



**ESCUELA DE POSGRADO**

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Propuesta de aisladores sísmicos para la disipación de energía  
en el desempeño estructural por desplazamiento en  
edificaciones-Unach-Chota

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras**

**AUTOR**

Bach. Alexander Bustamante Nuñez

**ASESOR**

Dr. Walter Antonio Campos Ugaz

**SECCIÓN**

Ingeniería

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño sísmico y estructural

CHICLAYO-PERÚ

2019



**ESCUELA DE POSGRADO**  
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

EL JURADO EVALUADOR DE LA TESIS TITULADA:

PROPUESTA DE AISLADORES SISMICOS PARA LA DISIPACIÓN  
DE ENERGIA EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL POR  
DESPLAZAMIENTO EN EDIFICACIONES -UNACH- CHOTA

QUE HA SUSTENTADO DON (DOÑA):

BUSTAMANTE NUÑEZ ALEXANDER  
NOMBRES Y APELLIDOS

ACUERDA:

Aprobar por unanimidad

RECOMIENDA:

Pimentel, 15 de Marzo de 2019

MIEMBRO DEL JURADO

PRESIDENTE: DRA. MERCEDES ALEJANDRINA COLLAZOS ALARCÓN

SECRETARIO: MG. ROSA BARBOZA BUSTAMANTE

VOCAL: DR. WALTER ANTONIO CAMPOS UGAZ

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Alexander Bustamante Nuñez egresado (a) del Programa de Maestría (x) Doctorado ( ) Maestría en Ingeniería Civil Con Mención En Estructuras de la Universidad César Vallejo SAC. Chiclayo, identificado con DNI N° 45005397

#### DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada: **PROPUESTA DE AISLADORES SÍSMICOS PARA LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL POR DESPLAZAMIENTO EN EDIFICACIONES-UNACH-CHOTA**
2. La misma que presento para optar el grado de: Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras.
3. La tesis presentada es auténtica, siguiendo un adecuado proceso de investigación, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
4. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
5. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
6. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Así mismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse algún tipo de falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo S.A.C. Chiclayo; por lo que, LA UNIVERSIDAD podrá suspender el grado y denunciar tal hecho ante las autoridades competentes, ello conforme a la Ley 27444 del Procedimiento Administrativo General.

Chiclayo, 11 de marzo de 2019

  
\_\_\_\_\_  
Alexander Bustamante Nuñez  
DNI: 45005397

## **DEDICATORIA**

Dedico la elaboración de este trabajo de tesis a mis padres, Edilberto y Manuela Rosa, por todas sus enseñanzas y ejemplos que me impulsaron a no rendirme y luchar por lo que quiero. Gracias Padres por su esfuerzo y apoyo incondicional que siempre me han brindado.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero Agradecerle a mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado en cada decisión que he tomado en la elaboración de este proyecto de tesis.

Gracias a mis padres por ser los promotores de mis sueños, gracias a mi padre Edilberto por siempre desear y anhelar lo mejor para mí vida, gracias a mi madre Manuela Rosa por sus consejos que me ha brindado a cada momento, y gracias a mis hermanos por el apoyo y ayuda que me han brindado.

## **PRESENTACIÓN**

Los sistemas de aislamiento de base, como se les conocía anteriormente, fueron utilizados desde hace siglos.

Los chinos y griegos utilizaban capas de arena entre la cimentación y la superestructura de sus construcciones con el objetivo de disminuir los daños provocados por los temblores.

En la era moderna, a principios del siglo XX, el precursor de desarrollar esta técnica fue el Doctor Calantariens.

El avance de este tipo de sistemas se debe al desarrollo paralelo de varias disciplinas entre las que se encuentran la ingeniería sísmica, de materiales y de computación.

En cuanto a la ingeniería estructural se han desarrollado métodos para diseñar estructuras que puedan resistir los sismos.

En la ingeniería de materiales se ha desarrollado una gran variedad de elastómeros, así como combinaciones de metales con diversas propiedades de los materiales antes mencionados se han utilizado en el desarrollo de los aisladores sísmicos.

Gracias al avance de la ingeniería de computación se tienen softwares potentes para el análisis de estructuras, la combinación de estas disciplinas ha resultado en el estudio y desarrollo de diferentes sistemas de aislamiento sísmico, siendo los más populares dentro de ellos los sistemas de aislación elastómeros de gran capacidad de amortiguamiento.

<b>Contenido</b>	
<b>DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS</b> .....	ii
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>CAPITULO I</b> .....	14
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	14
<b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	15
1.1 Planteamiento del problema. ....	15
1.2. Formulación del problema. ....	16
1.3. Justificación.....	16
1.4. Limitaciones. ....	16
1.5. Antecedentes. ....	16
1.5.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:.....	16
1.5.2. ANTECEDENTES LATINOAMERICANOS: .....	17
1.5.3. ANTECEDENTES NACIONALES: .....	17
1.6. OJETIVOS.....	17
1.6.1 General. ....	17
1.6.2 Específicos. ....	17
<b>CAPITULO II</b> .....	18
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	18
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1. INGENIERÍA SÍSMICA.</b> .....	19
<b>2.2. AISLACION BASAL.</b> .....	19
<b>2.3. TIPOS DE AISLACION BASAL.</b> .....	20
<b>2.3.1. AISLADOR ELASTOMÉRICO</b> .....	20
Fuente: Dynamic Isolation Systems .....	21
<b>2.3.1.1. AISLADOR ELASTOMÉRICO CON BAJO AMORTIGUAMIENTO LRD. (Lead Rubber Bearing).</b> .....	21
<b>2.3.1.2. AISLADOR ELASTOMÉRICO CON NÚCLEO DE PLOMO LRB (Lead Rubber Bearing).</b> .....	21
Figura: aislador elastomérico con núcleo de plomo .....	22
Fuente: Dynamic Isolation Systems .....	22

2.3.1.2. AISLADOR ELASTOMÉRICO DE ALTO AMORTIGUAMIENTO .....	22
<b>2.4 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>23</b>
Figura: Estructura aislada sísmicamente.....	23
Fuente: Dynamic Isolation Systems .....	23
Figura: Estructura convencional .....	24
Fuente: Dynamic Isolation Systems .....	24
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>27</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>27</b>
<b>III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>28</b>
3.1. Hipótesis. ....	28
3.2. Variables. ....	28
3.2.1. Definición conceptual .....	28
3.2.2 Definición operacional .....	29
3.3 Metodología.....	29
3.4 Población y muestra. ....	29
3.4.1 Población .....	29
3.4.2 Muestra .....	29
3.5 Métodos de investigación. ....	29
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.6.1 Técnicas de investigación.....	29
3.6.1.1 Federal Emergency Management Agency (FEMA):.....	30
3.6.1.2 Uniform Building Code, (UBC97). ....	30
3.6.1.3 ASCE 7-10 .....	30
3.6.1.4 TÉCNICAS DE CAMPO: .....	30
3.6.1.5 TÉCNICAS DE GABINETE: .....	30
3.6.2 Instrumentos de investigación .....	31
3.7. Métodos de análisis de los datos.....	31
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>32</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>IV.RESULTADOS. ....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 DESCRIPCIÓN. ....</b>	<b>33</b>
4.1.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES .....	33
4.1.2. ANÁLISIS DE CARGAS .....	34
4.1.3. SECCIONES Y GEOMETRÍA.....	35
4.1.4. ESTIMACIÓN DE MASAS.....	36
4.1.5. MODOS Y FRECUENCIAS DE VIBRACIÓN DEL EDIFICIO.....	36
4.1.6. DISTORSIONES Y DESPLAZAMIENTOS:.....	39

4.1.7. CORTANTES DE ENTREPISO .....	40
4.1.8. DETERMINACIÓN DEL PUSHOVER.....	41
4.1.9 DETERMINACIÓN DEL MOMENTO CURVATURA DE LAS DIFERENTES SECCIONES DE LA ESTRUCTURA.....	42
4.1.10 ANÁLISIS Y DISEÑO POR DESEMPEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DEL EDIFICIO DE 04 NIVELES DE LA UNACH POR DESPLAZAMIENTO DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO DE E-060. ....	51
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>4.3. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DEL EDIFICIO DE LA UNACH CON AISLADORES SÍSMICOS-DE ACUERDO CON LA NORMA ASCE 7-10, CAPÍTULO 17. ....</b>	<b>56</b>
4.3.1.- PARÁMETROS NECESARIOS PARA DISEÑO DE AISLAMIENTO BASE: .....	56
4.3.1.1 Procedimiento para Fuerza Lateral equivalente:.....	56
4.3.1.2 Coeficiente sísmico. ....	57
4.3.1.3 Desplazamiento Lateral Mínimo: .....	58
4.3.1.4 Fuerza Lateral Mínima:.....	59
4.3.1.5 Fuerza Lateral De Recuperación En El Sistema De Aislamiento .....	59
4.3.1.6 PROPIEDADES DEL SISTEMA DE AISLACIÓN.....	59
4.3.1.6.1 DIAGRAMA DE HISTÉRESIS CON NÚCLEO DE PLOMO- PARA SISMO MÁXIMO ESPERADO. ....	60
4.3.1.6.2 DIAGRAMA DE HISTÉRESIS CON NÚCLEO DE PLOMO- PARA SISMO DE DISEÑO. ....	61
4.3.1.7. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO .....	61
4.3.1.8. PREDISEÑO DE SISTEMA DE AISLACION ELASTOMERICO CON NUCLEO DE PLOMO. ....	63
4.3.1.8.1 ESPECTRO CON LOS SISMOS DEL PÉRÚ.....	65
4.3.1.9. MODELACIÓN DEL SISTEMA AISLADO.....	65
4.3.1.10. DETALLE DEL MODELAMIENTO. ....	66
4.3.1.10.1 Histéresis de los aisladores sísmicos para un sismo de diseño. ....	68
4.3.1.10.2 Histéresis de los aisladores sísmicos para un sismo máximo esperado. ....	69
4.3.1.11. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS. ....	70
4.3.1.12. DERIVAS DEL PISO DEL SISTEMA DE AISLACIÓN. ....	72
4.3.1.13. DESPLAZAMIENTO SISTEMA DE AISLACIÓN.....	73
<b>CAPITULO V: .....</b>	<b>74</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>75</b>
5.1. Conclusiones.....	75

<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>
<b>INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>79</b>
<b>VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>82</b>
<b>PLANO EN PLANTA Y ELEVACIÓN.....</b>	<b>82</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>833</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....</b>	<b>844</b>
<b>REPORTE DE TURNITIN CON EL % DE SIMILITUD.....</b>	<b>855</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>86</b>

## **RESUMEN**

### **PROPUESTA DE AISLADORES SISMICOS PARA LA DISIPACION DE ENERGÍA EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL POR DESPLAZAMIENTO EN EDIFICACIONES-UNACH-CHOTA**

La parte medular de esta tesis aborda en la técnica del aislamiento basal, debido a su creciente aplicación en varios países como Japón, China, Chile, Estados Unidos, Perú.

Aplicando esta técnica se tienen muchas ventajas desde el punto de vista estructural.

Se escogió un pabellón de la Facultad de Ing. Civil de la Universidad Autónoma De Chota, que constituye de un edificio Dual con pórticos de concreto armado y muros estructurales.

El modelo tradicional es diseñado con la norma E060 Y E030 Norma Peruana.

Mientras que el modelo aislado, incluye la norma del ASCE7-10, FEMA, ATC40; incluyendo aisladores HDR con núcleos de plomo para el diseño, cuya finalidad viene hacer la comparación de los desplazamientos relativos de la superestructura, fuerzas de corte basal mediante la consideración de la interacción suelo-estructura dichos procedimientos se realizan con el software ETABS V16.0

Palabras clave: Ingeniería, estructuras, sismos.

## **ABSTRACT**

The core part of this thesis deals with the technique of basal isolation due to its increasing application in several countries such as Japan, China, Chile, United States, and Peru.

Applying this technique you have many advantages from the structural point of view. A pavilion of the Faculty of Civil Engineering of the Autonomous University of Chota was chosen, that constitutes of a Dual building with reinforced concrete porticos and structural walls.

The traditional model is designed with the standard E060 and E030 Peruvian Standard.

While the isolated model, it includes the standard of ASCE7-10, FEMA, ATC40; Including HDR isolators with lead cores for the design, whose purpose is to compare the relative displacements of the superstructure, basal shear forces by considering the soil-structure interaction. These procedures are performed with the ETABS software V16.0

Keywords: Engineering, structures, earthquakes.

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo de la Ingeniería sísmo resistente es la protección de la vida, por lo tanto, en países sísmicos como el Perú se busca diseñar estructuras más seguras frente a un sismo severo.

La utilización de aisladores sísmicos consiste en mejorar el comportamiento de ciertas edificaciones con la finalidad de evitar cualquier daño a la estructura.

Las estructuras se diseñan para que no sufran daños en sismos leves, y aunque es posible que se deterioren durante un sismo fuerte, deben permanecer en pie salvaguardando la vida de los ocupantes.

Para ello se exige, que toda estructura posea la suficiente reserva de energía potencial para incursionar en rango inelástico.

En la actualidad, los efectos destructivos en una estructura pueden ser mitigados mediante sistemas de protección sísmica, dentro de ese tipo de sistema tenemos los aisladores sísmicos.

A través de los aisladores sísmicos se realiza la disipación de energía reduciendo de esta manera los desplazamientos de la estructura.

