICACIÓN.....	76
4.5.2 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	78
4.5.3 ESTADOS DE CARGA CONSIDERADOS	78
4.5.4 ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MODELO MATEMÁTICO..	79
4.5.5. MODELO MATEMATICO CONSIDERADO:.....	79
4.6 DESARROLLO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	81
4.6.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	81
4.6.2 CARGAS CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS	81
4.7 ANÁLISIS ESTÁTICO	85
4.8 ANÁLISIS DINÁMICO	88
4.9 MODOS Y PERIODOS	88

4.6 FUERZA CORTANTE MÍNIMA.....	90
4.7 DESPLAZAMIENTOS LATERALES ADMISIBLES	91
4.8 VERIFICACIÓN DE MOMENTO DE VOLTEO.....	95
4.9 DISEÑO DE ESTRUCTURA AISLADA	96
4.9.1. ESPECTRO PARA SISMO DE DISEÑO Y MÁXIMO ESPERADO..	97
4.9.2 PARÁMETROS DE ACELERACIÓN DE MÁXIMO ESPERADO	99
4.9.3 PARÁMETROS DE ACELERACIÓN EN DISEÑO	100
4.9.4 PARÁMETROS DE ACELERACIÓN ESPECTRAL MCE	100
4.9.5 AISLADOR TIPO LRB – DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS.....	101
4.9.6 ENSAYOS LAZO HISTERÉTICO - MATLAB	106
4.9.7 DESPLAZAMIENTO LATERALES MÍNIMOS	111
4.9.8. DESPLAZAMIENTO TOTAL	113
4.9.9 FUERZAS LATERALES MINIMAS	114
4.9.10 FUERZA LATERAL MÍNIMA SUPERESTRUCTURA	114
4.9.11 FUERZA LATERAL DE RECUPERACIÓN	114
4.9.12 ANÁLISIS ETABS.....	115
4.9.13 PERIODOS Y RESULTADOS MODALES	118
4.9.14 ANÁLISIS TIEMPO - HISTORIA	120
4.9.15 DIAGRAMAS HISTERÉTICOS.....	123
4.10 ANÁLISIS COMPARATIVO A NIVEL ESTRUCTURAL	126
 CAPITULO V	 133
 DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 133
5.1 CONCLUSIONES	133
5.2 RECOMENDACIONES.....	135
 CAPÍTULO VI BIBLOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	 136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Categorías de los establecimientos de salud.....	14
Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo	25
Tabla 3: Factor de Suelo “S”	26
Tabla 4: Períodos “TP” y “TL”	26
Tabla 5: Categoría de las edificaciones y Factor “U”	27
Tabla 6: Categoría y sistema estructural de las edificaciones	30
Tabla 7: Sistemas Estructurales	30
Tabla 8: Categoría y regularidad de las edificaciones	31
Tabla 9: Irregularidad estructural en altura	32
Tabla 10: Irregularidad estructural en planta	33
Tabla 11: Uso, ocupación de edificaciones	35
Tabla 12 : Factor de importancia por categoría de riesgo	36
Tabla 13 : Parámetros para Máximo Sismo Considerado (MCE)	36
Tabla 14 : Parámetros para periodo de 1 segundo	36
Tabla 15 : Parámetros para periodos cortos.....	37
Tabla 16 : Amortiguamiento efectivo	41
Tabla 17 : Variables e indicadores de investigación.....	62
Tabla 18 : Estudio de Mecánica de Suelos.....	70
Tabla 19 : Perfil Estratigráfico.....	71
Tabla 20 : Zona Sísmica Huaura	77
Tabla 21 : Secciones de la edificación.....	79
Tabla 22 : Propiedades de los materiales.....	81
Tabla 23 : Cargas consideradas en el análisis	81
Tabla 24 : Parámetros de Sitio	86
Tabla 25 : Resultado Análisis Estático XX.....	86
Tabla 26 : Resultado Análisis Estático YY.....	87
Tabla 27 : Casos modales y periodos.....	89
Tabla 28 : Cortante en la base estático y dinámico	90

Tabla 29 : Factor de amplificación para sismo dinámico	91
Tabla 30 : Cortante en la Base Dinámica	91
Tabla 31 : Momento de Volteo.....	95
Tabla 32 : Resultados Momento de Volteo	95
Tabla 33 : Parámetros de sitio – Estructura Aislada	97
Tabla 34 : Factores norma E.030	98
Tabla 35 : Factor de amplificación de suelo periodo corto.....	99
Tabla 36 : Factor de amplificación de suelo periodo de 1seg.....	99
Tabla 37 : Carga axial de cada aislador	102
Tabla 38 : Dimensiones aislador.....	103
Tabla 39 : Propiedades de aisladores	104
Tabla 40 : Propiedades de del plomo y caucho	105
Tabla 41 : Dimensiones aislador seleccionado.....	106
Tabla 42 : Parámetros de diseño.....	112
Tabla 43 : Centro de masas y rigideces - ETABS	113
Tabla 44 : Periodos y Resultado modales - ETABS	118
Tabla 45 : Sismo Huacho 06/10/1966.....	121
Tabla 46 : REDACI	121
Tabla 47 : Comparación periodos edificio base fija y aislada	127
Tabla 48 : Comparación de desplazamientos de masa edificio base fija y aislada	129
Tabla 49 : Comparación deriva de entrepiso entre edificio base fija y aislada	131
Tabla 50 : Comparación cortante en la base entre edificio base fija y aislada	132

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Propuesta Creación Norma E.031 – Aislamiento Sísmico	10
Figura 2: Personal Clave – Categoría II – 1	15
Figura 3: Incorporación “sistemas de Protección sísmica a la E.30”	15
Figura 4: Formula de Método de Rigidez	16
Figura 5: Curva de daño – Estado Lineal y No lineal	17
Figura 6: Placas tectónicas	18
Figura 7: Tipos de Ondas	18
Figura 8: Estructura aporticada - CYPECAD	20
Figura 9 : Estructura Idealizada	20
Figura 10: Periodo y Frecuencia	21
Figura 11: Onda Baja – Onda Alta	21
Figura 12: No resonante vs Resonante	22
Figura 13: Amplificaciones tipo de suelo	22
Figura 14: Fenómeno de amplificación sísmica	23
Figura 15: Mapa de Zonificación E.030	25
Figura 16: Sistema estructural dependiendo del % de cortante que reciben	27
Figura 17: Sistema estructural Tipo Pórtico	28
Figura 18: Sistema estructural Muros estructurales	28
Figura 19: Sistema estructural Dual	29
Figura 20 : Sistema estructural Ductilidad Limitada	29
Figura 21: Diseño de espectro de respuesta	38
Figura 22: Diagrama Histerético	43
Figura 23: Comportamiento estructural	47
Figura 24: Comportamiento estructural Aislado	48
Figura 25: Hospital Militar “La reina” – Santiago de Chile	49
Figura 26: Aisladores Hospital Militar “La reina” – Santiago de Chile	50

Figura 27: Aislador de goma-plomo	50
Figura 28: Respuesta sísmica de edificios aislados	51
Figura 29: Diagrama Histerético “ Esfuerzo – Desplazamiento “	51
Figura 30: Resultados Aislación Sísmica	52
Figura 31: Aislador Elastomérico de Caucho de Bajo Amortiguamiento (LDR) “	52
Figura 32: Aislador Elastomérico de Caucho con núcleo de plomo (LRB) “	53
Figura 33: Aislador Elastomérico de Caucho de Alto Amortiguamiento (HDR)	53
Figura 34: Aislador de Péndulo de Fricción.....	54
Figura 35: Comparación entre estructura empotrada en la base y estructura aislada ..	54
Figura 36: Lazo Histerético	55
Figura 37: Partes Lazo Histerético	56
Figura 38: Capacidad Portante de suelo de Huacho.....	69
Figura 39: Mapa de Zonificación Huacho.....	72
Figura 40: Mapa de Zonificación Perú.....	77
Figura 41: Vista 3D, ETABS.....	80
Figura 42: Vista en planta, ETABS.....	80
Figura 43: Set de Cargas, ETABS	82
Figura 44: Set de Cargas Escalera, ETABS.....	82
Figura 45: Masa Participativa, ETABS	83
Figura 46: Espectro de aceleración, ETABS	84
Figura 47: Análisis estático XX , ETABS.....	84
Figura 48: Análisis estático YY, ETABS	85
Figura 49: Resultado análisis estático XX, ETABS.....	87
Figura 50: Resultado análisis estático YY, ETABS	88
Figura 51: Periodo XX, ETABS	89
Figura 52: Periodo YY, ETABS	90
Figura 53: Factor de amplificación A. Dinámico YY, ETABS.....	91
Figura 54: Desplazamientos laterales XX, ETABS.....	92
Figura 55: Deriva entre piso XX, ETABS.....	92
Figura 56: Calculo Deriva y Desplazamiento Max. XX, excel.....	93
Figura 57: Desplazamiento YY, ETABS	93

Figura 58: Deriva entrepiso YY, ETABS.....	94
Figura 59: Calculo Deriva y Desplazamiento Max. YY, excel.....	94
Figura 60: Idealización sistema de aislación	96
Figura 61: Espectros de aceleración	98
Figura 62: Espectros de aceleración ASCE/SEI 7-10- ETABS.....	100
Figura 63: 3D Edificio Aislado - ETABS.....	101
Figura 64: Aislador sísmico	101
Figura 65: Partes del Aislador	104
Figura 66: Diámetros del Aislador	105
Figura 67: Ensayo Lazo Histerético.....	107
Figura 68: Ensayo teórico rutina Matlab.....	107
Figura 69: Ensayo teórico rutina Matlab	108
Figura 70: Máximo Sismo Considerado Matlab.....	109
Figura 71: Ensayo Máximo Sismo Considerado Matlab.....	110
Figura 72: Creación de aislador en ETABS.....	115
Figura 73: Propiedades Rubber Isolator ETABS	115
Figura 74: Propiedades Lineales Rubber Isolator ETABS.....	116
Figura 75: Propiedades No Lineales Rubber Isolator ETABS	116
Figura 76: 3D Aisladores tipo LRB ETABS	117
Figura 77: Diafragma rígido Piso Técnico ETABS	117
Figura 78: Apoyo tipo springs ETABS	118
Figura 79: Periodo Modo 1 ETABS	119
Figura 80: Periodo Modo 2 ETABS	119
Figura 81: Web REDACI - CISMID.....	120
Figura 82: Sismo Huacho 1966.....	120
Figura 83: Aceleración sismo 1966 SeismoSignal	122
Figura 84: Aceleración sismo 1966 SeismoSignal	122
Figura 85: Análisis Tiempo – Historia - ETABS	122
Figura 86: Casos analizados - ETABS	123
Figura 87: Lazo Histerético TH7036 XX ETABS	123
Figura 88: Lazo Histerético TH7036 YY ETABS	124

Figura 89: Lazo Histerético MCE TH7036 XX ETABS	124
Figura 90: Lazo Histerético MCE TH7036 YY ETABS	125
Figura 91: Lazo Histerético MCE TH7036 YY ETABS	125
Figura 92: Lazo Histerético MCE TH7036 YY ETABS	126
Figura 93: 3D desplazamiento base fija ETABS	128
Figura 94: 3D desplazamiento base aislada ETABS.....	128
Figura 95: Gráfico desplazamiento piso Base fija ETABS.....	129
Figura 96: Gráfico Desplazamiento piso Base aislada ETABS	129
Figura 97: Deriva entre piso Base aislada ETABS	130
Figura 98: Deriva entre piso Base fija ETABS.....	130
Figura 99: Cortante dinámica Base fija ETABS	131
Figura 100: Cortante basal Base aislada ETABS.....	131
Figura 101: Aceleración entre piso Base fija ETABS	132
Figura 102: Aceleración entre piso Base aislada ETABS.....	132

RESUMEN

Objetivo: Determinar las mejoras en el comportamiento estructural utilizando aisladores de base, respecto al sistema convencional, en la reducción de daños ocasionados por sismos. **Método:** Trabajo de investigación del tipo aplicada con el principal objetivo de resolver problemas, con un margen de generalización limitada, descriptiva que busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. **Resultados:** De las tablas N° 47 a la N° 50 y la figura N° 93 a la N° 102 se puede concluir que el análisis estructural antisísmico con aisladores sísmicos cumple con la función de proteger todos los elementos estructurales no permitiendo el colapso de la estructura en el estudio de mejoramiento del comportamiento estructural de un hospital de II categoría en la ciudad de Huacho

Palabras Claves: Comportamiento estructural, aisladores sísmicos, LRB, Hospital de II categoría

ABSTRAC

Objective: Determine the improvements in the Structural behavior using seismic base isolation, with respect to the conventional System, reduction of damages caused by earthquakes. **Method:** Research work of the applied type with the main objective of solving problems, with a limited, descriptive generalization margin that seeks to specify properties and important characteristics of any phenomenon that is analyzed. **Results:** From tables N° 47 to N° 50 and figure N° 93 to N° 102 it can be concluded that the Structural analysis with seismic isolation system fulfills the function of protecting all structural elements by not allowing the collapse of the structure in the study of improvement of the structural behavior of a hospital category II in the city of Huacho.

Key words: Structural behavior, seismic base isolation, LRB, Hospital category II

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante un evento sísmico las entidades competentes en el análisis y mitigación de desastres evalúan los daños que han sufrido las edificaciones y concluyen que los terremotos en esta parte del mundo representan los grandes problemas que se deben poner en estudio. Las estructuras vulnerables se muestran a partir de los daños que puedan sufrir sus elementos estructurales durante y después de un movimiento telúrico, lo cual afecta el comportamiento de todos los elementos.

Al proponer un edificio aislado del movimiento de terremotos el punto clave es el criterio que se toma para el diseño. Al aislar una estructura se ha desarrollado un mecanismo para protegerlo de daños ante movimientos sísmicos. Es esto en lo cual los propietarios esperan que al aislar la edificación se pueda proteger la inversión.

Ante la expectativa de las entidades públicas y privadas está en discusión las actuales normativas que permiten en su diseño daño considerable por eso se requiere regulaciones que den fe del problema que representan los movimientos telúricos.

Por ese motivo, el Código Peruano E-030 en el año 2014 implemento que se requiera que los hospitales utilicen aisladores sísmicos. El objetivo es salvar y dar prevención a la vida es por eso la importancia del funcionamiento de los mismo durante y después de un terremoto de gran magnitud.

La normatividad vigente incluye este tipo de sistema de protección sísmica, sin embargo, aún no contamos con una normatividad exclusiva para el aislamiento sísmico. Fueron estos aspectos, los que motivaron a realizar esta investigación, cuyo principal objetivo es llevar a cabo el análisis y diseño de una edificación esencial con aislamiento sísmico en la base (un hospital de 4 pisos con aislamiento sísmico en la base ubicada en la región de Lima - Huacho), y gracias a ella poder ilustrar en forma clara y precisa el proceder del diseño de la estructura aislada sísmicamente.



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

NORMA E.031 AISLAMIENTO SISMICO

LIMA – PERÚ
201X

Figura 1: Propuesta Creación Norma E.031 – Aislamiento Sísmico

Fuente: Diseño de Hospitales con aislamiento sísmico en el Perú –
Ing. Alejandro Muñoz Pelaez – PRISMA INGENIEROS – PUCP

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Huacho es el centro neurálgico de la zona norte de la denominada Región Lima Provincias y además es sede central de las distintas entidades del estado, con la cual es indispensable contar con un centro de salud adecuada tanto con el servicio de salud que brinde (Segundo nivel de atención) y estructura adecuada.

Prevenir sismos y estar preparado durante y después de un evento sísmico de gran magnitud para esto el reglamento nacional de edificaciones en el apartado de estructuras E.030 dispone por obligación que los Establecimiento de Salud cuenten con aisladores de base lo cual la ciudad de Huacho no cuenta. Surge la necesidad de la construcción o el reforzamiento estructural de los distintos establecimientos ante la amenaza sísmica inminente en nuestra región.

Se dispone en la siguiente tesis diseñar un edificio de 4 niveles con aisladores de base y de esta manera contribuir con la documentación enfocada en la ciudad y con su pronta aplicabilidad en nuestra región.

1.1.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿Cómo se mejora el comportamiento estructural utilizando aisladores sísmicos en la base, respecto al sistema convencional, en la reducción de daños ocasionados por sismos?

1.1.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Ayuda al comportamiento estructural el incremento considerable de los periodos de vibración en los sentidos principales?
- ¿Cómo se podría mitigar el colapso de estructuras debido a grandes desplazamientos de entrepiso?
- ¿Ponen en riesgo los aisladores de Base al edificio al hacer que la estructura aumente su periodo de movimiento?
- ¿Se cumple con la función de proteger todos los elementos estructurales no permitiendo el colapso de la estructura al realizar el análisis estructural antisísmico con aisladores de base?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar las mejoras en el comportamiento estructural utilizando aisladores de Base, respecto al sistema convencional, en la reducción de daños ocasionados por sismos.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las respuestas favorables al aumentar el periodo de vibración de la estructura.

- Determinar que el desplazamiento controlado ayuda a la estructura a no generar grandes esfuerzos en sus elementos.
- Demostrar que los aisladores de base son un sistema de protección segura si son bien diseñados para resistir la carga de edificio y las cargas laterales de los sismos.
- Se elaborará el cálculo manual del aislador de Base del tipo elastomérico con núcleo de plomo para entender el comportamiento del sistema en estudio y demostrar su funcionamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Tesis de Pregrado “Estudio de criterios para el análisis y diseño de edificaciones, con el uso de aisladores sísmicos.” – Bach. Ayala Flores, Cleiver – Universidad Nacional de Ingeniería - 2017

Resumen: “El objetivo principal de esta investigación es presentar criterios para estimar de manera rápida parámetros relevantes de la respuesta estructural de las edificaciones con aislamiento sísmico. La respuesta es calculada en base a modelos simples cuyos parámetros se consideran representativos de la edificación, con registros sísmicos basados en la sismicidad del país” .(ayala).

Tesis de grado Magister “Bases para la implementación de la norma peruana de análisis y diseño de edificios con aislación sísmica” – Ing. Arnold Ramsey Mendo Rodríguez (2015) – Pontificia Universidad Católica del Perú.

Resumen: “En este trabajo se proponen los requisitos de análisis y diseño de sistemas de aislación sísmica tomando como referencia las normas americanas NEHRP Recommended Seismic Provisions FEMA P-750 (2009) y ASCE/SEI 7-10 (2010), la norma chilena NCh2745-2003 y su actualización del 2013”.(Mendo).

Tesis de Pregrado “Comparación del análisis y diseño de un edificio de concreto armado de siete pisos con y sin aislamiento en la base” – Bach. Benavente Viacava, José Carlos y Traverso Tacuri, Ivan Arturo – Pontificia Universidad Católica del Perú – 2015

Resumen: “El proyecto comprende el análisis y diseño de una estructura de 7 pisos, tanto en el caso que tuviera aislamiento en la base, como si no lo tuviera. Este proyecto contemplará un análisis comparativo entre los dos diseños y sus respectivos comportamientos. El empleo de aisladores sísmicos en estructuras es una aplicación de la ingeniería civil que busca proteger las estructuras y sus contenidos de los efectos de los movimientos sísmicos”.(Benavente y Traverso)

Tesis de Pregrado “Análisis y diseño estructural de edificaciones con aisladores sísmicos” – Bach. Flores Ramos, Henry y Carhuata Corrales, Fernando – Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – 2016

Resumen: El presente trabajo aborda la problemática del peligro sísmico inherente a las edificaciones emplazadas en la ciudad de Arequipa, mediante la aplicación de tecnologías de Aislamiento de Base; para lo cual se ha planteado y desarrollado un caso específico: la edificación en estudio está estructurada en base a Muros de Ductilidad Limitada y el Sistema de Aislamiento es de tipo Elastomérico con núcleo de Plomo (LRB).(Flores y Carhuata).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 NIVEL DE ATENCIÓN DE UN ESTABLECIMIENTO DE SALUD

Antes de entrar a la parte estructural e ingenieril de la investigación se va a definir que llamamos Nivel de Atención según el Ministerio de Salud del Perú:

¿Qué es un nivel de atención?

Conjunto de Establecimientos de Salud con niveles de complejidad necesaria para resolver con eficacia y eficiencia necesidades de salud de diferente magnitud y severidad.

CATEGORIAS DEL SECTOR SALUD	MINISTERIO DE SALUD
I-1	Puesto de Salud
I-2	Puesto de Salud con Médico
I-3	Centro de Salud sin Internamiento
I-4	Centro de Salud con Internamiento
II-1	Hospital I
II-2	Hospital II
III-1	Hospital III
III-2	Instituto Especializado

Tabla 1: Categorías de los establecimientos de salud
Fuente: Ministerio de Salud – Perú

CATEGORIA II – 1

DEFINICIÓN:

Un Hospital de II nivel es responsable de cumplir con las necesidades de salud de la comunidad en su radio de jurisdicción, a través de atención completa ambulatoria y hospitalaria en cuarto especialidades básicas como medicina interna, ginecología, cirugía general, pediatría, anestesiología, con campañas de prevención de riesgos y daños, promoción de la salud.

CARACTERISTICAS:

Profesionales de Salud	Técnicos y/o Auxiliares
Médico Internista Pediatra Gineco-obstetra Cirujano General Anestesiólogo Odontólogo Psicólogo Enfermera/o Lic. En obstetricia Asistencia Social Nutricionista Químico Farmacéutico Tecnólogo Médico (en laboratorio, terapia física y radiología)	Técnico de laboratorio Técnico de Enfermería Auxiliar de Enfermería Técnico Sanitario Técnico o Auxiliar de Estadística Personal Servicios Generales

Figura 2: Personal Clave – Categoría II – 1
Fuente: Ministerio de Salud - Perú

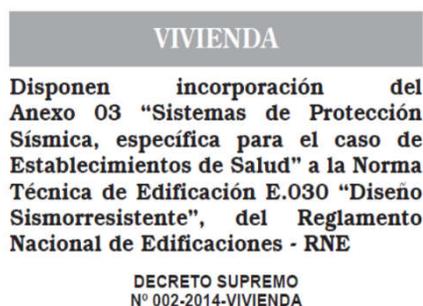


Figura 3: Incorporación “sistemas de Protección sísmica a la E.30”
Fuente: Diario oficial “El Peruano” - 2014

A partir del año 2014 por medio del diario oficial el Peruano el Gobierno Peruano dio a conocer la incorporación del anexo 03 “Sistemas de Protección Sísmica, específica para el caso de Establecimientos de Salud”.

2.2.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL

EQUILIBRIO:

- **Equilibrio Estático:** Un cuerpo está en equilibrio estático cuando se queda en reposo ante cualquier fuerza externa.

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0; & \Sigma F_y &= 0; & \Sigma F_z &= 0 \\ \Sigma M_x &= 0; & \Sigma M_y &= 0; & \Sigma M_z &= 0\end{aligned}$$

- **Equilibrio Dinámico:** Un cuerpo está en equilibrio dinámico cuando se encuentra en equilibrio dinámico respondiendo con un movimiento vibración (aceleración) controlada de sus partes (deformación) más no de sus soportes, ante la acción de las cargas generadas por sismo, viento, y en general aquella excitación dinámica producida por la carga viva.

$$M\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) = F(t)$$

$$M\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) = F(t)$$

MÉTODO DE RIGIDEZ: Existen métodos para solucionar los problemas del análisis estructural cual la formula fundamental es la matriz de fuerza que es igual a la matriz de rigidez multiplicado por la matriz de despeamiento.

Anteriormente este método era considerado un método muy tedioso porque no había el apoyo de las computadoras, ahora en esta era es el método que se utiliza en todos los softwares de cálculo estructural

$$[F] = [K] [\delta]$$

$$\begin{Bmatrix} F_1 + R_1 \\ F_2 + R_2 \\ \dots \\ F_n + R_n \end{Bmatrix}_G = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}_G \begin{Bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \dots \\ \delta_n \end{Bmatrix}_G$$

Figura 4: Formula de Método de Rigidez

Fuente: Google imágenes

RIGIDEZ Y RESISTENCIA

- **Rigidez:** Es la propiedad de un elemento, estructura o cuerpo de oponerse a las deformaciones. Capacidad inherente de las estructuras a resistir cargas o tensiones sin deformarse o desplazarse en excesos.
- **Resistencia:** Es la capacidad un elemento, estructura o cuerpo de soportar cargas sin colapsar. En la resistencia lo importante es soportar, mientras en la rigidez lo importante el control de las deformaciones y/o desplazamientos.

DUCTIBILIDAD: Es la propiedad inherente que presenta los materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales mediante una fuerza pueden deformarse plásticamente.

Muchos confunden que la ductilidad es una propiedad muy buena del concreto, pero una vez que la estructura entra a deformarse plásticamente se está hablando de daño. Si una estructura es dúctil va a presentar una curvatura de capacidad, pero cada vez que incursionemos en este rango no lineal inelástico de plastificación en donde se van a generar las rotulas plásticas, ductilidad es sinónimo de daño.

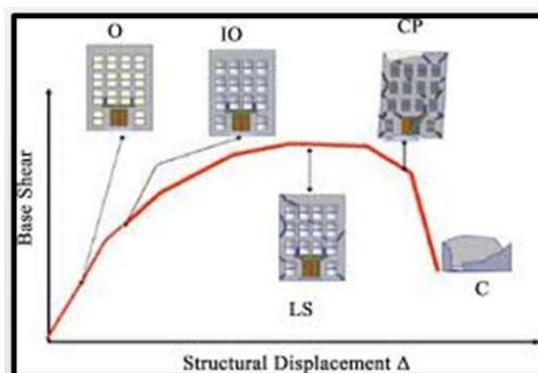


Figura 5: Curva de daño – Estado Lineal y No lineal
Fuente: google imágenes

2.2.3 PRINCIPIOS DE SISMOLOGÍA

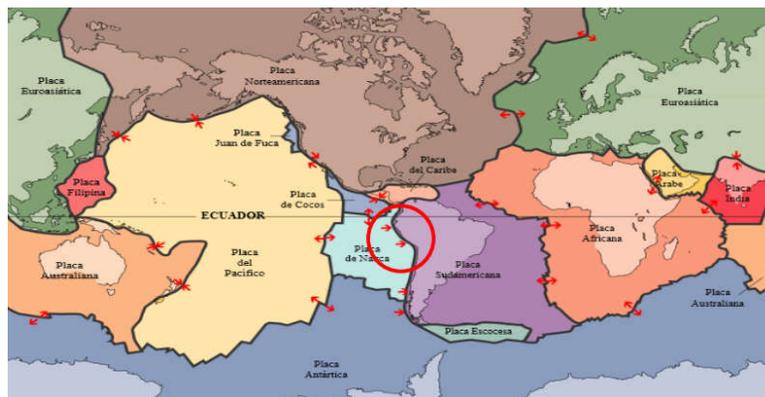


Figura 6: Placas tectónicas
Fuente: google imágenes

ONDAS SÍSMICAS

El Movimiento que se produce en la superficie terrestre durante un terremoto se debe a una energía liberada a gran profundidad en el interior de la tierra, esta energía se transmite por la tierra a través de las llamadas ondas sísmicas, el estudio de los terremotos o sismos y de las ondas sísmicas se denominan sismología, los terremotos se originan cuando las rocas situadas a gran profundidad se rompen de forma repentina como consecuencia a la presión a la que esta sometidas o cuando se deslizan a lo largo de una falla, el punto en que se libera la energía se conoce como foco del terremoto, la energía avanza desde el foco en forma de ondas internas.

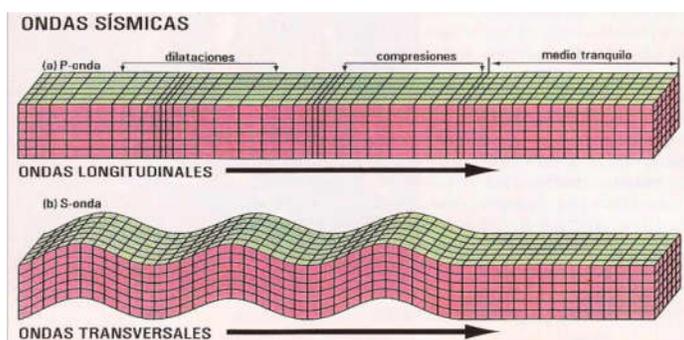


Figura 7: Tipos de Ondas
Fuente: google imágenes

¿QUÉ ES EL PELIGRO SÍSMICO?

PELIGRO SÍSMICO

Sismicidad + Exposición Sísmica = Amenaza Sísmica

VULNERABILIDAD SÍSMICA

Comportamiento Estructural = Fragilidad

RIESGO SÍSMICO

Peligro Sísmico x Vulnerabilidad = Daños

Riesgos Sísmico: Se define como el grado de pérdida, destrucción o daño esperado debido a la ocurrencia de un determinado sismo.

Peligro Sísmico: Es la probabilidad de que ocurra un sismo potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado. El Perú se encuentra en la zona sísmica más activa del mundo, en el llamado “cinturón de fuego del pacífico”. La placa de Nazca se mueve aproximadamente 10 cm por año contra la placa sudamericana que se mueve 4cm por año en sentido contrario, lo cual genera una gran acumulación de energía, liberándose en forma de activas sísmica.

Vulnerabilidad Sísmica: Es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su comportamiento, que puede entenderse como predicación intrínseca de un elemento o grupo de elementos expuesto a ser afectado o ser susceptible a sufrir daño, ante la ocurrencia de evento sísmico determinado.

2.2.4 DINÁMICA DE ESTRUCTURAS

AMPLIFICACIÓN Y REDUNDANCIA

La amplificación y redundancia se produce cuando el periodo de vibración del suelo es muy parecido al periodo de vibración del edificio, es muy similar en valor, si lo cuantificamos acá sucede los problemas, ahí sucede concretamente aspectos muy perjudiciales para la estructura incluso puede hacer que la estructura se esté comportando en formas que no estamos prediciendo a nivel de cálculos es decir el programa nos estaría diciendo que la estructura está bien pero luego la realidad se generaría estos efectos que amplificaran las fuerzas y al mismo tiempo estaría generando una degradación de la edificación que no estamos previendo para ello lo que vamos a hacer es explicar unos conceptos previos de dinámica de estructuras.

