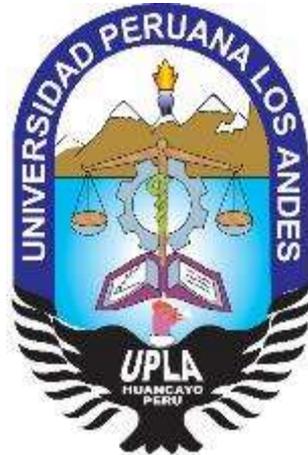


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Profesional de Ingeniera Civil



**TESIS**

**AISLADORES ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE  
PLOMO EN LA REDUCCION DE DAÑOS SISMICOS EN  
EDIFICACIONES ESENCIALES, SURCO-LIMA**

PRESENTADO POR:

**Bach. Perez Barreto Ashly Alexis**

Línea de Investigación Institucional:

**TRANSPORTE Y URBANISMO**

Línea de Investigación por Programa de Estudios:

**ESTRUCTURAS**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

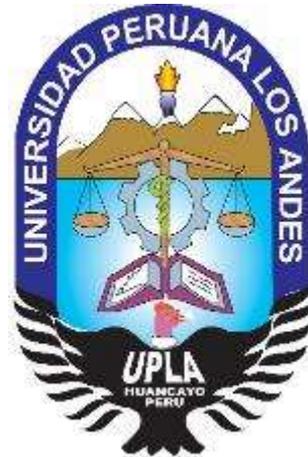
**LIMA – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuela Profesional de Ingeniera Civil



**TESIS**

**AISLADORES ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE  
PLOMO EN LA REDUCCION DE DAÑOS SISMICOS EN  
EDIFICACIONES ESENCIALES, SURCO-LIMA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Perez Barreto Ashly Alexis**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **ASESORES**

### **ASESOR METODOLOGICO**

Mg. GALLARDO MENDOZA JUAN CARLOS

### **ASESOR TEMÁTICO**

Ing. PAREDES LEON JUSSY FERNANDO

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este día tan importante, a mis padres Hilario y Victoria por sus enseñanzas y paciencia a lo largo del tiempo, a mis hermanos por su apoyo incondicional en todo momento para poder lograr mis metas anheladas y así poder dar un gran paso para mi vida profesional.

**Alexis**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por permitirme ser feliz en cada día de mi vida, ya que gracias a su incondicional apoyo pude tener logros, aprendiendo de mis errores para obtener como resultado ganar experiencias y crecer de las diversas maneras, agradecerte por cada día de vida que nos das, al lado de todos mis seres queridos y por no desampararnos más sino guiarnos en todo momento.

Por otro lado, agradecer a mis compañeros o amigos ingenieros, en la cual sus recomendaciones y observaciones han sido de gran importancia para la elaboración de esta tesis.

Un especial agradecimiento al ING. PAREDES LEON JUSSY FERNANDO y al ING. GALLARDO MENDOZA JUAN CARLOS asesores de tesis y amigos, por la dirección, asesoramiento y apoyo en el presente trabajo.

Por ultimo y no menos importante, a mi familia, a mis padres por apoyarme en cada momento en mis tomas de decisiones y en mis proyectos, son ellos el principal motivo para realizarme como profesional, a mis hermanos porque en todo momento estuvieron cuando los necesite y fueron ellos lo que me inspiraron a no quedarme atrás y ser profesional, a todos ustedes mi eterno agradecimiento

## **JURADOS DE SUSTENTACIÓN**

---

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ

**PRESIDENTE**

---

ING. RANDO PORRAS OLARTE

**JURADO REVISOR**

---

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES

**JURADO REVISOR**

---

ING. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES

**JURADO REVISOR**

---

MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES

**SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

DEDICATORIA _____	III
RESUMEN _____	XV
ABSTRACT _____	XVI
INTRODUCCION _____	XVII
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	1
1.1. Planteamiento del problema _____	1
1.2. Formulación y sistematización del problema _____	2
1.2.1. Problema general _____	2
1.2.2. Problemas específicos _____	2
1.3. Justificación _____	3
1.3.1. Practica o social _____	3
1.3.2. Metodológica _____	3
1.4. Delimitaciones _____	3
1.4.1. Espacial _____	3
1.4.2. Temporal _____	4
1.4.3. Económica _____	4
1.5. Limitaciones _____	4
1.6. Objetivos _____	5
1.6.1. Objetivos generales _____	5
1.6.2. Objetivos específicos _____	5
CAPITULO II MARCO TEORICO _____	6
2.1. Antecedentes _____	6
2.1.1. Nacionales _____	6
2.1.2. Internacionales _____	9
2.2. Marco conceptual _____	11
2.2.1. Sistema de protección sísmica _____	11
2.2.1.1. Sistemas pasivos _____	12
2.2.1.2. Sistemas activos _____	12
2.2.2. Aisladores sísmicos _____	12
2.2.2.1. Introducción al aislamiento sísmico _____	12
2.2.2.2. Definición de aislamiento sísmico _____	15

2.2.2.3. Aisladores elastomericos _____	16
2.2.2.4. Tipos de aisladores elastomericos _____	17
2.2.2.5. Aisladores elastomericos con núcleo de plomo _____	18
2.2.2.6. Características del aislador con núcleo de plomo _____	20
2.2.2.7. Ventaja y desventaja _____	20
2.2.2.8. Propiedades de los aisladores núcleo de plomo _____	21
2.2.2.8.1. Propiedades del caucho _____	21
2.2.2.8.2. Propiedades del acero _____	24
2.2.2.8.3. Propiedades del plomo _____	24
2.2.3. Normativa para el análisis de edificios con sistemas aislados _____	25
2.2.3.1. Normativa ASCE/SEI 7-10 _____	25
2.2.3.1.1. Requerimientos generales de diseño _____	26
2.2.3.1.2. Requerimientos generales de diseño _____	28
2.2.3.1.2.1. Factor de importancia _____	28
2.2.3.1.2.2. Zona sísmica (aceleración espectral) _____	29
2.2.3.1.2.3. Fuerza sísmica para la superestructura utilizando el método _____	31
2.2.3.1.2.4. Coeficiente sísmico de la superestructura para el método _____	31
2.2.3.1.2.5. Espectro de respuesta de diseño _____	32
2.2.3.1.2.6. Desplazamientos _____	34
2.2.3.1.2.7. Fuerza restauradora y diafragma rígido _____	34
2.2.3.1.2.8. Combinación de carga _____	34
2.2.3.1.3. Movimiento del terreno para estructuras aisladas _____	35
2.2.3.1.3.1. Espectro de respuesta _____	35
2.2.3.1.4. Criterio de selección del procedimiento de análisis _____	35
2.2.3.1.4.1. Procedimiento de fuerza equivalente _____	36
2.2.3.1.4.2. Procedimiento dinámico _____	36
2.2.3.1.5. Procedimiento de la fuerza equivalente _____	37
2.2.3.1.5.1. Desplazamientos y periodos usados en el análisis estático _____	37
2.2.3.1.5.2. Fuerzas laterales mínimas para el método estático _____	38
2.2.3.1.5.3. Distribución vertical de la fuerza _____	39
2.2.3.1.5.4. Distribución vertical de la fuerza _____	40
2.2.3.1.6. Procedimiento de análisis dinámico _____	41
2.2.3.1.6.1. Análisis modal espectral _____	41
2.2.3.1.6.2. Fuerza y desplazamientos mínimos para el análisis dinámico _____	41
2.2.3.1.7. Revisión del diseño _____	43
2.2.3.1.8. Pruebas _____	43
2.2.3.1.8.1. Selección de prototipos _____	43
2.2.3.1.8.2. Secuencia y ciclos de carga _____	44
2.2.3.1.8.3. Unidades dependientes sobre la relación de cargas _____	44
2.2.3.1.8.4. Dependencia de carga bilateral y dependencia del ciclo de carga _____	45

2.2.3.1.8.5. Determinación de características fuerza-deflexión, propiedad de diseño de los sistemas aislados	45
2.2.3.1.9 Parámetros a considerar para una normativa peruana de aislación sísmica	46
2.2.4. Normativa para el análisis de edificios convencionales.	47
2.2.4.1. Normativa E-030 de diseño sismorresistente	47
2.2.4.1.1 Filosofía y principios	47
2.2.4.1.2 Concepción estructural sismorresistente	48
2.2.4.1.3 Zonificación	48
2.2.4.1.4 Condiciones geotécnicas del suelo	49
2.2.4.1.5 Categorías de las edificaciones y factor de uso	51
2.2.4.1.6 Sistemas estructurales	53
2.2.4.1.6.1. Estructuras de concreto armado	53
2.2.4.1.7 Restricciones a la irregularidad	55
2.2.4.1.7.1. Categoría de la edificación e irregularidad	55
2.2.4.1.8 Estimación del peso (P)	55
2.2.4.1.9 Determinación de desplazamientos laterales	56
2.2.4.1.10 Desplazamientos laterales admisibles	56
2.2.5. Daños sísmicos	57
2.2.5.1. Elementos propensos al daño	57
2.2.5.1.1 Elementos estructurales	57
2.2.5.1.2 Elementos no estructurales	57
2.2.5.1.3 Contenidos	57
2.2.5.2. Clasificación de acuerdo con los daños observados	58
2.2.5.2.1 Utilizables	58
2.2.5.2.2 Temporalmente utilizables	58
2.2.5.2.3 Completamente utilizable	58
2.2.6. Edificaciones esenciales	59
2.2.6.1. Categorización	59
2.2.6.2. Unidad productora de servicios (UPS)	59
2.2.6.3. Unidad productora de servicios de salud (UPSS)	59
2.2.6.4. Primer nivel de atención	61
2.2.6.5. Segundo nivel de atención	61
2.2.6.6. Tercer nivel de atención	63
2.3. Definición de términos	63
2.4. Hipótesis	66
2.4.1. Hipótesis general	66
2.4.2. Hipótesis específicas	66
2.5. Variables	67
2.5.1. Definición conceptual de la variable	67

2.5.2. Definición operacional de la variable _____	67
2.5.3. Operacionalización de la variable _____	68
<b>CAPITULO III METODOLOGIA _____</b>	<b>69</b>
3.1. Método de investigación _____	69
3.2. Tipo de investigación _____	69
3.3. Nivel de investigación _____	69
3.4. Diseño de investigación _____	70
3.5. Población y muestra _____	70
3.6. técnicas e instrumentos de recolección de datos _____	70
3.7. Procesamiento de la información _____	72
3.8. Técnicas y análisis de datos _____	72
<b>CAPITULO IV RESULTADOS _____</b>	<b>73</b>
4.1. Datos generales _____	73
4.1.1. Datos de la edificación a analizar _____	73
4.1.1. Datos del aislador elastomérico núcleo de plomo _____	74
4.2. Variable independiente: Aisladores elastomericos con núcleo de plomo _____	74
4.2.1. Desplazamiento _____	74
4.2.1.1. Espectro de respuesta (SM1) _____	74
4.2.1.2. Desplazamiento máximo total _____	75
4.2.2. Rigidez _____	78
4.2.2.1. Carga axial _____	78
4.2.2.2. Rigidez efectiva _____	79
4.2.3. Amortiguamiento _____	81
4.2.3.1. Amortiguamiento efectivo _____	81
4.3. Variable dependiente: Daños sísmicos _____	81
4.3.1. Daños estructurales _____	81
4.3.1.1. Rigidez por piso _____	81
4.3.1.1.1. Rigidez en la dirección X-X _____	82
4.3.1.1.2. Rigidez en la dirección Y-Y _____	83
4.3.1.2. Fuerza cortante por piso _____	84
4.3.1.2.1. Fuerza cortante en la dirección X-X _____	84
4.3.1.2.2. Fuerza cortante en la dirección Y-Y _____	85
4.3.1.3. Deriva de entre piso _____	86
4.3.1.3.1. Deriva en la dirección X-X _____	86

4.3.1.3.2. Deriva en la dirección Y-Y _____	87
4.3.1.4. Irregularidad torsional _____	88
4.3.1.4.1. Irregularidad torsional en la dirección X-X _____	88
4.3.1.4.2. Irregularidad torsional en la dirección Y-Y _____	89
4.3.2. Daños en contenido _____	90
4.3.2.1. Aceleración _____	90
4.3.2.1.1. Aceleración en la dirección X-X _____	90
4.3.2.1.1. Aceleración en la dirección Y-Y _____	91
4.3.2.2. Periodo fundamental _____	92
4.4. Resumen comparativo _____	92
4.4.1. Comparativo de rigidez _____	92
4.4.1.1. Comparativo de rigidez en la dirección X-X _____	92
4.4.1.2. Comparativo de rigidez en la dirección Y-Y _____	94
4.4.2. Fuerza cortante en la base _____	95
4.4.2.1. Comparativo de fuerza cortante en la base en la dirección X-X _____	95
4.4.2.2. Comparativo de fuerza cortante en la base en la dirección Y-Y _____	97
4.4.3. Comparativo de derivas por piso _____	98
4.4.3.1. Comparativo de derivas por piso en la dirección X-X _____	98
4.4.3.2. Comparativo de derivas por piso en la dirección Y-Y _____	99
4.4.4. Comparativo de irregularidad por torsión _____	99
4.4.4.1. Comparativo de irregularidad por torsión en la dirección X-X _____	100
4.4.4.2. Comparativo de irregularidad por torsión en la dirección Y-Y _____	101
4.4.5. Comparativo de aceleración _____	102
4.4.6. Comparativo de periodo _____	102
CAPITULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS _____	104
CONCLUSIONES _____	106
RECOMENDACIONES _____	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	109

## ANEXOS

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen N° 1:</b> Ubicación de la edificación a analizar .....	4
<b>Imagen N° 2:</b> Clasificación de los sistemas de protección sísmica .....	11
<b>Imagen N° 3:</b> Comportamiento de una estructura de base fija y otra con base aislada.....	15
<b>Imagen N° 4:</b> Componentes de un sistema de aislamiento .....	16
<b>Imagen N° 5:</b> Aislador elastomérico.....	17
<b>Imagen N° 6:</b> Detalles del aislador elastomérico con núcleo de plomo en elevación .....	19
<b>Imagen N° 7:</b> Detalle del aislador elastomérico con núcleo de plomo en planta.....	19
<b>Imagen N° 8:</b> Espectro de diseño según ASCE 7-10.....	33
<b>Imagen N° 9:</b> Zonas sísmicas.....	49
<b>Imagen N° 10:</b> Espectro de respuesta.....	74
<b>Imagen N° 11:</b> Resultado de desplazamiento X-X .....	77
<b>Imagen N° 12:</b> Resultado de desplazamiento Y-Y .....	77
<b>Imagen N° 13:</b> Resultado de carga axial de cada aislador .....	78
<b>Imagen N° 14:</b> Grafica comparativa de rigideces en la dirección (X-X).....	93
<b>Imagen N° 15:</b> Grafica de porcentaje de aporte del aislador en la dirección (X-X).....	93
<b>Imagen N° 16:</b> Grafica comparativa de rigideces en la dirección (Y-Y).....	94
<b>Imagen N° 17:</b> Grafica de porcentaje de aporte del aislador en la dirección (Y-Y).....	95
<b>Imagen N° 18:</b> Grafica comparativa fuerza cortante en la base en la dirección (X-X) .....	96
<b>Imagen N° 19:</b> Grafica de porcentaje de aporte por cortante del aislador (X-X) .....	96
<b>Imagen N° 20:</b> Grafica comparativa de fuerza cortante en la dirección(Y-Y) .....	97
<b>Imagen N° 21:</b> Grafica de porcentaje de aporte por cortante del aislador (Y-Y) .....	97
<b>Imagen N° 22:</b> Grafica comparativa de deriva en la dirección(X-X) .....	98
<b>Imagen N° 23:</b> Grafica comparativa de deriva en la dirección (Y-Y).....	99
<b>Imagen N° 24:</b> Grafica comparativa de irregularidad torsional en la dirección (X-X).....	100
<b>Imagen N° 25:</b> Grafica comparativa de irregularidad torsional en la dirección (Y-Y).....	101
<b>Imagen N° 26:</b> Grafica comparativa de aceleración en la superestructura.....	102
<b>Imagen N° 27:</b> Grafica comparativa del periodo de la superestructura .....	103

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla Nº 1:</b> Módulo de elasticidad según la dureza del elastómero.....	22
<b>Tabla Nº 2:</b> Módulo de corte según la dureza del elastómero.....	22
<b>Tabla Nº 3:</b> Constante del material según dureza del elastómero.....	22
<b>Tabla Nº 4:</b> Elongación de rotura según dureza del elastómero.....	23
<b>Tabla Nº 5:</b> Definiciones empleadas ASCE 7-10.....	26
<b>Tabla Nº 6:</b> Definiciones empleadas ASCE 7-10.....	27
<b>Tabla Nº 7:</b> Factores de reducción de amortiguamiento.....	28
<b>Tabla Nº 8:</b> Factores de amplificación se suelo para periodos cortos( $F_a$ ).....	30
<b>Tabla Nº 9:</b> Factores de amplificación se suelo para periodos de 1 segundo ( $F_v$ ).....	30
<b>Tabla Nº 10:</b> Factores de importancia.....	32
<b>Tabla Nº 11:</b> Ecuaciones para el cálculo del espectro de respuesta de diseño.....	33
<b>Tabla Nº 12:</b> Desplazamientos y periodos del método estático.....	37
<b>Tabla Nº 13:</b> Fuerzas laterales mínimas para el análisis estático.....	38
<b>Tabla Nº 14:</b> Fuerzas requeridas para activar el sistema de aislamiento.....	39
<b>Tabla Nº 15:</b> Fuerzas y desplazamientos mínimos para el análisis dinámico.....	42
<b>Tabla Nº 16:</b> Ecuaciones para determinar las características fuerza-deformación.....	46
<b>Tabla Nº 17:</b> Factor de zona.....	49
<b>Tabla N.º 18:</b> Factor del suelo.....	51
<b>Tabla Nº19:</b> Tabla de periodos.....	51
<b>Tabla Nº20:</b> Tabla de categoría y factor de la edificación.....	52
<b>Tabla Nº 21:</b> sistema estructural.....	54
<b>Tabla Nº 22:</b> categoría y sistema estructural.....	54
<b>Tabla Nº 23:</b> categoría y restricciones.....	55
<b>Tabla Nº 24:</b> limite para distorsión de entre piso.....	56
<b>Tabla Nº 25:</b> Categorización según el nivel de atención.....	60

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°1:</b> Cuadro de operacionalización de variables.....	68
<b>Cuadro N°2:</b> Técnicas de recolección de datos .....	71
<b>Cuadro N°3:</b> Datos generales de la edificación a analizar .....	73
<b>Cuadro N°4:</b> Datos generales del aislador.....	74
<b>Cuadro N°5:</b> Tabla de espectro de diseño y MCE .....	75
<b>Cuadro N°6:</b> Tabla desplazamiento máximo (X-X) del aislador .....	77
<b>Cuadro N°7:</b> Tabla desplazamiento máximo (Y <sup>o</sup> -Y) del aislador .....	78
<b>Cuadro N°8:</b> Carga axial máxima permisible de cada aislador .....	79
<b>Cuadro N°9:</b> Rigidez de cada aislador en la dirección (X-X).....	80
<b>Cuadro N°10:</b> Rigidez de cada aislador en la dirección (Y-Y).....	80
<b>Cuadro N°11:</b> Rigidez por piso de la super estructura X-X (E030-2007).....	82
<b>Cuadro N°12:</b> Rigidez por piso de la super estructura X-X (E030-2018).....	82
<b>Cuadro N°13:</b> Rigidez por piso de la super estructura aislado X-X (E030-2018).....	82
<b>Cuadro N°14:</b> Rigidez por piso de la super estructura Y-Y (E030-2007).....	83
<b>Cuadro N°15:</b> Rigidez por piso de la super estructura Y-Y (E030-2018).....	83
<b>Cuadro N°16:</b> Rigidez por piso de la super estructura aislado Y-Y (E030-2018).....	83
<b>Cuadro N°17:</b> Fuerza cortante por piso de la super estructura X-X (E030-2007).....	84
<b>Cuadro N°18:</b> Fuerza cortante por piso de la super estructura X-X (E030-2018).....	84
<b>Cuadro N°19:</b> Fuerza cortante por piso de la super estructura X-X (E030-2018).....	85
<b>Cuadro N°20:</b> Fuerza cortante por piso de la super estructura Y-Y (E030-2007).....	85
<b>Cuadro N°21:</b> Fuerza cortante por piso de la super estructura Y-Y (E030-2018).....	85
<b>Cuadro N°22:</b> Fuerza cortante de la super estructura aislado Y-Y (E030-2018) .....	86
<b>Cuadro N°23:</b> Derivas por piso de la super estructura X-X (E030-2007).....	86
<b>Cuadro N°24:</b> Derivas por piso de la super estructura X-X (E030-2018).....	87
<b>Cuadro N°25:</b> Derivas por piso de la super estructura aislado X-X (E030-2018) .....	87
<b>Cuadro N°26:</b> Derivas por piso de la super estructura Y-Y (E030-2007).....	87

<b>Cuadro N°27:</b> Derivas por piso de la super estructura Y-Y (E030-2018).....	88
<b>Cuadro N°28:</b> Derivas por piso de la super estructura aislado Y-Y (E030-2018) .....	88
<b>Cuadro N°29:</b> Irregularidad torsional de la super estructura X-X(E030-2007).....	88
<b>Cuadro N°30:</b> Irregularidad torsional de la super estructura X-X(E030-2018).....	89
<b>Cuadro N°32:</b> Irregularidad torsional de la super estructura Y-Y(E030-2007).....	89
<b>Cuadro N°33:</b> Irregularidad torsional de la super estructura Y-Y(E030-2018).....	90
<b>Cuadro N°34:</b> Irregularidad torsional super estructura aislado Y-Y(E030-2018) .....	90
<b>Cuadro N°35:</b> Aceleración de la super estructura X-X(E030-2018).....	90
<b>Cuadro N°36:</b> Aceleración de la super estructura aislado X-X(E030-2018) .....	91
<b>Cuadro N°37:</b> Aceleración de la super estructura Y-Y(E030-2018).....	91
<b>Cuadro N°38:</b> Aceleración de la super estructura aislado Y-Y(E030-2018) .....	91
<b>Cuadro N°39:</b> Periodo de la super estructura y sistema aislado .....	92
<b>Cuadro N°40:</b> comparativo de rigidez en la dirección (X-X) .....	92
<b>Cuadro N°41:</b> comparativo de rigidez en la dirección (Y-Y) .....	94
<b>Cuadro N°42:</b> comparativo de cortante en la base en la dirección (X-X).....	95
<b>Cuadro N°43:</b> comparativo de cortante en la dirección (Y-Y).....	97
<b>Cuadro N°44:</b> comparativo de derivas por piso en la dirección (X-X).....	98
<b>Cuadro N°45:</b> comparativo de derivas por piso en la dirección (Y-Y).....	99
<b>Cuadro N°46:</b> comparativo de irregularidad torsional en la dirección (X-X).....	100
<b>Cuadro N°47:</b> comparativo de irregularidad torsional en la dirección (Y-Y).....	101
<b>Cuadro N°48:</b> comparativo de la aceleración de la estructura .....	102
<b>Cuadro N°49:</b> comparativo del periodo fundamental de la estructura .....	103
<b>Cuadro N°50:</b> Cuadro de porcentajes según la reduccion del tipo de daño .....	103

## RESUMEN

En la presente investigación se planteó como problema general ¿Cuáles serán los resultados con la aplicación de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019?, para ello se formuló como objetivo general: Determinar los resultados con la aplicación de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019, siendo la hipótesis general que se comprobó: La aplicación de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo reducen los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019 .

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada de nivel descriptivo–explicativo y con diseño experimental. La población correspondió a edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco. La muestra no probabilística es una edificación de cuatro niveles de categoría esencial de subtipo II-2 de concreto armado, con sistema estructural de tipo dual, ubicada en Av. El polo N°570 Mz C Lt 13 en el distrito de Santiago de Surco del departamento de Lima.

Se concluyó que al usar los aisladores elastomericos con núcleo de plomo, se obtienen resultados que indican la disminución de los daños provocados por los sismos en la superestructura, por otra parte, es una buena opción para restaurar edificaciones construidas con normativas sismorresistentes antiguas.

**Palabras claves:** Aisladores Elastomericos , Daños sísmicos y Edificaciones

## ABSTRACT

In the present investigation it was raised as a general problem. ¿What will the results have with the application of elastomeric insulators with a lead core in the reduction of seismic damage in essential buildings in the district of Santiago de Surco, Lima-2019? For this purpose it was formulated as general objective : To determine the results with the application of lead core elastomeric insulators in the reduction of seismic damage buildings in the district of Santiago de Surco, Lima-2019, the general hypothesis being verified : The application of lead-core elastomeric insulators reduce seismic damage for essential buildings in the district of Santiago de Surco, Lima-2019.

The research method was scientific, the type of research was applied descriptive-explanatory level and experimental design, the population corresponds to essential buildings buildings in the district of Santiago de Surco. The non-probabilistic sample is a building of four level of essential category of subtype II-2 of reinforced concrete, with structural system of dual type, located in Av. El polo N°570 Mz C Lt 13 in the Santiago de Surco district of the department of Lima.

It is was concluded that when using the elastomeric insulators with lead core, it reduces remarkably the damages caused by the earthquake in the superstructure, on the hand, it is a good option to restore buildings built with old seismic resistant regulations.

**Keywords:** Elastomeric insulators, seismic damage and edification

## INTRODUCCION

Desde los inicios de la ingeniería en la construcción civil, siempre se tuvo como finalidad principal desafiar los acontecimientos provocados por la naturaleza, siendo los eventos sísmicos el principal motivo en la cual las estructuras son dañadas tanto en las cimentaciones como en la superestructura y muchas veces llegando al colapso de las mismas, por lo tanto , se pretende generar la atención de los profesionales con el fin de poder reducir estos efectos que puede provocar un sismo en las edificaciones.

En el Perú toda edificación debe ser diseñada para poder resistir según el tipo de categoría sísmica que esta solicite. La ciudad de lima se encuentra según la norma E-030 en una zona de tipo 4 lo cual indica el mapa de sismicidad de la norma mencionada, teniendo en claro que los sismos no se pueden evitar más si podemos combatir con los efectos que estas provoquen.

Con respecto a la normativa nacional E-030 de diseño sismorresistente, con el pasar de los años se ha visto en la necesidad de tener actualizaciones, esto debido a las experiencias que nos han dejado los sismos, teniendo una causante a considerar que son las edificaciones de tipo esencial que fueron construidas con normativas antiguas, la cual no se hace nada para restaurarlas hasta el día de hoy, siendo estos tipos de edificaciones fundamentales para cuando ocurra un evento sísmico ,ya que de ellos dependerá la atención del personal accidentado en un post-sismo.

Para finalizar con respecto a la mención anterior, la investigación busca fomentar el interés y poder evidenciar las tecnologías que se están empleando en la actualidad de la ingeniería estructural, la cual es la rehabilitación con sistemas de protección sísmica en la base en edificaciones, con el fin de modificar el comportamiento dinámico durante los sismos que pudiese presentarse.

La presente tesis contiene los siguientes capítulos:

Capítulo I, consta del planteamiento del problema, el cual contiene formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones limitaciones, objetivos generales y específicos.

Capitulo II, consta del marco teórico, el cual contiene los antecedentes de la investigación, marco conceptual, definición de términos, hipótesis general y específicos, variables.

Capitulo III, comprende de la metodología en el cual se describe el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV, se obtiene el resultado de la investigación

Capítulo V, contiene la discusión de resultados.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

**Bach. Ashly Alexis Perez Barreto**

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El Perú se encuentra ubicado según el IGP (Instituto Geofísico del Perú) en una zona altamente sísmica, ya que nuestro país forma parte del cinturón de fuego del pacífico, la mayor causante de que ocurran los sismos. Hoy en día nos encontramos frente a una amenaza por el silencio sísmico, teniendo precaución ante algún evento telúrico que pueda presentarse.

Estos eventos sísmicos que han ocurrido a lo largo de la historia han servido a los investigadores para poder implementar sistemas modernos que tengan como finalidad el aporte a la ingeniería estructural.

En la actualidad se aprecia que la rama estructural de la ingeniería ha tomado mucha importancia ya que tiene como principio fundamental evitar pérdidas humanas como también los daños que puedan sufrir la estructura que conforma la edificación tal como lo menciona la norma de diseño resistente E-030 de nuestro reglamento nacional. Sin embargo, muchas edificaciones de categoría esencial no se encuentran aptas de manera estructural para resistir un evento sísmico que pueda presentarse, debido a las constantes actualizaciones que se ha tenido en el tiempo con respecto a nuestra norma en mención.

Por otra parte, según la norma E-030 de diseño sismo resistente indica que las edificaciones esenciales deben estar operativas sin que pudiese presentar algún daño que afecte a la infraestructura y evite el colapso, sin embargo, con el fin de cubrir estas necesidades se han desarrollado nuevos sistemas de protección sísmica que puedan reducir el impacto generado por los eventos sísmicos.

En la actualidad gracias al avance tecnológico nos permite la práctica de nuevos procedimientos para la mejora del comportamiento de la estructura, con la incorporación de los aisladores sísmicos, este tipo de sistema de protección sísmica tiene como finalidad disminuir la energía que se genera por los sismos, así como consecuencia reducir la fuerza sísmica que se genera en la estructura.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### 1.2.1. Problema general

- ¿Cuáles serán los resultados con la aplicación de los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019?

### 1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera influye el desplazamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales?
- b) ¿De qué manera aporta la rigidez frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales?
- c) ¿De qué manera contribuye el amortiguamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales?

### **1.3. Justificación**

#### 1.3.1. Practica o social

La presente investigación da a conocer la importancia de la implementación de los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo frente a los eventos sísmicos en edificaciones esenciales, esta alternativa produce un impacto beneficioso en la estructura, reduciendo los daños provocados por los sismos, por otro lado, en la población del distrito de Santiago de Surco proporciona confianza, seguridad y tranquilidad, todo esto antes y después de un evento sísmico.

La información que contiene esta investigación servirá de fundamento para esta y otras investigaciones de argumento similar, ya que brinda conocimiento sobre el tema en mención.

#### 1.3.2. Metodológica

Respecto a los resultados de la presente investigación se pretende dar solución a las consecuencias de los sismos en edificaciones esenciales que fueron analizadas con normativas antiguas (no vigentes), para tener como finalidad, incluir nuevas metodologías que otorguen nuevos conocimientos de cómo reducir los daños sísmicos que podría acontecer en el distrito de Surco o a nivel nacional, por último los instrumentos realizados en la presente investigación tendrán como función principal recopilar información.

### **1.4. Delimitaciones**

#### 1.4.1. Espacial

La investigación se realizó en el distrito de Santiago de Surco ubicado en Av. El polo N°570 Mz C Lt 13 del departamento de Lima.



Otras limitantes son el escaso empleo de estas nuevas tecnologías en el distrito de estudio, limitada bibliografía especializada del tema de estudio enfocado a la realidad y para finalizar una limitación de gran importancia la cual es en el aspecto económico ya que no se realizaron ensayos prototipo del aislador a analizar.

## **1.6. Objetivos**

### 1.6.1. Objetivos generales

- Determinar los resultados con la aplicación de los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019.

### 1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar de qué manera influye el desplazamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.
- b) Determinar de qué manera aporta la rigidez frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.
- c) Determinar de qué manera contribuye el amortiguamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### 2.1.1. Nacionales

- a) Alisson Kimberly Reina Flores [1] en su tesis titulada “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura “presentada para optar por el título de ingeniera civil, publicado por la Universidad Cesar Vallejo(UCV),Lima 2018.La investigación tuvo como objetivo determinar el análisis comparativo de la respuesta sísmica en las estructuras de concreto armado en dos situaciones con aislamiento sísmico y sin aislamiento sísmico en la base según su variación en la altura , estos análisis se realizaron mediante el método no lineal tiempo-historia , para poder determinar el porcentaje de efectividad del uso del aisladores sísmicos en edificios de gran altura , para realizar el análisis de esta tesis se tomó edificaciones de niveles diferentes.

Los resultados de la tesis concluye en que existen respuestas que aumentan al incrementar los niveles de la edificación ,y esto es debido a que al usar un registro sísmico para el análisis tiempo-historia , el espectro que se produjo no necesariamente genera disminución al aumentar los periodos ,esto no es suavizado como el espectro de diseño de la norma

E-030, por otra parte las fuerzas axiales se reducen aproximadamente 50% de momentos en columnas y un aproximado de 30% de momento en vigas, sin embargo, conforme la estructura aumenta de nivel esta presenta discontinuidad de reducción esto debido a que el registro sísmico presenta puntos altos y bajos que influyen en el resultado.

- b) Erick Jose Trujillo Benito[2] en su tesis titulada “ Diseño integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado “ presentado para optar por el título de ingeniero civil, publicado por la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo 2018. En la investigación se efectuó una explicación sobre el uso de factibilidad de aisladores sísmicos en los edificios y obtener un nivel de desempeño adecuado, dependiendo de su sistema estructural y las propiedades del suelo, se estableció el desarrollo de análisis sísmicos, se obtuvo resultados como la reducción de amortiguamiento por señales peruanas para la investigación correspondiente, en estas tesis se describen las metodologías de cálculo para las dimensiones y propiedades de los aisladores sísmicos y el procedimiento para la determinación de las fuerzas en los diferentes elementos estructurales que conforma la edificación.

La tesis finaliza con la implementación de los aisladores sísmicos de una edificación, en base a las normativas correspondientes, donde se obtiene diferencias en el comportamiento dinámico como del diseño que conforma la estructura de concreto armado de la edificación evaluada (de observar las ventajas en el comportamiento estructural y su diferencia en costos, se observó que el uso del concreto y del acero disminuye pero aumenta la cimentación, en términos económicos no se encuentra una reducción de gran importancia sino un incremento debido a los aisladores.

- c) G. Medina y J. Choque[3] en su tesis titulada “Análisis comparativo y diseño en concreto armado de un edificio de 6 niveles con un sótano con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo “ presentado para optar por el título de ingenieros civiles, publicado por la Universidad Nacional San Agustín, Arequipa 2017. En primer lugar la investigación realizó menciones teóricas del sistema de aislamiento en edificaciones , indicando el lugar donde se encuentra, que es entre la subestructura y la superestructura, con la finalidad de reducir las consecuencias que esta pueda producir durante el evento sísmico, por otro lado ,la investigación menciona de qué manera se puede obtener por un diseño con reducción de fuerza sísmica inferior y de esta manera conseguir resultados que indicaran que la edificación no sufra daños y de esta manera este operativo antes y después del sismo. Disminuyendo las aceleraciones que protegen los elementos no estructurales.

La tesis inicia exponiendo el comportamiento de los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo para posteriormente determinar el proceso de análisis y diseño, para ello se revisa la norma internacional al respecto: la norma americana ASCE 7-10, con la normativa mencionada se pretende abordar una normativa en la cual se ajuste a los acontecimientos sísmicos en el Perú enfatizando por cumplir con la norma E-030, 2016.

Posteriormente se tomó los planos de arquitectura de un edificio ubicado en el distrito de Yanahuara, se realizó el análisis, diseño y comportamiento para el edificio: de base fija y de base aislada. Finalmente se comparó el presupuesto de ambas estructuras.

### 2.1.2. Internacionales

1. N.Perez y M.Vasquez [4] en la tesis titulada “Diseño de aisladores sísmico de base para edificios de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos concreto-reforzados “presentado para optar por el título de ingenieros civiles, publicado por la Universidad Centro Americana, Nicaragua 2016. En esta tesis se enfocó al diseño de aisladores Elastoméricos con núcleo de plomo y péndulo friccionante para un edificio de uso de oficinas con pórticos rígidos de concreto reforzado, este edificio contara con diez pisos, situado en la ciudad de managua. en esta investigación de tesis se tomará como evento sísmico una magnitud 6.2 esto incorporando los factores e introduciendo perspectivas de diseño bajo la normativa nacional (2007) y del uniform building code (1997) amparándose en el programa ETABS para fines de modelación y análisis de la edificación.

Se procedió realizando respectivamente una comparación de la estructura de base fija frente al sistema de aislación sísmica mediante un análisis dinámica, periodo, aceleración , derivas y cortante en la, teniendo como conclusión del análisis un mejor desempeño estructural con respecto a una edificación convencional y por otra parte altos beneficios económicos.

2. Santiago Guyelmo Garcia [5] en la tesis titulada “Análisis comparativo Del comportamiento estructural de un edificio de concreto reforzado con y sin aislamiento sísmico en la base “ presentado para optar por el título de ingeniero civil, publicado por la Universidad Nacional de México, México 2017.Esta tesis tuvo como finalidad realizar un análisis analítico comparativo del comportamiento estructural ante un sismo en un edificio de concreto reforzado, inicialmente analizado y diseñado de manera convencional, posteriormente se colocó un aislador elastomérico de alto amortiguamiento, el modelado y análisis se desarrolló con el software Extended Three Dimenasiional Analysis of Systems.

Se utilizó un edificio de cuatro niveles estructurado a base de marcos de concreto reforzado, regular en planta y elevación, dicha estructura se idealizo en un suelo firme de la ciudad de México y de uso para oficinas.

La tesis tuvo como resultado una reducción de demanda sísmica de la superestructura constatando la importancia de emplear este tipo de dispositivos ya que al reducir las fuerzas sísmicas también se reducen los daño que se pueda generar en la estructura y garantizamos mayor seguridad a los ocupantes y sus contenidos.

3. Daniela Wagner [6] en la tesis “ Aislamiento sísmico en edificios prefabricados en la zona de transición de la ciudad de México” presentado para optar el título de ingeniera civil , publicado por la Universidad Nacional Autónoma de México , México 2017 . La tesis tuvo como objetivo documentar a los arquitectos e ingenieros civiles de México en usar un sistema de aislamiento sísmico con el fin de elevar el nivel de seguridad estructural de los edificios prefabricados de concreto reforzado, ubicado en la zona metropolitana de México.

Se analizo el concepto de aislamiento de base y se presentó la problemática asociada al uso en las edificaciones prefabricadas en zonas de altas sismicidad. se toma énfasis lo que genera el uso de aisladores sísmicos y la favorable alternativa que representa a la superestructura prefabricadas en la ciudad de México.

Como fin de la investigación se diseñó el sistema de aislamiento sísmico para un edificio de 10 pisos ubicado en la ciudad de México, se establece el desempeño del edificio, la investigación concluye que el edificio aislado proporciona un nivel alto de seguridad estructural.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Sistema de protección sísmica

Según Erick Jose Trujillo Benito [2] define a los sistemas de protección sísmica como conjunto de sistemas o formas que tienen como función proteger a las edificaciones. Los sistemas pasivos son los más conocidos en la actualidad por ellos se tiene como ejemplo los sistemas de aislamiento sísmico y los sistemas de disipación de energía.

Estos sistemas han demostrado ser muy flexibles con lo cual se podido obtener resultados favorables para la estructura como son disminuyendo el deterioro de los elementos estructurales y aumentando la operatividad durante y después del sismo.

Los sistemas de protección sísmica tienen cuatro categorías:

- Sistemas activos
- Sistemas pasivos
- Sistemas híbridos
- Sistemas semiactivos

**Imagen N° 2:** Clasificación de los sistemas de protección sísmica



Fuente: Taboada, 2012

### 2.2.1.1. Sistemas pasivos

Estos tipos de dispositivos poseen mayor uso en la actualidad, en esta categoría están los aisladores sísmicos y los disipadores sísmicos. Los sistemas pasivos reducen las respuestas dinámicas que conforma la estructura por medio de calor.

### 2.2.1.2. Sistemas activos

En estos tipos de dispositivos producen esfuerzos de control que cambian las respuestas dinámicas en la cual está sometido la edificación. Los esfuerzos de control se aplican con actuadores agregados a sensores, controladores y procesadores en tiempo real.

Los sensores miden las excitaciones externas y la respuesta dinámica que experimenta la edificación durante el evento sísmico, los dispositivos procesan en tiempo real y calcular las fuerzas de control necesaria para tener estable a la edificación, por último, los actuadores producen la fuerza necesaria para contrarrestar a los movimientos sísmicos y así evitar daños que podría sufrir la estructura.

## 2.2.2. Aisladores sísmicos

### 2.2.2.1. Introducción al aislamiento sísmico

Según J.Arquiñiva y Y.cabello[7].El aislamiento sísmico es la técnica que está ubicada dentro de los sistemas de protección sísmica y a su vez situado en la rama de los sistemas de protección pasiva.

Aunque estos tipos de sistema sea una investigación científica reciente se tiene fuentes históricas que fueron los sumerios, griegos, romanos y bizantinos que tuvieron inicialmente aquellos conocimientos, donde colocaban una capa de arena fina debajo de la cimentación dando un aislamiento de tipo friccional.

Los primeros aisladores se evidenciaron inicialmente en los Estados Unidos en el año 1906 por su creador Jacop Bechtold de nacionalidad alemán, aquel aislador que se presento era de tipo friccionante. Mas adelante el ciudadano Robert Wladistas de nacionalidad neozelandés, en el año 1929 exhibiría una edificación reforzado con resortes que disiparían los impactos que pudiesen ocasionar daños. Años después en 1974 en la ciudad de México se decide construir una escuela con cuatro niveles, las columnas que conformaban la estructura se apoyaban en dos placas de consistencia metálica estas mismas encima de cien esferas metálicas estas mismas ubicadas en su interior y un dispositivo que podía limitar los desplazamientos laterales. Lastimosamente no se pudo comprobar de que dicho aislador pueda responder al sismo del año 1985 ya que la aceleración que presentaba el lugar era muy baja. Ya en el año 1978 se comenzó a un tipo de fabricación mas actualizada, esta vez eran sistemas con neopreno que fueron reforzaros, aquel sistema mencionado se realizó con fines de practica y experimentación. Después estos sistemas fueron a ser de carácter operativa en el año 1987 con la construcción de la central de koeberg, situado en Sudáfrica, esta construcción elaborado por la compañía de origen francés Framatome. Esta central llegando a ser diseñada para experimentar una aceleración máxima de 0.2g.por lo que se incorporaron aisladores sismicos para reducir estas aceleraciones mencionadas.

Para finalizar a lo largo de la historia el aislador sísmico siempre fue incorporado para brindarle solución a edificaciones nuevas, no obstante, hoy en día también se a tenido buenos resultados en lo que respecta a las rehabilitaciones de edificios históricos, de las cuales nombraremos algunas de ellas.

- A. Salt lake City and County y el Masonic Hall en la ciudad de Salt Lake, Utah, Estados Unidos, con el sistema de neopreno reforzado.
- B. Los Ángeles City Hall, Los Ángeles, Estados Unidos, con 450 aisladores elastomericos, 70 apoyos deslizantes y 70 amortiguadores viscosos, lo cual constituye un sistema mixto.

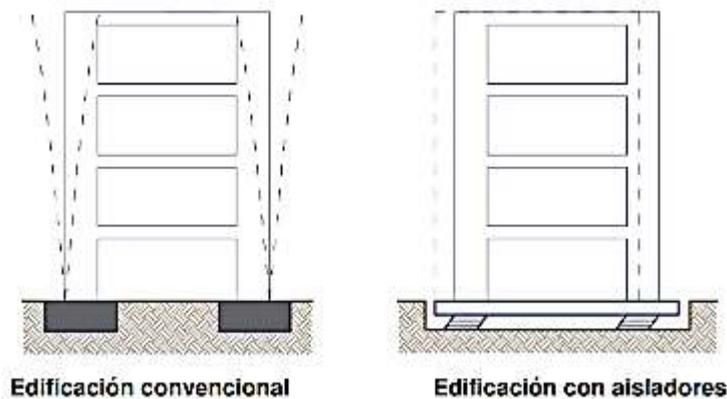
A continuación, se muestra en los siguientes puntos algunas evidencias de construcciones recientes y efectuadas en Sudamérica, evidentemente en nuestro país también contamos con la incorporación de los aisladores sismicos en la cual se puede observar en los siguientes proyectos.

1. Clínica San Carlos de Apoquindo, en el edificio de San Agustín en el 2002, campus de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.
2. Hospital Militar en la Reina, Realizado entre los años 2001 y 2002, ciudad de Santiago, Chile.
3. Centro de informaciones e investigacion de la FIC – UNI, culminado el año 2015, ciudad de Lima, Perú. Consiste en la construcción de un edificio educativa, consta de 8 pisos.
4. Edificio Corporativo GyM, ciudad de Lima, Perú. Consiste en la construcción de un edificio de oficinas, consta de 4 sótanos, 7 pisos y una azotea.
5. Nuevo campus UTEC, ciudad de Lima, Perú. Consiste en la construcción de un edificio de vivienda multifamiliar, consta de 17 pisos.
6. Edificio Multifamiliar Madre, ciudad de Lima, Perú. Consiste en la construcción de un edificio de vivienda multifamiliar, consta de 17 pisos.

### 2.2.2.2. Definición de aislamiento sísmico

Según A.Korswagen, J.Arias y Huaranga [8] Los aisladores sísmicos tienen la función de aislar horizontalmente a la estructura del suelo, estos sistemas de aislamiento también llamados aisladores, son elementos muy flexibles en dirección horizontal y rígidos a fuerzas verticales, permiten deformaciones horizontales elevadas ante las demandas sísmicas.

**Imagen N° 3:** Comportamiento de una estructura de base fija y otra con base aislada

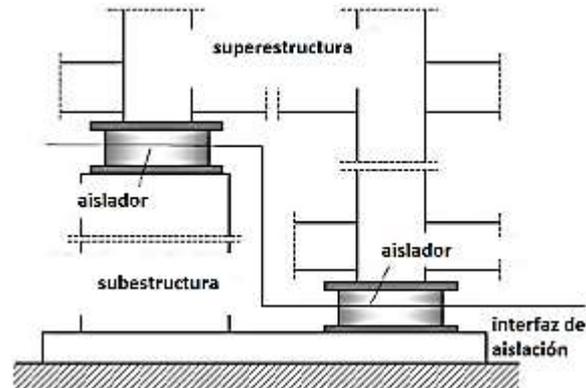


*Fuente: Chuman Bermeo y Valladares Ojeda, 2017*

La estructura que se encuentra ubicada por encima del sistema de aislamiento se denomina superestructura y la que se ubica en la parte inferior tiene el nombre de subestructura, el lugar donde se encuentra el sistema de aislamiento recibe el nombre de interface.

- Aisladores elastómeros de caucho de bajo amortiguamiento (LRD)
- Aisladores elastómeros de alto amortiguamiento (HDR)
- Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB)
- Sistema de péndulo de fricción invertido y de doble curvatura

**Imagen N° 4:**Componentes de un sistema de aislamiento

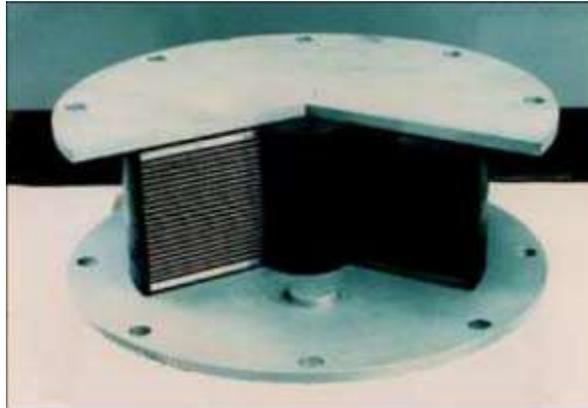


*Fuente: Korswagen Y Arias,2012*

### 2.2.2.3. Aisladores elastomericos

Según R.Aguilar ,J.L Almazan,P.Dechent y V.Suarez [9] Definen a los aisladores elastomericos como sistemas en la cual están conformados por láminas de goma y de acero intercalados entre sí, de manera que en la parte superior se instala las placas de anclaje , estas mismas uniéndose en la parte superior e inferior de la interfase de la edificación por medio de pernos de anclaje.

Por otro lado G.Medina y J.Choque [3] afirman que los aisladores elastomericos son aquellos que están configurado laminas elastomericos como son el caucho o el neopreno y láminas de acero ,estas dos intercaladas ,para proporcionar al aislador rigidez y prevenir la deformación lateral que el caucho que pudiese experimentar, estas a su vez no contribuye en la rigidez horizontal , de tal forma que el aislador tiene la capacidad de resistir cargas verticales elevadas con mínimas deformaciones, ya que estos tipos de aisladores son flexibles a cargas laterales.

**Imagen N° 5:** Aislador elastomérico

*Fuente: Aguilar, Almazan, Dechent, Suarez, 2008*

#### 2.2.2.4. Tipos de aisladores elastomericos

Según A. Chuman y C.Valladares [10] Indica que Para lograr un interface de aislación con capacidad estructural es necesario el uso de los aisladores, la cual por su función aporta flexibilización y el aumento del periodo , además de ser por sus características rígidos para soportar el peso de casi todo tipo de estructuras.

La aislación sísmica tiene como principal objetivo en separar la estructura del suelo. este tipo de sistemas depende del criterio del diseñador y de las necesidades particulares de cada edificación y terreno.

Mundialmente los tipos de aisladores más conocidos son los siguiente: aisladores elastomericos de caucho de bajo amortiguamiento (LRD), aisladores de alto amortiguamiento (HDR).

A continuación, describiremos al aislador con núcleo de plomo (LRB) debido a que son de mayor uso en este tipo de estructuras a nivel nacional.

#### 2.2.2.5. Aisladores elastomericos con núcleo de plomo

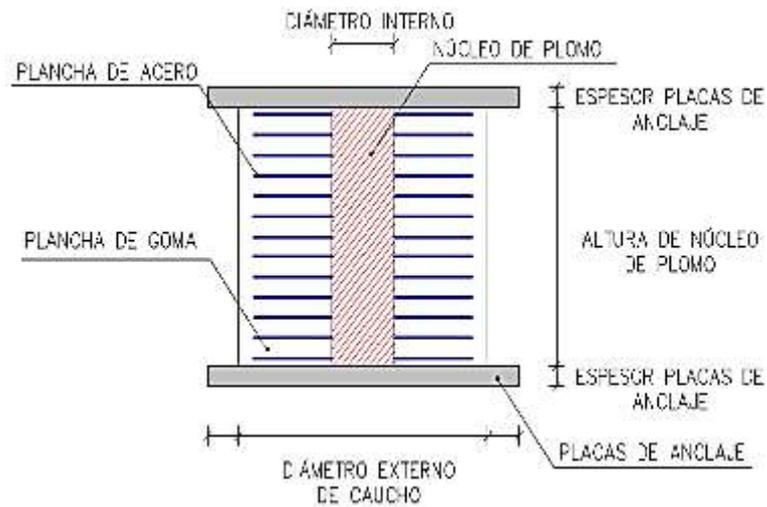
Según Melanio Luque Ytusaca [11] define a los aisladores elastomericos con núcleo de plomo como aisladores compuestos por láminas de caucho y acero en la cual se colocan de manera intercalada, y un elemento llamado núcleo de plomo que permite aumentar el nivel de amortiguamiento del sistema hasta niveles cercanos al 25-30% estos núcleos de plomo generalmente van ubicados en el centro de modo que al deformarse lateralmente el aislador durante la acción de un sismo , el núcleo de plomo fluye , incurriendo en deformaciones plásticas y disipando energía en forma de calor .

Al finalizar el evento sísmico, la goma del aislador la edificación su posición inicial, mientras el núcleo de plomo se recristaliza de esta forma el sistema queda listo para un nuevo evento sísmico.

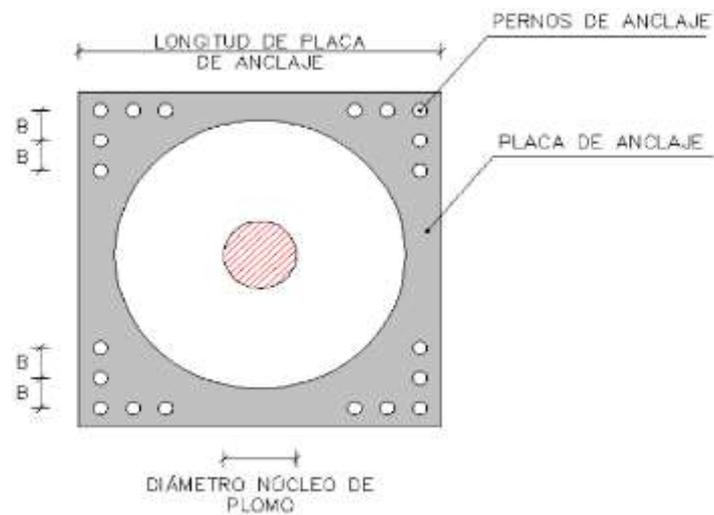
Por otro lado Michael Leyton Bradley [12] Afirma que los aisladores tipo LRB son casi de la misma procedencia a los tipo LRD diferenciándose uno del otro en la incorporación del núcleo de plomo que está ubicado en la parte central del aislador. La presencia de del núcleo de plomo le brinda al aislador la capacidad de reducir la mayor cantidad de energía que pudiese generar el sismo, la reducción que brinda estos sistemas esta aproximadamente entre 20% y 35% de amortiguamiento efectivo.

El plomo es altamente rígido ya que como material posee características muy favorables a diferencia del caucho, que fluye y procede a recristalizarse a temperatura ambiental. La inclusión del núcleo es con la finalidad de mejorar la rigidez del sistema, de esta manera favoreciendo en estructuras con pesos muy altos y que sufran efectos de torsión.

**Imagen N° 6:** Detalles del aislador elastomérico con núcleo de plomo en elevación



**Imagen N° 7:** Detalle del aislador elastomérico con núcleo de plomo en planta



#### 2.2.2.6. Características del aislador con núcleo de plomo

Según G.Medina y J.Choque [3] se caracterizan por lo siguiente:

- El núcleo de plomo abarca del 15-33% del diámetro total del aislador
- Tiene una alta rigidez inicial debido a que el esfuerzo de fluencia del plomo alcanza valores alrededor de 10Mpa
- La energía de disipación es mayor en el LRB a comparación de LDRB y el HDRB.
- El amortiguamiento varia entre el 25-30%

#### 2.2.2.7. Ventaja y desventaja

Según Erick Jose Trujillo Benito [2] estas son las ventajas desventajas de un aislador elastomérico con núcleo de plomo.

Ventajas:

- Una de las características del plomo es de ser un material que aporta a la estructura elevada rigidez horizontal, esto con anterioridad a lograr su estado de fluencia y manifestar después de su estado de fluencia comportamiento plástico
- Durante el desarrollo de recuperación y recristalización, el plomo como material reacciona a estos procesos a temperatura ambiental por lo que como resultado recupera sus características mecánicas posterior a acciones de índole inelásticas.
- Con respecto a las características de tipo mecánicas del plomo, estas no manifiestan variación de vida útil en las edificaciones (un periodo de 50 años).

Desventajas:

- La rigidez horizontal se ve afectada de manera perjudicial con el aumento de temperatura ambiental, por otra parte, de la misma manera ocurre con la rigidez vertical, este último por el aumento de los esfuerzos de tipo axial. reduciendo la rigidez del mismo.
- Las características propias del núcleo están influenciadas directamente a las cargas históricas. Esto debido al aumento de los ciclos que experimenta la estructura, rigidez del núcleo de plomo y la reducción que experimenta la estructura con el amortiguamiento.
- En el proceso de extrusión del plomo se puede ver perjudicado cuando esta misma incursiona a bastantes ciclos, siendo esta a su vez sensible al fuego.