**CAPITULO I**  
**PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

### 1.1 Planteamiento del problema.

En las últimas décadas se ha ido incrementando poco a poco el uso de sistemas de aislamiento como control activo por su versatilidad y capacidad de mantener a las estructuras dentro de los estados límite de servicio y resistencia ante las acciones sísmicas.

En Japón la aislación sísmica se usa en edificios y viviendas dado que allá la gente está concientizada respecto a su seguridad; en nuestro país será una experiencia ya que no existe en la norma técnica.

En Chile se ha producido resultados satisfactorios ya frente al sismo que ha tenido en el 2010 los edificios se han comportado de manera factible.

En los últimos 40 años se han realizado investigaciones experimentales y analíticas para comprender el comportamiento de los distintos sistemas de aislamiento.

A partir de ello, se ha propuesto recomendaciones de diseño, tales como las incluidas en el reglamento UBC (Uniform Building Code) para edificios y el reglamento AASHTO (American Association Of State Highway and Transportation Officials) para puentes. Los países a la vanguardia en la investigación y aplicación del aislamiento sísmico son Nueva Zelanda, Estados Unidos y Japón.

Los sistemas de aislamiento de base, como se les conocía anteriormente, fueron utilizados desde hace siglos. Según la bibliografía, los chinos y griegos utilizaban capas de arena entre la cimentación y la superestructura de sus construcciones con el objetivo de disminuir daños provocados por los temblores.

En la era moderna, a principios del siglo xx, el precursor del desarrollo de esta técnica fue el Doctor Calantarients, actualmente son muchas las estructuras construidas con sistemas de aislamientos sísmico, tales como tanques de almacenamiento de líquidos, edificios, plantas nucleares y puentes, entre otras. Países con gran desarrollo tecnológico como Estados Unidos, Japón e Italia utilizan los sistemas de aislamiento sísmico desde hace varias décadas.

## 1.2. Formulación del problema.

¿Con los aisladores sísmicos se puede disipar energía y contribuir con un mejor desempeño estructural por desplazamiento en edificaciones-UNACH-CHOTA?

## 1.3. Justificación.

**TÉCNICA:** El aislamiento en estructuras viene hacer un procedimiento con la finalidad de reducir las demandas sísmicas, a través de la disipación de energía.

**CIENTÍFICA:** Los sistemas de aislamiento proporcionan amortiguamiento adicional de la estructura los cuáles ayudan a controlar los desplazamientos relativos entre el suelo y la estructura.

**SOCIAL:** El diseño antisísmico de las estructuras se basa principalmente en la Ductilidad de los elementos que conforma el edificio. Actualmente existen nuevas tecnologías de disipadores de energía con Aisladores Sísmicos, estas nuevas tecnologías han sido contempladas con los códigos de diseño de otros países; en el cuál no están contempladas con la Norma Peruana de Diseño Sismo resistente E.030, por lo que por ese motivo esta tesis trata sobre los aisladores sísmicos; para evaluar su desempeño estructural de la edificación.

## 1.4. Limitaciones.

Se tienen limitaciones económicas ya que los aisladores elastómericos son costos, así como también se tienen limitaciones en cuanto a los ensayos de laboratorio ya que en nuestro país aún no se cuenta con la tecnología adecuada para realizar ensayos relacionados con los aisladores elastómericos.

## 1.5. Antecedentes.

### 1.5.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

La primera aplicación de aisladores sísmicos con núcleos de plomo fue en 1981 para estructuras de edificaciones con la construcción del edificio William Clayton en Nueva Zelanda.

A inicio de 1984 se construye en Estados Unidos el primer edificio a base de aisladores elastoméricos que viene hacer él Foothills communities law and justice center.

Durante el período de 1985 Japón ya contaba con estructuras de edificaciones con aisladores elastoméricos.

### **1.5.2. ANTECEDENTES LATINOAMERICANOS:**

A nivel de los países latinoamericanos, Chile es uno de ellos en incorporar los aisladores sísmicos en sus edificaciones a través de la norma chilena NCh2745-2003, que vendría hacer la adaptación de la norma UBC.

Actualmente se tiene edificios con Aisladores elastoméricos en Chile, por ejemplo, se tiene el centro médico San Carlos de Apoquindo de la Universidad Católica de Chile que ha sido construido en el año 2000, Así como también el Hospital Militar que fue inaugurado en el 2008.

### **1.5.3. ANTECEDENTES NACIONALES:**

El primer edificio construido en el Perú con Aisladores Sísmicos viene hacer el centro de Información de La Facultad De Ingeniería Civil-UNI.

## **1.6. OJETIVOS.**

### **1.6.1 General.**

Validar la Propuesta de aisladores sísmicos en la disipación de energía, para el desempeño estructural por desplazamiento UNACH-CHOTA

### **1.6.2 Específicos.**

1.6.2.1. Analizar el momento curvatura determinando los esfuerzos y deformación del acero y concreto.

1.6.2.2. Cuantificar la curva de capacidad (pushover) y curva de respuesta (De múltiples grados de libertad a un grado de libertad).

1.6.2.3. Asociar el espectro de capacidad (Aceleración Vs desplazamiento espectral) con el espectro de respuesta y determinar su nivel de desempeño.

**CAPITULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1. INGENIERÍA SÍSMICA.

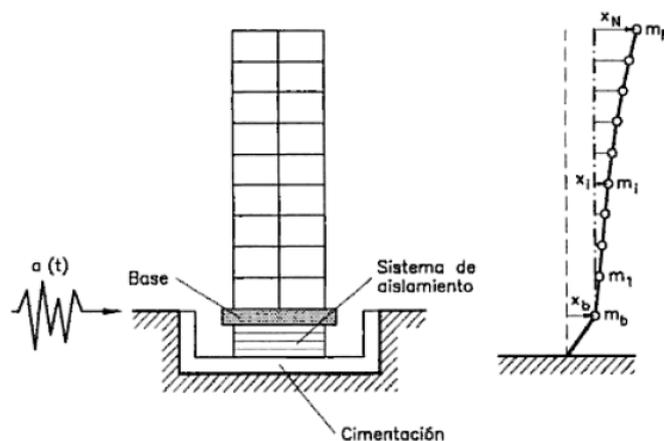
La ingeniería sísmica se encarga de estudiar el comportamiento de los edificios y las estructuras que se encuentran sujetos a cargas sísmicas.

La mayoría de normas modernas de diseño sísmico se estable como objetivo evitar el colapso de la estructura, pero aceptar daño ante un sismo máximo esperado que se podría presentar en toda la vida de la estructura, así mismo evitar daños en la estructura ante sismos moderados.

### 2.2. AISLACION BASAL.

Por medio de los sistemas de aislación base, se logra una mejor respuesta estructural y se evita el efecto destructivo de los sismos, esto se realiza a través de la incorporación de elementos de amortiguamiento adicional al sistema los cuales puede ser evaluados de manera precisa.

Al realizar un diseño con aisladores elastoméricos se trata de disminuir las demandas de aceleración y velocidad producidas por los movimientos sísmicos a diferencia del diseño convencional que se trata de aumentar la ductilidad de la estructura; dicha aislación consiste en colocar un sistema flexible entre la interacción suelo-estructura de esta manera se produce el alargamiento del período disminuyendo las demandas sísmicas de tal manera que la estructura se mantenga dentro rango elástico ante movimientos bruscos que se producen en el terreno, determinando que su deformación inelástica se concentre en el sistema de aislamiento.



a). - Edificio con aislamiento en la base

b). -Esquema modelo dinámico

La finalidad de los aisladores base viene hacer mantener a la estructura dentro de su rango lineal elástico, en donde se concentran las no linealidades en la base de la estructura.

## 2.3. TIPOS DE AISLACION BASAL.

Existen diferentes tipos de aisladores sísmicos entre los cuales tenemos los siguientes:

### 2.3.1. AISLADOR ELASTOMÉRICO.

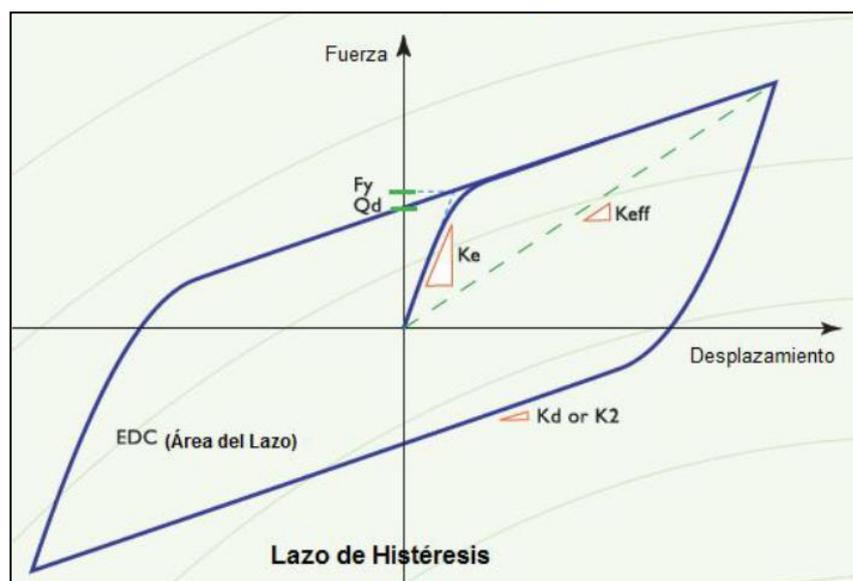
Los aisladores elastoméricos están constituidos de los siguientes elementos:

En el aislador el Caucho actúa como resorte, sus características fundamentales de los aisladores vienen hacer que horizontalmente son flexibles, pero verticalmente son rígidos.

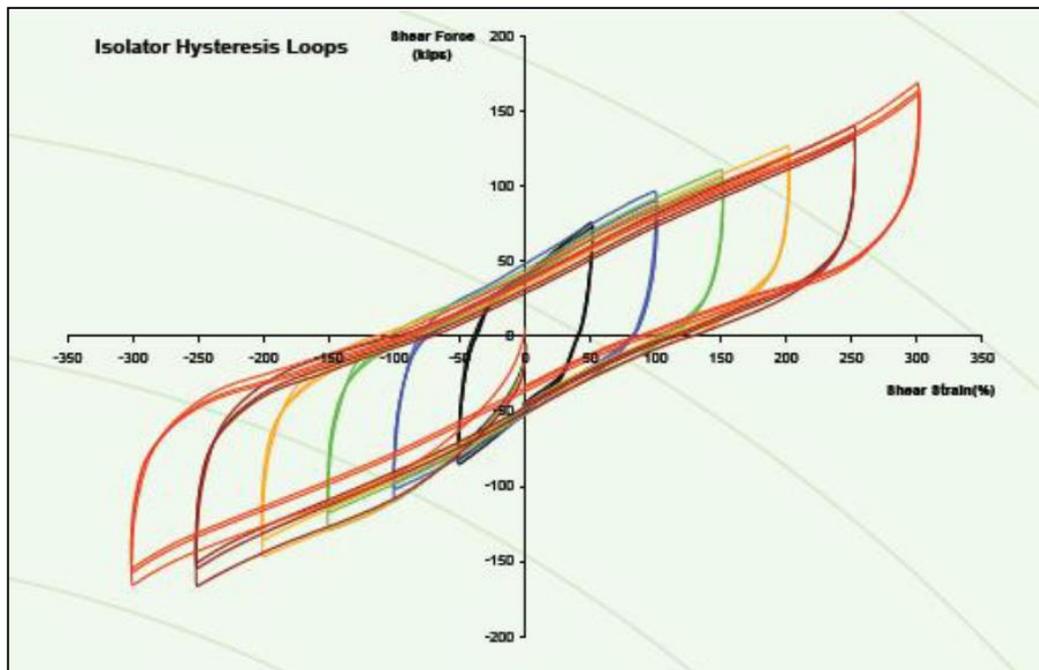
Dichos aisladores presentan una sección circular y/o cuadrada y cubierta en su extremo superior e inferior por dos placas de acero, donde se conecta a la superestructura en la parte superior, y a la subestructura en la parte inferior; así mismo presenta cargas axiales significativas debido a su alta rigidez vertical.

Cuando ocurre un sismo el aislador se mueve lateralmente en donde el núcleo de plomo actúa como amortiguador deformándose plásticamente.

### Histéresis de un aislador sísmico



Fuente: Dynamic Isolation Systems



### Pruebas de lazo histéretico

Ensayo realizado en la Universidad de California, San Diego

Fuente: Dynamic Isolation Systems

#### 2.3.1.1. AISLADOR ELASTOMÉRICO CON BAJO AMORTIGUAMIENTO LRD. (Lead Rubber Bearing).

Vienen hacer aisladores elastoméricos de caucho natural, su amortiguamiento oscila entre 5%-10%, debido a la baja capacidad de amortiguamiento muchas se usa sistemas de amortiguamiento adicionales.

#### 2.3.1.2. AISLADOR ELASTOMÉRICO CON NÚCLEO DE PLOMO LRB (Lead Rubber Bearing).

Vienen hacer aisladores elastómericos que están conformados de caucho natural, constituidos con capas de caucho y láminas de acero.

Al colocar núcleo de plomo se produce diversos ciclos histeréticos estables, con la finalidad de obtener una buena resistencia a la fatiga.

Dentro de ello una de las ventajas que se tiene con este tipo de aisladores LRB (Lead Rubber Bearing) viene hacer que presenta un amortiguamiento comprendido entre el 15 %-35%.