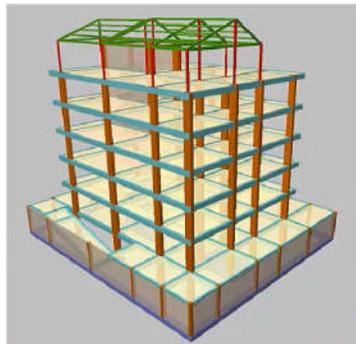


Figura 8: Estructura aporticaada - CYPECAD
Fuente: Dinámica de estructuras – MedifEstructuras

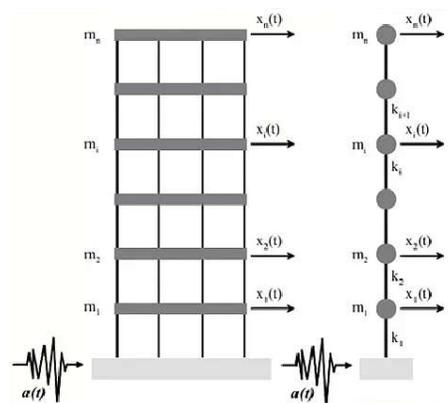


Figura 9 : Estructura Idealizada
Fuente: Dinámica de estructuras – MedifEstructuras

PERIODO - FRECUENCIA

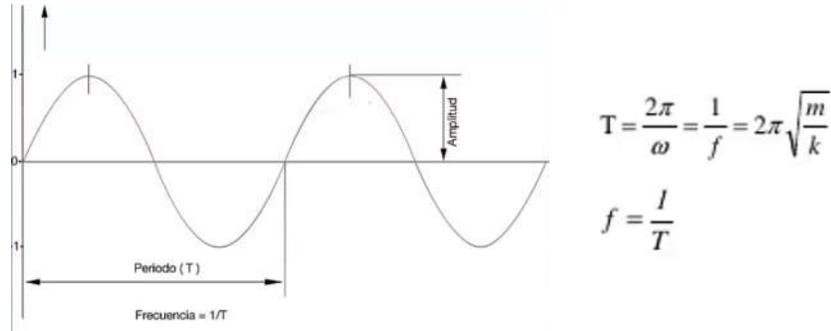


Figura 10: Periodo y Frecuencia
Fuente: Google imágenes

Lo que tenemos reflejado en la figura N°09 es una onda vibratoria que en este caso sería el sismo tanto en el edificio como en el suelo, ahora analizares que es el periodo y si regresamos a la figura 09, el periodo es igual a $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, entonces teniendo esto en cuenta esto y tenemos en mente la fórmula de periodo, al aumentar la masa va a aumentar el periodo de vibración.

Qué pasa si nosotros tenemos un periodo alto y queremos contrarrestar ese periodo pues nos toca aumentar la rigidez ósea aumentar dimensiones de los elementos.

Tenemos presente en la figura 09 la fórmula de periodo, también tenemos el movimiento armónico que es conocido como movimiento armónico simple, tenemos el valor de amplitud de onda y si tenemos claro el concepto de periodo podremos entender qué sucede con los fenómenos de amplificación.

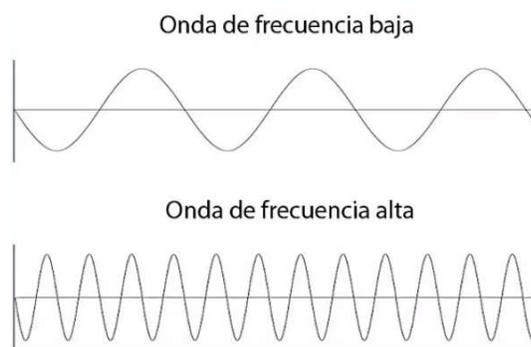


Figura 11: Onda Baja – Onda Alta
Fuente: Google imágenes

AMPLIFICACIÓN DINÁMICA:

La amplificación dinámica también denominada efecto de resonancia, se conoció de su influencia en los años 30. La diferencia entre la frecuencia de las ondas sísmicas y la frecuencia del terreno es la definición de efecto de resonancia. La estimación de la frecuencia natural del depósito se determina de: $F_n = V_s / 4H$

Donde V_s es la velocidad de la onda sísmica S en m/s, H es la potencia del sedimento en m y F_n es la frecuencia natural del depósito sedimentario en Hz. Ejemplo, un tipo de suelo con una velocidad de 395 m/s en un espesor de 35 m, tiene una frecuencia natural de 2.82Hz, mientras que para un terreno con 150 m de espesor la frecuencia natural es de 0.66 Hz. Cuando la frecuencia de onda sísmica se aproxima en igualdad a la frecuencia que produce el tipo de terreno es ahí es donde se produce la amplitud en magnitudes significativas.

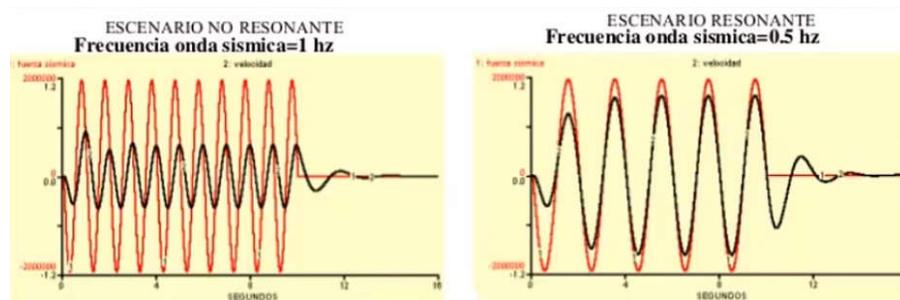


Figura 12: No resonante vs Resonante
Fuente: Dinámica de estructuras – MedifEstructuras

Amplificación de las Solicitaciones Sísmicas

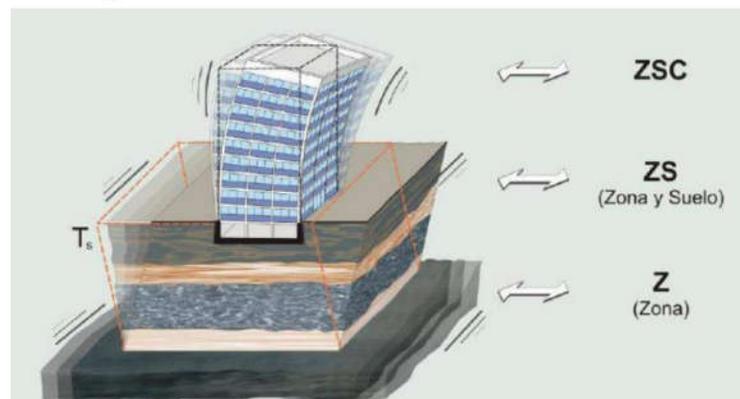


Figura 13: Amplificaciones tipo de suelo
Fuente: Dinámica de estructuras – MedifEstructuras

En la siguiente imagen tenemos una comparativa de lo que sucede cuando tenemos la onda del suelo y la onda del edificio, porque tenemos que entender que el movimiento vibratorio del edificio es un movimiento armónico simple que es amortiguado en la realidad, pero para este caso practica se muestra el movimiento del edificio como un armónico simple no amortiguado.

Lo que se quiere lograr a que se entienda es que cuando las ondas tienen los mismos periodos de vibración o frecuencia sucede algo parecido a la imagen de la derecha, la onda del edificio se aumenta o amplifica, y acá es donde vienen los problemas.

FENÓMENOS DE AMPLIFICACIÓN:

Es cuando la onda sísmica que se propaga por el terreno es muy similar a la onda vibratorio característica del edificio. Debemos de comprender el concepto de suelo rígido y suelo flexible, una onda sísmica se amplificará en un suelo flexible.

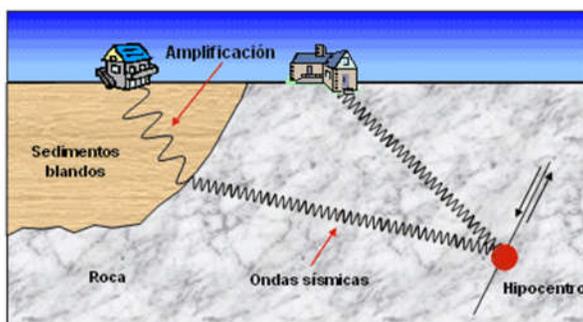


Figura 14: Fenómeno de amplificación sísmica
Fuente: Google Imágenes

Cuando decimos Periodo de vibración, es el periodo que se calcula y que la norma regula, no permitiendo que el edificio tenga un periodo demasiado alto, nos va a limitar el periodo es decir que el edificio tiene un límite de flexibilidad.

Si nos centramos en la figura 12 vemos como se propaga desde el hipocentro del sismo todas las ondas sísmicas en un suelo rocoso y cuando llega a un sedimento blando la onda se amplifica.

Entonces lo que tenemos en los dos tipos de suelos es; en un suelo rocoso tenemos que la velocidad de onda la velocidad será mayor y en un suelo tipo blando la velocidad de onda será menor por el hecho que va a amplificarse esta onda.

2.2.5 DISEÑO SISMORRESISTENTE E.030

E-030

La filosofía del diseño

Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdidas de vidas
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

ASPECTOS SISMORRESISTENTES

Tener en cuenta la importancia de lo siguiente:

- **Peso mínimo:** Tener en cuenta el criterio en los pisos altos.
- **Continuidad** en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- **Simetría:** como en dimensiones, en la distribución de masas y rigidez.
- **Selección y uso** adecuado de los materiales de construcción.
- **Resistencia** suficiente para contrarrestar las cargas laterales.
- **Ductilidad:** entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.

ACCIONES SÍSMICAS:

Las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica (Z), del perfil (S, T_p , TL), del uso de la edificación (U), del sistema sismorresistente (R) y de las características dinámicas de la estructura (T,C) y de su peso (P).

ZONIFICACIÓN:

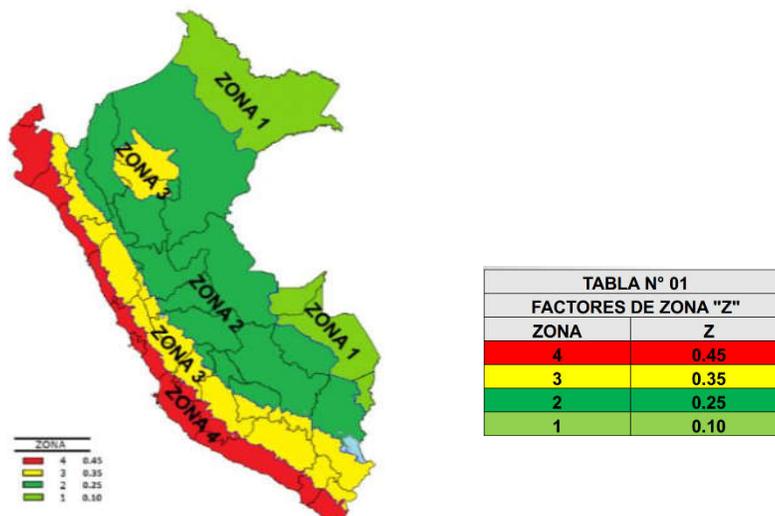


Figura 15: Mapa de Zonificación E.030
Fuente: NTP E.030

CONDICIONES GEOTÉCNICAS

PERFILES DE SUELO

Se definen 4 tipos de suelos y S0 para roca sana

Tabla N° 2			
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo
Fuente: NTP E.030

\bar{V}_s = Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte

\bar{N}_{60} = Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar

\bar{s}_u = Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no dreanda

PARÁMETROS DE SITIO

El tipo de perfil de suelo se considera en las tablas 03 y 04 la cual está representado en factores de reducción o amplificación según sea el caso, este factor será la que describa acertadamente las condiciones locales para los periodos T_p y T_L respectivamente.

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla 3: Factor de Suelo "S"
Fuente: NTP E.030

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Tabla 4: Períodos "T_p" y "T_L"
Fuente: NTP E.030

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C)

De acuerdo a las condiciones locales, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

C se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración del suelo.

CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

Categoría de las edificaciones y factor de uso

Categoría A1: Edificaciones Esenciales – Establecimientos de Salud

El factor de uso (U), Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar U=1

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1

Tabla 5: Categoría de las edificaciones y Factor "U"
Fuente: NTP E.030

SISTEMAS ESTRUCTURALES

ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

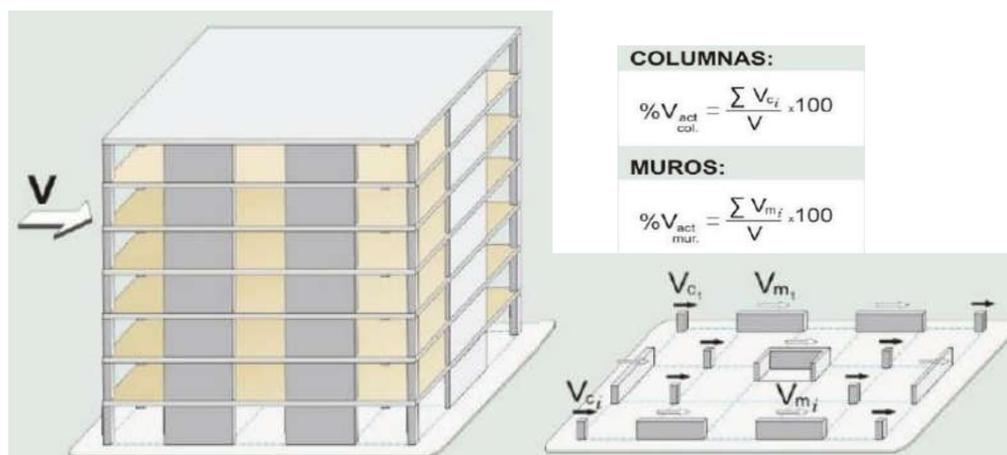


Figura 16: Sistema estructural dependiendo del % de cortante que reciben
Fuente: Google imágenes

Las características y propiedades descritas en el capítulo 21 "Disposiciones especiales para el diseño sísmico" de la Norma Técnica E.60 se deben cumplir en los elementos de concreto armado que conforman la estructura. Se tiene diferentes tipos de sistemas estructurales como:

- **Pórticos:** Por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.



Figura 17: Sistema estructural Tipo Pórtico

Fuente: Google imágenes

- **Muros Estructurales:** Sistema en el que la resistencia sísmica es obtenida por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.



Figura 18: Sistema estructural Muros estructurales

Fuente: Google imágenes

- **Dual:** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20% y 70% del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñadas para resistir por lo menos 30% de la fuerza cortante en la base.



Figura 19: Sistema estructural Dual

Fuente: Google imágenes

- **Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL):** Estructuras que tiene característica donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos.



Figura 20 : Sistema estructural Ductilidad Limitada

Fuente: Google imágenes

CATEGORÍAS Y SISTEMAS ESTRUCTURALES

Tabla N° 6 CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Tabla 6: Categoría y sistema estructural de las edificaciones
Fuente: NTE E.030

SISTEMAS ESTRUCTURALES Y COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SISMICAS (R_0)

Se toma un coeficiente básico de reducción a partir del sistema estructural a diseñar se van a clasificar según el material usado y el tipo de estructuración como se indica en la tabla n°07. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presenta más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Tabla 7: Sistemas Estructurales
Fuente: NTE E.030

REGULARIDAD ESTRUCTURAL

Las edificaciones serán clasificados como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10
- Establecer los procedimientos de análisis
- Determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas.

Es muy importante controlar las irregularidades en el sistema y la norma e030 exige 2 tipos de irregularidades, Irregularidades en Altura I_a e irregularidades en planta I_p , cada una tiene su factor de reducción.

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Tabla 8: Categoría y regularidad de las edificaciones

Fuente: NTE E.030

Estructuras Regulares: Son las que, en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las tablas N° 08 y N° 09

En estos casos, el factor I_a o I_p será igual a 1.0

Estructuras Irregulares: son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las tablas N° 08 y N° 09.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales podrán calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales podrán calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,50
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.</p>	0,60

Tabla 9: Irregularidad estructural en altura

Fuente: NTE E.030 - 2018

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

Tabla 10: Irregularidad estructural en planta

Fuente: NTE E.030 - 2018

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SISIMICAS “R”

El coeficiente de reducción se obtendrá como la multiplicación del coeficiente R_0 determinado de la Tabla N° 07 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N°08 y N°09

$$R = R_0 \cdot I_p \cdot I_A$$

$$R = R_0 \cdot I_p \cdot I_A$$

SISTEMAS DE AISLAMIENTO SISMICO Y SISTEMAS DE DISIPACIÓN DE ENERGIA

“Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible), y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente: “Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010

La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.”(E.030-2016)

2.2.6 ASCE/SEI 7-10

Como manda la norma E.030 para el diseño nos tenemos que apoyar en lo aplicable a esta norma y entonces se describirá los puntos relevantes e importantes de la misma donde nos concentraremos en el capítulo 17 “Seismic Design Requirements for Seismically Isolated Structures” y en medida que sea necesario en el capítulo 11 y 12 “Seismic Design Criteria” y “Seismic Design Requirements for Building Structures” respectivamente.

REQUISITOS GENERALES PARA EL DISEÑO DETERMINAR EL FACTOR DE IMPORTANCIA

El factor de importancia I_e deberá tomarse como 1.0 para estructuras sísmicamente aisladas, independientemente de su asignación de la categoría de riesgo.

Categoría de Riesgo de Edificios y otras estructuras para inundaciones, viento, nieve, terremoto y cargas de hielo	
Uso o Ocupación de edificaciones y estructuras	Categoría de Riesgo
Edificios y otras estructuras que representan bajo riesgo de pérdidas humanas ante un evento	<i>I</i>
Todos los edificios y otras estructuras excepto las que estas nombradas como categoría I, III y IV	<i>II</i>
Edificios y otras estructuras, que durante el fallo puede ocasionar pérdidas humanas sustanciosas Edificios y otras estructuras, no incluidas en la categoría IV, con un potencial de ocasionar impacto económico importante y/o alterar el día a día de la población ante un evento de falla	<i>III</i>
Edificios y otras estructuras no incluidas en la categoría IV (incluyendo, pero no limitado a, instalaciones que producen, procesan, manejan, venden, usan, o disponen de sustancias como combustibles, químicos peligrosos, desechos nocivos, o explosivos)	
Edificios y otras estructuras designadas como instalaciones esenciales	<i>IV</i>
Edificios y otras estructuras, que durante un evento de falla ponga en riesgo a la comunidad	

Tabla 11: Uso, ocupación de edificaciones
Fuente: ASCE/SEI 7-10

Factor de importancia por categoría de riesgo de Edificios y otras estructuras para inundaciones, viento, nieve, terremoto y cargas de hielo

Categoría de Riesgo del Cuadro anterior	F. Importancia Nieve I_s	F. Importancia Hielo - Espesor I_i	F. Importancia Hielo - Viento I_w	F. Importancia Sismo - I_e
I	0.8	0.8	1	1
II	1	1	1	1
III	1.1	1.25	1	1.25
IV	1.2	1.25	1	1.5

Tabla 12 : Factor de importancia por categoría de riesgo

Fuente: ASCE/SEI 7-10

PARÁMETROS DE ACELERACIÓN DE RESPUESTA ESPECTRAL (S_{MS} y S_{M1}) PARA EL MÁXIMO SISMO CONSIDERADO (MCE_R)

Los parámetros de aceleración de respuesta espectral para el máximo sismo considerado (S_{MS} y S_{M1}) serán determinados conforme a la sección **11.4.3** de la norma ASCE/SEI 7-10

Los parámetros para el espectro de respuesta por el máximo sismo considerado (MCER) para periodos cortos (S_{MS}) y para 1 seg (S_{M1}) serán determinadas por las siguientes ecuaciones

$$S_{MS} = F_a S_S \quad S_{M1} = F_v S_1$$

donde los coeficientes de sitio F_a y F_v son definidos en las tablas 11.4-1 y 11.4-2 respectivamente.

Tabla 13 : Parámetros para Máximo Sismo Considerado (MCE)

Fuente: ASCE/SEI 7-10

Table 11.4-2 Site Coefficient, F_v

Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE _R) Spectral Response Acceleration Parameter at 1-s Period				
	$S_I \leq 0.1$	$S_I = 0.2$	$S_I = 0.3$	$S_I = 0.4$	$S_I \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	See Section 11.4.7				

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_I .

Tabla 14 : Parámetros para periodo de 1 segundo

Fuente: ASCE/SEI 7-10

Table 11.4-1 Site Coefficient, F_a

Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE _R) Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	See Section 11.4.7				

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_s .

Tabla 15 : Parámetros para periodos cortos

Fuente: ASCE/SEI 7-10

Los coeficientes de sitio F_a y F_v nos determinan la amplificación que se da de acuerdo al tipo de suelo en donde se ha cimentado la estructura es un homologo al cuadro que nos presenta la norma técnica peruana E.030 (tabla N° 3 y 4) donde las clases de sitio (Site class) (A,B,C,D,E,F) representan a la norma E0.30 como suelos (S0,S1,S2,S3)

Parámetros de aceleración espectral en Diseño

Los parámetros para el espectro de aceleraciones en diseño para periodos cortos S_{DS} y para periodos largos de 1 seg, S_{D1} , se determina a partir de las ecuaciones 6546546, respectivamente:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

Diseño de Espectros de Respuesta

Cuando un espectro de respuesta de diseño es requerido por esta norma y los procedimientos de movimiento de tierra no se usen (registros sísmicos), se desarrollará la curva del espectro de respuesta de diseño como se indica en la figura--

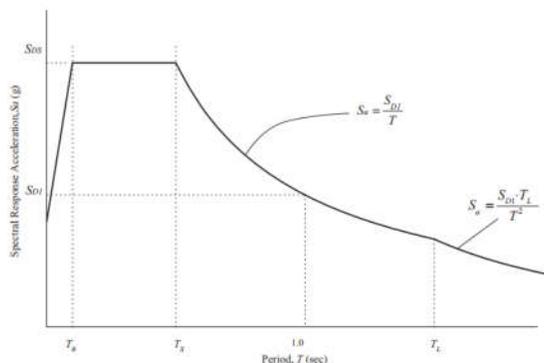


Figura 21: Diseño de espectro de respuesta
Fuente: ASCE/SE 7-10 ch 11 fig 11.4-1

1. Para los periodos de menos de T_0 , la aceleración de respuesta espectral de diseño S_a , se tomarán con la siguiente formula:

$$S_a = S_{DS}(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0})$$

2. En periodos mayores o iguales a T_0 y menores o iguales a T_s , la aceleración de respuesta espectral de diseño S_a , se tendrán igual a S_{DS} .
3. Para periodos superiores a T_s e inferior o igual a T_L , la aceleración de respuesta espectral de diseño S_a se tomara de la siguiente formula:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Donde:

S_{DS} = Parámetro de aceleración de respuesta espectral de diseño en periodo corto

S_{D1} = Parámetro de aceleración de respuesta espectral de diseño en periodos 1seg.

T = Periodo objetivo.

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = Periodo de transición ha periodo largo (ver tabla n° 04)

Máximo Riesgo Considerado (MCE) Espectro de Respuesta

El espectro de respuesta MCE, se determinará multiplicando el espectro de respuesta de diseño por 1.5.

PROCEDIMIENTOS PARA CALCULAR LA FUERZA LATERAL EQUIVALENTE

Sismo cortante en la base

El sismo cortante en la base (V), dado en una dirección será determinado acorde a la siguiente ecuación:

$$V = C_s W$$

Donde:

C_s = Coeficiente de respuesta sísmica

W = Peso efectivo de la edificación

Calculo del coeficiente de respuesta sísmica

El coeficiente de respuesta sísmica deberá ser determinando acorde a la siguiente formula:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Donde:

S_{DS} = Parámetro de aceleración espectral de diseño para periodo corto

R = Factor de reducción sísmica

I_e = Factor de importancia determinado en la tabla --

Limite Superior

El valor C_s no tiene que superar los siguientes límites:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \text{ para } T \leq T_L$$

$$C_s = \frac{S_{D1}T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \text{ para } T > T_L$$

Límite inferior

C_s no deberá ser menor a:

$$C_s = 0.044S_{Ds}I_e \geq 0.01$$

Además, para las estructuras ubicadas en $S1 \geq 0.6g$, C_s no deberá ser menor a:

$$C_s = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

DESPLAZAMIENTOS LATERALES MÍNIMOS

Desplazamiento de Diseño D_D

El sistema de aislamiento debe ser diseñado y construido para soportar desplazamientos laterales mínimos del terreno, que actúan en las direcciones principales horizontales de la estructura

$$D_D = \frac{gS_{D1}T_D}{4\pi^2 B_D}$$

Donde:

g = gravedad, las unidades de g (in/s^2) (mm/s^2)

S_{D1} = Aceleración espectral para diseño con un 5% de amortiguamiento crítico para periodos de 1 seg.

T_D = Periodo efectivo de la estructura sísmicamente aislada en seg.

B_D = Coeficiente numérico relacionado con la amortiguación efectiva del sistema de aislamiento en el desplazamiento de diseño, β_D , como expone la siguiente tabla.

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

Tabla 16 : Amortiguamiento efectivo
Fuente: ASCE/SEI 7-10

Periodo efectivo para Desplazamiento de Diseño T_D

El periodo efectivo de la estructura aislada para el desplazamiento de diseño, T_D se determinara según las características de deformación del sistema de aislamiento y mediante la siguiente ecuación

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} g}}$$

Donde:

g = gravedad, las unidades de g (in/s^2) (mm/s^2)

K_{Dmin} = Rigidez efectiva mínima en Kips/in (Kn/mm) del sistema de aislación para sismo de diseño

W = Peso efectivo de la estructura

Desplazamiento Máximo D_M

El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento, en la dirección más crítica se calculara usando la siguiente ecuación

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

Donde:

g = gravedad, las unidades de g (in/s^2) (mm/s^2)

S_{M1} = Maxima Aceleración espectral para diseño con un 5% de amortiguamiento crítico para periodos de 1 seg.

T_M = Periodo efectivo de la estructura sísmicamente aislada en seg., con el desplazamiento máximo en la dirección considerada, según la ecuación...

B_M = Coeficiente numérico relacionado con la amortiguación efectiva del sistema de aislamiento en el desplazamiento de diseño, β_M , tabla ---.

Período Efectivo para Desplazamiento Máximo Esperado T_M

El periodo efectivo se determinará según las características de deformación del sistema aislado y la ecuación

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} g}}$$

Testing

Las características de deformación y los valores de amortiguamiento del sistema de aislamiento usados en el diseño y el análisis de estructuras sísmicamente aisladas se basarán en las pruebas de una muestra seleccionada de los componentes antes de la construcción, como se describe en esta sección.

Ensayos de Prototipo

Las pruebas serán realizadas separadamente a dos especímenes de tamaño completo de cada tipo predominante y tamaño de aislador del sistema de aislamiento.

Los especímenes probados no serán usados para la construcción a no ser que sean aceptados por el profesional del diseño responsable del diseño de la estructura y aprobados por la autoridad de jurisdicción.

Secuencias y ciclos

La siguiente secuencia de pruebas será realizada para un número establecido de ciclos en la carga vertical igual al promedio de carga muerta más la mitad de los efectos debido a la carga viva en todas las unidades de aisladores para un mismo tipo tamaño.

- Tres ciclos de carga totalmente invertidos para cada uno de los siguientes incrementos del desplazamiento total de diseño $0.25D_D$, $0.5D_D$, $1.0 D_D$ y $1.0D_M$ donde D_D y D_M son determinadas en las secciones talesssss

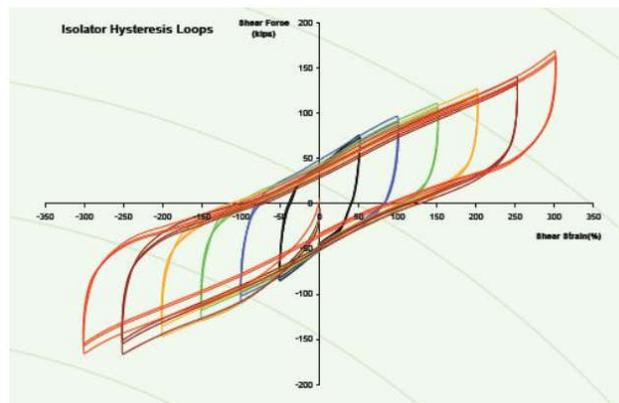


Figura 22: Diagrama Histerético
Fuente: Dynamic Isolation Systems

PROPIEDADES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

Máxima y Mínima Rigidez efectiva

En el desplazamiento de diseño, la máxima y mínima rigidez efectiva del sistema de aislamiento k_{Dmax} y k_{Dmin} , serán basados en las pruebas cíclicas mencionadas de la sección anterior y calculados usando las siguientes ecuaciones

$$K_{Dmax} = \frac{\sum |F_D^+|_{max} + \sum |F_D^-|_{max}}{2D_D}$$

$$K_{Dmin} = \frac{\sum |F_D^+|_{min} + \sum |F_D^-|_{min}}{2D_D}$$

En el desplazamiento máximo, la máxima y mínima rigidez efectiva del sistema de aislamiento serán basadas en las pruebas cíclicas y calculadas con las siguientes ecuaciones

$$K_{Mmax} = \frac{\sum |F_M^+|_{max} + \sum |F_M^-|_{max}}{2D_M}$$

$$K_{Mmin} = \frac{\sum |F_M^+|_{min} + \sum |F_M^-|_{min}}{2D_M}$$

Desplazamiento Total

El desplazamiento total de diseño D_{TD} , y el desplazamiento total máximo, D_{TM} de los elementos del sistema de aislamiento incluirán el desplazamiento adicional debido a la torsión real y accidental calculada de la distribución espacial de la rigidez lateral del sistema de aislamiento y la posición más desfavorable de la excentricidad de masas.

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

Donde:

D_D = Desplazamiento de diseño en el centro de rigidez del sistema de aislamiento

D_M = Desplazamiento máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento

y = La distancia entre el centro de rigidez y el centro de masas

e = La excentricidad real medida en planta entre el centro de masas y el centro de rigidez del sistema de aislamiento, más la excentricidad accidental, en pies (mm), tomado como el 5 por ciento de la mayor dimensión en planta de la estructura perpendicular a la dirección de la fuerza bajo consideración.

d = La dimensión más larga en planta de la estructura.

b = La dimensión en planta más corta de la estructura medida perpendicularmente a d .

MÍNIMAS FUERZAS LATERALES

El sistema de aislamiento, la cimentación y todos los elementos estructurales debajo del sistema de aislamiento serán diseñados y construidos para soportar una mínima fuerza lateral sísmica V_b usando todos los requerimientos adecuados para una estructura no aislada y según lo dispuesto por la siguiente ecuación

$$V_b = k_{DMax} D_D$$

Donde:

K_{Dmax} = Máxima rigidez efectiva, en kips/in (kN/mm), del sistema de aislamiento

D_D = Desplazamiento de diseño en in. (mm)

V_b = No deberá tomar menos que la fuerza máxima en el sistema de aislamiento en ningún desplazamiento incluyendo el desplazamiento de diseño.

Elementos Estructurales encima del Sistema de Aislamiento

Por encima de la estructura del sistema de aislamiento será diseñada para soportar una mínima fuerza cortante, usando todos los requerimientos para una estructura no aislada y según la siguiente ecuación

$$V_s = \frac{k_{Dmax} D_D}{R_1}$$

Donde:

K_{Dmax} = Máxima rigidez efectiva, en kips/in (kN/mm), del sistema de aislamiento

D_D = Desplazamiento de diseño en in. (mm)

R_1 = Coeficiente numérico relacionado al tipo de sistema fuerza-resistencia sísmica encima del sistema de aislamiento

El factor R_1 está basado en el tipo de sistema fuerza – resistencia sísmica aplicada por la super estructura y será 3/8 del valor de R dado en la tabla del RNE 0.30, con un valor máximo de 2.0 y un valor mínimo de 1.0.