#### 2.2.2.8. Propiedades de los aisladores núcleo de plomo

Según Michael Leyton Bradley [12] Define a las propiedades de los aisladores elastoméricos, como los materiales necesarios para la industria de la construcción, conformados por caucho y acero, estos en forma de láminas, y como núcleo el plomo.

##### 2.2.2.8.1. Propiedades del caucho

El caucho presenta particularmente características, por su naturalidad o por su variación química, está dependiendo el modelo del material.

###### a) Dureza

Es una de las propiedades más predominantes del caucho ya que a su vez es de suma importancia en el diseño, porque las demás propiedades que conforman el aislador dependen de ella.

## b) Módulo de elasticidad

Es la que representa la relación entre esfuerzo y la deformación axial del caucho.

**Tabla N° 1:** Módulo de elasticidad según la dureza del elastómero

<b>IRHD</b>	37	40	45	50	55	60
<b>En(MPa)</b>	1.35	1.5	1.8	2.2	3.25	4.45

*Fuente: Michael Leyton Bradley,2017*

## c) Módulo de corte (Gn)

Es la que está definido por el esfuerzo y la deformación angular que conforma el material. Este resultado puede influir en cambios inesperados por factores químicos y por último cambiar por la dureza del caucho hasta un 250%.

**Tabla N° 2:** Módulo de corte según la dureza del elastómero

<b>IRHD</b>	37	40	45	50	55	60
<b>Gn(MPa)</b>	0.4	0.45	0.54	0.64	0.81	1.06

*Fuente: Michael Leyton Bradley,2017*

## d) Constante del material (k)

La constante del material es el valor es un valor relacionado con la dureza que simplifica el cálculo del módulo de compresibilidad, dato necesario para obtener de la rigidez vertical del aislador.

**Tabla N° 3:** Constante del material según dureza del elastómero

<b>IRHD</b>	37	40	45	50	55	60
<b>K</b>	0.87	0.85	0.8	0.73	0.64	0.57

*Fuente: Michael Leyton Bradley,2017*

e) Deformación Angular Inelástica ( $Y_{yn}$ )

En las deformaciones angulares no contempla fluencia, esto se ocurre, porque el caucho responde a sollicitaciones requeridas, por otro lado, en aisladores HDR. este valor incursiona en el rango inelástico del material.

f) Deformación de angular de rotura ( $Y_{un}$ )

Una de las ventajas que el caucho nos brinda es la de tener deformaciones angulares relativamente elevadas, estas mismas llegando a su estado de rotura de 350%, por otro lado, en otro tipo de ensayos las deformaciones angulares llegan a cifras de 300% en HDRs y 250% en tipo LRBs.

g) Elongación de Rotura

En cuando el caucho está sometido a esfuerzo axial, esta misma se quiebra por esfuerzo a tracción, este dato es usado para determinar la carga que soportara el caucho a consecuencia de una deformación establecida, por último la elongación difiere mucho con la dureza de forma inversamente proporcional.

**Tabla N° 4:** Elongación de rotura según dureza del elastómero

IRHD	37	40	45	50	55	60
$\epsilon$	650%	600%	600%	500%	500%	400%

*Fuente: Michael Leyton Bradley, 2017*

h) Esfuerzo de compresión máximo ( $\alpha_c$  Max)

Obteniendo el resultado del esfuerzo de compresión máximo se podrá realizar el pre-dimensionamiento del diámetro del aislador ante las cargas que esta deberá satisfacer, para el caso de deformación angular  $Y=0$ , se deberá asumir al esfuerzo de compresión máximo igual a el triple del resultado del módulo de corte.

#### 2.2.2.8.2. Propiedades del acero

Las características del acero no deben afectar el funcionamiento de los dispositivos, su inclusión sirve para contener la funcionalidad y los estándares de calidad, por otro lado, las planchas de acero, con las que se manufactura los aisladores, deben seguir la especificación para acero grado 50 o A36 de la norma ASTM de manera que garantice la falla de caucho antes que la adherencia de los materiales.

#### 2.2.2.8.3. Propiedades del plomo

La capacidad del plomo en recristalizarse a temperatura ambiente fundamenta su Presencia a los aisladores LRB, ya que mejora la conformación estable de histéresis.

##### i) Módulo de corte (GP)

Al realizar un ensayo de deformación angular con respecto al material, un resultado periódico es de 150 Mpa, estos en su comportamiento elástico. cuando el valor pasa este último limite, el resultado disminuye a cero, por otro lado, los valores de deformación elástica tienden a recristalizarse.

##### j) Deformación angular de fluencia (Yyp)

Para deformación de fluencia recibe el valor de 6.7% de la deformación angular, esto debido a que la cortante de fluencia contiene un valor de 10Mpa.

##### k) Capacidad de carga (Q/W)

Este punto es importante ya que aquí se realiza el dimensionamiento del diámetro que tendrá el núcleo de plomo, estos mismo obtienen de una ratio entre la fuerza cortante y el peso Q/w en el cual están entre 3% al 10%.

$$Q=Gp.A_p$$

Donde:

$A_p$ : Área transversal del núcleo

### 2.2.3. Normativa para el análisis de edificios con sistemas aislados

#### 2.2.3.1. Normativa ASCE/SEI 7-10

Según nuestra nueva norma E-030 de diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, indica que se debe aplicar la norma americana del ASCE 7-10 en las etapas de análisis y diseño del conjunto estructural que contengan aisladores sísmicos.

En la norma contiene las consideraciones destinado a las etapas de análisis y diseño de edificaciones con implementación de aisladores sísmicos, en presente normativa se exponen 8 puntos de riguroso cumplimiento de las mismas, teniendo situaciones que ameriten excepciones.

En la norma en mención se presentan criterios que son usados para la etapa de análisis y diseño en la edificación con aislamiento, de manera concisa con los resultados y criterios incluidos en la normativa nacional.

Por otro lado, la norma presenta una lista de 8 puntos de la presente norma extrayendo la información necesaria:

1. Requerimientos generales de diseño
2. Movimiento del terreno para estructuras aisladores sísmicamente
3. Selección del procedimiento de análisis
4. Procedimiento de análisis estático
5. Procedimiento de análisis dinámico
6. Revisión del diseño
7. Pruebas

## 2.2.3.1.1. Requerimientos generales de diseño

**Tabla Nº 5:**Definiciones empleadas ASCE 7-10

<b>Termino</b>	<b>Definición</b>	<b>Notación</b>	<b>Und.</b>
Desplazamiento de diseño	Desplazamiento calculado para el sismo de diseño, excluye desplazamientos adicionales por torsión.	$D_D$ o $D'_D$	<i>m.</i>
Desplazamiento total de Diseño	Desplazamiento calculado para el sismo de diseño aquí se incluyen desplazamientos por torsión.	$D_{TD}$	<i>m.</i>
Desplazamiento Máximo	El máximo desplazamiento debido al máximo terremoto posible no incluye torsión.	$D_M$	<i>m.</i>
Desplazamiento total Máximo	El máximo desplazamiento causado por el máximo terremoto posible incluye torsión.	$D_{TM}$	<i>m.</i>
Amortiguamiento Efectivo	El valor del amortiguamiento viscoso equivalente correspondiente a la energía disipada durante la respuesta cíclica del sistema de aislamiento.	$\beta_{eff}$	<i>N. A.</i>
Rigidez Efectiva	El valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento dividido entre el desplazamiento lateral correspondiente.	$D_D$ o $D'_D$	<i>ton/m.</i>
Interfaz de Aislamiento	Límite entre la porción superior de la estructura, la cual se encuentra aislada y la porción inferior de la estructura la cual se mueve rígidamente con el terremoto.	<i>N. A.</i>	<i>N. A.</i>
Sistema de Aislamiento	Conjunto de sistemas estructurales que incluye a todas las unidades de aislamiento que transmiten fuerzas, incluye disipadores de energía y sistemas de control de viento	<i>N. A.</i>	<i>N. A.</i>
Unidad de Aislamiento	Elemento estructural muy rígido en la dirección vertical pero sumamente flexible en la dirección horizontal que permite grandes desplazamientos bajo carga sísmica.	<i>N. A.</i>	<i>N. A.</i>
Scragging	Proceso por el cual se somete al aislador a altas deformaciones para reducir su rigidez, de la cual con el tiempo se ve recuperada un poco.	<i>N. A.</i>	<i>N. A.</i>
Sistema de control por viento	Elementos estructurales cuya función es evitar que la estructura sufra desplazamientos debido al viento	<i>N. A.</i>	<i>N. A.</i>
Energía Disipada	Es medida como el área encerrada en el ciclo de la curva del grafico de fuerza-deformación, durante un ciclo completo de carga en un aislador.	$E_{LOOP}$	$\frac{ton \cdot m^2}{seg^2}$
Excentricidad real	Medida en planta entre el centro de masa de la estructura sobre la interfaz de aislamiento y el centro de rigidez del sistema de aislamiento más la excentricidad accidental, se toma como el 5% de la mayor longitud del edificio en la dirección de interés.	<i>e</i>	<i>m.</i>

Fuente: American society of civil engineers,2010

Tabla Nº 6:Definiciones empleadas ASCE 7-10

Notación	Definición	Und.
D	Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento para el desplazamiento de diseño.	N. A.
B <sub>M</sub>	Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento para el desplazamiento máximo.	N. A.
b	Medida más corta del edificio en planta, medido perpendicularmente a d.	m.
d	Medida más larga del edificio en planta	m.
D <sub>D</sub>	Desplazamiento de diseño, del centro de rigidez del sistema de aislamiento para análisis estático.	m.
D' <sub>D</sub>	Desplazamiento de diseño, del centro de rigidez del sistema de aislamiento para análisis dinámico.	m.
D <sub>M</sub>	Desplazamiento máximo, del centro de rigidez del sistema de aislamiento para análisis estático.	m.
D' <sub>M</sub>	Desplazamiento máximo, del centro de rigidez del sistema de aislamiento para análisis dinámico.	m.
D <sub>TD</sub>	Desplazamiento total de diseño, de un elemento del sistema de aislamiento incluyendo tanto el desplazamiento de traslación en el centro de rigidez y la componente de desplazamiento torsional en la dirección de análisis.	m.
D <sub>TM</sub>	Desplazamiento total máximo, de un elemento del sistema de aislamiento incluyendo tanto el desplazamiento de traslación en el centro de rigidez y la componente de desplazamiento torsional en la dirección de análisis.	m.
E <sub>loop</sub>	Energía disipada en una unidad de aislador durante un ciclo completo de carga reversible sobre un desplazamiento de prueba de intervalo Δ+ a Δ-, medida por el área encerrada de la curva histerético.	$\frac{\text{ton} \cdot \text{m}^2}{\text{seg}^2}$
e	Excentricidad real medida en el plano entre el centro de masa de la estructura por encima del interfaz de aislamiento y centro de rigidez del sistema de aislamiento incluyendo la excentricidad accidental del 5% de la máxima dimensión del edificio perpendicular a la dirección de la fuerza de análisis.	m.
F <sup>+</sup>	Máxima fuerza positiva en una unidad de aislamiento durante un ciclo de prueba del prototipo a una magnitud de desplazamiento Δ+	$\frac{\text{ton} \cdot \text{m}^2}{\text{seg}^2}$
F <sub>x</sub>	Fuerza total distribuida en altura de la estructura por encima del interfaz de aislamiento.	$\frac{\text{ton} \cdot \text{m}^2}{\text{seg}^2}$
K <sub>eff</sub>	Mínima rigidez efectiva del sistema de aislamiento en el desplazamiento máximo en la dirección horizontal.	ton/m.
V <sub>b</sub>	Periodo efectivo en segundos de la estructura aislada sísmicamente bajo el desplazamiento máximo.	Seg.
V <sub>s</sub>	Fuerza cortante de diseño total, con la cual e diseñan los elementos por debajo del sistema de aislación.	Ton.
β <sub>D</sub>	Fuerza cortante de diseño total, con la cual e diseñan los elementos por encima del sistema de aislación.	Ton.
β <sub>M</sub>	Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento para el desplazamiento de diseño.	N. A.

Fuente: American society of civil engineers,2010

Según la normativa americana ASCE 7-10 en la etapa de análisis y de diseño para sistemas aislados, se deberá usar los factores correspondientes, estas que están en relación con el amortiguamiento del aislador.

**Tabla Nº 7:** Factores de reducción de amortiguamiento

<b>Amortiguamiento efectivo <math>\beta_D</math> o <math>\beta_M</math> (como % de amortiguamiento crítico)</b>	<b>Factor <math>B_D</math> o <math>B_M</math></b>
$\leq 2$	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
$\geq 50$	2.0

*Fuente: American society of civil engineers, 2010*

#### 2.2.3.1.2. Requerimientos generales de diseño

Para la etapa de diseño se cuenta con los diferentes indicadores que se presentaran en la presente normativa, esta misma de uso importante para esta etapa en mención.

##### 2.2.3.1.2.1. Factor de importancia

En esta etapa todo el conjunto que conforma la estructura se le destinara una categoría de riesgo, el factor de importancia debe tomarse como 1.0 para una estructura que contengan sistemas aislados.

### 2.2.3.1.2.2. Zona sísmica (aceleración espectral)

En el factor de zona sísmica nos permite definir la aceleración espectral máxima posible en periodos de 0.2 segundos( $S_{MS}$ ) y 1 segundos( $S_{M1}$ ), bajo una posibilidad de excedencia del 2 % para un tiempo de 50 años, esto debe establecer concordancia con la normativa nacional en cuanto al factor de zona sísmica.

Para la normativa americana nos menciona dos valores importantes para el cálculo de las aceleraciones espectrales, las cuales son:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Donde:

- $S_{MS}$ : Aceleración espectral máxima posible para un periodo de 0.2 segundos.
- $S_{M1}$ : Aceleración espectral máxima posible para un periodo de 1.0 segundos.
- $F_a$ : Factor de amplificación por tipo de terreno para un periodo de 0.2 segundos.
- $F_v$ : Factor de amplificación por tipo de terreno para un periodo de 0.2 segundos.
- $S_s$  : Aceleración espectral máxima del mapa para un periodo de 0.2 segundos.
- $S_1$  : Aceleración espectral máxima del mapa para un periodo de 1.0 segundos.

Los factores de amplificación  $F_a$  y  $F_v$ , están en función del valor de la aceleración máxima  $S_s$  y  $S_1$  respectivamente y del tipo de suelo.

**Tabla N° 8:**Factores de amplificación se suelo para periodos cortos( $F_a$ )

Tipo de suelo	Respuestas espectrales máximas para periodos cortos				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
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

*Fuente: American society of civil engineers,2010*

**Tabla N° 9:**Factores de amplificación se suelo para periodos de 1 segundo ( $F_v$ )

Tipo de suelo	Respuestas espectrales máximas para periodos cortos				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
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

*Fuente: American society of civil engineers,2010*

Es preciso mencionar que con referente a los mapas tomados de la normativa americana ASCE no coinciden con nuestra normativa nacional, por esta misma razón es necesario precisar en esta etapa que valores se tomaran, como el periodo en 0.2 segundos  $SDS$  y la aceleración espectral del diseño de 1 segundo  $SD1$ , como se muestra en la siguiente formula:

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

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

#### 2.2.3.1.2.3. Fuerza sísmica para la superestructura utilizando el método estático.

Para este tipo de formula se puede apreciar que concuerda con la normativa nacional de sismorresistente, por otro lado, debemos tener en cuenta que el método de cálculo con respecto al coeficiente sísmico es diferente, como se presenta en la siguiente formula:

$$F_s = C_s \cdot W$$

Donde:

C<sub>s</sub>: Coeficiente sísmico

W: Peso sísmico efectivo

#### 2.2.3.1.2.4. Coeficiente sísmico de la superestructura para el método estático.

En este punto en el que estos sistemas aislados se recurren a los mapas de aceleración, el coeficiente sísmico se servirá para el cálculo de fuerzas laterales será:

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

El valor de C<sub>s</sub> no debe exceder de los siguientes limites:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} \quad \text{donde: } T \leq T_L$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T^2 \left(\frac{R}{T}\right)} \quad \text{donde: } T \leq T_L$$

Para la situación donde la estructura se ubique en la zona S1  $\geq 0.6g$ , entonces:

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

- R: Factor de modificación de respuesta (factor de reducción sísmica)
- I : Factor de importancia
- T : Periodo fundamental de la estructura
- TL: Periodo largo de transición

**Tabla N° 10:** Factores de importancia

<b>Categoría de riesgo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
Factor de importancia sísmica(I)	1.0	1.0	1.25	1.50

*Fuente: American society of civil engineers, 2010*

#### 2.2.3.1.2.5 Espectro de respuesta de diseño

Según la normativa americana ASCE 7-10 menciona que cuando se presente la situación en donde el espectro de respuesta considerado para el diseño es exigido por la mencionada norma y las características del suelo se desconozcan, se realizara la curva del espectro de respuesta de diseño como se muestran en la imagen N°8 y la tabla N°11.

Por otro lado, el espectro máximo de respuesta no tendrá que ser inferior a 1.5 veces del espectro de diseño.

**Tabla N° 11:** Ecuaciones para el cálculo del espectro de respuesta de diseño

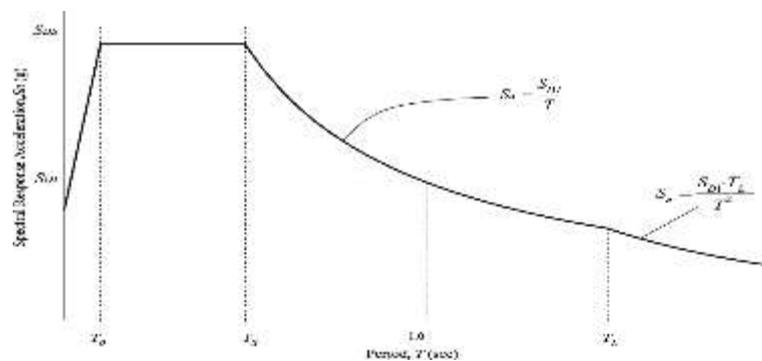
Condición	Ecuación
$T < T_0$	$S_a = S_{DS} [0.4 + 0.6 (\frac{T}{T_0})]$
$T_0 \leq T \leq T_s$	$S_a = S_{DS}$
$T_s \leq T \leq T_L$	$S_a = \frac{SD1}{T}$
$T > T_L$	$S_a = \frac{SD1 \cdot T_L}{T^2}$

Fuente: American society of civil engineers, 2010

Donde:

- $S_{DS}$  : Aceleración espectral de diseño para periodo de 0.2 segundos
- $SD1$ : Aceleración espectral de diseño para periodo de 1 segundo
- $T$  : Periodo fundamental de la estructura.
- $T_0$ :  $0.2 \frac{SD1}{SDS}$
- $T_s$ :  $\frac{SD1}{SDS}$
- $T_L$  : Periodo largo de transición.

**Imagen N° 8:** Espectro de diseño según ASCE 7-10



Fuente: American society of civil engineers, 2010

#### 2.2.3.1.2.6 Desplazamientos

Las superestructuras aisladas se deben diseñar con la finalidad de resistir las fuerzas de viento de la misma manera que una estructura convencional y en caso de que la rigidez del sistema de aislamiento no sea lo suficiente para evitar movimientos en la base debido al viento, se deberá proveer un sistema de restricción de desplazamientos de la misma manera para estructuras aisladas deben ser capaces de permanecer estables ante sismos de pequeña magnitud. Para el máximo sismo posible, ningún sistema de restricción de desplazamientos debe limitar dichos desplazamientos a valores menores de desplazamiento máximo total  $D_{TM}$ . Los sistemas aislados deben tener una separación horizontal entre los edificios y el terreno adyacente no menor que el desplazamiento total máximo  $D_{TM}$ .

#### 2.2.3.1.2.7 Fuerza restauradora y diafragma rígido

El sistema de aislamiento debe ser configurado para proveer una fuerza restauradora tal que, la fuerza lateral para el desplazamiento total de diseño DTD, sea menos  $0.0025W$  mayor que la fuerza lateral al 50% del desplazamiento total de diseño DTD.

Se deberá implementar al nivel del sistema aislado un sistema de diafragma rígido de tal manera que permita la continuidad en la transmisión de fuerza y en la ductilidad en caso de movimientos que no sean continuos en un evento sísmico

#### 2.2.3.1.2.8 Combinación de carga

Las combinaciones de carga en esta sección son usadas para hallar la estabilidad vertical de los sistemas aislados, estas mismas presentan dos ecuaciones que son las siguientes:

$$C_u = 1.2 D + 1.0 |E| + 1.0 L + 0.2 S$$

$$C_u = 0.8 D - 1.0 |E|$$

Donde  $|E|$ , es la carga sísmica horizontal y vertical del sismo

#### 2.2.3.1.3. Movimiento del terreno para estructuras aisladas

En casos donde los lugares que se desean usarse para proyectar una estructura presentan características indeseables, por ejemplo, lugares con tipo IV o peores o lugares donde los mapas de aceleración presentan  $S_1 \geq 0.6g$ . Bajo estas condiciones, se debe realizar un análisis de amenaza que debe incluir:

- A. Configuración tectónica regional
- B. Estudio geológico
- C. Sismicidad
- D. Periodos de retorno de los sismos y los máximos valores de terremotos ocurridos en las fallas conocidas, así como las posibles fuentes de sismo.
- E. Características de atenuación del terreno
- F. Efectos de falla cercana, si existiese alguno
- G. Características subsuperficiales.

##### 2.2.3.1.3.1. Espectro de respuesta

Para el espectro de respuesta se debe considerar para un sismo máximo esperado, este espectro mencionado no debe ser menor que 1.5 veces del espectro de diseño.

##### 2.2.3.1.4. Criterio de selección del procedimiento de análisis

En la normativa, se define 2 procedimientos de análisis para las estructuras aisladas sísmicamente. A continuación, se describe las condiciones que se requiere para el procedimiento:

#### 2.2.3.1.4.1. Procedimiento de fuerza equivalente

Este procedimiento en mención es utilizado para el diseño de una estructura de sísmicamente aislado siempre que:

1. La estructura se encuentra en un sitio con  $S_1$  menor a 0.60g
2. La estructura se encuentra en una clase de sitio A, B, C o D
3. La estructura por encima de la interfaz de aislamiento es menor o igual a 4 pisos o 65 pies (19.8m) de altura  $h_n$ .
4. El periodo efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento máximo  $T_M$  es menor o igual a 3.9 seg.
5. El periodo efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento de diseño  $T_D$ , es mayor que 3 veces el periodo de base fija elástica de la estructura sistema de aislamiento determinada por la ecuación,  $T_a = C_{th}n^x$  o  $T_a = 0.1N$ .
6. El periodo efectivo de la estructura aislada es de configuración regular
7. El sistema de aislamiento cumple con todos los criterios siguientes:
  - Los sistemas propiamente mencionados tienden a producir fuerza de recuperación.
  - Estos sistemas no restringen en el desplazamiento máximo posible, por el contrario del desplazamiento máximo total que si debe tener limite.

#### 2.2.3.1.4.2. Procedimiento dinámico

Se permite estos procesos según lo menciona en los siguientes puntos a tratar

##### l) Procedimiento de respuesta espectral

En estos tipos de análisis se restringe su uso solo en diseño de estructuras aisladas salvo que:

1. Las edificaciones estén categorizadas en clase de sitio A, B, C o D.
2. Los sistemas aislados satisfagan con los requerimientos estipulados en la presente normativa.

#### 2.2.3.1.5. Procedimiento de la fuerza equivalente

La función principal dentro de este proceso de análisis es cuantificar los parámetros que se requiere en el diseño de aisladores, en donde en mención de autores, es necesario fijar datos referentes que tengan la utilidad de comparar los métodos de análisis de respuesta en el tiempo con el espectro de respuesta.

Teniendo los datos con respecto a los amortiguadores y rigideces en estudios y pruebas que estas dispongan.

##### 2.2.3.1.5.1. Desplazamientos y periodos usados en el análisis estático

**Tabla N° 12:**Desplazamientos y periodos del método estático

Parámetro	Formulas
Desplazamiento de diseño	$D_D = \frac{g \cdot S_D \cdot 1 \cdot T_D}{4\pi^2 \beta_D}$
Periodo efectivo en el desplazamiento de diseño	$T_D = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{w}{K D m i n g}}$
Desplazamiento máximo	$D_M = \frac{g \cdot S_M \cdot 1 \cdot T_D}{4\pi^2 \beta_D}$
Periodo efectivo en el desplazamiento máximo	$D_D = \frac{g \cdot S_D \cdot 1 \cdot T_D}{4\pi^2 \beta_D}$
Desplazamiento total de diseño	$D_{TD} = D_D \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$
Desplazamiento total máximo	$D_{TM} = D_M \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$

Fuente: American society of civil engineers, 2010

### 2.2.3.1.5.2. Fuerzas laterales mínimas para el método estático

Se conceptualiza como las fuerzas laterales requeridas para los aisladores sísmicos, por otro lado, estos el conjunto estructural que se encuentra ubicado por debajo de propio sistema. Y por último también la fuerza lateral ubicados en la parte superior de la interfaz.

Las fórmulas para el cálculo de fuerza lateral se presentan a continuación:

**Tabla N° 13:**Fuerzas laterales mínimas para el análisis estático

Fuerza lateral	Formula
Subestructura y sistema de aislamiento	$V_b = K_{Dmax}D_D$
superestructura	$V_S = \frac{KD_{max}DD}{RI}$

*Fuente: American society of civil engineers,2010*

Donde  $RI$  es igual a  $\frac{3}{8}R$ , donde  $R$  es el factor de reducción sísmica de la estructura analizada. Los valores de  $RI$  deben tener un valor no mayor a 2, ( $1 \leq RI \leq 2$ ).

Con respecto a la fuerza de diseño ubicada por encima de la interfaz no debe ser inferior estos 3 casos que se indican a continuación.

1. Que la fuerza provocada por el sismo en la dirección de análisis bajo un sistema convencional(empotrada), con igual peso, Sin embargo, con el periodo que de la edificación aislada.
2. El cortante basal de la estructura
3. La fuerza requerida para activar el sistema de aislamiento  $V_i$ .

**Tabla N° 14:** Fuerzas requeridas para activar el sistema de aislamiento

Tipo de base de aislamiento	Fuerza de activación del sistema de aislamiento
Sistema con base elastomérico	$V_i = 1.5K_e D_y$
Sistema con base de fricción	$V_i = 1.5\mu_b W$

*Fuente: American society of civil engineers, 2010*

Donde:

m)  $\mu_b$  = Coeficiente de fricción de los aisladores de fricción.

n)  $w$  = Peso efectivo de la estructura aislada.

#### 2.2.3.1.5.3. Distribución vertical de la fuerza

Con respecto al cálculo de la fuerza cortante, se repartirá por cada entre piso de la estructura, comenzando por la que está ubicada encima del aislador.

$$F_x = \frac{V_s W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$$

Donde:

- $V_s$  = Fuerza cortante de la superestructura
- $w_x$  = Peso ubicado en la altura  $x$
- $h_x$  = Altura del nivel  $x$  sobre la base
- $w_i$  = Peso ubicado en la altura  $i$
- $h_i$  = Altura del nivel  $i$  sobre la base

La fuerza cortante en la base se distribuye en la superestructura en forma de triángulo invertido (suponiendo que la distribución de peso y altura es uniforme). Para una estructura aislada, se espera que el patrón real de la carga lateral será relativamente uniforme ya que se espera que la superestructura se comporte como un cuerpo rígido. La distribución triangular se usará para capturar posibles efectos de los modos más altos debido al comportamiento no lineal del sistema de aislamiento, además, los estudios han demostrado que la distribución de la fuerza triangular proporciona una estimación conservadora de las distribuciones obtenidas a partir de los análisis no lineales.

#### 2.2.3.1.5.4. Distribución vertical de la fuerza

La mayor distorsión ubicada por encima del aislador no debe exceder a  $0.0015h_{sx}$ , donde  $C_d$  tomará el valor de  $R_i$  de la estructura aislada.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Donde:

- $\delta_x$  = Deriva del nivel x
- $h_{sx}$  = Altura del nivel x
- $\delta_{xe}$  = Desplazamiento lateral elástico
- $I_e$  = Factor de importancia para estructuras aisladas = 1

## 2.2.3.1.6. Procedimiento de análisis dinámico

### 2.2.3.1.6.1. Análisis modal espectral

Para que se pueda realizar este análisis se tiene que tener en cuenta el valor del amortiguamiento y así obtener el modo fundamental de la edificación en la dirección que se pretende analizar, esta respuesta no debe ser mayor al amortiguamiento eficaz o 30% del amortiguamiento crítico, estos valores pertenecientes al amortiguamiento en los modos mayor elevados, serán elegidos para determinar el análisis espectral que pertenecerá a la estructura por la parte superior del aislador , asumiendo que esta empotrada.

Una vez que se usó el espectro con el cual se estableció el desplazamiento total máximo y el desplazamiento total de diseño, se deberá incluir el análisis del modelo al 100% del movimiento en el que conforma el suelo en la dirección más desfavorables de análisis y un 30% en la dirección contraria, el cálculo del desplazamiento máximo que conforma los sistemas aislados estará conformada por la suma vectorial del desplazamiento ortogonal.

### 2.2.3.1.6.2. Fuerza y desplazamientos mínimos para el análisis dinámico

Con respecto a lo indicado en la sección de fuerzas laterales equivalentes es necesario el análisis en edificios aislados, por otro lado, existen limitaciones con respecto a los resultados y es cuando en la etapa de análisis dinámico se hallan resultados bajos al análisis que se realizó en base a fuerza laterales equivalentes.

En los desplazamientos tenemos 2 fórmulas para hallar su resultado, estos son permitidos usando el proceso de análisis dinámico. A continuación, se presentan las fórmulas de desplazamiento de diseño y el máximo, donde T es el periodo de la edificación con base empotrada y comportamiento elástico.

$$D'_D = \frac{D_D}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_D}\right)^2}}$$

$$D'_M = \frac{D_D}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}}$$

A continuación, se presenta las formula del desplazamiento total de diseño y desplazamiento total máximo, en la cual se puede reformular:

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

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

Se presenta la tabla, donde percibimos las reducciones porcentuales con respecto a las fuerzas y desplazamiento en los 2 tipos de análisis.

**Tabla N° 15:** Fuerzas y desplazamientos mínimos para el análisis dinámico

Análisis realizado	Estructura regular		Estructura irregular		Desplazamientos	
	$V_b$	$V_S$	$V_b$	$V_S$	$D_{DT}$	$D_{DM}$
Análisis modal espectral	90%	80%	100%	100%	90%	80%
Análisis tiempo historia	90%	60%	100%	80%	90%	80%

Fuente: American society of civil engineers, 2010

#### 2.2.3.1.7 Revisión del diseño

En esta revisión se ejecutará mediante un grupo integrado por ingenieros independientes y licenciados en la misma disciplina correspondiente, con la aplicación, fundamento teórico y aplicativo en aislación sísmica.

En dicha revisión se dispondrá mas no se restringirá:

- I. La contrastación del criterio sísmico del sitio, incorporando también la ejecución de las historias en los espectros y los demás aspectos importantes del diseño para el proyecto.
- II. La verificación previa del diseño, esto también contiene los valores del desplazamiento total, desplazamiento de diseño y fuerzas laterales.
- III. La descripción y observación de las pruebas de prototipo
- IV. La revisión del diseño final de todo el sistema estructural y todos los análisis correspondientes.
- V. La revisión del programa de pruebas de control de calidad del sistema de aislamiento.

#### 2.2.3.1.8 Pruebas

Para la etapa de análisis y diseño de estructuras aisladas se enfocará en la comprobación de la muestra que se seleccionó con los elementos antes de la construcción, estos conformado por la deformación y el amortiguamiento, estos valores obtenidos del análisis y diseño de la estructura aislada.

##### 2.2.3.1.8.1. Selección de prototipos

En esta etapa se debe utilizar 2 tipos de prueba para el tipo de aislador que pretenda incluir la estructura. Estos tipos deberán manifestarse en tamaño real.

#### 2.2.3.1.8.2. Secuencia y ciclos de carga

En esta etapa se ejecutará, en razón a la cantidad determinada de ciclos a la carga gravitacional esta igual a la mitad de la carga muerta más la carga viva, estas en todas las unidades de los aisladores que lo conforman.

#### 2.2.3.1.8.3. Unidades dependientes sobre la relación de cargas

Si las propiedades de fuerza-deformación de las unidades aislantes dependen de la velocidad de carga, cada conjunto de pruebas se especifica en la sección 2.2.3.1.8.3 se llevará a cabo de forma dinámica a una frecuencia igual a la inversa del periodo efectivo  $T_D$ . Si se utilizara muestras de prototipo a escala reducida para cuantificar las propiedades dependientes de la frecuencia de los aisladores, las muestras de prototipo a escala reducida deberán ser del mismo tipo y material, y ser fabricados con los mismos procesos y la calidad como prototipos a escala real y serán sometidos a prueba en una frecuencia que representen las ratios de cara de in prototipo a escala real.

Las propiedades de esfuerzo-deformación de una unidad de aislamiento deben ser considerados como dependientes a la velocidad de carga se la rigidez medida (rigidez efectiva o amortiguamiento efectivo) en el desplazamiento de diseño cuando se probó en cualquier frecuencia en el intervalo de 0.1 a 2.0 veces el inverso de  $T_D$  es diferente de la rigidez cuando se ensayó a una frecuencia igual a la inversa de  $T_D$  en más de un 15%.

#### 2.2.3.1.8.4. Dependencia de carga bilateral y dependencia del ciclo de carga

Si las propiedades de esfuerzo-deformación de las unidades aislantes dependen de la carga lateral, los ensayos especificados en las secciones 2.2.3.1.8.2 y 2.2.3.1.8.3 se deberán aumentar para incluir la carga bilateral a los siguientes incrementos del desplazamiento total del diseño,  $D_{TD}$ : 0.25 y 1.0; 0.5 y 1.0 ; 0.75 y 1.0 ; 1.0 y 1.0.

Si se utilizaran muestras de prototipo a escala reducida se deberá cuantificar propiedades bilateral-dependientes de la carga, las muestras a escala reducida deberán ser del mismo tipo y material y fabricado con los mismos procesos y la calidad como los prototipos a escala real.

Las propiedades de esfuerzo-deformación de la unidad de aislamiento deberán ser considerados como función de la carga bilateral si la rigidez efectiva cuando es sometido a carga bilateral es diferente a la rigidez efectiva sometida a una carga unilateral, en más de un 15%.

#### 2.2.3.1.8.5. Determinación de características fuerza-deflexión, propiedad de diseño de sistemas aislados.

Las características de esfuerzo-deformación del sistema de aislamiento se basarán en las pruebas de carga cíclicas de los aisladores prototipo.

Aquí se escriben las ecuaciones generales que se utilizan para el diseño y la determinación de las propiedades fuerza-deformación.

**Tabla N° 16:**Ecuaciones para determinar las características fuerza-deformación

Rigidez efectiva	$K_{eff} = \frac{ F^+  +  F^- }{ \Delta^+  +  \Delta^- }$
Amortiguamiento efectivo	$B_{eff} = \frac{2}{\pi} \frac{E_{loop}}{K_{eff}( \Delta^+  +  \Delta^- )^2}$

*Fuente: American society of civil engineers,2010*

#### 2.2.3.1.9 Parámetros a considerar para una normativa peruana de aislación sísmica

En la actualidad nuestro país no dispone de una norma en la que se pueda realizar el análisis y diseño de estructuras aisladas, a pesar de estar sometidos a eventualidades mencionadas, en la actualidad se cuenta con una comisión encargada de elaborar investigaciones en los diferentes organismos.

Además de no contar con una norma de aislamiento sísmico, la normativa nacional de sismorresistente en el indica del uso obligatoria de aisladores sísmicos en caso de edificaciones esenciales localizadas en zona 3 y 4, es por esta razón que se toma la normativa ASCE 7-10, por los que se hace un hincapié manifestando que los parámetros de sismicidad son propios de la normativa americana y no es correcto usarlo para edificaciones ubicadas en el Perú, y estos parámetros se mencionan a continuación:

1. Para el ASCE el periodo de retorno es de 2500 años en casos de sismos raros, por esta razón se utiliza un factor de relación de 1.5 que relaciona el sismo raro y el de diseño.

En cambio, por medio de investigaciones en el Perú, los sismos de tipo raro son aquellos que tienen un periodo de retorno de 1000 años, por lo que se establece un factor de relación de 1.2 del sismo máximo con respecto al de diseño.

2. Los factores de reducción de respuesta están en función del amortiguamiento esto mencionado en la tabla N° 7, fueron generados para un sismo distinto a los sismos de nuestro país, por lo tanto, se tiene que planificar obtener datos propios en los sismos de cada lugar a investigar.
3. En la fórmula para el desplazamiento de diseño de una estructura aislada mencionada en la tabla N°12, es aplicado en caso de que el periodo sea menor a  $T_L$ , esto debido a que el espectro de desplazamiento para periodos es elevado con respecto a  $T_L$ , por lo que el desplazamiento no necesita del periodo.

#### 2.2.4. Normativa para el análisis de edificios convencionales.

##### 2.2.4.1. Normativa E-030 de diseño sismorresistente

###### 2.2.4.1.1 Filosofía y principios

###### ✓ Filosofía

- Prevenir en la tasa de mortandad
- Mantener constante los servicios básicos.
- Disminuir el grado de destrucción que pueda sufrir la edificación.

###### ✓ Principio

- La edificación no podrá colapsar ni causar daños graves a las personas, Podría presentar daños importantes, debido a sismos de categoría severo.

- La estructura debería soportar movimientos del suelo calificado como moderado, pudiendo experimentar daños reparables en el margen permisible.
- Para edificaciones esenciales, se deberá tener importancia de carácter particular a fin de que permanezcan en estado óptimo durante un post-sismo, este de categoría severo.

#### 2.2.4.1.2 Concepción estructural sismorresistente

- 1) Que exista en la misma proporción la división de masas y rigidez
- 2) Tener consideración en los pisos altos con respecto al peso, ya que esta debe ser la menor posible.
- 3) Correcta elección de los materiales con que se ejecutara la construcción.
- 4) Obtener la resistencia requerida, con respecto a las direcciones de análisis, con respecto a las casas colindantes.
- 5) Con respecto a la estructura debe presentar regularidad en planta y en elevación.
- 6) La ductilidad estructura debe ser capaz de incursionar en el rango elástico.
- 7) Tener definido la deformación lateral limitada a estudiar.
- 8) Mantener la redundancia estructural con respecto a la resistencia
- 9) Brindar importancia con respecto a los ámbitos locales
- 10) Calidad en los procesos constructivos y severa supervisión a los elementos estructurales.

#### 2.2.4.1.3 Zonificación

Es la división de las áreas sísmicas como se observa en la imagen N° 9, con cada particularidad de la actividad sísmica y la disminución de estos propiamente dicho con respecto a la distancia epicentral.

**Imagen N° 9:**Zonas sísmicas

*Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente,2018*

A continuación, se presenta la tabla de la norma E030 de diseño sismorresistente en el cual muestra los valores por factor de zona.

**Tabla N° 17:**Factor de zona

FACTOR DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

*Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente,2018*

#### 2.2.4.1.4 Condiciones geotécnicas del suelo

##### 1) Perfil tipo So: Roca dura

Con respecto a este tipo de suelo se encuentran las llamadas rocas sanas, la cual obtienen un valor de velocidad de propagación de onda de corte superior a 1500m/s. Este tipo de suelo se encuentra roca dura de manera continua hasta una profundidad de 30 m.

## 2) Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos

En este perfil de suelo podremos encontrar, rocas de distinto grado de rotura como suelos elevadamente rígidos y de macizos uniforme con velocidades de propagación de corte desde los 500 m/s hasta los 1500 m/s.

- Roca fracturada con una resistencia a la compresión no confinada  $q_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, arcilla muy compacta (grosor menos que 20m), conteniendo una resistencia al corte en situación no drenada  $S_u$  superior que 100kPa (1kg/cm<sup>2</sup>).

## 3) Perfil tipo S2: Suelos intermedios

En este tipo de suelo están conformado por los de mediana rigidez en los cuales contienen una velocidad de propagación de onda de corte de 180 m/s hasta valores de 500 m/s.

- Arena densa, gruesa a media o grava arenosa medianamente densa.
- Suelos que son cohesivos al compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$  entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100kPa (1kg/cm<sup>2</sup>).

## 4) Perfil tipo S3: Suelos blandos

A este tipo corresponden los suelos flexibles con velocidad de propagación de onda de corte  $V_s$  menor 180m/s. incluyendo los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa y suelos blandos con una resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50kPa (0.5kg/cm<sup>2</sup>).

### 5) Perfil tipo S4: Condiciones Excepcionales

Para esta categoría de suelos se encuentran los que son muy flexibles y son lugares donde la geología y topografía indican que son condiciones adversas. Se considerará este tipo de perfil cuando el estudio de suelos lo indique.

**Tabla N.º 18:** Factor del suelo

Factor de suelo				
Zona \ Suelo	So	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

*Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente, 2018*

**Tabla N.º 19:** Tabla de periodos

Periodos $T_p$ Y $T_L$				
	Perfil del suelo			
	So	S1	S2	S3
$T_p$	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$	3.0	2.5	2.0	1.6

*Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente, 2018*

#### 2.2.4.1.5 Categorías de las edificaciones y factor de uso

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la tabla 8. El factor de uso (U) de la misma tabla se usará según la clasificación que se haga, para edificaciones con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar  $U= 1$ .

**Tabla N°20:** Tabla de categoría y factor de la edificación

Categoría de las edificaciones y factor U		
Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimiento de salud (público y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado en el ministerio de salud	Ver nota 1.
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: -Establecimiento de salud no comprendidos en la categoría A1. -Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones, estaciones de bomberos, cuarteles de fuerzas armadas y policía. -Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del estado.	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Contracciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente, 2018

Nota 1: con respecto a las edificaciones con categoría A1 deberán hacer uso de aisladores sísmicos cuando se localicen en zona 3 y 4 según la presente norma.

#### 2.2.4.1.6 Sistemas estructurales

##### 2.2.4.1.6.1. Estructuras de concreto armado

- Pórticos

Se tiene que cumplir que las columnas que conforman los pórticos deben soportar mínimo el 80% de la fuerza cortante actuante en la base, si se tuviese muros, estas deben ser diseñados para resistir una cantidad mínima de la acción sísmica.

- Muros estructurales

Se tiene como requisito para ser considerado sistema de muros estructurales que, con respecto a los muros, estos deben ser capaz de resistir un valor mínimo del 70% de la fuerza cortante que actúa en la base.

- Dual

Este sistema esta conformado por pórticos y muros de concreto armado, los cuales deben satisfacer que para sea considerados como sistema dual, los muros deber absorber entre el 20% al 70% de la cortante en la base y los elementos conformado por los pórticos por lo menos 30% de la fuerza cortante en la base.

- Edificaciones de muros de ductilidad limitada (EMDL)

En estos tipos de sistema tienen la particularidad de ser un sistema donde su resistencia sísmica y carga gravitacional esta conformada por muro de espesores reducidos de concreto armado, con la limitación de construir como máximo 8 niveles.

**Tabla N° 21:** sistema estructural

Sistemas estructurales	
Sistema estructural	Coefficiente básico de reducción $R_o$
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	7

Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente, 2018

**Tabla N° 22:** categoría y sistema estructural

Categoría y sistema estructural de las edificaciones		
Categoría de la edificación	Zona	Sistema estructural
A1	4 y 3	-Aislamiento sísmico en cualquier sistema estructural.
	2 y 1	-Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF. -Estructuras de concreto: Dual, muros de concreto armado. -Albañilería confinada
A2	4,3 y 2	-Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF. -Estructuras de concreto: Dual, muros de concreto armado. -Albañilería armada o confinada
	1	-cualquiera
B	4,3 y 2	-Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF. -Estructuras de concreto: Dual, muros de concreto armado. -Albañilería armada o confinada -Estructuras de madera
	1	-cualquiera
C	4,3,2 y 1	-cualquiera

Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente, 2018

### 2.2.4.1.7 Restricciones a la irregularidad

#### 2.2.4.1.7.1. Categoría de la edificación e irregularidad

Con respecto a su categoría y ubicación de zona, la edificación como tal presentara condiciones ligados a su irregularidad

**Tabla N° 23:** categoría y restricciones

<b>CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</b>		
<b>CATEGORIA</b>	<b>ZONA</b>	<b>RESTRICCIONES</b>
A	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 restricción
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas salvo en edificaciones de hasta 2 niveles u 8 m de altura total
	1	sin restricción

*Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente, 2018*

#### 2.2.4.1.8 Estimación del peso (P)

El peso P, se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

- Para edificios con categoría A y B, se analizará con el 50% de la carga viva.
- Para edificios con categoría C, se analizará el 25% de la carga viva.
- Para el análisis en depósitos, se considerará el 80 % de la carga total que ha de almacenar.
- Para el caso de azoteas y techos se tomará el valor del 25% de la carga viva.
- Para el caso de análisis de tanques, silos y similares se deberá analizar con el 100% de la carga con respecto a su capacidad.

#### 2.2.4.1.9 Determinación de desplazamientos laterales

- ✓ Si califican como estructuras regulares, los desplazamientos laterales se deberán multiplicar por el valor de 0.75R de los cálculos obtenidos en el análisis lineal elástico. Si califican como estructuras irregulares, se realiza la misma secuencia, pero con un valor de 0.85R de los cálculos obtenidos en el análisis lineal elástico.
- ✓ Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se consideran los valores mínimos C/R, ni el cortante mínimo en la base.

#### 2.2.4.1.10 Desplazamientos laterales admisibles

Se calcula mediante el desplazamiento máximo de entrepiso la cual debe ser inferior a la distorsión presenta en el cuadro.

**Tabla N° 24:** limite para distorsión de entre piso

Límites para la distorsión de entrepiso	
Material predominante	( $\Delta/h_{ei}$ )
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado Con muros de ductilidad limitada	0.005

*Fuente: Norma E-030 diseño sismo resistente, 2018*

### 2.2.5. Daños sísmicos

Según el informe de vulnerabilidad y daño sísmico [13] define que la evaluación de los daños causados se inicia de la necesidad para poder dar una explicación a los efectos producidos de los sismos en los distintos elementos estructurales que conforman la estructuras, crónicas escritas en el pasado, mencionan de las consecuencias producidas por las catástrofes de los eventos sísmicos, teniendo como importancia la mención de la calidad en las construcciones sobre el daño.

En estas décadas, se comienza a emplear la no linealidad de los materiales en el análisis y en el diseño sísmico, con el fin de poder conocer los fenómenos que se producen cuando se sobrepasa el límite elástico de los materiales. para ello se recurre a los indicadores o índices de daños que nos muestran el daño local y global que experimenta la edificación.

#### 2.2.5.1. Elementos propensos al daño

Según el informe de vulnerabilidad y daño sísmico [13] Se divide según a los sistemas que el daño afecta:

##### 2.2.5.1.1 Elementos estructurales

son los sistemas que tienen la función de resistir cargas verticales y laterales en la que está sometida la estructura.

##### 2.2.5.1.2 Elementos no estructurales

son elementos utilizados para división, aprovechamiento de espacios, relacionada estáticamente con la estructura.

##### 2.2.5.1.3 Contenidos

son elementos que contiene la estructura pero que no es conformado por la estructura directamente como: maquinarias, equipos, artículos, etc.

### 2.2.5.2. Clasificación de acuerdo con los daños observados

Según el informe de vulnerabilidad y daño sísmico[13] Considera cinco estados de daño sísmico:

- Sin daño: en el peor de los casos se presenta diminutas fisuras en el hormigón.
- Ligero: se produce grietas en varios elementos estructurales
- Moderado: se presencia agrietamiento severo y algunos desprendimientos en los elementos estructurales
- Severo: Aplastamiento del hormigón y pérdida de recubrimiento de las barras de acero
- Colapso: Pérdida de integridad estructural del edificio

Según la disponibilidad de la estructura para ser utilizada después del sismo, se divide en tres categorías:

#### 2.2.5.2.1 Utilizables

Los elementos estructurales presentan daños leves, lo que permite ser utilizada después del sismo.

#### 2.2.5.2.2 Temporalmente utilizables

Las estructuras fueron sometidos a sismos moderados y severos por lo que la estructura puede ser usada de manera temporal.

#### 2.2.5.2.3 Completamente inutilizables

Las estructuras fueron sometidos a sismos severos, dichas estructuras pueden sufrir colapso de manera parcial o total, por lo que la estructura no puede ser utilizada después de un sismo.

## 2.2.6. Edificaciones esenciales

La norma técnica de salud [14] define como establecimiento de salud categorizado en base a los niveles de complejidad y a su funcionabilidad, por lo que cuenta con unidades productoras de servicios de salud (UPSS), la cual responde las realidades socio sanitarias diseñadas para enfrentar demandas equivalentes.

### 2.2.6.1. Categorización

Proceso en el cual clasifica los establecimientos de salud según el nivel de complejidad y características funcionales en la cual satisfacen necesidades de salud a la población.

### 2.2.6.2. Unidad productora de servicios (UPS)

Es el establecimiento de salud que está conformado por recursos humanos y tecnológicos de salud (infraestructura, equipamiento, medicamento, entre otros) para desarrollar y producir servicios específicos, relacionado con el nivel de complejidad.

### 2.2.6.3. Unidad productora de servicios de salud (UPSS)

La norma técnica de salud [14] Son establecimientos que realizan funciones de servicios de salud, en función a su nivel de complejidad, para esta norma se tomara a las UPS enfocadas a los procesos operativos de establecimientos de salud (atención directa de salud , investigación y docencia ) y que sus servicios puedan resolver las necesidades de salud individual de un usuario o comunidad . la UPSS se agrupan en:

o) Unidades productoras de servicios de salud de atención directa:

Son aquellos donde se realizan prestaciones finales a los usuarios como: UPSS consulta externa, UPSS hospitalización, UPSS enfermería, UPSS centro quirúrgico, UPSS centro obstétrico, UPSS unidad de cuidados intensivos

p) Unidades productoras de servicios de salud de atención de soporte:

Son aquellos donde se realizan las prestaciones, diagnóstico y tratamiento del problema clínicos quirúrgicos de usuarios que acuden a las UPSS de atención directa como: UPSS patología clínica, UPSS anatomía patológica, UPSS farmacia, UPSS nutrición y dietética, UPSS medicina nuclear, etc.

Los establecimientos de salud se categorizan según sus niveles de atención, estas consideradas en la norma técnica de salud:

**Tabla N° 25:** Categorización según el nivel de atención

PRIMER NIVEL DE ATENCION		Categoría I-1
		Categoría I-2
		Categoría I-3
		Categoría I-4
SEGUNDO NIVEL DE ATENCION	Establecimientos de salud de atención general	Categoría II-1
	Establecimientos de salud de atención especializada	Categoría II-2
TERCER NIVEL DE ATENCION	Establecimientos de salud de atención general	Categoría II-E
	Establecimientos de salud de atención especializada	Categoría III-1
		Categoría III-E
		Categoría III-2

*Fuente: norma técnica de salud,2011*

#### 2.2.6.4. Primer nivel de atención

La norma técnica de salud [14] Son los centros de salud responsable de satisfacer las necesidades de salud en un ámbito jurisdiccional, en una atención integral ambulatoria intramural y extramural, prevención de riesgos y daños, para la ciudadanía.

los centros de salud que se encuentren en esta categoría contarán como mínimo un técnico de enfermería (capacitado) o profesional de salud no médico.

En este nivel de atención se subdivide en:

- Categoría I-1
- Categoría I-2
- Categoría I-3
- Categoría I-4

#### 2.2.6.5. Segundo nivel de atención

##### 1. Categoría II – 1

La norma técnica de salud [14] define a esta categoría como establecimiento de salud ubicado en el segundo nivel de atención, responsable de atender las necesidades de salud de la población, a través de una atención integral ambulatoria y hospitalaria (medicina interna , ginecología , cirugía general y pediatría, con acciones de promoción de salud , prevención de riesgo y daños de recuperación y rehabilitación de problemas de salud .

Los establecimientos que pertenecen a esta categoría tienen un ámbito de acción con la población referencial y excepcionalmente, con población asignada, por otro lado, los de esta categoría deben contar con equipos de salud que garantice el funcionamiento de las unidades productoras de servicios correspondientes.

## 2. Categoría II – 2

La norma técnica de salud [14] define que son establecimientos de salud ubicados en el segundo nivel de atención, responsable en satisfacer a la población necesidades de salud, brindándole atención integral ambulatoria básica y de otras especialidades, enfatizando en la recuperación y rehabilitación en los problemas de salud.

En esta categoría tiene un nivel de atención regional con respecto a las redes de salud y establecimiento de categoría II-1, por lo que puede cumplir sus funciones en donde no se ubiquen las categorías II-1 y los de primer nivel de atención en otra perspectiva, en esta categoría se debe contar con equipo de salud que aseguren la funcionalidad de esta unidad que permiten brindar servicios a la población.

## 3. Categoría II – E

La norma técnica de salud [14] indica al respecto que son establecimientos de salud ubicados en el segundo nivel de atención, teniendo como función en atender a la población obligaciones de salud, ofreciéndole atención integral ambulatoria básica y otras especialidades que pueda satisfacer, destacando la promoción, prevención, recuperación, rehabilitación y gestión en tema de salud.

con respecto a los establecimientos que conforman esta categoría la población en la cual brindan sus servicios es de ámbito regional en la redes de salud y contienen también la categorías anteriores (categoría II-1 y categoría II-2) por lo tanto también pueden cumplir su labor en lugares donde no se ubique la categorías II-1 , II-2 y los de primer nivel de atención, en otra perspectiva, en esta categoría se debe contar con equipo de salud que aseguren la funcionalidad de estas unidades que permiten brindar servicios a la población.

#### 2.2.6.6. Tercer nivel de atención

La norma técnica de salud [14] define como Los establecimientos de salud pertenecientes en este nivel son responsable en satisfacer las necesidades de salud, brindando atención integral ambulatoria y hospitalaria altamente especializada, con la finalidad de recuperación de problemas relacionados con la salud a través de unidades productoras de servicio de salud médico quirúrgico de mayor complejidad.

Los establecimientos pertenecientes al ministerio de salud no tienen población asignada directa, sino que es para población referencial nacional y regional, ubicado en el ámbito nacional.