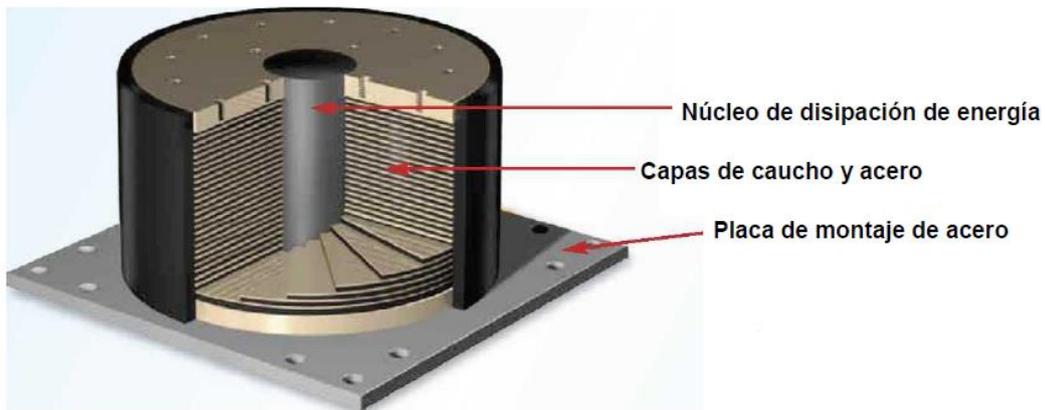


Figura: aislador elastomérico con núcleo de plomo  
Fuente: Dynamic Isolation Systems

### 2.3.1.2. AISLADOR ELASTOMÉRICO DE ALTO AMORTIGUAMIENTO

Los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento están constituidos de caucho modificado con aditivo, así como aceites resinas polímeros, etc.

Este tipo de aisladores se deterioran rápidamente.

### 2.3.2. AISLADOR FPS.

Los aisladores de simple péndulo de fricción su función es que la estructura trabaje como un péndulo de una altura considerable es decir viene hacer un deslizador conectado a la superestructura que se mueve sobre una superficie cóncava que tiene un gran período y como consecuencia las aceleraciones son bajas.

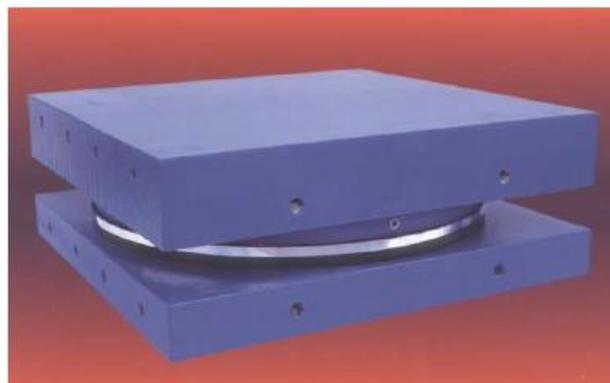


Figura: aislador sísmico FPS (simple péndulo fricción)  
Aislador FPS

## 2.4 MARCO CONCEPTUAL

La presente tesis consiste en el uso de aisladores elastoméricos LRB (Lead Rubber Bearing), los aisladores sísmicos vienen hacer una tecnología que protege a las estructuras frente a un efecto destructivo debido a los sismos cuya función es separar la estructura del suelo debidos a esta separación la edificación se comporta con mayor flexibilidad también proporciona amortiguamiento de esta manera se absorbe energía producida por el sismo por el sistema de aislamiento.

Dentro de las estructuras que son factibles de aislar tenemos:

Los hospitales, centros de emergencia, puentes que son indispensables funcionar después de que ocurra un sismo.

Estructuras que son declaradas patrimonios históricos, edificaciones con alta densidad ocupacional, así como centros residenciales, multifamiliares, Universidades.

Estructuras con contenido valioso o funcionales, museos.

Un diseño con aisladores sísmicos presenta con respecto a un diseño tradicional desempeño superior, donde los desplazamiento y esfuerzos se reducen en un 75%.

Después de un sismo la estructura queda operativa y funcional con poco o ningún daño.

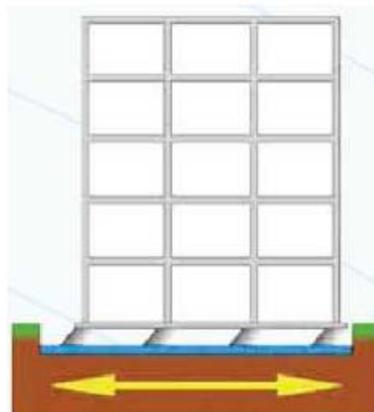


Figura: Estructura aislada sísmicamente

Fuente: Dynamic Isolation Systems

Con respecto a un diseño tradicional presenta un desempeño que está orientado a prevenir fallas y pérdida de vidas. Este tipo de diseño se fundamenta en la ocurrencia de daños de la estructura, así como deformaciones elásticas y plásticas, a través de un diseño dúctil se evita que la estructura colapse.

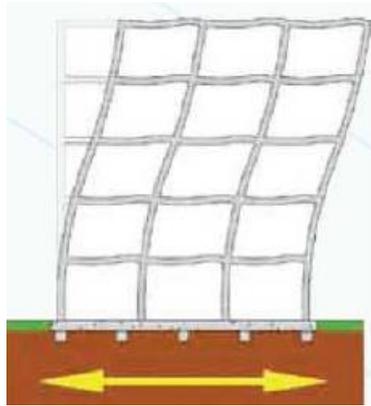


Figura: Estructura convencional  
Fuente: Dynamic Isolation Systems

#### 2.4.1 Fundamentos teóricos para el análisis de sistemas estructurales con aislamiento base.

El sistema de aislamiento base se puede estudiar a partir del modelo de dos grados de libertad, en el cuál en ese modelo las masas  $m_s$  y  $m_b$  representan la masa de la estructura y la masa del sistema de aislamiento. La rigidez y el amortiguamiento del sistema está representado de la siguiente manera  $K_s$  y  $C_s$ , las propiedades del sistema de aislamiento se denotan de la siguiente manera  $K_b$  y  $C_b$ , los desplazamientos absolutos de las masas están representados por  $u_s$  y  $u_b$ .

Los desplazamientos relativos se tienen de la siguiente manera:

$$v_s = u_s - u_b \quad v_b = u_b - u_g$$

Donde:

$v_s$ . Viene hacer el desplazamiento relativo de la estructura con respecto al sistema de aislamiento,  $v_b$  el desplazamiento relativo del sistema de aislamiento con respecto al terreno y  $u_g$  es el desplazamiento del terreno. Las ecuaciones de movimiento para un sistema de dos grados de libertad son las siguientes:

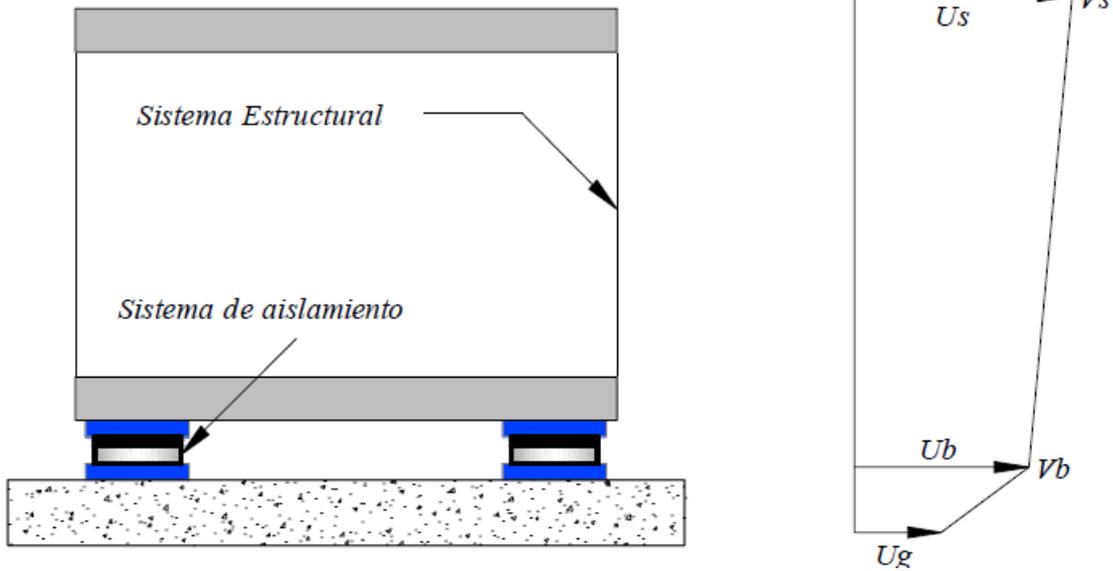
Para el primer entrepiso:

$$m_s \ddot{u}_s + c_s \dot{v}_s + k_s v_s = 0$$

$$m_b \ddot{u}_b + c_b (\dot{u}_b - \dot{u}_g) + k_b (u_b - u_g) = 0$$

Para el aislamiento.

$$m_s \ddot{u}_s + m_b \ddot{u}_b + c_b (\dot{u}_b - \dot{u}_g) + k_b (u_b - u_g) = 0$$



Modelo de dos grados de libertad

Así mismo el desplazamiento absoluto de la estructura puede ser expresado en función del desplazamiento relativo y del desplazamiento del terreno de la siguiente manera:

$$u_s = v_s + v_b + u_g$$

Para el sistema de dos grados de libertad se tienen las siguientes ecuaciones:

$$m_s \ddot{u}_g + m_s \ddot{v}_b + m_s \ddot{v}_s + c_s \dot{v}_s + k_s v_s = 0$$

$$m_s \ddot{v}_b + m_s \ddot{v}_s + c_s \dot{v}_s + k_s v_s = -m_s \ddot{u}_g$$

$$m_s \ddot{v}_s + m_s \ddot{v}_b + m_s \ddot{u}_g + m_b \ddot{v}_b + m_b \ddot{u}_g + c_b \dot{v}_b + k_b v_b = 0$$

$$\ddot{v}_b (m_s + m_b) + m_s \ddot{v}_s + \ddot{u}_g (m_s + m_b) + c_b \dot{v}_b + k_b v_b = 0$$

$$\ddot{v}_b(m_s + m_b) + m_s \ddot{v}_s + c_b \dot{v}_b + k_b v_b = -\ddot{u}_g(m_s + m_b)$$

Dichas ecuaciones llevadas a la forma matricial se tienen de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} m & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_b \\ v_s \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} m & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{u}_g(t)$$

La masa total del sistema es:

$$m = m_s + m_b$$

**CAPITULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### III. MARCO METODOLÓGICO.

#### 3.1. Hipótesis.

“La Propuesta de aisladores sísmicos contribuye significativamente con la disipación de energía como función principal en el desempeño estructural por desplazamiento UNACH-CHOTA”

#### 3.2. Variables.

##### 3.2.1. Definición conceptual

###### 3.2.1.1 Desempeño Estructural:

El desempeño de una estructura se basa principalmente en el comportamiento de una estructura en el cual puede predecirse y evaluarse; cuya finalidad viene hacer de tomar decisiones acertadas, así mismo para poder predecir el comportamiento de la estructura se presentan niveles de desempeño.

###### 3.2.1.2 Aisladores Sísmicos:

Son elementos estructurales muy flexibles en la dirección Horizontal, y sumamente rígidos en la dirección vertical que permiten grandes deformaciones horizontales ante las solicitaciones sísmicas

Añadir rigidez y resistencia en las direcciones principales con el fin de dificultar en ingreso en la zona inelástica. Y controlar desplazamientos excesivos durante los eventos sísmicos.

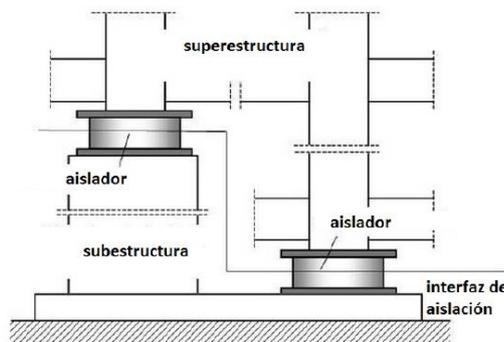


Figura: Aisladores sísmicos

### **3.2.2 Definición operacional**

Determina la ductilidad de la estructura (detallado del acero, tanto de refuerzo transversal, como el refuerzo longitudinal), determinando el punto de desempeño que se obtiene de la intersección del espectro de capacidad Vs espectro de respuesta.

Consiste en desacoplar Horizontalmente a la estructura del suelo.

### **3.3 Metodología.**

1.3.1. Tipo de investigación

Aplicativa-Explicativa

1.3.2. Diseño de investigación

Descriptivo Causal Simple

**M** ←———— **O** ..... **P**

### **3.4 Población y muestra.**

#### **3.4.1 Población**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA-UNACH, (pabellones de Ing. Civil, Ing. Forestal, Contabilidad y Enfermería).

#### **3.4.2 Muestra**

PABELLÓN DE ESTUDIO: LA FACULTAD DE ING. CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

### **3.5 Métodos de investigación.**

Modelación de la estructura. Previo a un análisis no lineal.

Se realiza un análisis estático no lineal basado por desplazamiento propuesto por Priestley (2007), incluyendo aisladores sísmicos con la finalidad de disipar energía y de esa manera evaluar el desempeño de la estructura estimando su fuerza y demandas de deformación.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

#### **3.6.1 Técnicas de investigación.**

Se tienen las siguientes técnicas y recolección de datos se obtienen a través de las siguientes normas técnicas:

### **3.6.1.1 Federal Emergency Management Agency (FEMA):**

El FEMA propone dos métodos para el análisis y diseño de estructuras aislada:

I.- El primero viene hacer un método estático determinado “Procedimiento de la fuerza lateral Equivalente”, que consiste en el desplazamiento de un sistema de un grado de libertad con una rigidez efectiva como aquella que ofrece el sistema de aislación para el desplazamiento.