LÍMITES DE V_s

El valor de V_s no será tomado menor que lo siguiente:

1. La fuerza lateral requerida por la sección ($f_s=wxcs$) para una estructura fija del mismo peso efectivo, y un periodo igual al periodo aislado.
2. La cortante en la base correspondiente a las cargas factoradas de diseño por viento
3. La fuerza lateral sísmica requerida para activar totalmente el sistema de aislamiento

FUERZA DE RESTAURACIÓN LATERAL

El sistema aislado será configurado para producir una fuerza de restauración tal que la fuerza lateral para el desplazamiento total de diseño sea por lo menos $0.025W$ mayor que la fuerza lateral al 50% del desplazamiento total de diseño.

2.2.7 INTRODUCCIÓN AL AISLAMIENTO DE BASE

La capacidad de los aisladores sísmicos a proteger o disipar energía de efectos sísmico, separando la estructura del suelo y proporcionándole amortiguamiento.

Este aislamiento permite a la estructura no tener esfuerzo de deformación en los entresijos comportándose con mayor flexibilidad en la parte de los aisladores, lo cual mejora su respuesta ante un terremoto. El amortiguamiento añadido permite que la energía del terremoto sea direccionada o disipada por el sistema de aislamiento, reduciendo la energía transferida a la estructura.

El aislamiento sísmico se obtiene físicamente mediante la colocación de aisladores debajo de la estructura. Los aisladores son elementos lateralmente flexibles y también tiempo son capaces de soportar las cargas axiales recibidas en los pilares de la estructura. Dado que los aisladores son más flexibles que la estructura, la mayor parte de los movimientos laterales se producen en los aisladores.

¿Qué tipos de estructuras son factibles de aislar?

- Los hospitales, puentes, etc.; construcciones que necesitan funcionar durante e inmediatamente después de un terremoto.
- Estructuras con contenidos valiosos o funcionales, tales como data centers, instalaciones de comunicaciones, locales de fabricación de alta tecnología y museos.
- Los edificios con elevados densidad ocupacional como los edificios residenciales tanto de alta mediana y baja altura y edificios donde se albergue oficinas.
- Estructuras declaradas como históricas.
-

DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA AISLADA

La tecnología de aislación sísmica suministra un desempeño mejorado en comparativa al diseño estructura con base fija conformado con cimientos, zapatas o losas de fundación. Hasta en un 75% los esfuerzos y desplazamientos en la estructura se logran reducir. El sistema de aislamiento logra deformarse lateralmente durante un sismo. Después del sismo, la estructura se encuentra operativa y funcional con poco o ningún daño.

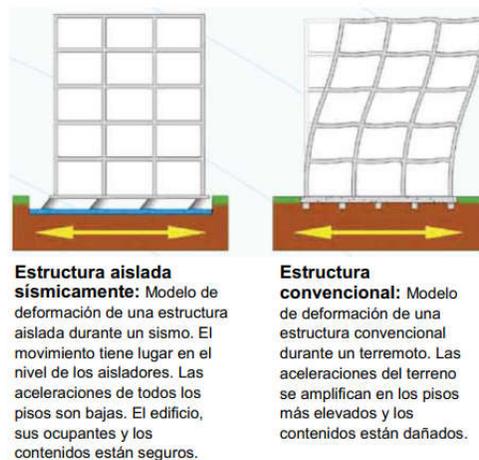


Figura 23: Comportamiento estructural
Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA CONVENCIONAL

El diseño estructural tradicional está orientado a prevenir las fallas y pérdidas de vidas. Este enfoque de diseño no tiene en cuenta la ocupación inmediata, el mantenimiento del diseño tradicional se basa en la ocurrencia de daños a la estructura, tales como deformaciones elásticas y plásticas. El diseño dúctil de los elementos a flexión ayuda a evitar el colapso de la estructura. Inherente a este diseño, está la posibilidad de un daño significativo a la estructura, al contenido y una inoperativa luego de un terremoto.

DISEÑO Y MODELADO

Los diseños de los aisladores sísmicos se ejecutarán en el software ETABS después de pasar por el pre dimensionamiento de acuerdo de los parámetros y propiedades de los materiales de acuerdo al fabricante internacional que tiene sede en Perú. El comportamiento de un soporte de caucho con núcleo será modelado como un elemento de histéresis bilineal, con una rigidez inicial(K_e), rendimiento de fuerza (F_y) y la rigidez secundaria (K_d).

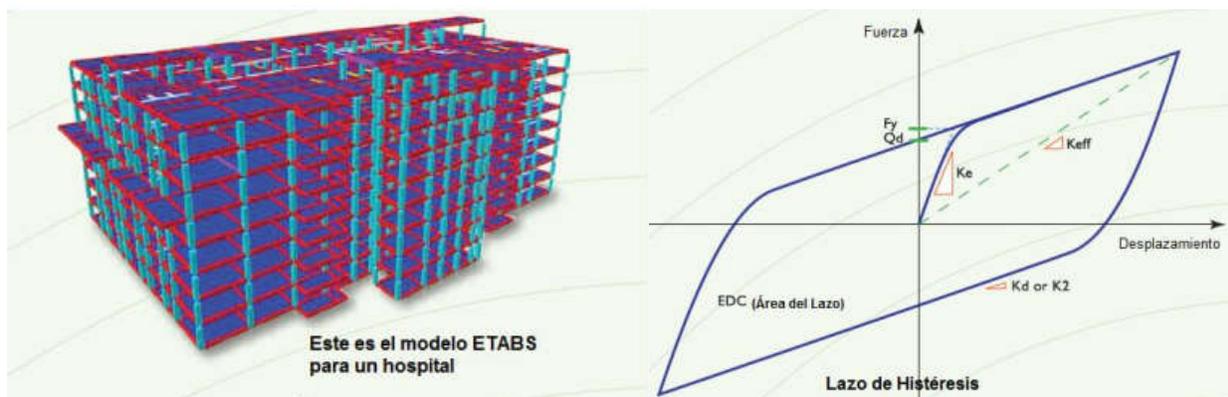


Figura 24: Comportamiento estructural Aislado
Fuente: Dynamic Isolation Systems

Para el análisis espectral, se requiere la rigidez efectiva (K_{eff}) y el amortiguamiento viscoso equivalente, el cual se obtiene a partir de la EDC (energía disipada por ciclo) del aislador.

Para el análisis Tiempo – Historia no lineal, se utilizan las propiedades bilineales del aislador (Rigidez K_e , rendimiento de la fuerza F_y y la rigidez secundaria K_d). También se requiere la rigidez vertical de los aisladores como parte de la descripción del elemento.

HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO DE CHILE

Una prueba bien documentada y que tuvo éxito en Chile durante el sismo es el Hospital Militar de Santiago ubicado en Chile, es uno de los hospitales más grandes en América Latina que ha sido proyectado con aislación sísmica, y tuvo un excelente desempeño estructural durante el sismo ocurrido el 27 de febrero del 2010 (epicentro en el mar, frente a las localidades de Curanipe y Cobquecura, Mw 8.8)



Figura 25: Hospital Militar "La reina" – Santiago de Chile

Fuente: Aplicación de control de gestión para el hospital de Santiago



Figura 26: Aisladores Hospital Militar “La reina” – Santiago de Chile
Fuente: Aplicación de control de gestión para el hospital de Santiago

2.8. FILOSOFIA DEL AISLAMIENTO SÍSMICO:

El principio fundamental del aislamiento sísmico es modificar la respuesta dinámica de la estructura (rigidez, masa y amortiguamiento), de tal manera que el suelo pueda desplazarse debajo de ella sin transmitir alguno de sus movimientos.

Es el estado de ser separada la base que soporta una estructura. Como se sugiere en el sentido literal, la estructura es separada de su cimentación. Esta terminología es comúnmente reemplazada hoy en día por el concepto de Aislamiento Sísmico. En otro sentido este término es más preciso para definir la separación de una estructura de los efectos sísmicos.

El aislamiento sísmico es una aplicación establecida en el que una estructura se coloca sobre un material que contenga baja rigidez lateral, tal como el caucho que logra conseguir una base flexible y durante un sismo es capaz de filtrar las altas frecuencias del movimiento del suelo, evitando así daños a la estructura o incluso el colapso.



Figura 27: Aislador de goma-plomo
Fuente: Comunidad para la ingeniería civil

¿CUÁL ES EL OBJETIVO DEL AISLAMIENTO SÍSMICO?

Simply es llevar el periodo predominante de la estructura ya sea en X o en Y a un tiempo donde las aceleraciones sean mínimas.

Cuando hablamos de aislamiento es llevar el periodo, modificar el comportamiento dinámico de una estructura mediante el cambio de posición, es decir llevar el periodo de la estructura de base empotrada a periodos largos donde las aceleraciones sean las mínimas en ellas.

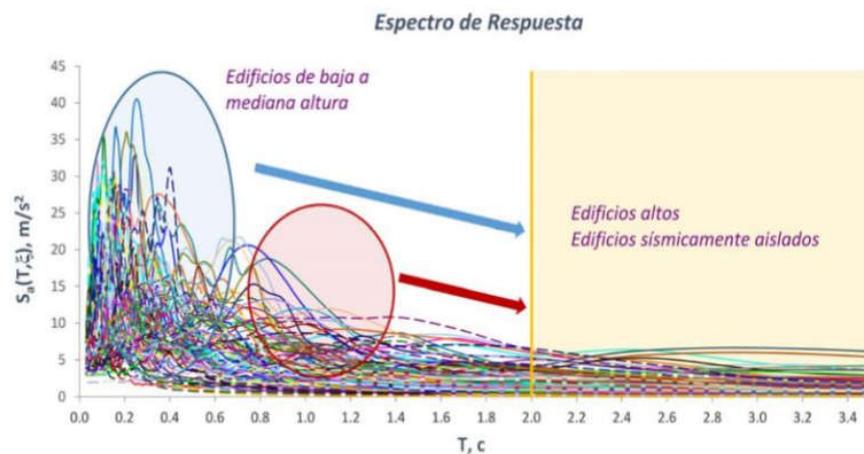


Figura 28: Respuesta sísmica de edificios aislados

Fuente: Comunidad para la ingeniería civil

Los sistemas de aislamiento sísmico suponen la instalación de unidades de aislamiento (aisladores) bajo puntos específicos de soporte de una estructura.

Los aisladores poseen una rigidez lateral mucho menor que la rigidez lateral de la estructura. Los sistemas de aislamiento sísmico limitan la transferencia de energía sísmica a la estructura.

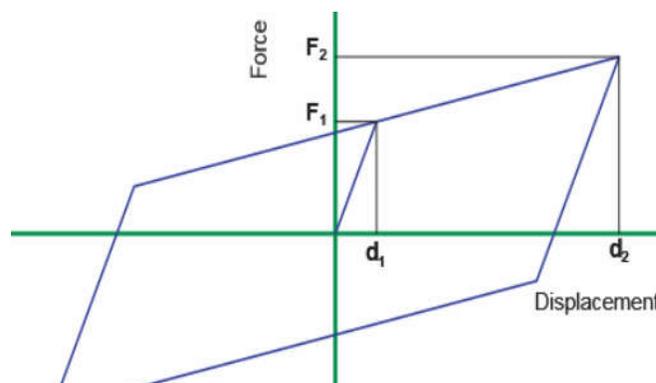


Figura 29: Diagrama Histerético "Esfuerzo - Desplazamiento"

-Fuente: Google imágenes

El sistema de aislamiento sísmico representa el equilibrio entre la reducción de las fuerzas sísmicas y el incremento de los desplazamientos.

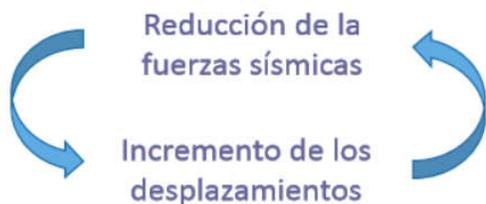


Figura 30: Resultados Aislación Sísmica

Fuente: Google imágenes

Con el aumento de la flexibilidad del sistema de aislamiento sísmico, movimientos relativos de la estructura con respecto a su base pueden convertirse en un problema bajo cargas no sísmicas como cargas de viento.

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE AISLAMIENTO

- Unidad de Aislamiento
- Interfaz de Aislamiento
- Sistema de Aislamiento

UNIDADES DE AISLAMIENTO

Aislador Elastomérico de Caucho Natural de Bajo Amortiguamiento (LDR)



Figura 31: Aislador Elastomérico de Caucho de Bajo Amortiguamiento (LDR) “

Fuente: Google Imágenes

Aislador Elastomérico de Caucho con Núcleo de Plomo (LRB)



Figura 32: Aislador Elastomérico de Caucho con núcleo de plomo (LRB) “
Fuente: Google Imágenes

Aislador Elastomérico de Caucho de Alto Amortiguamiento (HDR)



Figura 33: Aislador Elastomérico de Caucho de Alto Amortiguamiento (HDR)
Fuente: Google Imágenes

Aislador de Péndulo de Fricción



Figura 34: Aislador de Péndulo de Fricción

Fuente: Google Imágenes



Figura 35: Comparación entre estructura empotrada en la base y estructura aislada

Fuente: Google Imágenes

LAZO HISTERÉTICO

Para entender el comportamiento del aislador elastomérico se expondrá las propiedades mecánicas en el procedimiento analítico lo cual nos lleva a un análisis no lineal.

La no linealidad de la estructura resulta de dos fuentes: Deformación inelástica de la superestructura y las altas deformaciones en el sistema de aislamiento.

Las deformaciones se dan en el sistema de aislamiento y se puede decir que la superestructura tendrá una respuesta lineal por ser más rígida que el sistema; Con esta suposición se consideran las propiedades no lineales a los aisladores.

A continuación, se presentan el comportamiento de los aisladores elastomérico (Histerético y viscoelástico)

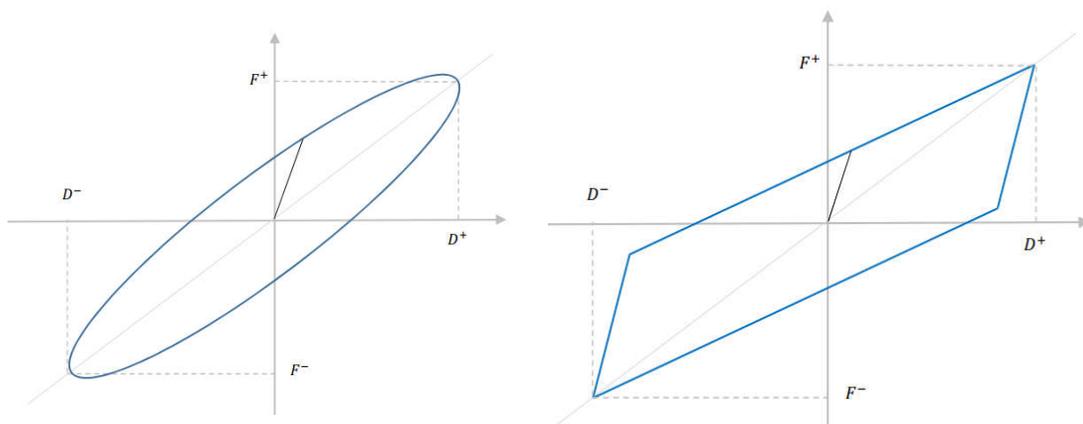


Figura 36: Lazo Histerético
Fuente: Elaboración Propia

El modelo Histerético de los aisladores son independientes a la velocidad, en este modelo los desplazamientos máximos y mínimos ocurren al cortante máximo y mínimo respectivamente.

El modelo viscoelástico se encontró que las propiedades eran dependientes de la velocidad, aquí los cortantes máximos y mínimos ocurren antes de los desplazamientos máximos y mínimos.

Para determinar un modelo bilineal se inicia definiendo 3 parámetros básicos, según las propiedades de cada tipo de aislador.

El valor de la cortante de \overline{cd} es igual a $2F_Y$, F_Y es la fuerza de fluencia; más allá del punto d, la trayectoria de descarga es paralela a \overline{bc} con la misma magnitud de K_p .

La rigidez efectiva K_{eff} , en la región de postfluencia puede ser expresada en términos de rigidez postfluencia K_p y de la fuerza característica Q con su correspondiente desplazamiento lateral D.

$$K_{eff} = K_p + \frac{Q}{D}$$

El desplazamiento de fluencia D_Y es definido con la siguiente ecuación:

$$D_Y = \frac{Q}{K_e - K_p}$$

La fuerza de fluencia F_Y , en el desplazamiento de fluencia D_Y se determina de acuerdo a la siguiente ecuación

$$F_Y = Q + k_p D_y$$

El amortiguamiento efectivo β_{eff} se define como:

$$\beta_{eff} = \frac{E_D}{2\pi k_{eff} D^2}$$

E_D se define como la energía disipada por ciclo, es considerada también como el área del ciclo de histéresis, limitada por el desplazamiento lateral $-D$ y $+D$ en cada ciclo

$$E_D = 4Q(D - D_Y)$$

2.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

Al aislar la estructura del terreno de fundación generara que el edificio oscile en un periodo largo y que las derivas de entrepiso sean similares o hasta iguales evitando que se disipe energía a través del daño

2.3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICA

- Al aumentar los periodos de vibración reducirá los desplazamientos descontrolados de los elementos estructurales.
- Al introducir los aisladores de base el edificio se llevará a un alto periodo de oscilación entre 2,5 a 3 seg lo cual eliminaría completamente la amplificación y redundancia.
- Los aisladores de tipo LRB son elementos fabricados de láminas de plomo y caucho lo cual al ser diseñado de correcta manera soportaran las sollicitaciones de carga.
- Los aisladores analizados pasaran las pruebas teóricas sometidas.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

En un sentido general, método significa el camino más adecuado para lograr un fin, el modo de realizar con orden alguna cosa; el conjunto de actividades que se realizan para concluir una obra.

De los anterior se deduce que la metodología en la ingeniería civil es el estudio de los métodos, técnicas y procedimientos fundamentados en la disciplina de la investigación científica, que permiten al ingeniero el logro de los objetivos propuestos para la realización de las obras que proyecta.

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología es el modo de conducir la investigación, el cual va a tomar una serie de procedimientos para desembarcar en los resultados esperados. De acuerdo al objetivo de la investigación, se va a determinar el tipo de investigación al que corresponde.

En ese sentido, el siguiente trabajo de investigación corresponde a una investigación del tipo aplicada, pues su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitada.

3.1.2 ENFOQUE

El enfoque Cuantitativo ***“Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”***

Metodología de la investigación 5ta edición – Dr. R. Hernández Sampieri

La investigación cuantitativa posee la característica de plantear un problema de estudio delimitado y definido. Sus preguntas de investigación se desarrollarán sobre cuestiones específicas. Una vez planteado el problema de estudio se investigará lo anteriormente investigado y se construye un marco teórico, del cual deriva una o varias hipótesis.

La investigación cuantitativa intenta explicar y predecir los fenómenos investigados buscando regularidades y relaciones causales entre elementos; lo que significa que el principal objetivo es la construcción y demostración de teorías

Alcance de la investigación

Se definirá si la investigación se inicia como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa.

Se determinó que la investigación tiene un alcance descriptivo

Descriptivo: Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población

Metodología de la investigación 5ta edición – Dr. R. Hernández Sampieri

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Tomando en cuenta lo antes expuesto, la población de esta investigación está constituida por toda la ciudad de Huacho, Huaura, Sayán, Barranca, Vegueta, Ámbar y demás por ser un Hospital de categoría 2 cuenta con todas las necesidades de salud principales y especializadas.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

Las variables que identifican la presente investigación son las siguientes:

Variables Independientes

Utilización de Aisladores de Base

Descripción:

Se refiere al tipo de sistema pasivo, según la clasificación perteneciente a los de plastificación de metales.

Indicadores:

- Comportamiento del terreno en un sismo
- Parámetros para el diseño estructural
- Análisis, evaluación y diseño de un sistema convencional
- Aisladores Utilizados

Variables Dependientes

“Sistema de Protección Sísmica para un Establecimiento de Salud de Segundo Nivel de Atención en la ciudad de Huacho ”

Descripción:

Se refiere a la respuesta sísmica que tiene la estructura, sometido a condiciones sísmicas, y el tipo de sistema estructural estudiado.

Indicadores:

- Análisis estructural antisísmico “aisladores sísmico en los apoyos de la estructura”
- Comparación de alternativas de análisis estructural

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR
<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></p> <p>UTILIZACIÓN DE AISLADORES DE BASE</p>	<p>1.1 Consideraciones generales</p> <p>1.2 Aisladores</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de suelos • Parámetros para el análisis estructural
<p><u>VARIABLES DEPENDIENTE</u></p> <p>“SISTEMA DE PROTECCIÓN SISMICA PARA UN ESTABLECIMIENTO DE SALUD DE 2º NIVEL DE ATENCIÓN EN LA CIUDAD DE HUACHO SEGÚN NTP E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE”</p>	<p>2.1 Análisis y comparación del sistema</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis estructural antisísmico con Aislador de Base • Comparación entre convencional y aislado

Tabla 17 : Variables e indicadores de investigación

Fuente: Elaboración propia

3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos es el principal recurso que ayuda al investigador a acercarse a la singularidad y extraer información de ellos. De este modo el instrumento sintetiza la labor previa de la investigación, el marco teórico se da por resumido al seleccionar solamente datos que correspondan a los indicadores y por lo tanto a las variables.

3.4.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

✓ Análisis Documental

Una diferencia muy notoria entre esta y las otras técnicas es de que se están tratando de que estas últimas se obtiene datos de fuente primaria en cambio mediante el análisis documental se recolectan datos de fuentes secundarias, libros, boletines, revistas, folletos y periódicos; se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés. El instrumento que se acostumbra utilizar es la ficha de registro de datos.

✓ **Análisis de Consulta Indirecta:**

Esta técnica es de tener información de manera secundaria, proporcionada debido a un especialista en el tema para llegar a obtener las variables planteado en la elaboración del marco teórico de la presente investigación, es así que esta investigación de tesis está desarrollada con la ayuda del profesional Ing. Miguel Ángel Gonzales Montoro consultor externo en temas de sistemas de protección sísmica de la ciudad de Lima.

3.4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS INS. DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Descripción de los instrumentos de recolección de datos

De acuerdo a Hernández R. (2003), las técnicas de recolección de datos “Es sobre quien o quienes se van a recolectar datos dependiendo de enfoque técnico (Cualitativo y Cuantitativo), del planteamiento de problema a investigar y de los alcances”. (Pàg. 300).

➤ **Revisión Documental:**

Según Hernández (2003) define la revisión documental como “Los libros que nos proporcionan datos para el análisis y tratamiento del problema de investigación planteado” (Pàg. 44). Se consultó documentación bibliográfica relacionada con el tema de estudio con el objetivo de adquirir conocimientos de gran importancia que servirán de base y mucha ayuda para el desarrollo del trabajo de investigación. Las consultas bibliográficas estuvieron relacionadas sobre:

- Libro sobre Dinámica Estructural.
- Libro sobre “Concreto Armado”
- Libro, Artículos sobre “Estructuras con Disipadores de energía”
- Artículo y Manual sobre la diferencia entre un Disipador y Amortiguador.

- Manual de Análisis y diseño usando el programa Etabs 16.02.
- Dynamic Isolation Systems – Catálogo de diseño para aislación sísmica

➤ **Revisión Literaria:**

Es necesario obtener información sobre los antecedentes de la investigación, es decir aquellos estudios previos y tesis que estén relacionado con el problema planteado.

Es necesario la revisión de textos que aporten conceptos básicos y proposiciones relacionados al tema de tesis, consultar aquellos artículos a las normas, decretos y aplicar los artículos que sean necesarios en el proyecto.

➤ **Materiales y Equipos Requeridos:**

1. Papel.
2. Lápices.
3. Calculadora.
4. Impresora
5. Fotocopiadora.
6. Documento de Soporte.
7. Manuales, textos, folletos y Normas Nacionales e Internacionales.
8. Microsoft Office.
9. Foxit Reader.
10. Google Chrome.

➤ **Instrumentos de Ingeniería:**

Se tomará en cuenta los instrumentos que se utilizó para el desarrollo del marco teórico en este caso de los dos sistemas de estructuras que es el convencional y el aisladores de base.

- Software para análisis estructural Etabs 16.02
- SeismoSignal 2016 - Seismosoft
- SeismoMatch 2016 - Seismosoft

- Matlab 2015
- Software para dibujo de planos AutoCAD.
- Calculadora Científica.
- Laptop.

3.5 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez obtenida y recopilada la información nos abocamos de inmediato a su procesamiento, esto implica el cómo ordenar y presentar de la forma más lógica e inteligible los resultados obtenidos con los instrumentos aplicados, de tal forma que la variable refleje el peso específico de su magnitud, por cuanto el objetivo final es construir con ellos cuadros estadísticos, promedios generales y gráficos ilustrativos de tal modo que se sinteticen sus valores y puedan, a partir de ellos, extraer enunciados teóricos Sabino (Pàg. 178).

Para el análisis de datos obtenidos se siguió el siguiente procedimiento:

- Selección de la información.
- Codificación de la información.

La información obtenida se ordenará y sistematizará adecuadamente conforme a criterios y parámetros elegidos por el estudio.

Para su presentación se hará a través de cuadros comparativos y figuras que permitirá hacer más objetivo el análisis del objeto de estudio.

B. Para el procesamiento de los datos se usó los siguientes procedimientos comparativos:

- Cálculo de las derivas de ambos sistemas.
- Comparación de los periodos de ambos sistemas.
- Cálculo de los desplazamientos de los entrepisos.
- Cálculo de la fuerza cortante en cada nivel.

C. Contrastación y validación de las Hipótesis:

Como el nivel de investigación es correlacional porque tiene como objetivo encontrar la relación entre dos variables, entre “El mejoramiento del comportamiento estructural de un sistema convencional y el sistema usando aisladores de base”, para la contratación se usó

“La Contrastación por Documentación”.

La contrastación de hipótesis mediante documentación se realiza de la siguiente manera:

- Se compara un enunciado hipotético con una fuente de información pertinente y de credibilidad y con base a esta comparación, se realiza una inferencia (conclusión) sobre la veracidad o falsedad del enunciado.

D. Flujograma de la metodología del trabajo de grado:

Una vez que se ha seleccionado el diseño a utilizar en el estudio, se requiere poner en claro las formas específicas que éste habrá de adoptar conceptualizando las actividades concretas que deben realizarse para desarrollarlo, a esto se le denomina esquema de la metodología de trabajo (Sabino, 2002). A continuación, se muestran cada una de las fases que constituyen la metodología aplicada.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 EDIFICIO CONVENCIONAL

En este capítulo se presenta el cálculo sísmico del edificio hospitalario de 4 pisos la ubicación prevista es distrito de Huacho, es una zona de alta amenaza sísmica (zona 4, con una aceleración pico del terreno de 0.45g).

Para el cálculo se ha modelado el edificio en el programa ETABS (Extend Three Dimensional Analysis of Building System) creado por la empresa “Computers & Structures Inc” (CSI) y para la elaboración de tabla se usó el programa Excel a partir de los datos obtenidos del ETABS.

El diseño de concreto armado de los elementos no se presenta como parte de esta tesis ya que el objetivo es la comparación de resultados en la realización del diseño sísmico con aisladores en una zona de alta peligrosidad sísmica.

4.2 Zonificación Sísmica–Geotécnica

El mapa de zonificación Sísmica-Geotécnica para la ciudad de Huacho considera el análisis e interpretación de la información geológica, geomorfológica, geodinámica, geotécnica, sísmica y geofísica. Para la ciudad de Huacho, las características dinámicas del suelo han permitido identificar, de acuerdo a la norma E.030, la existencia de tres tipos de suelos: Tipo **S1**, **S2** y **S4**, este último asociado a condiciones excepcionales.

4.2.1 Comportamiento dinámico del suelo

La ciudad de Huacho se encuentra ubicada en las costas del océano pacífico en la región central del Perú; por lo tanto, será afectada en el tiempo por sismos con intensidades de variadas magnitudes que ocasionarían daños en la superficie. Desde este punto de vista, es importante conocer las características de la actividad sísmica en la región, así como estimar de manera probabilística los posibles valores de aceleración a presentarse en el futuro.

4.2.2 Sismicidad Regional

El borde occidental del Perú, se constituye como la principal fuente generadora de sismos. Dentro de este contexto, el borde occidental de la región central presenta actividad sísmica de tipo superficial (profundidad menor a 60 km) e intermedia (profundidad entre 61 y 350 km), siendo los primeros de mayor peligro al tener sus focos cerca de la superficie, producen daños y efectos importantes en las ciudades costeras. Una de estas ciudades es Huacho y según información contenida en el catálogo sísmico del Perú, fueron los sismos de 1940 (8.0Mw), 1966(7.5Mw), 1970(7.7Mw) y 1974 (7.5Mw) los que causaron mayores niveles de daño en la ciudad, principalmente en construcciones precarias de adobe y quincha, además de algunos escenarios de licuación de suelos.

4.2.3 Mapa de Zonificación Sísmica – Geotécnica

Para la ciudad de Huacho el IGP propuso la siguiente zonificación Sísmica – Geotécnica

ZONA 1: Conformada por estratos de grava coluvial-eluvial que se encuentran a nivel superficial o cubiertos por un estrato de material fino de poco espesor. Este suelo tiene un comportamiento rígido, con periodos de vibración natural que varían entre 0.1 y 0.2 segundos, con velocidades de ondas de corte (V_{s30}) del orden de 500m/s, correspondiendo a suelos Tipo **S1** de la norma sismorresistente peruana. La zona presenta suelos con capacidad portante de alta a media (2 – 3 Kg/cm²)

ZONA 2: Se incluye las áreas de terreno conformado por estratos superficiales de suelos granulares finos y suelos arcillosos con espesores que varían entre 3 y 16 metros, subyaciendo a estos estratos se tiene grava. Los periodos predominantes del terreno varían entre 0.5 - 0.7 segundos, velocidades de ondas de corte (V_{s30}) de 300 a 450 m/s. Las velocidades V_{s30} corresponden a suelos Tipo S2 de la norma sismorresistente peruana. La zona presenta suelos con capacidad portante de media a baja (1-2 Kg/cm²)

ZONA 3: No identificable en la zona, a pesar que se cuenta con el predominio de periodos de 0.4 a 0.8 segundos, y velocidades de ondas Vs muy bajas, no correspondiendo a lo descrito en la Norma E.030.