En este nivel de atención se subdivide en:

- Categoría III-1
- Categoría III-E
- Categoría III-2

### 2.3. Definición de términos

#### a. Deformación elástica:

[15] Es el cambio temporal de forma producido por una fuerza mecánica dentro del límite elástico, recuperando la forma y dimensión original al ser sometidos a la fuerza deformante

#### b. Rigidez efectiva:

[16] Es el resultado obtenido de la fuerza lateral del sistema aislado, la unidad que conforma el sistema, dividido por el desplazamiento lateral.

c. Deformación inelástica:

[17] Son aquellos materiales que sufren grandes elongaciones cuando se le aplica una fuerza, de tal manera que no recuperan su longitud original, este tipo de comportamiento inicia después de la deformación elástica.

d. Amortiguamiento efectivo:

[16] Es el resultado obtenido del amortiguamiento viscoso y significa la energía que se pierde en la respuesta del sistema aislado.

e. Aceleración:

[18] Es la que nos indica la velocidad que está tomando el cuerpo en movimiento respecto al tangencial respecto al tiempo.

f. Periodo:

[18] Es el intervalo de tiempo necesario para completar un ciclo repetitivo o simplemente el espacio-tiempo de duración.

g. Desplazamiento:

[19] Es el cambio de posición de un cuerpo resultante debido a una fuerza externa

h. Esfuerzo de torsión:

[19] Se define como la capacidad de los objetos en rotación alrededor de un eje fijo, multiplicando la fuerza y la distancia más corta entre el punto de aplicación de la fuerza y el eje fijo

i. Ductilidad

[20] Es la capacidad de modificar la estructura al ejercer una fuerza potente sobre ella, permitiendo así cambiar de forma sin quebrantarse ni romperse.

j. Interfase

[16] Es el límite entre la parte superior de la estructura, que se encuentra aislado, y la porción interior de la estructura (subestructura), que mueve rígidamente con el suelo

k. Aisladores sísmicos

Son elementos estructurales cuya flexibilidad minoriza daños provocados por los sismos`

l. Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo

Son aisladores de tipo elastoméricos conformado por láminas de caucho natural intercalados con láminas de acero, las cuales están vulcanizadas entre sí y poseen, un núcleo de plomo que aumenta su capacidad de amortiguamiento mayor de 20%.

m. Edificaciones esenciales

Son aquellas edificaciones (hospitales, clínicas, o edificaciones ubicadas en la categoría A1 de la norma sísmo resistente) en las que al someterse ante un sismo de categoría severo deben mantenerse operativas, para que continúen con la atención de las poblaciones cercanas

n. Esfuerzo cortante

[21]Es el esfuerzo interno producido por fuerzas que actúan paralelamente al plano que las resiste, mientras que los de tensión o de compresión los son por fuerzas normales al plano sobre el que actúan.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

- La aplicación de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo reducen los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El desplazamiento influye en la reducción de los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.
- b) La rigidez aporta en la reducción de los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.
- c) El amortiguamiento contribuye en la reducción de los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

**VARIABLE INDEPENDIENTE (X):** Aislador elastomérico con núcleo de plomo

[8] Define a los aisladores Elastomericos con núcleo de plomo como sistemas que están conformados por caucho de bajo amortiguamiento con láminas de acero colocados de forma intercalada y además incorporándole el núcleo de plomo en la parte central del sistema colocándolo bajo presión y conformando así la unidad del aislador.

**VARIABLE DEPENDIENTE (Y):** Daños sísmicos

[13] Define a los daños sísmicos como el rango en el cual un evento sísmico puede generar devastación tanto a las personas, bienes, entidades que brindan servicios y sistemas social o naturales, dentro de la perspectiva estructural, esto se implica fundamentalmente con las deformaciones inelásticas que está sometida la estructura.

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

**VARIABLE INDEPENDIENTE:** Características del aislador elastomericos con núcleo de plomo:

[22] Menciona que los aisladores de tipo elastomericos con núcleo de plomo permiten una disipación de energía producida por el núcleo de plomo, mediante la deformación plástica que permite obtener un coeficiente de amortiguamiento viscosa equivalente hasta alrededor del 30%, es decir el doble del valor obtenido con los aisladores Elastomericos de alta amortiguación teniendo como resultado la reducción del desplazamiento horizontal en comparación con el de un sistema de aislamiento con la misma rigidez equivalente pero con menor capacidad disipativa.

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Índice de daño

[13] Define el índice de daño como la selección de un funcional apropiado que permita cuantificar la respuesta calculada a partir del análisis del modelo mecánico para un grupo de movimientos sísmicos, el cual representa el daño sufrido por un miembro o toda la estructura (daños estructurales, no estructurales, etc.), estos funcionales se denominan "índices o indicadores de daño" que involucra deformaciones unitarias, rotaciones, desplazamientos, derivas de entre piso, fuerzas, energía absorbida y energía disipada, entre otras.

## 2.5.3. Operacionalización de la variable

**Cuadro N°1:** Cuadro de operacionalización de variables

Tipo de variable	Nombre de las variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente	Aisladores Elastoméricos con núcleo de plomo	Desplazamiento	I1: Desplazamiento máximo total I2: Espectro de respuesta (SM1)
		Rigidez	I1: Carga axial I2: Rigidez efectiva
		Amortiguamiento	I1: Amortiguamiento efectivo
Variable dependiente	Daños sísmicos	Daños estructurales	I1: Rigidez por piso I2: Fuerza cortante en la base I1: Derivas por piso I2: Irregularidad torsional
		Daños en Contenidos	I1: Aceleración I2: Periodo fundamental

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO III METODOLOGIA**

### **3.1. Método de investigación**

Para esta investigación se recurrió al método científico ya que comprende un conjunto de normativas que ordenan el proceso de la presente investigación según Ezequiel Ander[23].

### **3.2. Tipo de investigación**

La presente investigación, reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, ya que depende de los descubrimientos de la investigación básica para convertirlo en conocimiento práctico y útil enfocado a problemas específicos , según Hernández Sampieri[24].

### **3.3. Nivel de investigación**

La presente investigación reúne las condiciones metodológicas de una investigación Descriptiva-Explicativa, ya que se desarrolló una descripción genérica del marco conceptual, características, propiedades y luego se explicó los resultados obtenidos del análisis en las situaciones mencionadas (sistema convencional y sistema con aislamiento) para determinar las ventajas de la aplicación del aislador, según Hernández Sampieri[24].

### 3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental ,ya que se pretende probar la intervención de la variable independiente con la finalidad de observar los efectos que influye en la variable dependiente, según Hernández Sampieri[24].

### 3.5. Población y muestra

- a) **Población:** Debido a las características del estudio, nos enfrentamos a un universo donde la población de estudio está representada por 27 edificaciones de tipo esenciales (según el MINSA) en el distrito de Santiago de Surco de la provincia de Lima.
- b) **Muestra:** La muestra es no probabilística seleccionada por conveniencia, es una edificación de tipo esencial de subtipo II-2 de cuatro niveles de concreto armado, con sistema estructural de tipo dual.

### 3.6. técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la investigación se recopiló la información mediante la observación estructurada de registro sistemático, válido y confiable, por otra parte, se recurrió a bibliografías que hicieron referencia al análisis de edificaciones con aislamiento sísmico.

La recolección de información se enfocó en anuncios emitidos por instituciones públicas y privadas con relación al tema de estudio que es el aislamiento sísmico, por lo que se dividió en los distintos tipos de fuentes que son:

#### 1. Fuentes primarias

- Norma E-030 de diseño sismorresistente
- Norma E-020 cargas
- Norma E-050 suelos
- Norma americana ASCE 7-10
- Norma técnica de salud
- Investigaciones (tesis)

## 2. Fuentes secundarias

- Memoria descriptiva
- Planos de la edificación
- Software ETABS
- Categoría de la edificación
- Estudio de suelo
- Estudio de suelo

Las técnicas e instrumentos que se utilizarán en el presente estudio serán:

**Cuadro N°2:** Técnicas de recolección de datos

TECNICAS	INSTRUMENTO	DATOS PARA OBSERVAR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros</li> <li>• Catalogo</li> <li>• Monografías</li> <li>• Revista</li> <li>• Tesis</li> <li>• Internet, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen</li> <li>• transcripciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco teórico conceptual</li> <li>• Recolección de información necesaria para la investigación</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de la edificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos</li> <li>• Memoria descriptiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de la edificación</li> <li>• Resistencia del concreto</li> <li>• Sistema estructural</li> <li>• Distribución de elementos estructurales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad portante</li> <li>• Clasificación del suelo de la zona en donde se realizará la investigación</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de la estructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma técnica peruana E030(diseño sismorresistente)</li> <li>• Formulas y programa de cálculo ETABS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros y requisitos para el análisis de la estructura convencional</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del sistema de protección sísmica (aislador sísmico)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma norteamericana ASCE 7-10</li> <li>• Programa de cálculo ETABS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros y requisitos para el análisis de la estructura con aislamiento sísmico.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.7. Procesamiento de la información**

Para lograr los objetivos planeados se procederá a mencionar lo siguiente:

1. Mediante el estudio de mecánica de suelos se determinó las características sísmicas del suelo en el lugar de estudio, todo esto bajo los parámetros normativos correspondientes.
2. Se procedió a configurar las propiedades de los elementos estructurales según las especificaciones técnicas de la edificación existente, también se realizó la distribución de los elementos estructurales según lo indicado en los planos estructurales.
3. Para la estructura de la edificación esencial se efectuó dos modelamientos con el software ETABS, la primera comprobado con la normativa peruana E-030 de diseño sismorresistente del año 2003 y segundo verificado con la normativa sismorresistente vigente del 2018.
4. Concluida el modelamiento estructural convencional, se procedió con el modelamiento de la estructura con la incorporación de aisladores sísmicos analizada bajo los parámetros de la normativa ASCE 7-10 y verificado con la normativa E-030 de diseño sismorresistente del año 2018.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Los resultados obtenidos del comportamiento sísmicos, el cálculo de fuerzas internas que experimenta la estructura, periodo, aceleración, rigidez, desplazamiento, amortiguamiento, se obtuvieron del software ETABS. finalmente, los resultados obtenidos mencionados en el punto anterior fueron sometidos a gráficos y a tablas comparativas mediante el programa Excel, con el sistema convencional y con aislamiento sísmico. con el fin de cumplir con los objetivos mencionados.

## CAPITULO IV RESULTADOS

### 4.1. Datos generales

#### 4.1.1. Datos de la edificación a analizar

**Cuadro N°3:** Datos generales de la edificación a analizar

DATOS GENERALES					
				<b>NOMBRE DE LA EDIFICACION:</b>	
				CLINICA PADRE LUIS TEZZA	
				<b>CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA</b>	
				<b>CONCRETO</b>	
				RESISTENCIA DEL CONCRETO	210 kg/ cm <sup>2</sup>
				MODULO DE ELASTICIDAD	217370 kg/cm <sup>2</sup>
				<b>ACERO</b>	
				RESISTENCIA A LA FLUENCIA	217370 kg/cm <sup>2</sup>
				<b>ALBAÑILERIA (KING-KONG)</b>	
				RESISTENCIA A COMPRESION	65 kg/cm <sup>2</sup>
MODULO DE ELASTICIDAD	32500 kg/cm <sup>2</sup>				
MODULO DE CORTE	13000 kg/cm <sup>2</sup>				
MODULO DE POISSON	0.25				
<b>METRADO DE CARGAS</b>		<b>PARAMETROS SIMICOS</b>			
<b>CARGAS MUERTAS</b>		FACTOR DE ZONA (Z4)	0.45		
<b>PESO ALBAÑILERIA</b>	1800 kg/m <sup>2</sup>	TIPO DE SUELO (S)	1.00		
<b>PESO PISO TERMINADO</b>	120 kg/m <sup>2</sup>	TP	0.4		
<b>PESO TABIQUERIA</b>	100 kg/m <sup>2</sup>	TL	2.5		
<b>CARGA VIVA</b>		USO (EDIFICACION ESENCIAL)	1.5		
<b>SOBRECARGA</b>	300 kg/m <sup>2</sup>	FACTOR DE DUCTILIDAD (R)	7		
<b>S/C.ULTIMO NIVEL</b>	200 kg/m <sup>2</sup>				

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.1. Datos del aislador elastomérico núcleo de plomo

**Cuadro N°4:** Datos generales del aislador

DATOS GENERALES			
<b>AISLADOR ELASTOMERICO CON NUCLEO DE PLOMO</b>			
Do	700	Mm	Diámetro del aislador
Di	205	Mm	Diámetro del plomo
C.	30	Und	Nº de capas de caucho
Tr	8	Mm	Espesor de capa de caucho
Ts	2	Mm	Espesor de capa de acero
L	750	Mm	Long. Placa cuadrada
T	32	mm	Espesor de la placa
N	8	Und	Numero de pernos
Ø	33	Mm	Diámetro de pernos
E.	240	Mm	Espesor total de caucho
H	430	Mm	Altura del aislador

Fuente: Elaboración propia

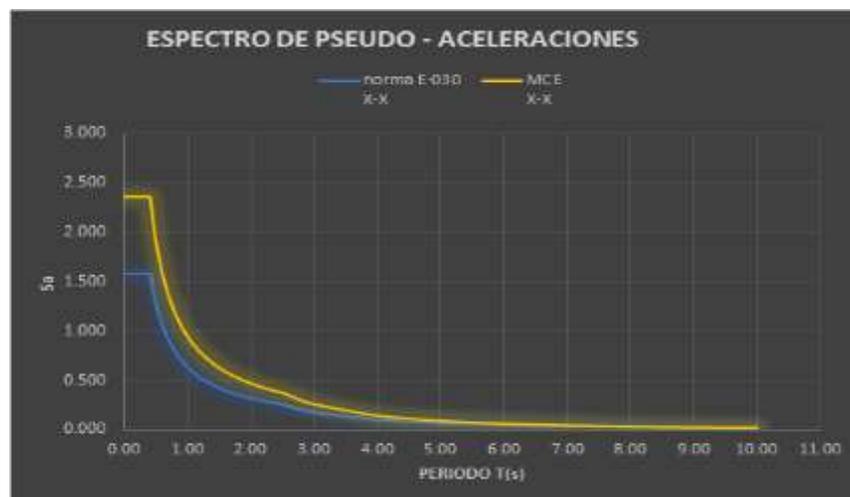
## 4.2. Variable independiente: Aisladores elastomericos con núcleo de plomo

### 4.2.1. Desplazamiento

#### 4.2.1.1. Espectro de respuesta (SM1)

En primer lugar, se realizó el espectro de diseño de la normativa nacional E-030 de diseño sismo resistente, a este resultado se le multiplico por 1.5 para poder hallar el sismo posible máximo (MCE) como se puede apreciar en el cuadro N°5, según parámetros del ASCE.

**Imagen N° 10:** Espectro de respuesta



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se halló el espectro MCE, se procedió determinar la aceleración máxima probable para periodo 0.2 segundos y 1 segundos siendo estos valores respectivamente 2.365 y 0.946 como se puede apreciar en el cuadro N°5.

**Cuadro N°5:** Tabla de espectro de diseño y MCE

C	T	norma E-030	MCE	
2.50	0.10	1.577	2.365	
2.50	0.12	1.577	2.365	
2.50	0.14	1.577	2.365	
2.50	0.16	1.577	2.365	
2.50	0.18	1.577	2.365	SMS
2.50	0.20	1.577	2.365	2.365
2.50	0.25	1.577	2.365	
2.50	0.30	1.577	2.365	
2.50	0.35	1.577	2.365	
2.00	0.75	0.842	1.261	
1.88	0.80	0.788	1.182	
1.76	0.85	0.742	1.113	
1.67	0.90	0.701	1.051	
1.58	0.95	0.664	0.996	SM1
1.50	1.00	0.631	0.946	0.946
1.36	1.10	0.573	0.860	
1.25	1.20	0.526	0.788	
1.15	1.30	0.485	0.728	
1.07	1.40	0.450	0.676	
1.00	1.50	0.420	0.631	
0.94	1.60	0.394	0.591	
0.88	1.70	0.371	0.556	
0.83	1.80	0.350	0.526	

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.1.2. Desplazamiento máximo total

Se procedió a calcular en el desplazamiento máximo lateral, en el cual se obtiene un valor de 23 cm este valor nos servirá para poder hallar el desplazamiento máximo total

**DESPLAZAMIENTO MAXIMO LATERAL**

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

g	9.81 m/s <sup>2</sup>	π	3.14159265
S <sub>M1</sub> =	0.946	π <sup>2</sup>	9.8696044
T <sub>M</sub> =	1.316		
B <sub>M</sub> =	1.3		
D <sub>M</sub> =	0.2380 m		

A continuación, se procede a calcular el desplazamiento máximo total, el valor obtenido es de 32.245 cm, lo cual significa que el desplazamiento máximo de cada aislador debe ser menor a dicho valor.

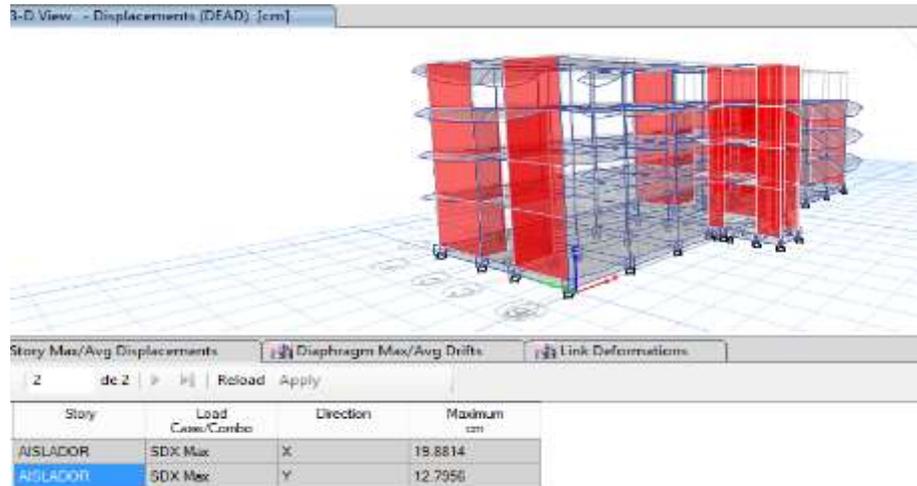
**DESPLAZAMIENTO MAXIMO TOTAL**

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

Y=	20 m	Distancia del centro de rigidez de todos los aisladores hasta mas alejado
D <sub>M</sub> =	0.237964922	Desplazamiento maximo lateral
e=	1.4685	Excentricidad en planta
b=	10.3 m	Distancia mas corta en planta de la edificacion
d=	29.37 m	Distancia mas larga en planta de l edificacion
D <sub>TM</sub> =	0.3245 m	

Se calculo con el programa ETABS el desplazamiento máximo que podría tener cada aislador, los cual se obtuvo los siguientes resultados en la dirección X-X se obtuvo un valor de 19.88 cm según el cuadro N°6 y en la dirección Y-Y un valor de 29 .042 cm según el cuadro N°7, estos valores siendo inferior al desplazamiento máximo total que fue de 32.245 cm.

### Imagen N° 11: Resultado de desplazamiento X-X



Fuente: Elaboración propia

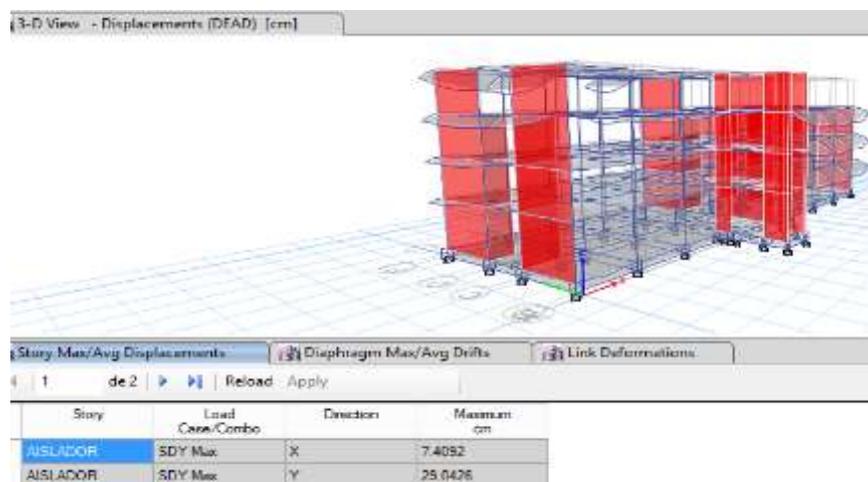
### Cuadro N°6: Tabla desplazamiento máximo (X-X) del aislador

Tipo	dirección	máximo cm	DTM cm
AISLADOR	X	19.8814	32.245

permitido

Fuente: Elaboración propia

### Imagen N° 12: Resultado de desplazamiento Y-Y



Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°7:** Tabla desplazamiento máximo (Y-Y) del aislador

Tipo	dirección	máximo cm	DTM cm
AISLADOR	Y	29.0426	32.245

permitido

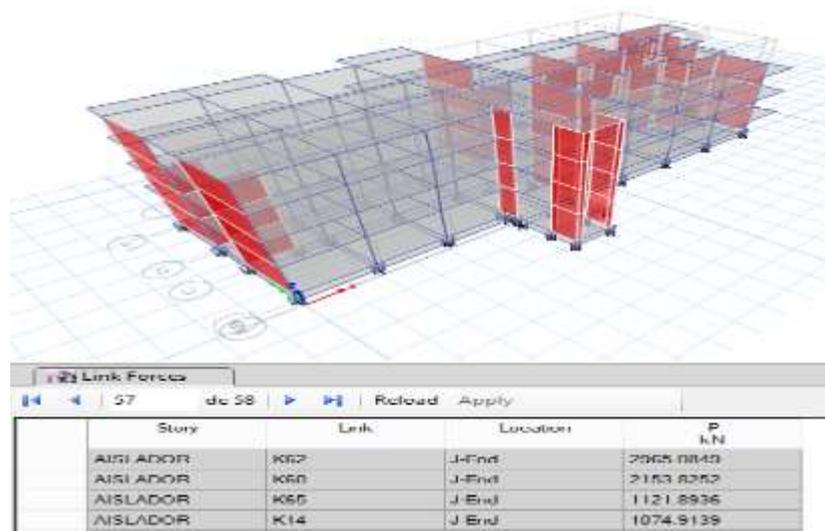
*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.2. Rigidez

##### 4.2.2.1. Carga axial

Se calculo la carga axial para cada aislador obteniendo como resultado 2950.08 KN, siendo esto el esfuerzo máximo que experimenta el aislador y esta misma menor que 3100.00 KN, valor máximo permisible, según el cuadro N°8.

**Imagen N° 13:** Resultado de carga axial de cada aislador



*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°8:** Carga axial máxima permisible de cada aislador

<b>Tipo</b>	<b>P</b>	
	<b>kN</b>	
AISLADOR	2965.08	compresión
AISLADOR	2153.83	compresión
AISLADOR	1121.89	compresión
AISLADOR	1074.91	compresión
AISLADOR	911.16	compresión
AISLADOR	846.87	compresión
AISLADOR	846.35	compresión
AISLADOR	806.37	compresión
AISLADOR	792.03	compresión
AISLADOR	784.14	compresión
AISLADOR	685.83	compresión
AISLADOR	615.98	compresión
AISLADOR	585.49	compresión
AISLADOR	547.50	compresión
AISLADOR	537.86	compresión
AISLADOR	499.79	compresión
AISLADOR	433.76	compresión
AISLADOR	423.64	compresión
AISLADOR	413.92	compresión
AISLADOR	413.41	compresión
<b>MAX .PER</b>	<b>3100.00</b>	<b>compresión</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.2.2. Rigidez efectiva

Se cálculo la rigidez producida ( $K_d$ ) en el cual se obtiene el valor de 4.200 KN/mm este valor nos servirá para poder hallar la rigidez efectiva.

#### RIGIDEZ EFECTIVA

$$K_d = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(D_A^2 - D_N^2)G}{H_A}$$

G	0.7 MPA
$H_A$ =	0.42991
$\pi$	3.14
$D_A$ =	0.7 m
$D_N$ =	0.205 m
$K_d$ =	4200.00 kN/m
$K_d$ =	4.200 kN/mm

A continuación, se procede a calcular la rigidez efectiva, el valor obtenido es de 4.878 KN/mm, lo cual significa que la rigidez de cada aislador debe ser menor a dicho valor.

$$K_{eff} = \frac{Qd}{D_{TM}} + K_d$$

$$\begin{aligned} K_d &= 4200 \text{ KN/m} \\ Qd &= 250.00 \text{ KN} \\ D_{TM} &= 0.32 \text{ m} \\ K_{eff} &= 4970.31 \text{ KN/m} \\ K_{eff} &= 4.878 \text{ kn/mm} \end{aligned}$$

Se calculo la rigidez de cada aislador, siendo el valor máximo que se obtuvo en la dirección X-X de 3.885 KN/mm y en la dirección Y-Y el valor de 3.529 KN/mm, estos valores siendo menores a la rigidez efectiva que se calculó, con valor de 4.878 KN/mm.

**Cuadro N°9:** Rigidez de cada aislador en la dirección (X-X)

Tipo	Rigidez X KN/mm	Rigidez y KN/mm	Rigidez de cada aislador	Rigidez Eff KN/mm
AISLADOR(x-x)	252.53056	170.92454	3.885	4.879

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°10:** Rigidez de cada aislador en la dirección (Y-Y)

Tipo	Rigidez X KN/mm	Rigidez y KN/mm	Rigidez de cada aislador	Rigidez Eff KN/mm
AISLADOR(y-y)	229.3793	217.27587	3.529	4.879

*Fuente: Elaboración propia*

### 4.2.3. Amortiguamiento

#### 4.2.3.1. Amortiguamiento efectivo

Se realizo el cálculo del amortiguamiento efectivo obteniendo como resultado el 15 %, de esta manera cumpliendo dentro del rango permisible para edificaciones (10%-20%) .

$$B_{eff} = \frac{4Q_d(D_{TM} - \frac{F_y}{10K_d})}{2\pi \cdot K_{eff} \cdot D_{TM}^2}$$

$Q_d$	250 KN	$F_y$	1.10 $Q_d$
$\pi$	3.14159265	$F_y$	275 KN
$K_{eff}$	4970.31 kN/m		
$D_{TM}$	0.32 m		
$K_d$	4200 kN/m		

$$B_{eff} = 0.15201445$$

$$B_{eff} = 15\%$$

### 4.3. Variable dependiente: Daños sísmicos

#### 4.3.1. Daños estructurales

##### 4.3.1.1. Rigidez por piso

Se presenta en los siguientes cuadros los resultados de las rigideces por piso en la superestructura, halladas bajo el enfoque de las normativas sismorresistente de los años 2003 y 2018, esta última incorporándole el sistema de aislación sísmica, en la direccione X-X y la dirección Y-Y

## 4.3.1.1.1. Rigidez en la dirección X-X

**Cuadro N°11:** Rigidez por piso de la super estructura en la dirección X-X (E030-2003)

Cant. Pisos	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	36917.501	55962.562
piso 3	170299.827	181717.425
piso 2	255835.041	269639.604
piso 1	425815.121	410867.191

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°12:** Rigidez por piso de la super estructura en la dirección X-X (E030-2018)

Cant. Pisos	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	36923.04	55967.38
piso 3	170082.30	181693.85
piso 2	255974.03	269607.98
piso 1	425654.83	410825.63

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°13:** Rigidez por piso de la super estructura aislado en la dirección X-X (E030-2018)

Cant. Pisos	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	26170.34	0.00
piso 3	107314.16	59212.08
piso 2	158651.99	121330.61
piso 1	180993.40	162034.91

*Fuente: Elaboración propia*

## 4.3.1.1.2. Rigidez en la dirección Y-Y

**Cuadro N°14:** Rigidez por piso de la super estructura en la dirección Y-Y (E030-2003)

Cant. Pisos	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	28438.756	70990.387
piso 3	105159.755	174278.071
piso 2	145874.298	264319.19
piso 1	240189.118	446206.465

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°15:** Rigidez por piso de la super estructura en la dirección Y-Y (E030-2018)

Cant. Pisos	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	28430.75	70989.38
piso 3	105140.76	174277.08
piso 2	145761.27	264319.03
piso 1	240033.96	446202.86

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°16:** Rigidez por piso de la super estructura aislado en la dirección Y-Y (E030-2018)

Cant. Pisos	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	19968.96	26645.77
piso 3	80856.24	83028.50
piso 2	122143.71	136316.72
piso 1	134513.81	173981.06

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.1.2. Fuerza cortante por piso

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de las fuerzas cortantes por piso en la superestructura, halladas bajo el enfoque de las normativas sismorresistente de los años 2003 y 2018, esta última incorporándole el sistema de aislación sísmica, en la dirección X-X y la dirección Y-Y.

##### 4.3.1.2.1. Fuerza cortante en la dirección X-X

**Cuadro N°17:** Fuerza cortante por piso de la super estructura en la dirección X-X (E030-2003)

<b>Cant. Pisos</b>	<b>VX Tonf</b>	<b>VY tonf</b>
piso 4	58.6216	8.4878
piso 3	121.3979	18.6152
piso 2	165.9381	25.1943
piso 1	190.3825	28.0893

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°18:** Fuerza cortante por piso de la super estructura en la dirección X-X (E030-2018)

<b>Cant. Pisos</b>	<b>Rigidez X tonf/cm</b>	<b>Rigidez y tonf/cm</b>
piso 4	36923.04	55967.38
piso 3	170082.30	181693.85
piso 2	255974.03	269607.98
piso 1	425654.83	410825.63

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°19:** Fuerza cortante por piso de la super estructura aislado en la dirección X-X (E030-2018)

<b>Cant. Pisos</b>	<b>VX tonf</b>	<b>VY tonf</b>
piso 4	24.2637	1.3345
piso 3	73.8088	12.5693
piso 2	123.2388	26.4731
piso 1	169.8493	39.531

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.1.2.2. Fuerza cortante en la dirección Y-Y

**Cuadro N°20:** Fuerza cortante por piso de la super estructura en la dirección Y-Y (E030-2003)

<b>Cant. Pisos</b>	<b>VX tonf</b>	<b>VY tonf</b>
piso 4	8.6293	50.8149
piso 3	18.5989	109.5264
piso 2	25.0772	149.0416
piso 1	28.0893	171.0705

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°21:** Fuerza cortante por piso de la super estructura en la dirección Y-Y (E030-2018)

<b>Cant. Pisos</b>	<b>VX tonf</b>	<b>VY tonf</b>
piso 4	27.2088	160.2355
piso 3	58.6363	345.3747
piso 2	79.0555	469.981
piso 1	88.5507	539.4436

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°22:** Fuerza cortante por piso de la super estructura aislado en la dirección Y-Y (E030-2018)

<b>Cant. Pisos</b>	<b>VX tonf</b>	<b>VY tonf</b>
piso 4	7.4089	25.557
piso 3	20.5096	70.1918
piso 2	32.7085	115.1701
piso 1	42.9039	157.6514

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.1.3. Deriva de entre piso

se muestran los resultados de las derivas por piso en la superestructura, halladas bajo el enfoque de las normativas sismorresistente de los años 2003 y 2018, esta última incorporándole el sistema de aislación sísmica, en la dirección X-X y la dirección Y-Y, debiendo ser inferiores al valor de 0.007.

##### 4.3.1.3.1. Deriva en la dirección X-X

**Cuadro N°23:** Derivas por piso de la super estructura en la dirección X-X (E030-2003)

<b>Cant. Pisos</b>	<b>Dirección</b>	<b>DERIVA</b>
piso 4	X	0.004644
piso 3	X	0.002151
piso 2	X	0.001860
piso 1	X	0.001035

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°24:** Derivas por piso de la super estructura  
en la dirección X-X (E030-2018)

Cant. Pisos	Dirección	DERIVA
piso 4	X	0.014648
piso 3	X	0.006797
piso 2	X	0.005858
piso 1	X	0.003265

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°25:** Derivas por piso de la super estructura  
aislado en la dirección X-X (E030-2018)

Cant. Pisos	Dirección	DERIVA
piso 4	X	0.003944
piso 3	X	0.000304
piso 2	X	0.000347
piso 1	X	0.000318

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.1.3.2. Deriva en la dirección Y-Y

**Cuadro N°26:** Derivas por piso de la super estructura  
en la dirección Y-Y (E030-2003)

Cant. Pisos	Dirección	DERIVA
piso 4	Y	0.002375
piso 3	Y	0.002354
piso 2	Y	0.002037
piso 1	Y	0.001098

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°27:** Derivas por piso de la super estructura en la dirección Y-Y (E030-2018)

Cant. Pisos	Dirección	DERIVA
piso 4	Y	0.007488
piso 3	Y	0.007422
piso 2	Y	0.006422
piso 1	Y	0.003462

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°28:** Derivas por piso de la super estructura aislado en la dirección Y-Y (E030-2018)

Cant. Pisos	Dirección	DERIVA
piso 4	Y	0.001858
piso 3	Y	0.000472
piso 2	Y	0.000461
piso 1	Y	0.000400

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.1.4. Irregularidad torsional

Se muestra los resultados de la irregularidad torsional por piso en la superestructura, evaluadas el con las normativas sismorresistentes de los años 2007 y 2018, esta última incorporándole el sistema de aislación sísmica, por otro lado, los valores obtenidos deben ser menor a 1.3 en la direccione X-X y la dirección Y-Y,

##### 4.3.1.4.1. Irregularidad torsional en la dirección X-X

**Cuadro N°29:** Irregularidad torsional de la super estructura en la dirección X-X(E030-2003)

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3 D.PROM
piso 4	12	0.00035	0.000344	0.00030	0.00031	0.0003038	1.004
piso 3	9	0.00126	0.001259	0.00021	0.00021	0.0002070	1.001
piso 2	6	0.00074	0.000741	0.00017	0.00017	0.0001706	0.999
piso 1	3	0.00032	0.000315	0.00013	0.00013	0.0001262	0.998

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°30:** Irregularidad torsional de la super estructura  
en la dirección X-X(E030-2018)

Piso	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3 D.PROM
4	0.010766	0.008667	0.010766	0.008667	0.00082	0.00191	0.00082	0.00191	0.0013653	1.397
3	0.008295	0.002946	0.008295	0.002946	0.00139	0.00037	0.00139	0.00037	0.0008814	1.575
2	0.004824	0.002010	0.004824	0.002010	0.00116	0.00043	0.00116	0.00043	0.0007946	1.460
1	0.001923	0.000938	0.001923	0.000938	0.00077	0.00038	0.00077	0.00038	0.0005722	1.344

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°31:** Irregularidad torsional de la super estructura  
aislado en la dirección X-X(E030-2018)

Piso	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3 D.PROM
4	0.001832	0.001832	0.002190	0.001832	0.00007	0.00007	0.00007	0.00005	0.0000652	1.038
3	0.001629	0.001629	0.001971	0.001989	0.00005	0.00005	0.00006	0.00006	0.0000588	1.088
2	0.001496	0.001496	0.001811	0.001827	0.00006	0.00006	0.00007	0.00007	0.0000645	1.091
1	0.001349	0.001349	0.001636	0.001651	0.00054	0.00054	0.00065	0.00066	0.0005985	1.093

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.4.2. 2.irregularidad torsional en la dirección Y-Y

**Cuadro N°32:** Irregularidad torsional de la super estructura  
en la dirección Y-Y(E030-2003)

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3 D.PROM
piso 4	12	0.000335	0.000322	0.00017	0.00016	0.0001645	0.981
piso 3	9	0.000838	0.000806	0.00023	0.00022	0.0002276	0.979
piso 2	6	0.001419	0.001363	0.00023	0.00023	0.0002300	0.979
piso 1	3	0.002006	0.001926	0.00080	0.00077	0.0007864	0.980

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°33:** Irregularidad torsional de la super estructura  
en la dirección Y-Y(E030-2018)

Piso	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3 D.PROM
4	0.066342	0.041258	0.066342	0.041258	0.00647	0.00620	0.00647	0.00620	0.0063327	1.021
3	0.046937	0.022667	0.046937	0.022667	0.00769	0.00337	0.00769	0.00337	0.0055296	1.390
2	0.027723	0.014233	0.027723	0.014233	0.00666	0.00331	0.00666	0.00331	0.0049868	1.336
1	0.011068	0.005954	0.011068	0.005954	0.00443	0.00238	0.00443	0.00238	0.0034044	1.300

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°34:** Irregularidad torsional de la super estructura  
aislado en la dirección Y-Y(E030-2018)

Piso	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3 D.PROM
4	0.000814	0.000814	0.000387	0.000397	0.00003	0.00003	0.00003	0.00001	0.0000244	1.092
3	0.000734	0.000734	0.000292	0.000359	0.00002	0.00002	0.00003	0.00002	0.0000229	1.205
2	0.000680	0.000680	0.000223	0.000307	0.00002	0.00002	0.00003	0.00003	0.0000252	1.127
1	0.000627	0.000627	0.000298	0.000378	0.00025	0.00025	0.00012	0.00015	0.0001930	1.299

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.2. Daños en contenido

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de aceleración y periodo de la estructura de bajo el sistema convencional y el sistema aislado.

##### 4.3.2.1. Aceleración

###### 4.3.2.1.1. Aceleración en la dirección X-X

**Cuadro N°35:** Aceleración de la super estructura  
en la dirección X-X(E030-2018)

Cant. Pisos	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	7.9009	1.3514	2.54
piso 3	4.5265	0.9569	2.3711
piso 2	3.7283	0.7723	1.908
piso 1	2.6404	0.4761	1.0616

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°36:** Aceleración de la super estructura aislado  
en la dirección X-X(E030-2018)

Cant. Pisos	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	1.8548	0.499	0.1978
piso 3	1.6761	1.266	0.1781
piso 2	1.5651	1.1557	0.1751
piso 1	1.4481	1.0464	0.1643

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.2.1.1. Aceleración en la dirección Y-Y

**Cuadro N°37:** Aceleración de la super estructura  
en la dirección Y-Y(E030-2018)

Cant. Pisos	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	3.4096	7.7948	4.911
piso 3	4.1167	5.458	3.6579
piso 2	3.7525	4.1152	2.6843
piso 1	2.8064	2.3999	1.9424

*Fuente: Elaboración propia*

**Cuadro N°38:** Aceleración de la super estructura aislado  
en la dirección Y-Y(E030-2018)

Cant. Pisos	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	1.1421	2.2667	0.2999
piso 3	0.9753	2.1013	0.3531
piso 2	0.8631	1.9483	0.346
piso 1	0.7526	1.813	0.3116

*Fuente: Elaboración propia*

## 4.3.2.2. Periodo fundamental

**Cuadro N°39:** Periodo de la super estructura y sistema aislado

CASO	CONVENCIONAL	AISLADO	AUMENTO
	PERIODO	PERIODO	
	SEG	SEG	
T	0.19	0.577	67%

Fuente: Elaboración propia

## 4.4. Resumen comparativo

## 4.4.1. Comparativo de rigidez

La rigidez de la superestructura se ve afectada con la incorporación de los aisladores sísmicos, reduciéndolas notablemente en la dirección X-X y en la dirección Y-Y.

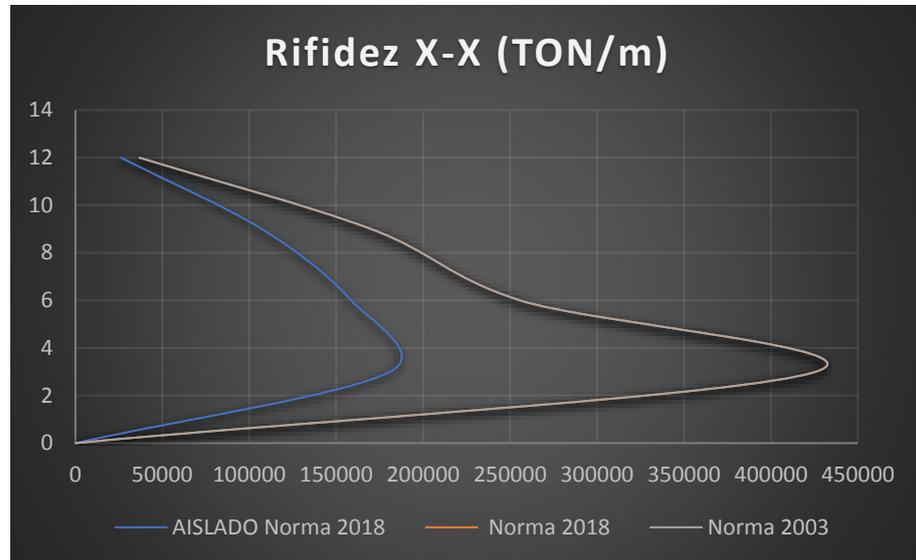
## 4.4.1.1. Comparativo de rigidez en la dirección X-X

**Cuadro N°40:** comparativo de rigidez en la dirección (X-X)

Cant. Pisos	h(m)	CONVENCIONAL		AISLADO	cant.aporte %
		Norma 2003	Norma 2018	Norma 2018	
		Rigidez X tonf/m	Rigidez X tonf/m	Rigidez X tonf/m	
piso 4	12	36917.501	36923.04	26170.339	29%
piso 3	9	170299.827	170082.30	107314.161	37%
piso 2	6	255835.041	255974.03	158651.993	38%
piso 1	3	425815.121	425654.83	180993.395	57%

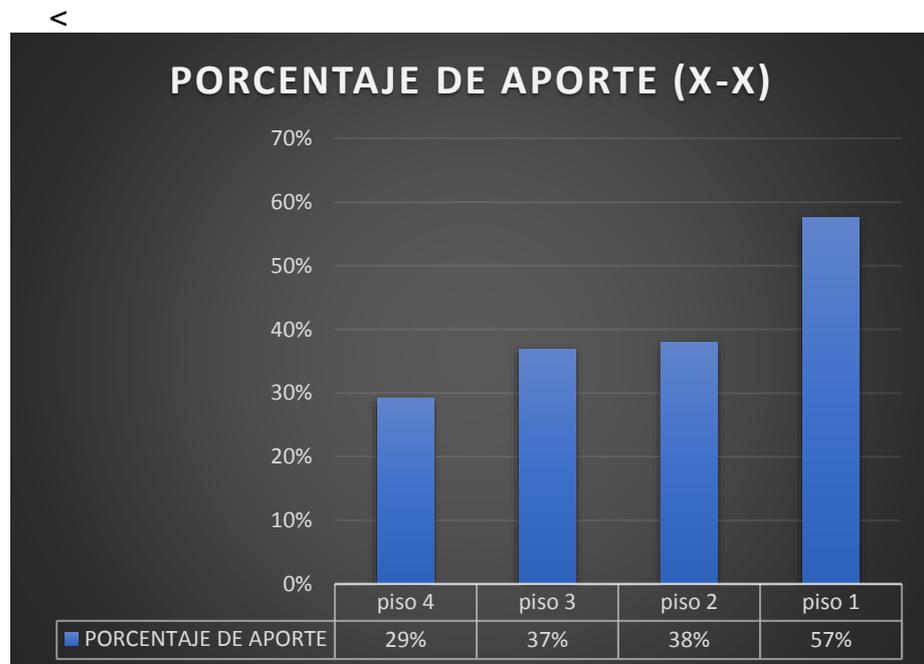
Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 14:** Grafica comparativa de rigideces en la dirección (X-X)



*Fuente: Elaboración propia*

**Imagen N° 15:** Grafica de porcentaje de aporte del aislador en la dirección (X-X)



*Fuente: Elaboración propia*

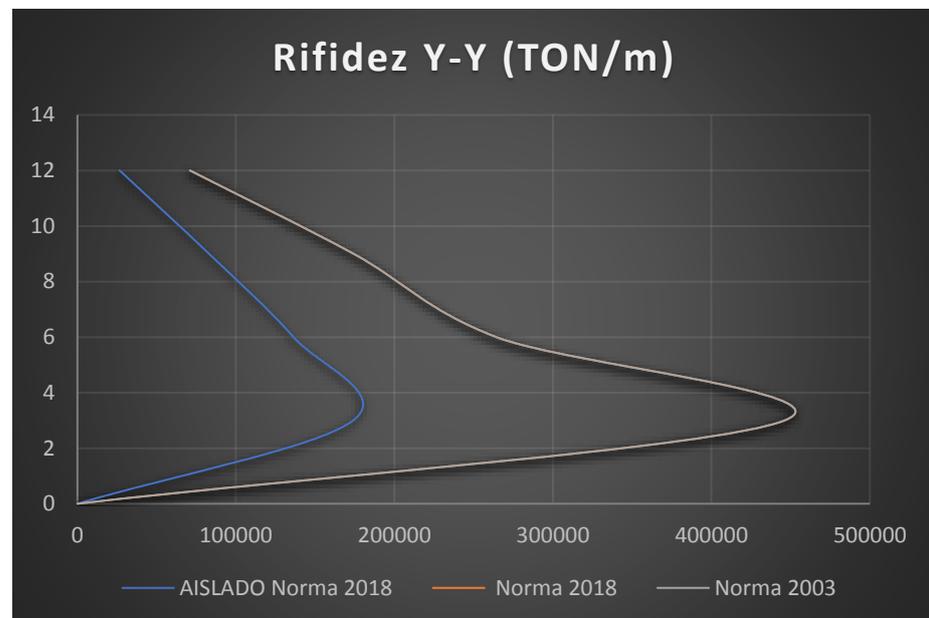
## 4.4.1.2. Comparativo de rigidez en la dirección Y-Y

**Cuadro N°41:** comparativo de rigidez en la dirección (Y-Y)

Cant. Pisos	h(m)	CONVENCIONAL		AIKLADO	cant.aporte %
		Norma 2003	Norma 2018	Norma 2018	
		Rigidez Y tonf/m	Rigidez Y tonf/m	Rigidez Y tonf/m	
piso 4	12	70990.387	70989.38	26645.771	62%
piso 3	9	174278.071	174277.08	83028.5	52%
piso 2	6	264319.19	264319.03	136316.723	48%
piso 1	3	446206.465	446202.86	173981.058	61%

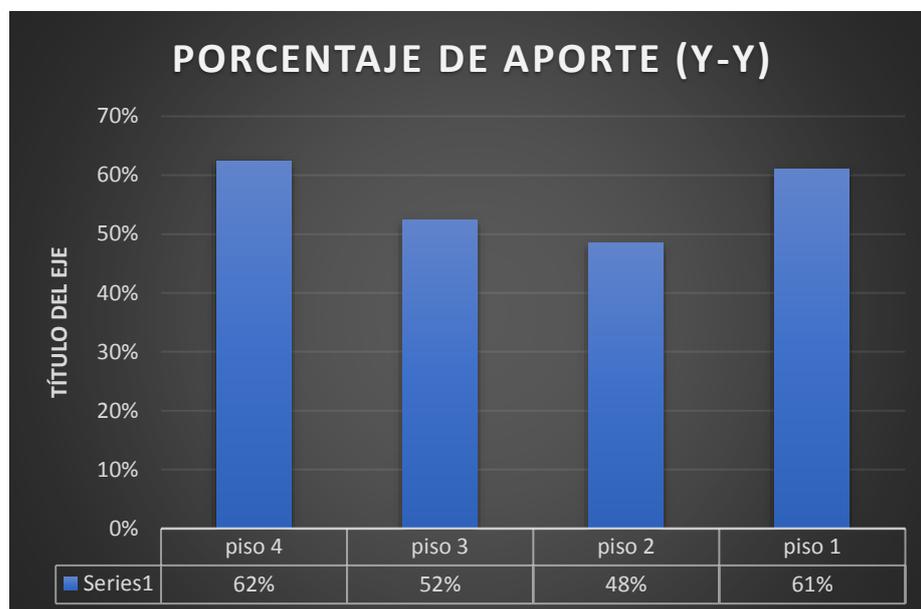
Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 16:** Grafica comparativa de rigideces en la dirección (Y-Y)



Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 17:** Grafica de porcentaje de aporte del aislador en la dirección (Y-Y)



*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4.2. Fuerza cortante en la base

Con respecto a la fuerza cortante que experimenta la estructura se muestran como resultados que con la incorporación de aisladores sísmicos se reducen notablemente, de esta manera reduciendo los esfuerzos que pueda afectar a los elementos estructurales de la superestructura, tanto en la dirección X-X como en la dirección Y-Y.

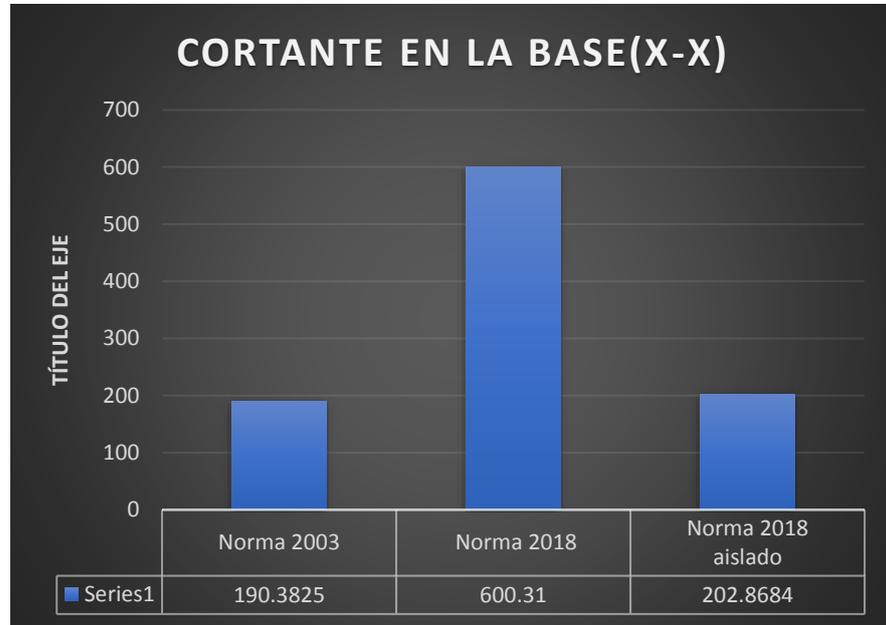
##### 4.4.2.1. Comparativo de fuerza cortante en la base en la dirección X-X

**Cuadro N°42:** comparativo de cortante en la base en la dirección (X-X)

	CONVENCIONAL		AIKLADO	cant.aporte %
	Norma 2003	Norma 2018	Norma 2018 aislado	
Cant. Pisos	VX Tonf	VX tonf	VX tonf	
BASE	190.3825	600.31	202.8684	66%

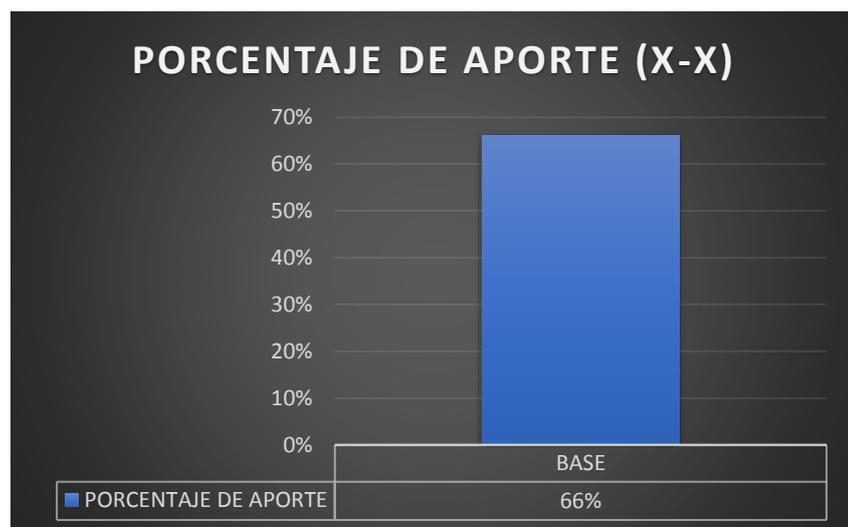
*Fuente: Elaboración propia*

**Imagen N° 18:** Grafica comparativa fuerza cortante en la base en la dirección (X-X)



Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 19:** Grafica de porcentaje de aporte por cortante del aislador en la dirección (X-X)



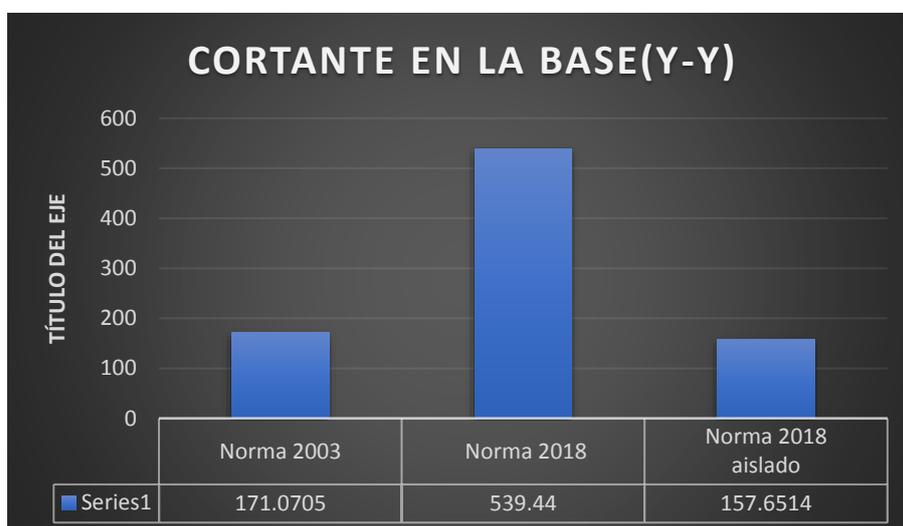
Fuente: Elaboración propia

## 4.4.2.2. Comparativo de fuerza cortante en la base en la dirección Y-Y

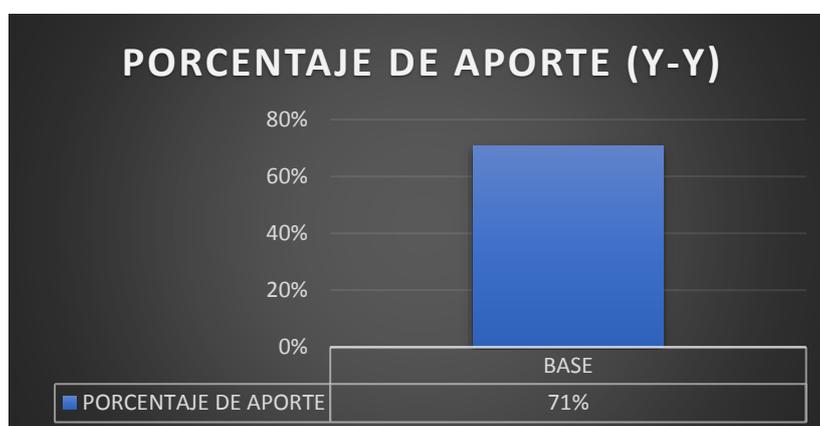
**Cuadro N°43:** comparativo de cortante en la dirección (Y-Y)

	CONVENCIONAL		AISLADO	cant.aporte %
	Norma 2003	Norma 2018	Norma 2018 aislado	
Cant. Pisos	VY Tonf	VY tonf	VY tonf	
BASE	171.0705	539.44	157.6514	71%

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 20:** Grafica comparativa de fuerza cortante en la dirección(Y-Y)

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 21:** Grafica de porcentaje de aporte por cortante del aislador en la dirección (Y-Y)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3. Comparativo de derivas por piso

Se muestran en los resultados comparativos que las derivas bajo la normativa peruana E-030 de diseños sismorresistente del año 2018 no cumplen con el máximo permisible, por otro lado, al incorporarle aisladores sísmicos a dicha estructura se obtiene valores por debajo del máximo permisible, esto en las direcciones X-X y Y-Y respectivamente.