II.- El otro viene hacer un método dinámico, que contempla un espectro y otro que consiste un análisis Tiempo-Historia.

### **3.6.1.2 Uniform Building Code, (UBC97).**

Dicho código describe el análisis y diseño de estructuras con aisladores Sísmicos:

El primero, a través de análisis estático que se encuentra regulado por restricciones como la altura y regularidad de la estructura; el segundo, realiza un análisis dinámico que comprende el análisis de respuesta espectral, que corresponde al espectro de diseño de la zona donde se construye y el análisis tiempo historia.

El análisis y diseño está basado fundamentalmente en los parámetros de desplazamiento de diseño  $D_D$  y el desplazamiento máximo  $D_M$ .

### **3.6.1.3 ASCE 7-10**

Asociación de ingenieros estructurales de california en el capítulo 17 detallan todo sobre aisladores sísmicos.

### **3.6.1.4 TÉCNICAS DE CAMPO:**

Planos proporcionados por la Universidad Autónoma de Chota.

Estudios de suelos. Y así determinar su capacidad portante.

Amortiguamiento equivalente.

Masa del aislador

Rigidez equivalente de la base aislada

### **3.6.1.5 TÉCNICAS DE GABINETE:**

Se realiza a través de la modelación del edificio aislado, los aisladores se modelan como columnas con secciones que poseen las mismas rigideces verticales y horizontales del aislador diseñado.

Se realiza un análisis estático y dinámico según el código ASCE7-10 en el capítulo 17 y el UBC, en donde el análisis estático es mucho más restrictivo.

### 3.6.2 Instrumentos de investigación

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>DESEMPEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>PROPIEDADES DEL ACERO Y CONCRETO</b>	MOMENTO CURVATURA	<b>NOMINAL</b>
	<b>CURVA DE CAPACIDAD (CURVA PUSHOVER)</b>	FUERZA CORTANTE VS DESPLAZAMIENTO	
	<b>ESPECTRO DE CAPACIDAD</b>	ACELERACION ESPECTRAL VS DESPLAZAMIENTO ESPECTRAL	
	<b>CURVA DE RESPUESTA</b>	MULTIPLES GRADOS DE LIBERTAD A UN SOLO GRADO DE LIBERTAD	
	<b>ESPECTRO DE RESPUESTA</b>	5 % DE AMORTIGUAMIENTO VISCOSO	
	<b>INTERSECCION DEL ESPECTRO DE CAPACIDAD Y ESPECTRO DE RESPUESTA</b>	PUNTO DE DESEMPEÑO CON LA REGLA DE IGUAL DESPLAZAMIENTO	
	<b>1. AISLADOR ELASTOMERICO DE BAJO AMORTIGUAMIENTO</b>	AMORTIGUAMIENTO ENTRE EL 5 Y 10 % RELACION LINEAL ENTRE LA FZA CORTANTE Y LA DEFORMACION	
<b>2. AISLADOR ELASTOMERICO CON NÚCLEO DE PLOMO</b>	PRODUCEN NUMEROS CICLOS HISTERETICOS ESTABLES SE TIENE BUENA RESISTENCIA A LA FATIGA AMORTIGUAMIENTO ENTRE 15 Y 35%		
<b>3. AISLADOR ELASTOMERICO DE CAUCHO CON ALTO AMORTIGUAMIENTO</b>	LA FZA CORTANTE Y LA DEFORMACION ES LINEAL SIN EMBARGO FORMA UN BUCLE QUE ENCIERRA UN ÁREA MENOR A LOS DE BAJO AMORTIGUAMIENTO SE TIENE UN AMORTIGUAMIENTO ENTRE 10 Y 20%		

### 3.7. Métodos de análisis de los datos.

El análisis de datos se realiza a través del modelamiento de la edificación con el Software de Estructuras ETABS v16

Obteniendo los desplazamientos y momentos flectores del análisis estático

No Lineal

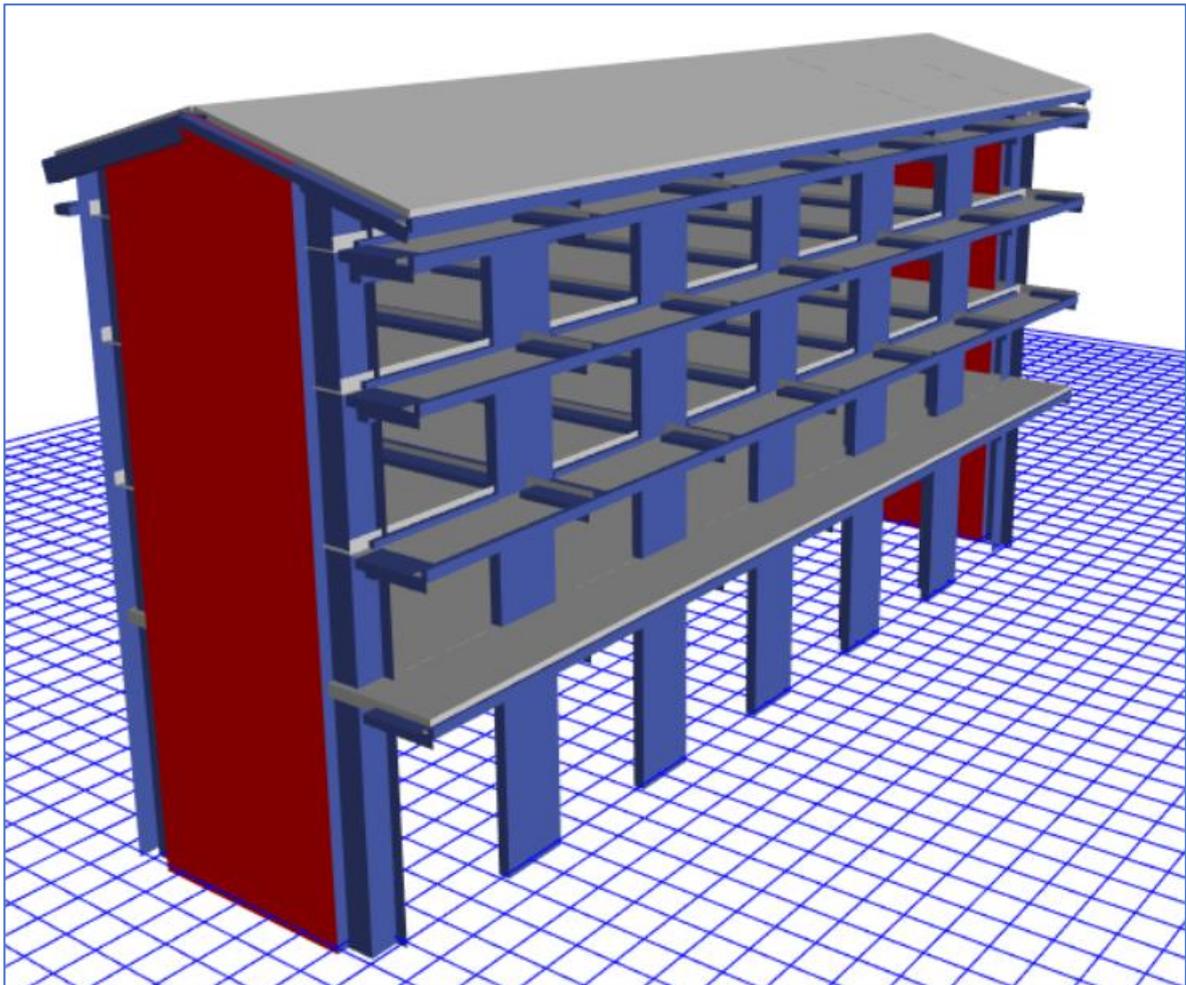
**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS**

## IV.RESULTADOS.

### 4.1 DESCRIPCIÓN.

Para poder realizar dicha propuesta se tiene que evaluar el desempeño de la estructura de la siguiente manera:

#### ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DEL EDIFICIO DE LA UNACH (MUROS Y COLUMNAS) DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO DE E-060



*Figura 1. Modelo tridimensional para el análisis:*

#### 4.1.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las consideraciones adoptadas para el análisis y diseño estructural fueron las que se muestran a continuación:

Resistencia a la fluencia del acero grado 60:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del acero:	$E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a compresión del concreto:	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del concreto:	$E_c = 15000 * \sqrt{f'_c}$
Peso unitario del concreto:	$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
Módulo de Poisson para el concreto	$\nu = 0.15$

#### 4.1.2. ANÁLISIS DE CARGAS

##### Cargas muertas:

Losa (e=20cm):	300 kg/m <sup>2</sup>
Acabados:	100 kg/m <sup>2</sup>
Tabiquería:	100 kg/m <sup>2</sup>

**CARGA MUERTA:** 500 kg/m<sup>2</sup>

##### Cargas vivas:

Carga viva (Aulas)	250 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (Administración)	250 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (Laboratorios)	300 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (Talleres)	350 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (Corredor).	400 Kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (Biblioteca)	300 Kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (Sala de profesores)	300 Kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (azotea).	100 kg/m <sup>2</sup>

##### Carga de Sismo:

Se considera que el edificio se ubica en la sierra del Perú se utilizó la norma E-060

Tabla 1. Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones.

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

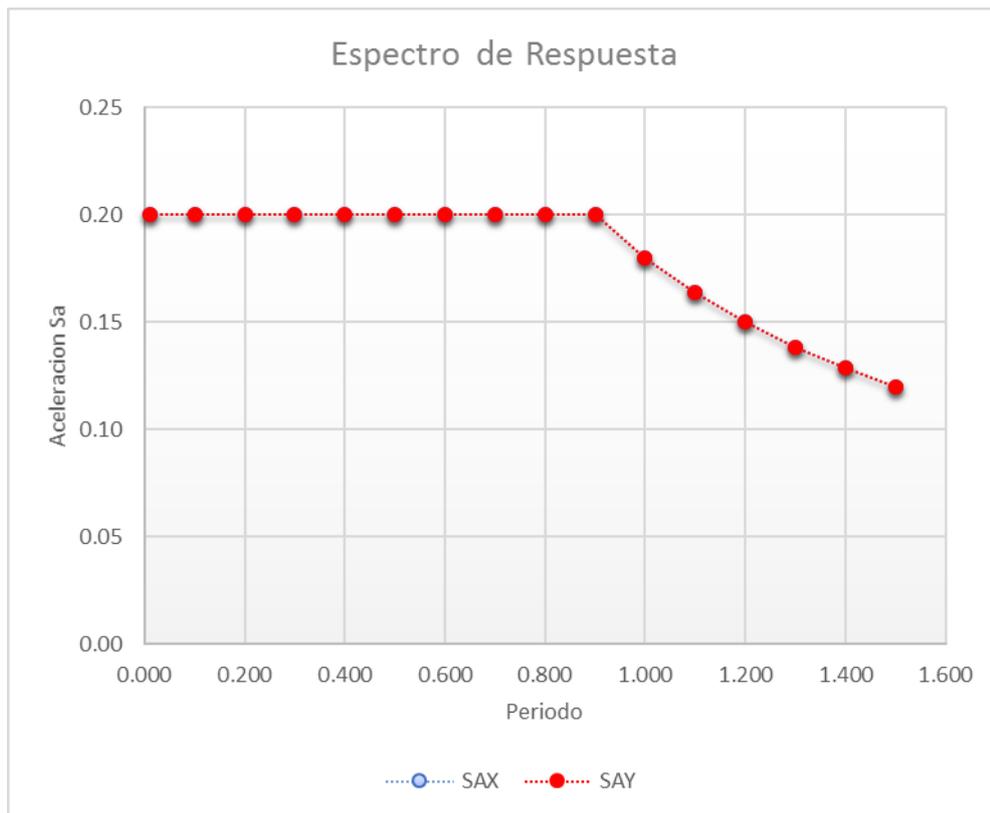


Figura 2. Espectro de respuesta de aceleraciones.

#### 4.1.3. SECCIONES Y GEOMETRÍA

Las secciones utilizadas en el análisis y diseño estructural son las que se listan a continuación.