ZONA 4: Conformada por depósitos de arenas eólicas de gran espesor, depósitos fluviales, depósitos marinos y suelos pantanosos. El comportamiento dinámico de los suelos ha sido tipificado como suelo Tipo S4 de la norma sismorresistente peruana (Según la Norma E.030, es un caso especial y/o condiciones excepcionales)

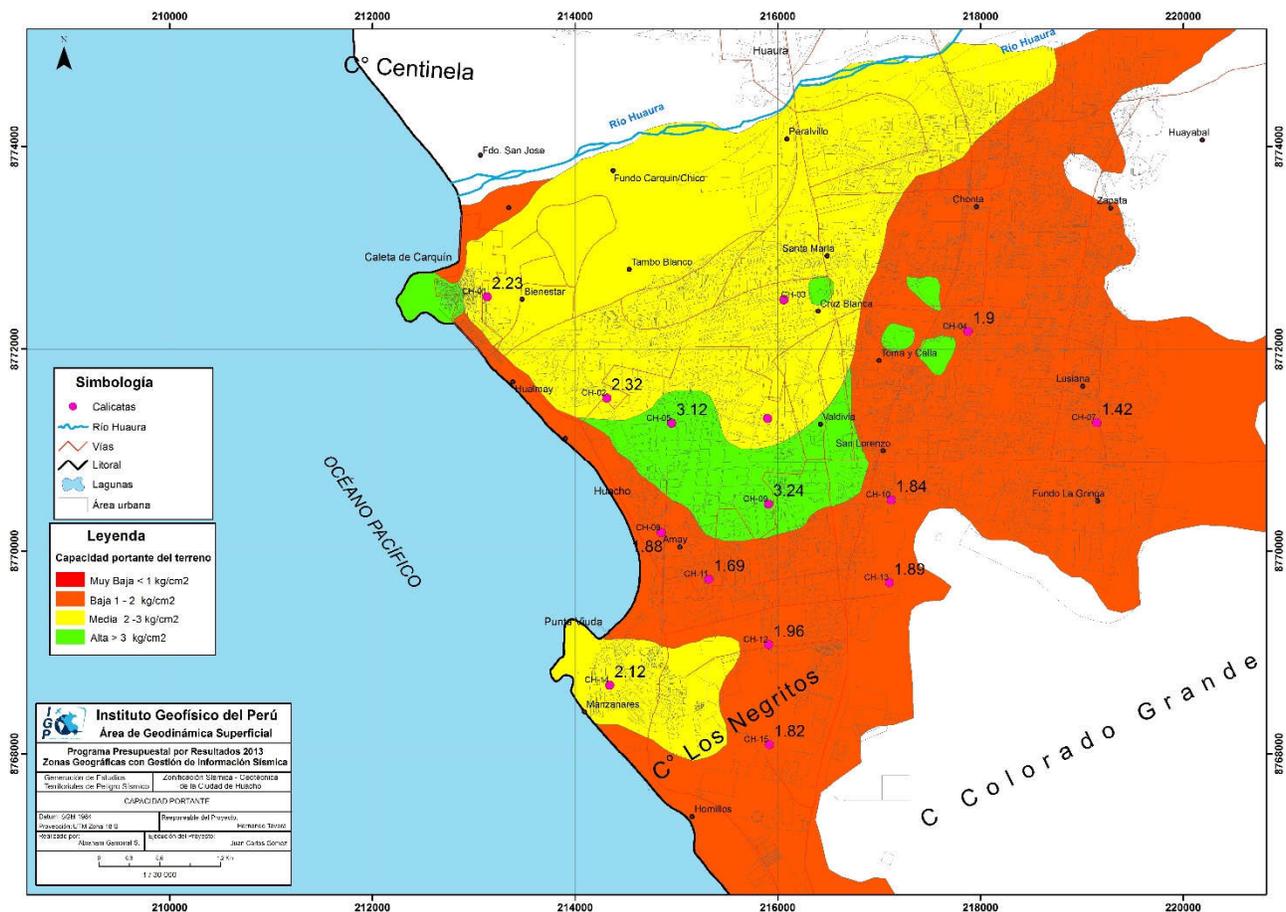


Figura 38: Capacidad Portante de suelo de Huacho
Fuente: IGP

4.2.4 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ZONIFICACIÓN SÍSMICA - GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE HUACHO			
Ubicación: Distrito de Huacho		Lugar: Av. Moore al costado Edi. "Los Robles"	
Calicata: CH-11		Nivel Freatico : NP	
Profundidad : 2.85 m			
COORDENADAS (UTM)	NORTE (m)		ESTE (m)
	8769066		215904
Valores de Capacidad portante elaborada en la ciudad de Huacho			
CALICATA	Ángulo de fricción(°)	Cohesión del suelo (Kg/cm²)	Capacidad de carga admisible (Kg/cm²)
CH-11	29.05	0	1.69






* Datos tomado por el Instituto Geofísico del Peru

Tabla 18 : Estudio de Mecánica de Suelos
Fuente: IGP

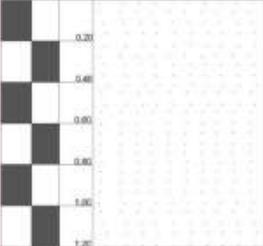
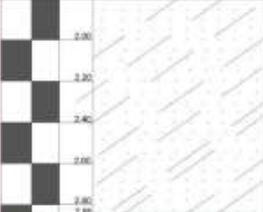
DESCRIPCIÓN DEL PERFIL			CH-11	
PROF.	GRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	SUCS
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20		Arena de grano fino		
1.40 1.60 1.80		Arena limosa, ligeramente húmeda		
2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00		Limos amarillentos con presencia de arena fina	2.85	ML con arena

Tabla 19 : Perfil Estratigráfico
Fuente: IGP

Las condiciones geológicas serán idealizadas a los parámetros que determino el estudio de “Zonificación Sísmica – Geotécnica de la ciudad de Huacho” del Instituto Geofísico del Perú, en donde la capacidad portante del suelo obtuvo una carga de 1.69 kg/cm², ubicando el suelo en una Zona 2 en el mapa de zonificación del informe y corresponde a un suelo Tipo S2 (suelo semirrígido) de la norma E.030 de diseño sismorresistente.

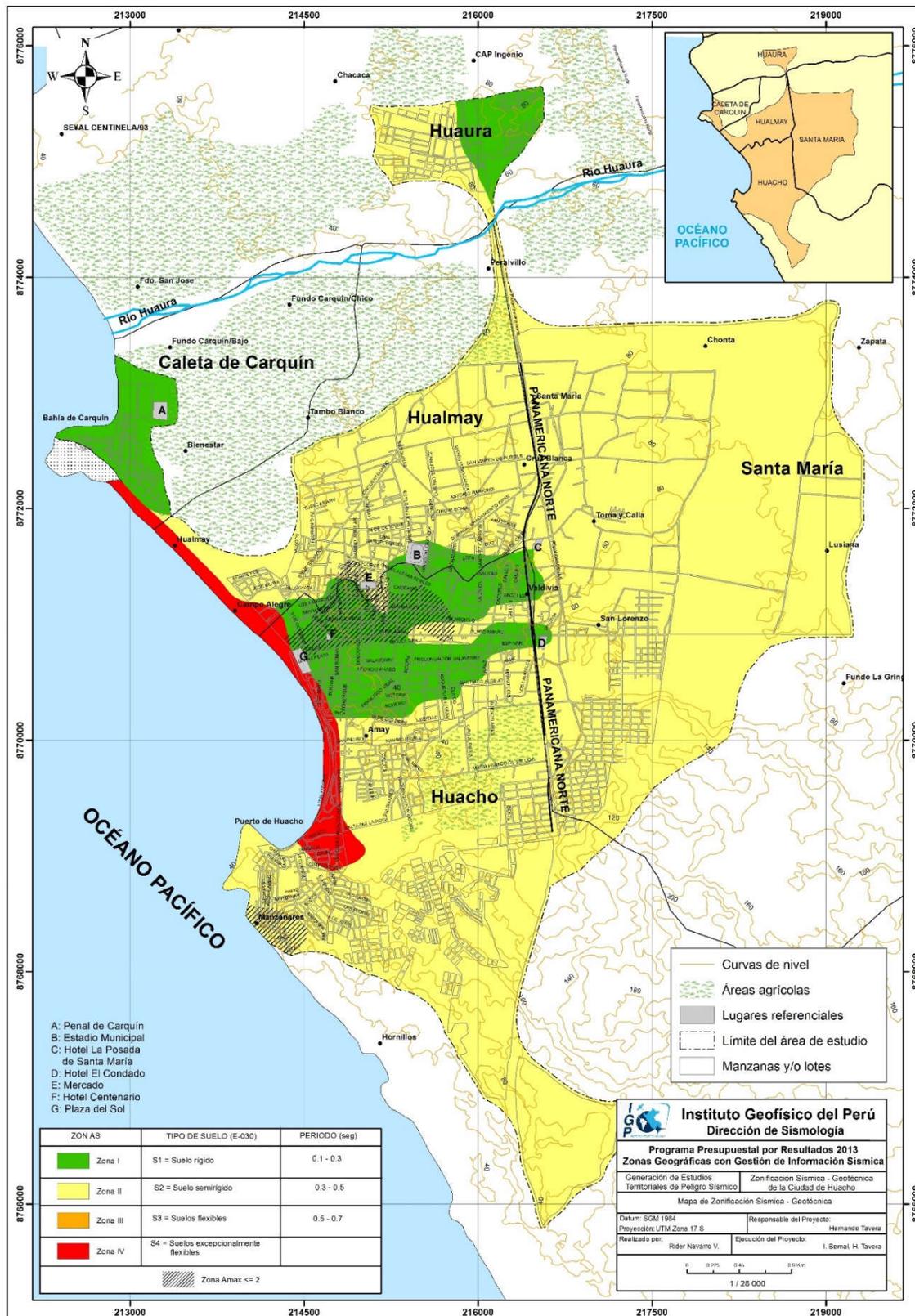


Figura 39: Mapa de Zonificación Huacho
Fuente: IGP

4.3 DATOS DEL PROYECTO

4.3.1 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL DISEÑO CONVENCIONAL

El hospital consta con 4 pisos, el primer piso con altura de 3.2 m y los siguientes con 2.9 m con una altura total de 11.9 m, medida sobre el nivel del terreno natural. El área a construir de cada piso es un área típica de 32.5x26m².

El sistema estructural es principalmente de pórticos en las 2 direcciones principales compuestos por columnas esquineras de 40x40 columnas exteriores 45x45 y columnas centrales de 55x55 y vigas de 0.30 m de ancho y 0.70m de peralte en ambas direcciones. La losa de entrepiso típica, tiene un espesor de 0.175 m y es una losa maciza en 2 direcciones. Se ha establecido un concreto de resistencia a la compresión de $f'c=280$ kg/cm² para todos los elementos estructurales; el acero se tiene una resistencia a la tensión de $f'y=4200$ kg/cm². A continuación se presentan las plantas arquitectónicas de los diferentes niveles para el mejor entendimiento de la configuración del edificio.

4.3.2 MODELACIÓN MATEMÁTICO EN ETABS v.2016

El modelo matemático de la estructura con base fija y aislada se realizó en el programa ETABS. Se eligió este programa por las ventajas y funciones de análisis que posee, además de ser uno de los programas de mayor uso comercial en el Perú

4.4 PREDIMENSIONAMIENTO

El pre-dimensionamiento es el proceso mediante el cual se estima las dimensiones de los elementos estructurales los cuales están basado en las recomendaciones de la experiencia y las consideraciones de las normas.

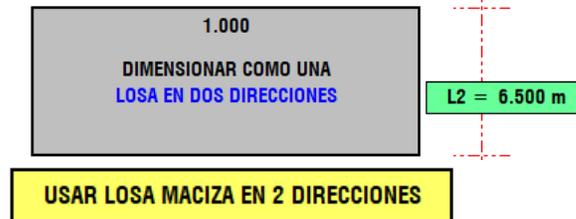
A continuación, se da los criterios de pre dimensionamiento de los elementos estructurales que se presentaron en el edificio.

4.4.1. PRE DIMENSIONAMIENTO LOSA MACIZA BIDIRECCIONAL

1) Relación entre paños:

$$\frac{L1}{L2} > 2 = \text{Losa en una direccion}$$

$$\frac{L1}{L2} < 2 = \text{Losa en dos direcciones}$$



USAREMOS : $h = 17.50 \text{ cm}$ CONFORME!!!

$L_n / 40 = 0.163 \text{ cm}$	= "h" mínimo			
$L_n / 25 = 0.260 \text{ cm}$	= 0.200	- 0.05	= 0.150 cm	= "h" máximo

ASUMIR ALTURA DE LOSA, SEGÚN LAS COMPROBACIONES, SABIENDO QUE ALTURA DE LOSA MINIMA = 12.50CM

4) Espesor Mínimo de Losas de dos direcciones:

4.1).- SEGÚN A.C.I - ALTURAS MINIMAS SIN CONTROL DE DEFORMACION:

$$L1 = 6.500 \text{ m} ; L2 = 6.500 \text{ m} ; F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \beta = 1.000$$

$$h = \frac{L1 \left(0.8 \cdot \left(\frac{F_y}{14000} \right) \right)}{36 + 9\beta} \rightarrow h = 15.89 \text{ cm} \rightarrow \text{USAREMOS : } h = 17.50 \text{ cm}$$

19.86 cm	CONFORME!!!
12.50 cm	CONFORME!!!

Donde: h = Altura total de la losa maciza en dos direcciones.

ASUMIR ALTURA DE LOSA, SEGÚN LAS COMPROBACIONES, SABIENDO QUE ALTURA DE LOSA MINIMA = 12.50CM

ALTURA DE LOSA MINIMA = 12.50CM

Diseño de Losa para 4 Lados Empotrados

$$h > L_n / 40 = 16.25 \text{ cm}$$

CONFORME

$$h > P / 180 = 13.07 \text{ cm}$$

CONFORME

4.4.2 PRE DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES

1. Datos de los Materiales:

Resistencia del Concreto; $F_c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Efluencia del Acero; Grado 60 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

2.- Datos para el dimensionamiento:

Luz mayor de La Viga P; $L_n = 6.500 \text{ m}$

Ancho Tributario; $B = 6.500 \text{ m}$

3.- Cargas Muertas y Vivas

CM de Tabiquería Movil = 150 kg/m^2

CM de Acabados = 100 kg/m^2

3.- Metrado de cargas:

$$\text{CARGA MUERTA : WD} = 950 ; \text{WL1} = 400 ; \text{WL2} = 200$$

3.1- Carga total (PU):

$$\text{Combinacion Asignada} = 1.4 (\text{WD}) + 1.7 (\text{WL})$$

Peso total de cargas de gravedad que soporta la columna cada piso = 2010.00 Kg/m²
 Peso total de cargas de gravedad que soporta la columna, del: 1^{er} Piso al Piso 3 = 6030.00 Kg/m²
 Peso total de cargas de gravedad que soporta la columna, del ultimo Nivel y/o Azotea: Piso 4 = 1586.00 Kg/m²
Peso total de cargas de gravedad en todos los Niveles: 04 Pisos = 7616.00 Kg/m²

4.- Datos Adicionales:

Altura del Primer Nivel =	2.900 mts	CORTANTE POR SISMO Vs = ZUCS x Pe Vs = 12852.00 Kg/m ² Pe = PU x Area T
Numero de Columnas =	28 colum	
Distorsion Permisible =	0.007 mts	
Modulo de Elasticidad del Concreto =	2.81E+05	

DIMENSIONAMIENTO			ANALISIS GENERAL (ESTRUCTURACION SIMETRICA)							Check	UsAR
Tipo de Columna	Area Tributaria	Vs (Kg)	b x D	-	Si b = D (cm)	b (cm) (minimo)	D (cm) (Calc)	b x D			
G	C	73.93 m ²	950148.36	684.348	-	26.16 cm	25 cm	30 cm	750.00	OK	25x30
C-1	E	10.560 m ²	135,717.12	1,416.64	-	37.64 cm	40 cm	40 cm	1,600.00	OK	40x40
C-2	L	21.120 m ²	271,434.24	2,003.43	-	44.76 cm	45 cm	50 cm	2,250.00	OK	45x50
C-3	C	42.250 m ²	542,997.00	2,833.61	-	53.23 cm	55 cm	55 cm	3,025.00	OK	55x55

4.5 ESTRUCTURACIÓN

Los datos esenciales para poder definir los parámetros de diseño en la estructura son definidos en esta sección.

4.5.1 ZONIFICACIÓN

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la figura --. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de movimientos sísmico y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información neo tectónica.



Figura 40: Mapa de Zonificación Perú
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUAURA	CHECRAS	3	CUATRO DISTRITOS
	LEONCIO PRADO		
	PACCHO		
	SANTA LEONOR		
	ÁMBAR	4	OCHO DISTRITOS
	CALETA DE CARQUÍN		
	HUACHO		
	HUALMAY		
	HUAURA		
	SANTA MARÍA		
	SAYÁN		
	VEGUETA		

Tabla 20 : Zona Sísmica Huaura
Fuente: NTP E.030

4.5.2 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El análisis a llevar a cabo en el proyecto de tesis para la edificación hospitalaria de diseño convencional, será un análisis estructural tridimensional considerando un modelo matemático de tres grados de libertad por piso, asociados a dos componentes ortogonales de translación horizontal y una rotación. Se ha desarrollado para esta parte de la tesis el análisis modal espectral, utilizando el espectro de diseño de la norma técnica E.030. Para resolver el modelo matemático, se ha utilizado el programa ETABS 16.2.

La resistencia de los materiales predominante de la estructura evaluada es:

$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, para los cuatro niveles

$f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$, para las varillas de acero corrugado

Para el análisis, las estructuras fueron modeladas con elementos finitos tipo Shell y elementos de barra tipo frame, la cual representa tanto las losas y muros, así como los elementos de barra tipo viga y columnas.

Para los elementos se tomaron en cuenta deformaciones por flexión, fuerza cortante, torsión y carga axial.

4.5.3 ESTADOS DE CARGA CONSIDERADOS

Se ha considerado los siguientes estados de carga:

PESO PROPIO (Carga Muerta)

C.VIVA (Carga Viva)

ACABADOS (Carga Muerta)

ESTATICO X-X (Carga sísmica Estática en la dirección X)

ESTATICO Y-Y (Carga sísmica Estática en la dirección Y)

DINAMICO X-X (Carga sísmica espectral en la dirección X)

DINAMICO Y-Y (Carga sísmica espectral en la dirección Y)

4.5.4 ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MODELO MATEMÁTICO

Los elementos estructurales considerados en el modelo matemático del edificio son los siguientes:

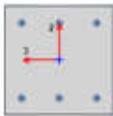
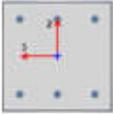
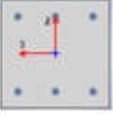
Geometría	Descripción	Descripción Gráfica
	C - 40x40	
	C - 45x45	
	C - 55x55	
	V-35x70	
	LM-17.5	

Tabla 21 : Secciones de la edificación
Fuente: Elaboración Propia

4.5.5. MODELO MATEMATICO CONSIDERADO:

Se ha desarrollado un modelo matemático en el programa ETABS, que considera las plantas presentadas en el proyecto que desde el Piso 01 al Piso 04, considerando en el modelo un total de 4 niveles con alturas de entrepiso de 2.9 m.

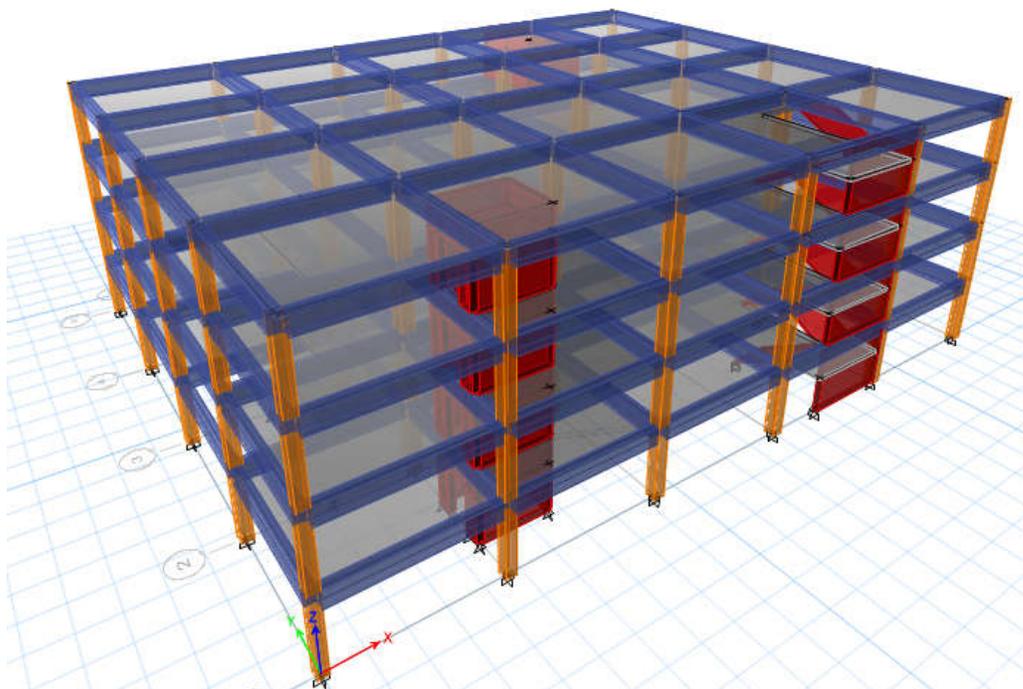


Figura 41: Vista 3D, ETABS
Fuente: Elaboración Propia



Figura 42: Vista en planta, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

4.6 DESARROLLO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.6.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

A continuación, en la tabla – se presenta las características de los materiales a emplear para cada uno de los elementos de la estructura.

PROPIEDADES DEL CONCRETO		
<i>Compresión del concreto</i>	f_c	350 kg/cm ²
<i>Módulo de elasticidad</i>	E_c	280624.304 kg/cm ²
<i>Pesa específico</i>	γ	2400 kg/m ³
<i>Coefficiente de poisson</i>	ν	0.17
PROPIEDADES DEL ACERO		
<i>Esfuerzo de Fluencia</i>	f_y	4200 kg/cm ²
<i>Módulo de elasticidad</i>	E_s	2100000 kg/cm ²

Tabla 22 : Propiedades de los materiales
Fuente: Elaboración Propia

4.6.2 CARGAS CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS

SOBRECARGAS

Se emplearon los valores que están establecidos en la tabla 01 de la norma E.020 teniendo en cuenta los diferentes tipos de uso y ocupación de los espacios que se señalan en los planos de arquitectura.

Distribución	Sobrecargas
<i>Corredores</i>	400 kg/m ²
<i>Escaleras</i>	
<i>Laboratorios</i>	300 kg/m ²
<i>Zonas de Servicio</i>	
<i>Salas de Operaciones</i>	
<i>Cuartos</i>	200 kg/m ²
<i>Azotea</i>	100 kg/m ²

Tabla 23 : Cargas consideradas en el análisis
Fuente: Elaboración Propia

CARGAS MUERTAS

La carga muerta está constituida principalmente por el piso terminando, los tabiques de albañilería perimetrales e interiores además de los dispositivos de servicio y equipos los cuales incluyen las tuberías, ductos, equipos de calefacción y aire acondicionado, instalaciones eléctricas, ascensores, maquinaria para ascensores y otros dispositivos fijos similares. La carga muerta se uniformizo con un valor de 300 kg/cm².

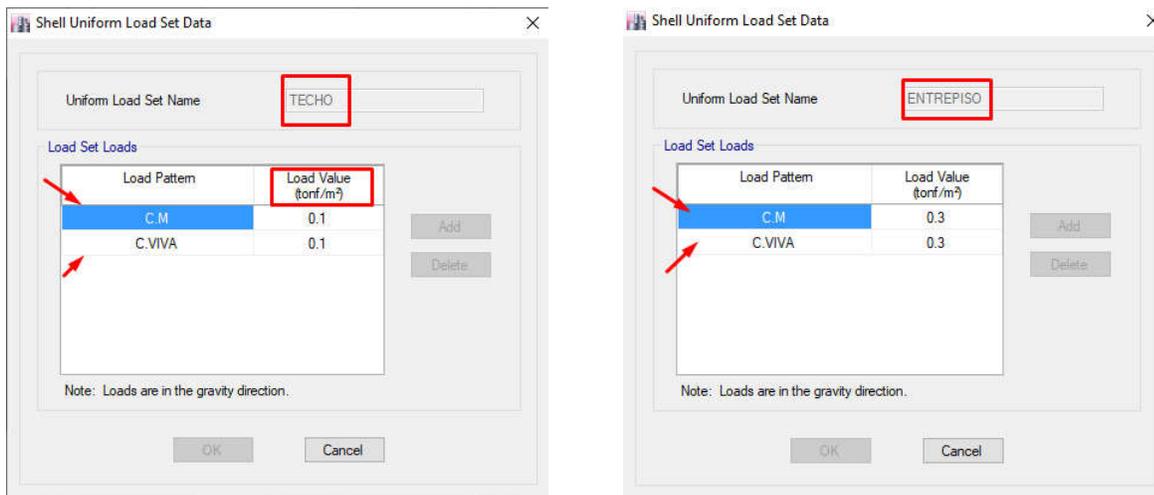


Figura 43: Set de Cargas, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

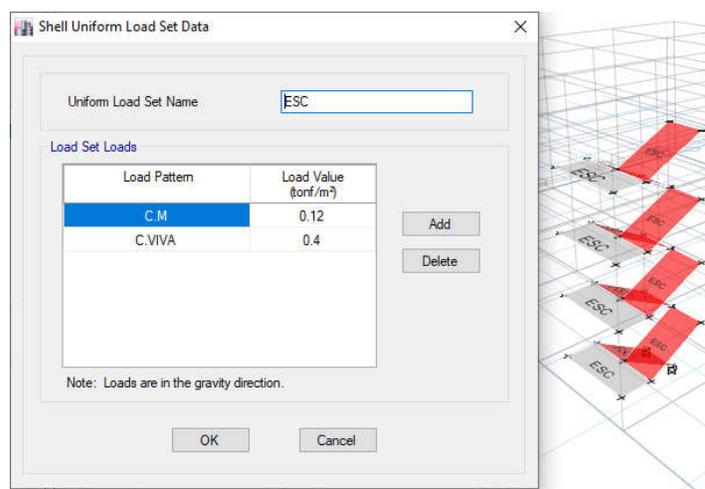


Figura 44: Set de Cargas Escalera, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

PESO PROPIO

Se realizó el modelamiento geométrico tratando en lo posible de reflejar el modelo arquitectónico, considerando para ello las diferentes secciones de los elementos estructurales como ascensores, columnas, vigas, losas, etc.

PESO DE LA EDIFICACIÓN (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera.

- a. *En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.*

RNE E.030 Diseño Sismorresistente

Para el peso de cada nivel se tomó en cuenta el 100% del peso propio y de la carga muerta más el 50 % de la carga viva o sobrecarga por ser una edificación que clasifica como tipo A (Edificación esencial) de acuerdo a la norma E.030 de diseño sismorresistente.

Mass Source Data

Mass Source Name: DL+0.5LL

Mass Source

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
C.VIVA	0.5
C.VIVA	0.5
C.M	1

Mass Options

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

Figura 45: Masa Participativa, ETABS

Fuente: Elaboración Propia

ESPECTRO DE RESPUESTA

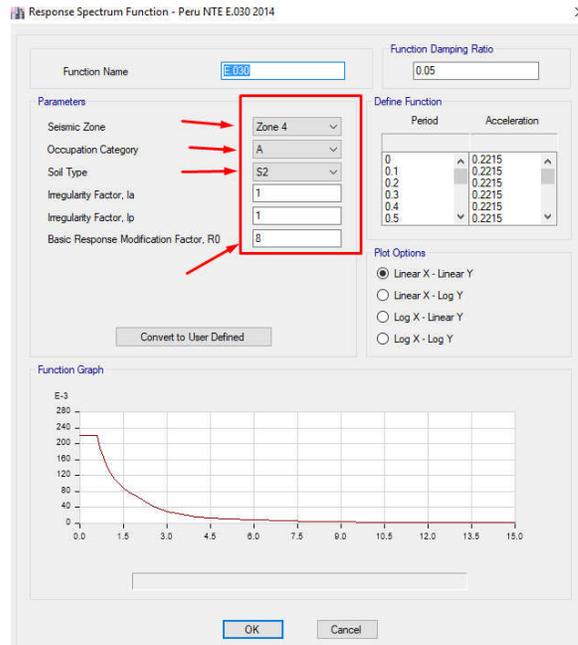


Figura 46: Espectro de aceleración, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

CARGA DE SISMO

El análisis sísmico se realizó según la norma NTE E-030 (2016), con el procedimiento de superposición modal espectral, con combinación cuadrática completa (CQC). Se ha considerado 5% de amortiguamiento de la estructura y 5% de excentricidad, así mismo se ha considerado como fuente de masa el 100% de la carga muerta más el 50% como ya se mencionó en el apartado anterior Peso de edificio.

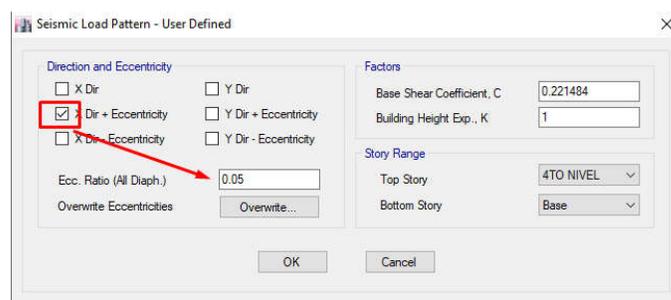


Figura 47: Análisis estático XX , ETABS
Fuente: Elaboración Propia

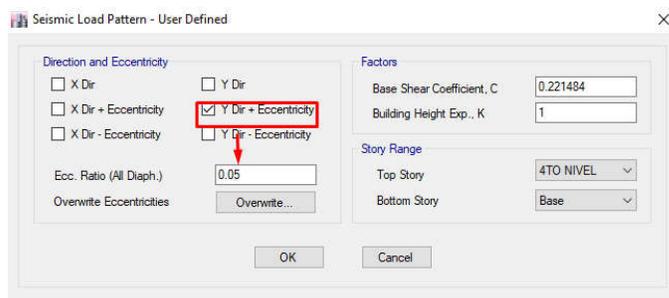


Figura 48: Análisis estático YY, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

4.7 ANÁLISIS ESTÁTICO

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación

PARÁMETROS SÍSMICOS

Los parámetros necesarios para realizar el análisis estático siguiendo la norma E.030.