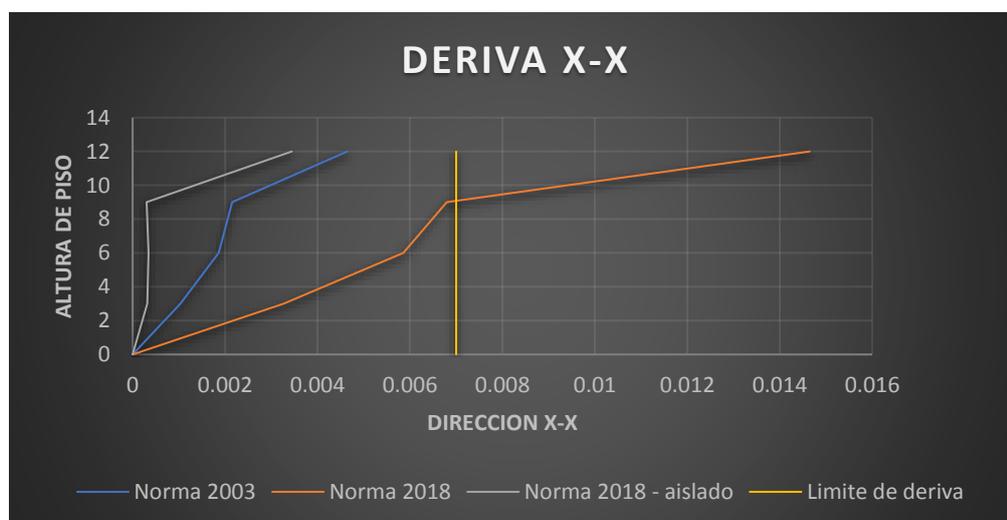
##### 4.4.3.1. Comparativo de derivas por piso en la dirección X-X

**Cuadro N°44:** comparativo de derivas por piso en la dirección (X-X)

Cant. Pisos	Dirección	CONVENCIONAL		AISLADO	Max.perm
		Norma 2003	Norma 2018	Norma 2018	
piso 4	X	0.004644	0.014648	0.003944	0.007
piso 3	X	0.002151	0.006797	0.000304	0.007
piso 2	X	0.00186	0.005858	0.000347	0.007
piso 1	X	0.001035	0.003265	0.000318	0.007

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 22:** Grafica comparativa de deriva en la dirección(X-X)



Fuente: Elaboración propia

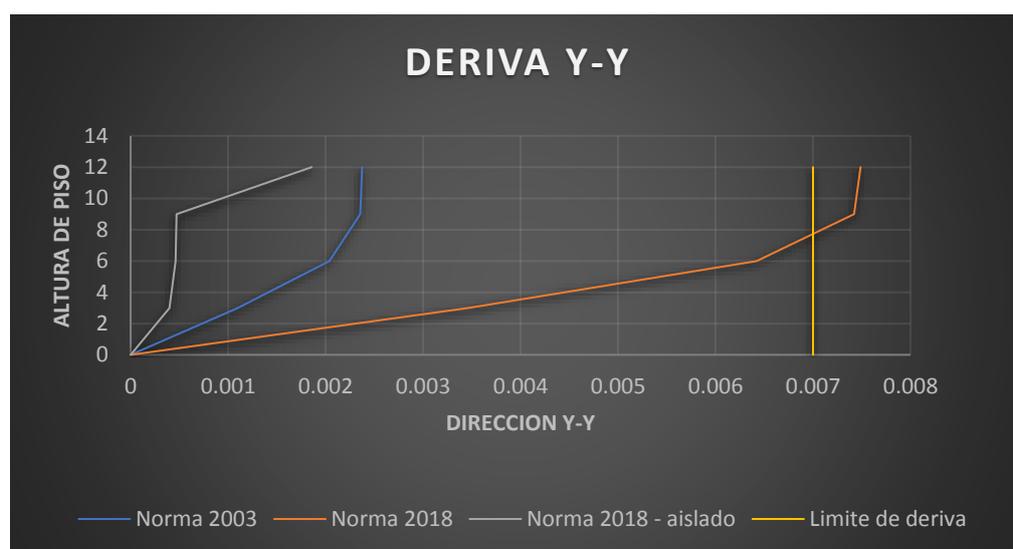
## 4.4.3.2. Comparativo de derivas por piso en la dirección Y-Y

**Cuadro N°45:** comparativo de derivas por piso en la dirección (Y-Y)

Cant. Pisos	Dirección	CONVENCIONAL		AISLADO	Max.perm
		Norma 2003	Norma 2018	Norma 2018	
piso 4	Y	0.002375	0.007488	0.001858	0.007
piso 3	Y	0.002354	0.007422	0.000472	0.007
piso 2	Y	0.002037	0.006422	0.000461	0.007
piso 1	Y	0.001098	0.003462	0.0004	0.007

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 23:** Grafica comparativa de deriva en la dirección (Y-Y)



Fuente: Elaboración propia

## 4.4.4. Comparativo de irregularidad por torsión

Se muestra en el cuadro comparativo que bajo la normativa peruana E030-diseño sismorresistente del año 2003 no presenta irregularidad torsional, sin embargo, difiere con los resultados de la misma norma del año 2018, por lo que implementado los aisladores elastomericos con núcleo de plomo se obtiene resultados favorables, esto en las direcciones X-X y Y-Y respectivamente.

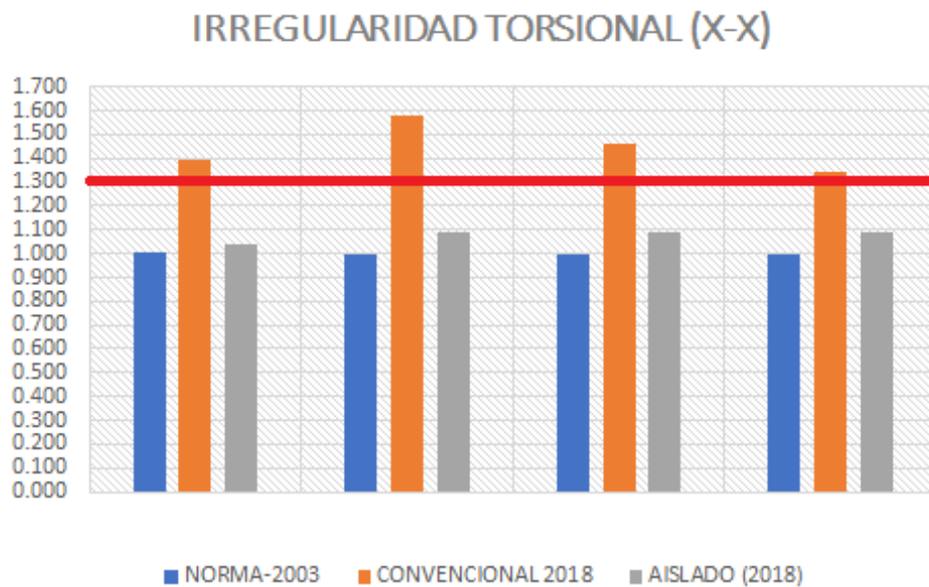
4.4.4.1. Comparativo de irregularidad por torsión en la dirección X-X

**Cuadro N°46:** comparativo de irregularidad torsional por piso en la dirección (X-X)

	NORMA-2003	CONVENCIONAL 2018		AISLADO (2018)	
	X-X	X-X		X-X	
Cant. Pisos	D.MAX>1.3 D.PROM (X)	D.MAX>1.3 D.PROM (X)	D.MAX>1.3 D.PROM (Y)	D.MAX>1.3 D.PROM (X)	D.MAX>1.3 D.PROM (Y)
piso 4	1.004	1.026	1.397	1.038	1.258
piso 3	1.001	1.021	1.575	1.088	1.072
piso 2	0.999	1.017	1.460	1.091	1.041
piso 1	0.998	1.005	1.344	1.093	1.277

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 24:** Grafica comparativa de irregularidad torsional en la dirección (X-X)



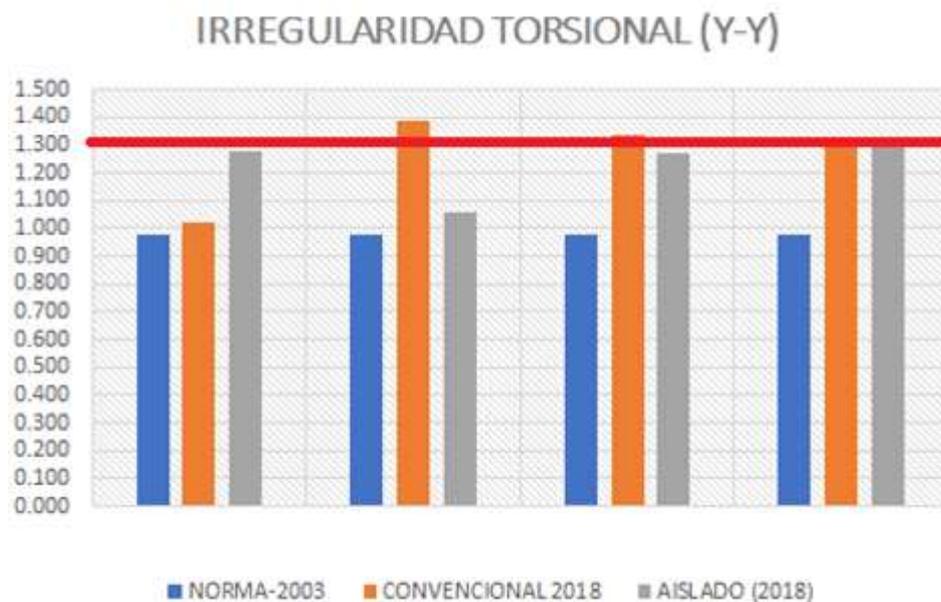
## 4.4.4.2. Comparativo de irregularidad por torsión en la dirección Y-Y

**Cuadro N°47:** comparativo de irregularidad torsional por piso en la dirección (Y-Y)

Cant. Pisos	NORMA-2003	CONVENCIONAL 2018		AISLADO (2018)	
	Y-Y	Y-Y		Y-Y	
	D.MAX>1.3 D.PROM (Y)	D.MAX>1.3 D.PROM (X)	D.MAX>1.3 D.PROM (Y)	D.MAX>1.3 D.PROM (X)	D.MAX>1.3 D.PROM (Y)
piso 4	0.981	1.333	1.021	1.092	1.281
piso 3	0.979	1.046	1.390	1.205	1.056
piso 2	0.979	0.889	1.336	1.127	1.269
piso 1	0.980	0.865	1.300	1.299	1.295

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 25:** Grafica comparativa de irregularidad torsional en la dirección (Y-Y)



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5. Comparativo de aceleración

Se muestran en los resultados una considerable reducción al incorporar los aisladores elastomericos con núcleo de plomo, siendo esta reducción importante para la conservación del contenido que tenga la edificación esencial.

**Cuadro N°48:** comparativo de la aceleración de la estructura

Direccion	CONVENCIONAL		AISLADO	Aporte
	ACELERACION	ACELERACION	ACELERACION	
	m/sec <sup>2</sup>	m/sec <sup>2</sup>	m/sec <sup>2</sup>	
X-X	4.07	7.90	1.85	77%
Y-Y	4.24	7.79	2.27	71%

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 26:** Grafica comparativa de aceleración en la superestructura



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.6. Comparativo de periodo

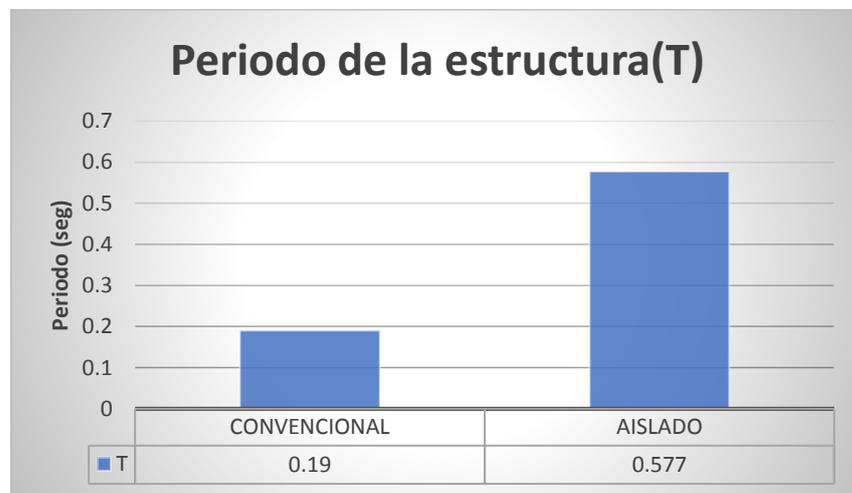
El cuadro comparativo muestra como resultado que el periodo de la estructura aumenta con la incorporación de aislamiento sísmico, por otra parte, al ser este periodo menor que 1 segundo queda conforme con respecto a la superestructura.

**Cuadro N°49:** comparativo del periodo fundamental de la estructura

CASO	CONVENCIONAL	AISLADO	AUMENTO
	PERIODO SEG	PERIODO SEG	
T	0.19	0.577	67%

Fuente: Elaboración propia

**Imagen N° 27:** Grafica comparativa del periodo de la superestructura



Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°50:** Cuadro de porcentajes según la reducción del tipo de daño

<b>DAÑOS ESTRUCTURALES (67%)</b>	
<b>RIGIDEZ</b>	47%
DIRECCION X-X	40%
DIRECCION Y-Y	55%
<b>FUERZA CORTANTE</b>	68%
DIRECCION X-X	66%
DIRECCION Y-Y	70%
<b>DERIVAS</b>	88%
DIRECCION X-X	89%
DIRECCION Y-Y	88%
<b>DAÑOS EN CONTENIDOS (74%)</b>	
<b>ACELERACION</b>	74%
DIRECCION X-X	77%
DIRECCION Y-Y	71%
<b>PORCENTAJE DE DAÑO</b>	<b>70% REDUCIDO</b>

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Con los resultados conseguidos luego de haber realizado la investigación correspondiente y apoyándonos de los antecedentes obtenidos, tanto en las normativas nacionales e internacional y cálculos tanto en el diseño de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo, se definió lo siguiente:

1. Respecto a la Hipótesis general: Que con respecto a los aisladores elastomericos con núcleo de plomo, estas mencionadas reducen los daños sísmicos entre un 65% a 75%, de esta manera, no sobre forzando a la superestructura de la edificación y permitiendo un comportamiento óptimo.
  
2. Sobre la primera Hipótesis especifica: Que el desplazamiento si influye en la reducción de daños sísmicos, ya que al incorporar aisladores elastomericos con núcleo de plomo por debajo de la superestructura, se redujo las distorsiones de entre piso (derivadas) entre un 80% a 90%, siendo esto muy favorables ya que se tiene una menor percepción del sismo en la superestructura.

3. Sobre la segunda Hipótesis específica: Que la rigidez si aporta en la reducción de daños sísmicos, ya que al incorporar aisladores elastomericos con núcleo de plomo por debajo de la superestructura, se redujo las fuerzas cortantes en la base en un 60% a 70%, teniendo resultados favorable en los elementos estructurales de la superestructura ya que tendrán mayor capacidad de resistencia sísmica.
  
4. Sobre la tercera Hipótesis específica: Que el amortiguamiento si contribuye en la reducción de daños sísmicos, ya que al incorporar aisladores elastomericos con núcleo de plomo por debajo de la superestructura, redujo la aceleración de un 70% a 80%, esto permitiendo un menor daño en los contenidos de la edificación.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de la presente tesis titulada “Aisladores elastomericos con núcleo de plomo en la reducción de daños sísmicos en edificaciones esenciales, Surco-Lima” se explica las siguientes conclusiones:

1. Se concluye que al incorporar los aisladores elastomericos con núcleo de plomo en las edificaciones esenciales se tiene un buen comportamiento estructural, ya que los sistemas de protección sísmica absorben la energía del sismo, esto teniendo como consecuencia en la superestructura, con respecto a los daños estructurales la reducción de un 67% y Con respecto a los daños en contenidos la reducción en un 74%, todo esto con respecto a una edificación convencional, constatando así que es muy beneficioso contar con estos sistemas protección sísmica en casos de edificaciones construidas a base de normativas antiguas, siendo estas fundamentales para eliminar las irregularidades que pudiese presentar por parte a los parámetros actualizados en la normativa sismorresistente vigente, por último, la aplicación de aisladores elastomericos con núcleo de plomo reducen los daños sísmicos en un 70% con respecto a esta edificación convencional que se investigó, siendo esto de gran importancia ya que permitirá la continuidad en las actividades de esta edificación mencionada y brindara seguridad a la población que disponga de este centro de salud.

2. Se determinó que el desplazamiento si influye en la reducción de los daños sísmicos ya que, al determinar el desplazamiento máximo total de 32.245 cm en el aislador, se obtuvo como resultado la reducción de derivas en la superestructura en un 89% en la dirección X-X y una reducción de 88% en la dirección Y-Y, otorgándole a la estructura mayor ductilidad con la finalidad de que la superestructura pueda comportarse de manera adecuada durante un evento sísmico y resolviendo problemas de torsión.
  
3. La rigidez aporta en la reducción de los daños sísmicos positivamente, ya que al calcular este parámetro de la rigidez efectiva se obtuvo resultados menores a 4.878 KN/mm por aislador de un total de 65 unidades, esto teniendo como resultado del sistema de aislación una rigidez de 252.53 KN/mm en la dirección X-X y 217.38 KN/mm en la dirección Y-Y, mejorando de esta manera en la superestructura con la reducción de la fuerza cortante basal en la dirección X-X en un 66% y en la dirección Y-Y en un 71%, de esta manera no comprometiendo a la superestructura con las fuerzas proporcionadas por el sismo y dotándolas de resistencia requerida a las estructuras verticales.
  
4. El amortiguamiento si contribuye en los daños sísmicos, ya que se obtuvo el amortiguamiento efectivo con valor de 15%, indicándonos la energía sísmica disipada en la estructura, esta a su vez permitiéndonos una reducción de la aceleración en la dirección X-X en un 77% y en la dirección Y-Y en un 71%, siendo este resultado muy beneficioso para los contenidos de alto costo que tiene la edificación de tipo esencial.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para obtener un comportamiento óptimo en la estructura de categoría esencial, primeramente, se debe analizar bajo los parámetros de la normativa nacional E-030 de diseño sismorresistente, para luego adaptar el sistema de aislamiento correspondiente en base a los requerimientos que demanda la norma americana ASCE 7-10 y de esta manera asegurar que la estructura en evaluación pueda reducir los daños sísmicos que pueda solicitar.
2. Se recomienda que se realice una distribución adecuada de los aisladores de tal forma que el centro de masa y el centro de rigidez lleguen a coincidir lo más cerca posible, esto con el fin de evitar irregularidades de torsión que pueda experimentar la estructura.
3. Se sugiere que, para obtener resultados enfocados a nuestra realidad territorial, se promulgue una normativa para edificaciones con aislación sísmica.
4. Se sugiere implementar temas referidos a la rehabilitación con aislación sísmica en las universidades, ya que de esta manera se podrá incentivar a la investigación a estos temas que son importantes en la ingeniería estructural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alisson Kimberly Reina Flores, «Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura», Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017.
- [2] Erick Jose Trujillo Benito, «Diseño integral de estructura con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado», Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2017.
- [3] Medina Mamani Gerson Manuel y Choque Ccallomamani Julia Tania, «Análisis comparativo y diseño en concreto armado de un edificio de 6 niveles con un sótano con aisladores elastomericos con núcleo de plomo», Universidad Nacional San Agustin, Arequipa, 2017.
- [4] Br.Naxalia Amanda Perez Zamora y Br.Maria Jose Vasquez Ortega, «Diseño de aisladores sísmicos de base para edificio de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado», Universidad Centro Americana, Nicaragua, 2016.
- [5] Santiago Guyelmo Garcia, «Análisis comparativo del comportamiento estructural de un edificio de concreto reforzado con y sin aislamiento sísmico en la base», Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2017.
- [6] Daniela Wagner, «Aislamiento sísmico en edificios prefabricados en la zona de transición de la ciudad de México», Universidad nacional autónoma de México, México, 2017.
- [7] Arquíñiva Molina Jorge Luis y Cabello Chacon Yuliza Evelin, «Análisis y diseño estructural comparativo con y sin aisladores sísmicos de una edificación de 8 niveles en el distrito de el tambo, Huancayo -2017», Universidad Peruana los Andes, Huancayo, 2017.

- [8] A. R. J. C. Korswagen Eguren Paul Alexander, Huaranga Huamani Pamela Grace, y Arias Ricse Julio Cesar, «Análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú», Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2012.
- [9] R.Aguilar ,J.L Almazan , P.Dechent , V.Suarez, Aisladores de base elastomericos y FPS, 1ra ed. Quito - Ecuador, 2008.
- [10] Ayrtón Edgardo Chuman Bermeo, «Análisis y diseño estructural comparativo de una edificación de quince niveles con y sin aisladores sísmicos elastomericos con núcleo de plomo», Universidad San Martín de Porres, Lima, 2017.
- [11] Melanio Luque Ytusaca, «Evaluación del desempeño estructural con sistemas de aislamiento de base para el edificio 15 niveles de la ciudad Universitaria de Puno», Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2016.
- [12] Michael Leyton Bradley, «Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima , Perú», Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017.
- [13] «Vulnerabilidad y daño sísmico: concepto y evaluación».
- [14] Ministerio de Salud, «Norma Técnica de Salud "Categorías de establecimiento del sector salud "». 2011.
- [15] Molleja Yulianis, «deformación elásticas», Ojeda, 2017.

- [16] ASCE7-10, «requisitos de diseño sísmico para estructuras aisladas ante sismos».
- [17] Victor Cecilio , Jose Alberto Escobar Sanchez, «comportamiento inelástico de estructuras de manosteria confinada diseñadas empleando un requisito complementario de diseño por torsión sísmica», jalisco, 2014.
- [18] Enrique Bazan y Roberto Meli, Diseño sísmico de edificios. México, 2003.
- [19] Cervera Ruiz Miguel, Elena Blanco Diaz, Resistencia de materiales. España, 2015.
- [20] Fernandez Betances María, «Influencia del comportamiento por ductilidad en el corte estructural de edificios sometidos a la acción sísmica», Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2017.
- [21] Roberto Imaz Gutiérrez, «resistencia de materiales», Universidad de Cantabria, Esfuerzo Cortante.
- [22] FIP industriales, «Aisladores Elastomericos de caucho y plomo serie LRB», p. 3, setiembre-2016.
- [23] Ezequiel Ander, Aprende a Investigar " Nociones Básicas para la Investigación ", Primera Edición. Argentina: Editorial Brujas, 2011.
- [24] Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, 6ta ed. México, 2014.

# **ANEXOS**

**ANEXO N°1**  
**MATRIZ DE**  
**CONSISTENCIA**

ANEXOS

AISLADORES ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE PLOMO EN LA REDUCCION DE DAÑOS SISMICOS EN EDIFICACIONES ESENCIALES, SURCO-LIMA						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES			METODOLOGIA
			VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	Independiente: Aisladores elastomericos con núcleo de plomo	Desplazamiento	I1: Desplazamiento máximo total	<b>1. Método de investigación:</b> Método científico <b>2. Enfoque:</b> Cuantitativo <b>3. Diseño de investigación</b> Experimental <b>4. Tipo de Investigación:</b> Aplicativa <b>5. Nivel de investigación:</b> Descriptiva-Comparativa -Explicativa <b>6. Población:</b> Edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco <b>7. Muestra:</b> edificación de tipo esencial de cuatro niveles con Categoría II-2 de concreto armado <b>8. Técnica de recolección de datos:</b> Se empleo como técnica de recopilación de información la observación estructurada. <b>9. Instrumentos:</b> Planos, Memoria descriptiva, Estudio de suelos, Norma técnica peruana E-030 diseño sismorresistente, Norma ASCE, Programa ETABS
¿Cuáles serán los resultados con la aplicación de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019?	Determinar los resultados con la aplicación de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019.	La aplicación de los aisladores elastomericos con núcleo de plomo reducen los daños sísmicos para las edificaciones esenciales del distrito de Santiago de Surco, Lima-2019			I2: Espectro de respuesta (SM1)	
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICOS</b>	Dependiente: Daños sísmicos	Rigidez	I1: Carga axial	
¿De qué manera influye el desplazamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales?	Determinar de qué manera influye el desplazamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.	El desplazamiento influye en la reducción de los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.			I2: Rigidez efectiva	
¿De qué manera aporta la rigidez frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales?	Determinar de qué manera aporta la rigidez frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.	La rigidez aporta en la reducción de los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.	Daños estructurales	Amortiguamiento	I1: Amortiguamiento efectivo	
¿De qué manera contribuye el amortiguamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales?	Determinar de qué manera contribuye el amortiguamiento frente a los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.	El amortiguamiento contribuye en la reducción de los daños sísmicos para las edificaciones esenciales.			I1: Rigidez de por piso	
					I2: Fuerza cortante en la base	
					I3: Derivas de entre piso	
					I4: Irregularidad torsional	
				Daños en contenidos	I1: Aceleración	
					I2: Periodo fundamental	

**ANEXO N°2**  
**RESULTADOS DE**  
**SUELOS**

**INFORME FINAL  
ESTUDIO DE SUELOS**

AV. EL POLO N°570, MZ. C, LOTE 13

**SANTIAGO DE SURCO  
LIMA**



## Índice

	Resumen y conclusiones
1.0	Alcances del estudio
2.0	Estructuras previstas
3.0	Características del terreno
3.1	Ubicación
3.2	Descripción del lugar
4.0	Trabajos efectuados
4.1	Exploración de campo
4.2	Ensayos de laboratorio
5.0	Características del subsuelo
5.1	Perfil del suelo
5.2	Nivel freático
6.0	Recomendaciones para la cimentación
6.1	Profundidad de cimentación
6.2	Presión admisible
7.0	Efectos de sismo
8.0	Recomendaciones y parámetros para las calzaduras
9.0	Agresividad de las sales del subsuelo
	Bibliografía
	Plano de ubicación de calicatas
	Perfiles de suelos
	Resultados de análisis de laboratorio
	Fotografías

## Resumen y Conclusiones

El presente Informe comprende el Estudio de Suelos requerido para determinar las condiciones de cimentación del terreno ubicado en Av. El Polo N°570, Mz. C, Lote 13, Santiago de Surco, Lima.

El terreno estudiado presenta un relieve relativamente plano. El programa de exploración de campo llevado a cabo comprendió tres calicatas cuyas profundidades llegaron hasta los 6.00 metros.

El perfil del suelo registrado en las calicatas efectuadas está conformado por: Una capa superior de relleno variable entre 1.10 m y 1.80 m de profundidad, compuesto por limo arcilloso con restos de materiales de construcción. Por debajo del relleno superficial y hasta una profundidad de 3.50 m se encontró grava mal graduada (GP) con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 8". Por debajo de la grava y hasta una profundidad de 4.20 m se encontró limo medianamente compacto. De 4.20 a 4.70 m de profundidad se encontró arena con grava mal graduada (GP) medianamente densa. Por debajo de la misma y hasta la máxima profundidad, se encontró grava con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 10".

En las calicatas efectuadas no se detectó el nivel de la napa freática.

La profundidad de cimentación debe ser por lo menos 2.20 m de profundidad, respecto al nivel de la superficie original del terreno.

Deberán usarse falsas zapatas de concreto ciclópeo que lleguen hasta los 4.70m de profundidad de forma que la fundación se apoye directamente sobre el estrato de grava.

En todos los casos deberá verificarse durante las excavaciones para la cimentación que se sobrepasen las capas superiores hasta penetrar en el estrato de grava por lo menos 20cm.

Teniendo en cuenta la densidad relativa de los suelos dentro de la profundidad activa de cimentación, se ha considerado para fines de cálculo una presión admisible igual a 4.00 Kg. /cm<sup>2</sup>.

De acuerdo con las Normas Peruanas de Diseño Sismo-Resistente, el suelo de cimentación se clasifica en este caso como Tipo S1, le corresponde un Factor de Sismo de 1.0 y un Período Predominante de 0.4 seg.

Teniendo en cuenta los resultados de los análisis químicos no se considera necesario tomar precauciones específicas respecto a la agresividad de sales y sulfatos en el concreto.

**Miguel Ángel Lanza Herrera**  
CIP 47928

GMN Proyectos

---

Calle 3, N° 223, Of. 201, Urb. Jacarandá II, San Borja 792 58 60 - 999 043 111-117\*74 91

# Informe

## **1.0 ALCANCES DEL ESTUDIO**

En este Informe se presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas en el Estudio de Suelos llevado a cabo con la finalidad de verificar la información requerida para el diseño de las estructuras de cimentación de la edificación a construir en el terreno.

## **2.0 ESTRUCTURAS PREVISTAS**

Se ha previsto construir una edificación de concreto armado que transmitirá sus cargas al suelo por medio de zapatas.

## **3.0 CARACTERISTICAS DEL TERRENO**

### **3.1 Ubicación**

El lugar donde se construirá la edificación se encuentra ubicado en Av. El Polo N°570, Mz. c, Lote 13, Santiago de Surco, Lima.

### **3.2 Descripción del Lugar**

El área estudiada es un terreno aledaño a una vía asfaltada, en las inmediaciones existen viviendas construidas con concreto armado. La ubicación de las calicatas fue seleccionada de tal manera que las excavaciones manuales queden ubicadas en lugares representativos de apoyo para las estructuras de la edificación. El relieve del terreno es relativamente plano.

## **4.0 TRABAJOS EFECTUADOS**

### **4.1 Exploración de Campo**

El programa de exploración de campo llevado a cabo comprendió tres calicatas cuyas profundidades llegaron hasta los 6.00 metros.

El perfilaje de las excavaciones fue minucioso e incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la

extracción de una muestra representativa del suelo, la cual fue remitida al laboratorio para su verificación y análisis.

#### **4.2 Ensayos de Laboratorio**

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de todas las muestras obtenidas y se escogieron muestras representativas para ejecutar con ellas los siguientes ensayos:

- Contenido de Sulfatos Solubles
- Granulometría y clasificación

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM respectivas y con los resultados obtenidos se procedió a efectuar una comparación con las características de los suelos obtenidas en el campo y las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario para obtener los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan.

En el presente informe se adjuntan los resultados de los ensayos de laboratorio respectivos.

### **5.0 CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO**

#### **5.1 Perfil del suelo**

El perfil del suelo registrado en las calicatas efectuadas está conformado por: Una capa superior de relleno variable entre 1.10 m y 1.80 m de profundidad, compuesto por limo arcilloso con restos de materiales de construcción. Por debajo del relleno superficial y hasta una profundidad de 3.50 m se encontró grava mal graduada (GP) con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 8". Por debajo de la grava y hasta una profundidad de 4.20 m se encontró limo medianamente compacto. De 4.20 a 4.70 m de profundidad se encontró arena con grava mal graduada (GP) medianamente densa. Por debajo de la misma y hasta la máxima profundidad, se encontró grava con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 10".

#### **5.2 Nivel Freático**

En las calicatas efectuadas no se detectó el nivel de la napa freática.

## **6.0 RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN**

### **6.1 Profundidad de cimentación**

La profundidad de cimentación debe ser por lo menos 2.20 m de profundidad, respecto al nivel de la superficie original del terreno.

Deberán usarse falsas zapatas de concreto ciclópeo que lleguen hasta los 4.70m de profundidad de forma que la fundación se apoye directamente sobre el estrato de grava.

En todos los casos deberá verificarse durante las excavaciones para la cimentación que se sobrepasen las capas superiores hasta penetrar en el estrato de grava por lo menos 20cm.

### **6.2 Presión admisible**

El suelo que se encuentra dentro de la profundidad activa de cimentación es grava. En los ensayos de penetración con este tipo de materiales, ya sean ensayos estándar o auscultaciones, los cuales se utilizan para calcular la presión admisible en suelos no cohesivos, se obtienen valores muy altos y se producen rechazos a poca profundidad por la presencia de piedras y bolones redondeados. Estos valores por tanto, no son representativos.

En estos casos para la determinación de la presión admisible debe considerarse la información de la densidad relativa de los suelos registrada en las calicatas.

Según Terzaghi, Peck, Mesri, en condiciones normales la presión admisible en suelos granulares se encuentra controlada por asentamientos y el análisis de estabilidad (falla por corte), para determinar si cumplen los requerimientos de seguridad (factor de seguridad mayor de 3), es necesario solo cuando se presentan simultáneamente las tres condiciones siguientes.

- a) Que la cimentación se apoye directamente sobre arena suelta a nivel de la napa freática o por debajo de ésta.
- b) Que el ancho de los cimientos sea menor que 1.5 m.
- c) Que la profundidad de cimentación sea menor que el ancho de los cimientos.

En el presente caso, no se dan esas condiciones simultáneamente, por lo que se puede afirmar que el factor de seguridad por esfuerzo cortante será mayor de 3 y su verificación es innecesaria.

La presión admisible por asentamientos es función del ancho de cimentación (B), del asentamiento máximo permisible, de la posición de la napa freática y de

la densidad relativa de los suelos dentro de la profundidad activa ( $D_r$ ), la cual se puede cuantificar con los valores de  $N$  resultantes del ensayo de penetración estándar.

Teniendo en cuenta la densidad relativa de las grava arenosas registradas en las calicatas, se ha considerado para fines del cálculo en todo el terreno un valor de  $N$  promedio representativo superior a 23, por lo tanto, en el presente caso para determinar la presión admisible de diseño deberá considerarse la densidad relativa de los suelos registrada en las calicatas excavadas, obteniéndose una presión admisible  $q_a$  igual a 4.00 Kg/cm<sup>2</sup>, al reemplazar los valores en la expresión de Terzaghi, Peck, Mesri:

$$q_a = \frac{0.096 (N_{60})^{1.4} f_{\delta} f_{NF} f_F}{B^{0.75}}$$

Dónde:

$$N_{60} = N f_1 f_d$$

$f_1 = 0.75$  Factor de corrección por longitud de barras de ensayo SPT

$f_d = 1$  Factor de corrección por diámetro de barras de ensayo SPT

$f_{\delta} = 1$  Factor de corrección por asentamiento

$f_{NF} = 1$  Factor de corrección por napa

$f_F = 1$  Factor de corrección por forma

$B = 1.50$  Ancho en m. considerado para determinar el valor de  $N$  representativo

## 7.0 EFECTOS DE SISMO

Los suelos que se encontraron dentro de la profundidad activa de cimentación en el presente caso no son susceptibles de sufrir cambios bruscos en sus propiedades físicas y mecánicas debido a vibraciones violentas, por lo que se recomienda calcular las fuerzas sísmicas en la forma usual y recomendada en las Normas Peruanas de Diseño Sismo Resistente (3)\*\*.

---

\*\* Los números entre paréntesis indican las referencias bibliográficas.

De acuerdo con las Normas Peruanas de Diseño Sismo-Resistente, el suelo de cimentación se clasifica en este caso como Tipo S1, le corresponde un Factor de Sismo de 1.0 y un Período Predominante de 0.4 seg.

## **8.0 RECOMENDACIONES Y PARÁMETROS PARA LAS CALZADURAS**

Consideraciones relevantes que se desprenden del estudio de suelos y que deberán tenerse en cuenta en el proyecto de calzaduras y su ejecución:

El peso unitario de la grava medianamente densa es de 2.00 Ton/m<sup>3</sup>, este valor está acorde con la densidad relativa encontrada en el suelo.

El ángulo de fricción interna para gravas con la densidad hallada en las calicatas es de 36°. El ángulo de corte de las calicatas ha sido de 90 grados. Para estos valores, se obtiene:

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) = 0.26$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = 3.85$$

$$K_o = 1 - \text{Sen } \phi = 0.41$$

No se ha encontrado humedad apreciable en la grava. Las calzaduras a utilizarse deben asegurar la estabilidad de las excavaciones y elegirse con criterios de viabilidad constructiva, a partir de aspectos operativos propios del desarrollo de las obras. En este sentido se pueden adelantar algunos planteamientos:

El sistema de calzaduras habitual puede funcionar bien en excavaciones con una profundidad de hasta 5 m. Para profundidades mayores el sistema de puntales funciona bien, sin embargo, puede llegar a ser necesario el sistema de anclajes en el caso de existir construcciones colindantes con cargas elevadas. El sistema que se elija deberá responder fundamentalmente a criterios de estabilidad, a partir de las cargas transmitidas, considerando que el perímetro del terreno está rodeado por áreas edificadas.

En el caso de excavaciones de hasta 5 m de profundidad se recomienda que los piques a excavar tengan un ancho de 1.00 a 1.50 m como máximo, alternándose las excavaciones, de manera que entre pique y pique queden como mínimo dos piques sin excavar.

## **9.0 AGRESIVIDAD DE LAS SALES DEL SUBSUELO**

El contenido de sulfatos solubles del suelo determinado mediante análisis químicos de laboratorio en una muestra representativa es inferior a 1000 p.p.m. Según el Concrete Manual y las Normas Técnicas de Edificación Peruanas, cuando este contenido es menor que 1,000 p.p.m. el ataque de los sulfatos del suelo al concreto es despreciable, cuando esta comprendido entre 1,000 y 2,000 p.p.m. es positivo, y cuando dicho contenido es mayor que 2,000 p.p.m. el ataque es considerable.

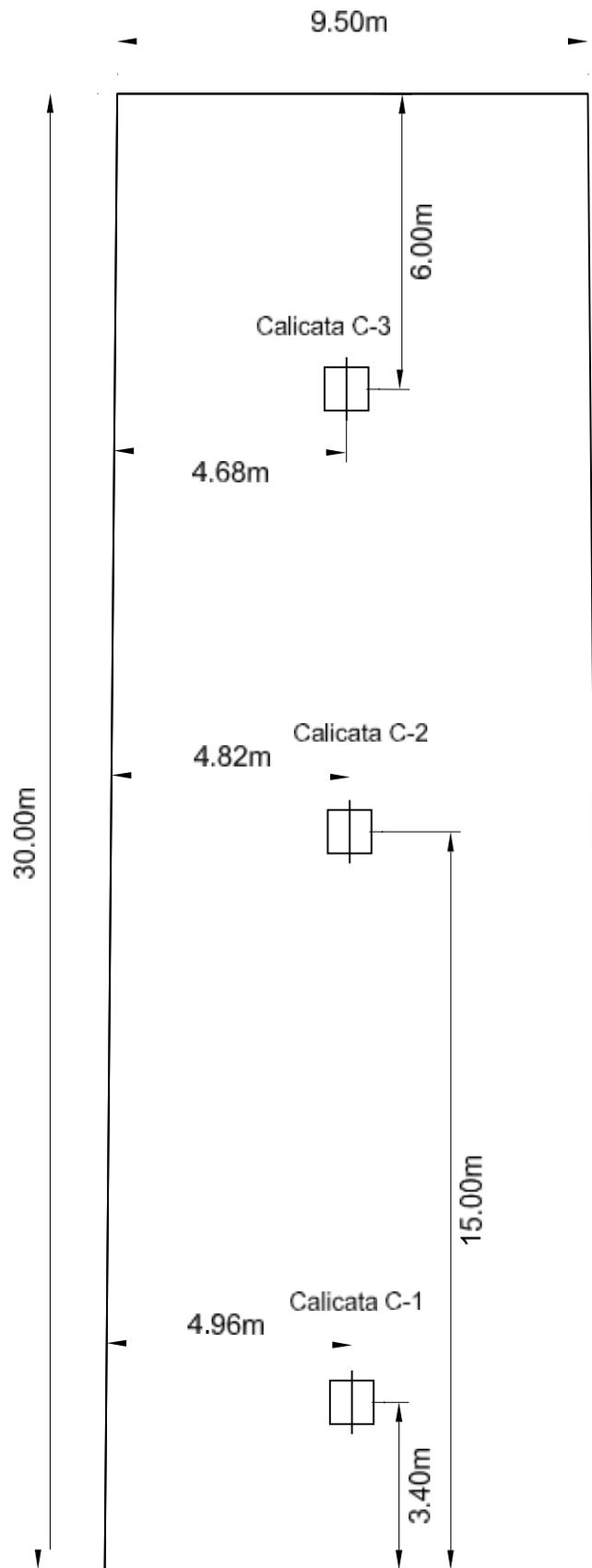
Teniendo en cuenta la cantidad de sales solubles totales registradas en el laboratorio no se considera necesario tomar precauciones especiales al respecto.

**Miguel Ángel Lanza Herrera**

CIP 47928

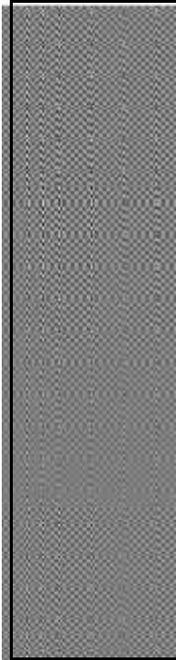
## BIBLIOGRAFIA

- 1.- **“Soil Mechanics in Engineering Practice”**  
Third Edition  
Karl Terzagui, Ralph B. Peck y Gholamreza Mesri  
John Wiley & Sons, Inc.  
United States of America, 1996
  
- 2.- **“Foundation Engineering”**  
G. A. Leonards  
Mac Grill – Hill Book Company  
New York, 1962
  
- 3.- **“E.030 Diseño sismorresistente”**  
Norma Técnica de Edificación, Sencico  
Lima, 2003
  
- 4.- **“Concrete Manual”**  
Bureau of Reclamation  
United States Department of the Interior  
Washington, 1996
  
- 5.- **“E.060 Concreto Armado”**  
Norma Técnica de Edificación, Sencico  
Lima, 1990
  
- 6.- **“E.050 Suelos y Cimentaciones”**  
Norma Técnica de Edificación E-050, Sencico  
Lima, 1997

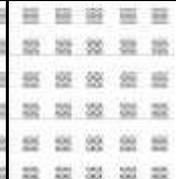
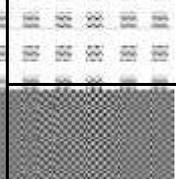
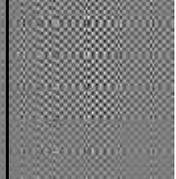
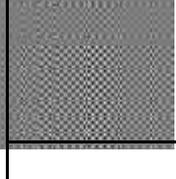
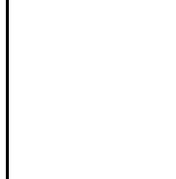


AV. MARISCAL RAMON CASTILLA

UBICACIÓN DE CALICATAS  
Medidas aproximadas

GMN PROYECTOS		PERFIL DEL SUELO	
PROYECTO: EDIFICACIÓN		SONDAJE: C - 1	
UBICACIÓN: SANTIAGO DE SURCO		TIPO: Calicata	
Cotas : Referencia:		Registrado: MLH	
Superficie:		Fecha: Enero 2003	
Nivel freático:			
Prof. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
0.50			De 0.00 a 1.10 m de profundidad: Relleno compuesto por limo arcilloso con restos de materiales de construcción.
1.00			
1.50			De 1.10 a 3.00 m de profundidad: grava mal graduada (GP) con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 8".
2.00			
2.50			
3.00			
3.50			
4.00			
	Muestra Alterada		Muestra en bloque
	Muestra Inalterada		Muestra de agua

GMN PROYECTOS		PERFIL DEL SUELO	
PROYECTO: EDIFICACIÓN		SONDAJE: C - 2	
UBICACIÓN: SANTIAGO DE SURCO		TIPO: Calicata	
Cotas : Referencia:		Registrado: MLH	
Superficie:		Fecha: Enero 2003	
Nivel freático:			
Prof. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
0.50			De 0.00 a 1.40 m de profundidad: Relleno compuesto por limo arcilloso con restos de materiales de construcción.
1.00			
1.50			De 1.40 a 3.50 m de profundidad: grava mal graduada (GP) con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 8".
2.00			
3.00			
4.00			De 3.50 a 4.20 m de profundidad: limo medianamente compacto.
5.00			De 4.20 a 4.70 m de profundidad: arena con grava medianamente densa.
6.00			De 4.70 a 6.00 m de profundidad: grava mal graduada (GP) con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 10".
	Muestra Alterada		Muestra en bloque
	Muestra Inalterada		Muestra de agua

GMN PROYECTOS		PERFIL DEL SUELO	
PROYECTO: EDIFICACIÓN		SONDAJE: C - 3	
UBICACIÓN: SANTIAGO DE SURCO		TIPO: Calicata	
Cotas : Referencia:		Registrado: MLH	
Superficie:		Fecha: Enero 2003	
Nivel freático:			
Prof. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
0.50			De 0.00 a 1.80 m de profundidad: Relleno compuesto por limo arcilloso con restos de materiales de construcción.
1.00			
1.50			
2.00			De 1.10 a 3.00 m de profundidad: grava mal graduada (GP) con arena medianamente densa con contenido de piedras de un TM de 8".
2.50			
3.00			
3.50			
4.00			
	Muestra Alterada		Muestra en bloque
	Muestra Inalterada		Muestra de agua



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

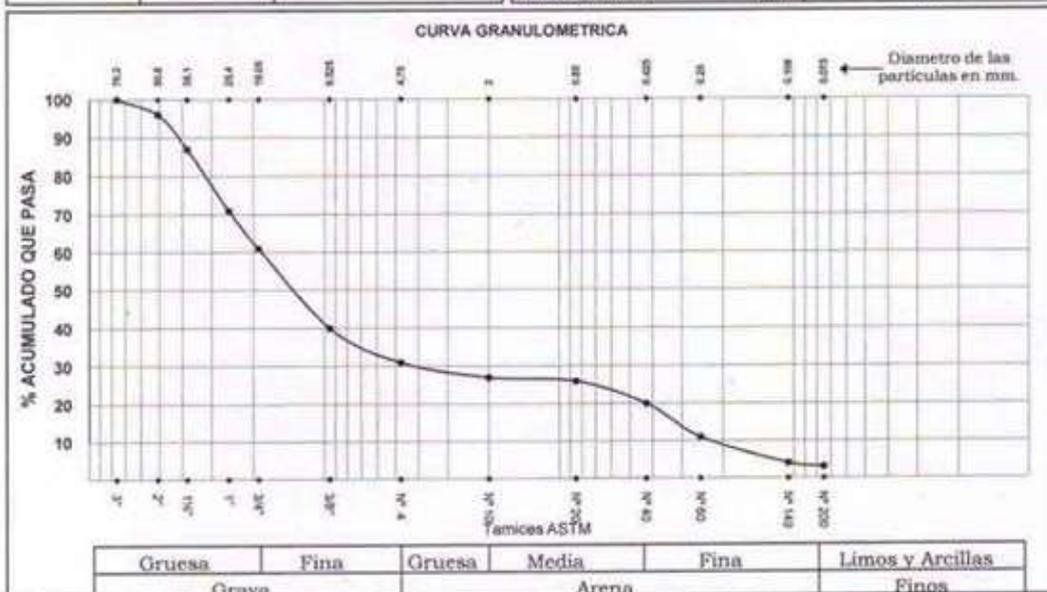
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DCR - 021/2003

Solicitante : ING. MIGUEL LANZA HERRERA  
 Proyecto : EDIFICACIÓN  
 Ubicación : SANTIAGO DE SURCO  
 Fecha : La Molina, 25 de enero de 2003

Calicata : C - 2  
 Muestra : MAB  
 Profundidad : 3.00 m.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	ASTM - D 427 / D 4318	
3"	76.20	100	Límite líquido (%)	NT
2"	50.80	96	Límite plástico (%)	NP
1 1/2"	38.10	87	Índice plástico (%)	-
1"	25.40	71	Límite de contracción (%)	-
3/4"	19.05	61	<b>Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282</b>	
3/8"	9.525	40	<b>Coefficiente de:</b>	
Nº 4	4.750	31	-Uniformidad	78.49
Nº 10	2.000	27	-Curvatura	4.07
Nº 20	0.850	26	<b>Material:</b>	
Nº 40	0.425	20	-Grava (%)	69
Nº 60	0.250	11	-Arena (%)	28
Nº 140	0.106	4	-Finos (%)	3
Nº 200	0.075	3	<b>Clasificación:</b>	
			-AASHTO	
			-SUCS	GP con arena
			<b>Nombre de grupo:</b>	
			<b>CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216</b>	
			Humedad natural (%)	3.65



NOTA: La Muestra ha Sido Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

Ing. Hermes Valdivia Aspuecua
   
 Jefe del Lab. De Mec. De Suelos



Vista exterior de calicata C-1



Calicata C-1



Vista exterior de calicata C-2



Calicata C-2



Vista exterior de calicata C-3

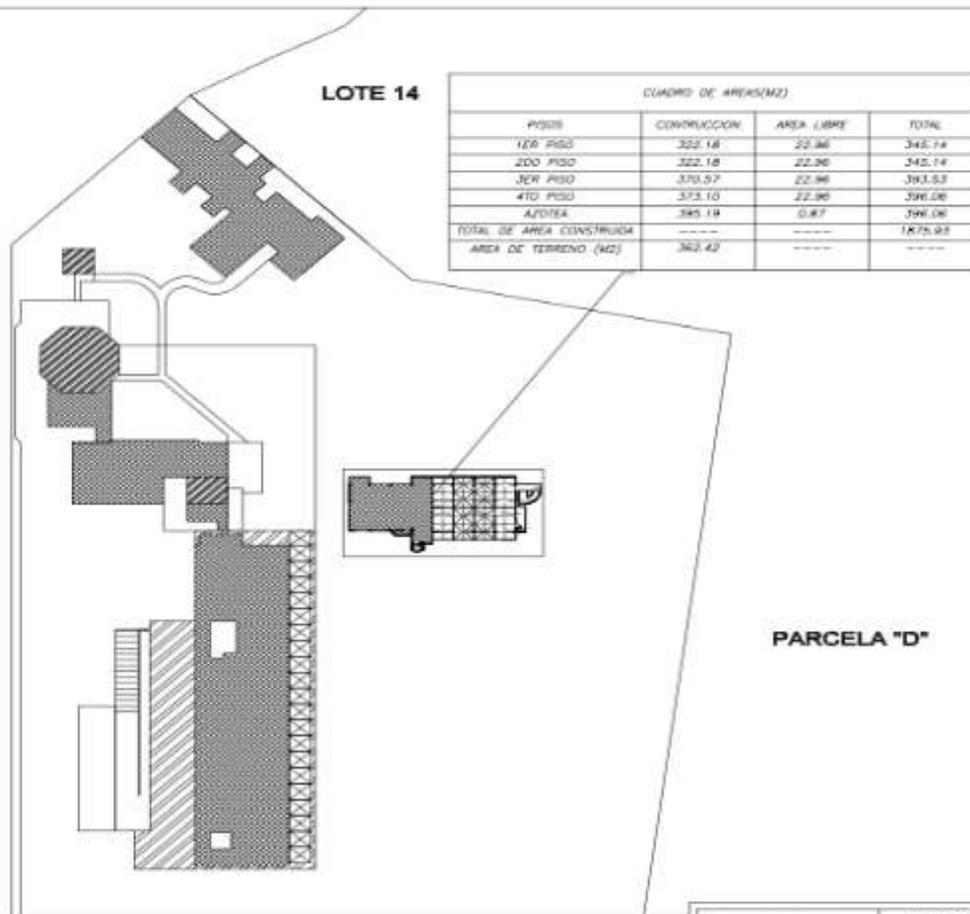


Calicata C-3

# **ANEXO N°3**

# **PLANOS**

CALLE. PADRE LUIS TEZZA

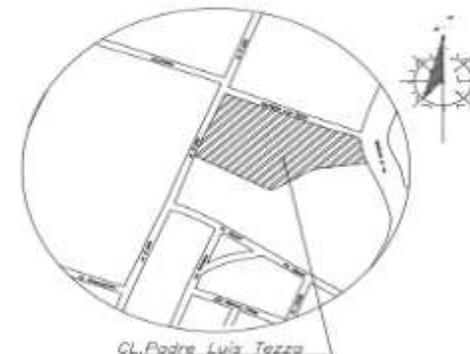


LOTE 14

CUADRO DE AREAS(M2)			
PISO	CONSTRUCCION	AREA LIBRE	TOTAL
1ER PISO	322.18	22.86	345.04
2DO PISO	322.18	22.86	345.04
3ER PISO	370.57	22.86	393.43
4TO PISO	373.10	22.86	395.96
AZOTEA	385.18	0.87	386.05
TOTAL DE AREA CONSTRUIDA	-----	-----	1875.98
AREA DE TERRENO (M2)	362.42	-----	-----

PARCELA "D"

AVENIDA EL POLO N°570



Cl. Padre Luis Tezza

**ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN**

ZONIFICACIÓN : H-3

ÁREAS DE ESTRUCTURACIÓN URBANA : III

DEPARTAMENTO : LIMA  
 PROVINCIA : LIMA  
 DISTRITO : SANTIAGO DE SURCO  
 URBANIZACIÓN : LOTIZACION SEMIRUSTICA LIMA POLO HUNT AND CLUD  
 NOMBRE DE LA VIA : AV. EL POLO  
 N° DEL INMUEBLE : N°570  
 MANZANA : C  
 LOTE : 13  
 SUBLOTE : —



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL

DISEÑO POR: **BADY ABELY ALEXIS PEREZ BARRERO**

DISEÑO DEPARTAMENTO: **CLINICA PADRE LUIS TEZZA**

DISTRITO: **SANTIAGO DE SURCO**

PLANO: **PLANO DE UBICACION**

ESPECIFICACION: **UBICACION**

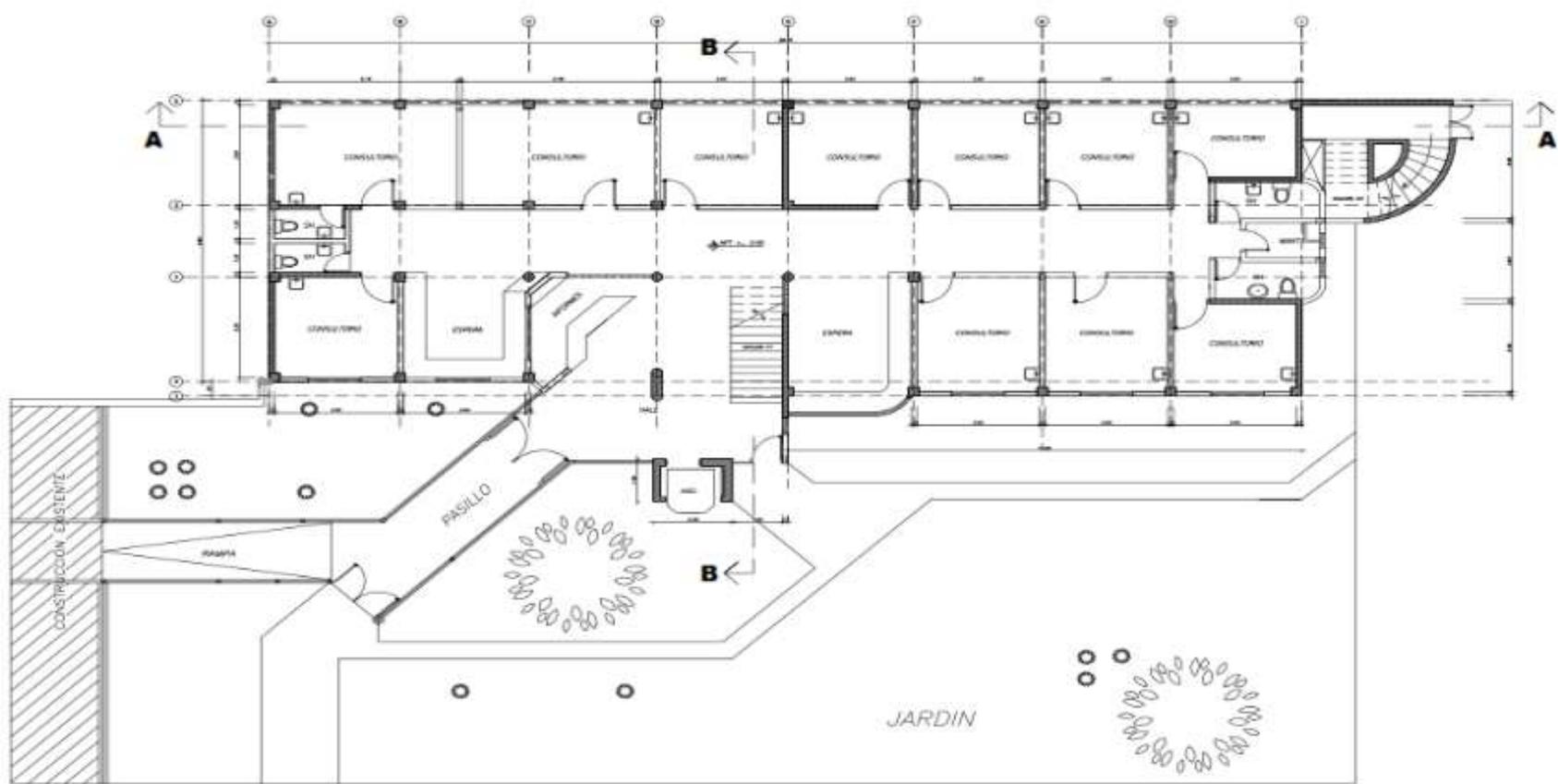
N° DE LAMINA:

**UB-1**

FECHA: **AGOSTO 2018**

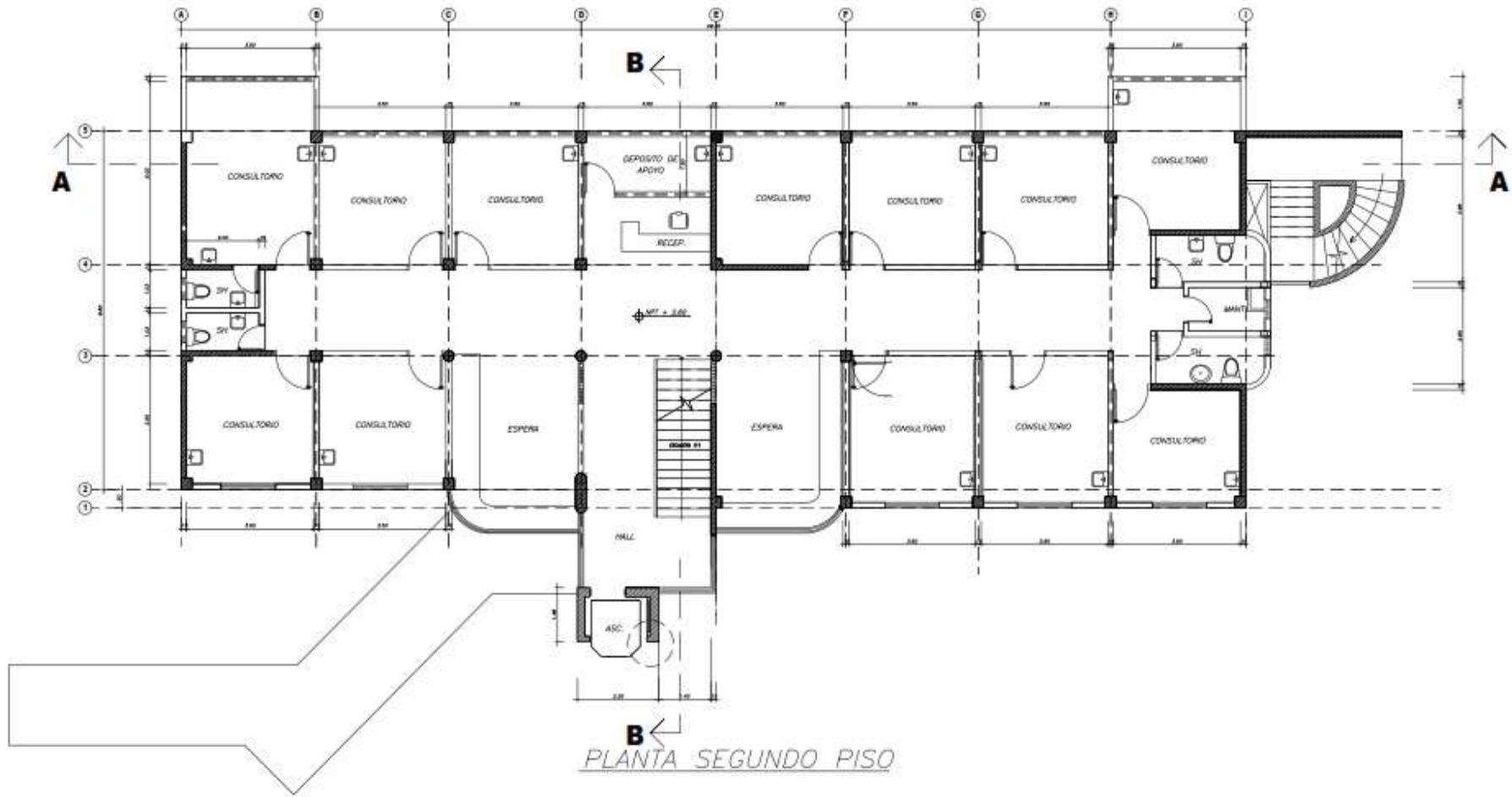
ESCALA: **1/50**



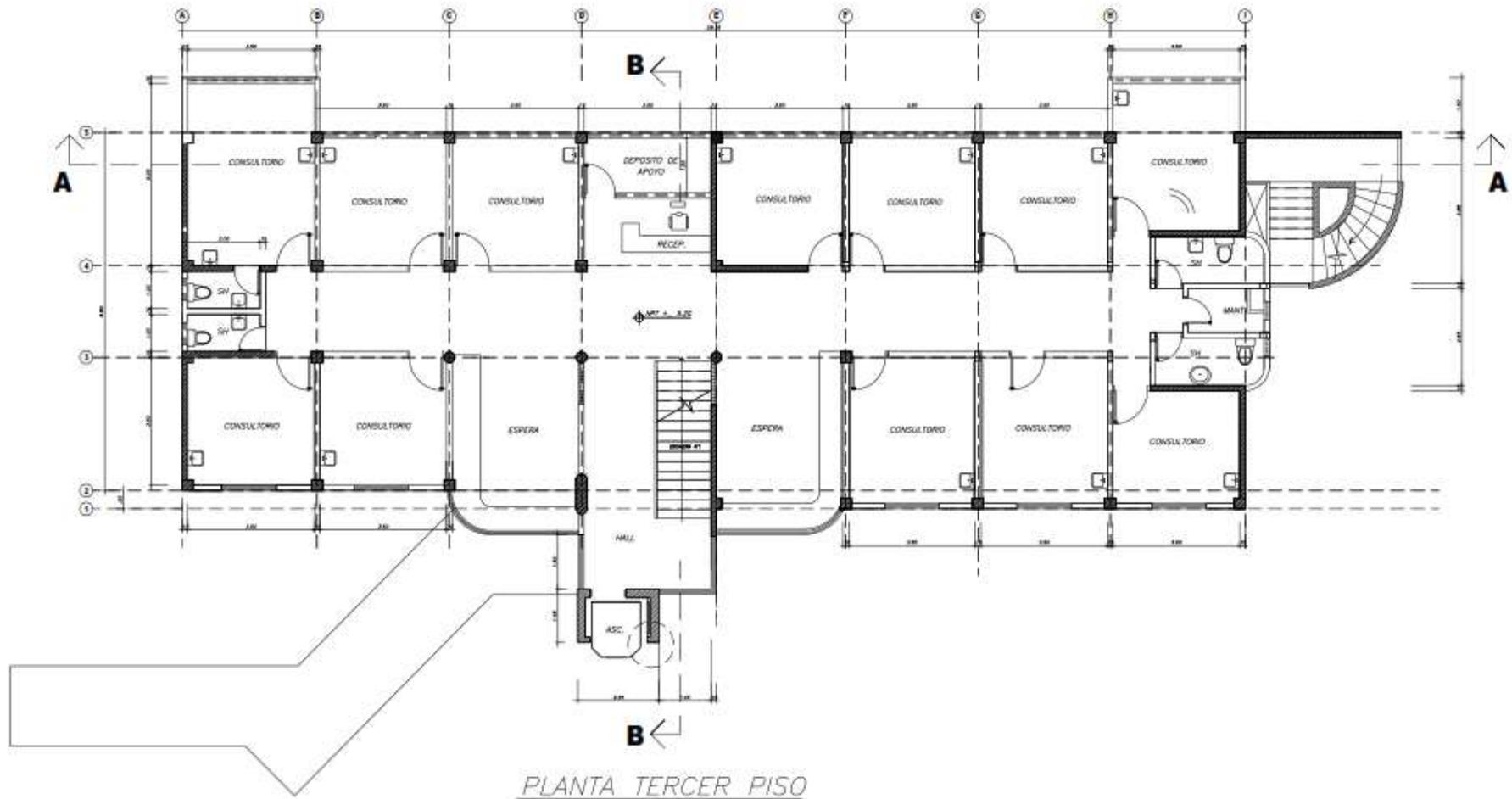


PLANTA PRIMER PISO

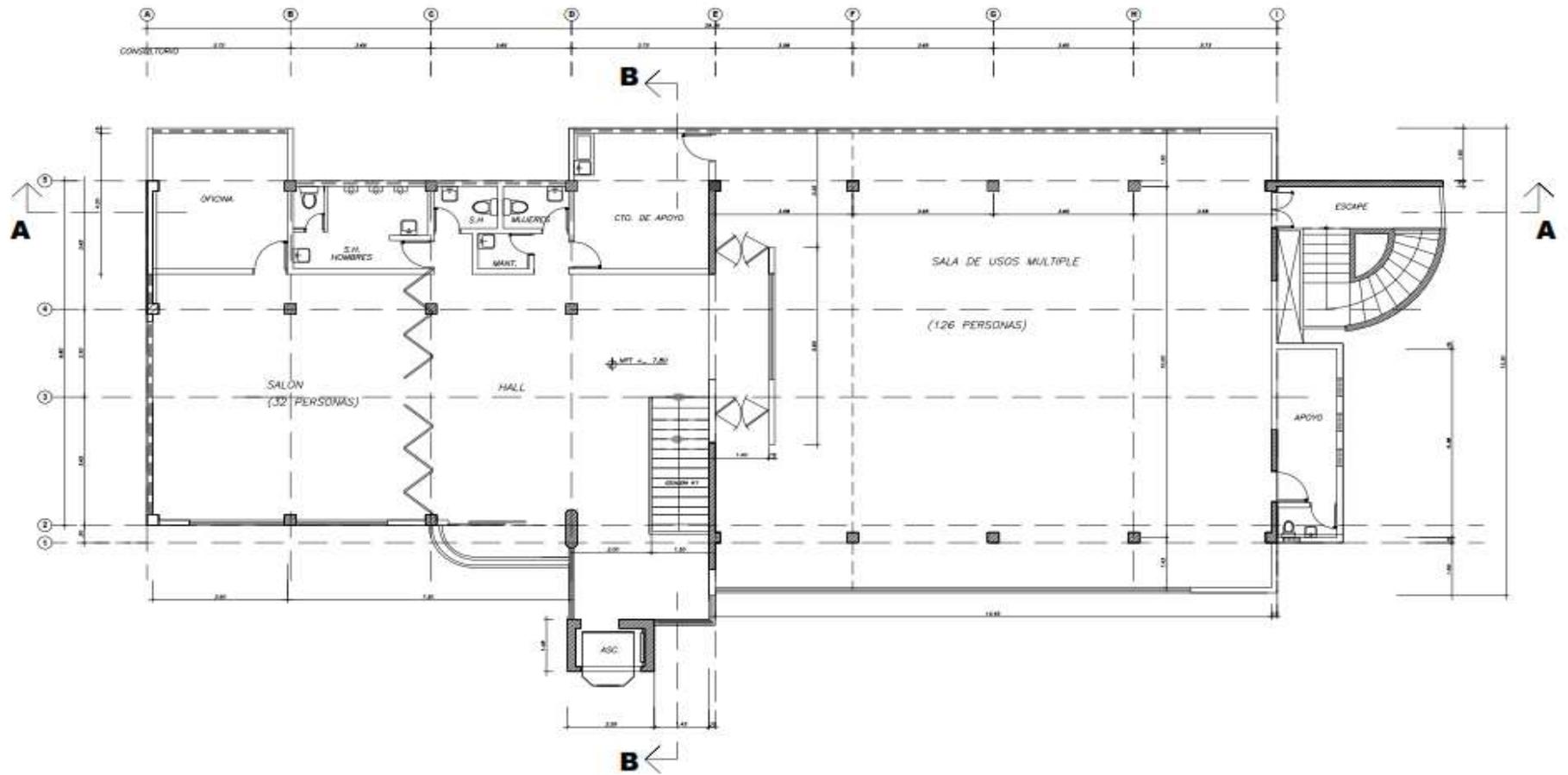
	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b>			
	FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL			
	DISEÑO POR: <b>ENRIQUE ALONSO PEREZ BARRITO</b>	N.º DE LÁMINA: <b>A-1</b>		
	DISEÑO DE: <b>OLINDA PADRE LUIS TESSA</b>			
	DISEÑO DE: <b>INGENIERIA DE DISEÑO</b>			
PLAN: <b>ARQUITECTURA 1ER NIVEL</b>				
MATERIA: <b>ARQUITECTURA</b>		FECHA: AGOSTO 2019	ESCALA: 1/20	



		<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b> FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL			
ELABORADO POR:		BACH. ABILY ALEX PEREZ BARRETO		N.º DE LÁMINA:	
ESTUDIO DEFINITIVO:		CLINICA PADRE LUIS TEZZA		<b>A-2</b>	
DISTRITO: SANTO DE SURCO					
PLANO:		ARQUITECTURA 2DO NIVEL		ESCALA: 1/50	
ESPECIALIDAD:		ARQUITECTURA		FECHA: AGOSTO 2019	

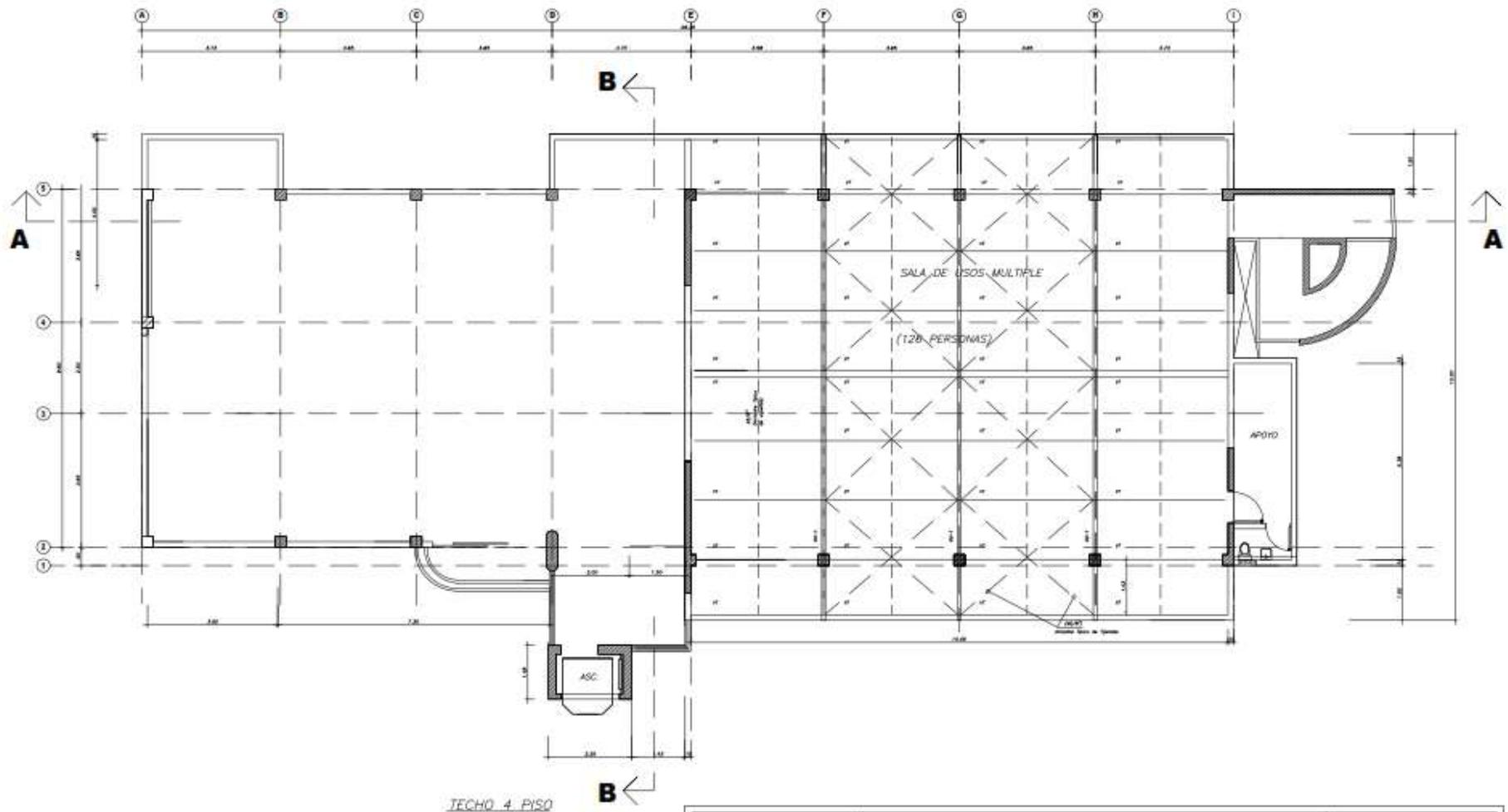


	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b>				
	FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL				
	ELABORADO POR:	<b>BADJ. ASHLY ALEXIS PEREZ BARRETO</b>	Nº DE LÁMINA:		<b>A-3</b>
	ESTUDIO DEFINITIVO:	<b>CLINICA PADRE LUIS TEZZA</b>	FECHA:		AGOSTO 2019
	DISTRITO: SANTIAGO DE SURCO	PLANO:	<b>ARQUITECTURA 300 NIVEL</b>		ESCALA: 1/50
ESPECIALIDAD:	<b>ARQUITECTURA</b>				



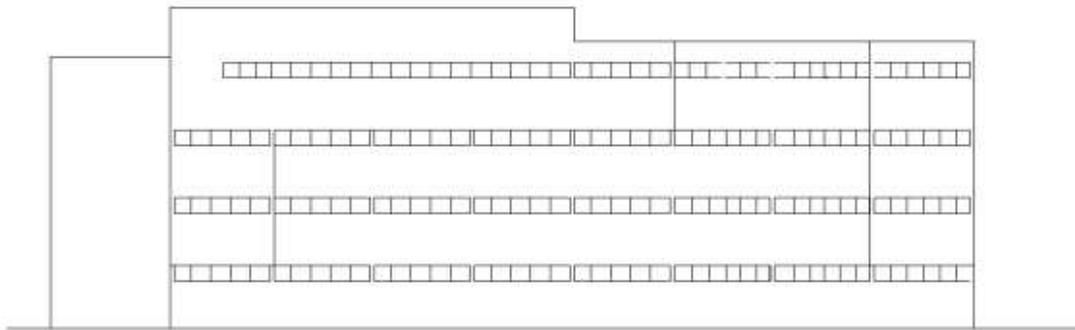
PLANTA CUARTO PISO

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b>			
	FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL			
	ELABORADO POR:	<b>RASHLY ALEXIS PEREZ BARRETO</b>		Nº DE LÁMINA:
	ESTUDIO SCRIBITIVO:	<b>CLINICA PADRE LUIS TEZZA</b>		<b>A-4</b>
	DISTRITO SANTIAGO DE SURCO			
PLANO:	<b>ARQUITECTURA 4TO NIVEL</b>			
ESPECIALIDAD:	<b>ARQUITECTURA</b>	FEDAT: A005TO 2019	ESCALA: 1/50	

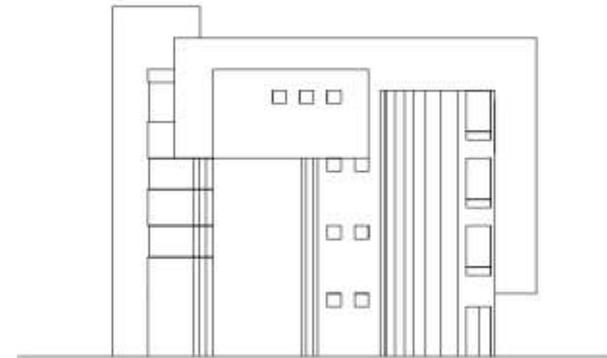


	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b>				
	FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL				
	ELABORADO POR:	BACH. ARIELY ALEXIS PEREZ BARRERO			N° DE LAMINA:
	ESTUDIO DEFINITIVO:	CLINICA PADRE LUIS TEZZA			<b>A-5</b>
	DISTRITO SANTIAGO DE SURCO	PLANO:			ARQUITECTURA TECHO
ESPECIALIDAD:	ARQUITECTURA	FECHA:	AGOSTO 2019	ESCALA:	1/50

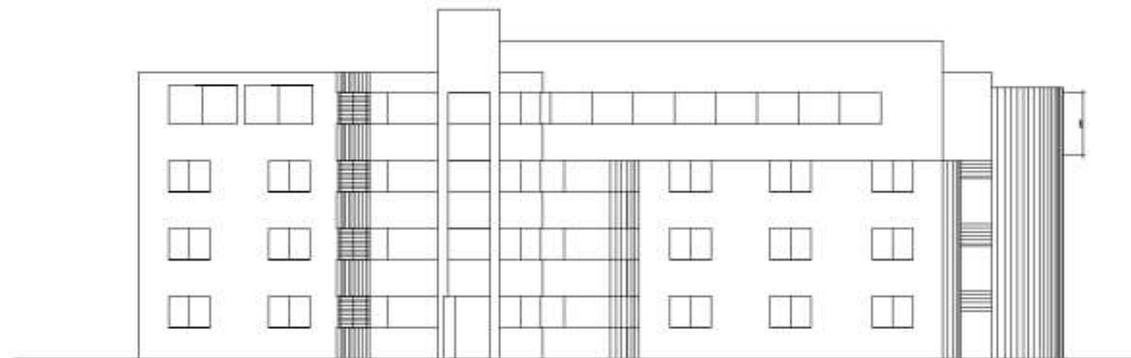




*ELEVACION POSTERIOR*

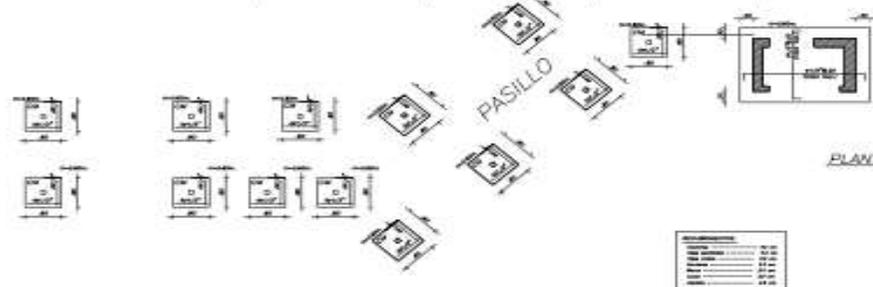
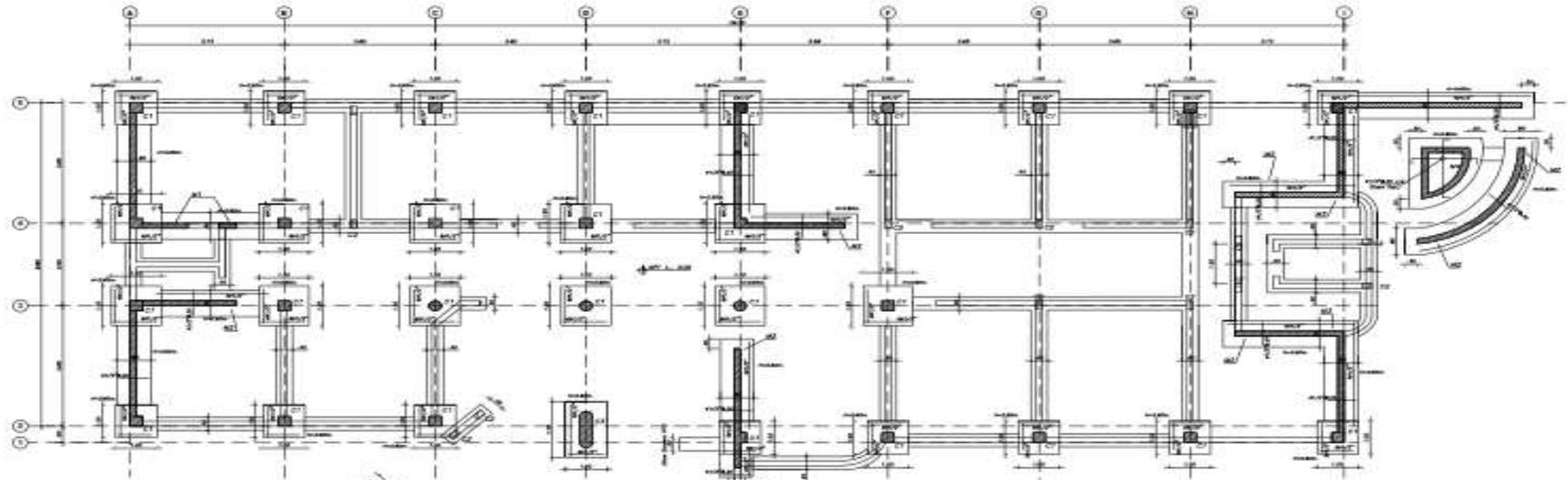


*ELEVACION LATERAL*



*ELEVACION FRONTAL*

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b> FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL			
	CLARIFICADO POR <b>SASH. ASHLY ALEDS PEREZ SARRETO</b>	N° DE LAMINA <b>A-7</b>		
	ESTADO DEPARTO <b>QUINCA PADRE LUIS TEZZA</b>			
	DISTRITO SANTIAGO DE SURCO PLANO <b>CORTES Y ELEVACION</b>			
	ESPECIALIDAD <b>ARQUITECTURA</b>	FECHA AOSTO 2018		ESCALA 1/50



ACI 308	1.0
ACI 309	1.0
ACI 318	1.0
ACI 322	1.0
ACI 332	1.0
ACI 340	1.0
ACI 348	1.0
ACI 352	1.0
ACI 358	1.0
ACI 360	1.0
ACI 368	1.0
ACI 374	1.0
ACI 378	1.0
ACI 382	1.0
ACI 388	1.0
ACI 392	1.0
ACI 398	1.0
ACI 408	1.0
ACI 412	1.0
ACI 418	1.0
ACI 422	1.0
ACI 428	1.0
ACI 432	1.0
ACI 438	1.0
ACI 442	1.0
ACI 448	1.0
ACI 452	1.0
ACI 458	1.0
ACI 462	1.0
ACI 468	1.0
ACI 472	1.0
ACI 478	1.0
ACI 482	1.0
ACI 488	1.0
ACI 492	1.0
ACI 498	1.0
ACI 502	1.0
ACI 508	1.0
ACI 512	1.0
ACI 518	1.0
ACI 522	1.0
ACI 528	1.0
ACI 532	1.0
ACI 538	1.0
ACI 542	1.0
ACI 548	1.0
ACI 552	1.0
ACI 558	1.0
ACI 562	1.0
ACI 568	1.0
ACI 572	1.0
ACI 578	1.0
ACI 582	1.0
ACI 588	1.0
ACI 592	1.0
ACI 598	1.0
ACI 602	1.0
ACI 608	1.0
ACI 612	1.0
ACI 618	1.0
ACI 622	1.0
ACI 628	1.0
ACI 632	1.0
ACI 638	1.0
ACI 642	1.0
ACI 648	1.0
ACI 652	1.0
ACI 658	1.0
ACI 662	1.0
ACI 668	1.0
ACI 672	1.0
ACI 678	1.0
ACI 682	1.0
ACI 688	1.0
ACI 692	1.0
ACI 698	1.0
ACI 702	1.0
ACI 708	1.0
ACI 712	1.0
ACI 718	1.0
ACI 722	1.0
ACI 728	1.0
ACI 732	1.0
ACI 738	1.0
ACI 742	1.0
ACI 748	1.0
ACI 752	1.0
ACI 758	1.0
ACI 762	1.0
ACI 768	1.0
ACI 772	1.0
ACI 778	1.0
ACI 782	1.0
ACI 788	1.0
ACI 792	1.0
ACI 798	1.0
ACI 802	1.0
ACI 808	1.0
ACI 812	1.0
ACI 818	1.0
ACI 822	1.0
ACI 828	1.0
ACI 832	1.0
ACI 838	1.0
ACI 842	1.0
ACI 848	1.0
ACI 852	1.0
ACI 858	1.0
ACI 862	1.0
ACI 868	1.0
ACI 872	1.0
ACI 878	1.0
ACI 882	1.0
ACI 888	1.0
ACI 892	1.0
ACI 898	1.0
ACI 902	1.0
ACI 908	1.0
ACI 912	1.0
ACI 918	1.0
ACI 922	1.0
ACI 928	1.0
ACI 932	1.0
ACI 938	1.0
ACI 942	1.0
ACI 948	1.0
ACI 952	1.0
ACI 958	1.0
ACI 962	1.0
ACI 968	1.0
ACI 972	1.0
ACI 978	1.0
ACI 982	1.0
ACI 988	1.0
ACI 992	1.0
ACI 998	1.0

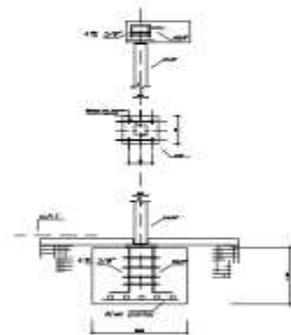
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Norma E-02  
 Edición = E-2011

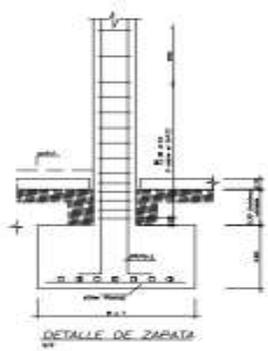


DETALLE DE CIMENTACION

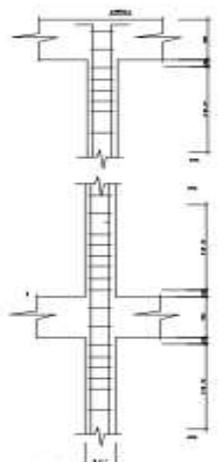
PLANTA DE CIMENTACION



DET. DE COLUMNA - CV

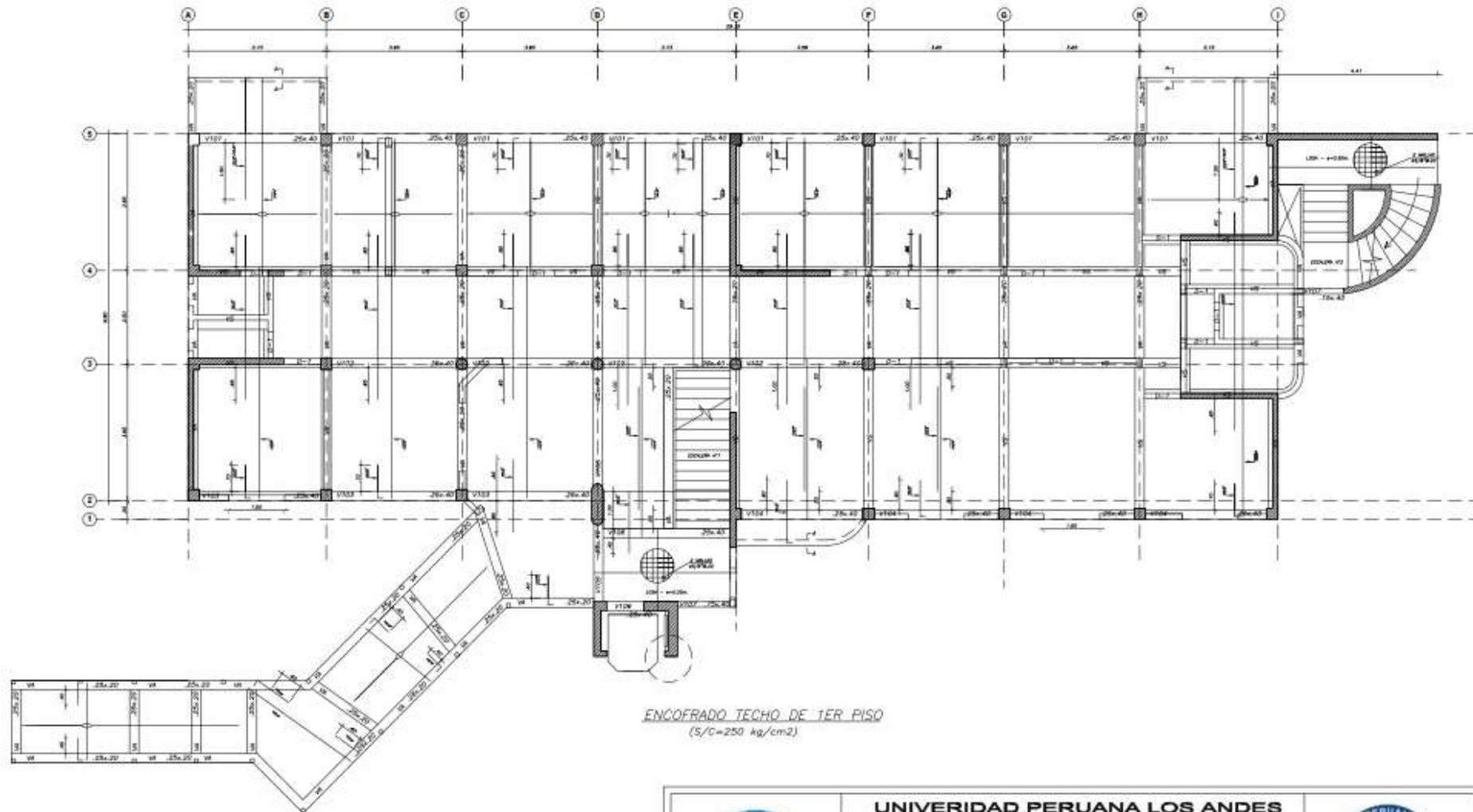


DETALLE DE ZAPATA



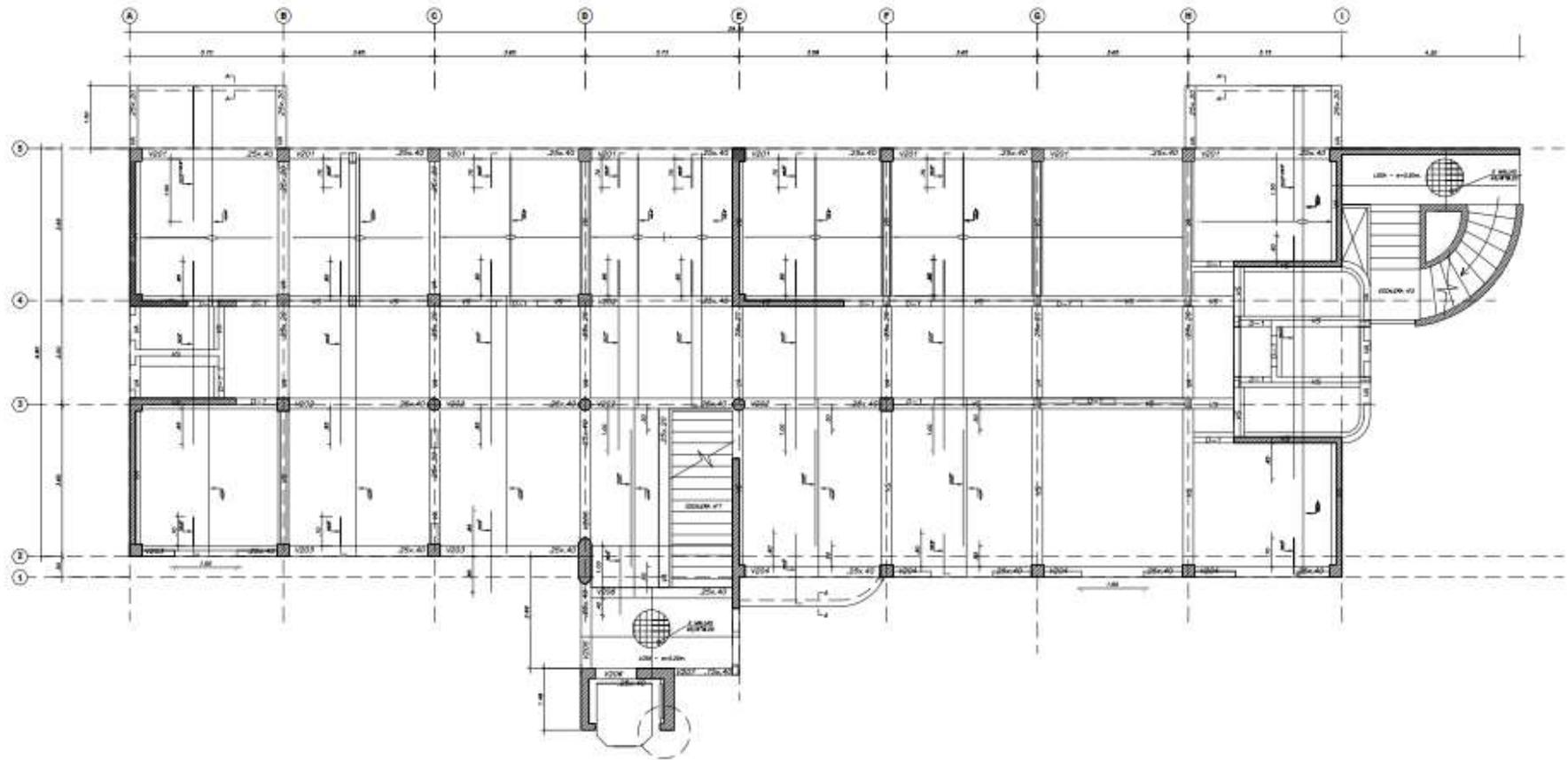
DET. LINDON VIGA - COLUMNA

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b> FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL			
	ELABORADO POR:	<b>BACH. ARIELY ALEJOS PEREZ BARRATO</b>		
	ESTUDIO DEFINITIVO:	<b>OLINDA PADRE LUIS TEZZA</b> DISTRITO: SANTIAGO DE SURCO		
	PLANO:	<b>ESTRUCTURA CIMENTACION</b>		
ESPECIALIDAD:	<b>ESTRUCTURAS</b>	FECHA:	AGOSTO 2019	
		Nº DE LAMINA:	<b>E-1</b>	
		ESCALA:	1/50	



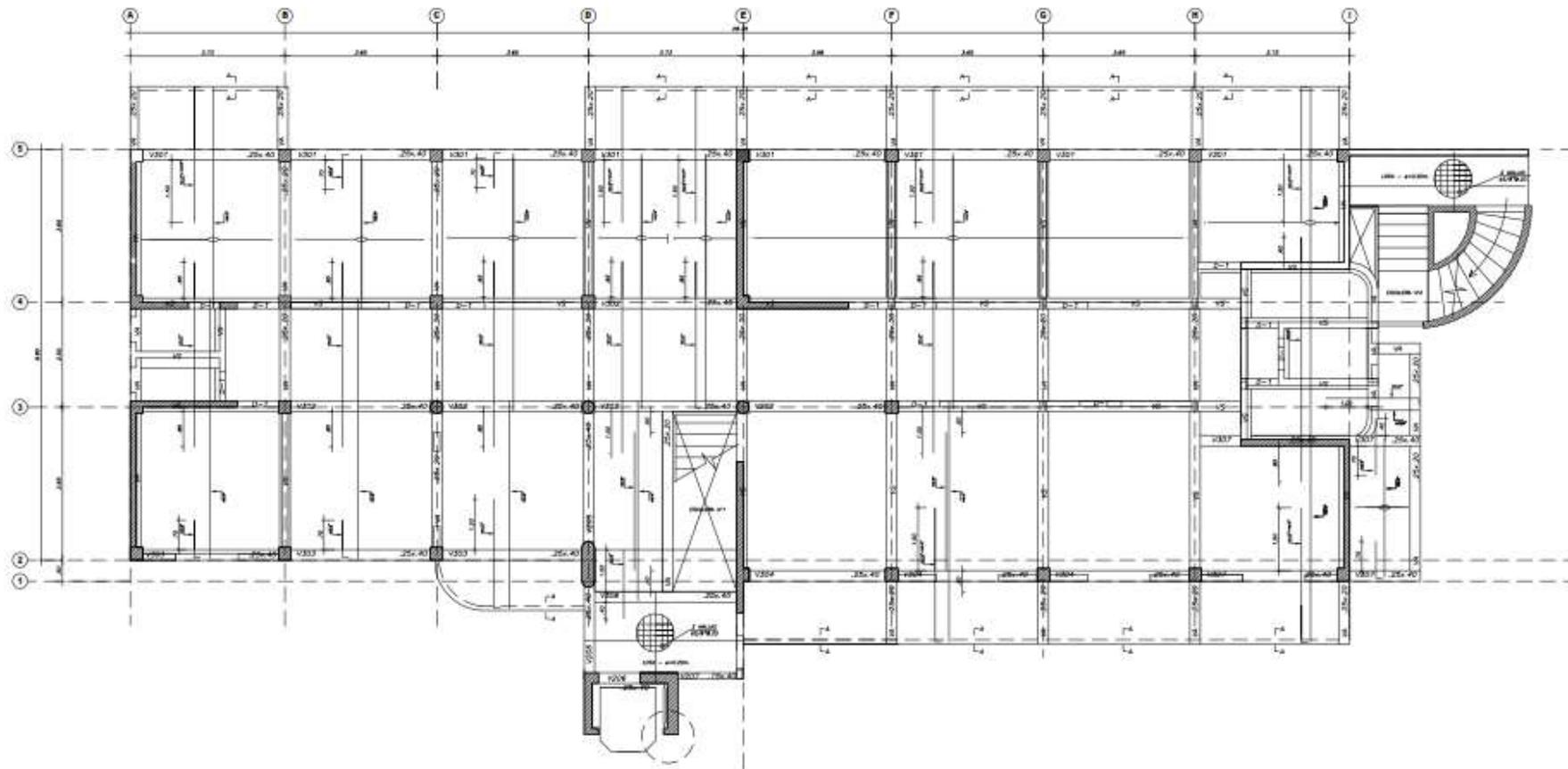
ENCOFRADO TECHO DE 1ER PISO  
(S/C=250 kg/cm<sup>2</sup>)

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b>			
	FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL			
	ELABORADO POR:	<b>BACH. ABILY ALEXIS PEREZ BARRERO</b>		N° DE LAMINA:
	ESTUDIO DEFINITIVO:	<b>CLINICA PADRE LUIS TEZZA</b>		<b>E-2</b>
	DISTRITO: SANTIAGO DE SURCO			
PLANO:	<b>ESTRUCTURA 1ER NIVEL</b>			
ESPECIALIDAD:	<b>ESTRUCTURAS</b>	FECHA: AGOSTO 2019	ESCALA: 1/50	



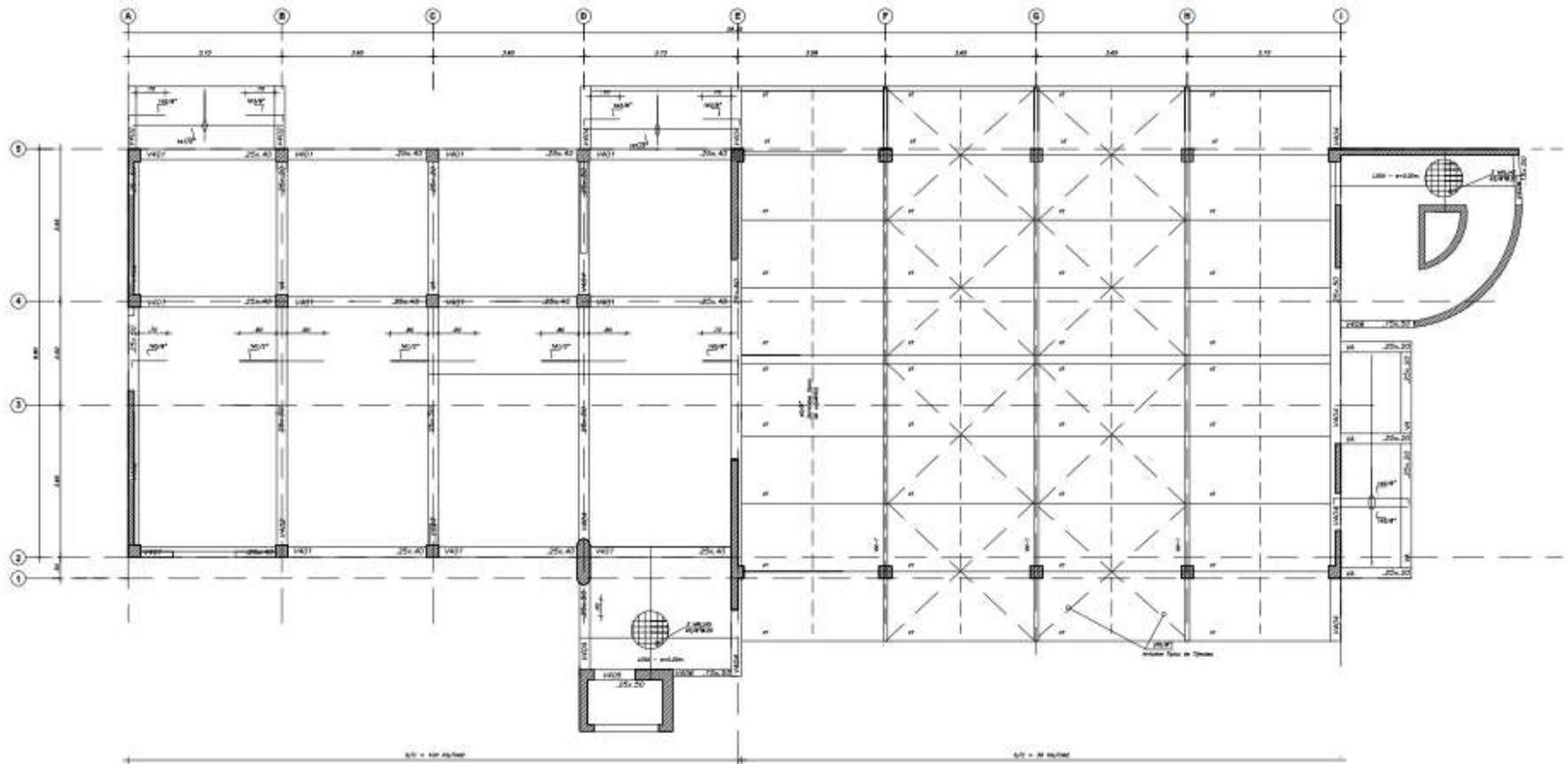
ENCOFRADO TECHO DE 2DO PISO  
(S/C=250 kg/cm<sup>2</sup>)

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b> FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL		
	ELABORADO POR: <b>BACH. ASHLY ALEXIS PEREZ BARRERO</b>	N° DE LAMINA: <b>E-3</b>	
ESTUDIO DEFINITIVO: <b>CLINICA PADRE LUIS TEZZA</b>	DISTRITO: SANTIAGO DE SURCO		ESCALA: 1/50
PLANO: <b>ESTRUCTURA 2DO NIVEL</b>	ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>	FECHA: AGOSTO 2019	



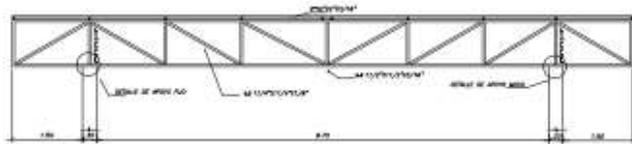
ENCOFRADO TECHO DE 3ER PISO  
(S/C=250 kg/cm<sup>2</sup>)

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b>			
	FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL			
	ELABORADO POR: <b>BACH. ASHLY ALEXIS PEREZ BARRIETO</b>	N° DE LAMINA: <b>E-4</b>		
	ESTUDIO DEFINITIVO: <b>CLINICA PADRE LUIS TEZZA</b>			
	DISTRITO: SANTIAGO DE SURCO			
	PLANO: <b>ESTRUCTURA 3ER NIVEL</b>			
ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>	FECHA: AGOSTO 2019	ESCALA: 1/50		

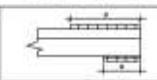


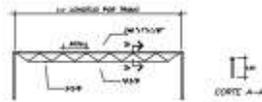
ENCOFRADO TECHO DE 4TO PISO  
( $S/D=250 \text{ kg/cm}^2$  y  $30 \text{ kg/cm}^2$ )

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b> FACULTAD DE INGENIERIA – INGENIERIA CIVIL		
	ELABORADO POR: <b>BACH. ABEL ALEXIS PEREZ BARRETO</b>	N° DE LAMINA: <b>E-5</b>	
	ESTUDIO DEFINITIVO: <b>CLINICA PADRE LUIS TEZZA</b>		
	DISTRITO: SANTIAGO DE SURCO		
	PLANO: <b>ESTRUCTURA 4ER NIVEL</b>		
ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>	FECHA: AGOSTO 2019	ESCALA: 1/50	

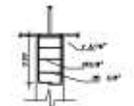


DETALLE DE VM-1

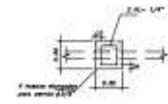
CUADRO DE SOLDADURA		
ANGULO		TIPO DE SOLDADURA
2"x2"x3/16"	5/16" - 2 1/2"	3/16"
1 1/2"x1 1/2"x3/16"	2"	3/16"
1 1/4"x1 1/4"x1/8"	3 1/2" - 1 1/2"	1/8"



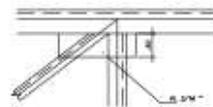
DETALLE DE VT



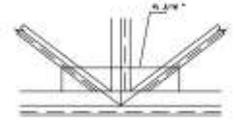
DETALLE DE APOYO



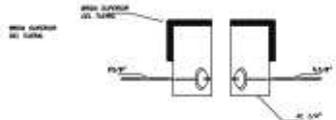
PLANTA DE APOYO FIJO



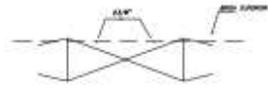
DETALLE TIPICO DE NUDO



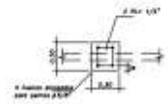
DETALLE TIPICO DE NUDO



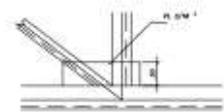
ANCLAJE DE ARRIOSTRE EN BRIDA SUPERIOR (φ5/8")



DETALLE ARRIOSTRE DE VIGUETAS



PLANTA DE APOYO MOVIL



DETALLE TIPICO DE NUDO

ACERO ESTRUCTURAL: A-36  
SOLDADURA: E-6011

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b> FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL			
	ELABORADO POR: <b>BACH. ASHLY ALEXIS PEREZ BARRIETO</b>	N° DE LAMINA: <b>E-6</b>		
	ESTUDIO DEFINITIVO: <b>CLINICA PADRE LUIS TEZZA</b>	DISTRITO: SANTIAGO DE SURCO <b>DETALLE DE ARMADURA</b>		
	ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>	FECHA: AGOSTO 2019		ESCALA: 1/50

**ANEXO N°4**  
**COSTO Y TIPO DEL**  
**AISLADOR**

Lima, 30 de mayo del 2019

**COTIZACION N° 038-59DIS CRIGPERU 300519 SBS A**

**Señores** : China Railway Intematonal Group Sucursal el Perú  
**ATENCION** : Ing. Jesús Ayma Huálma  
-Ingeniero de Oficina Técnica-

Aisladores Sismicos DIS de acuerdo al siguiente cuadro, incluye el servicio de asesoramiento y supervisión:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNITARIO
1	AISLADOR SÍSMICO DIS AS1	1	\$19,400.00
2	AISLADOR SÍSMICO DIS AS2	1	\$17,500.00
3	DESIZADOR SÍSMICO SL1	1	\$10,300.00

**Notas:**

1. Los precios incluyen:
  - 3 semanas de Supervisión, capacitación y asesoramiento en obra dividida de la siguiente manera: 1 semana al inicio de la instalación de los primeros anclajes inferiores, 2 semanas desde el montaje de los primeros aisladores hasta el grouteado y colocación de los primeros anclajes superiores de los aisladores. Además, se contempla una visita final de un (01) día para verificar las instalaciones flexibles y juntas de separación sísmica.
  - La entrega se realizará en obra (Lima) para lo cual el cliente será encargado de la descarga y correcto almacenamiento de los productos.
  - Participación en el equipo del proyecto y en reuniones virtuales (vía Skype o similar) cuando sea necesario.
  - Ensayos necesarios estipulados en las especificaciones técnicas del proyecto tanto para los aisladores de obra como para los aisladores prototipos propuestos. Los ensayos serán hechos en los laboratorios del fabricante en parejas de acuerdo a la norma ASCE-16 y AASHTO GSSID.
  - Respecto al valor Alpha  $\alpha$  (relación entre rigideces nominales de los aisladores), se encontró un error en sus límites, la presente propuesta el valor de  $\alpha$  es de 1.39.
  - Pernos de anclaje para cada uno de los aisladores sísmicos.
2. Precios NO incluyen IGV.
3. Precios en dólares americanos – USA.
4. Si se requiere días adicionales para supervisión, asesoramiento y capacitación, estos deberán ser cubiertos por el cliente considerando US\$ 200.00 por día adicional.
5. Forma de pago: 50% con OC, el resto (50%) contra entrega.
6. Tiempo de entrega: Anclajes y Aisladores, 18 semanas después del pago del adelanto,

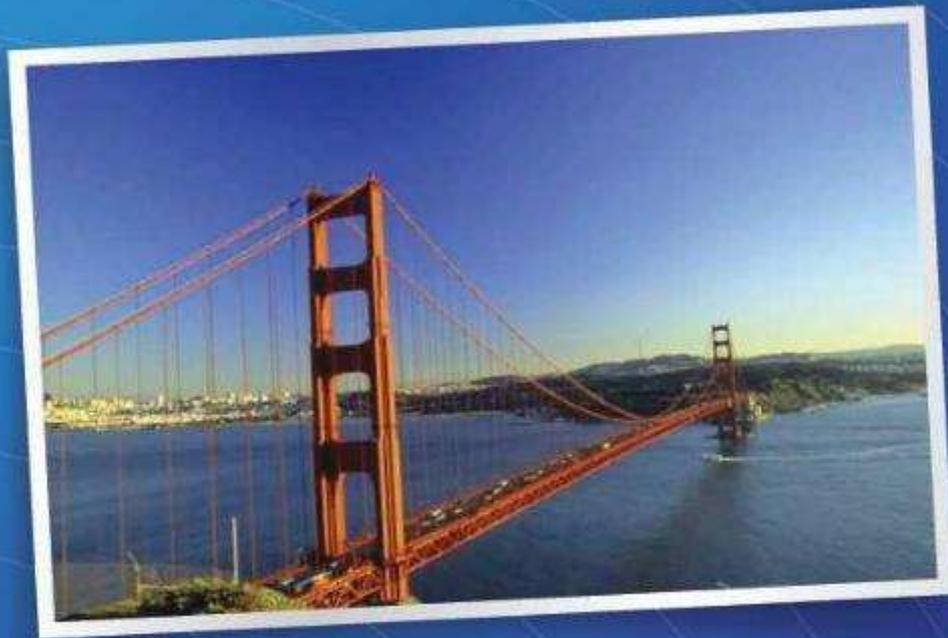


aceptación y firma de planos de fabricación, plan de ensayos y memoria de cálculo por parte del proyectista y aprobación de supervisión.  
Dicho tiempo no contempla casos fortuitos como bloqueo de carreteras, desastres naturales.