Viga Principal T	0.30 x 0.50 m
Viga Secundaria	0.30 x 0.85 m
Columna C1-col T:	0.30X1.80 m
Columna C2-col L:	1.00X1.00 m
Losa	e = 20 cm
Muros de concreto	e = 30 cm

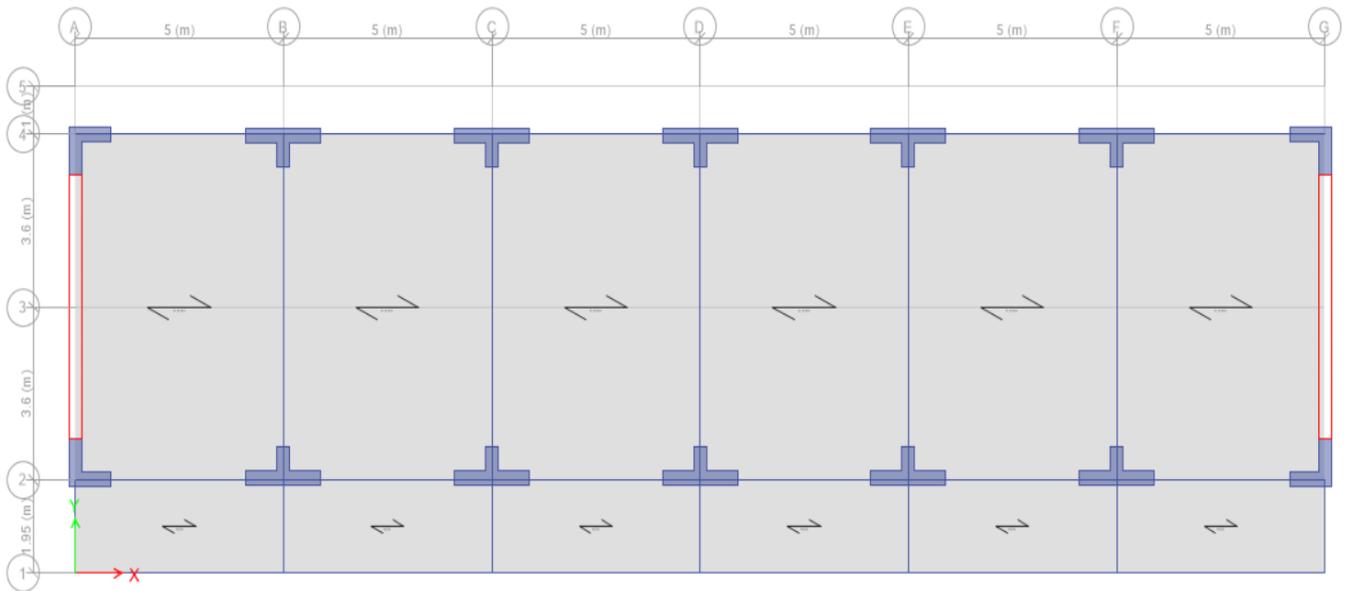


Figura 3. Planta típica del edificio.

#### 4.1.4. ESTIMACIÓN DE MASAS

Las masas se evaluaron según los lineamientos de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones. Se incluyeron las masas de las losas, vigas, columnas, muros, parapetos, acabados de piso. En la tabla 2, se indican las masas de cada nivel y su porcentaje respecto a la masa total de la estructura.

Tabla 2. Masas y pesos.

ID	Masa X	Masa	Pesos	
	$T_n$	$T_n$	$T_n$	%
Story5	101.035054	101.035054	101.04	5.0
Story4	484.944008	484.944008	484.94	24.0
Story3	445.363209	445.363209	445.36	22.0
Story2	459.073861	459.073861	459.07	22.7
Story1	533.513515	533.513515	533.51	26.4
Base				
Total	2023.93	2023.93	2023.93	100.0

#### 4.1.5. MODOS Y FRECUENCIAS DE VIBRACIÓN DEL EDIFICIO

Se realizó el análisis del comportamiento sísmico del edificio, usando un modelo numérico que represente sus características estructurales.

Se consideraron aquellos modos de vibración necesarios para que la suma de los pesos efectivos en cada dirección de análisis sea mayor o igual a 80 por ciento del peso total de la estructura, pero considerando por lo menos los tres primeros modos de vibrar en cada dirección de análisis.

Modo	Periodo	%MasaX	%MasaY	%AcumX	%AcumY	%AcumRotZ
1	0.468	89.29	0	89.29	0	0.05
2	0.376	0	83.81	89.29	83.81	0.05
3	0.262	0.04	0.00008	89.33	83.81	83.32
4	0.13	8.7	0	98.03	83.81	83.32
5	0.08	0.11	0	98.14	83.81	83.41
6	0.076	0	14	98.14	97.81	83.41
7	0.072	1.06	0	99.2	97.81	83.6
8	0.056	0	0	99.2	97.81	83.6
9	0.054	0.02	0	99.22	97.81	97.65
10	0.046	0.7	0	99.92	97.81	97.74
11	0.044	0	0	99.92	97.81	97.74
12	0.037	0	0	99.92	97.81	97.74

Tabla 3. Modos y factores de participación de masas

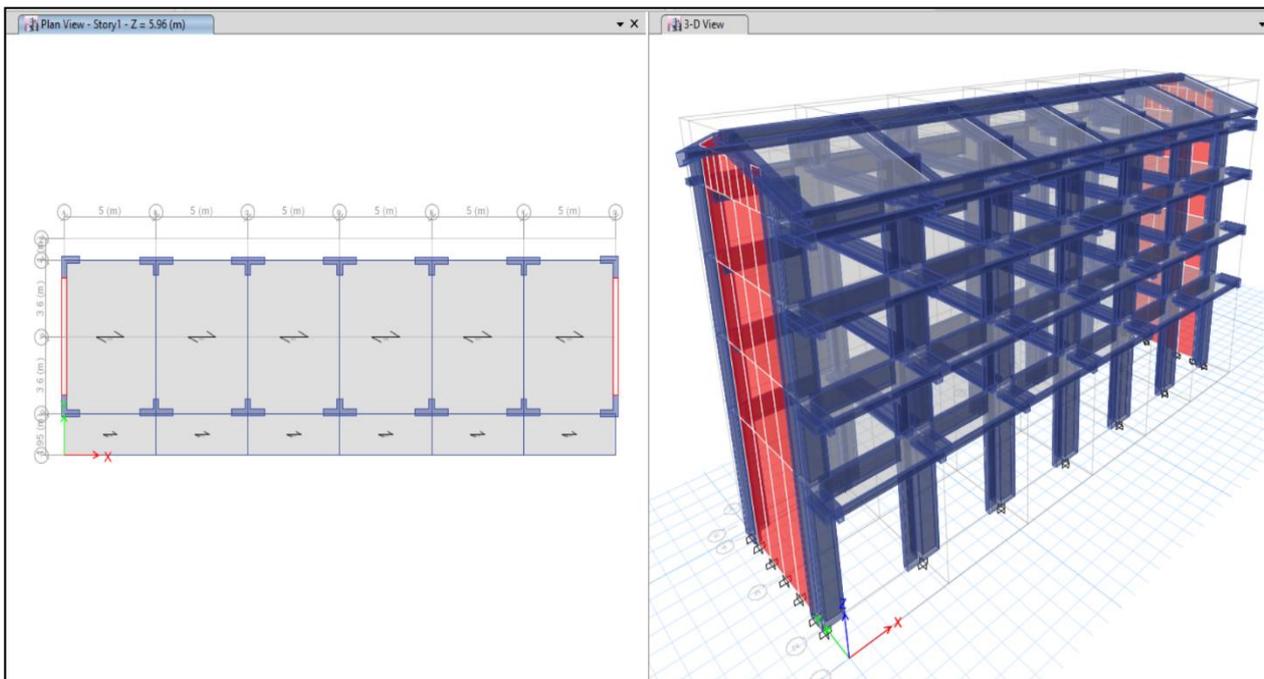


Figura 4. Periodo fundamental en dirección X (modo 1  $T=0.468s.$ )

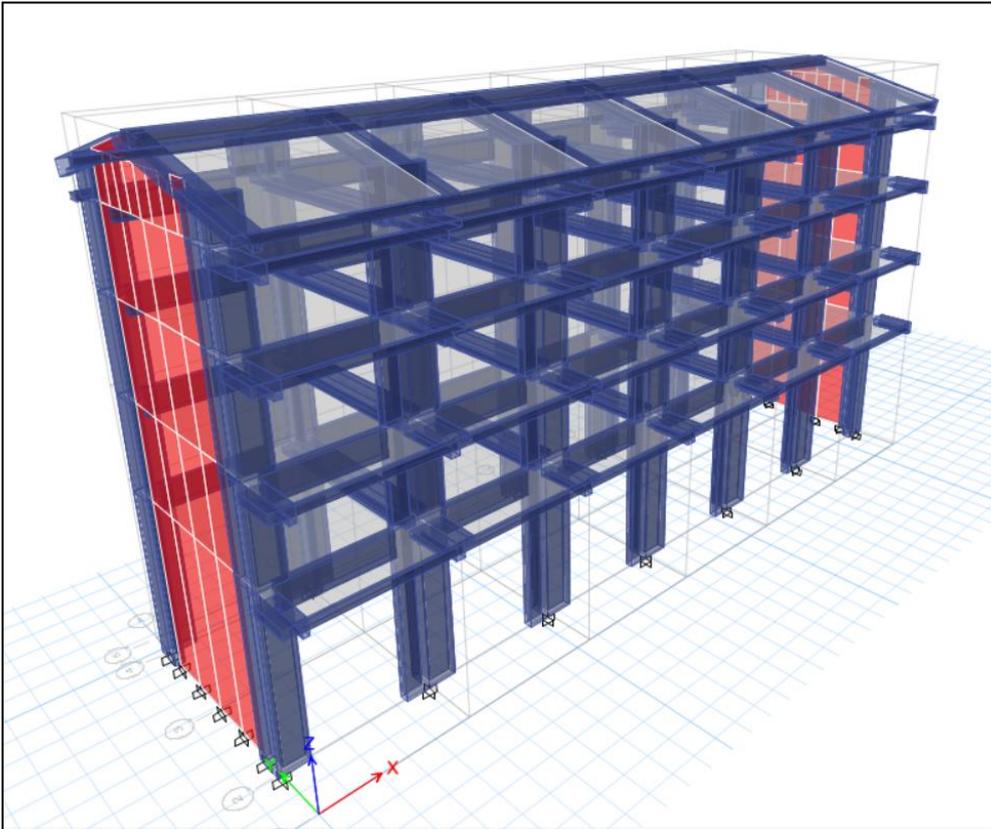


Figura 5. Periodo fundamental en dirección Y (modo 2  $T=0.376$  s.)

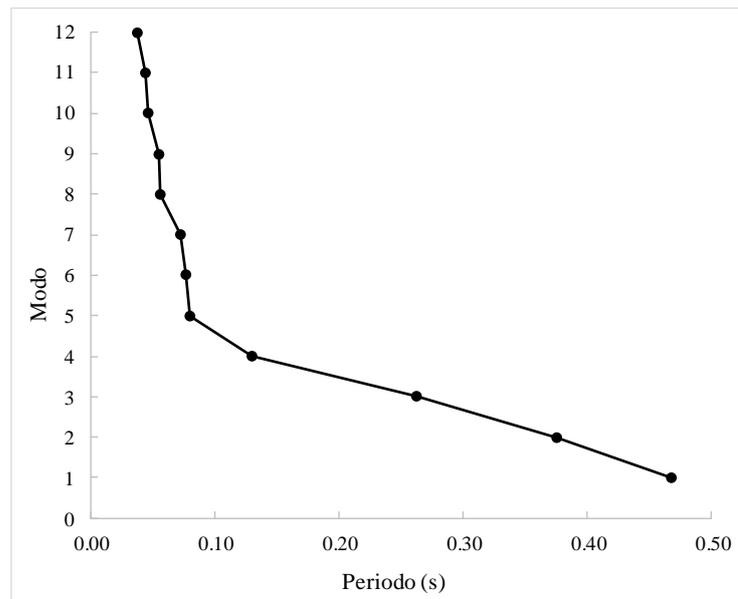


Figura 6. Periodo versus modo de vibración.

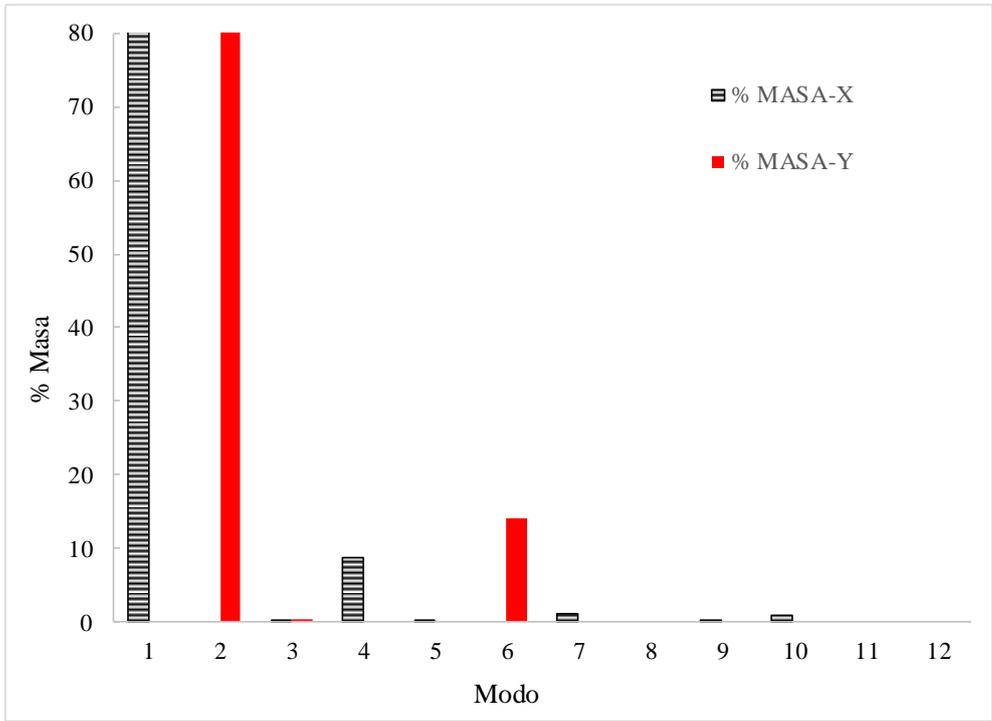


Figura 7. Factor de participación modal de masa versus modo de vibración.