- **Factor de Zona (Z):** La estructura analizada se encuentra ubicada en la ciudad de Huacho y está ubicada en la zona sísmica **Z=4**, con valor de aceleración de **0.45**.
- **Parámetros de sitio (S) (Tp) y (TL)** la estructura se encuentra ubicada según el estudio de suelos, en un suelo tipo **S2** (Suelo Intermedio) al cual le corresponde un **factor de amplificación** de **1.05** y un periodo **Tp** de **0.6 seg.** Y **TL** de **2.0**.
- **Categoría de la edificación (U)**, es una edificación del tipo esencial la cual le corresponde un factor de **1.5**.
- **Factor de Reducción R** para un sistema estructural de concreto armado le corresponde un factor de reducción de **8** y a su vez será reducido de acuerdo a las condiciones de irregularidad indicadas.
- **Factor de amplificación sísmica (C)**, de acuerdo a las características del sitio, el factor de amplificación sísmica se define como:

$$T = \frac{11.6}{45} = 0.258 \text{ seg}$$

Según las tablas N°03 y N° 04 de la norma E.030 los valores de T_p y T_L vienen a ser 1.0 y 1.6 respectivamente, por lo cual se tomará el factor de amplificación sísmica de:

$$C = 2.5$$

Finalmente se tiene:

Parámetros		Valor
Zonificación	Z	0.45
Uso	U	1.5
Suelo	S	1.05
Coefficiente de Reducción Sísmica	R	8
Coefficiente de amplificación sísmica	C	2.5

Tabla 24 : Parámetros de Sitio

Fuente: Elaboración Propia

FUERZA CORTANTE EN LA BASE

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P = \frac{0.45 \times 1.5 \times 1.05 \times 2.5}{8} \times P = 0.221484 \times P$$

RESULTADO FUERZAS LATERALES (ETABS)

Nivel	Dirección	VX (Ton)
4TO PISO	ESTATICO X-X	264.5617
3ER PISO	ESTATICO X-X	532.5088
2DO PISO	ESTATICO X-X	711.2158
1ER PISO	ESTATICO X-X	800.7003

Tabla 25 : Resultado Análisis Estático XX

Fuente: Elaboración Propia

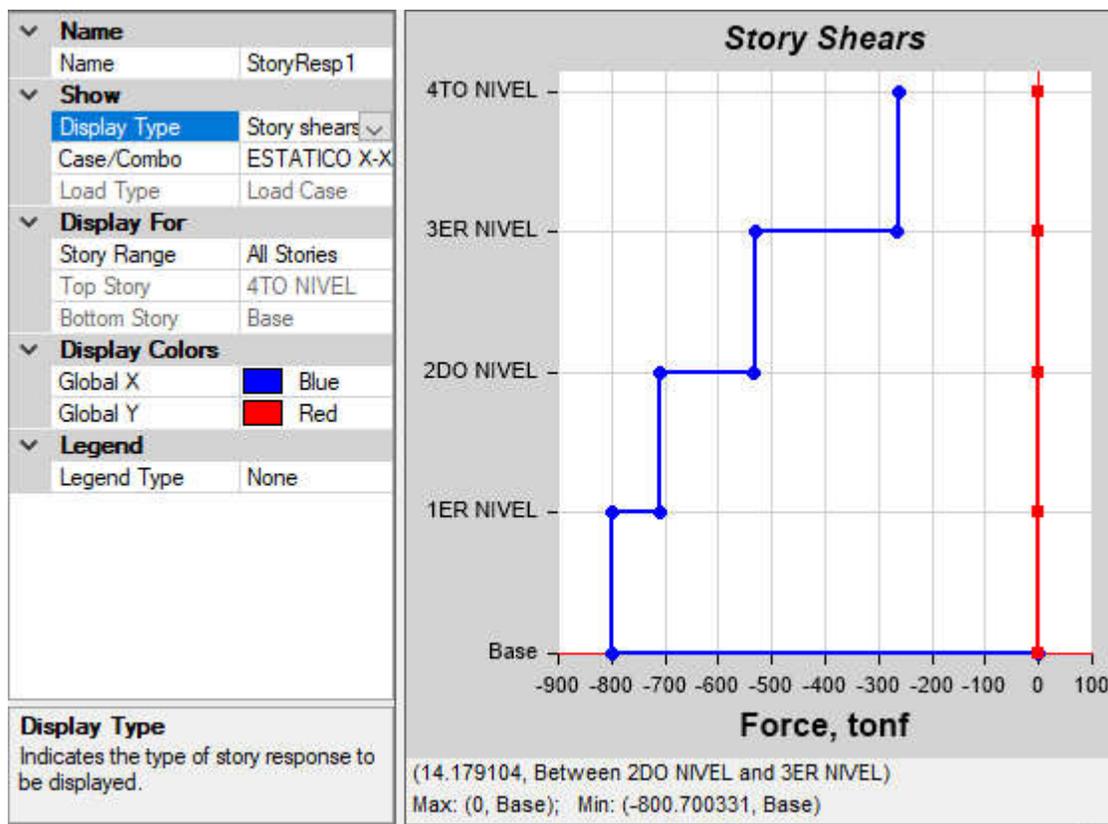


Figura 49: Resultado análisis estático XX, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

Nivel	Dirección	VY (Ton)
4TO PISO	ESTATICO Y-Y	264.5599
3ER PISO	ESTATICO Y-Y	532.5214
2DO PISO	ESTATICO Y-Y	711.2598
1ER PISO	ESTATICO Y-Y	800.7879

Tabla 26 : Resultado Análisis Estático YY
Fuente: Elaboración Propia

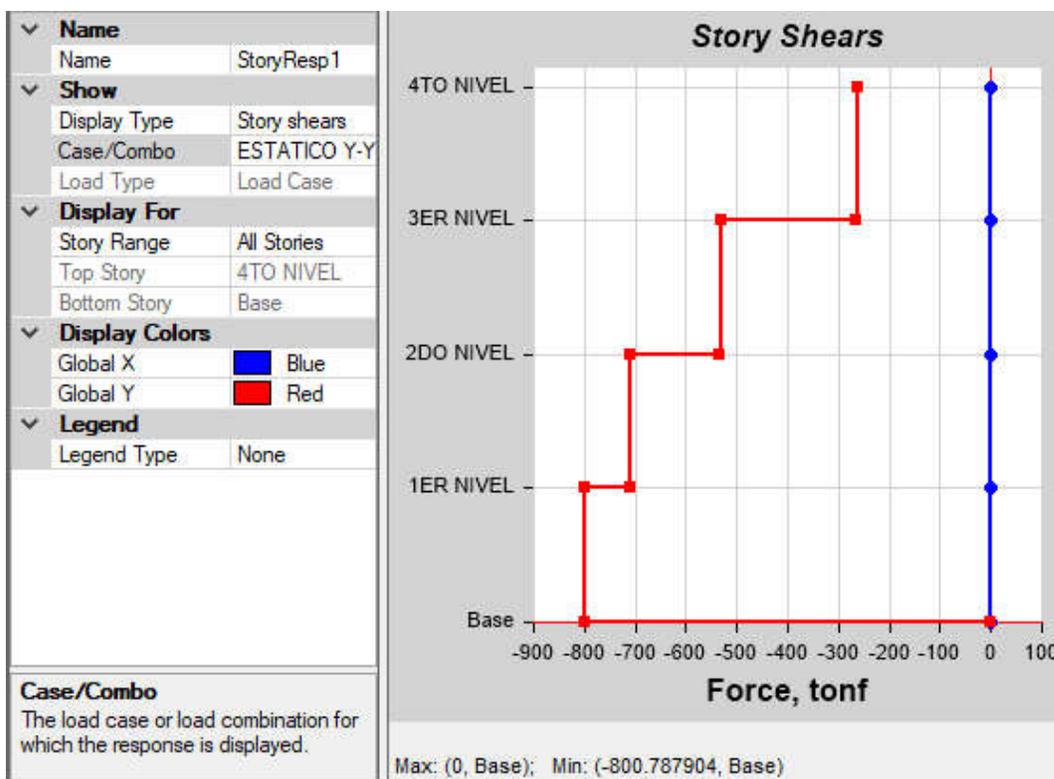


Figura 50: Resultado análisis estático YY, ETABS

Fuente: Elaboración Propia

4.8 ANÁLISIS DINÁMICO

Para realizar el análisis dinámico modal espectral del edificio se ha considerado un espectro de pseudoaceleraciones para cada dirección horizontal de acuerdo a lo dispuesto en la norma E.030. Este análisis tiene como objetivo obtener la respuesta máxima esperada de las fuerzas internas en todos los elementos estructurales del edificio, así como de los desplazamientos. La respuesta obtenida es producto de la combinación de los resultados de todos los modos de vibración considerados. Dicha combinación se ha realizado empleando el criterio de combinación cuadrática completa (CQC) aceptada por la norma.

4.9 MODOS Y PERIODOS

Los modos de vibración dependen de la rigidez del edificio y de la distribución de masas en el mismo. Cada modo está asociado a una forma de vibrar y a un periodo de vibración. Se considera un modo de vibración por cada grado de libertad en la estructura. En este caso se ha considerado a las losas macizas como diafragmas rígidos con 3 grados de libertad (2 traslaciones y 1 rotación) teniendo 12 modos de análisis en total.

A continuación, se muestra el análisis modal de los 12 modos calculados por el ETABS con sus respectivos periodos y porcentaje de masa participativa.

Modo	Periodo Seg.	UX %	UY %	SUM UX %	SUM UY %
1	0.23	0.1187	0.4571	0.1187	0.4571
2	0.218	0.5576	0.1974	0.6763	0.6545
3	0.185	0.0777	0.1311	0.7540	0.7856
4	0.066	0.0024	0.1469	0.7564	0.9325
5	0.059	0.138	0.0124	0.8944	0.9449
6	0.053	0.0516	0.0078	0.9460	0.9527
7	0.037	0.0003	0.0361	0.9463	0.9888
8	0.031	0.0348	0.0012	0.9811	0.9900
9	0.028	0.0027	0.0087	0.9838	0.9987
10	0.025	0.0133	0.0001	0.9971	0.9988
11	0.017	0.0025	0.0001	0.9996	0.9989
12	0.015	1E-05	0.0008	1.000	0.9997

Tabla 27 : Casos modales y periodos

Fuente: Elaboración Propia

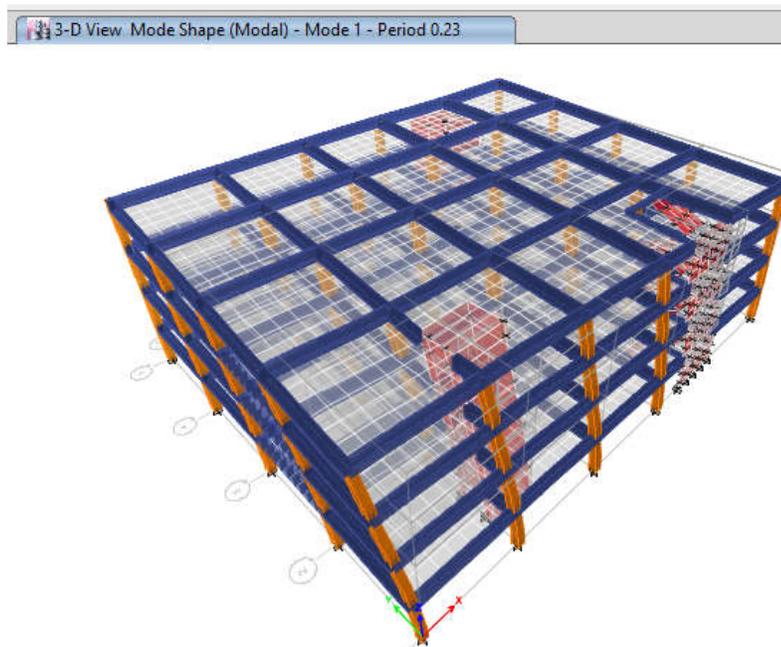


Figura 51: Periodo XX, ETABS

Fuente: Elaboración Propia

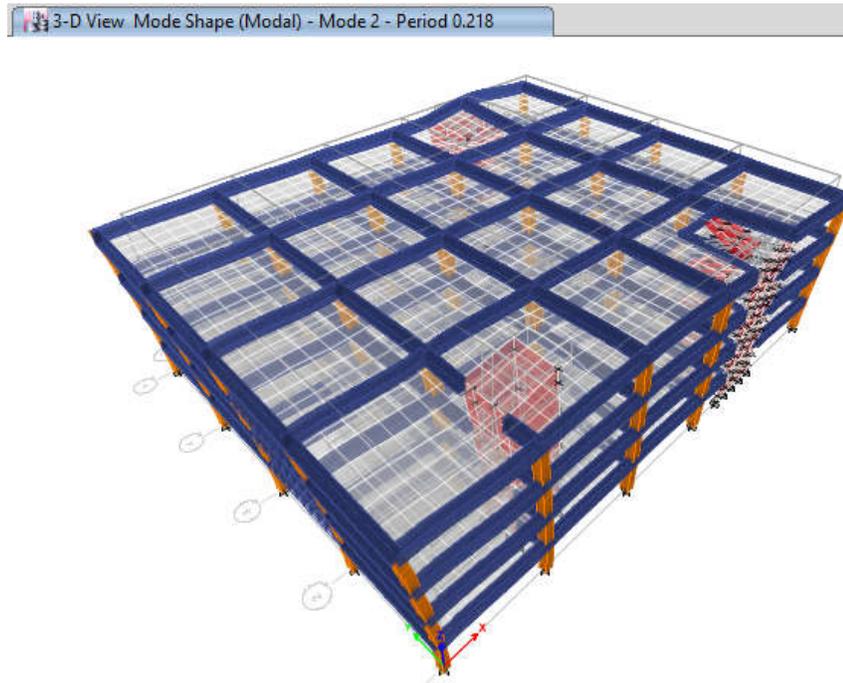


Figura 52: Periodo YY, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

4.6 FUERZA CORTANTE MÍNIMA

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado según el numeral 4.5 de la norma E.030 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos excepto los desplazamientos.

Nivel	Dirección	V (Ton)	Nivel	Dirección	V (Ton)
1ER PISO	ESTATICO X-X	800.7003	1ER PISO	DINAMICO X-X	643.984
1ER PISO	ESTATICO Y-Y	800.7879	1ER PISO	DINAMICO Y-Y	549.721

Tabla 28 : Cortante en la base estático y dinámico
Fuente: Elaboración Propia

El 80% de la cortante basal en el análisis estático en el eje X-X es 640.56 tn y en el eje Y-Y es 640.63 Tn

Dirección	P (Tn)	Aceleración	S. Estático	Dinámico Mínimo S. ESTX80%	Cortante Dinámico	Factor Ampl.	Cortante Amplificada	
X	3665.13	0.221484	800.70	640.56	643.9838	1.0000000	643.9838	OK!
Y	3665.13	0.221484	800.79	640.63	549.7207	1.1700000	643.173219	OK!

Tabla 29 : Factor de amplificación para sismo dinámico
Fuente: Elaboración Propia

La cortante dinámica en la dirección X-X si supera el 80% del cortante estático pero la cortante en la dirección Y-Y no logra superar 80% según señala la norma lo cual será necesario amplificar la cortante f.a 1.17

The screenshot shows the 'General' and 'Loads Applied' sections of the ETABS software interface. In the 'Loads Applied' section, a table lists the applied loads. The 'Scale Factor' for the 'E0.030 Y-Y' load is highlighted with a red box and contains the value '9.81*1.17'. Other fields include 'Load Case Name' (DINAMICO Y-Y), 'Load Case Type' (Response Spectrum), and 'Mass Source' (Previous (DL+0.5LL)).

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E0.030 Y-Y	9.81*1.17

Figura 53: Factor de amplificación A. Dinámico YY, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

Nivel	Dirección	VX (Ton)	Dirección	VY (Ton)
4TO PISO	DINÁMICA X-X	245.1591	DINÁMICA Y-Y	235.7984
3ER PISO	DINÁMICA X-X	452.5097	DINÁMICA Y-Y	442.1375
2DO PISO	DINÁMICA X-X	581.2843	DINÁMICA Y-Y	575.2203
1ER PISO	DINÁMICA X-X	643.9838	DINÁMICA Y-Y	643.4602

Tabla 30 : Cortante en la Base Dinámica
Fuente: Elaboración Propia

4.7 DESPLAZAMIENTOS LATERALES ADMISIBLES

El cálculo de los desplazamientos se realizó con los datos obtenidos del programa ETABS en la gráfica de resultado de (Maximun Story Displacement) y (Maximun Story Drifts) para luego procesar los datos en una hoja de cálculo y verificar que cumpla con lo indicado en la Norma E0.030.

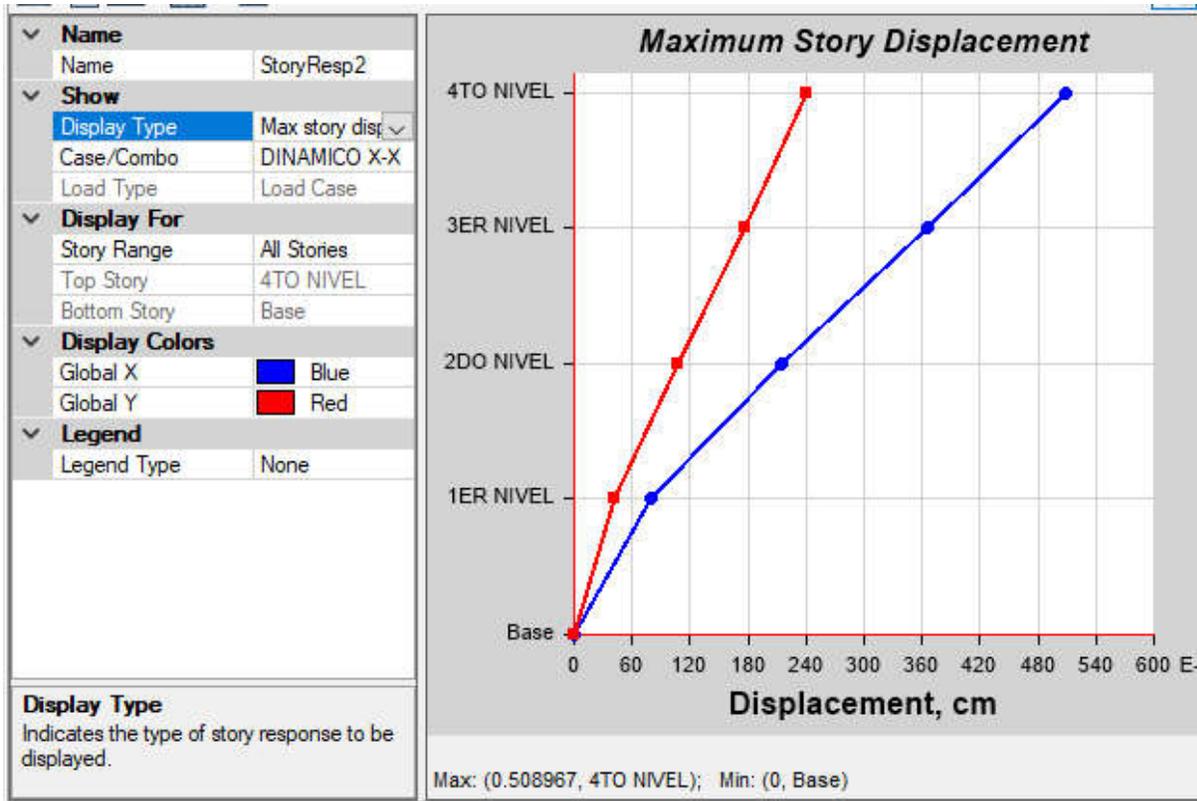


Figura 54: Desplazamientos laterales XX, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

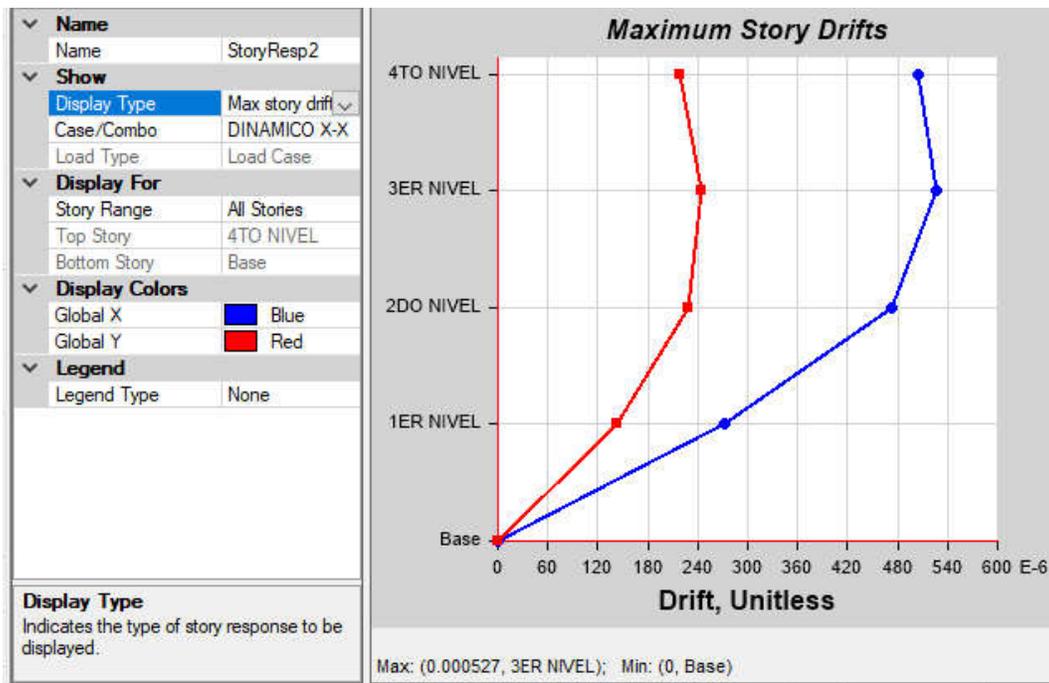


Figura 55: Deriva entrepiso XX, ETABS
Fuente: Elaboración Propia

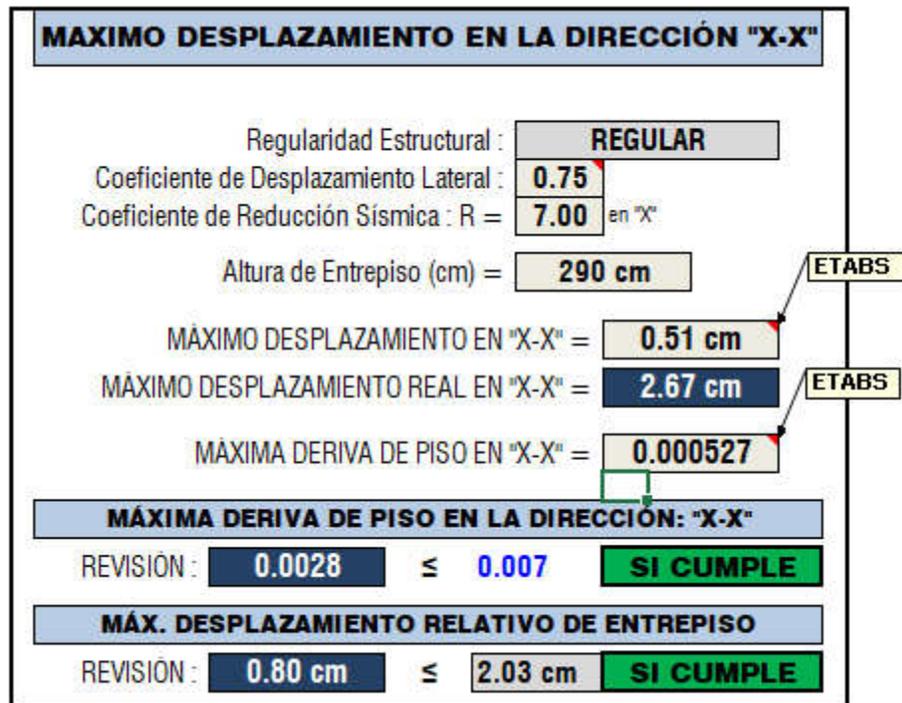


Figura 56: Calculo Deriva y Desplazamiento Max. XX, excel
Fuente: Elaboración Propia

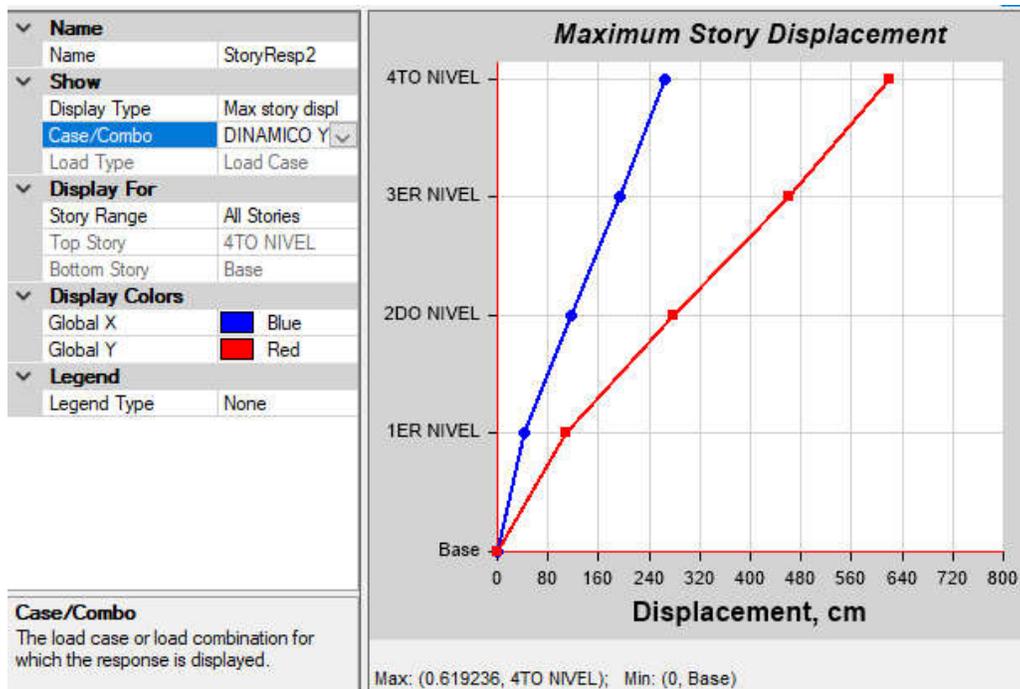
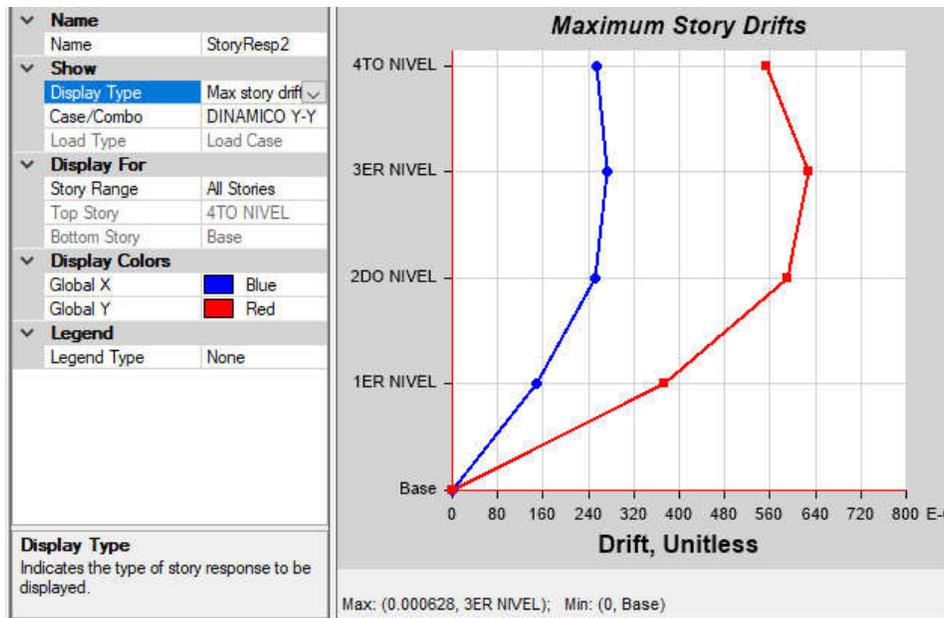


Figura 57: Desplazamiento YY, ETABS
Fuente: Elaboración Propia



MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN "Y-Y"

Regularidad Estructural : **REGULAR**

Coefficiente de Desplazamiento Lateral : **0.75**

Coefficiente de Reducción Sísmica : R = **8.00** en "Y"

Altura de Entrepiso (cm) = **290 cm**

MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN "Y-Y" = **0.62 cm**

MÁXIMO DESPLAZAMIENTO REAL EN "Y-Y" = **3.72 cm**

MÁXIMA DERIVA DE PISO EN "Y-Y" = **0.000628**

MÁXIMA DERIVA DE PISO EN LA DIRECCIÓN "Y-Y"

REVISIÓN : **0** Fuente: Elaboración Propia **E**

MÁX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO

REVISIÓN : **1.09 cm** ≤ **2.03 cm** **SI CUMPLE**

Figura 58: Deriva entrepiso YY, ETABS

Figura 59: Calculo Deriva y Desplazamiento Max. YY, excel
Fuente: Elaboración Propia

La norma nos limita el desplazamiento máximo de las estructuras, utiliza la deriva de entrepiso para controlarla, siendo este valor menor a 0.007 para edificios de concreto armado. Para el caso de este diseño las máximas derivas obtenidas son:

Dirección X-X = 0.0028 OK!

Dirección Y-Y = 0.0038 OK!

Por lo tanto, se está cumpliendo con las exigencias establecidas en la norma

4.8 VERIFICACIÓN DE MOMENTO DE VOLTEO

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta norma deberá ser mayor o igual que 1.2

Para poder realizar este cálculo debe considerarse lo siguiente

$$\frac{Mr}{Mv} = FS > 1.20$$

Donde:

Mr: Momento de resistencia

Mv: Momento de volteo

NIVEL	COMBINACIÓN	M. VOLTEO ton-m	NIVEL	COMBINACIÓN	M. RESISTENTE
1ER NIVEL	DINAMICO X-X	5162.2822	1ER NIVEL	PESO	71291.8346
1ER NIVEL	DINAMICO Y-Y	5221.1684	1ER NIVEL	PESO	91635.9736

Tabla 31 : Momento de Volteo

Fuente: Elaboración Propia

Entonces:

DIRECCIÓN	Mv	Mr	Mr/Mv	
X-X	5221.1684	91635.9736	17.55	OK!
Y-Y	5162.2822	71291.8346	13.81	OK!

Tabla 32 : Resultados Momento de Volteo

Fuente: Elaboración Propia

La estructura no sufrirá momento de volteo porque es una estructura de dimensiones grandes y de forma rectangular en planta y con poca altura. He ahí la validación dando un factor de seguridad mucho más elevado de 1.2.