7. Cualquier carta fianza termina y/o será devuelta inmediatamente después de entregar el producto.
8. El cliente asumirá todos los gastos e intereses que genere los cambios que se realice en la cotización, oc., contrato, cf., facturación.
9. Inmediatamente después de que ingresen los aisladores al almacén de CDV se hará la verificación del producto en Lima por parte del cliente. La fecha de verificación será comunicada por CDV al cliente mediante carta. En caso exista demora por parte del cliente, el costo de almacén debe ser asumido por el cliente.
10. El asesoramiento y supervisión se dará en el sector o bloque donde se inicie por primera vez las partidas de colocación de anclajes, montaje de aisladores, y grouteado, durante tres semanas consideradas líneas arriba.
11. Aisladores Sísmicos fabricados en su totalidad en EE.UU. por DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS.
12. Garantía del fabricante de 15 años.
13. Cantidades y características usadas para la presente cotización fueron tomadas en base a documentos siguientes (pertenecientes al proyecto de la referencia y que fueron entregados por el solicitante en medio electrónico el 30/05/19):
  - Especificaciones técnicas y memorias de cálculo.
14. Cualquier cambio en las cantidades y características implicará un cambio en los precios.
15. Duración de la cotización: 20 días después de la fecha de emisión.

Atentamente,

Ing. Chiroque Paico Jhon | Departamento de Ingeniería – Unidad de Protección Antisísmica  
| C. 940384848 T. 346 1002  
Av. Javier Prado Este 3349, San Borja  
[jchiroque@cdvperu.com](mailto:jchiroque@cdvperu.com)



# Aislamiento Sísmico

Para edificaciones y Puentes

La mejor tecnología de protección  
antisísmica en el mundo



**DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS**

# Ingeniería

## Propiedades técnicas del Aislador

### Propiedades del aislador: Unidades métricas

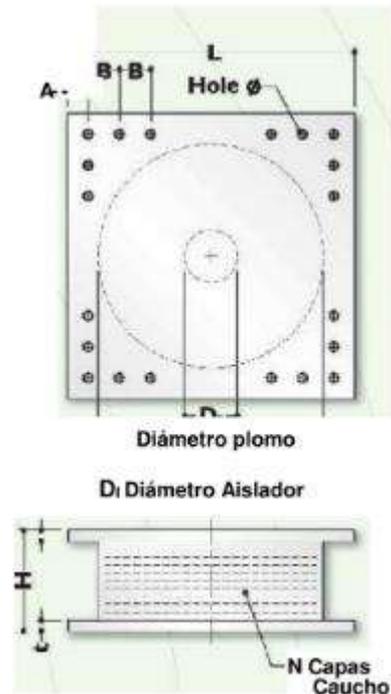
TAMAÑO DEL DISPOSITIVO			DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE						
Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	Altura Aislador, H (mm)	Número de capas de caucho, N	Diámetro del plomo, D <sub>i</sub> (mm)	L (mm)	t (mm)	Cantidad Orificios	Orificio Ø (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
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
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95
1000	280-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

(1) Las capacidades de carga axial corresponden a los máximos desplazamientos basados en los límites de diseño del 250% de tensión de corte del de 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 Rubber Shear Moduli (G) están disponibles desde 0.38 N/mm<sup>2</sup> hasta 0.70 N/mm<sup>2</sup>.

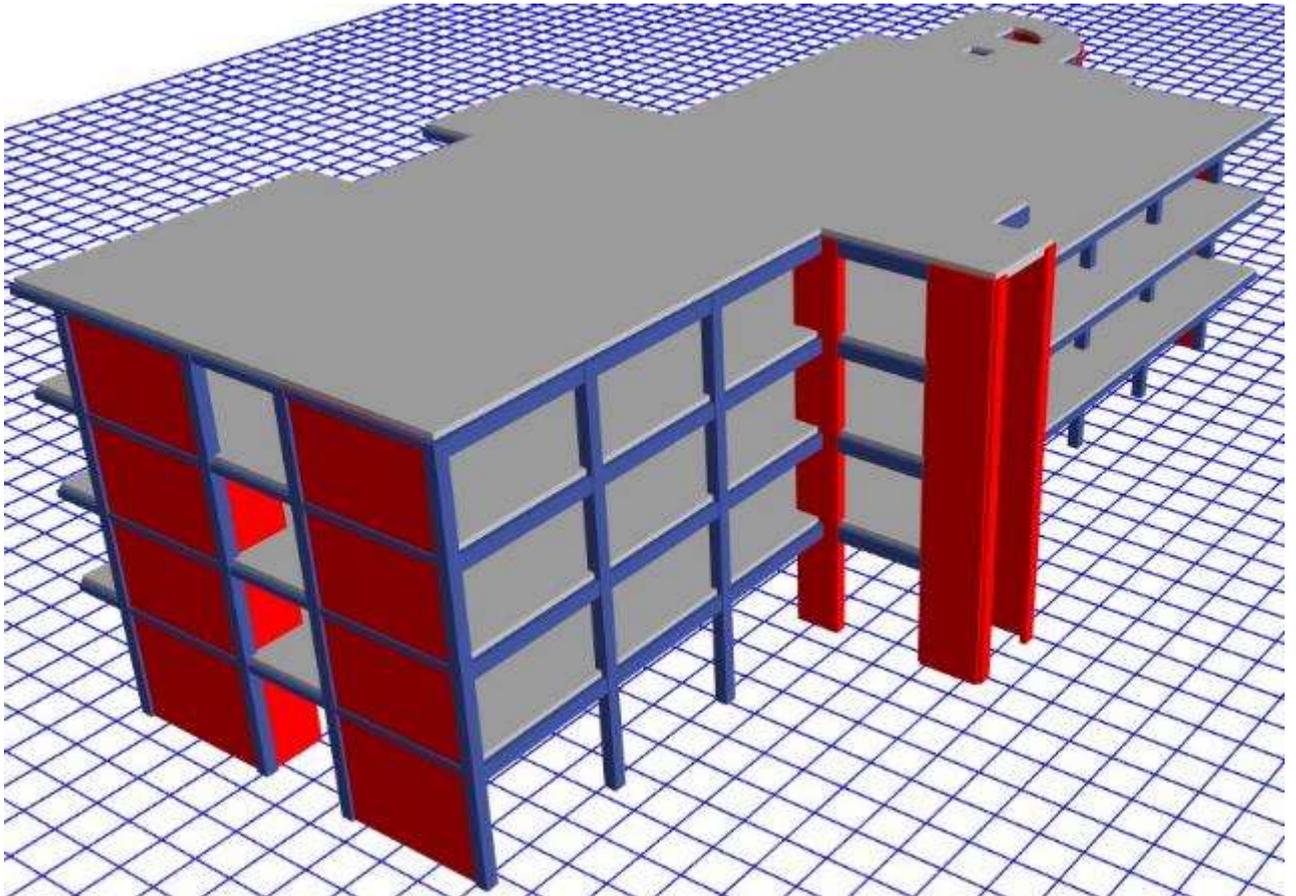
(3) Para el modelado analítico bilineal de la rigidez elástica, utilice  $K_{el} = 10 \cdot K_d$ .

Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	PROPIEDADES DE DISEÑO			Desplazamiento o Máximo, D <sub>max</sub> (mm)	Capacidad Carga Axial P <sub>max</sub> (kN)
	Rigidez Producida, K <sub>d</sub> (kN/mm)	Resistencia Características Q <sub>d</sub> (kN)	Rigidez a la compresión, K <sub>v</sub> (kN/mm)		
305	0.2-0.9	0-65	>50	150	450
355	0.2-1.2	0-65	>100	150	700
405	0.3-1.6	0-110	>100	200	900
455	0.3-2.0	0-110	>100	250	1,150
520	0.4-2.3	0-180	>200	300	1,350
570	0.5-2.8	0-180	>500	360	1,800
650	0.5-3.5	0-220	>700	410	2,700
700	0.5-4.2	0-220	>800	460	3,100
750	0.7-4.7	0-265	>900	460	3,600
800	0.7-5.3	0-265	>1,000	510	4,000
850	0.7-6.1	0-355	>1,200	560	4,900
900	0.7-6.1	0-355	>1,400	560	5,800
950	0.7-6.1	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0.8-6.3	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0.9-6.3	0-580	>2,100	710	8,500
1160	1.1-6.5	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1.2-6.7	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1.4-7.0	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1.6-7.2	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1.8-7.4	0-1,025	>6,500	910	40,000



**ANEXO N°5**  
**INFORME DE**  
**MODELAMIENTO**

**“MEMORIA DE CALCULO PROYECTO CLINICA  
PADRE LUIS TEZZA”**



**TESISTA**

**: ALEXIS PEREZ BARRETO**

**DIRECCIÓN**

**: AV. EL POLO # 570 SANTIAGO  
DE SURCO**

**JULIO 2019**

  
EMELI ALTAMIRANO PARDO  
ING. CIVIL  
R. CIP. 126850

# INDICE

- 1. Generalidades**
  - Objetivo
  - Descripción de la Edificación.
  - Normatividad Aplicables.
  
- 2. Procedimiento de Evaluación**
  - Análisis dinámico
  - Análisis de desplazamientos
  - Verificación de esfuerzos
  
- 3. Criterio de la evaluación estructural.**
  - Hipótesis de Análisis.
  
- 4. Características de la Estructura**
  - Resumen de dimensiones
  - Resumen del tipo de refuerzo
  - Propiedades de los materiales
  
- 5. Metrado de Cargas**
  - Cargas por peso propio
  - Cargas vivas
  - Cargas producidas por Sismo
  
  - Resumen de Cargas
  
- 6. Consideraciones Sísmicas**
  - 6.1. Zonificación (Z)**
  - 6.2. Parámetros del Suelo (S)**
  - 6.3. Factor de Amplificación Sísmica (C)**
  - 6.4. Categoría de las edificaciones (U)**
  - 6.5. Sistemas Estructurales (R)**
  - 6.6. Desplazamientos Laterales Permisibles**
  - 6.7. Análisis Dinámico**

## **7. Análisis Sismo- resistente de la Estructura**

### **7.1. Modelo Estructural Adoptado**

### **7.2. Análisis Modal de la Estructura**

- Masas de la estructura
- Modos de Vibración.
- Fuerzas Globales.

### **7.3. Análisis Dinámico**

- Análisis Modal Espectral (X-X e Y-Y)

### **7.4. Desplazamientos y distorsiones.**

- Desplazamiento del CM.
- Máximos Desplazamientos.
- Máximas Distorsiones.

## **8. Conclusiones**

## 1. Generalidades

Objetivo: La finalidad del presente documento es realizar el análisis estructural para el proyecto

### **CALCULO PROYECTO CLINICA PADRE LUIS TEZZA**

## **HIPOTESIS PARA EL DISEÑO**

El análisis de cada edificio se hizo con el programa ETABS (version 16.2). Las unidades estructurales fueron analizadas con modelos tridimensionales, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones de fuerzas en su plano. En el análisis se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales. Los muros de albañilería y placas de concreto se modelaron con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando sólo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

El modelo se analizó según los planos estructurales de la edificación existente.

- **Normatividad Aplicables:** Se considera las siguientes normativas para el análisis:
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-020 "Cargas"
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-030 "Diseño Sismo Resistente".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-050 "Suelos y Cimentaciones".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-070 "Albañilería"

## **2. Procedimiento de Evaluación**

**Análisis dinámico:** A nivel general, se analizará el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas sísmicas mediante un análisis espectral indicado en la Norma correspondiente, con ese propósito se genera un modelo matemático para el análisis respectivo. Este modelo será realizado usando el programa de cálculo de estructuras ETABS.

**Análisis de desplazamientos:** Se analizará los desplazamientos obtenidos en el programa ETABS con los permisibles de la Norma correspondiente.

**Análisis de esfuerzos:** Entre los parámetros que intervienen en el análisis estructural se encuentran la resistencia al corte, flexión, carga axial en vigas y columnas de concreto armado, así como esfuerzos localizados en los elementos de albañilería.

## **3. Criterio de la Evaluación Estructural**

Al tratarse de una edificación con un gran aporte de pórticos de concreto armado en la dirección transversal y muros de albañilería confinada en la dirección longitudinal, se realizará el análisis sísmico, proporcionado por la NTE0.30 y NTE0.70, verificando además que las distorsiones no superen el valor de 0.007 (deriva máxima permitida por la Norma para concreto Armado) y 0.005 (deriva máxima permitida por la Norma para Albañilería).

También, se verificará la resistencia ante la acción de cargas combinadas especificadas por la Norma, de las estructuras más esforzadas de concreto armado.

### **Hipótesis de Análisis**

El análisis de la edificación se hizo con el programa ETABS. Los diversos módulos fueron analizados con modelos tridimensionales, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones en su plano. En el análisis se supuso comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales y los muros de concreto armado y albañilería se modelaron con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando solo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

#### **4. Características de la Estructura**

**Propiedades de los Materiales**

**Concreto**

- Resistencia a la compresión  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad  $E = 15000 \times \sqrt{210} = 217370$  Kg/cm<sup>2</sup>

**Acero**

- Resistencia a la fluencia del acero grado 60  $f_y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>

**Albañilería**

- Ladrillos artesanales King Kong.
- Resistencia a la compresión  $f'_m = 65$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad  $E_m = 500f'_m = 32500$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de corte  $G_m = 0.40 E_m = 13,000$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de Poisson = 0.25

#### **5. Metrado de Cargas**

- Cargas por peso propio:** Son cargas provenientes del peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques, y otros elementos que forman parte de la edificación y/o se consideran permanentes.
- Cargas vivas:** Cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles y otros elementos móviles estimados en la estructura.
- Cargas producidas por sismo:** Análisis de cargas estáticas o dinámicas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la norma E.030 de diseño sismorresistente.
- Resumen de cargas**

**Cargas Muertas:**

Peso propio muros de albañilería	=	1800	Kg/
Peso propio piso terminado	=	120	Kg/
Peso de tabiquería	=	100	Kg/

**Cargas Vivas:**

Sobrecarga	=	300 Kg/m <sup>2</sup> (CLINICA)
Sobrecarga de ultimo nivel	=	200 Kg/m <sup>2</sup>

**Cargas de Sismo:**

Según Norma Peruana	=	(ZUCS.g) /R
---------------------	---	-------------

## **6. Consideraciones Sísmicas**

Las consideraciones adoptadas para poder realizar un análisis dinámico de la edificación son tomadas mediante movimientos de superposición espectral, es decir, basado en la utilización de periodos naturales y modos de vibración que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

Entre los parámetros de sitio usados y establecidos por las Normas de Estructuras tenemos:

### **6.1 Zonificación (Z)**

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características esenciales de los movimientos sísmicos, la atenuación de estos con la distancia y la información geotécnica obtenida de estudios científicos.

De acuerdo a lo anterior la Norma E-0.30 de diseño sismo-resistente asigna un factor “Z” a cada una de las 4 zonas del territorio nacional. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Para el presente estudio, la zona en la que está ubicado el proyecto corresponde a la zona 3 y su factor de zona Z será 0.4

### **6.2 Parámetros del Suelo (S)**

Para los efectos de este estudio, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

### **6.3 Factor de amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

#### 6.4 Categoría de las edificaciones (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, como esta edificación es usada para Clínica, la norma establece un factor de importancia  $U = 1.5$  que es el que se tomará para este análisis.

#### 6.5 Sistemas estructurales (R)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección. De acuerdo a la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica (R).

#### 6.6 Desplazamientos Laterales Permisibles

Se refiere al máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según un análisis lineal elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente R.

#### 6.7 Análisis Dinámico

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \underline{ZUCS_x} g R$$

<b>ZONA:</b>	<b>Z3</b>	<b>ZONA 3</b>
<b>Z=</b>	<b>0.4</b>	
<b>Tipo de suelo:</b>	<b>S1</b>	
<b>S=</b>	<b>1</b>	
<b>Tp=</b>	<b>0.4</b>	
<b>U=</b>	<b>1.5</b>	<b>Edificacion esencial</b>
<b>Factor de ductilidad</b>		
<b>Rx=</b>	<b>7.00</b>	<b>Sistema dual</b>
<b>Ry=</b>	<b>7.00</b>	<b>Sistema dual</b>
<b>Edificacion Irregular:</b>	<b>Si</b>	
<b>Rdx=</b>	<b>5.25</b>	<b>Correccion por irregularidad</b>
<b>Rdy=</b>	<b>5.25</b>	<b>Correccion por irregularidad</b>

## **7. Análisis Sismorresistente de la Estructura**

De acuerdo a los procedimientos señalados y tomando en cuenta las características de los materiales y cargas que actúan sobre la estructura e influyen en el comportamiento de la misma ante las sollicitaciones sísmicas, se muestra a continuación el análisis realizado para la obtención de estos resultados.

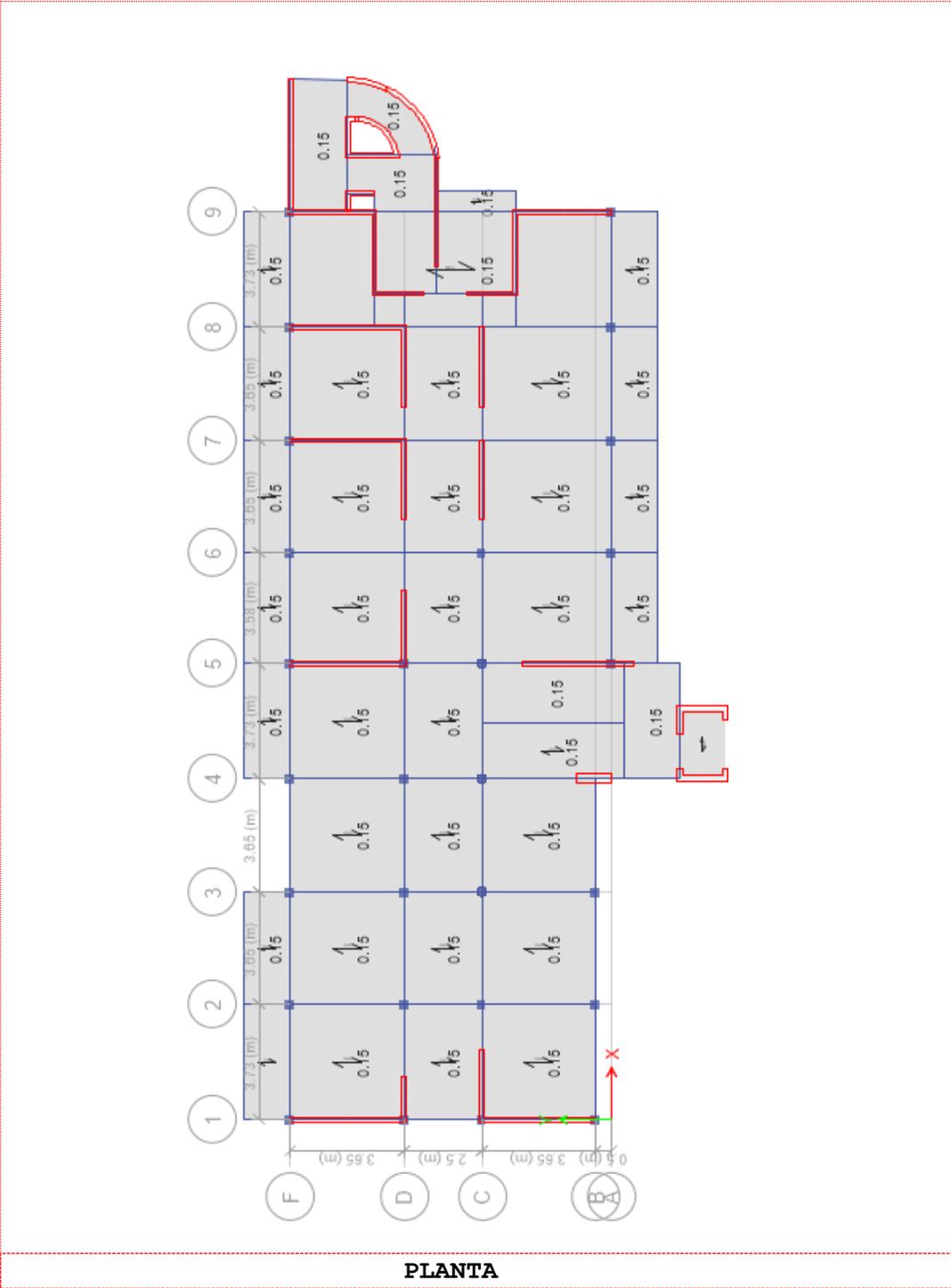
### **7.1 Modelo Estructural Adoptado**

El comportamiento dinámico de las estructuras se determina mediante la generación de modelos matemáticos que consideren la contribución de los elementos estructurales tales como vigas y columnas en la determinación de la rigidez lateral de cada nivel de la estructura. Las fuerzas de los sismos son del tipo inercial y proporcional a su peso, por lo que es necesario precisar la cantidad y distribución de las masas en la estructura.

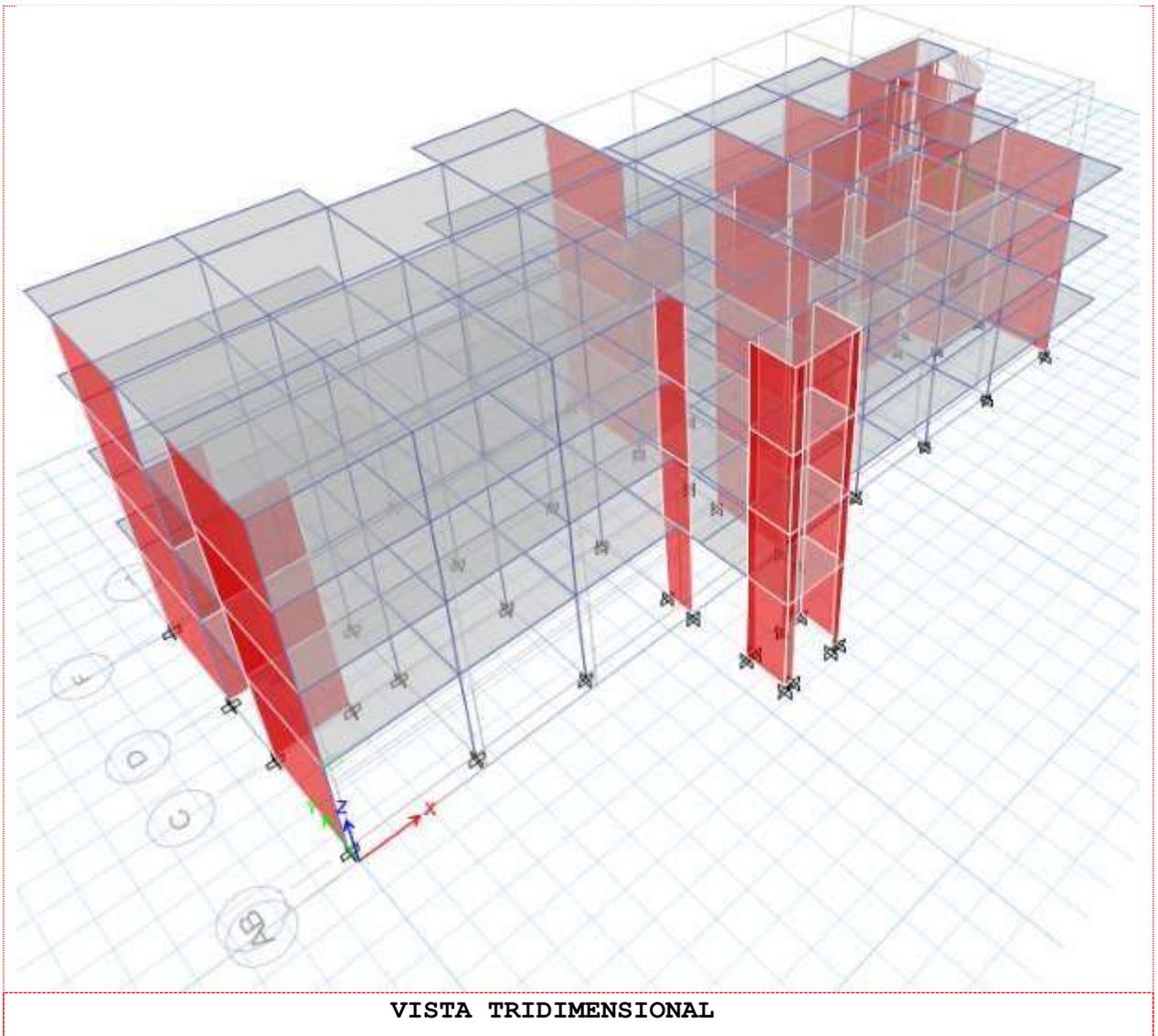
La estructura ha sido analizada con losa supuesta como rígidas frente a las acciones en su plano en todos sus niveles. Los apoyos han sido considerados como empotrados al suelo.

Las cargas verticales se evaluaron conforme a la Norma E-0.20. Los pesos de los elementos de concreto armado (viga, columnas, losa etc.) se estimaron considerando  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Y para el piso terminado la carga fue  $120 \text{ kg/m}^2$ . La carga viva se consideró  $300 \text{ Kg/m}^2$  en el primer nivel, en el último nivel donde se consideró una sobrecarga de  $200 \text{ Kg/m}^2$

El modelo estructural para evaluar el comportamiento dinámico de la edificación se presenta en las Figuras siguientes.



**Figura 1.** Modelo estructural-vista en planta.



**VISTA TRIDIMENSIONAL**

## 7.2 Análisis Modal de la Estructura

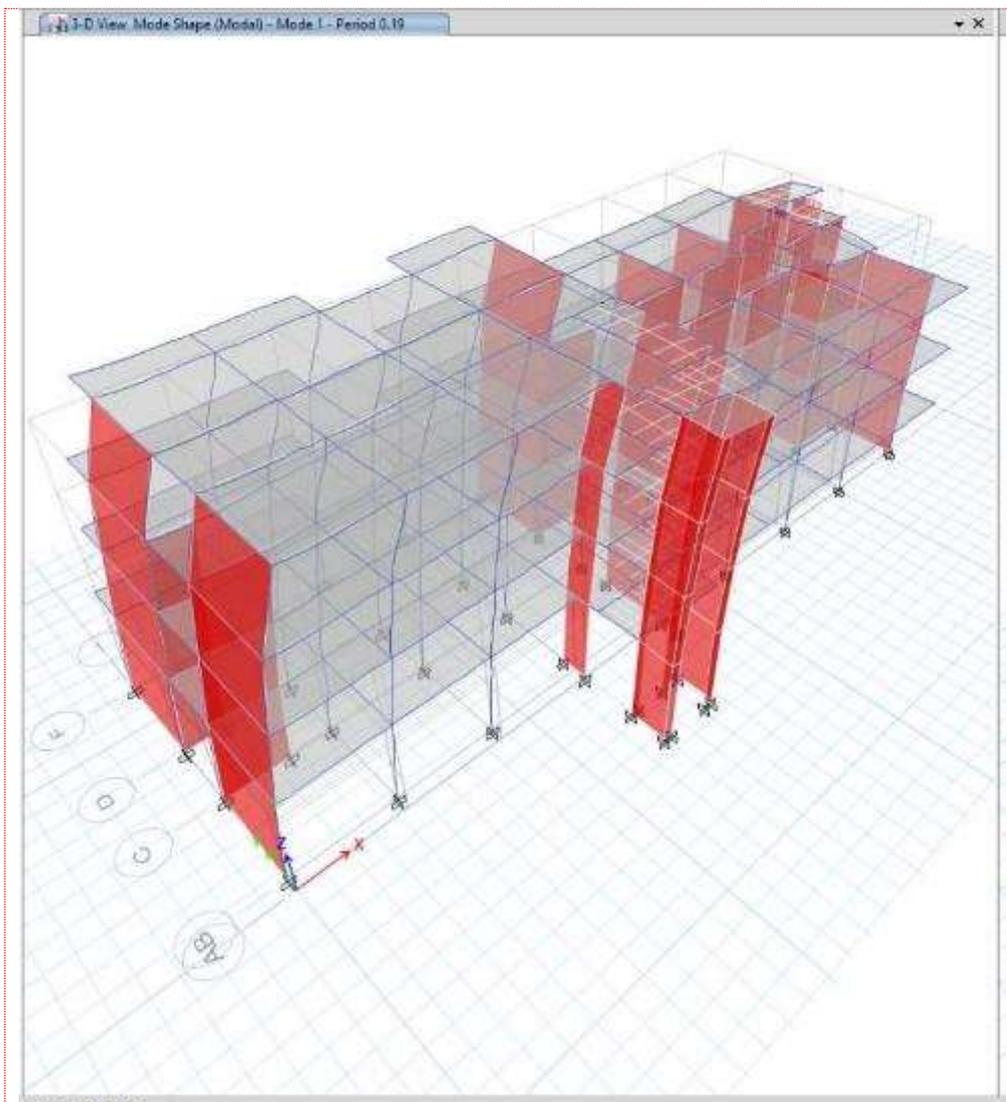
- ✓ **Masas de la estructura:** Según los lineamientos de la Norma de Diseño Sismo Resistente NTE E.030, que forma parte del RNE, y considerando las cargas mostradas anteriormente, se realizó el análisis modal de la estructura total. Para efectos de este análisis el peso de la estructura consideró el 100% de la carga muerta y únicamente el 50 % de la carga viva, por tratarse de una edificación común tipo A.

Load Pattern	Multiplier
LIVE	.5
DEAD	1
LIVE	5

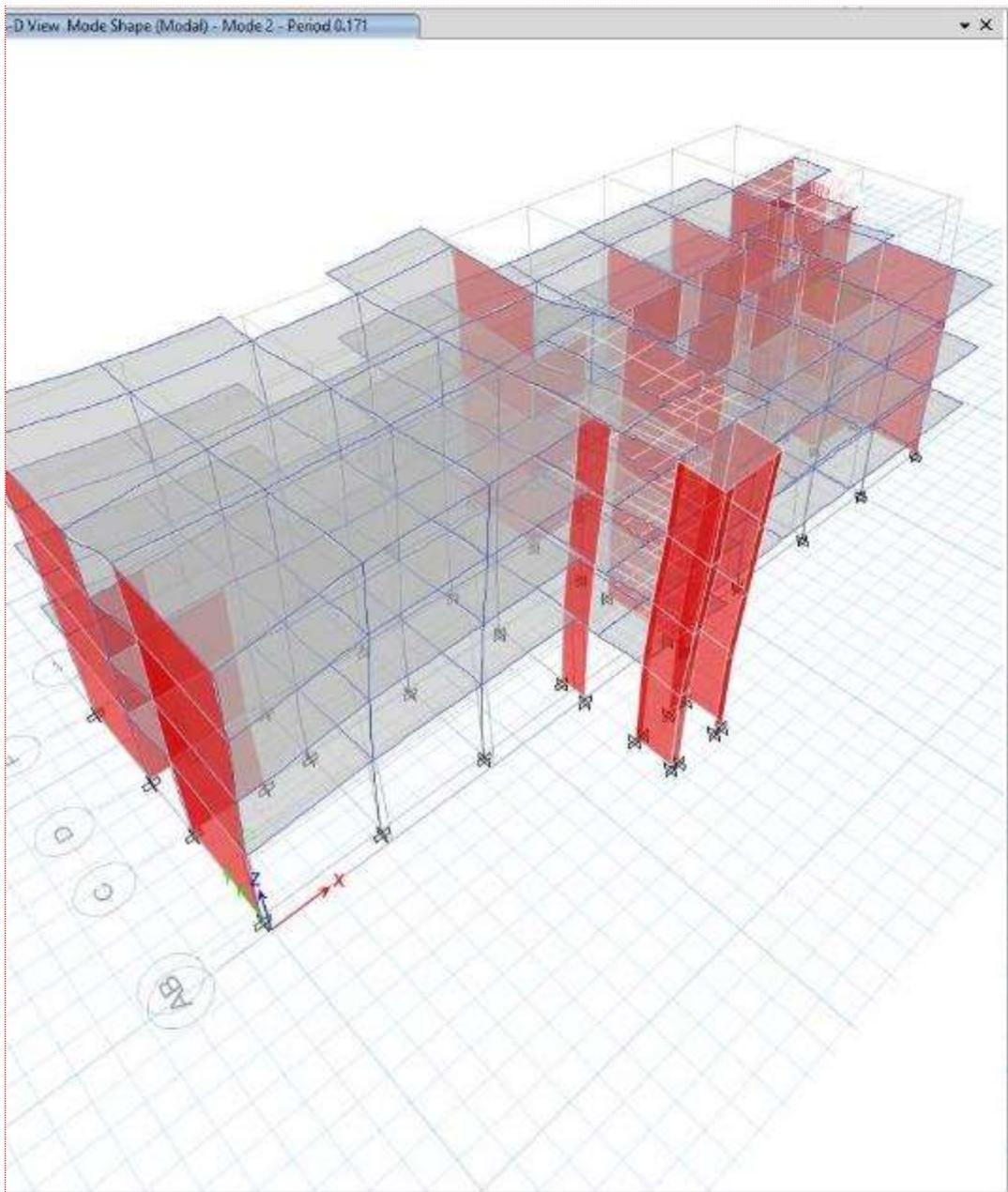
En la tabla siguiente se indican las masas en cada nivel, la posición del centro de masas y del centro de rigidez (basándose en la distribución de fuerzas en altura resultante del análisis modal).

## Modos de vibración

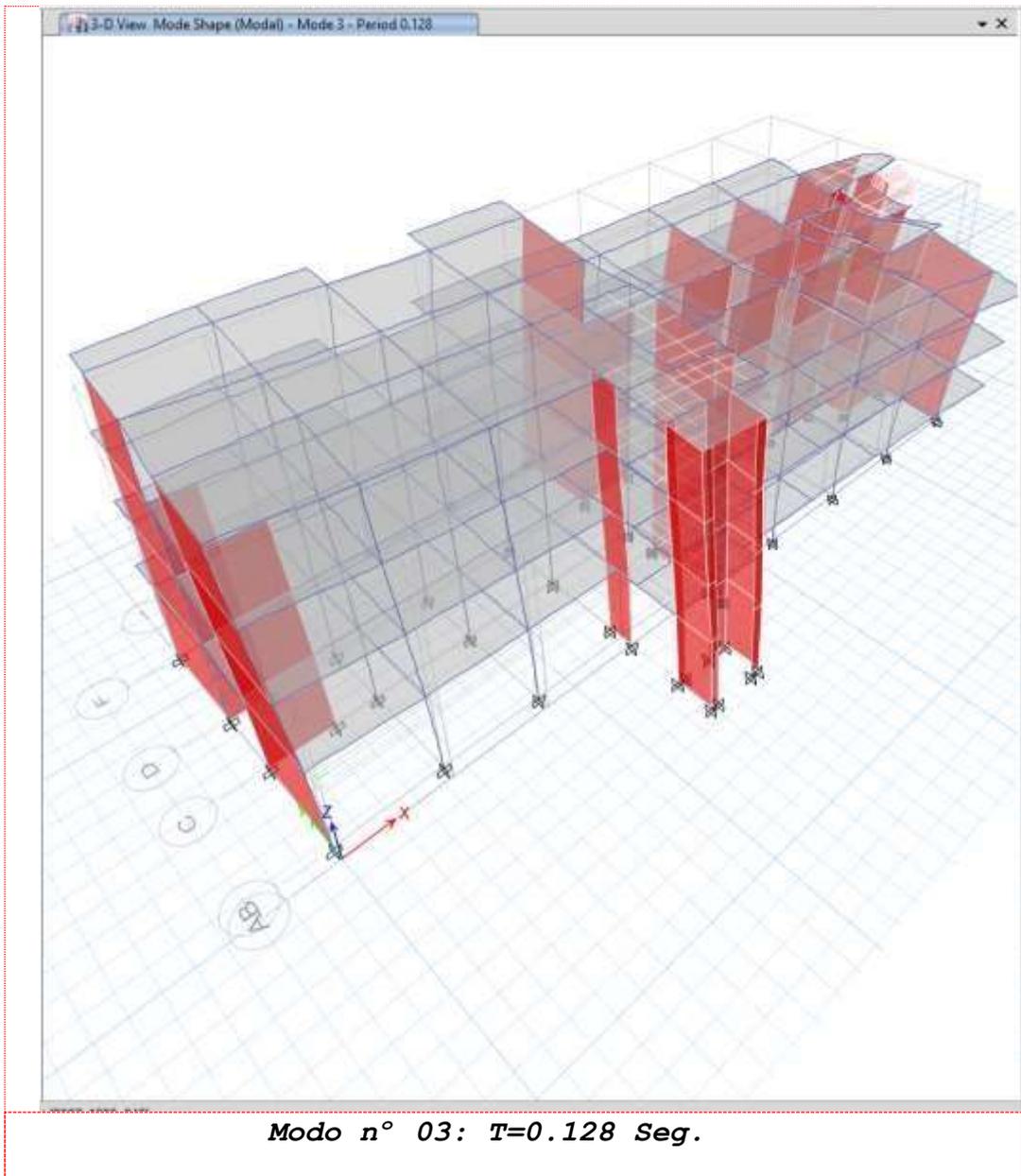
Según el art.18.2.c indica lo siguiente: “En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos 90% de la masa de la estructura, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis”. Indicando que se trabajó con 12 modos de vibración; a continuación, se muestran los tres primeros modos, ya que en el quinto modo recién se alcanza el 90% de la masa de la estructura.



**Modo n° 01:  $T=0.19$  Seg.**



**Modo n° 02:  $T=0.17$  Seg.**



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.19	0.6844	0.0175	0	0.6844	0.0175
Modal	2	0.171	0.0167	0.5713	0	0.7011	0.5888
Modal	3	0.128	0.0006	0.1922	0	0.7017	0.781
Modal	4	0.096	0.1628	0.0001	0	0.8645	0.7811
Modal	5	0.043	0.0006	0.1568	0	0.8652	0.9379
Modal	6	0.04	0.1155	0.0009	0	0.9807	0.9387
Modal	7	0.036	0.0008	0.0029	0	0.9814	0.9416
Modal	8	0.034	8.658E-06	0.0006	0	0.9814	0.9422
Modal	9	0.034	0.0003	0.0001	0	0.9817	0.9423
Modal	10	0.027	0.0013	0.0326	0	0.983	0.9749
Modal	11	0.025	2.372E-05	0.0003	0	0.983	0.9751
Modal	12	0.025	3.822E-05	0.0016	0	0.9831	0.9767

Visualizando los resultados de masa podemos observar que en los 6 primeros modos alcanza el 90 % en dirección X-X, el 90 % en dirección Y-Y.

### Fuerzas Globales

Empleando las expresiones de la norma E030 para el análisis sísmico con fuerzas estáticas equivalentes, se tiene:

Diaphragm	Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m	Cumulative X tonf-s <sup>2</sup> /m	Cumulative Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCCM m	YCCM m
D1	37.73444	37.73444	16.7599	5.4155	37.73444	37.73444	16.7599	5.4155
D2	36.84436	36.84436	16.7195	5.4127	36.84436	36.84436	16.7195	5.4127
D3	34.48063	34.48063	16.1528	5.3451	34.48063	34.48063	16.1528	5.3451
D4	14.79958	14.79958	7.9672	5.0787	14.79958	14.79958	7.9672	5.0787

A continuación, se lista la contribución de cada modo a las fuerzas cortantes en la base y momentos de volteo. Los cortantes en la base obtenidos del análisis dinámico deben resultar mayores que 90% en ambas direcciones de los correspondientes cortantes estáticos.

Cortante X						
0.9 Cortante estatico:	249.70	tn	0.76	<	1	
Cortante espectral:	190.3825	Tn		OK		
Cortante Y						
0.9 Cortante estatico:	249.70	tn	0.69	<	1	
Cortante espectral:	171.0705	Tn		OK		

Del análisis dinámico se obtiene que la cortante en dirección X-X en la base, en el primer calculo no se incrementó el factor puesto que arrojó un valor menor que el 90% del cortante estático. por lo tanto se incrementa (FAD 1.) el cortante, en tanto en la dirección Y-Y la cortante dinámica el valor arrojó menor que el 90% del cortante estático por lo tanto se incrementó a una escala (FAD 1.) para cumplir los mínimos señalados, según Norma de Diseño Sismo resistente NTE.030.

### **7.3 Análisis Dinámico**

Para edificaciones convencionales, se realiza el análisis dinámico por medio de combinaciones espectrales, mostradas anteriormente dadas por la Norma E.030. De acuerdo a ello, a los parámetros de sitio, y las características de la edificación, se muestran a continuación las señales sísmicas empleadas en el Programa ETABS, para considerar las cargas sísmicas en las direcciones X-X e Y-Y.

#### **✓ Análisis Modal Espectral (X-X e Y-Y)**

Function Name

E2003

Function Damping Ratio

0.05

Defined Function

Period Value

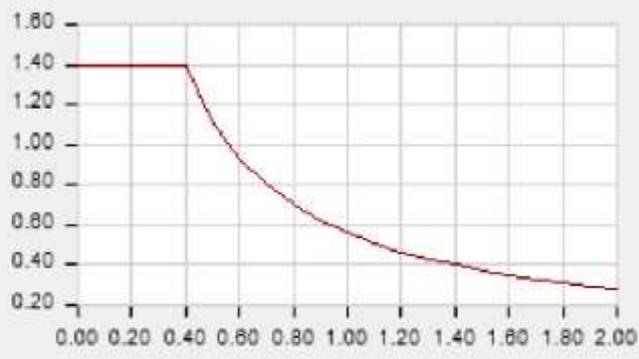
Period	Value
0	1.4
0	1.4
0.1	1.4
0.2	1.4
0.3	1.4
0.4	1.4
0.5	1.12
0.6	0.9333

Add

Modify

Delete

Function Graph



OK

Cancel

## 7.4 Desplazamiento y Distorsiones

La Norma de Diseño Sismorresistente NTE.030 establece que para sistemas estructurales en donde la fuerza sísmica es resistida básicamente pórticos de concreto armado que es de 0.007 para efectos de esta VERIFICACIÓN.

En el siguiente cuadro se presentan las distorsiones de entrepiso.

	Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
	Story4	SD 2 MAX X-X M...	X	0.004644
	Story4	SD 2 MAX Y-Y M...	X	0.00104
▶	Story4	SD 2 MAX Y-Y M...	Y	0.002375
	Story3	SD 2 MAX X-X M...	X	0.002151
	Story3	SD 2 MAX X-X M...	Y	0.000459
	Story3	SD 2 MAX Y-Y M...	X	0.000704
	Story3	SD 2 MAX Y-Y M...	Y	0.002354
	Story2	SD 2 MAX X-X M...	X	0.00186
	Story2	SD 2 MAX X-X M...	Y	0.000383
	Story2	SD 2 MAX Y-Y M...	X	0.000692
	Story2	SD 2 MAX Y-Y M...	Y	0.002037
	Story1	SD 2 MAX X-X M...	X	0.001035
	Story1	SD 2 MAX X-X M...	Y	0.000206
	Story1	SD 2 MAX Y-Y M...	X	0.00037
	Story1	SD 2 MAX Y-Y M...	Y	0.001098

Luego, la distorsión máxima que presenta la edificación en la dirección X-X es de 0.004 y en la dirección Y-Y es 0.002 las cuales son menores a 0.007 (Norma E.030 art.15.1) para concreto armado

	Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm	UY cm
▶	Story4	D4	SD 2 MAX X-X M...	2.3029	0.3252
	Story4	D4	SD 2 MAX Y-Y M...	0.3386	1.6475
	Story3	D3	SD 2 MAX X-X M...	1.2049	0.1781
	Story3	D3	SD 2 MAX Y-Y M...	0.1711	0.8876
	Story2	D2	SD 2 MAX X-X M...	0.758	0.1064
	Story2	D2	SD 2 MAX Y-Y M...	0.1068	0.5262
	Story1	D1	SD 2 MAX X-X M...	0.3282	0.0445
	Story1	D1	SD 2 MAX Y-Y M...	0.046	0.2139

Los desplazamientos en dirección X es de 2.3 cm, en dirección Y es 1.64 cm

## **8. Conclusiones**

Del análisis sísmico realizado

**El desplazamiento máximo relativo** en el rango inelástico en la estructura evaluada para un evento sísmico, alcanza un valor máximo de **0.004** de deriva en la dirección X-X, siendo este valor menor a la deriva máxima permisible por la E.030 – 2003 de 0.007 para concreto armado

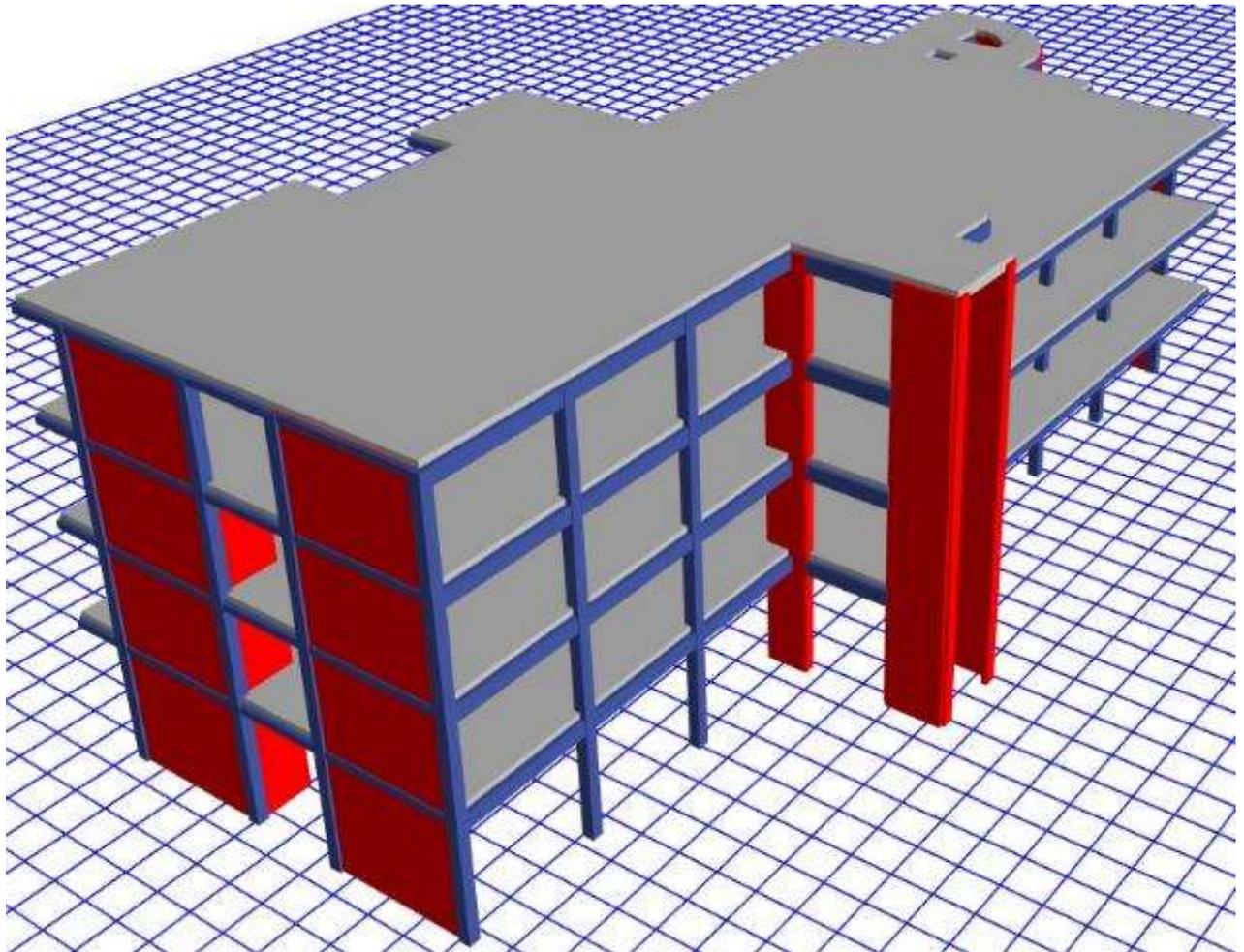
En la dirección Y-Y la deriva máxima es de **0.002**, Menor que la permitida por la Norma E.030 – 2003 de 0.007 para concreto armado

Con esto se concluye que los desplazamientos ocurridos en la dirección X-X, para los niveles de excitación sísmica que demanda la Norma Sismorresistente, **son adecuados** según los lineamientos establecidos por la misma.

La presente evaluación es válida para las cargas presentes hasta la fecha de elaboración de este informe, cualquier cambio en las cargas o condiciones de la estructura ameritará una nueva evaluación estructural.

  
EMELI ALTAMIRANO PARDO  
ING. CIVIL  
R. CIP. 126850

**“MEMORIA DE CALCULO PROYECTO  
CLINICA PADRE LUIS TEZZA”**



**TESISTA**

**: ALEXIS PEREZ BARRETO**

**DIRECCIÓN**

**: AV. EL POLO # 570 SANTIAGO  
DE SURCO**

**JULIO 2019**

  
EMELI ALTAMIRANO PARDO  
ING. CIVIL  
R. CIP. 126850

# INDICE

## 1. Generalidades

- Objetivo
- Descripción de la Edificación.
- Normatividad Aplicables.

## 2. Procedimiento de Evaluación

- Análisis dinámico
- Análisis de desplazamientos
- Verificación de esfuerzos

## 3. Criterio de la evaluación estructural.

- Hipótesis de Análisis.

## 4. Características de la Estructura

- Resumen de dimensiones
- Resumen del tipo de refuerzo
- Propiedades de los materiales

## 5. Metrado de Cargas

- Cargas por peso propio
- Cargas vivas
- Cargas producidas por Sismo
- Resumen de Cargas

## 6. Consideraciones Sísmicas

- 6.1.** Zonificación (Z)
- 6.2.** Parámetros del Suelo (S)
- 6.3.** Factor de Amplificación Sísmica (C)
- 6.4.** Categoría de las edificaciones (U)
- 6.5.** Sistemas Estructurales (R)
- 6.6.** Desplazamientos Laterales Permisibles
- 6.7.** Análisis Dinámico

## 7. Análisis Sismo- resistente de la Estructura

- 7.1.** Modelo Estructural Adoptado
- 7.2.** Análisis Modal de la Estructura
  - Masas de la estructura
  - Modos de Vibración.
  - Fuerzas Globales.
- 7.3.** Análisis Dinámico
  - Análisis Modal Espectral (X-X e Y-Y)
- 7.4.** Desplazamientos y distorsiones.
  - Desplazamiento del CM.
  - Máximos Desplazamientos.
  - Máximas Distorsiones.

## **8. Conclusiones**

## 1. Generalidades

Objetivo: La finalidad del presente documento es realizar el análisis estructural para el proyecto  
**MEMORIA DE CALCULO PROYECTO CLINICA PADRE LUIS TEZZA”**

### HIPOTESIS PARA EL DISEÑO

El análisis de cada edificio se hizo con el programa ETABS (version 16.2). Las unidades estructurales fueron analizadas con modelos tridimensionales, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones de fuerzas en su plano. En el análisis se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales. Los muros de albañilería y placas de concreto se modelaron con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando sólo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

El modelo se analizó según los planos estructurales de la edificación existente.

- **Normatividad Aplicables:** Se considera las siguientes normativas para el análisis:
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-020 "Cargas"
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-030 "Diseño Sismo Resistente".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-050 "Suelos y Cimentaciones".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-070 "Albañilería"

## **2. Procedimiento de Evaluación**

**Análisis dinámico:** A nivel general, se analizará el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas sísmicas mediante un análisis espectral indicado en la Norma correspondiente, con ese propósito se genera un modelo matemático para el análisis respectivo. Este modelo será realizado usando el programa de cálculo de estructuras ETABS.

**Análisis de desplazamientos:** Se analizará los desplazamientos obtenidos en el programa ETABS con los permisibles de la Norma correspondiente.

**Análisis de esfuerzos:** Entre los parámetros que intervienen en el análisis estructural se encuentran la resistencia al corte, flexión, carga axial en vigas y columnas de concreto armado, así como esfuerzos localizados en los elementos de albañilería.

## **3. Criterio de la Evaluación Estructural**

Al tratarse de una edificación con un gran aporte de pórticos de concreto armado en la dirección transversal y muros de albañilería confinada en la dirección longitudinal, se realizará el análisis sísmico, proporcionado por la NTE0.30 y NTE0.70, verificando además que las distorsiones no superen el valor de 0.007 (deriva máxima permitida por la Norma para concreto Armado) y 0.005 (deriva máxima permitida por la Norma para Albañilería).

También, se verificará la resistencia ante la acción de cargas combinadas especificadas por la Norma, de las estructuras más esforzadas de concreto armado.

### **□ Hipótesis de Análisis**

El análisis de la edificación se hizo con el programa ETABS. Los diversos módulos fueron analizados con modelos tridimensionales, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones en su plano. En el análisis se supuso comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales y los muros de concreto armado y albañilería se modelaron con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando solo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

#### **4. Características de la Estructura**

##### **Propiedades de los Materiales**

###### **Concreto**

- Resistencia a la compresión  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad  $E = 15000 \times \sqrt{210} = 217370$  Kg/cm<sup>2</sup>

###### **Acero**

- Resistencia a la fluencia del acero grado 60  $f_y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>

###### **Albañilería**

- Ladrillos artesanales King Kong.
- Resistencia a la compresión  $f'_m = 65$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad  $E_m = 500f'_m = 32500$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de corte  $G_m = 0.40 E_m = 13,000$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de Poisson = 0.25

#### **5. Metrado de Cargas**

- Cargas por peso propio:** Son cargas provenientes del peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques, y otros elementos que forman parte de la edificación y/o se consideran permanentes.
- Cargas vivas:** Cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles y otros elementos móviles estimados en la estructura.
- Cargas producidas por sismo:** Análisis de cargas estáticas o dinámicas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la norma E.030 de diseño sismorresistente.
- Resumen de cargas**

##### **Cargas Muertas:**

Peso propio muros de albañilería	=	1800	Kg/
Peso propio piso terminado	=	120	Kg/
Peso de tabiquería	=	100	Kg/

##### **Cargas Vivas:**

Sobrecarga	=	300 Kg/m <sup>2</sup> (CLINICA)
Sobrecarga de ultimo nivel	=	200 Kg/m <sup>2</sup>

##### **Cargas de Sismo:**

Según Norma Peruana	=	(ZUCS.g) /R
---------------------	---	-------------

## **6. Consideraciones Sísmicas**

Las consideraciones adoptadas para poder realizar un análisis dinámico de la edificación son tomadas mediante movimientos de superposición espectral, es decir, basado en la utilización de periodos naturales y modos de vibración que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

Entre los parámetros de sitio usados y establecidos por las Normas de Estructuras tenemos:

### **6.1 Zonificación (Z)**

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características esenciales de los movimientos sísmicos, la atenuación de estos con la distancia y la información geotécnica obtenida de estudios científicos.