#### 4.1.6. DISTORSIONES Y DESPLAZAMIENTOS:

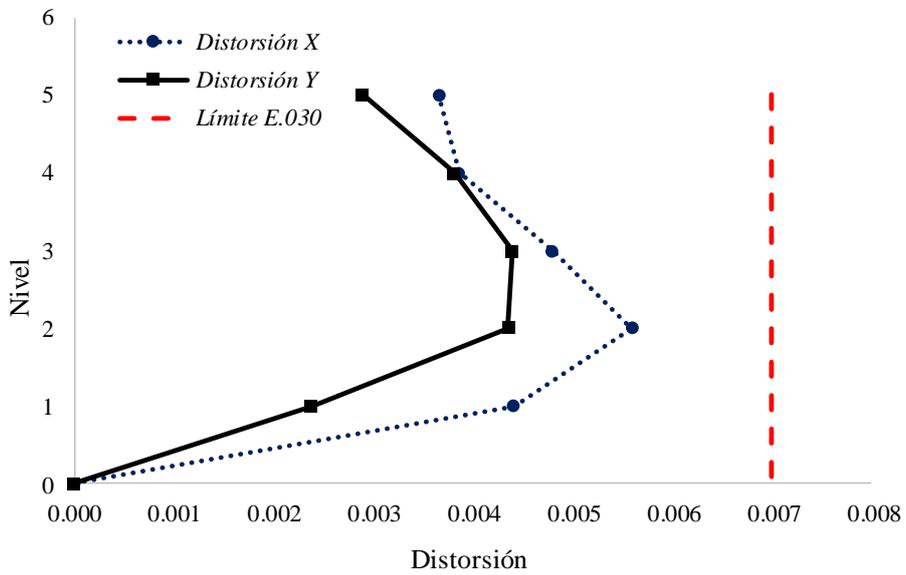


Figura 8. Distorsiones de entrepiso para ambas direcciones.

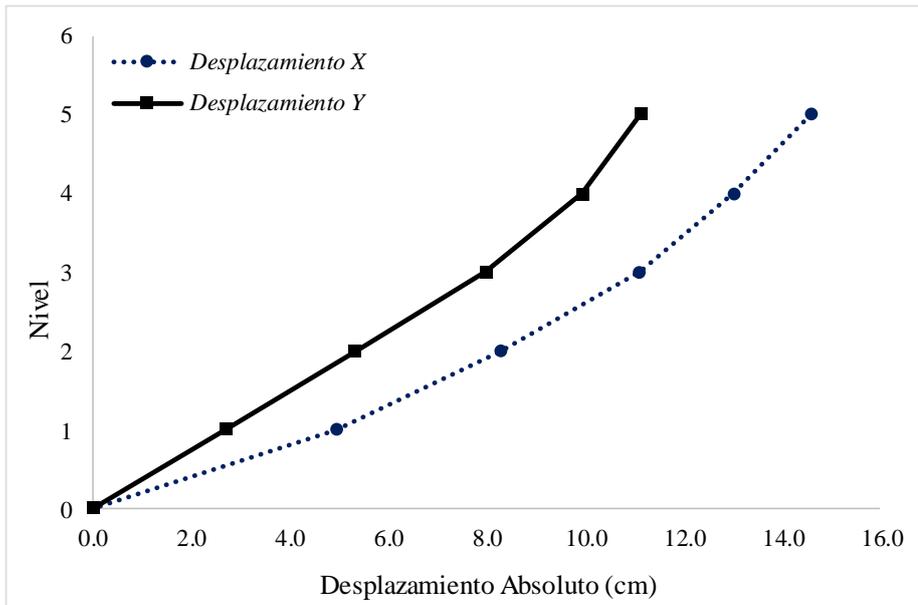
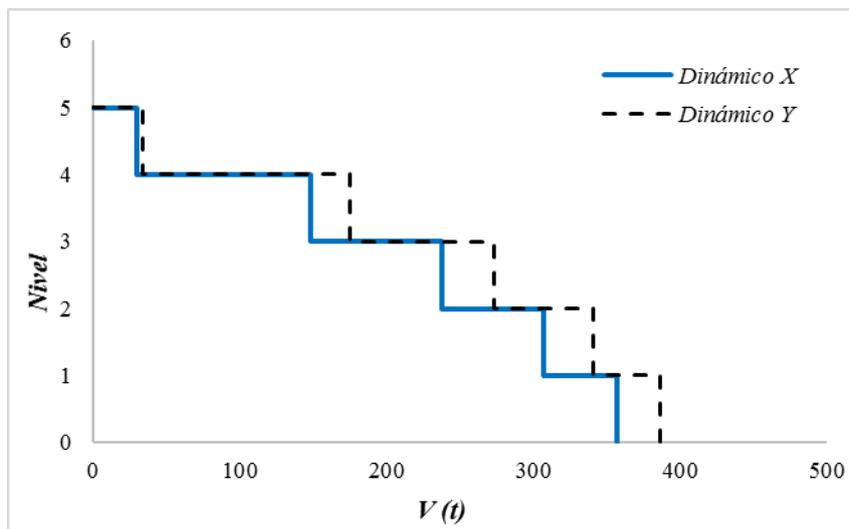


Figura 9. Desplazamientos absolutos para ambas direcciones.

#### 4.1.7. CORTANTES DE ENTREPISO

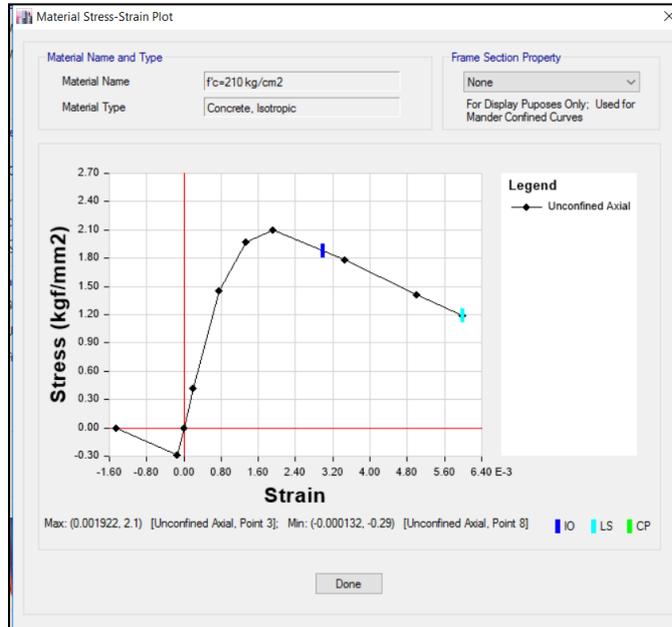
Tabla 4. Cortantes de entrepiso

Nivel	Estático Equivalente		Modal Espectral	
	$V_x(t)$	$V_y(t)$	$V_x(t)$	$V_y(t)$
5	26.35	30.10	30.45	33.62
4	136.94	156.47	148.90	175.28
3	220.30	251.71	238.30	273.10
2	283.98	324.47	307.06	340.81
1	332.13	379.49	357.61	386.96

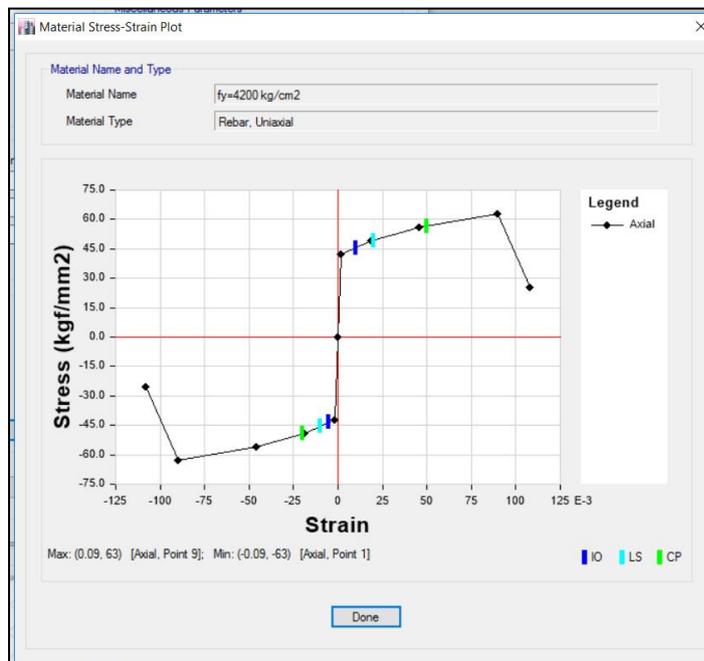


## 4.1.8. DETERMINACIÓN DEL PUSHOVER

### PROPIEDADES DEL CONCRETO:

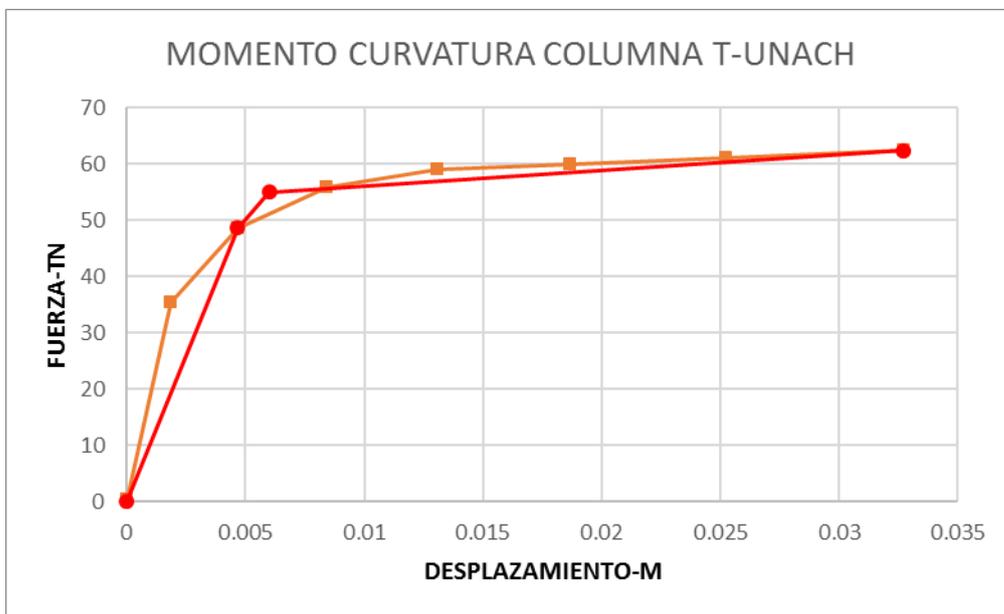
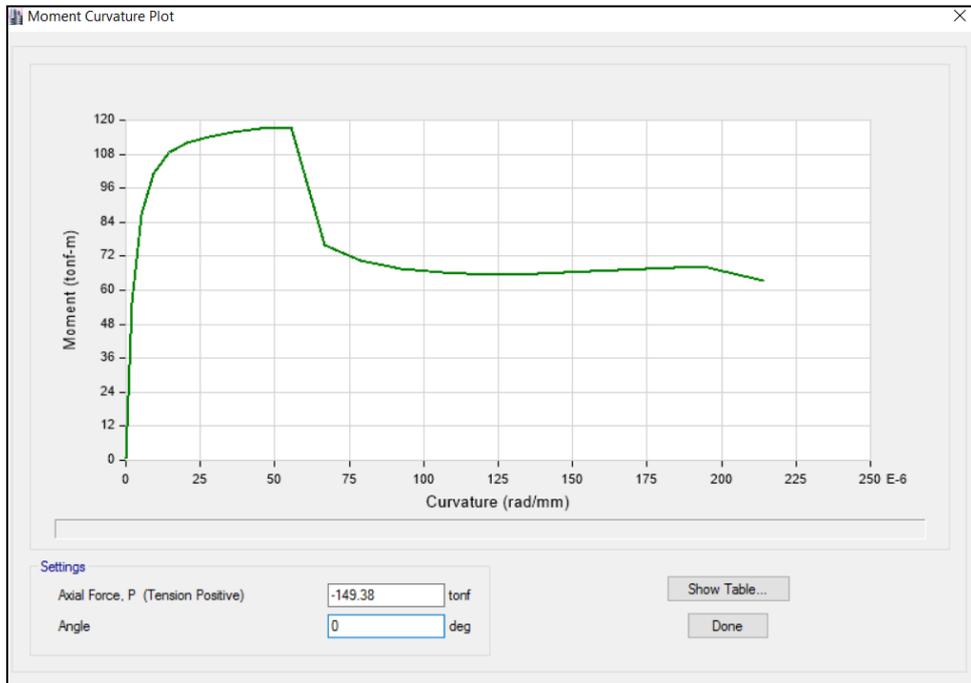


### PROPIEDADES DEL ACERO:



## 4.1.9 DETERMINACIÓN DEL MOMENTO CURVATURA DE LAS DIFERENTES SECCIONES DE LA ESTRUCTURA

### A.- MOMENTO CURVATURA DE LA COLUMNA T:



Moment Curvature Data for COLUMNNA T - Interacting P-M3

Select Curve  
 Axial Force: 149.38    Angle: 90    Curve #1

Moment Curvature Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Curvature/SF
A	0	0
B	1	0
C	1.13	0.027
D	0.113	0.027
E	0.226	0.054

Note: Yield moment is defined by interaction curve

Copy Curve Data    Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

- Immediate Occupancy: 0.003
- Life Safety: 0.012
- Collapse Prevention: 0.015

Show Acceptance Points on Current Curve

3D View  
 Plan: 0 deg    Axial Force: 149.38 tonf  
 Elevation: 0 deg     Hide Backbone Lines  
 Aperture: 0 deg     Show Acceptance Criteria  
 Show Thickened Lines  
 Highlight Current Curve

Moment Curvature Information  
 Symmetry Condition: Symmetric  
 Number of Axial Force Values: 1  
 Number of Angles: 1  
 Total Number of Curves: 1

Angle is Moment About  
 0 degrees = About Positive M2 Axis  
 90 degrees = About Positive M3 Axis  
 180 degrees = About Negative M2 Axis  
 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK    Cancel

MOMENTO CURVATURA DE LA COLUMNA T PARA RÓTULA PLÁSTICA.