4.9 DISEÑO DE ESTRUCTURA AISLADA

La experiencia mundial con los aisladores elastomérico ha tenido un desempeño exitoso en eventos sísmicos de gran magnitud para este trabajo se tomarán en cuenta solamente los “aisladores elastomérico con núcleo de plomo” (Lead-plug Rubber Bearing, LRB) debido a además de ser el sistema más utilizado en Latinoamérica por su versatilidad también han sido por sus competidos costos.

Como referencia primordial para diseño se tomará las reglamentaciones del capítulo 17 de la ASCE/SE 7-10 donde habla de los factores de suelo, importancia de uso, desplazamientos de diseño y los ensayos que se deben realizar a los especímenes de prueba.

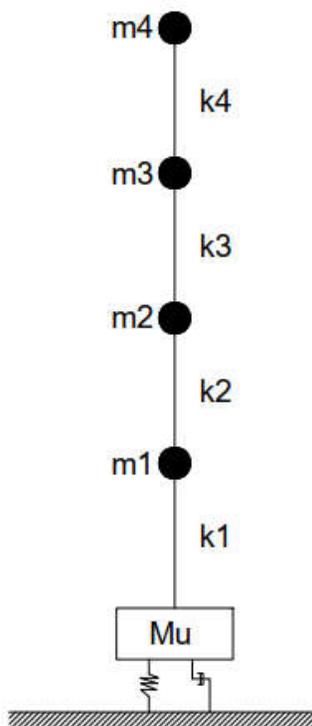


Figura 60: Idealización sistema de aislamiento
Fuente: Elaboración Propia

4.9.1. ESPECTRO PARA SISMO DE DISEÑO Y MÁXIMO ESPERADO

En el Perú la actividad sísmica constante nos da datos para determinar en una zona, un nivel de sismos frecuentes que han ocurrido en la historia del área en estudio donde será evaluada la estructura.

Los sismos frecuentes nos van a llevar a definir el espectro de aceleración para un sismo de diseño, en este caso se tomará como datos de sitio los expuestos por la norma E.030 para crear 2 espectros de pseudoaceleración, la norma E0.30 – 2016 y del ASCE/SEI 7-

10.4.9.2 SISMICIDAD DE LA ZONA

Con fines de diseño estructural se considera los siguientes parámetros sísmicos de diseño para suelos en el departamento de Lima.

PARÁMETROS DE DISEÑO	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN
Zona	4	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona (Z)	0.45	Tabla N° 01
Tipo de Suelo	Tipo S2	Suelo Intermedio
Factor de Suelo (S)	1.05	Tabla N° 02
Parámetros del suelo	$T_p = 0.6$	Tabla N° 03
Categoría de la edificación	A	Edif. Esencial
Factor de Uso (U)	1.5	Tabla N° 03

Tabla 33 : Parámetros de sitio – Estructura Aislada

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla N° 05 del E.030-2016, para estructuras con aislamiento sísmico el factor de uso U es 1.00

Y según la tabla del análisis del edificio convencional tenemos:

PARÁMETROS		VALOR
Zonificación	Z	0.45
Uso	U	1
Suelo	S	1.05
Coef. Reducción sísmica Y-Y	R-Y	8
Coef. Reducción sísmica X-X	R-X	7
Coef. Amp. Sísmica	C	2.5

Tabla 34 : Factores norma E.030

Fuente: Elaboración Propia

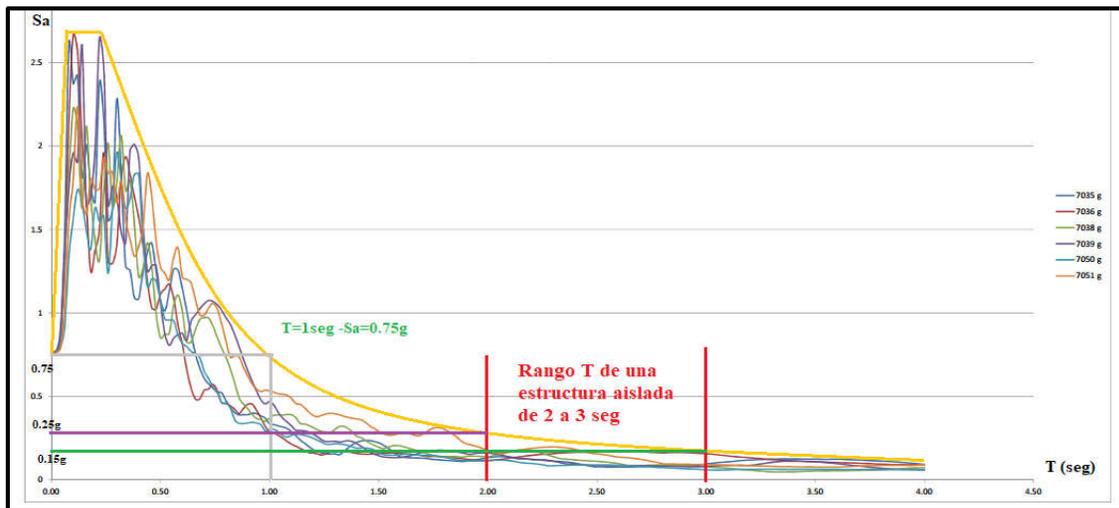


Figura 61: Espectros de aceleración

Fuente: DISEPRO

Con los datos anteriores se calcula los valores S_s (para periodos cortos) y S_1 (para periodo 1seg)

$$S_s = ZUCS = 0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.05 = 1.18$$

$$S_1 = ZUCS = 0.45 \times 1 \times 1.5 \times 1.05 = 0.71$$

4.9.2 PARÁMETROS DE ACELERACIÓN DE MÁXIMO ESPERADO

Parámetros de aceleración de respuesta espectral (S_{MS} and S_{M1}) para el máximo sismo considerado (MCE)

Los parámetros de aceleración de respuesta serán determinados de la siguientes formulas:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad S_{M1} = F_v S_1$$

Donde: $S_s = 1.18$ y $S_1 = 0.71$

SMS = Aceleración espectral para el Máximo sismo considerado (MCE) para periodos cortos

SM1= Aceleración espectral para el Máximo sismo considerado (MCE) para T=1seg

Fa= Factor de amplificación por tipo de terreno para periodos cortos

Fv= Factor de amplificación por tipo de terreno para T=1seg

Factores de ampliación del suelo para periodo corto Fa					
Tipo Suelo	Ss < 0.25	Ss = 0.5	Ss = 0.75	Ss = 1.0	Ss > 1.25
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Tabla 35 : Factor de amplificación de suelo periodo corto

Fuente: ASCE 7-10

Factores de ampliación del suelo para periodo de 1 segundo Fv					
Tipo	S1 < 0.1	S1 = 0.2	S1= 0.3	S1 = 0.4	S1 > 0.5
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Tabla 36 : Factor de amplificación de suelo periodo de 1seg

Fuente: ASCE 7-10

$$S_{MS} = 1.0 * 1.18 = 1.18$$

$$S_{M1} = 1.3 * 0.71 = 0.923$$

4.9.3 PARÁMETROS DE ACELERACIÓN EN DISEÑO

Los parámetros para el espectro de aceleraciones en diseño para periodos cortos S_{DS} y para periodos largos de 1 seg, S_{D1} , se determina a partir de las ecuaciones 6546546, respectivamente:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = 0.78$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = 0.615$$

4.9.4 PARÁMETROS DE ACELERACIÓN ESPECTRAL MCE

Se construye el espectro de respuesta MCE. El espectro de diseño según la ASCE 7-10 no debe ser tomado como menos de 1.5 veces el espectro de diseño

$$1.5x S_{DS} = 1.5x0.78 = 1.17$$

$$1.5x S_{D1} = 1.5x0.615 = 0.93$$

Se construye la gráfica del espectro de aceleración para el sismo máximo considerado

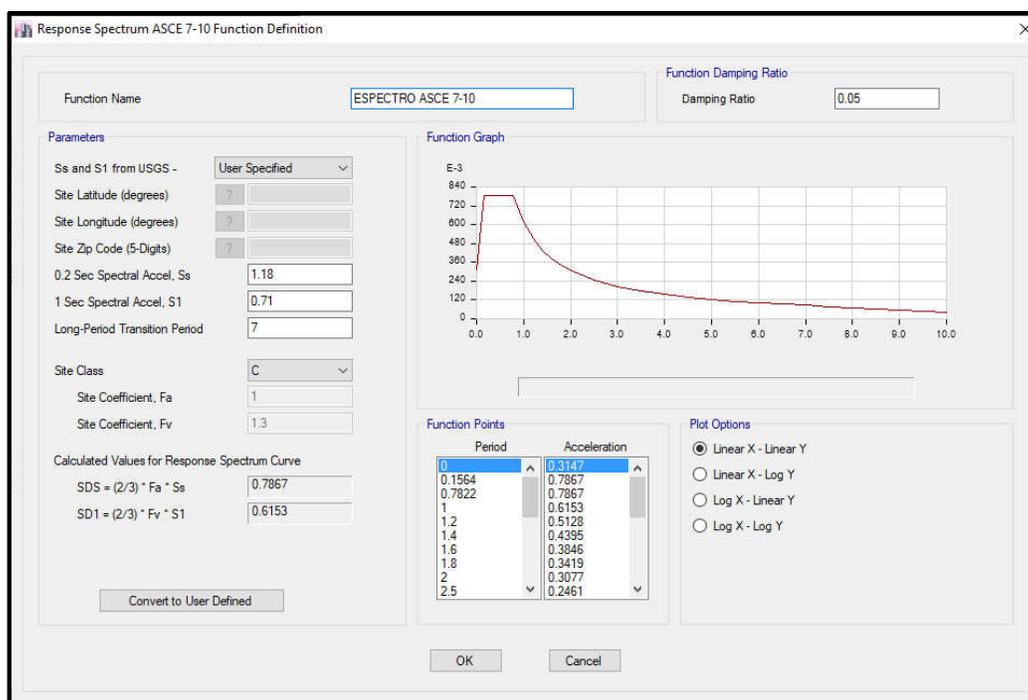
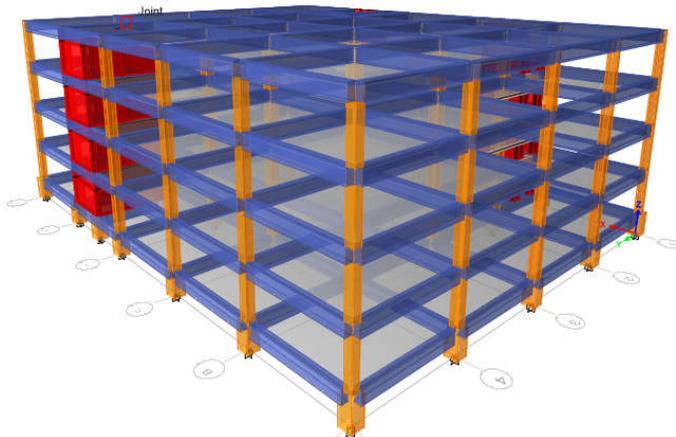


Figura 62: Espectros de aceleración ASCE/SEI 7-10- ETABS
Fuente: Elaboración Propia

4.9.5 AISLADOR TIPO LRB – DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS



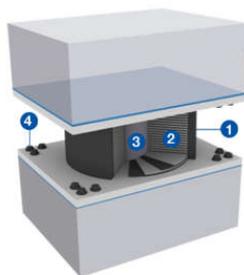
Peso total de edificio (Wt)	4 728.37 Tn
Cantidad de Aisladores	30 und

Figura 63: 3D Edificio Aislado - ETABS

Fuente: Elaboración Propia

*Peso de la edificación incluido el piso técnico para la instalación de los aisladores
Factor de reducción sísmica para la estructura E.030 RNE, $R=7$

PREDISEÑO DE SISTEMA DE AISLACIÓN



PARTES DE UN AISLADOR SÍSMICO

- 1/// Capa de protección de caucho
- 2/// Capas de caucho de acero
- 3/// Núcleo de plomo
- 4/// Pernos de anclaje

Figura 64: Aislador sísmico

Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

PRE DISEÑO DEL AISLADOR:

AISLADOR LRB	
Peso Edificio (W)	4 728.37 Tn
N° de Aisladores (N)	30 und
Peso en cada Aislador (W/N)	157.61 Tn

Tabla 37 : Carga axial de cada aislador
Fuente: ASCE 7-10

CATÁLOGO DE AISLADORES SISMICOS

Se seleccionó la empresa CDV Ingeniería antisísmica empresa peruana líder en el campo de la construcción y tecnología sísmica. Que representan marcas de prestigio que les permite ofrecer soluciones de calidad en el País.

Las marcas que representa en el país son:

Dynamic Isolation Systems-DIS : El aislador más probado y confiable del mundo, usado en zonas de gran actividad sísmica como San Francisco, Tokio, Estambul, Turquía. Único aislador que admite deformaciones mayores a 1.00 m y con cargas de hasta 4000 Tn.

TAYLOR DEVICES: Es el fabricante líder en productos de disipación de energía sísmica, con el respaldo de más de 60 años de exitosa experiencia en tecnología de shock absorbes y vibración.

HERFLEX Sistemas: Expertos en fabricación de juntas de dilatación para puentes y viaductos para la obra pública desde 1993 asegurando por su certificación ISO 9001.





Figura 65 : Catalogo de tipos de aisladores
Fuente: Dynamic Isolation Systems

Se va a seleccionar el aislador de $D_o = 57$ cm de diámetro con capacidad de carga axial de 180 tn y desplazamiento máximo de 36 cm.

PROPIEDADES TÉCNICAS DEL AISLADOR

TAMAÑO DEL DISPOSITIVO				DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE					
Diametro Aislador (mm) D_o	Altura Aislador, H (mm)	Número de capas de caucho, N	Diámetro del plomo D_L (mm)	L (mm)	t (mm)	Cantidad de orificios	Orificios ϕ (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125 - 280	4 - 14	0 - 100	355	25	4	27	50	-
355	150 - 305	5 - 16	0 - 100	405	25	4	27	50	-
405	175 - 330	6 - 20	0 - 125	455	25	4	27	50	-
455	175 - 355	6 - 20	0 - 125	510	25	4	27	50	-
520	205 - 380	8 - 24	0 - 180	570	25	8	27	50	50
570	205 - 380	8 - 24	0 - 180	620	25	8	27	50	50
650	205 - 380	8 - 24	0 - 205	700	32	8	27	50	50
700	205 - 430	8 - 30	0 - 205	750	32	8	33	65	75
750	230 - 455	8 - 30	0 - 230	800	32	8	33	65	75
800	230 - 510	8 - 33	0 - 230	850	32	8	33	65	75

Tabla 38 : Dimisiones aislador
Fuente: catálogo DIS-CDV

TAMAÑO DEL DISPOSITIVO

Diametro Aislador (mm) D_o	Rigidez Producida, K_d (Tn/m)	Resistencia Característica Q_d (Kg)	Rigidez a la compresión K_V (Tn/m)	Desplaz. Máximo D_{max} (mm)	Capacidad carga axial P_{max} (Kg)
305	20 - 40	0 - 6500	> 5000	150	45000
355	20 - 40	0 - 6500	> 10000	150	70000
405	30 - 50	0 - 11000	> 10000	200	90000
455	30 - 70	0 - 11000	> 10000	250	115000
520	40 - 70	0 - 18000	> 20000	300	135000
570	50 - 90	0 - 18000	> 50000	360	180000
650	50 - 350	0 - 22000	> 70000	410	270000
700	50 - 420	0 - 22000	> 80000	460	310000
750	70 - 470	0 - 26500	> 90000	460	360000
800	70 - 530	0 - 26500	> 10,0000	510	400000

Tabla 39 : Propiedades de aisladores

Fuente: catálogo DIS-CDV

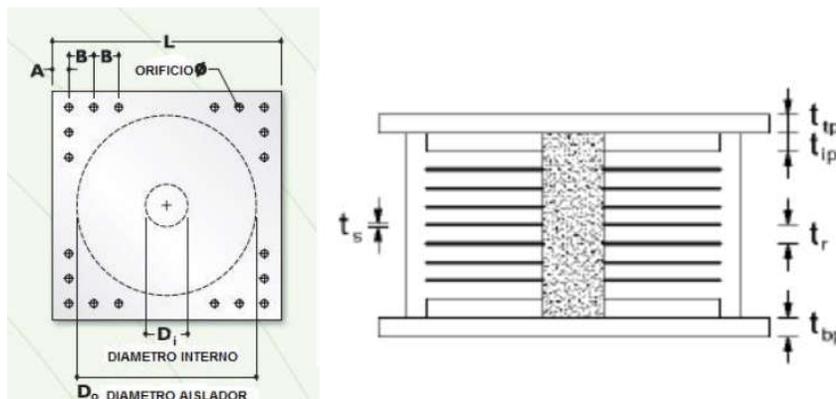


Figura 65: Partes del Aislador

Fuente: Dynamic Isolation Systems

- (1) Las capacidades de soportar carga axial corresponden ensayos con máximos desplazamientos basados en los límites de diseño del 250 % de tensión de corte del caucho o 2/3 del diámetro del aislador. El desplazamiento real de un aislador y la capacidad de carga dependen del módulo y número de capas de caucho.
- (2) Los módulos de corte del caucho (G) están disponibles desde 0.38 N/mm² hasta 0.70 N/mm².

(3) Para el modelo analítico bilineal de la rigidez elástica utilizar $K_e = 10K_d$

DESCRIPCION	limite inferior LB	limite superior LB	Unidades
MODULO DE CORTE EFECTIVO DE GOMA G	3.875	7.14	Kg/cm ²
MODULO VOLUMETRICO DE GOMA K	2000	2000	Mpa
MODULO DE CORTE DEL PLOMO G _p	127.5	172.5	Mpa
ESFUERZO DE CORTE DEL PLOMO T _{py}	85	115	kg/cm ²

Tabla 40 : Propiedades de del plomo y caucho
Fuente: catálogo DIS-CDV

PRUEBAS DE PROTOTIPO

En las pruebas de prototipo se realizarán por separado cada tipo y tamaño de unidad de aislamiento del sistema de aislamiento predominante en este caso se ha seleccionado un aislador de una dimensión determinada para todos los apoyos.

Registro:

Para cada ciclo de ensayo, se registraron las fuerzas-deflexión y el comportamiento de histéresis de la muestra de ensayo.

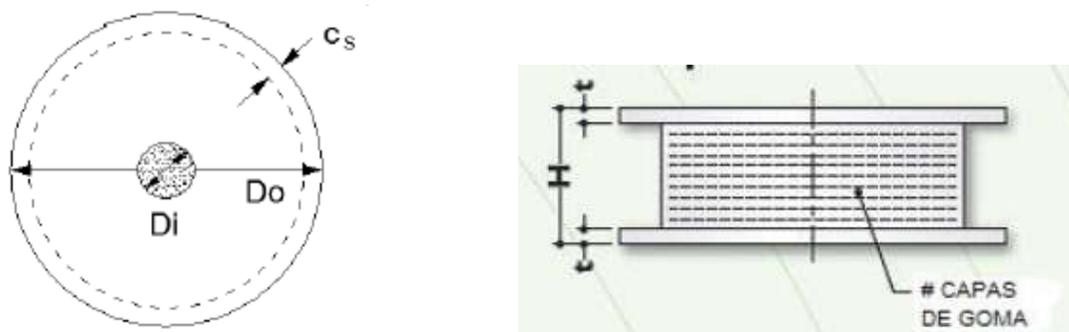


Figura 66: Diámetros del Aislador
Fuente: Dynamic Isolation Systems

SELECCIÓN DE DIMENSION DE AISLADORES		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UND
Diámetro aislador	57	cm
Diámetro núcleo de plomo	10	cm
Capas de goma	24	und
Espesor capa de goma	0.55	cm
Espesor capa de acero	0.3	cm
Long. placa	62	cm
Espesor placa	2.5	cm
Número de pernos	8	und
Diámetro pernos	2.7	cm
Altura de goma	13.2	cm
Altura total	25.1	cm

Tabla 41 : Dimensiones aislador seleccionado
Fuente: Elaboración propia

4.9.6 ENSAYOS LAZO HISTERÉTICO - MATLAB

Selección del Aislador: Tomado del catálogo del fabricante Dinamic Isolation Systems (DIS), se determinó a usar el aislador sísmico tipo LRB (Lead Rubber Bearing):

Este soporte incluye un núcleo de plomo adherido en el centro de la estructura laminada de caucho natural, donde el caucho incorpora la capacidad de resorte (k) y el núcleo de plomo proporciona la capacidad de amortiguación (β).

En general, un amortiguador por separado no es necesario por lo que es una buena opción para las zonas con limitaciones de espacio. Su histéresis se asemeja a los materiales elasto-plástico. La atenuación se puede ajustar variando el diámetro del núcleo de plomo.

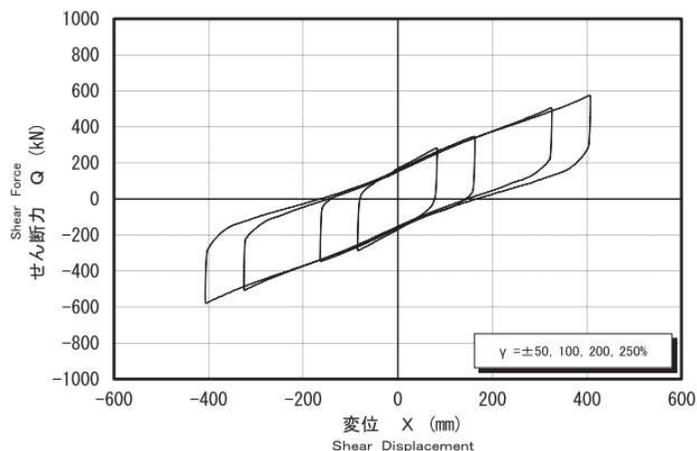


Figura 67: Ensayo Lazo Histerético
Fuente: Dynamic Isolation Systems

SISMO DE DISEÑO

```

%-----
% HOSPITAL HUACHO
%.....
% z=0.45; Tipo de suelo S2
%.....
Do=57;% Diámetro exterior de aislador elastomérico con núcleo plomo (cm)
Di=10;% Diámetro interior de aislador elastomérico con núcleo plomo (cm)
G=3.875;% Módulo de Corte de goma (kg/cm2) para material LB
%G=7.14;% Módulo de Corte de goma (kg/cm2) para material UB
Glead=85;% Tensión de fluencia del Plomo (kg/cm2) Tao py. Material LB
%Glead=115;% Tensión de fluencia del Plomo (kg/cm2) Tao py. Material UB
Tr=13.2;% Altura solo de Goma (cm)
wt=4728370;% Peso total que gravita sobre sistema de aislación en (kg)
N=30;% Número total de aisladores
z=0.45;% Zona de mayor peligrosidad sismica
icods=2; % Para perfil de suelo tipo 2
icod=1;% Número de la figura de histéresis
fac=1;% Factor que vale 1 para sismo de diseño
% 1.5 Para Sismo Máximo Considerado (2500 años de período de
% retorno)
%fac=1.0;
[Qd, Fy, ke, kd, kef, Tef, betaef, q]=histeresis_peru(Do, Di, G, Glead, Tr, wt, N, z, icods, fac)
% Tener en cuenta dos cosas: 1.- Reporta rigidez en kg/cm
% 2.- Reporta para el numero total de aisladores
% Para tener rigidez en un aislador se debe dividir para N.

```

Figura 68: Ensayo teórico rutina Matlab
Fuente: Dr. Roberto Aguiar

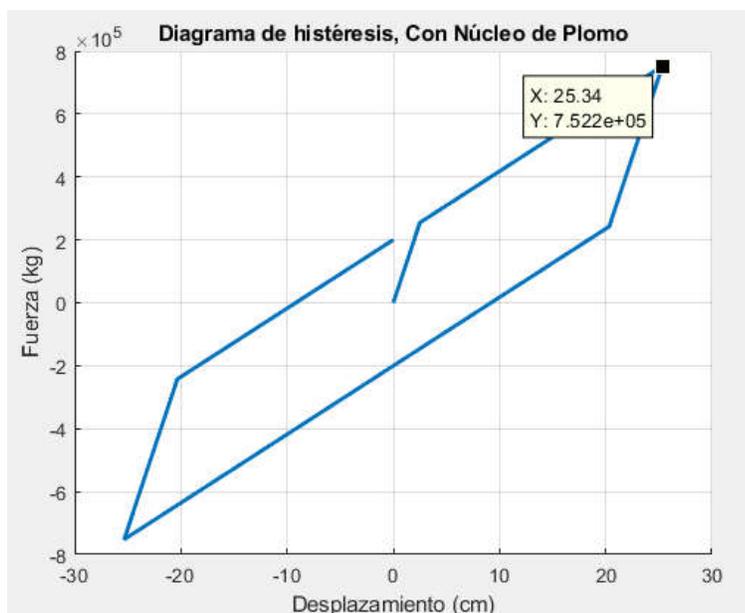


Figura 69: Ensayo teórico rutina Matlab
Fuente: Dr. Roberto Aguiar

Ensayos de laboratorio ciclos usando cargas verticales (DL + 0.5LL)

- Tres ciclos de carga completo (+/-) para los siguientes incrementos:

$$0.25D_D = 6.33 \text{ cm} - 330 \text{ tn}$$

$$0.50D_D = 12.67 \text{ cm} - 490 \text{ tn}$$

$$1.00D_D = 25.34 \text{ cm} - 752.2 \text{ tn}$$

PROPIEDADES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO MÁXIMA RIGIDEZ EFECTIVA (SISMO DE DISEÑO)

$$K_{Dmax} = \frac{\sum |F_D^+|_{max} + \sum |F_D^-|_{max}}{2D_D}$$

$$K_{Dmax} = \frac{330 + 330}{2 \cdot 6.33} = 51.10 \text{ kN/mm}$$

Donde:

$$\sum |F_D^+|_{max} = 330.00 \text{ tn}$$

$$\sum |F_D^-|_{max} = 330.00 \text{ tn}$$

$$D_D = 6.33 \text{ cm}$$

MÍNIMA RIGIDEZ EFECTIVA (SISMO DE DISEÑO)

$$K_{Dmin} = \frac{\sum |F_D^+|_{min} + \sum |F_D^-|_{min}}{2D_D} \quad K_{Dmin} = \frac{752.2 + 752.2}{2 * 25.34} = 29.12 \text{ kN/mm}$$

Donde:

$$\sum |F_D^+|_{min} = 752.20 \text{ tn}$$

$$\sum |F_D^-|_{min} = 752.20 \text{ tn}$$

$$D_D = 25.34 \text{ cm}$$

SISMO DE MÁXIMO

CONSIDERADO

```

%
% HOSPITAL HUACHO
% .....
% z=0.45; Tipo de suelo S2
% .....
Do=57;% Diámetro exterior de aislador elastomérico con núcleo plomo (cm)
Di=10;% Diámetro interior de aislador elastomérico con núcleo plomo (cm)
G=3.875;% Módulo de Corte de goma (kg/cm2) para material LB
%G=7.14;% Módulo de Corte de goma (kg/cm2) para material UB
Glead=85;% Tensión de fluencia del Plomo (kg/cm2) Tao py. Material LB
%Glead=115;% Tensión de fluencia del Plomo (kg/cm2) Tao py. Material UB
Tr=13.2;% Altura solo de Goma (cm)
wt=4728370;% Peso total que gravita sobre sistema de aislación en (kg)
N=30;% Número total de aisladores
z=0.45;% Zona de mayor peligrosidad sísmica
icods=2; % Para perfil de suelo tipo 2
icod=1;% Número de la figura de histéresis
fac=1.5;% Factor que vale 1 para sismo de diseño
% 1.5 Para Sismo Máximo Considerado (2500 años de periodo de
% retorno)
%fac=1.0;
[Qd, Fy, ke, kd, kef, Tef, betaef, q]=histeresis_peru(Do, Di, G, Glead, Tr, wt, N, z, icods, fac)
% Tener en cuenta dos cosas: 1.- Reporta rigidez en kg/cm
% 2.- Reporta para el numero total de aisladores
% Para tener rigidez en un aislador se debe dividir para N.