De acuerdo a lo anterior la Norma E-0.30 de diseño sismo-resistente asigna un factor “Z” a cada una de las 4 zonas del territorio nacional. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Para el presente estudio, la zona en la que está ubicado el proyecto corresponde a la zona 4 y su factor de zona Z será 0.45.

### **6.2 Parámetros del Suelo (S)**

Para los efectos de este estudio, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Para efectos de la aplicación de la norma E-0.30 de diseño sismorresistente se considera que el perfil de suelo en esa zona es de tipo intermedio (S2), el parámetro  $T_p$  y  $T_L$  asociado con este tipo de suelo es de:  $T_p=0.60$  seg y  $T_L=2.0$  seg. y el factor de amplificación del suelo se considera  $S= 1.05$

### **6.3 Factor de amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$T < T_p \quad C=2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \times (T_p/T)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \times (T_p \cdot T_L / T^2)$$

#### 6.4 Categoría de las edificaciones (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, como esta edificación es usada para Vivienda, la norma establece un factor de importancia  $U = 1.0$  que es el que se tomará para este análisis.

#### 6.5 Sistemas estructurales (R)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección. De acuerdo a la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica (R).

#### 6.6 Desplazamientos Laterales Permisibles

Se refiere al máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según un análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente R.

#### 6.7 Análisis Dinámico

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \underline{ZUCS_x} g R$$

ZONA:	Z4	Zona 4
Z=	0.45	
Tipo de suelo:	S1	
S=	1	roca dura o suelos muy rigidos
Tp=	0.4	
TL=	2.5	
U=	1.5	Edificacion Esencial
<b>Factor de ductilidad</b>		
Rx=	7.00	Sistema Dual
Ry=	7.00	Sistema Dual
Edificacion Irr	Si	
Rdx=	5.25	Correcion por irregularidad
Rdy=	5.25	Correcion por irregularidad

## **7. Análisis Sismorresistente de la Estructura**

De acuerdo a los procedimientos señalados y tomando en cuenta las características de los materiales y cargas que actúan sobre la estructura e influyen en el comportamiento de la misma ante las solicitaciones sísmicas, se muestra a continuación el análisis realizado para la obtención de estos resultados.

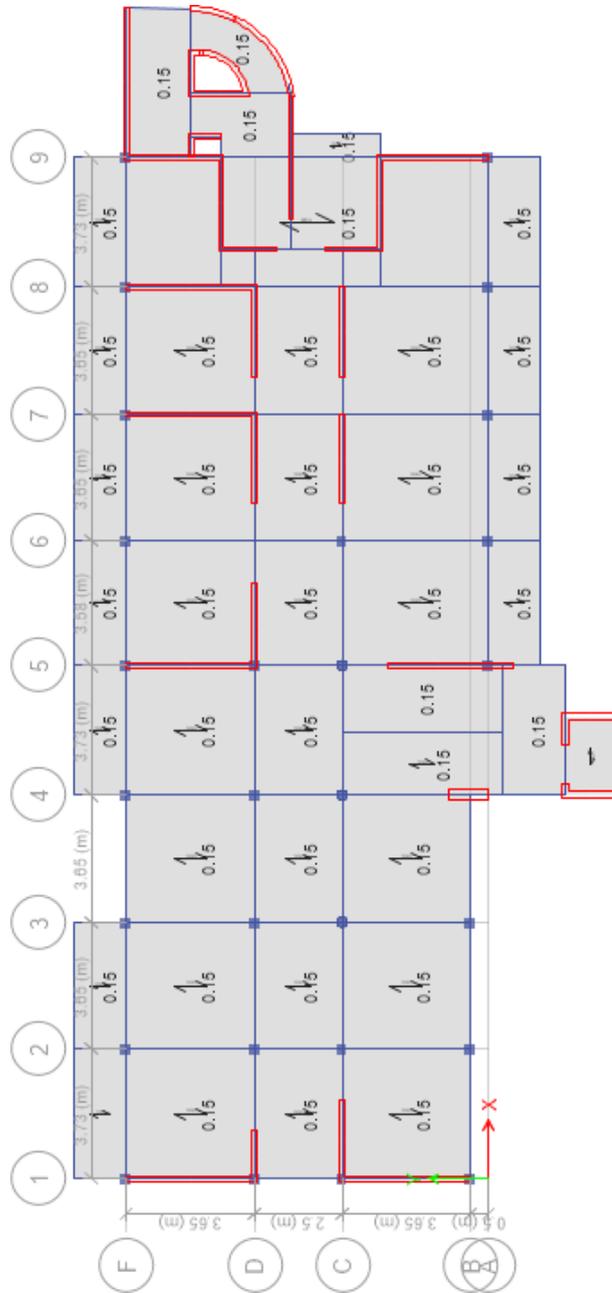
### **7.1 Modelo Estructural Adoptado**

El comportamiento dinámico de las estructuras se determina mediante la generación de modelos matemáticos que consideren la contribución de los elementos estructurales tales como vigas y columnas en la determinación de la rigidez lateral de cada nivel de la estructura. Las fuerzas de los sismos son del tipo inercial y proporcional a su peso, por lo que es necesario precisar la cantidad y distribución de las masas en la estructura.

La estructura ha sido analizada con losa supuesta como rígidas frente a las acciones en su plano en todos sus niveles. Los apoyos han sido considerados como empotrados al suelo.

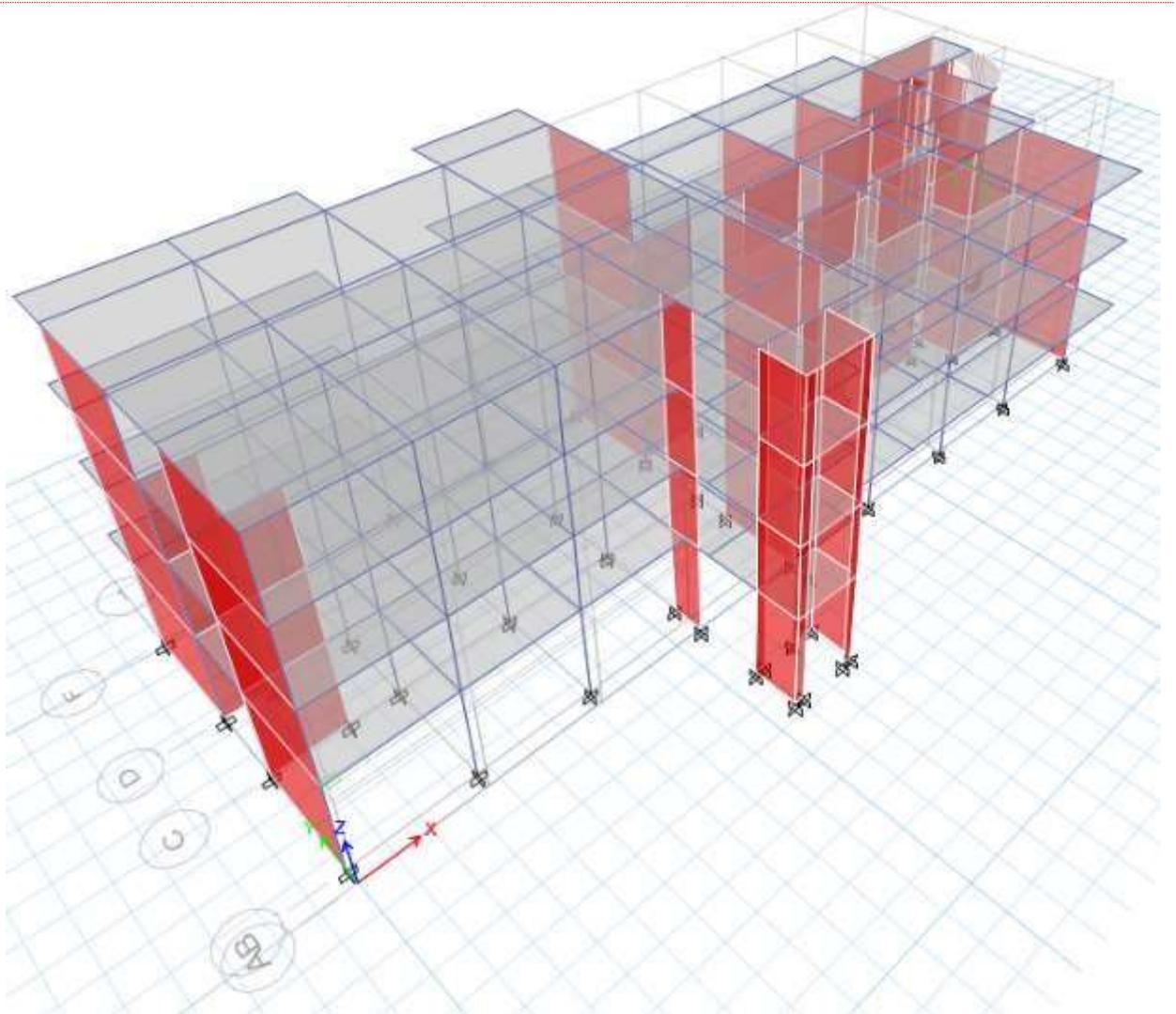
Las cargas verticales se evaluaron conforme a la Norma E-0.20. Los pesos de los elementos de concreto armado (viga, columnas, losa etc.) se estimaron considerando  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Y para el piso terminado la carga fue  $120 \text{ kg/m}^2$ . La carga viva se consideró  $200 \text{ Kg/m}^2$  en el primer nivel, en el último nivel donde se consideró una sobrecarga de  $200 \text{ Kg/m}^2$

El modelo estructural para evaluar el comportamiento dinámico de la edificación se presenta en las Figuras siguientes.



**PLANTA**

**Figura 1.** Modelo estructural-vista en planta.



**VISTA TRIDIMENSIONAL**

## 7.2 Análisis Modal de la Estructura

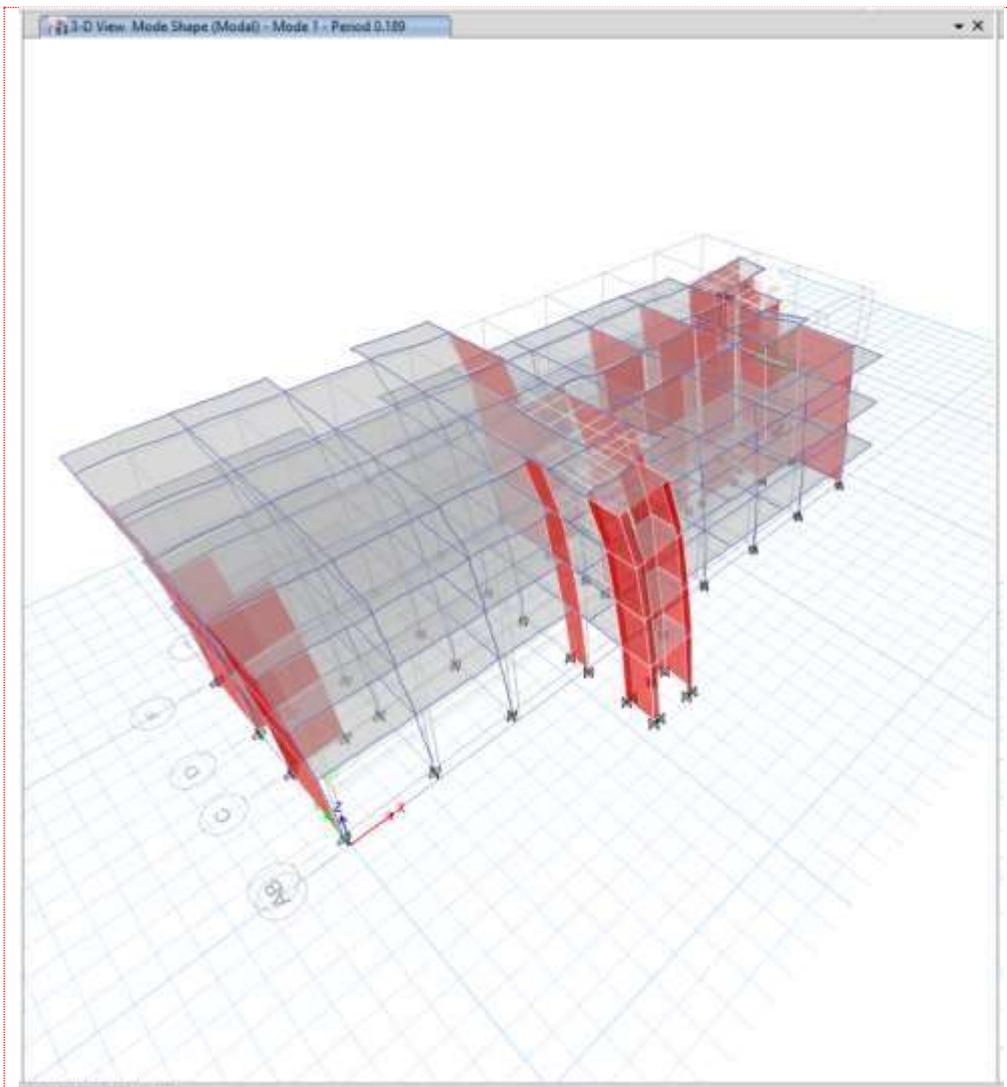
- ✓ **Masas de la estructura:** Según los lineamientos de la Norma de Diseño Sismo Resistente NTE E.030, que forma parte del RNE, y considerando las cargas mostradas anteriormente, se realizó el análisis modal de la estructura total. Para efectos de este análisis el peso de la estructura consideró el 100% de la carga muerta y únicamente el 50 % de la carga viva, por tratarse de una edificación común tipo A.

Load Pattern	Multiplier
LIVE	.5
DEAD	1
LIVE	5

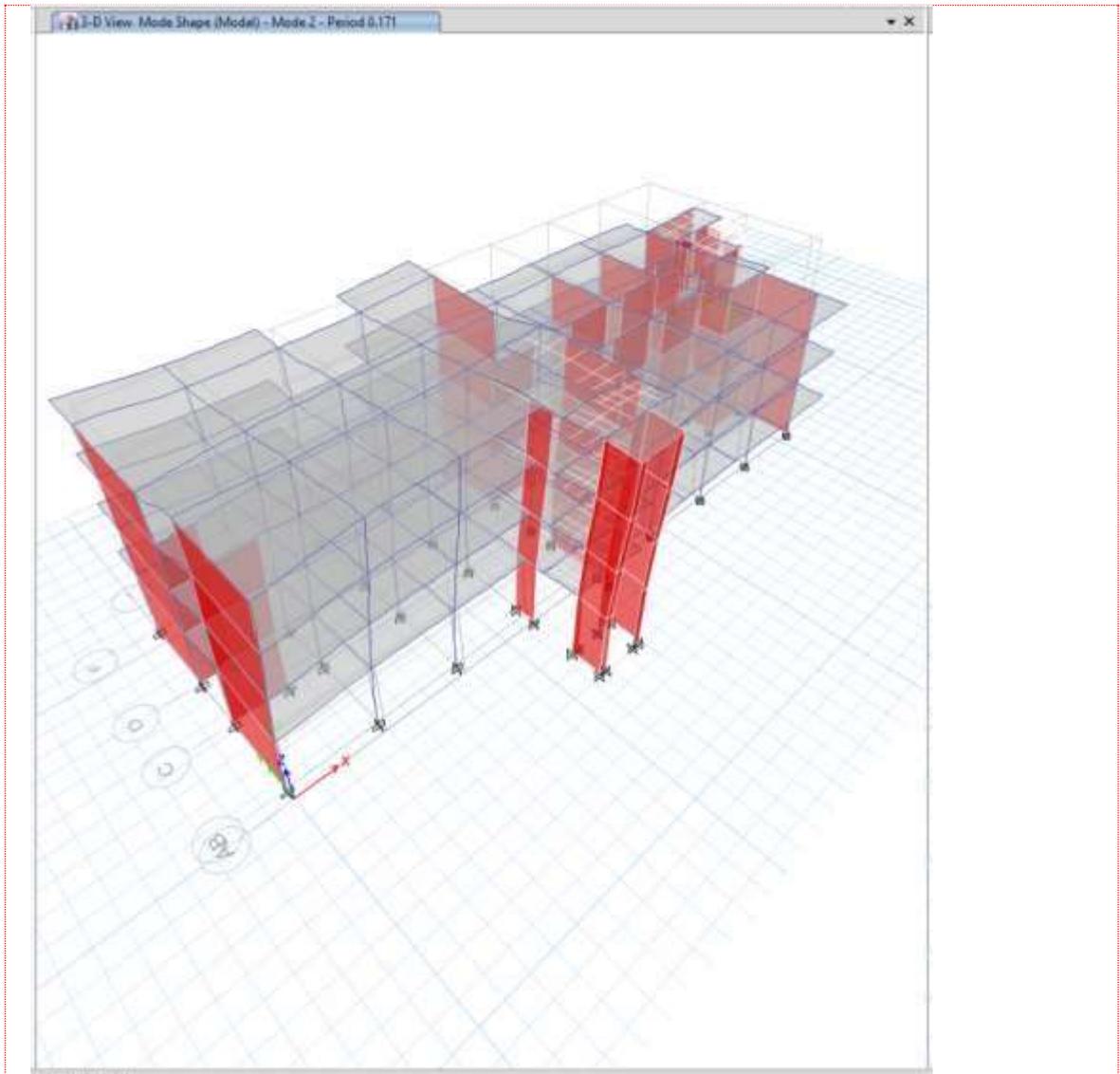
En la tabla siguiente se indican las masas en cada nivel, la posición del centro de masas y del centro de rigidez (basándose en la distribución de fuerzas en altura resultante del análisis modal).

## Modos de vibración

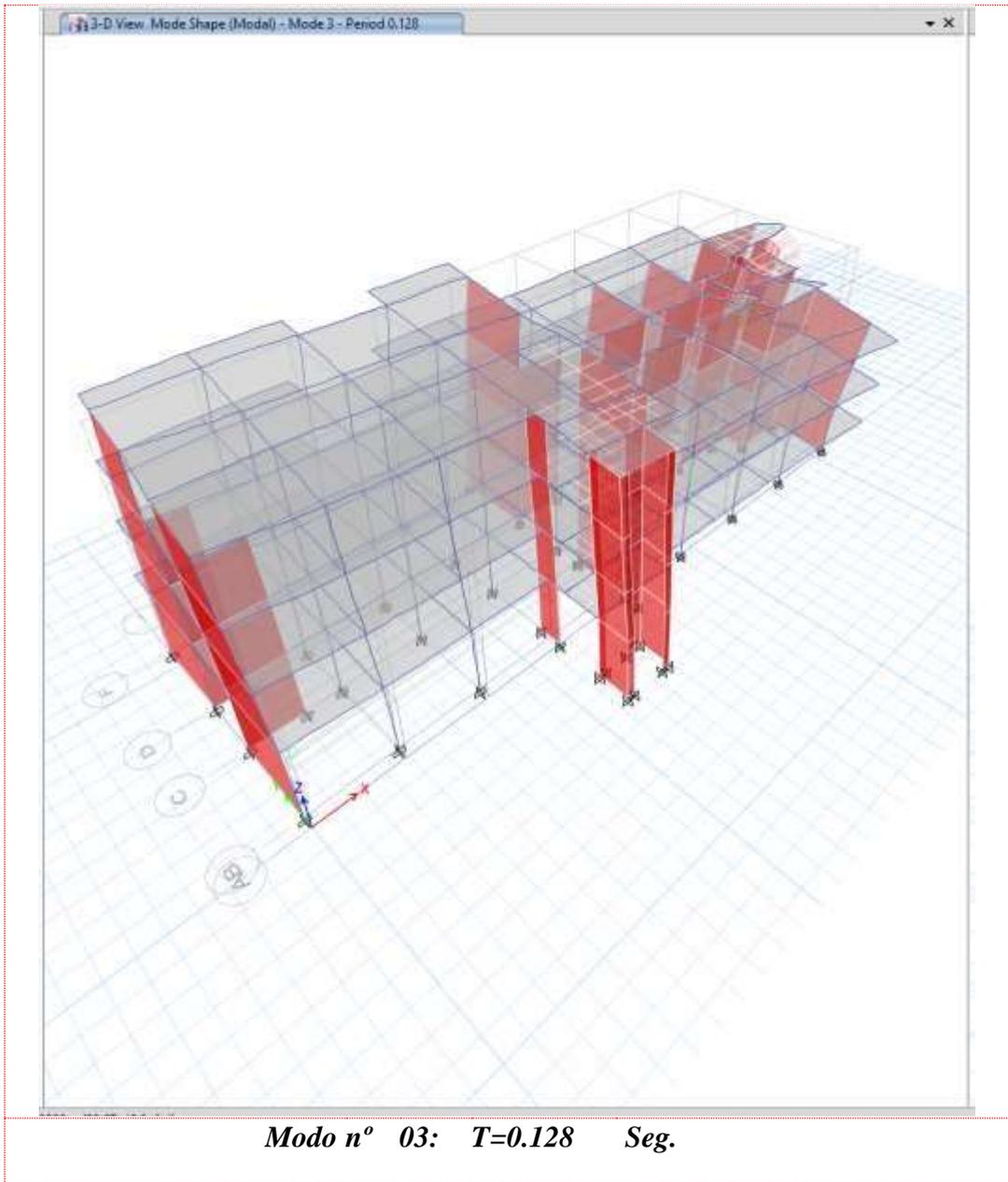
Según el art.18.2.c indica lo siguiente: “En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos 90% de la masa de la estructura, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis”. Indicando que se trabajó con 12 modos de vibración; a continuación, se muestran los tres primeros modos, ya que en el quinto modo recién se alcanza el 90% de la masa de la estructura.



*Modo nº 01: T=0.19 Seg.*



*Modo n° 02: T=0.171 Seg.*



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	
Modal	1	0.189	0.6876	0.0189	0	0.6876	0.0189	0
Modal	2	0.171	0.0182	0.5704	0	0.7058	0.5893	0
Modal	3	0.128	0.0006	0.1917	0	0.7064	0.781	0
Modal	4	0.095	0.1586	0.0001	0	0.865	0.7811	0
Modal	5	0.043	0.0005	0.1577	0	0.8655	0.9388	0
Modal	6	0.04	0.1157	0.0006	0	0.9812	0.9394	0
Modal	7	0.036	0.0004	0.003	0	0.9816	0.9424	0
Modal	8	0.027	0.0014	0.0342	0	0.983	0.9767	0
Modal	9	0.021	0.016	0.0014	0	0.999	0.978	0
Modal	10	0.02	0.0004	0.012	0	0.9994	0.99	0
Modal	11	0.016	0.0006	0.0097	0	0.9999	0.9996	0
Modal	12	0.014	0.0001	0.0004	0	1	1	0

Visualizando los resultados de masa podemos observar que en los 6 primeros modos alcanza el 90 % en dirección X-X, el 90 % en dirección Y-Y.

## Fuerzas Globales

Empleando las expresiones de la norma E030 para el análisis sísmico con fuerzas estáticas equivalentes, se tiene:

Story	Diaphragm	Mass X tonf-e <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-e <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m	Cumulative X tonf-e <sup>2</sup> /m	Cumulative Y tonf-e <sup>2</sup> /m	XCCM m	YCCM m
Story1	D1	37.73444	37.73444	16.7599	5.4155	37.73444	37.73444	16.7599	5.4155
Story2	D2	36.84436	36.84436	16.7195	5.4127	36.84436	36.84436	16.7195	5.4127
Story3	D3	34.48063	34.48063	16.1528	5.3451	34.48063	34.48063	16.1528	5.3451
Story4	D4	14.79958	14.79958	7.9672	5.0787	14.79958	14.79958	7.9672	5.0787

A continuación, se lista la contribución de cada modo a las fuerzas cortantes en la base y momentos de volteo. Los cortantes en la base obtenidos del análisis dinámico deben resultar mayores que 90% en ambas direcciones de los correspondientes cortantes estáticos.

Dir	Z	U	C	S	R	P (Tn)	0.9 V(Tn)
X	0.45	1.5	2.5	1.05	5.25	1,224.67	371.99
Y	0.45	1.5	2.5	1.05	5.25	1,224.67	371.99
<b>Cortante X</b>							
0.9 Cortante estatico:		280.91	tn	2.14	<	1	
Cortante espectral:		600.3052	Tn		Amplificar Espectral		
<b>Cortante Y</b>							
0.9 Cortante estatico:		280.91	tn	1.92	<	1	
Cortante espectral:		539.4436	Tn		Amplificar Espectral		

Del análisis dinámico se obtiene que la cortante en dirección X-X en la base, en el primer calculo no se incrementó el factor puesto que arrojó un valor menor que el 90% del cortante estático. por lo tanto se incrementa (FAD 2.14) el cortante, en tanto en la dirección Y-Y la cortante dinámica el valor arrojó menor que el 90% del cortante estático por lo tanto se incrementó a una escala (FAD 1.92) para cumplir los mínimos señalados, según Norma de Diseño Sismo resistente NTE.030.

### 7.3 Análisis Dinámico

Para edificaciones convencionales, se realiza el análisis dinámico por medio de combinaciones espectrales, mostradas anteriormente dadas por la Norma E.030. De acuerdo a ello, a los parámetros de sitio, y las características de la edificación, se muestran a continuación las señales sísmicas empleadas en el Programa ETABS, para considerar las cargas sísmicas en las direcciones X-X e Y-Y.

#### ✓ Análisis Modal Espectral (X-X e Y-Y)

Response Spectrum Function Definition - From File

Function Name: E030\_2018

Function Damping Ratio: 0.05

Values are:  
 Frequency vs Value  
 Period vs Value

Function File

File Name: C:\Users\PERSONAL\Desktop\TESISTA\ETABS\_2018\E030.txt

Header Lines to Skip: 0

Convert to User Defined View File

Function Graph

The graph displays a red curve on a grid. The y-axis ranges from 0.00 to 3.50 with major ticks every 0.50. The x-axis ranges from 0.00 to 4.00 with major ticks every 0.40. The curve starts at a value of 3.50 for x=0.00, remains constant until approximately x=0.40, then begins to decay. It passes through approximately (0.80, 2.00), (1.20, 1.50), (1.60, 1.20), (2.00, 1.00), (2.40, 0.80), (2.80, 0.60), and ends at approximately (3.20, 0.40).

OK Cancel

## 7.4 Desplazamiento y Distorsiones

La Norma de Diseño Sismorresistente NTE.030 establece que para sistemas estructurales en donde la fuerza sísmica es resistida básicamente pórticos de concreto armado que es de 0.007 para efectos de esta VERIFICACIÓN.

En el siguiente cuadro se presentan las distorsiones de entrepiso.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story4	S MAX X-X Max	X	0.014648
Story4	S MAX Y-Y Max	X	0.00328
Story4	S MAX Y-Y Max	Y	0.007488
Story3	S MAX X-X Max	X	0.006797
Story3	S MAX X-X Max	Y	0.001447
Story3	S MAX Y-Y Max	X	0.00222
Story3	S MAX Y-Y Max	Y	0.007422
Story2	S MAX X-X Max	X	0.005858
Story2	S MAX X-X Max	Y	0.001208
Story2	S MAX Y-Y Max	X	0.002184
Story2	S MAX Y-Y Max	Y	0.006422
Story1	S MAX X-X Max	X	0.003265
Story1	S MAX X-X Max	Y	0.00065
Story1	S MAX Y-Y Max	X	0.001167
Story1	S MAX Y-Y Max	Y	0.003462

Luego, la distorsión máxima que presenta la edificación en la dirección X-X es de 0.01 y en la dirección Y-Y es 0.007 las cuales son menores a 0.007 (Norma E.030 art.15.1) para concreto armado

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm	UY cm
Story4	D4	S MAX X-X Max	7.2627	1.0252
Story4	D4	S MAX Y-Y Max	1.0678	5.1952
Story3	D3	S MAX X-X Max	3.7992	0.5614
Story3	D3	S MAX Y-Y Max	0.5394	2.7989
Story2	D2	S MAX X-X Max	2.39	0.3354
Story2	D2	S MAX Y-Y Max	0.3366	1.6595
Story1	D1	S MAX X-X Max	1.035	0.1403
Story1	D1	S MAX Y-Y Max	0.145	0.6746

Los desplazamientos en dirección X es de 7.26 cm, en dirección Y es 5.19 cm

## **8. Conclusiones**

Del análisis sísmico realizado

**El desplazamiento máximo relativo** en el rango inelástico en la estructura evaluada para un evento sísmico, alcanza un valor máximo de **0.01** de deriva en la dirección X-X, siendo este valor MAYOR a la deriva máxima permisible por la E.030 – 2018 de 0.007 para concreto armado

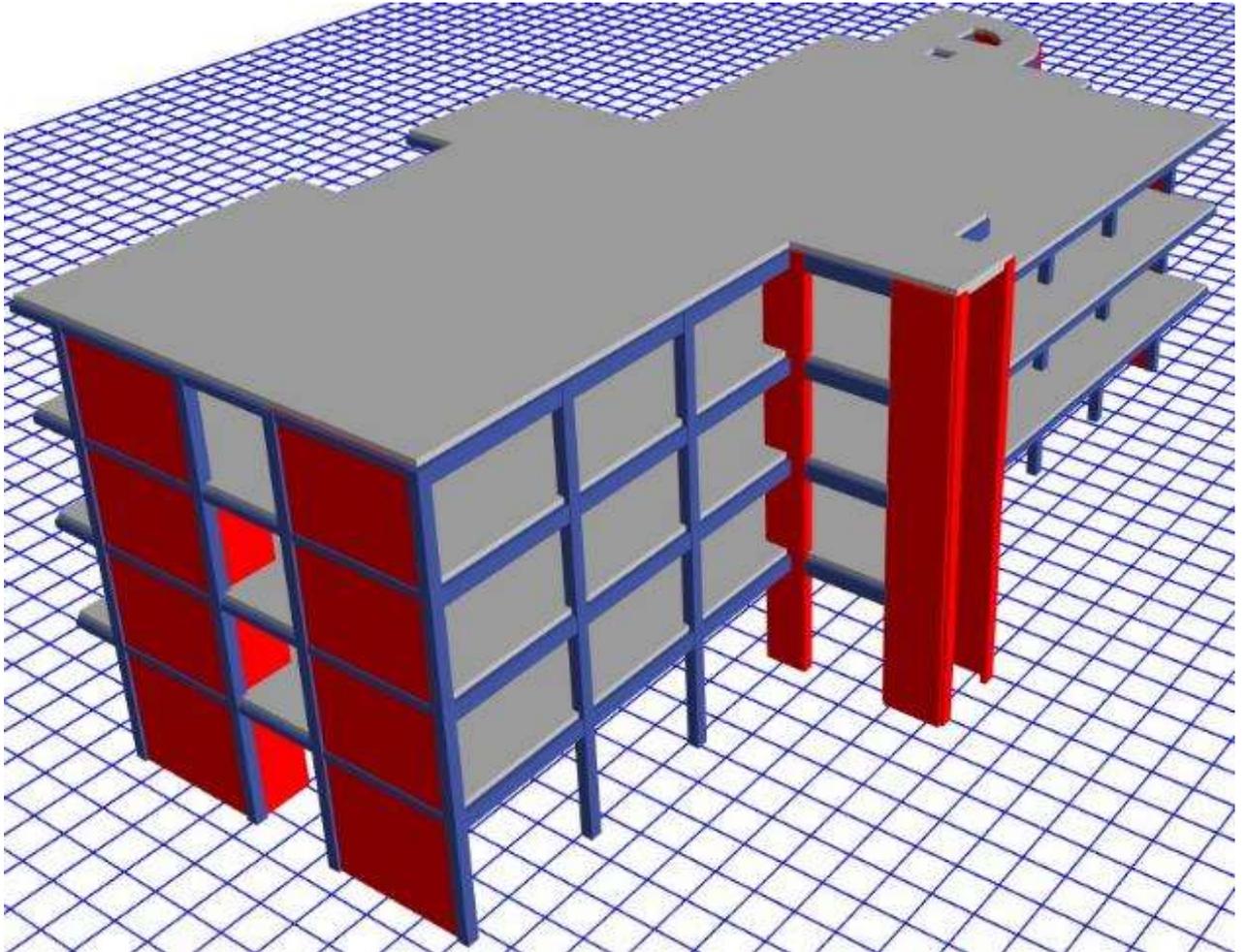
En la dirección Y-Y la deriva máxima es de **0.007**, Menor que la permitida por la Norma E.030 – 2018 de 0.007 para concreto armado

Con esto se concluye que los desplazamientos ocurridos en la dirección X-X, para los niveles de excitación sísmica que demanda la Norma Sismorresistente, **NO son adecuados** según los lineamientos establecidos por la misma.

La presente evaluación es válida para las cargas presentes hasta la fecha de elaboración de este informe, cualquier cambio en las cargas o condiciones de la estructura ameritará una nueva evaluación estructural.

  
EMELI ALTAMIRANO PARDO  
ING. CIVIL  
R. CIP. 126850

**“MEMORIA DE CALCULO PROYECTO  
CLINICA PADRE LUIS TEZZA”**



**TESISTA**

**: ALEXIS PEREZ BARRETO**

**DIRECCIÓN**

**: AV. EL POLO # 570 SANTIAGO  
DE SURCO**

  
EMELI ALTAMIRANO PARDO  
ING. CIVIL  
R. CIP. 126850

**JULIO 2019**

---

# INDICE

1. Generalidades
  - Objetivo
  - Descripción de la Edificación.
  - Normatividad Aplicables.
2. Procedimiento de Evaluación
  - Análisis dinámico
  - Análisis de desplazamientos
  - Verificación de esfuerzos
3. Criterio de la evaluación estructural.
  - Hipótesis de Análisis.
4. Características de la Estructura
  - Resumen de dimensiones
  - Resumen del tipo de refuerzo
  - Propiedades de los materiales
5. Metrado de Cargas
  - Cargas por peso propio
  - Cargas vivas
  - Cargas producidas por Sismo
  - Resumen de Cargas
6. Consideraciones Sísmicas
  - 6.1. Zonificación (Z)
  - 6.2. Parámetros del Suelo (S)
  - 6.3. Factor de Amplificación Sísmica (C)
  - 6.4. Categoría de las edificaciones (U)
  - 6.5. Sistemas Estructurales (R)
  - 6.6. Desplazamientos Laterales Permisibles
  - 6.7. Análisis Dinámico
7. Análisis Sismo- resistente de la Estructura

- 7.1.** Modelo Estructural Adoptado
- 7.2.** Análisis Modal de la Estructura
  - Masas de la estructura
  - Modos de Vibración.
  - Fuerzas Globales.
- 7.3.** Análisis Dinámico
  - Análisis Modal Espectral (X-X e Y-Y)
- 7.4.** Desplazamientos y distorsiones.
  - Desplazamiento del CM.
  - Máximos Desplazamientos.
  - Máximas Distorsiones.

## **8. Conclusiones**

## 1. Generalidades

Objetivo: La finalidad del presente documento es realizar el análisis estructural para el proyecto **MEMORIA DE CALCULO PROYECTO CLINICA PADRE LUIS TEZZA” con AISLADOR SISMICO**

### HIPOTESIS PARA EL DISEÑO

El análisis de cada edificio se hizo con el programa ETABS (version 16.2). Las unidades estructurales fueron analizadas con modelos tridimensionales, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones de fuerzas en su plano. En el análisis se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales. Los muros de albañilería y placas de concreto se modelaron con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando sólo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

El modelo se analizó según los planos estructurales de la edificación existente.

- **Normatividad Aplicables:** Se considera las siguientes normativas para el análisis:
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-020 "Cargas"
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-030 "Diseño Sismo Resistente".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-050 "Suelos y Cimentaciones".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado".
  - Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E-070 "Albañilería"
  - ASTM A 36 Standard Specification for Structural Steel
  - ASTM A 108 Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Cold-Finished Standard Quality
  - ASTM A 325 Standard Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints
  - ASTM A 570 Specifications for Structural Sheet Steel
  - ASTM D 395 Standard Test Methods for Rubber Property - Compression Set
  - ASTM D 412 Standard Test Methods for Rubber Properties in Tension
  - ASTM D 429 Standard Test Methods for Rubber Property - Adhesion to Rigid Substrates
  - ASTM D 518 Standard Test Method for Rubber Deterioration - Surface Cracking
  - ASTM D 573 Standard Test Method for Rubber - Deterioration in an Air Oven
  - ASTM D 624 Standard Test Method for Rubber Properties - Tear Resistance
  - ASTM D 1149 Standard Test Method for Rubber Deterioration - Surface Ozone Cracking in a Chamber (Flat Specimens)
  - ASTM D 1229 Test for Rubber Property - Compression Set at Low Temperature

ASTM D 2137 Test for Rubber property - Brittleness Point  
ASTM D 2240 Standard Test Method for Rubber Property -Durometer Hardness  
ASTM D 3183 Standard Practice for Rubber - Preparation of Pieces for Test Purposes from Products  
ASTM D 4014 Standard Specification for Plain and Steel-Laminated Elastomeric Bearings for Bridges  
ASTM E 4 Standard Practices for Load Verification of Testing Machines  
ASTM E 37 Chemical Methods for the Analysis of Lead

## **2. Procedimiento de Evaluación**

**Análisis dinámico:** A nivel general, se analizará el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas sísmicas mediante un análisis espectral indicado en la Norma correspondiente, con ese propósito se genera un modelo matemático para el análisis respectivo. Este modelo será realizado usando el programa de cálculo de estructuras ETABS.

**Análisis de desplazamientos:** Se analizará los desplazamientos obtenidos en el programa ETABS con los permisibles de la Norma correspondiente.

**Análisis de esfuerzos:** Entre los parámetros que intervienen en el análisis estructural se encuentran la resistencia al corte, flexión, carga axial en vigas y columnas de concreto armado, así como esfuerzos localizados en los elementos de albañilería.

## **3. Criterio de la Evaluación Estructural**

Al tratarse de una edificación con un gran aporte de pórticos de concreto armado en la dirección transversal y muros de albañilería confinada en la dirección longitudinal, se realizará el análisis sísmico, proporcionado por la NTE0.30 y NTE0.70, verificando además que las distorsiones no superen el valor de 0.007 (deriva máxima permitida por la Norma para concreto Armado) y 0.005 (deriva máxima permitida por la Norma para Albañilería).

También, se verificará la resistencia ante la acción de cargas combinadas especificadas por la Norma, de las estructuras más esforzadas de concreto armado.

### **Hipótesis de Análisis**

El análisis de la edificación se hizo con el programa ETABS. Los diversos módulos fueron analizados con modelos tridimensionales, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones en su plano. En el análisis se supuso comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales y los muros de concreto armado y albañilería se modelaron con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aun cuando estas últimas son poco significativas. Los modelos se analizaron considerando solo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no

estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

#### **4. Características de la Estructura**

##### **Propiedades de los Materiales**

##### **Concreto**

- Resistencia a la compresión  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad  $E = 15000 \times \sqrt{210} = 217370$  Kg/cm<sup>2</sup>

##### **Acero**

- Resistencia a la fluencia del acero grado 60  $f_y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>

##### **Albañilería**

- Ladrillos artesanales King Kong.
- Resistencia a la compresión  $f'_m = 65$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad  $E_m = 500f'_m = 32500$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de corte  $G_m = 0.40 E_m = 13,000$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de Poisson = 0.25

#### **5. Metrado de Cargas**

- Cargas por peso propio:** Son cargas provenientes del peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques, y otros elementos que forman parte de la edificación y/o se consideran permanentes.
- Cargas vivas:** Cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles y otros elementos móviles estimados en la estructura.
- Cargas producidas por sismo:** Análisis de cargas estáticas o dinámicas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la norma E.030 de diseño sismorresistente.
- Resumen de cargas**

##### **Cargas Muertas:**

Peso propio muros de albañilería	=	1800	Kg/
Peso propio piso terminado	=	120	Kg/
Peso de tabiquería	=	100	Kg/

##### **Cargas Vivas:**

Sobrecarga	=	300 Kg/m <sup>2</sup> (CLINICA)
Sobrecarga de ultimo nivel	=	200 Kg/m <sup>2</sup>

##### **Cargas de Sismo:**

Según Norma Peruana	=	(ZUCS.g) /R
---------------------	---	-------------

## **6. Consideraciones Sísmicas**

Las consideraciones adoptadas para poder realizar un análisis dinámico de la edificación son tomadas mediante movimientos de superposición espectral, es decir, basado en la utilización de periodos naturales y modos de vibración que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

Entre los parámetros de sitio usados y establecidos por las Normas de Estructuras tenemos:

### **6.1 Zonificación (Z)**

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características esenciales de los movimientos sísmicos, la atenuación de estos con la distancia y la información geotécnica obtenida de estudios científicos.

De acuerdo a lo anterior la Norma E-0.30 de diseño sismo-resistente asigna un factor “Z” a cada una de las 4 zonas del territorio nacional. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Para el presente estudio, la zona en la que está ubicado el proyecto corresponde a la zona 4 y su factor de zona Z será 0.45.

### **6.2 Parámetros del Suelo (S)**

Para los efectos de este estudio, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Para efectos de la aplicación de la norma E-0.30 de diseño sismorresistente se considera que el perfil de suelo en esa zona es de tipo intermedio (S2), el parámetro  $T_p$  y  $T_L$  asociado con este tipo de suelo es de:  $T_p=0.60$  seg y  $T_L=2.0$  seg. y el factor de amplificación del suelo se considera  $S= 1.05$

### **6.3 Factor de amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$T < T_p \quad C=2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \times (T_p/T)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \times (T_p * T_L / T^2)$$

#### 6.4 Categoría de las edificaciones (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, como esta edificación es usada para Vivienda, la norma establece un factor de importancia  $U = 1.0$  que es el que se tomará para este análisis.

#### 6.5 Sistemas estructurales (R)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección. De acuerdo a la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica (R).

#### 6.6 Desplazamientos Laterales Permisibles

Se refiere al máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según un análisis lineal elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente R.

#### 6.7 Análisis Dinámico

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \underline{ZUCS_x} g R$$

ZONA:	Z4	Zona 4
Z=	0.45	
Tipo de suelo:	S1	
S=	1	roca dura o suelos muy rigidos
Tp=	0.4	
TL=	2.5	
U=	1	Edificacion Esencial
<b>Factor de ductilidad</b>		
Rx=	7.00	Sistema Dual
Ry=	7.00	Sistema Dual
Edificacion Irr	Si	
Rdx=	5.25	Correcion por irregularidad
Rdy=	5.25	Correcion por irregularidad

## **7. Análisis Sismorresistente de la Estructura**

De acuerdo a los procedimientos señalados y tomando en cuenta las características de los materiales y cargas que actúan sobre la estructura e influyen en el comportamiento de la misma ante las solicitaciones sísmicas, se muestra a continuación el análisis realizado para la obtención de estos resultados.

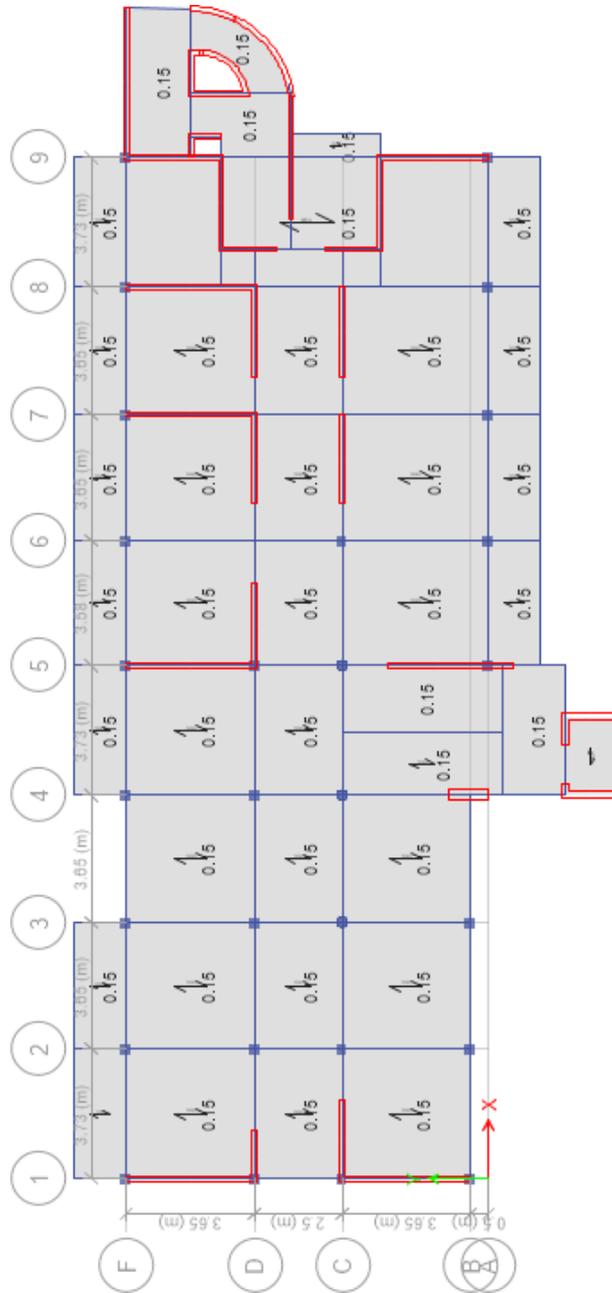
### **7.1 Modelo Estructural Adoptado**

El comportamiento dinámico de las estructuras se determina mediante la generación de modelos matemáticos que consideren la contribución de los elementos estructurales tales como vigas y columnas en la determinación de la rigidez lateral de cada nivel de la estructura. Las fuerzas de los sismos son del tipo inercial y proporcional a su peso, por lo que es necesario precisar la cantidad y distribución de las masas en la estructura.

La estructura ha sido analizada con losa supuesta como rígidas frente a las acciones en su plano en todos sus niveles. Los apoyos han sido considerados como empotrados al suelo.

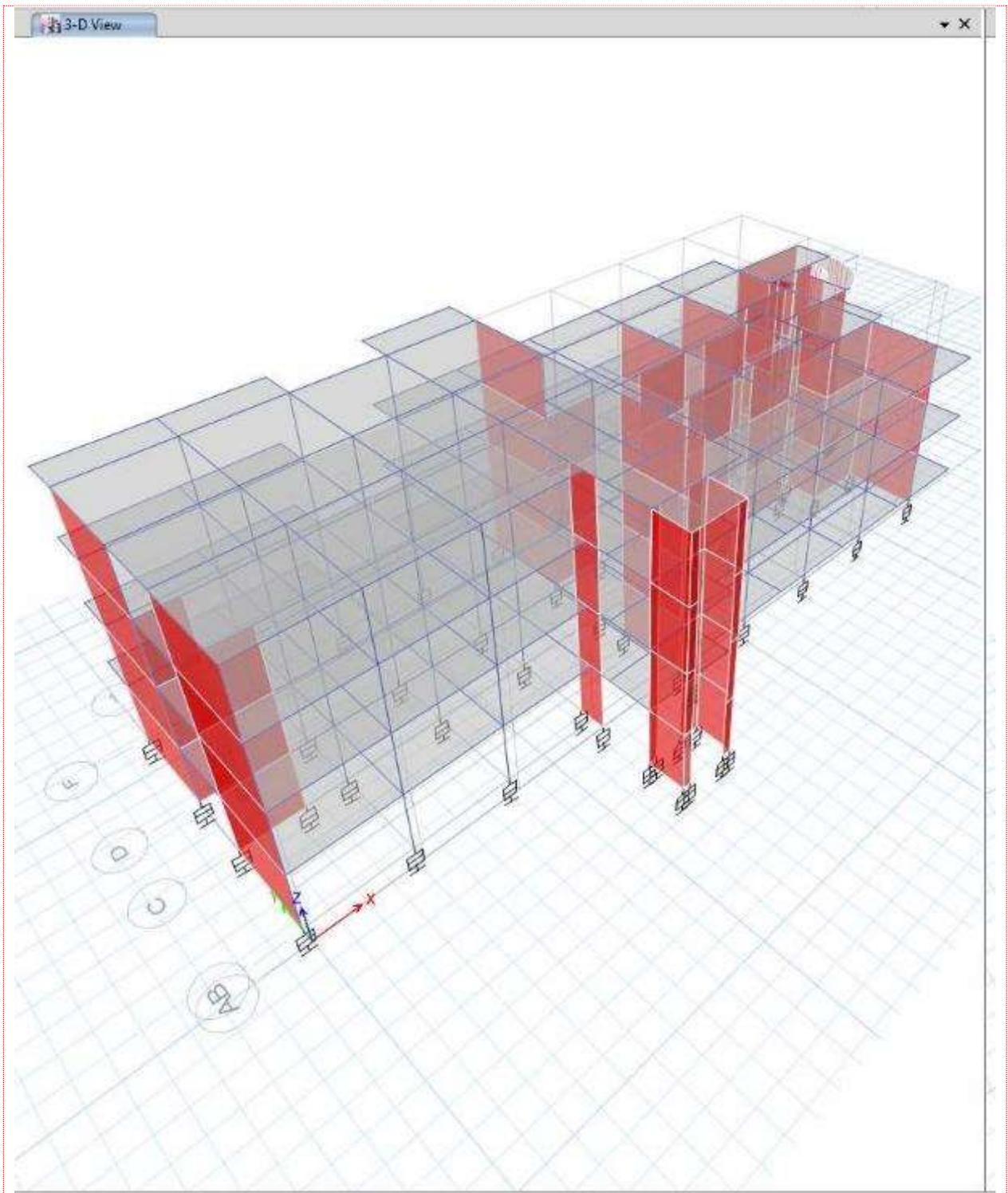
Las cargas verticales se evaluaron conforme a la Norma E-0.20. Los pesos de los elementos de concreto armado (viga, columnas, losa etc.) se estimaron considerando  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Y para el piso terminado la carga fue  $120 \text{ kg/m}^2$ . La carga viva se consideró  $200 \text{ Kg/m}^2$  en el primer nivel, en el último nivel donde se consideró una sobrecarga de  $200 \text{ Kg/m}^2$

El modelo estructural para evaluar el comportamiento dinámico de la edificación se presenta en las Figuras siguientes.



**PLANTA**

**Figura 1.** Modelo estructural-vista en planta.



**VISTA TRIDIMENSIONAL**

## 7.2 Análisis Modal de la Estructura

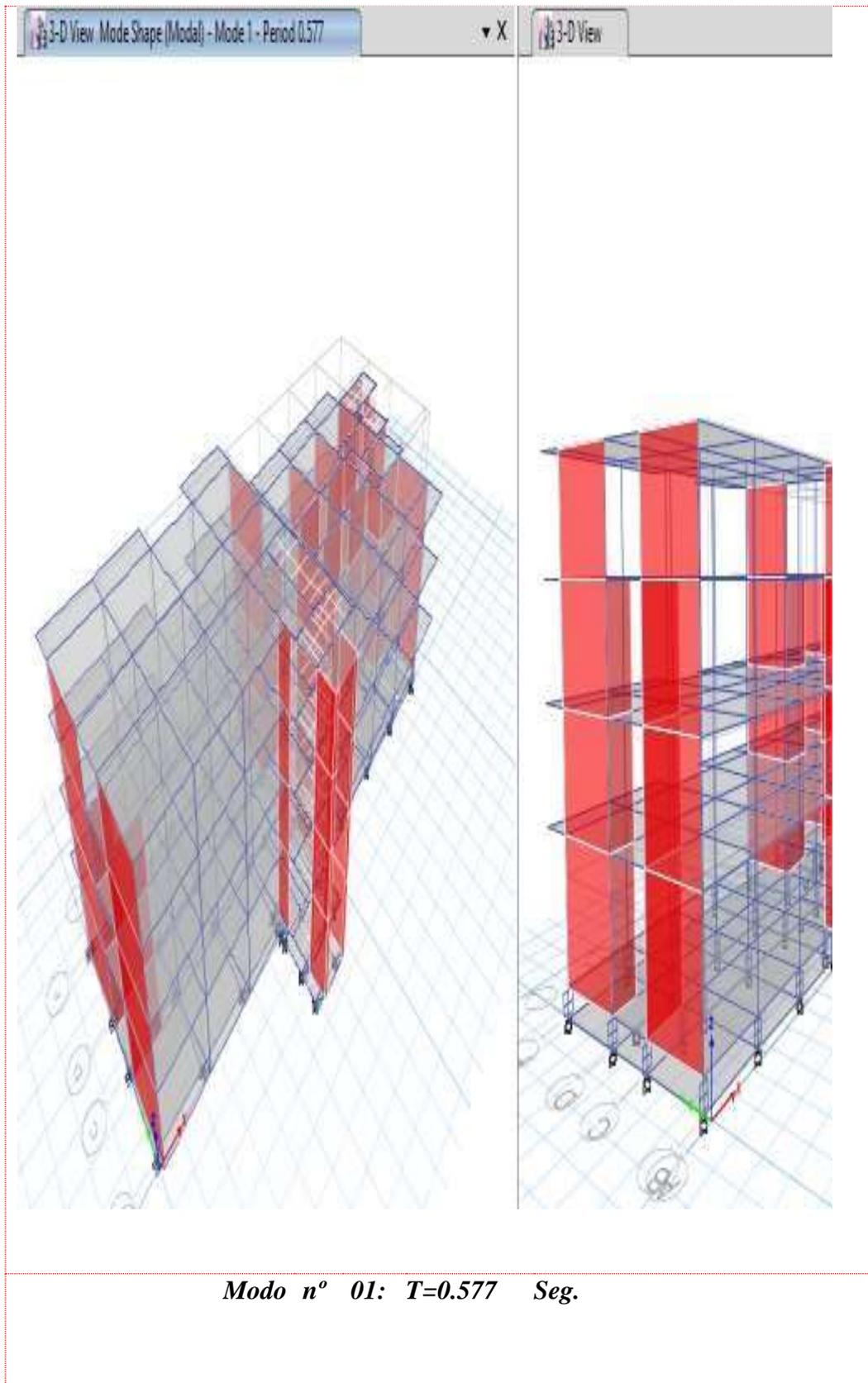
- ✓ **Masas de la estructura:** Según los lineamientos de la Norma de Diseño Sismo Resistente NTE E.030, que forma parte del RNE, y considerando las cargas mostradas anteriormente, se realizó el análisis modal de la estructura total. Para efectos de este análisis el peso de la estructura consideró el 100% de la carga muerta y únicamente el 50 % de la carga viva, por tratarse de una edificación común tipo A.