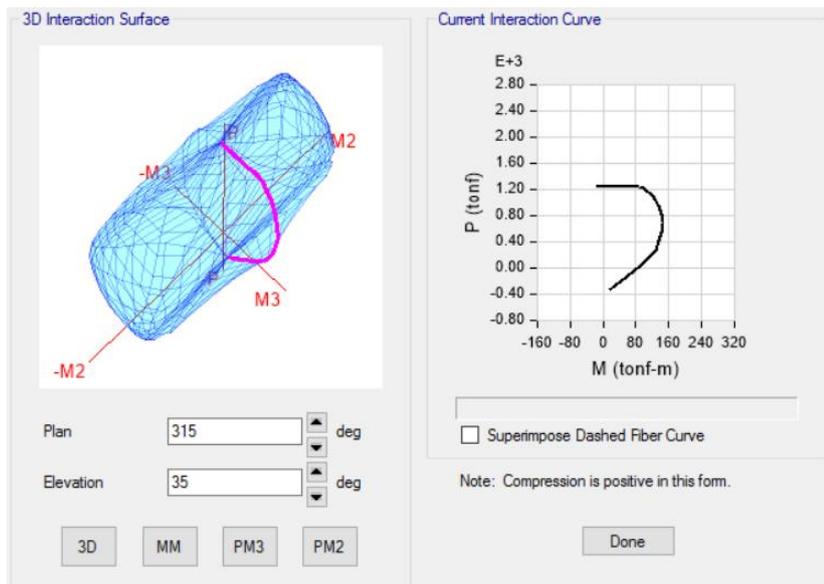
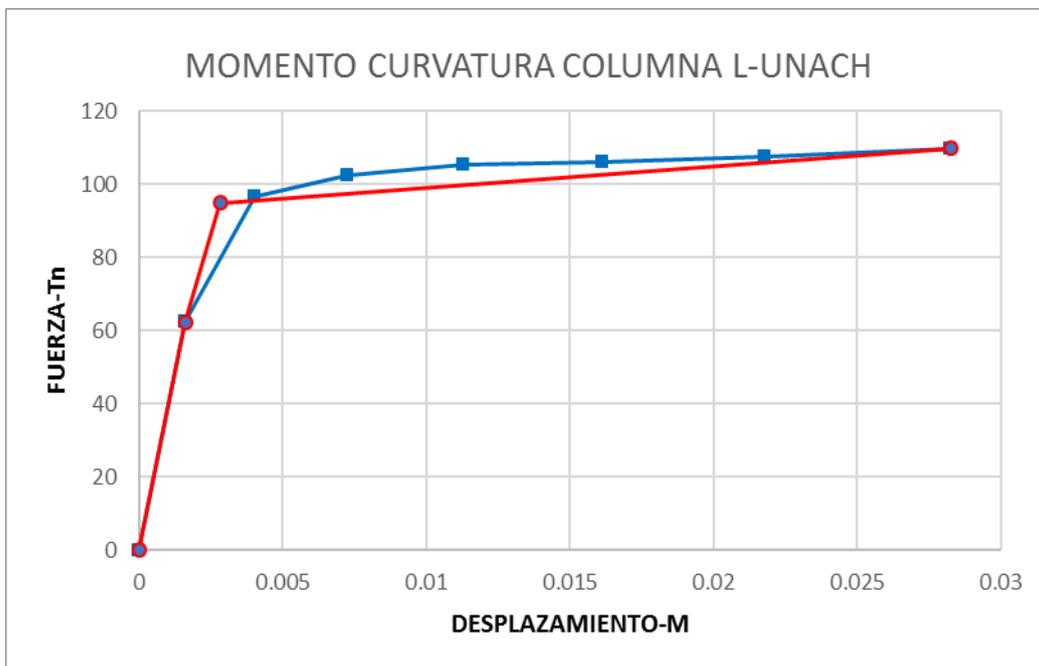
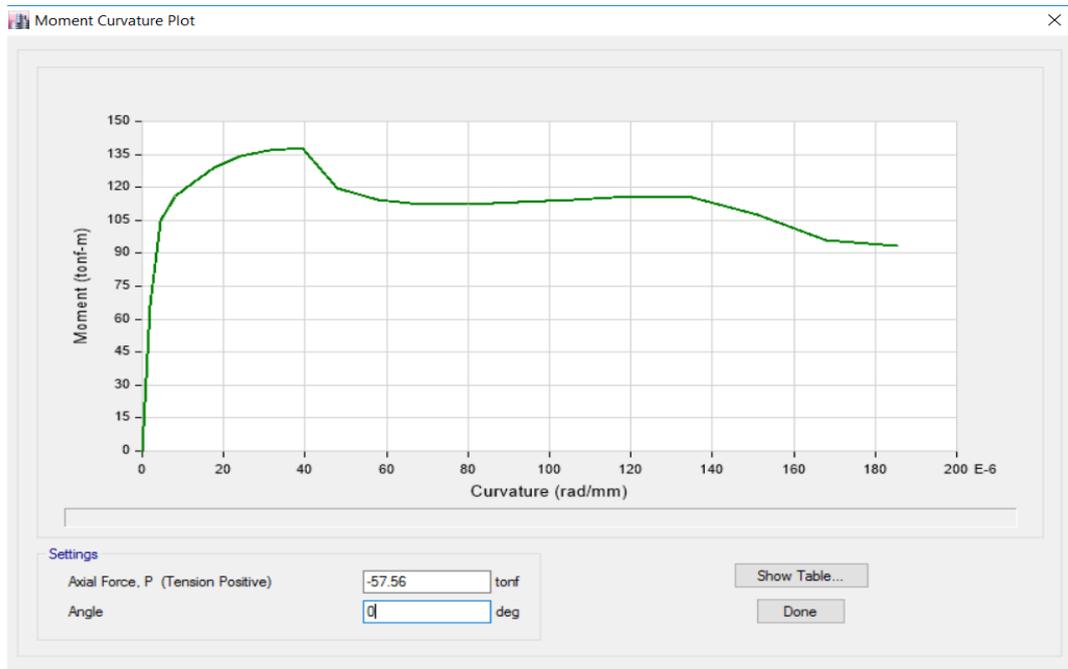


DIAGRAMA DE ITERACIÓN COLUMNA T

**B.- MOMENTO CURVATURA DE LA COLUMNA L:**



Select Curve

Axial Force: 57.56    Angle: 90    Curve #1

Moment Curvature Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Curvature/SF
A	0	0
B	1	0
C	1.16	0.025
D	0.116	0.025
E	0.232	0.05

Note: Yield moment is defined by interaction curve

Copy Curve Data    Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

- Immediate Occupancy: 0.003
- Life Safety: 0.012
- Collapse Prevention: 0.015

Show Acceptance Points on Current Curve

3D View

Plan: 0 deg    Elevation: 0 deg    Aperture: 0 deg    Axial Force: 57.56 tonf

Hide Backbone Lines  
 Show Acceptance Criteria  
 Show Thickened Lines  
 Highlight Current Curve

Moment Curvature Information

Symmetry Condition: Symmetric

Number of Axial Force Values: 1

Number of Angles: 1

Total Number of Curves: 1

Angle Is Moment About

- 0 degrees = About Positive M2 Axis
- 90 degrees = About Positive M3 Axis
- 180 degrees = About Negative M2 Axis
- 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK    Cancel

MOMENTO CURVATURA DE LA COLUMNA L PARA RÓTULA PLÁSTICA.

3D Interaction Surface

Plan: 315 deg    Elevation: 35 deg

3D    MM    PM3    PM2

Current Interaction Curve

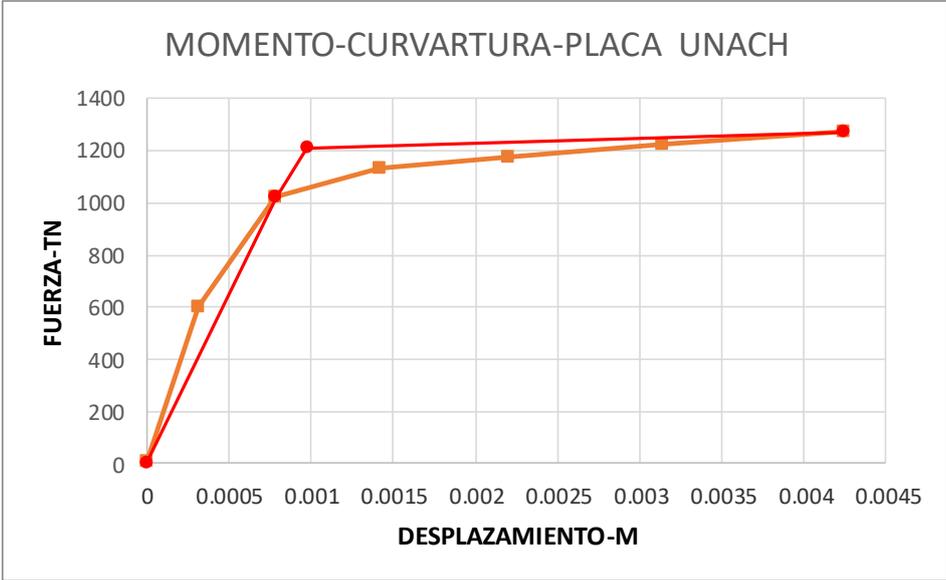
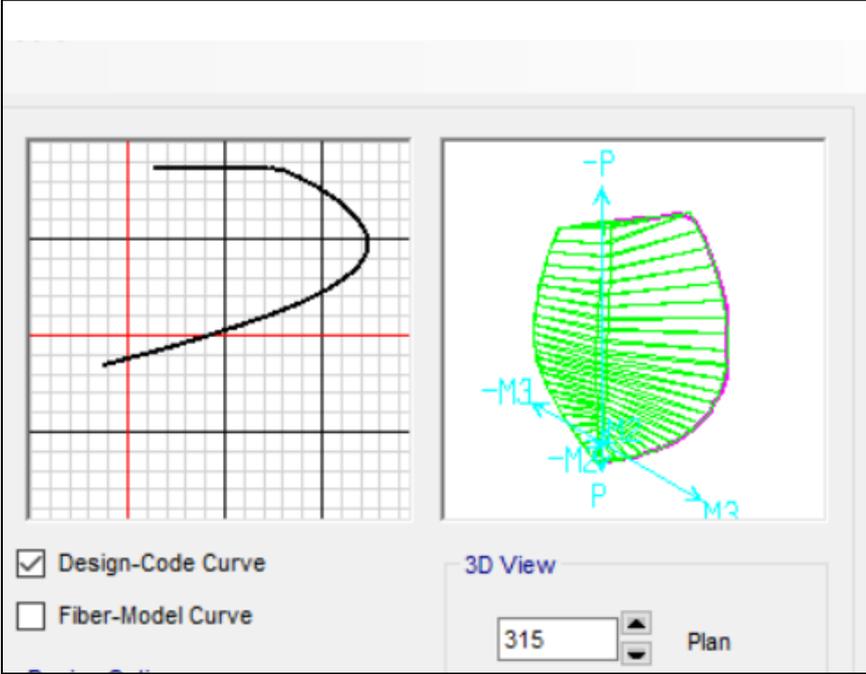
Superimpose Dashed Fiber Curve

Note: Compression is positive in this form.

Done

DIAGRAMA DE ITERACIÓN COLUMNA L

C.- MOMENTO CURVATURA DE LA PLACA DE CONCRETO ARMADO:



Select Curve

Axial Force: 121.79    Angle: 90    Curve #1

Moment Curvature Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Curvature/SF
A	0	0
B	1	0
C	1.05	0.003
D	0.105	0.003
E	0.21	0.006

Note: Yield moment is defined by interaction curve

Copy Curve Data    Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

- Immediate Occupancy: 0.003
- Life Safety: 0.012
- Collapse Prevention: 0.015

Show Acceptance Points on Current Curve

3D View

Plan: 0 deg    Elevation: 0 deg    Aperture: 0 deg    Axial Force: 121.79 tonf

Hide Backbone Lines  
 Show Acceptance Criteria  
 Show Thickened Lines  
 Highlight Current Curve

Moment Curvature Information

Symmetry Condition: Symmetric

Number of Axial Force Values: 1

Number of Angles: 1

Total Number of Curves: 1

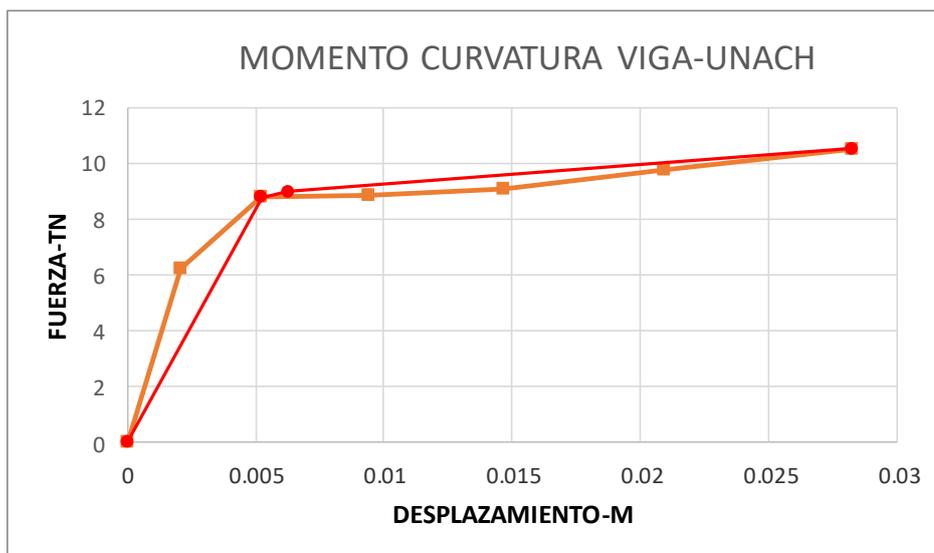
Angle Is Moment About

0 degrees = About Positive M2 Axis  
 90 degrees = About Positive M3 Axis  
 180 degrees = About Negative M2 Axis  
 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK    Cancel

MOMENTO CURVATURA DE LA PLACA PARA RÓTULA PLÁSTICA.