```

Figura 70: Máximo Sismo Considerado Matlab

Fuente: Elaboración Propia

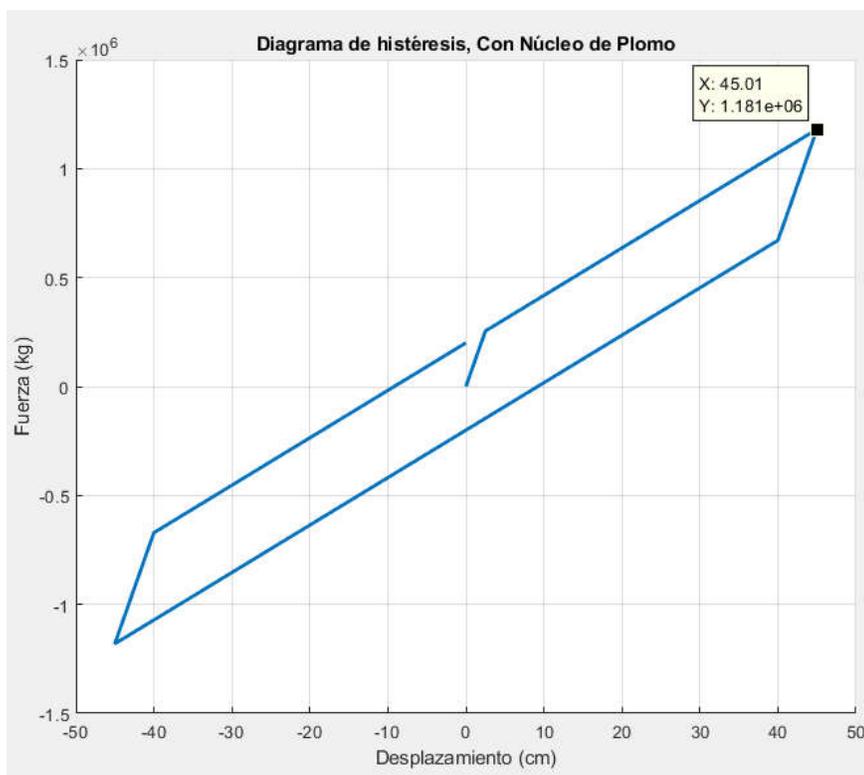


Figura 71: Ensayo Máximo Sismo Considerado Matlab

Fuente: Elaboración Propia

- Tres ciclos de carga completo para desplazamientos totales máximos $1.0D_{tm}$

$$0.25D_{tm} = 11.25 \text{ cm} - 480 \text{ tn}$$

$$1.00D_{tm} = 45.01 \text{ cm} - 1181 \text{ tn}$$

MÁXIMA RIGIDEZ EFECTIVA (MÁXIMO SISMO CONSIDERADO MCE)

$$K_{Mmax} = \frac{\sum |F_M^+|_{max} + \sum |F_M^-|_{max}}{2D_M} \quad K_{Mmax} = \frac{480 + 480}{2 \cdot 11.25} = 41.85 \text{ kN/mm}$$

Donde:

$$\sum |F_M^+|_{max} = 480.00 \text{ tn}$$

$$\sum |F_M^-|_{max} = 480.00 \text{ tn}$$

$$D_M = 11.25 \text{ cm}$$

MÍNIMA RIGIDEZ EFECTIVA (MÁXIMO SISMO CONSIDERADO MCE)

$$K_{Mmin} = \frac{\sum |F_M^+|_{min} + \sum |F_M^-|_{min}}{2D_M} \quad K_{Mmin} = \frac{1181 + 1181}{2 * 45.01} = 25.74 \text{ kN/mm}$$

Donde:

$$\sum |F_M^+|_{min} = 1181.0 \text{ tn}$$

$$\sum |F_M^-|_{min} = 1181.0 \text{ tn}$$

$$D_M = 45.01 \text{ cm}$$

4.9.7 DESPLAZAMIENTO LATERALES MÍNIMOS

Desplazamiento de diseño D_D

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4\pi^2 B_D} \quad D_D = \frac{9.81 * 0.615 * 2.53}{4\pi^2 * 1.5} = 25.81 \text{ cm}$$

$S_{D1} = 0.615$: Periodo para el espectro de diseño $T=1$ seg

PERIODO EFECTIVO PARA DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO T_D

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} g}} \quad T_D = 2\pi \sqrt{\frac{4728.31}{2968.42 * 9.81}} = 2.53 \text{ seg}$$

Donde:

$$W = 4728.31 \text{ Tn}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$K_{Dmin} = 29.120 \text{ kN/mm} = 2968.42 \text{ Tn/m}$$

DESPLAZAMIENTO MÁXIMO D_M

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M} \quad D_M = \frac{9.81 * 0.923 * 2.69}{4\pi^2 * 1.5} = 41.18 \text{ cm}$$

PERÍODO EFECTIVO PARA DESPLAZAMIENTO MÁXIMO ESPERADO T_M

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} g}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{4728.31}{9.81 * 2623.86}} = 2.79 \text{ seg}$$

Donde:

$W = 4728.31 \text{ Tn}$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$K_{Dmin} = 25.74 \text{ kN/mm} = 2623.86 \text{ Tn/m}$

RESUMEN:

Desplazamiento de diseño $D_D = 26.42 \text{ cm}$

Desplazamiento de diseño $D_M = 42.65 \text{ cm}$

AISLADOR ELASTOMÉRICO TIPO 1 – 57 cm			
PROPIEDADES DINAMICAS	UNIDADES	SEGUN ESPECTRO NORMA E-030 / ASCE SE 7-10	
		PARAMETROS PARA SISMO DISEÑO	PARAMETROS PARA SISMO MCE
q=	cm	25.11	45.006
A plomo=	cm ²	78.54	78.54
A=	cm ²	2551.76	2551.76
Qd=	Tn	200.28	200.28
Kd=	Tn/m	72.60	72.60
ke=	Tn/m	339.63	339.63
Fy=	Tn	8.49	8.605
Kef=	Tn/m	98.95	87.43
Beta efec=	%	15.28	10.20
B=		5.566	4.93
T efec=	seg	2.53	2.72
RATIO		0.2137	0.2137

Tabla 42 : Parámetros de diseño

Fuente: Elaboración propia

4.9.8. DESPLAZAMIENTO TOTAL

DESPLAZAMIENTO TOTAL PARA DISEÑO D_{TD} Y PARA MÁXIMO SISMO CONSIDERADO D_{TM}

NIVELES	XCM	YCM	XCR	YCR
	cm	cm	cm	cm
4TO NIVEL	1864.19	1309.106	1863.687	1455.534
3ER NIVEL	1641.713	1344.518	1867.092	1470.194
2DO NIVEL	1641.713	1344.518	1852.842	1475.003
1ER NIVEL	1641.912	1344.719	1793.811	1450.404
PISO TECNICO	1633.677	1297.115	1644.394	1292.662
Σ	8423.205	6639.976	9021.826	7143.797
PROMEDIO	1684.641	1327.9952	1804.3652	1428.7594

Tabla 43 : Centro de masas y rigideces - ETABS

Fuente: Elaboración propia

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] = 29.67 \text{ cm}$$

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] = 47.33 \text{ cm}$$

Donde:

D_D = 26.42 cm - Desplazamiento de diseño en el centro de rigidez del sistema de aislamiento (promedio de datos calculados)

D_M = 42.65 cm - Desplazamiento máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento

y = 1804.36 cm - La distancia del centro de rigidez de la estructura

e = 119.72 cm - La excentricidad real medida en planta entre el centro de masas y el centro de rigidez del sistema de aislamiento, más la excentricidad accidental, en cm.

d = 3250 cm - La dimensión más larga en planta de la estructura.

b = 2600cm - La dimensión en planta más corta de la estructura medida perpendicularmente a d .

4.9.9 FUERZAS LATERALES MINIMAS

Sistema de aislamiento y elementos estructurales debajo del sistema de aislamiento

$$V_b = k_{DMax} D_D$$

Donde:

K_{Dmax} = 51.102 kN/mm - Máxima rigidez efectiva, (kN/mm)

D_D = 258.08 mm - Desplazamiento de diseño en in. (mm)

V_b = No deberá tomar menos que la fuerza máxima en el sistema de aislamiento en ningún desplazamiento incluyendo el desplazamiento de diseño.

$$V_b = 51.102 * 258.08 = 13188.68 \text{ kN}$$

$$V_b = 1344.412 \text{ Tn}$$

4.9.10 FUERZA LATERAL MÍNIMA SUPERESTRUCTURA

$$V_s = \frac{k_{Dmax} D_D}{R_1} \quad V_s = \frac{51.102 * 258.08}{2} = 672.20 \text{ tn}$$

Donde:

K_{Dmax} = 51.102 kN/mm - Máxima rigidez efectiva, en kips/in (kN/mm)

D_D = 258.08 mm Desplazamiento de diseño en in. (mm)

R_1 = 2 Coeficiente numérico relacionado al tipo de sistema fuerza-resistencia sísmica encima del sistema de aislamiento

4.9.11 FUERZA LATERAL DE RECUPERACIÓN

El sistema de aislamiento será configurado para producir una fuerza de recuperación de tal manera que la fuerza lateral en el desplazamiento total de diseño es al menos 0.025W y mayor que la fuerza lateral del 50% del desplazamiento de diseño total.

Fuerza de recuperación mínima = 0.025 x 4728.37 = 118.20 Tn

Fuerza de recuperación Máxima = 50%Ddt = 1545.55 x 0.5 = 772.79 tn

4.9.12 ANÁLISIS ETABS

CREACIÓN DE LOS AISLADORES EN EL SOFTWARE ETABS v. 16.1

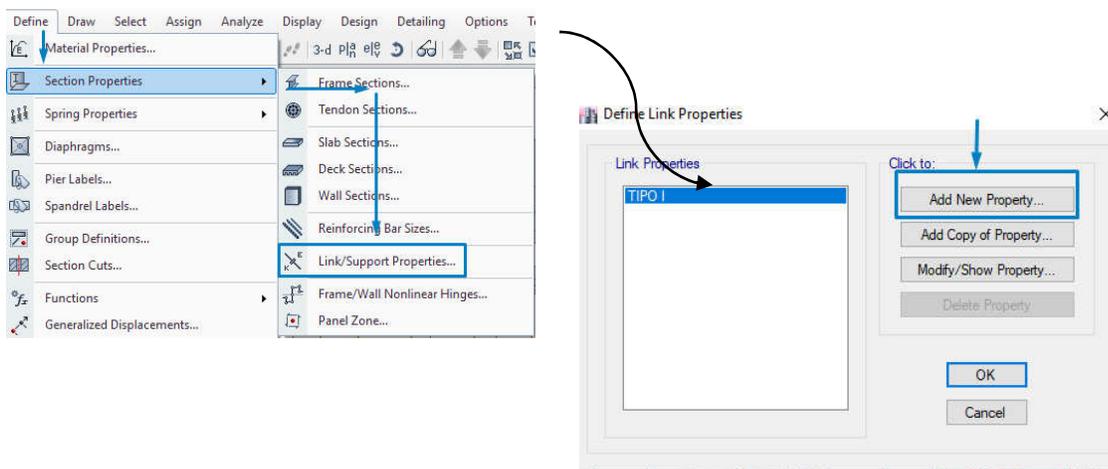


Figura 72: Creación de aislador en ETABS

Fuente: Elaboración Propia

AISLADOR TIPO 1

Tipo de link o enlace Rubber Isolator (Aislador de goma) donde colocamos las propiedades del aislador en las direcciones correspondientes x,y,z adicionando casos no lineales para análisis tiempo historia

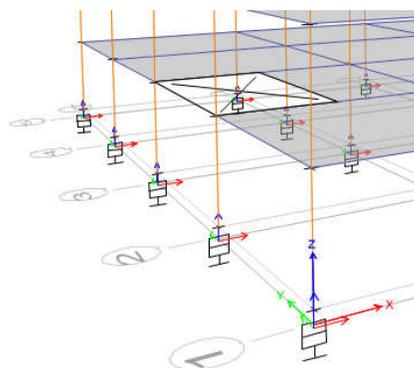
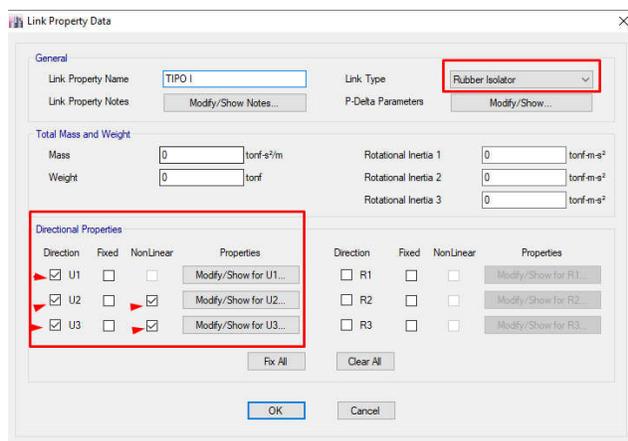


Figura 73: Propiedades Rubber Isolator ETABS

Fuente: Elaboración Propia

En la componente Z se coloca la rigidez efectiva otorgada por el modelo de aislador que se va a colocar en este caso fue un modelo de diámetro 57 cm según el catálogo de la empresa seleccionada en este trabajo

Identification	
Property Name	TIPO I
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No

Linear Properties	
Effective Stiffness	50000 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

OK Cancel

Figura 74: Propiedades Lineales Rubber Isolator ETABS
Fuente: Elaboración Propia

En las direcciones X , Y se proporcionaran las propiedades lineal y no lineal resultante del ensayo de laboratorio teórico del Matlab

Identification	
Property Name	TIPO I
Direction	U3
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	98.95 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 m

Nonlinear Properties	
Stiffness	339.63 tonf/m
Yield Strength	8.49 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0.2137

OK Cancel

Figura 75: Propiedades No Lineales Rubber Isolator ETABS
Fuente: Elaboración Propia

Creación del Piso técnico de altura de 1.5 m para mantenimiento de dispositivos de aislación

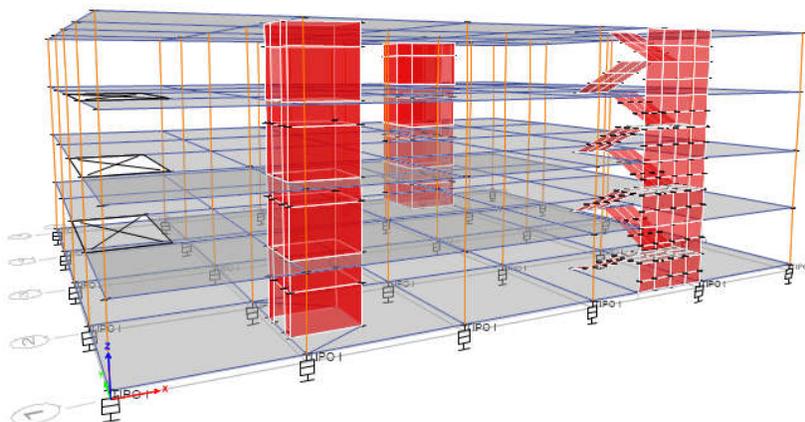


Figura 76: 3D Aisladores tipo LRB ETABS

Fuente: Elaboración Propia

ASIGNACIÓN DE DIAFRAGMA RÍGIDO EN EL PISO TÉCNICO

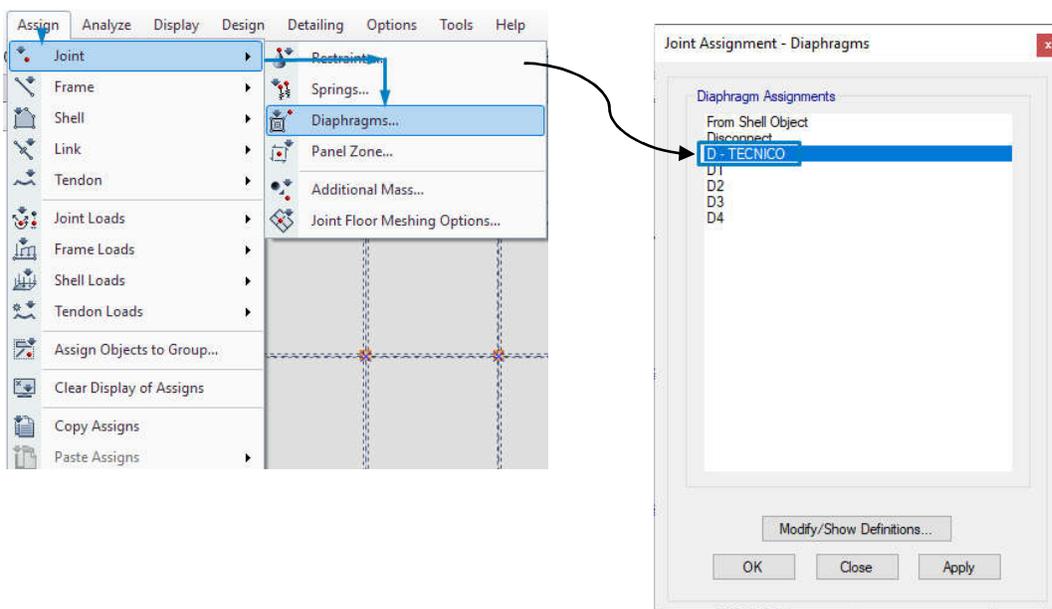


Figura 77: Diafragma rígido Piso Técnico ETABS

Fuente: Elaboración Propia

ASIGNACIÓN DE LOS APOYOS TIPO SPRINGS (AISLADORES LRB)

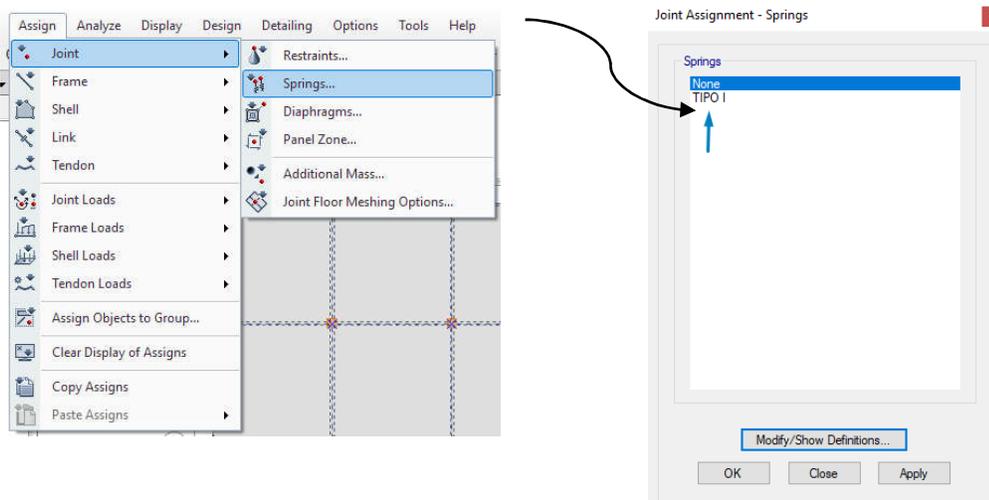


Figura 78: Apoyo tipo springs ETABS

Fuente: Elaboración Propia

4.9.13 PERIODOS Y RESULTADOS MODALES

Periodos altos en los 3 primeros modos es el resultado esperado y deseado estar por encima del periodo objetivo que era 2.5 seg en las direcciones principales

Modo	Periodo Seg.	UX %	UY %	SUM UX %	SUM UY %
1	2.682	0.3575	0.6337	0.3575	0.634
2	2.676	0.6396	0.3602	0.9971	0.994
3	2.205	0.0027	0.006	0.9998	1.000
4	0.198	0.0002	6.34E-06	1.0000	1.000
5	0.194	6.38E-06	0.0002	1.0000	1.000
6	0.164	0	0	1.0000	1.000
7	0.052	0	8.26E-07	1.0000	1.000
8	0.047	5.36E-07	0	1.0000	1.000
9	0.042	0	0	1.0000	1.000
10	0.034	0	0	1.0000	1.000
11	0.032	0	0	1.0000	1.000
12	0.029	0	0	1.000	1.000

Tabla 44 : Periodos y Resultado modales - ETABS

Fuente: Elaboración propia

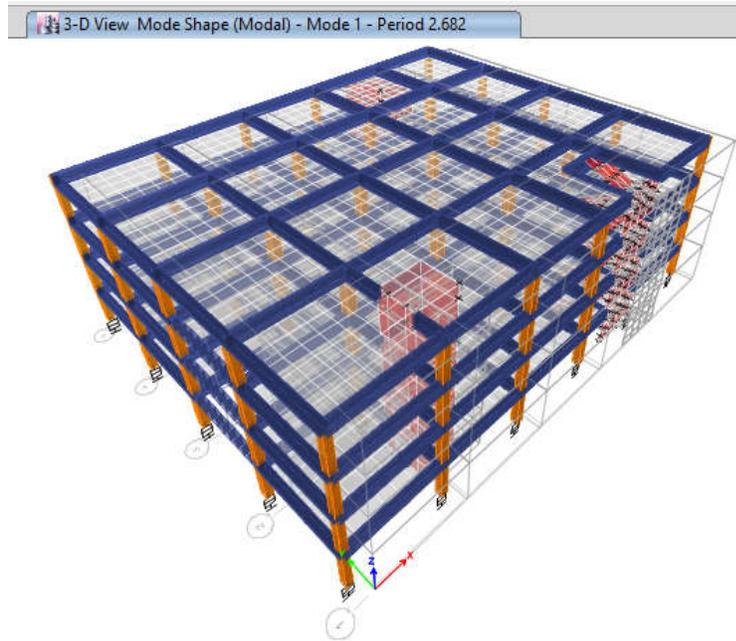


Figura 79: Periodo Modo 1 ETABS
Fuente: Elaboración Propia



Figura 80: Periodo Modo 2 ETABS
Fuente: Elaboración Propia

4.9.14 ANÁLISIS TIEMPO - HISTORIA

REDACIS – RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS

Nosotros tenemos un nivel de sismos frecuentes, son niveles de sismos que han ocurrido en la historia de una zona determinada donde será evaluada la estructura, tendrán que ser registros directos sobre sismos frecuentes.

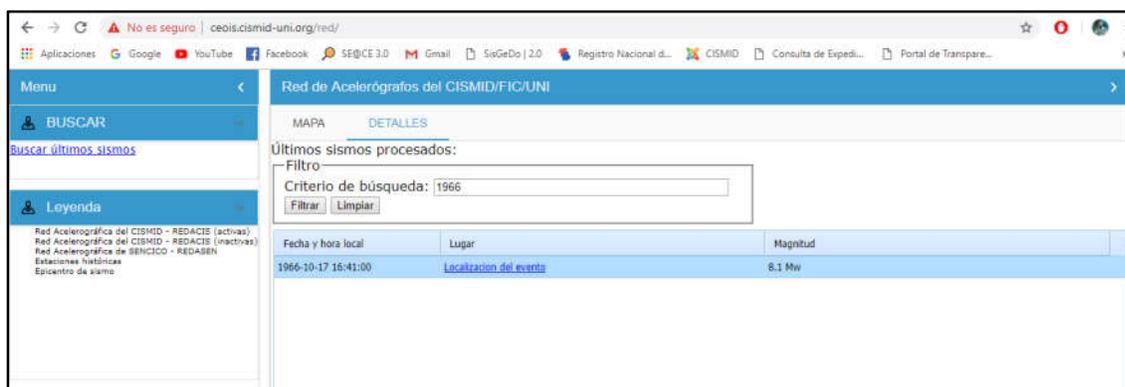


Figura 81: Web REDACI - CISMID

Fuente: CISMID

A continuación de la base de datos del REDACIS que es la base de datos del CISMID se va a seleccionar el mayor sismo que hubo en la ciudad de huacho que fue del año 1966 con magnitud de 8.1 Mw



Figura 82: Sismo Huacho 1966

Fuente: REDACI/ CISMID

El epicentro fue en el mar frente a las costas de Huacho (provincia de Huaura) que también trajo un maremoto, fue uno de los terremotos más destructivos ocurridos en el país. Duración aproximada de 45 seg. Donde muchas viviendas se desplomaron y hubo vidas perdidas y miles de damnificados

Escala Modificada de Mercalli (MMI)	
Intensidad	Sector
IX	Supe Pueblo
VIII	Huacho, Huaura, Chancay
VII	Lima , Callao y Cajatambo
VI	Chimbote y Virú

Tabla 45 : Sismo Huacho 06/10/1966

Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CISMID	
NOMBRE DEL ARCHIVO	PRQ_6610171641F
DATOS DE LA ESTACIÓN	ESTACIÓN PARQUE DE LA RESERVA
CLAVE DE LA ESTACIÓN	PRQ
TIPO DE SUELO	GRAVA GRUESA DENSA Y CANTO RODADO
INSTITUCIÓN RESPONSABLE	IGP
FECHA DEL SISMO	17 DE OCTUBRE 1966
HORA EPICENTRO (LOCAL)	16:41:57

Tabla 46 : REDACI

Fuente: CISMID

Registro Sismo 7035 – Huacho 06/10/1966

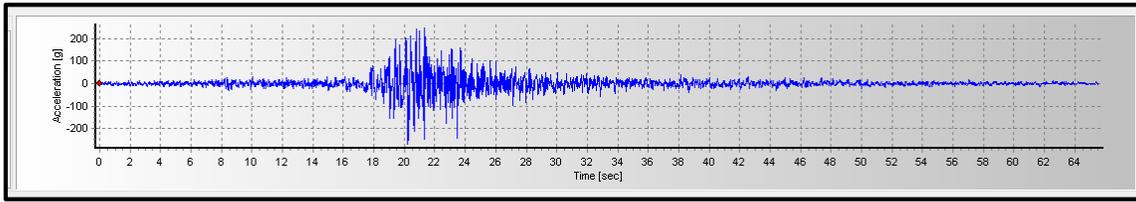


Figura 83: Aceleración sismo 1966 SeismoSignal
Fuente: elaboración Propia

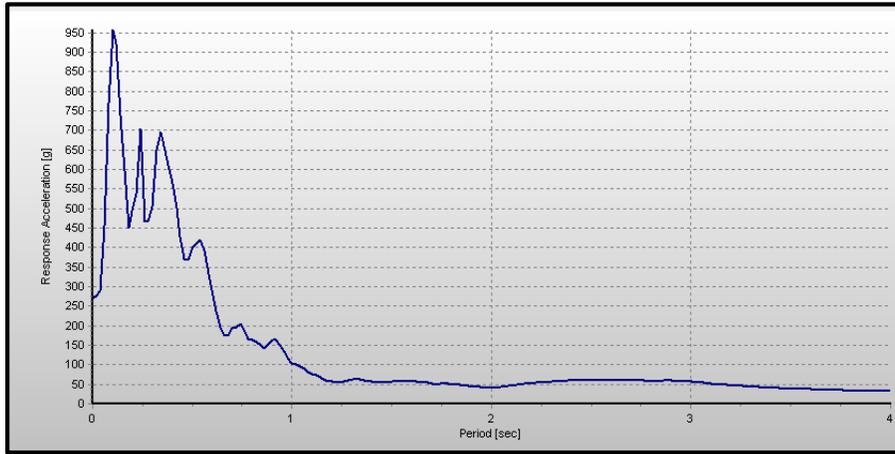


Figura 84: Aceleración sismo 1966 SeismoSignal
Fuente: elaboración Propia

Figura 85: Análisis Tiempo – Historia - ETABS
Fuente: elaboración Propia

Casos de análisis Tiempo Historia de diseño en direcciones XX YY y Tipo Historia para MCE (1.5xSD)