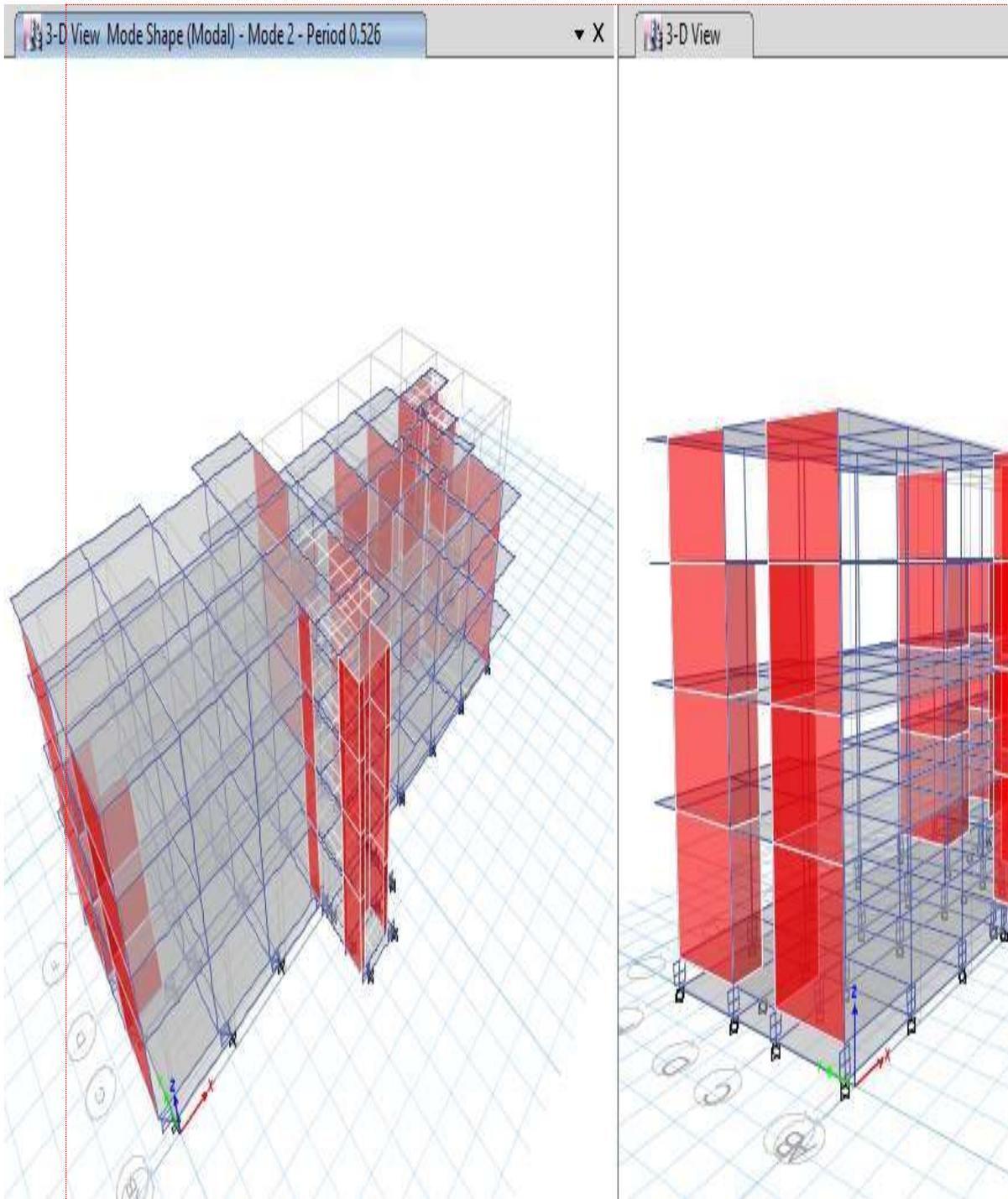
Load Pattern	Multiplier
LIVE	.5
DEAD	1
LIVE	5

En la tabla siguiente se indican las masas en cada nivel, la posición del centro de masas y del centro de rigidez (basándose en la distribución de fuerzas en altura resultante del análisis modal).

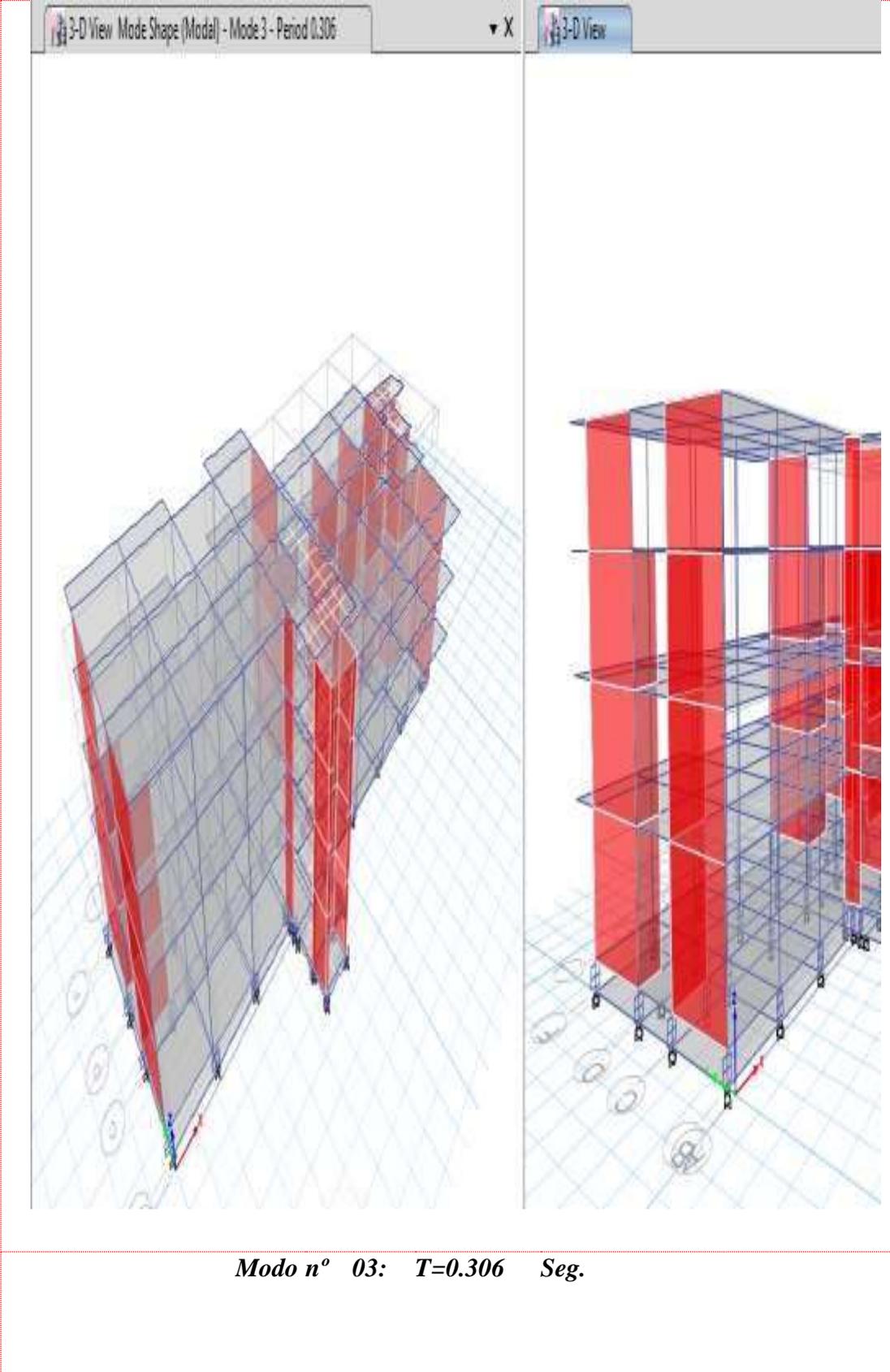
## Modos de vibración

Según el art.18.2.c indica lo siguiente: “En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos 90% de la masa de la estructura, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis”. Indicando que se trabajó con 12 modos de vibración; a continuación, se muestran los tres primeros modos, ya que en el quinto modo recién se alcanza el 90% de la masa de la estructura.





**Modo n° 02:  $T=0.526$  Seg.**



Modal Participating Mass Ratios									
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	
Modal	1	0.577	0.0072	0.711	0	0.0072	0.711	0	
Modal	2	0.526	0.8839	0.0098	0	0.8911	0.7208	0	
Modal	3	0.306	0.0901	0.2625	0	0.9812	0.9833	0	
Modal	4	0.139	0.0104	0.0088	0	0.9917	0.9921	0	
Modal	5	0.135	0.0045	0.0012	0	0.9961	0.9933	0	
Modal	6	0.098	0.0003	0.0054	0	0.9964	0.9987	0	
Modal	7	0.083	0.0033	0.0012	0	0.9998	0.9998	0	
Modal	8	0.038	8.749E-06	0.0001	0	0.9998	0.9999	0	
Modal	9	0.037	0.0002	4.899E-05	0	1	1	0	
Modal	10	0.034	0	0	0	1	1	0	
Modal	11	0.034	6.317E-06	4.526E-06	0	1	1	0	
Modal	12	0.032	8.091E-06	3.515E-06	0	1	1	0	

Visualizando los resultados de masa podemos observar que en los 3 primeros modos alcanza el 90 % en dirección X-X, el 90 % en dirección Y-Y.

## Fuerzas Globales

Empleando las expresiones de la norma E030 para el análisis sísmico con fuerzas estáticas equivalentes, se tiene:

Centers of Mass and Rigidity									
Diaphragm	Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m	Cumulative X tonf-s <sup>2</sup> /m	Cumulative Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCCM m	YCCM m	
D1	38.12381	38.12381	16.7133	5.325	38.12381	38.12381	16.7133	5.325	
D2	37.20356	37.20356	16.6754	5.327	37.20356	37.20356	16.6754	5.327	
D3	34.83983	34.83983	16.1115	5.2543	34.83983	34.83983	16.1115	5.2543	
D4	14.79958	14.79958	7.9672	5.0787	14.79958	14.79958	7.9672	5.0787	

A continuación, se lista la contribución de cada modo a las fuerzas cortantes en la base y momentos de volteo. Los cortantes en la base obtenidos del análisis dinámico deben resultar mayores que 90% en ambas direcciones de los correspondientes cortantes estáticos.

Dir	Z	U	C	S	R	P (Tn)	0.9 V(Tn)
X	0.45	1.5	2.5	1.05	5.25	1,224.67	371.99
Y	0.45	1.5	2.5	1.05	5.25	1,224.67	371.99
<b>Cortante X</b>							
0.9 Cortante estatico:		371.99	tn	1.83	<	1	
Cortante espectral:		202.8684	Tn		Amplificar Espectral		
<b>Cortante Y</b>							
0.9 Cortante estatico:		371.99	tn	1.97	<	1	
Cortante espectral:		188.5574	Tn		Amplificar Espectral		

Del análisis dinámico se obtiene que la cortante en dirección X-X en la base, en el primer calculo no se incrementó el factor puesto que arrojó un valor menor que el 90% del cortante estático. por lo tanto se incrementa (FAD 1.83) el cortante, en tanto en la dirección Y-Y la cortante dinámica el valor arrojó menor que el 90% del cortante estático por lo tanto se incrementó a una escala (FAD 1.97) para cumplir los mínimos señalados, según Norma de Diseño Sismo resistente NTE.030.

### 7.3 Análisis Dinámico

Para edificaciones convencionales, se realiza el análisis dinámico por medio de combinaciones espectrales, mostradas anteriormente dadas por la Norma E.030. De acuerdo a ello, a los parámetros de sitio, y las características de la edificación, se muestran a continuación las señales sísmicas empleadas en el Programa ETABS, para considerar las cargas sísmicas en las direcciones X-X e Y-Y.

#### ✓ Análisis Modal Espectral (X-X e Y-Y)

## Response Spectrum ASCE 7-10 Function Definition

Function Name:

Function Damping Ratio:

---

**Parameters**

Ss and S1 from USGS -

Site Latitude (degrees)

Site Longitude (degrees)

Site Zip Code (5-Digits)

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa

Site Coefficient, Fv

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) \* Fa \* Ss

SD1 = (2/3) \* Fv \* S1

**Function Graph**

**Function Points**

Period	Acceleration
0	0.5676
0.2133	1.419
1.0667	1.419
1.2	1.2613
1.4	1.0811
1.6	0.946
1.8	0.8409
2	0.7568
2.5	0.4844
3	0.3364

**Plot Options**

Linear X - Linear Y

Linear X - Log Y

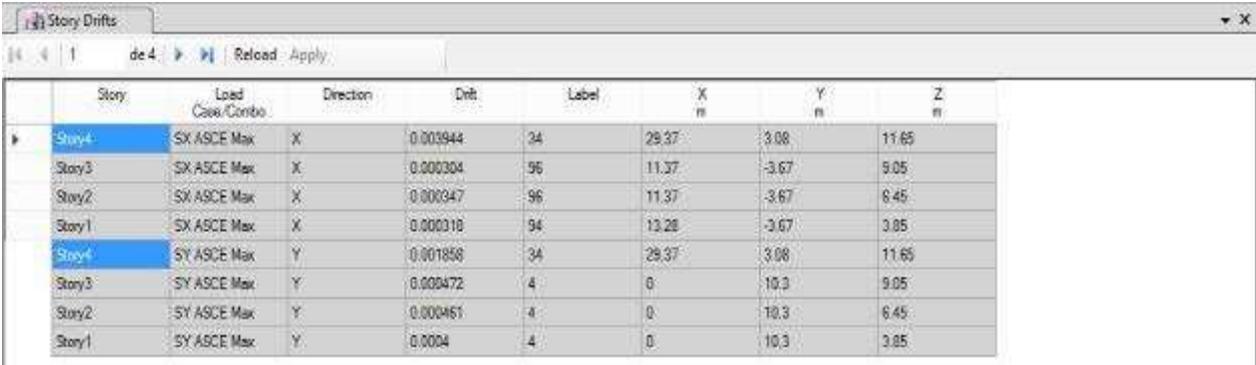
Log X - Linear Y

Log X - Log Y

## 7.4 Desplazamiento y Distorsiones

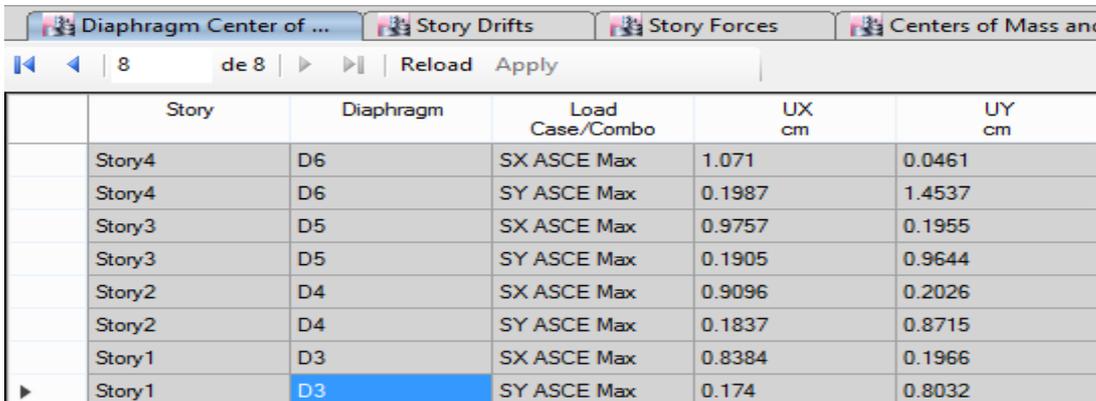
La Norma de Diseño Sismorresistente NTE.030 establece que para sistemas estructurales en donde la fuerza sísmica es resistida básicamente pórticos de concreto armado que es de 0.007 para efectos de esta VERIFICACIÓN.

En el siguiente cuadro se presentan las distorsiones de entrepiso.



Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Story4	SX ASCE Max	X	0.003944	34	29.37	3.08	11.65
Story3	SX ASCE Max	X	0.003304	96	11.37	-3.67	9.05
Story2	SX ASCE Max	X	0.003347	96	11.37	-3.67	6.45
Story1	SX ASCE Max	X	0.003318	94	13.28	-3.67	3.85
Story4	SY ASCE Max	Y	0.001858	34	29.37	3.08	11.65
Story3	SY ASCE Max	Y	0.003472	4	0	10.3	9.05
Story2	SY ASCE Max	Y	0.004651	4	0	10.3	6.45
Story1	SY ASCE Max	Y	0.0054	4	0	10.3	3.85

Luego, la distorsión máxima que presenta la edificación en la dirección X-X es de 0.003 y en la dirección Y-Y es 0.001 las cuales son menores a 0.007 (Norma E.030 art.15.1) para concreto armado



Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm	UY cm
Story4	D6	SX ASCE Max	1.071	0.0461
Story4	D6	SY ASCE Max	0.1987	1.4537
Story3	D5	SX ASCE Max	0.9757	0.1955
Story3	D5	SY ASCE Max	0.1905	0.9644
Story2	D4	SX ASCE Max	0.9096	0.2026
Story2	D4	SY ASCE Max	0.1837	0.8715
Story1	D3	SX ASCE Max	0.8384	0.1966
Story1	D3	SY ASCE Max	0.174	0.8032

Los desplazamientos en dirección X es de 1.07 cm, en dirección Y es 1.45 cm

## **8. Conclusiones**

Del análisis sísmico realizado

**El desplazamiento máximo relativo** en el rango inelástico en la estructura evaluada para un evento sísmico, alcanza un valor máximo de **0.003** de deriva en la dirección X-X, siendo este valor menor a la deriva máxima permisible por la E.030 – 2018 de 0.007 para concreto armado. En la dirección Y-Y la deriva máxima es de **0.001**, Menor que la permitida por la Norma E.30 – 2018 de 0.007 para concreto armado.

Con esto se concluye que los desplazamientos ocurridos en la dirección X-X, para los niveles de excitación sísmica que demanda la Norma Sismorresistente, **son adecuados** según los lineamientos establecidos por la misma.

Se recomienda que Toda propuesta técnica deberá contener la siguiente información sin ser limitativa:

- Propiedades mecánicas de los materiales propuestos (caucho, acero, etc.)
- Esta deberá incluir la geometría detallada del dispositivo, su ley constitutiva nominal, desplazamientos nominales y la verificación de los factores de seguridad

La presente evaluación es válida para las cargas presentes hasta la fecha de elaboración de este informe, cualquier cambio en las cargas o condiciones de la estructura ameritará una nueva evaluación estructural.

  
EMELI ALTAMIRANO PARDO  
ING. CIVIL  
R. CIP. 126850

**ANEXO N°6**  
**HOJA DE CALCULO**

## CALCULO DE AISLADOR (PARAMETROS ASCE)

FACTOR "Z" PARA SISMO MAXIMO (MCE)

$$Z_{MCE} = 1.5 Z_{EDIF}$$

$$Z_{MCE} = 0.675$$

FACTOR "Z" PARA EDIFICACION (DBE)

$$Z_{MCE} = 0.45$$

PERIODO EFECTIVO INICIAL

$$T_M = 2.5 \text{ SEG}$$

$$T_{EMPOTRADO} = 0.3 \text{ SEG}$$

$$T_M = 3 T_{EMPOTRADO}$$

$$T_M = 0.9 \text{ SEG}$$

AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO INICIAL

$$B_m = 15 \%$$

DESPLAZAMIENTO MAXIMO LATERAL

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

$$D''_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}}$$

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

$$S_{M1} = 0.946$$

$$T_M = 1.316$$

$$B_M = 1.3$$

$$\pi = 3.14159265$$

$$\pi^2 = 9.8696044$$

$$D''_M = 0.2355$$

$$T/T_M = 0.1443769$$

$$T = 0.19$$

$$D_M = 0.2380$$

$$D_M = 0.2380 \text{ m}$$

DONDE:

$$S_{m1} = Z_{(MCE)} UCS$$

Amortiguamiento efectivo $\beta_e$ o $\beta_M$ (como % de amortiguamiento critico)	Factor $B_M$ o $B_M$
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

DESPLAZAMIENTO MAXIMO TOTAL

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

$$Y = 20 \text{ m}$$

$$D_M = 0.237964922$$

$$e = 1.4685$$

$$b = 10.3 \text{ m}$$

$$d = 29.37 \text{ m}$$

Distancia del centro de rigidez de todos los aisladores hasta mas alejado  
 Desplazamiento maximo lateral  
 Excentricidad en planta  
 Distancia mas corta en planta de la edificacion  
 Distancia mas larga en planta de la edificacion

$$D_{TM} = 0.3245 \text{ m}$$

### CARGA AXIAL ULTIMA

$$P_{U\ max}=1.5\ CM + 1.25\ CV$$

$$P_{U\ max} = 3100\ KN$$

### DIAMETRO DEL AISLADOR

$$D_A = 1.5\ D_{TM}$$

o

$$D_A = \frac{D_{TM}}{G}$$

$$D_{TM} = 0.32454435$$

$$0.48$$

$$D_A = 0.49$$

$$D_A = 0.7$$

O

$$D_A = 700\ mm$$

DONDE

$$G = 8\ Mpa$$

ESFUERZO PERMISIBLE

### CALCULO DE Qd

$$Qd = (3\% \text{ al } 10\%)w_{aistador}$$

$$\begin{array}{lll} w_{aistador} & 3100\ kn & \text{carga axial tributaria maxima} \\ \text{porcentaje} & 10\% & \\ Qd & 210\ kn & \end{array}$$

### DIAMETRO DEL NUCLEO DE PLOMO

$$D_N = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1.10Qd}{Gy}}$$

$$Gy = 10\ Mpa$$

$$Qd = 210\ kn$$

$$\pi = 3.141592654$$

N/MM2

$$D_N = 0.205\ m$$

### ALTURA DEL AISLADOR

$$H_A = \frac{D_{TM}}{2.50}$$

$$D_{TM} = 0.32454435\ m$$

$$H_A = 0.13\ m$$

$$H_A = 0.43\ m$$

## RIGIDEZ EFECTIVA

$$K_d = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(D_A^2 - D_N^2)G}{H_A}$$

G	0.7 MPA
$H_A$	0.43
$\pi$	3.14
$D_A$	0.49 m
$D_N$	0.205 m
$K_d$	4200.00 kN/m
$K_d$	4.200 kN/mm

DONDE:

G= 0.4 a 0.7 Mpa

$$K_{eff} = \frac{Qd}{D_{TM}} + K_d$$

$K_d$	4200 KN/m	
Qd	210.00 KN	
$D_{TM}$	0.32 m	
$K_{eff}$	4847.06 KN/m	4.847 kn/mm
$K_{eff}$	4.878 kn/mm	493.841 ton/m

## AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO( 10% AL 20%)

$$B_{eff} = \frac{4Qd(D_{TM} - \frac{F_y}{10K_d})}{2\pi \cdot K_{eff} \cdot D_{TM}^2}$$

Qd	210 KN	$F_y = 1.10Qd$
$\pi$	3.141592654	$F_y = 231$ KN
$K_{eff}$	4847.06 kN/m	
$D_{TM}$	0.32 m	
$K_d$	4200 kN/m	
$B_{eff}$	0.1520145	
$B_{eff}$	15%	

**RESULTADOS DEL AISLADOR**

**Maximo desplazamiento**

Tipo	direccion	maximo cm	DTM cm
AISLADOR	X	19.8814	32.245
AISLADOR	Y	29.0426	32.245

permitido  
permitido

**Fuerza cortante**

Tipo	Rigidez X KN/mm	Rigidez y KN/mm	Rigidez de cada aislador	Rigidez Eff KN/mm
AISLADOR(x-x)	252.53056	170.92454	3.885	4.879
AISLADOR(y-y)	229.3793	217.27587	3.529	4.879

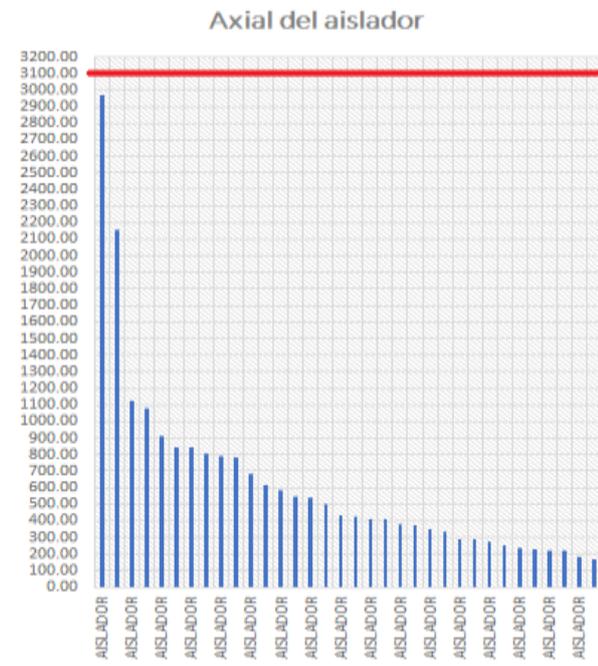
permitido  
permitido

**Fuerza cortante**

Story	direccion	Location	VX	VY
			tonf	tonf
AISLADOR	X	Bottom	202.8684	48.1283
AISLADOR	Y	Bottom	48.1283	188.5574

**Axial del aislador**

Tipo	P kN	
AISLADOR	2965.08	compresion
AISLADOR	2153.83	compresion
AISLADOR	1121.89	compresion
AISLADOR	1074.91	compresion
AISLADOR	911.16	compresion
AISLADOR	846.87	compresion
AISLADOR	846.35	compresion
AISLADOR	806.37	compresion
AISLADOR	792.03	compresion
AISLADOR	784.14	compresion
AISLADOR	685.83	compresion
AISLADOR	615.98	compresion
AISLADOR	585.49	compresion
AISLADOR	547.50	compresion
AISLADOR	537.86	compresion
AISLADOR	499.79	compresion
AISLADOR	433.76	compresion
AISLADOR	423.64	compresion
AISLADOR	413.92	compresion
AISLADOR	413.41	compresion
AISLADOR	379.76	compresion
AISLADOR	369.63	compresion
AISLADOR	350.53	compresion
AISLADOR	336.08	compresion
AISLADOR	288.40	compresion
AISLADOR	286.41	compresion
AISLADOR	273.61	compresion
AISLADOR	253.09	compresion
AISLADOR	236.78	compresion
AISLADOR	228.47	compresion
AISLADOR	224.25	compresion
AISLADOR	217.75	compresion
AISLADOR	182.22	compresion
AISLADOR	169.04	compresion
MAX .PER	3100.00	compresion



**PARAMETROS SISMICOS**

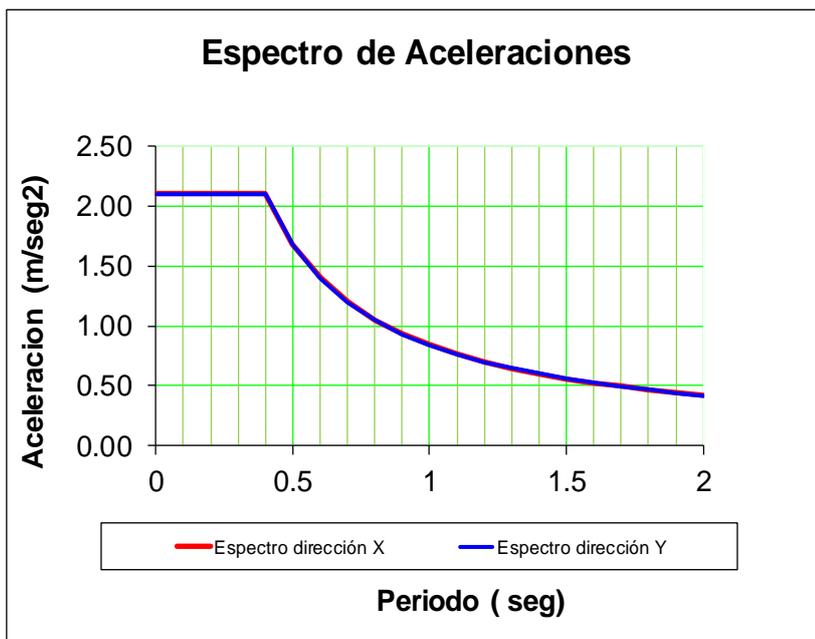
Z=	0.4	Zona 3
U=	1.5	Edificacion esencial
S=	1	Roca o suelo rigido
Tp=	0.4	
Rx=	7.00	Sistema dual muros y porticos
Ry=	7.00	Sistema dual muros y porticos
Rdx=	7.00	Correccion por irregularidad
Rdy=	7.00	Correccion por irregularidad

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

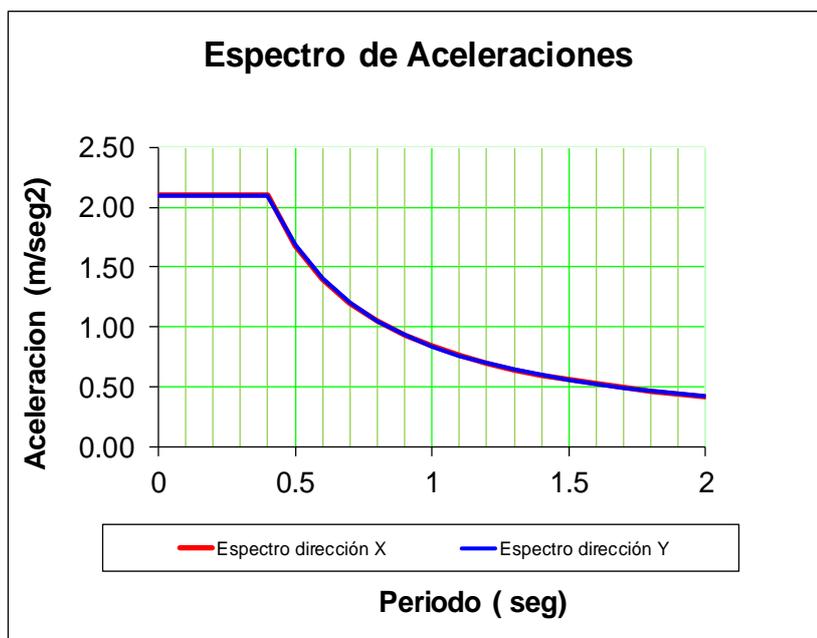
Aceleracion de la gravedad:

g= 9.8

T	Sx (m/s <sup>2</sup> )
0.00	2.1000
0.10	2.1000
0.20	2.1000
0.30	2.1000
0.40	2.1000
0.50	1.6800
0.60	1.4000
0.70	1.2000
0.80	1.0500
0.90	0.9333
1.00	0.8400
1.10	0.7636
1.20	0.7000
1.30	0.6462
1.40	0.6000
1.50	0.5600
1.60	0.5250
1.70	0.4941
1.80	0.4667
1.90	0.4421
2.00	0.4200



T	Sy (m/s <sup>2</sup> )
0.00	2.1000
0.10	2.1000
0.20	2.1000
0.30	2.1000
0.40	2.1000
0.50	1.6800
0.60	1.4000
0.70	1.2000
0.80	1.0500
0.90	0.9333
1.00	0.8400
1.10	0.7636
1.20	0.7000
1.30	0.6462
1.40	0.6000
1.50	0.5600
1.60	0.5250
1.70	0.4941
1.80	0.4667
1.90	0.4421
2.00	0.4200



**RESULTADO DE RIGIDEZ**

Cant. Pisos	Direccion	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	X	36917.501	55962.562
piso 3	X	170299.827	181717.425
piso 2	X	255835.041	269639.604
piso 1	X	425815.121	410867.191

Cant. Pisos	Direccion	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	Y	28438.756	70990.387
piso 3	Y	105159.755	174278.071
piso 2	Y	145874.298	264319.19
piso 1	Y	240189.118	446206.465

**RESULTADO DE CORTANTE POR PISO**

Cant. Pisos	Direccion	VX tonf	VY tonf
piso 4	X	58.6216	8.4878
piso 3	X	121.3979	18.6152
piso 2	X	165.9381	25.1943
piso 1	X	190.3825	28.0893

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Cant. Pisos	Direccion	VX tonf	VY tonf
piso 4	Y	8.6293	50.8149
piso 3	Y	18.5989	109.5264
piso 2	Y	25.0772	149.0416
piso 1	Y	28.0893	171.0705

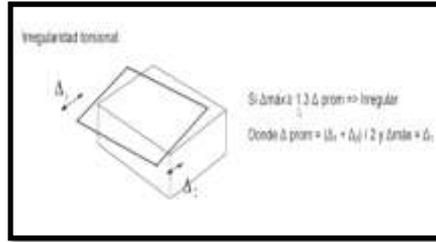
**RESULTADO DE DERIVAS POR PISO**

Cant. Pisos	Direccion	H(m)	DERIVAS ELASTICAS	DERIVAS INELASTICAS
piso 4	X	12	0.000885	0.004644
piso 3	X	9	0.000410	0.002151
piso 2	X	6	0.000354	0.001860
piso 1	X	3	0.000197	0.001035

Cant. Pisos	Direccion	H(m)	DERIVAS ELASTICAS	DERIVAS INELASTICAS
piso 4	Y	12	0.000452	0.002375
piso 3	Y	9	0.000448	0.002354
piso 2	Y	6	0.000388	0.002037
piso 1	Y	3	0.000209	0.001098

Tabla N° 8	
LIMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO	
Estos limites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	( Δ / h )
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañileria	0,005
Madera	0,010

RESULTADO DE IRREGULARIDAD TORSIONAL POR PISO



Cant. Pisos	h(m)	Direccion	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	X	0.00035	0.000344	0.00030	0.00031	0.0003038	1.004	REGULAR
piso 3	9	X	0.00126	0.001259	0.00021	0.00021	0.0002070	1.001	REGULAR
piso 2	6	X	0.00074	0.000741	0.00017	0.00017	0.0001706	0.999	REGULAR
piso 1	3	X	0.00032	0.000315	0.00013	0.00013	0.0001262	0.998	REGULAR

Cant. Pisos	h(m)	Direccion	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	Y	0.000335	0.000322	0.00017	0.00016	0.0001645	0.981	REGULAR
piso 3	9	Y	0.000838	0.000806	0.00023	0.00022	0.0002276	0.979	REGULAR
piso 2	6	Y	0.001419	0.001363	0.00023	0.00023	0.0002300	0.979	REGULAR
piso 1	3	Y	0.002006	0.001926	0.00080	0.00077	0.0007864	0.980	REGULAR

RESULTADO DE ACELERACION POR PISO

Cant. Pisos	Direccion	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	X	1.8558	4.242	2.6729
piso 3	X	2.2347	2.9703	1.9908
piso 2	X	2.0293	2.2396	1.4609
piso 1	X	1.5215	1.3062	1.0571

Cant. Pisos	Direccion	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	Y	1.2372	2.828	1.7819
piso 3	Y	1.4898	1.9802	1.3272
piso 2	Y	1.3529	1.4931	0.9739
piso 1	Y	1.0143	0.8708	0.7047

RESULTADO DE PERIODO DE LA ESTRUCTURA

Case	Mode	Period sec
Modal	1	0.19
Modal	2	0.171
Modal	3	0.128
Modal	4	0.096
Modal	5	0.043
Modal	6	0.04
Modal	7	0.036
Modal	8	0.034
Modal	9	0.034
Modal	10	0.027
Modal	11	0.025
Modal	12	0.025

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left( \sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2 \right)}{\left( g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i \right)}}$$

RESULTADOS (NORMA E-030 -2018)

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2018)

SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES

FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z
	ZONA 4	0.45

FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	TP	TL
	S1	Roca o Suelos Muy Rigidos	1.00	0.40	2.50

FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES
	A1 Edificacion Esencial	1.50	Zona 4 y 3 aislamiento sismico obligatorio

FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL	Ro
	DIR X-X	Sistema dual	7
	DIR Y-Y	Sistema dual	7

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2018)

SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES

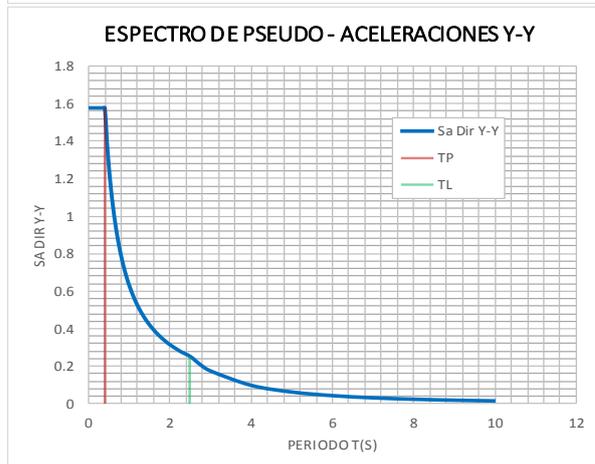
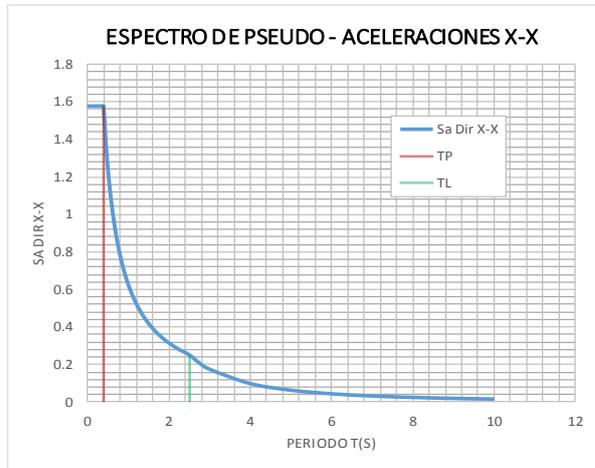
RESUMEN

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	Ro	7	7
U	1.50	Ia	1.00	1.00
S	1.00	Ip	1.00	1.00
TP	0.40	R	7	7
TL	2.50	g		

$$S_n = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

$T < T_n \quad C = 2.5$   
 $T_n < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_n}{T}\right)$   
 $T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_n}{T}\right)^2$

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	2.365	2.365
2.50	0.02	2.365	2.365
2.50	0.04	2.365	2.365
2.50	0.06	2.365	2.365
2.50	0.08	2.365	2.365
2.50	0.10	2.365	2.365
2.50	0.12	2.365	2.365
2.50	0.14	2.365	2.365
2.50	0.16	2.365	2.365
2.50	0.18	2.365	2.365
2.50	0.20	2.365	2.365
2.50	0.25	2.365	2.365
2.50	0.30	2.365	2.365
2.50	0.35	2.365	2.365
2.50	0.40	2.365	2.365
2.22	0.45	2.102	2.102
2.00	0.50	1.892	1.892
1.82	0.55	1.720	1.720
1.67	0.60	1.577	1.577
1.54	0.65	1.455	1.455
1.43	0.70	1.351	1.351
1.33	0.75	1.261	1.261
1.25	0.80	1.182	1.182
1.18	0.85	1.113	1.113
1.11	0.90	1.051	1.051
1.05	0.95	0.996	0.996
1.00	1.00	0.946	0.946
0.91	1.10	0.860	0.860
0.83	1.20	0.788	0.788
0.77	1.30	0.728	0.728
0.71	1.40	0.676	0.676
0.67	1.50	0.631	0.631
0.63	1.60	0.591	0.591
0.59	1.70	0.556	0.556
0.56	1.80	0.526	0.526
0.53	1.90	0.498	0.498
0.50	2.00	0.473	0.473
0.44	2.25	0.420	0.420
0.40	2.50	0.378	0.378
0.33	2.75	0.313	0.313
0.28	3.00	0.263	0.263
0.16	4.00	0.148	0.148
0.10	5.00	0.095	0.095
0.07	6.00	0.066	0.066
0.05	7.00	0.048	0.048
0.04	8.00	0.037	0.037
0.03	9.00	0.029	0.029
0.03	10.00	0.024	0.024



**RESULTADO DE RIGIDEZ**

Cant. Pisos	Direccion	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	X	36923.04	55967.38
piso 3	X	170082.30	181693.85
piso 2	X	255974.03	269607.98
piso 1	X	425654.83	410825.63

Cant. Pisos	Direccion	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	Y	28430.75	70989.38
piso 3	Y	105140.76	174277.08
piso 2	Y	145761.27	264319.03
piso 1	Y	240033.96	446202.86

**RESULTADO DE CORTANTE POR PISO**

Cant. Pisos	Direccion	VX tonf	VY tonf
piso 4	X	184.8641	26.7573
piso 3	X	382.7908	58.6829
piso 2	X	523.2292	79.4236
piso 1	X	600.3052	88.5507

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Cant. Pisos	Direccion	VX tonf	VY tonf
piso 4	Y	27.2088	160.2355
piso 3	Y	58.6363	345.3747
piso 2	Y	79.0555	469.981
piso 1	Y	88.5507	539.4436

**RESULTADO DE DERIVAS POR PISO**

Cant. Pisos	Direction	H(m)	DERIVAS ELASTICAS	DERIVAS INELASTICAS
piso 4	X	12	0.002790	0.014648
piso 3	X	9	0.001295	0.006797
piso 2	X	6	0.001116	0.005858
piso 1	X	3	0.000622	0.003265

Cant. Pisos	Direction	H(m)	DERIVAS ELASTICAS	DERIVAS INELASTICAS
piso 4	Y	12	0.001426	0.007488
piso 3	Y	9	0.001414	0.007422
piso 2	Y	6	0.001223	0.006422
piso 1	Y	3	0.000659	0.003462

Material Predominante	(A / ha)
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Alumbrera	0.005
Madera	0.010

RESULTADO DE IRREGULARIDAD TORSIONAL POR PISO

<p><b>Irregularidad Torsional</b>                  Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                  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><b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b>                  Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                  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>	0,80
--	------	--	------

Dierccion X-X

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.067481	0.067481	0.066807	0.066640	0.01094	0.01094	0.01041	0.01034	0.0106600	1.026	REGULAR
piso 3	9	0.034654	0.034654	0.035569	0.035612	0.00426	0.00426	0.00443	0.00441	0.0043364	1.021	REGULAR
piso 2	6	0.021888	0.021889	0.022293	0.022382	0.00413	0.00413	0.00422	0.00425	0.0041818	1.017	REGULAR
piso 1	3	0.009512	0.009512	0.009620	0.009626	0.00317	0.00317	0.00321	0.00321	0.0031892	1.005	REGULAR

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.010766	0.008667	0.010766	0.008667	0.00082	0.00191	0.00082	0.00191	0.0013653	1.397	IRREGULAR
piso 3	9	0.008295	0.002946	0.008295	0.002946	0.00139	0.00037	0.00139	0.00037	0.0008814	1.575	IRREGULAR
piso 2	6	0.004824	0.002010	0.004824	0.002010	0.00116	0.00043	0.00116	0.00043	0.0007946	1.460	IRREGULAR
piso 1	3	0.001923	0.000938	0.001923	0.000938	0.00077	0.00038	0.00077	0.00038	0.0005722	1.344	IRREGULAR

Dierccion Y-Y

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.017481	0.017481	0.012398	0.013032	0.00257	0.00257	0.00128	0.00129	0.0019247	1.333	IRREGULAR
piso 3	9	0.009782	0.009782	0.008563	0.009169	0.00155	0.00155	0.00136	0.00146	0.0014806	1.046	REGULAR
piso 2	6	0.005909	0.005909	0.005160	0.005512	0.00138	0.00138	0.00123	0.00114	0.0012816	0.889	REGULAR
piso 1	3	0.002459	0.002459	0.002092	0.002664	0.00098	0.00098	0.00084	0.00107	0.0009674	0.865	REGULAR

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.066342	0.041258	0.066342	0.041258	0.00647	0.00620	0.00647	0.00620	0.0063327	1.021	REGULAR
piso 3	9	0.046937	0.022667	0.046937	0.022667	0.00769	0.00337	0.00769	0.00337	0.0055296	1.390	IRREGULAR
piso 2	6	0.027723	0.014233	0.027723	0.014233	0.00666	0.00331	0.00666	0.00331	0.0049868	1.336	IRREGULAR
piso 1	3	0.011068	0.005954	0.011068	0.005954	0.00443	0.00238	0.00443	0.00238	0.0034044	1.300	IRREGULAR

RESULTADO DE ACELERACION POR PISO

Cant. Pisos	Dierccion	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	X	7.9009	1.3514	2.54
piso 3	X	4.5265	0.9569	2.3711
piso 2	X	3.7283	0.7723	1.908
piso 1	X	2.6404	0.4761	1.0616

Cant. Pisos	Dierccion	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	Y	3.4096	7.7948	4.911
piso 3	Y	4.1167	5.458	3.6579
piso 2	Y	3.7525	4.1152	2.6843
piso 1	Y	2.8064	2.3999	1.9424

RESULTADO DE PERIODO DE LA ESTRUCTURA

Case	Mode	Period sec
Modal	1	0.19
Modal	2	0.171
Modal	3	0.128
Modal	4	0.096
Modal	5	0.043
Modal	6	0.04
Modal	7	0.036
Modal	8	0.034
Modal	9	0.034
Modal	10	0.027
Modal	11	0.025
Modal	12	0.025

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i\right)}}$$

RESULTADOS (NORMA E-030 -2018)-AISLADO

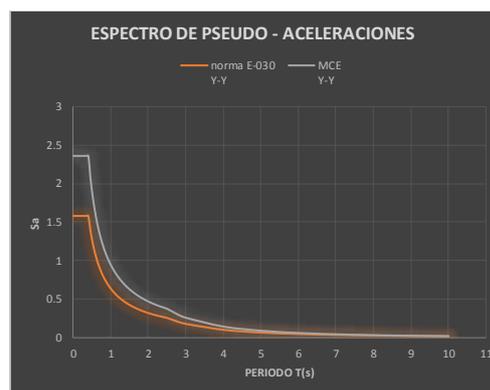
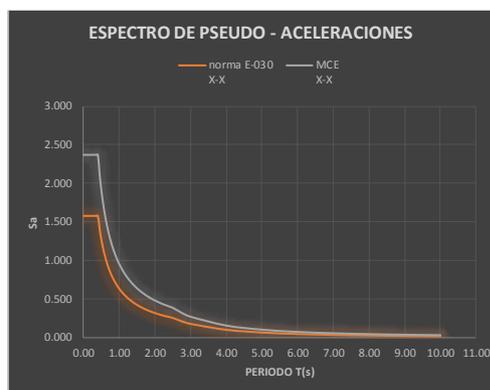
CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2018)					
SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES					
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z			
	ZONA 4	0.45			
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	Tp	Tl
	S1	Roca o Suelos Muy Rigidos	1.00	0.40	2.50
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES		
	Edificio con aislamiento sismico	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014		
FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL			R <sub>o</sub>
	DIR X-X	Sistema dual			7
	DIR Y-Y	Sistema dual			7

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2018)  
SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES

RESUMEN

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	R <sub>o</sub>	7	7
U	1.00	I <sub>a</sub>	1.00	1.00
S	1.00	I <sub>p</sub>	1.00	1.00
Tp	0.40	R	7	7
Tl	2.50	g	9.81	

C	T	norma E-030 X-X	MCE X-X	norma E-030 Y-Y	MCE Y-Y
2.50	0.00	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.02	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.04	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.06	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.08	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.10	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.12	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.14	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.16	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.18	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.20	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.25	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.30	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.35	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.40	1.577	2.365	1.577	2.365
2.50	0.45	1.401	2.102	1.401	2.102
2.50	0.50	1.261	1.892	1.261	1.892
2.50	0.55	1.147	1.720	1.147	1.720
2.50	0.60	1.051	1.577	1.051	1.577
2.31	0.65	0.970	1.455	0.970	1.455
2.14	0.70	0.901	1.351	0.901	1.351
2.00	0.75	0.841	1.261	0.841	1.261
1.88	0.80	0.788	1.182	0.788	1.182
1.76	0.85	0.742	1.113	0.742	1.113
1.67	0.90	0.701	1.051	0.701	1.051
1.58	0.95	0.664	0.996	0.664	0.996
1.50	1.00	0.631	0.946	0.631	0.946
1.36	1.10	0.573	0.860	0.573	0.860
1.25	1.20	0.526	0.788	0.526	0.788
1.15	1.30	0.485	0.728	0.485	0.728
1.07	1.40	0.450	0.676	0.450	0.676
1.00	1.50	0.420	0.631	0.420	0.631
0.94	1.60	0.394	0.591	0.394	0.591
0.88	1.70	0.371	0.556	0.371	0.556
0.83	1.80	0.350	0.526	0.350	0.526
0.79	1.90	0.332	0.498	0.332	0.498
0.75	2.00	0.315	0.473	0.315	0.473
0.59	2.25	0.280	0.420	0.280	0.420
0.48	2.50	0.252	0.378	0.252	0.378
0.40	2.75	0.208	0.313	0.208	0.313
0.33	3.00	0.175	0.263	0.175	0.263
0.19	4.00	0.099	0.148	0.099	0.148
0.12	5.00	0.063	0.095	0.063	0.095
0.08	6.00	0.044	0.066	0.044	0.066
0.06	7.00	0.032	0.048	0.032	0.048
0.05	8.00	0.025	0.037	0.025	0.037
0.04	9.00	0.019	0.029	0.019	0.029
0.03	10.00	0.016	0.024	0.016	0.024



**RESULTADO DE RIGIDEZ**

Cant. Pisos	Direccion	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	X	26170.34	0.00
piso 3	X	107314.16	59212.08
piso 2	X	158651.99	121330.61
piso 1	X	180993.40	162034.91

Cant. Pisos	Direccion	Rigidez X tonf/cm	Rigidez y tonf/cm
piso 4	Y	19968.96	26645.77
piso 3	Y	80856.24	83028.50
piso 2	Y	122143.71	136316.72
piso 1	Y	134513.81	173981.06

**RESULTADO DE CORTANTE POR PISO**

Cant. Pisos	Direccion	VX tonf	VY tonf
piso 4	X	24.2637	1.3345
piso 3	X	73.8088	12.5693
piso 2	X	123.2388	26.4731
piso 1	X	169.8493	39.531

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Cant. Pisos	Direccion	VX tonf	VY tonf
piso 4	Y	7.4089	25.557
piso 3	Y	20.5096	70.1918
piso 2	Y	32.7085	115.1701
piso 1	Y	42.9039	157.6514

**RESULTADO DE DERIVAS POR PISO**

Cant. Pisos	Direction	H(m)	DERIVAS ELASTICAS	DERIVAS INELASTICAS
piso 4	X	12	0.000751	0.003944
piso 3	X	9	0.000058	0.000304
piso 2	X	6	0.000066	0.000347
piso 1	X	3	0.000061	0.000318

Cant. Pisos	Direction	H(m)	DERIVAS ELASTICAS	DERIVAS INELASTICAS
piso 4	Y	12	0.000354	0.001858
piso 3	Y	9	0.000090	0.000472
piso 2	Y	6	0.000088	0.000461
piso 1	Y	3	0.000076	0.000400

Tabla N° 8	
LIMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO	
Estos limites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	(Δ/h)
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Alumina	0.005
Madera	0.010

RESULTADO DE IRREGULARIDAD TORSIONAL POR PISO

<p><b>Irregularidad Torsional</b>                  Existe Irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                  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>	0,76	<p><b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b>                  Existe Irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                  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>	0,80
--	------	--	------

Dierccion X-X

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.001832	0.001832	0.002190	0.001832	0.00007	0.00007	0.00007	0.00005	0.0000652	1.038	REGULAR
piso 3	9	0.001629	0.001629	0.001971	0.001989	0.00005	0.00005	0.00006	0.00006	0.0000588	1.088	REGULAR
piso 2	6	0.001496	0.001496	0.001811	0.001827	0.00006	0.00006	0.00007	0.00007	0.0000645	1.091	REGULAR
piso 1	3	0.001349	0.001349	0.001636	0.001651	0.00054	0.00054	0.00065	0.00066	0.0005985	1.093	REGULAR

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.000512	0.000811	0.000512	0.000811	0.00002	0.00003	0.00002	0.00003	0.0000207	1.258	REGULAR
piso 3	9	0.000466	0.000733	0.000466	0.000733	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.0000194	1.072	REGULAR
piso 2	6	0.000414	0.000688	0.000414	0.000688	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.0000196	1.041	REGULAR
piso 1	3	0.000363	0.000641	0.000363	0.000641	0.00015	0.00026	0.00015	0.00026	0.0002008	1.277	REGULAR

Dierccion Y-Y

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.000814	0.000814	0.000387	0.000397	0.00003	0.00003	0.00003	0.00001	0.0000244	1.092	REGULAR
piso 3	9	0.000734	0.000734	0.000292	0.000359	0.00002	0.00002	0.00003	0.00002	0.0000229	1.205	REGULAR
piso 2	6	0.000680	0.000680	0.000223	0.000307	0.00002	0.00002	0.00003	0.00003	0.0000252	1.127	REGULAR
piso 1	3	0.000627	0.000627	0.000298	0.000378	0.00025	0.00025	0.00012	0.00015	0.0001930	1.299	REGULAR

Cant. Pisos	h(m)	MAX DESPLA 1	MAX DESPLA 2	MAX DESPLA 3	MAX DESPLA 4	DERIVA (D1)	DERIVA (D2)	DERIVA (D3)	DERIVA (D4)	DERIVA PROMEDIO	D.MAX>1.3D.P ROM	
piso 4	12	0.003334	0.001839	0.004240	0.001839	0.00008	0.00032	0.00028	0.00032	0.0002535	1.281	REGULAR
piso 3	9	0.003092	0.000865	0.005092	0.000865	0.00010	0.00003	0.00090	0.00037	0.0003488	1.056	REGULAR
piso 2	6	0.002848	0.000786	0.002848	0.001786	0.00009	0.00004	0.00009	0.00007	0.0000744	1.269	REGULAR
piso 1	3	0.002612	0.000892	0.002612	0.001952	0.00104	0.00036	0.00104	0.00078	0.0008068	1.295	REGULAR

RESULTADO DE ACELERACION POR PISO

Cant. Pisos	Direccion	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	X	1.8548	0.499	0.1978
piso 3	X	1.6761	1.266	0.1781
piso 2	X	1.5651	1.1557	0.1751
piso 1	X	1.4481	1.0464	0.1643

Cant. Pisos	Direccion	UX m/sec <sup>2</sup>	UY m/sec <sup>2</sup>	UZ m/sec <sup>2</sup>
piso 4	Y	1.1421	2.2667	0.2999
piso 3	Y	0.9753	2.1013	0.3531
piso 2	Y	0.8631	1.9483	0.346
piso 1	Y	0.7526	1.813	0.3116

RESULTADO DE PERIODO DE LA ESTRUCTURA

Case	Mode	Period sec
Modal	1	0.577
Modal	2	0.526
Modal	3	0.306
Modal	4	0.139
Modal	5	0.135
Modal	6	0.098
Modal	7	0.083
Modal	8	0.038
Modal	9	0.037
Modal	10	0.034
Modal	11	0.034
Modal	12	0.032

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left( \sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2 \right)}{\left( g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i \right)}}$$