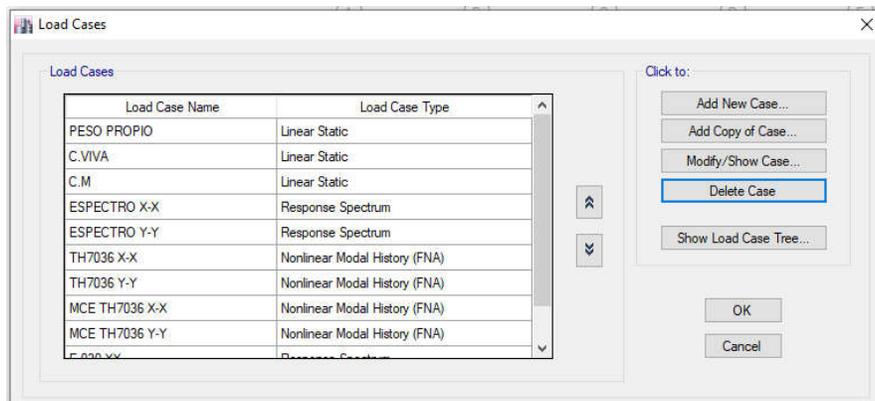


Figura 86: Casos analizados - ETABS

Fuente: elaboración Propia

4.9.15 DIAGRAMAS HISTERÉTICOS

SISMO DE DISEÑO

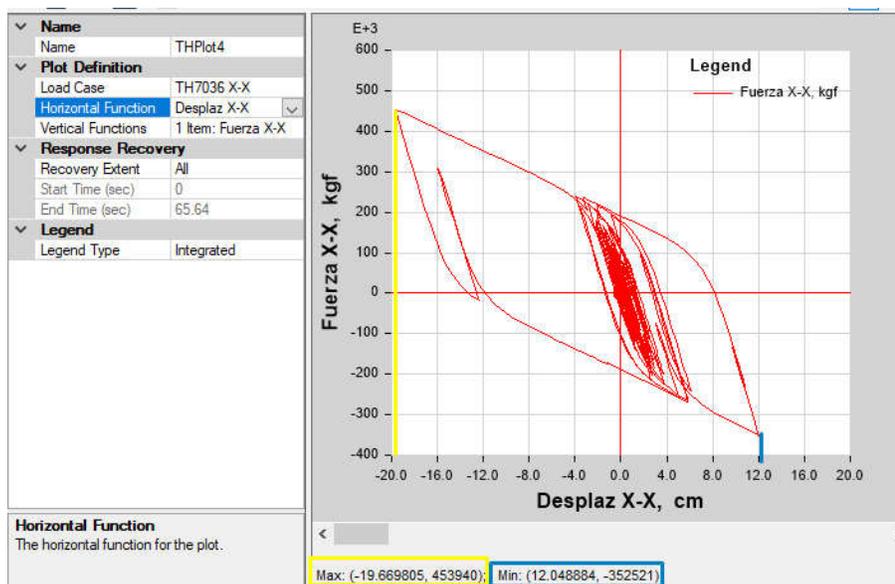


Figura 87: Lazo Histerético TH7036 XX ETABS

Fuente: elaboración Propia

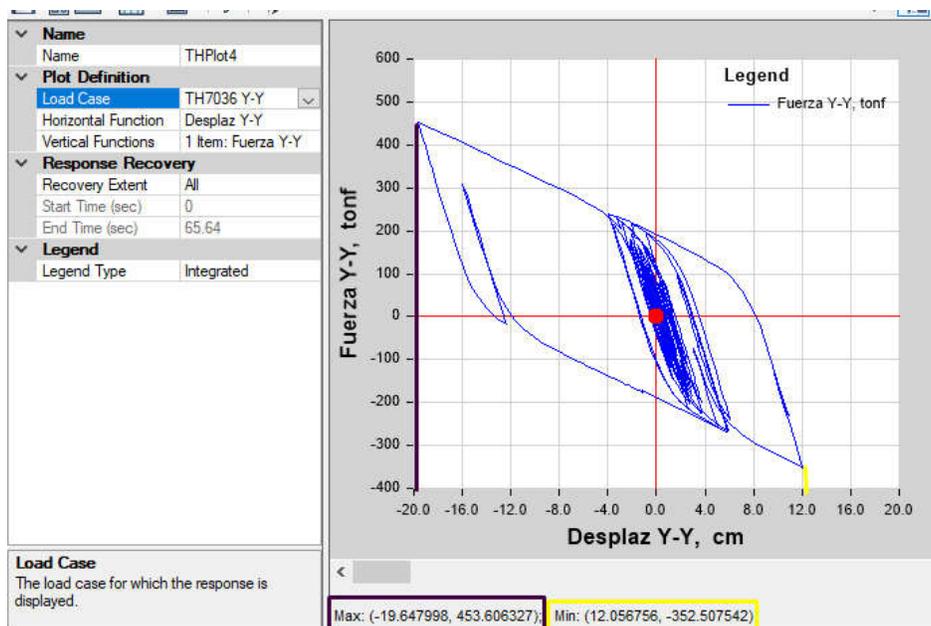


Figura 88: Lazo Histerético TH7036 YY ETABS

Fuente: elaboración Propia

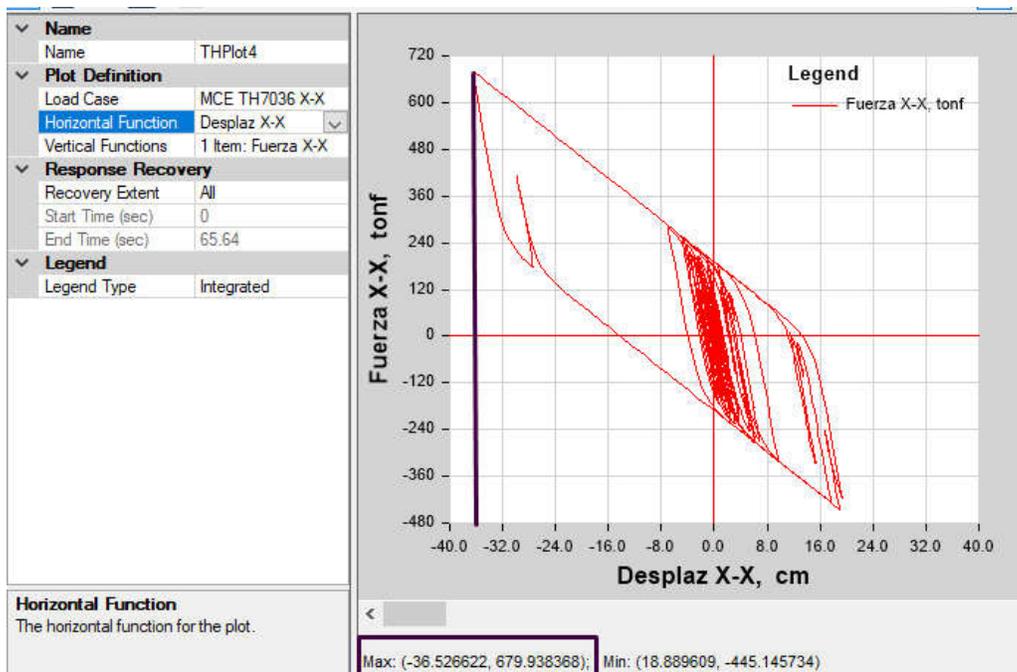


Figura 89: Lazo Histerético MCE TH7036 XX ETABS

Fuente: elaboración Propia

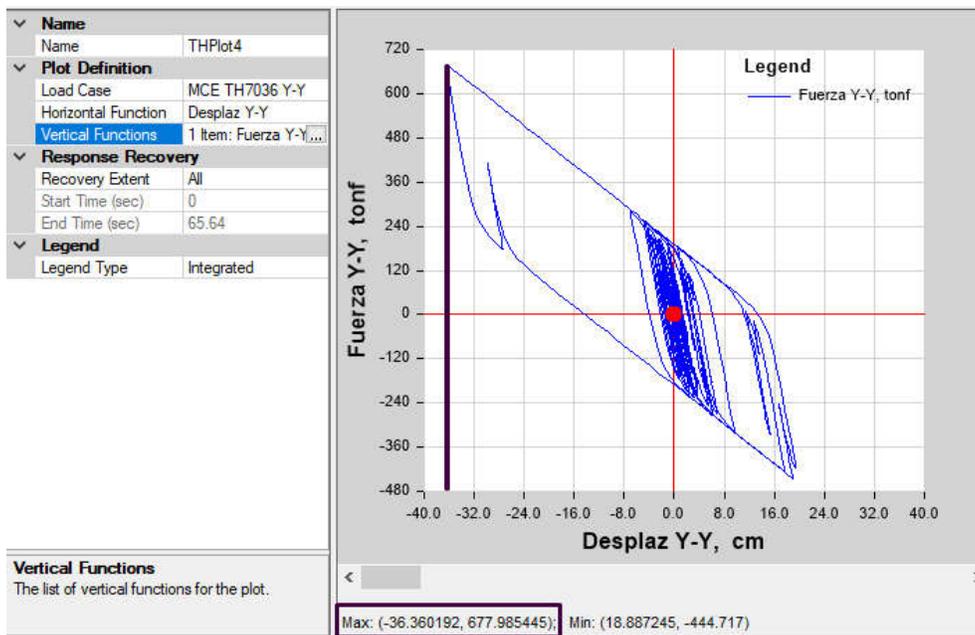


Figura 90: Lazo Histerético MCE TH7036 YY ETABS
Fuente: elaboración Propia

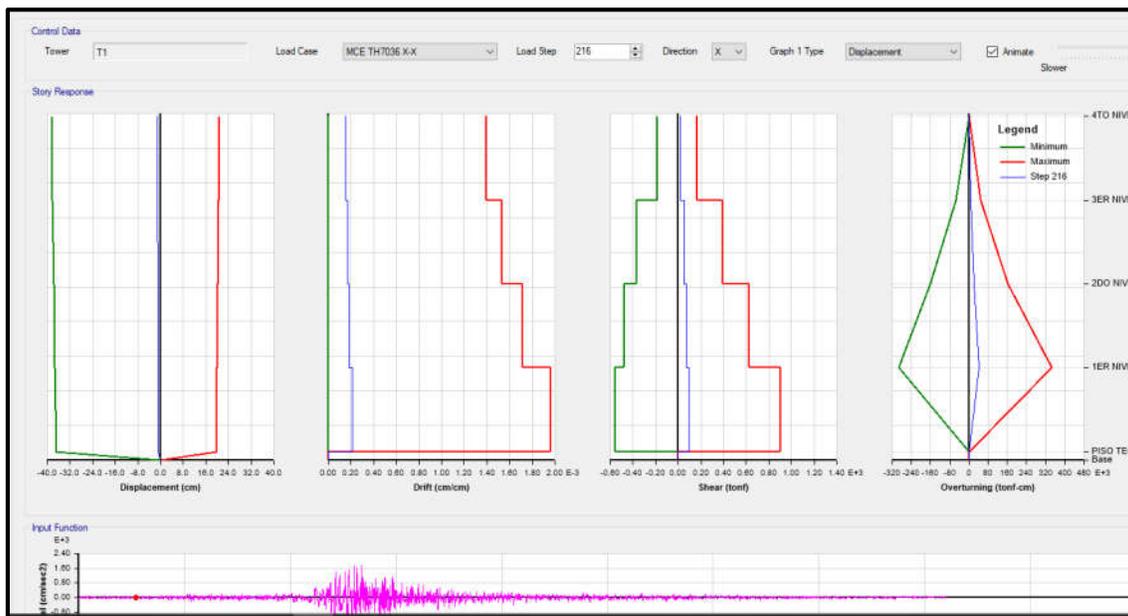


Figura 91: Lazo Histerético MCE TH7036 YY ETABS
Fuente: Elaboración Propia

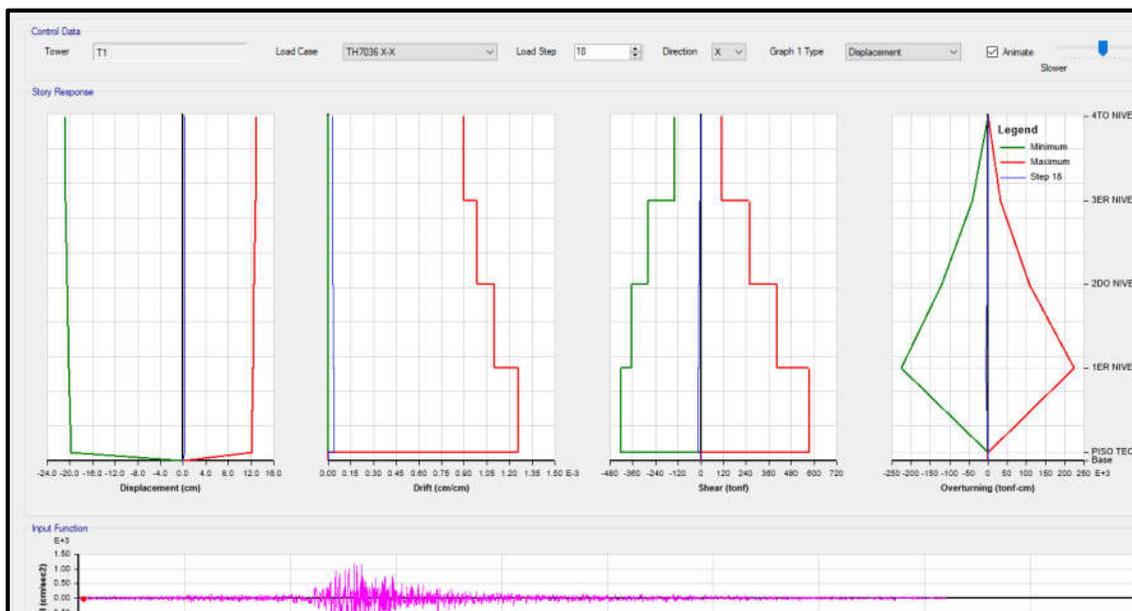


Figura 92: Lazo Histerético MCE TH7036 YY ETABS

Fuente: Elaboración Propia

4.10 ANÁLISIS COMPARATIVO A NIVEL ESTRUCTURAL

ANTECEDENTES GENERALES

Los objetivos principales de la tesis es cuantificar y verificar la reducción de las fuerzas sísmicas de diseño lo que dará como consecuencia la disminución en sección de elementos estructurales resistentes a las fuerzas de sismo. Uno de los objetivos de esta tesis es cuantificar la reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo que trae como resultado la disminución en sección de elementos estructurales resistentes a las fuerzas externas.

ANÁLISIS COMPARATIVO A NIVEL ESTRUCTURAL

MODOS DE VIBRACIÓN

Para el análisis modal tomamos la masa del 100% carga muerta más el 50% de la carga viva (D+0.5L), según lo indica la norma E.030. Los resultados del análisis modal están mostrados en la tabla 5.2.1.a, para la estructura convencional de base fija y para la estructura aislada con sistema compuesto por aisladores LRB

BASE FIJA		SISTEMA LRB	
Modo	Periodo Seg.	Modo	Periodo Seg.
1	0.23	1	2.682
2	0.218	2	2.676
3	0.185	3	2.205
4	0.066	4	0.198
5	0.059	5	0.194
6	0.053	6	0.164
7	0.037	7	0.052
8	0.031	8	0.047
9	0.028	9	0.042
10	0.025	10	0.034
11	0.017	11	0.032
12	0.015	12	0.029

Tabla 47 : Comparación periodos edificio base fija y aislada

Fuente: Elaboración Propia

El periodo fundamental de la estructura con base fija tiene en sus dos direcciones principales XX & YY periodos 0.23 seg y 0.218 seg respectivamente mientras que en la estructura aislada tienen altos de 2.6 seg en ambas direcciones, se logró alargar el periodo de las estructuras al periodo objetivo diseñado.

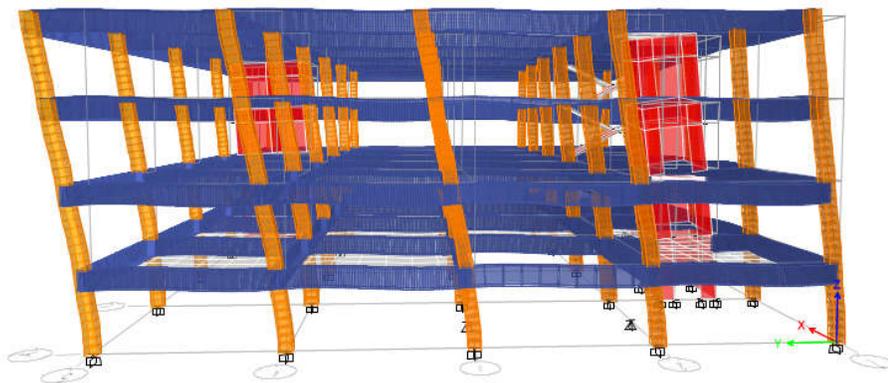


Figura 93: 3D desplazamiento base fija ETABS

Fuente: Elaboración Propia

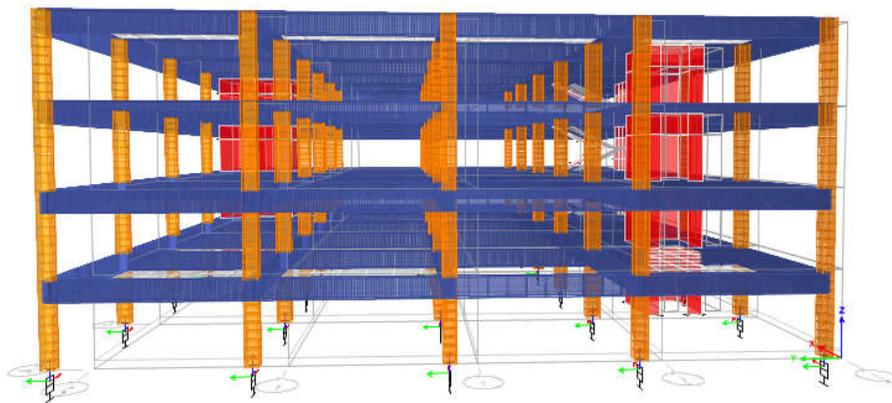


Figura 94: 3D desplazamiento base aislada ETABS

Fuente: Elaboración Propia

DESPLAZAMIENTOS EN LOS CENTROS DE MASA CM DE CADA ENTREPISO

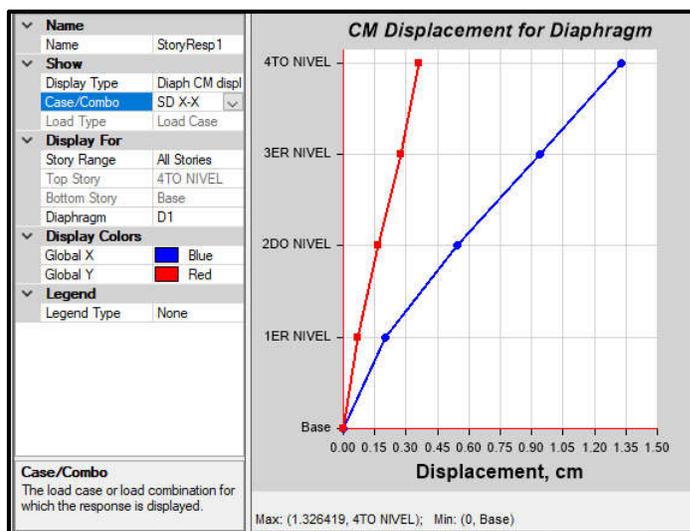


Figura 95: Gráfico desplazamiento piso Base fija ETABS

Fuente: Elaboración Propia

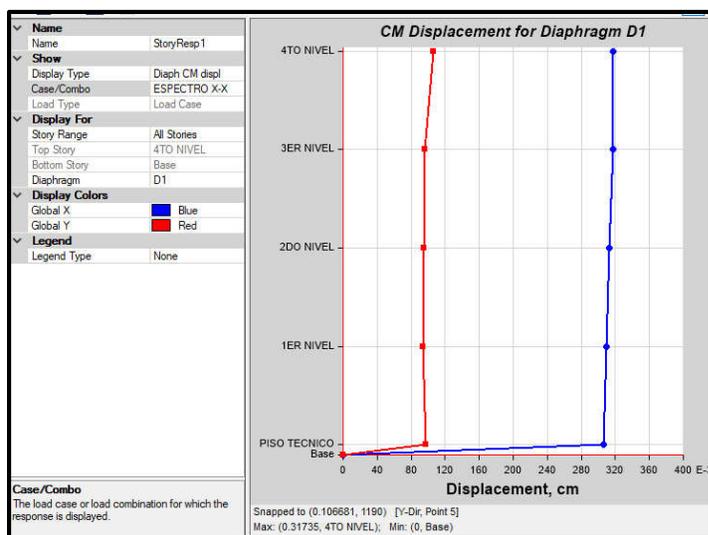


Figura 96: Gráfico Desplazamiento piso Base aislada ETABS

Fuente: Elaboración Propia

SISMO DE DISEÑO X-X BASE FIJA				SISMO DE DISEÑO X-X BASE AISLADA			
Nivel	Elevación (cm)	X- Dir (cm)	Y-Dir (cm)	Nivel	Elevación (cm)	X- Dir (cm)	Y-Dir (cm)
4TO PISO	1190	1.3264	0.3607	4TO PISO	1190	0.3174	0.1067
3ER PISO	900	0.9409	0.2725	3ER PISO	900	0.3168	0.0957
2DO PISO	610	0.5458	0.1671	2DO PISO	610	0.3133	0.0947
1ER PISO	320	0.1991	0.0659	1ER PISO	320	0.3094	0.0936
-	-	-	-	PISO TÉCNICO	30	0.306	0.0976

Tabla 48 : Comparación de desplazamientos de masa edificio base fija y aislada

Fuente: Elaboración Propia

DERIVAS DE ENTREPISO

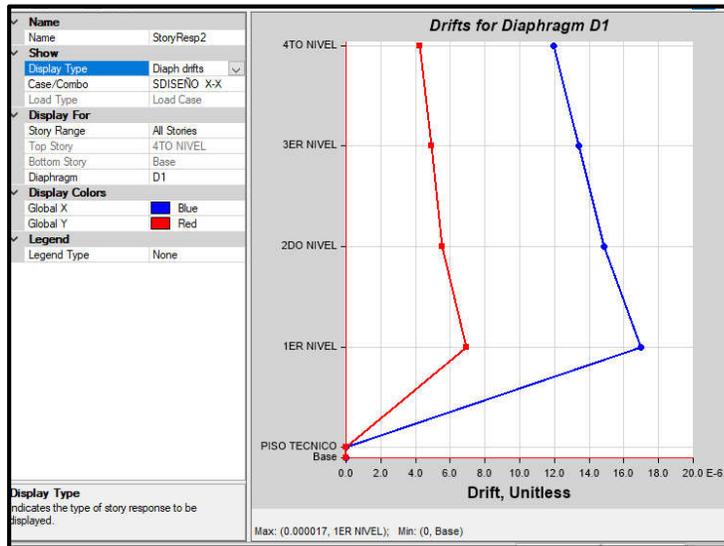


Figura 97: Deriva entre piso Base aislada ETABS
Fuente: Elaboración Propia

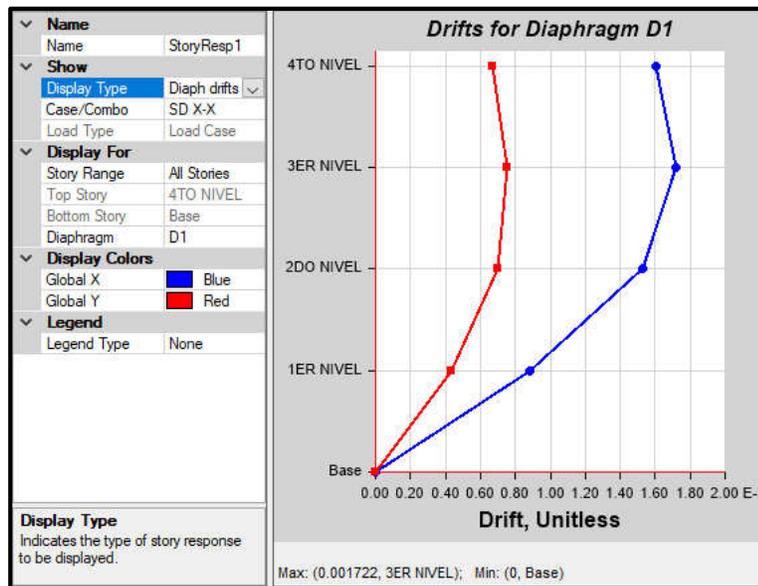


Figura 98: Deriva entre piso Base fija ETABS
Fuente: Elaboración Propia

DERIVA DE ENTREPISO							
SISMO DE DISEÑO X-X BASE FIJA				SISMO DE DISEÑO X-X BASE AISLADA			
Nivel	Elevación (cm)	X- Dir	Y-Dir	Nivel	Elevación (cm)	X- Dir	Y-Dir
4TO PISO	1190	0.001605	0.000666	4TO PISO	1190	0.000012	0.000004
3ER PISO	900	0.001722	0.000749	3ER PISO	900	0.000013	0.000005
2DO PISO	610	0.001528	0.0007	2DO PISO	610	0.000015	0.000006
1ER PISO	320	0.000879	0.000431	1ER PISO	320	0.000017	0.000007
-	-	-	-	PISO TÉCNICO	30	0	0

Tabla 49 : Comparación deriva de entrepiso entre edificio base fija y aislada

Fuente: Elaboración Propia

CORTANTE DINÁMICO

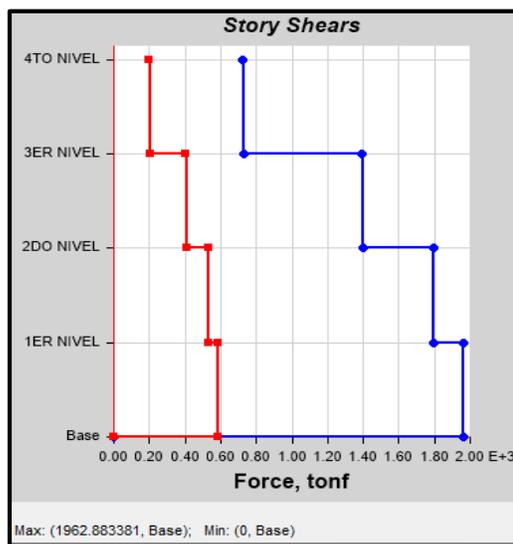


Figura 99: Cortante dinámica Base fija ETABS

Fuente: Elaboración Propia

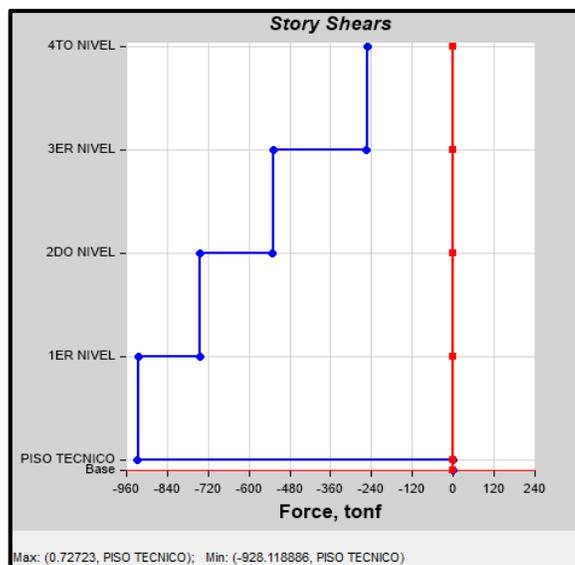


Figura 100: Cortante basal Base aislada ETABS

Fuente: Elaboración Propia

CORTANTE DINÁMICA									
BASE FIJA		SD XX	SD YY	BASE AISLADA		SD XX	SD YY	REDUCCIÓN %	
Nivel	Elevación (m)	X- Dir (Tn)	Y-Dir (Tn)	Nivel	Elevación (m)	X- Dir (Tn)	Y-Dir (Tn)	XX	YY
4TO PISO	11.9	720.2909	676.4842	4TO PISO	11.9	252.3686	252.3184	65%	63%
3ER PISO	9	1392.7229	1327.499	3ER PISO	9	528.4975	528.4833	62%	60%
2DO PISO	6.1	1794.4656	1736.6922	2DO PISO	6.1	742.3462	742.4156	59%	57%
1ER PISO	3.2	1962.079	1920.8198	1ER PISO	3.2	924.6689	924.9485	53%	52%
-	-	-	-	PISO TÉCNICO	0.3	0	0		

Tabla 50 : Comparación cortante en la base entre edificio base fija y aislada
Fuente: Elaboración Propia

ACELERACIÓN EN ENTREPISOS

Story Accelerations								
Story	Load Case/Combo	UX m/sec ²	UY m/sec ²	UZ m/sec ²	RX rad/sec ²	RY rad/sec ²	RZ rad/sec ²	
4TO NIVEL	SD X-X Max	12.2754	6.5807	4.9104	2.199	3.128	0.918	
4TO NIVEL	SD Y-Y Max	6.4169	13.6652	3.0585	2.611	1.241	0.691	
3ER NIVEL	SD X-X Max	8.669	4.6774	4.1644	1.699	2.237	0.484	
3ER NIVEL	SD Y-Y Max	4.6059	9.9144	2.4592	2.168	0.981	0.389	
2DO NIVEL	SD X-X Max	5.8256	3.3607	4.0099	1.943	1.811	0.412	
2DO NIVEL	SD Y-Y Max	2.8329	6.8158	2.2531	2.001	0.911	0.347	
1ER NIVEL	SD X-X Max	3.1635	2.3453	5.5324	4.411	2.517	1.751	
1ER NIVEL	SD Y-Y Max	1.3049	3.692	8.7651	6.523	2.737	0.843	
Base	SD X-X Max	0	0	0	3.081	0.196	0.682	
Base	SD Y-Y Max	0	0	0	5.693	0.038	0.112	

Figura 101: Aceleración entre piso Base fija ETABS
Fuente: Elaboración Propia

Story Accelerations								
Story	Load Case/Combo	UX m/sec ²	UY m/sec ²	UZ m/sec ²	RX rad/sec ²	RY rad/sec ²	RZ rad/sec ²	
4TO NIVEL	SDISEÑO X-X Max	0.0183	0.006	0.0008	0.0001561	0.0004713	0.0001396	
4TO NIVEL	SDISEÑO Y-Y Max	0.0059	0.0189	0.0007	0.0004486	0.0001849	0.0001952	
3ER NIVEL	SDISEÑO X-X Max	0.0181	0.0059	0.0009	0.0002599	0.0004684	0.0001371	
3ER NIVEL	SDISEÑO Y-Y Max	0.0058	0.0187	0.0008	0.0004653	0.0001879	0.0001951	
2DO NIVEL	SDISEÑO X-X Max	0.0179	0.0058	0.0008	0.0002658	0.0004548	0.0001367	
2DO NIVEL	SDISEÑO Y-Y Max	0.0058	0.0185	0.0007	0.0004517	0.0001783	0.0002104	
1ER NIVEL	SDISEÑO X-X Max	0.0177	0.0058	0.0009	0.0003555	0.0004156	0.0001517	
1ER NIVEL	SDISEÑO Y-Y Max	0.0057	0.0183	0.0007	0.001	0.000199	0.0002228	
PISO TECNICO	SDISEÑO X-X Max	0.0175	0.0057	0.0008	0.001	0.001	0.0001264	
PISO TECNICO	SDISEÑO Y-Y Max	0.0057	0.0181	0.0008	0.001	0.0001625	0.0001738	
Base	SDISEÑO X-X Max	0	0	0	0	0	0	
Base	SDISEÑO Y-Y Max	0	0	0	0	0	0	

Figura 102: Aceleración entre piso Base aislada ETABS
Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La estructura con base fija por ser una estructura de uso hospitalario tendrá mínimas consideraciones tomadas en este trabajo la cual le dan un buen comportamiento ante un evento sísmico. Se logró realiza el análisis estructural con los parámetros de sitio según la norma E. 030 pero usando el diagrama de aceleración de la norma ASCE 7-10 la cual presenta mayores aceleraciones. Se comprobó que el sistema es básicamente es de pórticos, así mismo, se comprobó que esta estructura rígida (periodo fundamental de 0.23 segundos) amplificó las aceleraciones del sismo de diseño desde 3.69 m/s^2 en el primer entrepiso hasta 13.66 m/s^2 en el techo (valores correspondientes a la dirección Y, la más desfavorable), lo que trajo como resultado mayor porción de cortante basal en los pisos superiores, como se esperaba. En cuanto a las derivas se obtuvieron valores inferiores al máximo permisible para el concreto (0.007), siendo el valor máximo en la dirección X de 0.0016, en el último piso.
- Para el diseño de la base aislada se diseñó un sistema de aislación compuesto por aisladores elastomérico tipo LRB, elegidos por tener un comportamiento Histerético mejorado y pueden resistir las solicitaciones del sistema. Se obtuvieron las dimensiones y propiedades dinámicas de los aisladores según la carga que reciben y evaluándolos ante un sismo máximo considerado (MCE), obteniéndose un valor de desplazamiento máximo de cada aislador de 0.36m según en el análisis Tiempo - Historia, los aisladores se distinguen como tipo 1. Para el diseño del sistema aislado se estableció un periodo objetivo de 2.5 segundos, valor que aleja a la estructura de la zona de mayor aceleración espectral logrando aislar a la estructura a un periodo de 2.6 segundos, valor superior al deseado. Se logró aumentar el amortiguamiento de la estructura de 5% (convencional) a 13% (aislado) bajo el sismo de diseño.

- Se logró realizar con éxito el análisis, cumpliendo las disposiciones de las normas UBC-97, FEMA 450-451, ASCE SEI 7-10, además de la norma E.030, con las cuales se pudo hacer la adaptación a la realidad local. Se evaluó la estructura ante el sismo MCE y se comprobó que la estructura no sobrepasa el desplazamiento máximo de los aisladores (0.38m), obteniéndose un desplazamiento total máximo en el sismo MCE del orden de 0.36m. Al aplicar el sismo de diseño (DBE) se obtuvo un desplazamiento de diseño de 0.1966m en la dirección X y 0.1964m en la dirección Y.
- La estructura con base aislada tuvo un comportamiento superior al edificio con base fija, se obtuvo reducciones de cortante basal de diseño de 60 % aproximadamente en cada nivel, también se logró minimizar las vibraciones en los pisos superiores, en donde la amplificación de aceleraciones en el sismo de diseño varía desde 0.0181m/s^2 en el primer entrespacio hasta 0.0189m/s^2 en el techo (valores correspondientes a la dirección Y, la más desfavorable). En cuanto a las derivadas todas son inferiores a la máxima permitida en la norma E.030 para estructuras de concreto (0.007), siendo la dirección Y la más desfavorable, con un valor máximo de 0.0001.

5.2 RECOMENDACIONES

- El Perú recién está adoptando filosofías sobre protección sísmica a esto se puede sugerir que los edificios públicos serían los más beneficiados, los que ante un evento sísmico de gran magnitud no deberían interrumpir su funcionamiento, como es el caso de hospitales, estación de bomberos, colegios, universidades o de importante contenido como son museos, almacenes del estado, etc.
- Se recomienda usar aisladores en suelos rígidos (S1), pudiendo extenderse a suelos intermedios (S2), y se sugiere limitar su uso en suelos flexibles (S3) o en zonas de licuefacción de suelos.

CAPÍTULO VI

BIBLOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. Aguiar R., Almazán, J., Dechent, P. , & Suárez, V. 2 006 – “Aisladores de Base Elastomérico y FPS” Quito, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
2. American Society of Civil Engineers (2017). Minimum Desing Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. Virginia: ASCE.
3. Anil K. Chopra. 2 014 – “Dinámica de Estructuras” (4ta Edición)
4. Blanco Blasco, A. (1994). “Estructuración y Redimensionamiento de Edificios de Concreto Armado. Lima, Perú.
5. Computers & Structures Inc. (2015). CSI Analysis Reference Manual. Berkeley, California: Computers & Structures Inc.
6. Jorge Cabanillas Rodríguez. “Evaluación Dinámica Incremental Usando Respuesta no lineal en una estructura de concreto armado 8 pisos”. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
7. Dynamic Isolation Systems Inc. (2017) Dynamic Isolation Systems. Obtenido de <https://www.cdvperu.com/aisladores-dis>
8. F. LÓPEZ ALMANSA. Mayo 2 010 – “Aislamiento de Base”. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
9. Hernández Sampieri, R. 2 014 – “Metodología de la Investigación”. México DF:Mc Graw Hill
10. ROGER MEZA & EDGARD SANCHEZ. Junio 2010 – “Guía de diseño sísmico de aisladores elastomérico y de fricción para la republica de Nicaragua”: Managua, Nicaragua: Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios
11. SENCICO. (2016). Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”. Lima