D.- MOMENTO CURVATURA DE LA VIGA 0.30MX0.85M:



## MOMENTO CURVATURA DE LA VIGA PARA RÓTULA PLÁSTICA.

Hinge Property Data for VIGA 30X85 - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Curvature/SF
E-	-0.234	-0.44
D-	-0.117	-0.022
C-	-1.17	-0.022
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.17	0.022
D	0.117	0.022
E	0.234	0.44

Symmetric

Type

Moment - Rotation

Moment - Curvature

Hinge Length

Relative Length

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

Drops To Zero

Is Extrapolated

Scaling for Moment and Curvature

Use Yield Moment    Moment SF    Positive     Negative     tonf-m

Use Yield Curvature    Curvature SF    Positive     Negative     1/m

(Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Curvature/SF)

	Positive	Negative
<input checked="" type="checkbox"/> Immediate Occupancy	<input type="text" value="0.003"/>	<input type="text" value="-0.003"/>
<input type="checkbox"/> Life Safety	<input type="text" value="0.012"/>	<input type="text" value="-0.012"/>
<input type="checkbox"/> Collapse Prevention	<input type="text" value="0.015"/>	<input type="text" value="-0.015"/>

Show Acceptance Criteria on Plot

OK    Cancel

## FORMACIÓN DE RÓTULAS PLÁSTICAS EN LA EDIFICACIÓN

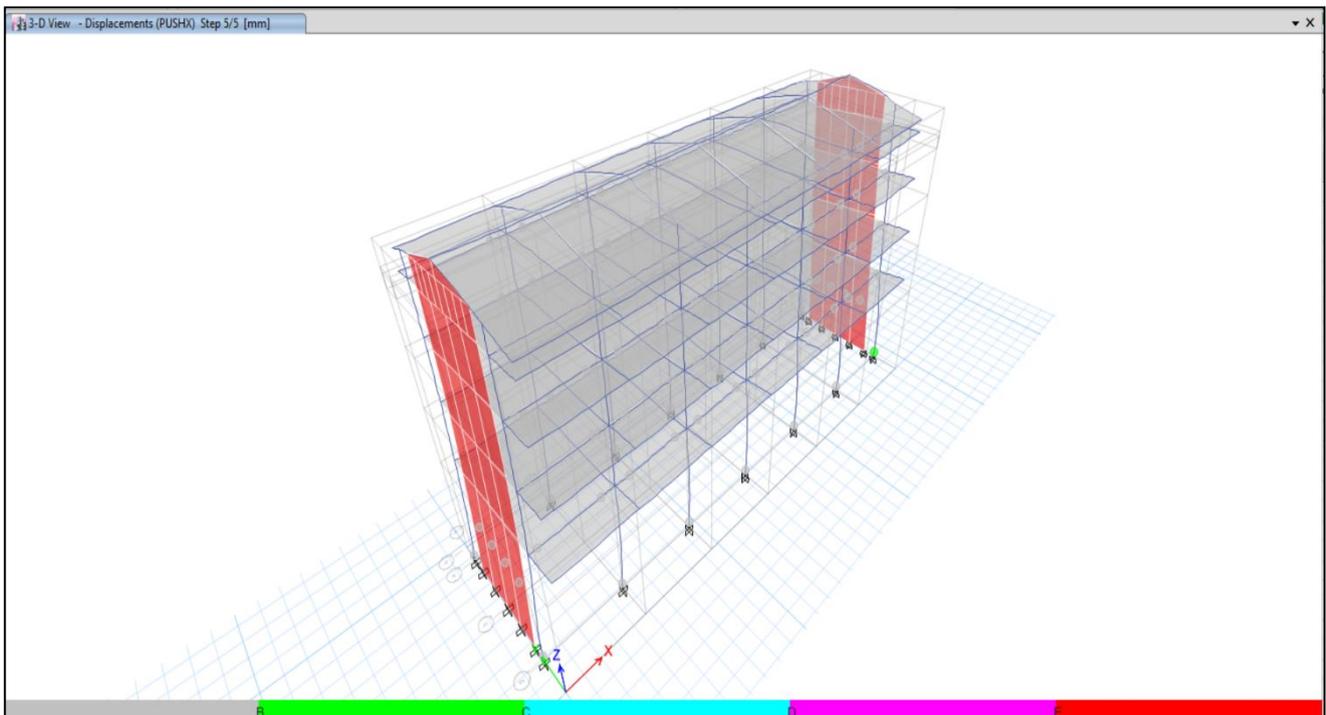
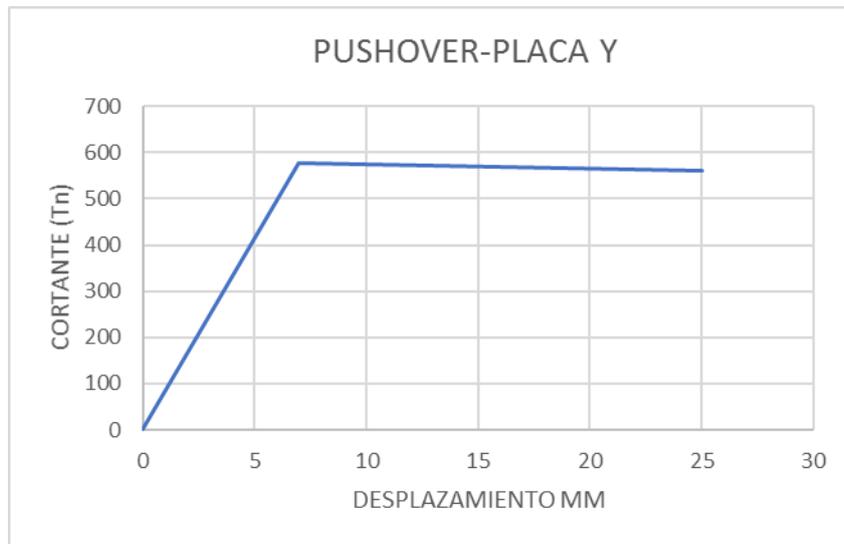


TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement									
Step	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	
	mm	tonf							
0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
1	7	578	2	2	0	0	0	0	4
2	25	560	2	0	2	0	0	0	3

**CURVA DE CAPACIDAD (PUSHOVER)**



**CURVA DE CAPACIDAD**

D* (Sd) cm	Sa
0.000	0.0000
0.497	3.3706
1.776	3.2657

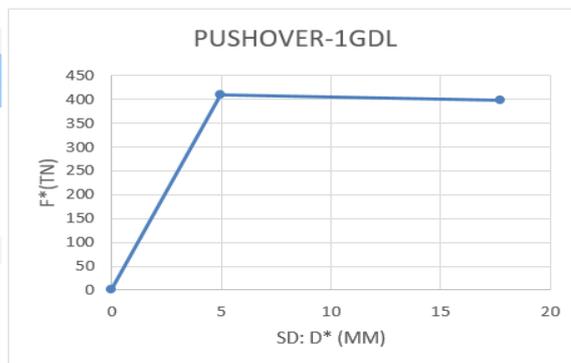
**DE 1 GDL**

D* (Sd) cm	Sa
0.000	0.0000
0.497	3.3706
1.776	3.2657

Step	D	F
	Monitored Displ	Base Force
	mm	tonf
0	0	0
1	7	578
2	25	560

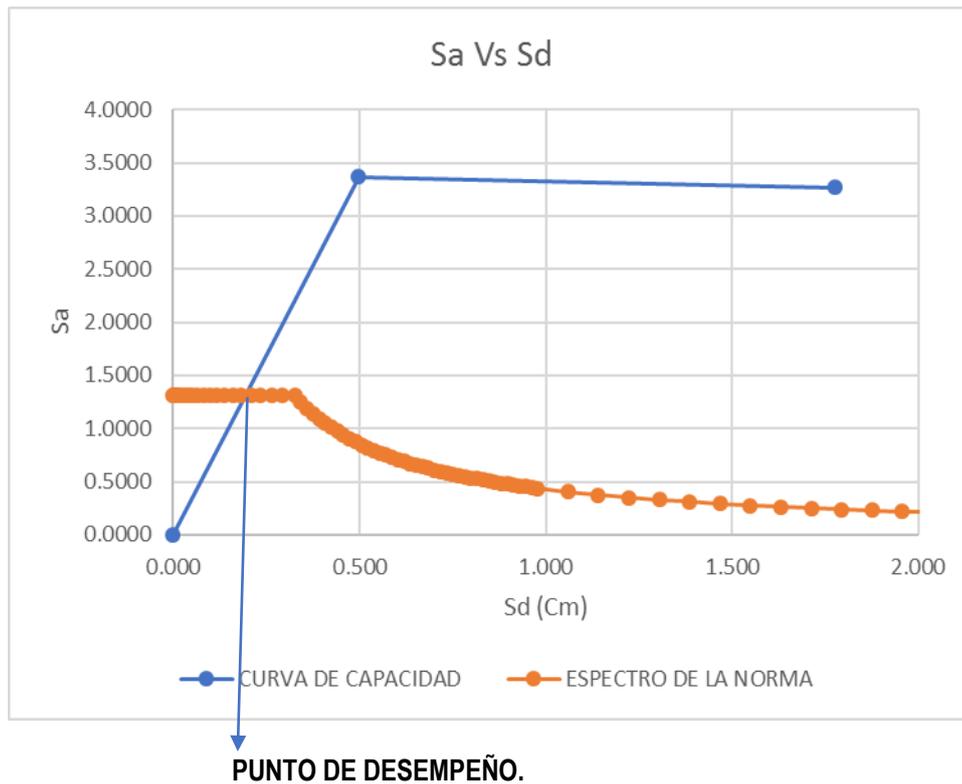
1GDL	
D*	F*
0	0
4.97	410.51
17.76	397.73

MASA PLACA: 121.79 Tn  
121790 Kg



Se obtiene una Ductibilidad por desplazamiento de:

$\mu_{\Delta}$  3.57



**CONCLUSIONES:**

DEL ANÁLISIS DEL EDIFICIO DE 04 PISOS CON PLACAS SE OBTUVO UNA DUCTIBILIDAD DE:

$$\mu_{\Delta} \quad 3.57$$

YA QUE ES UNA EDIFICACIÓN DUAL SU DUCTIBILIDAD ES: 3.5

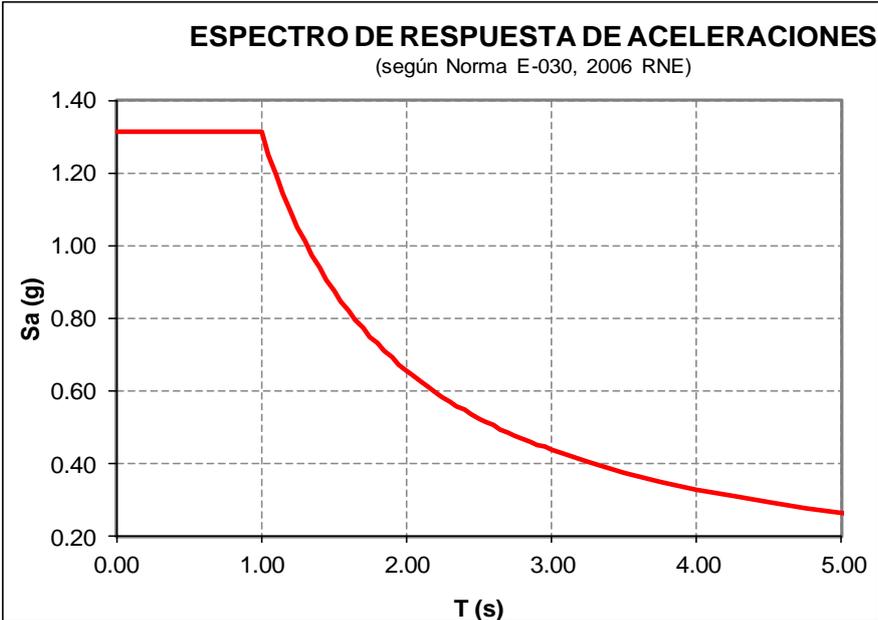
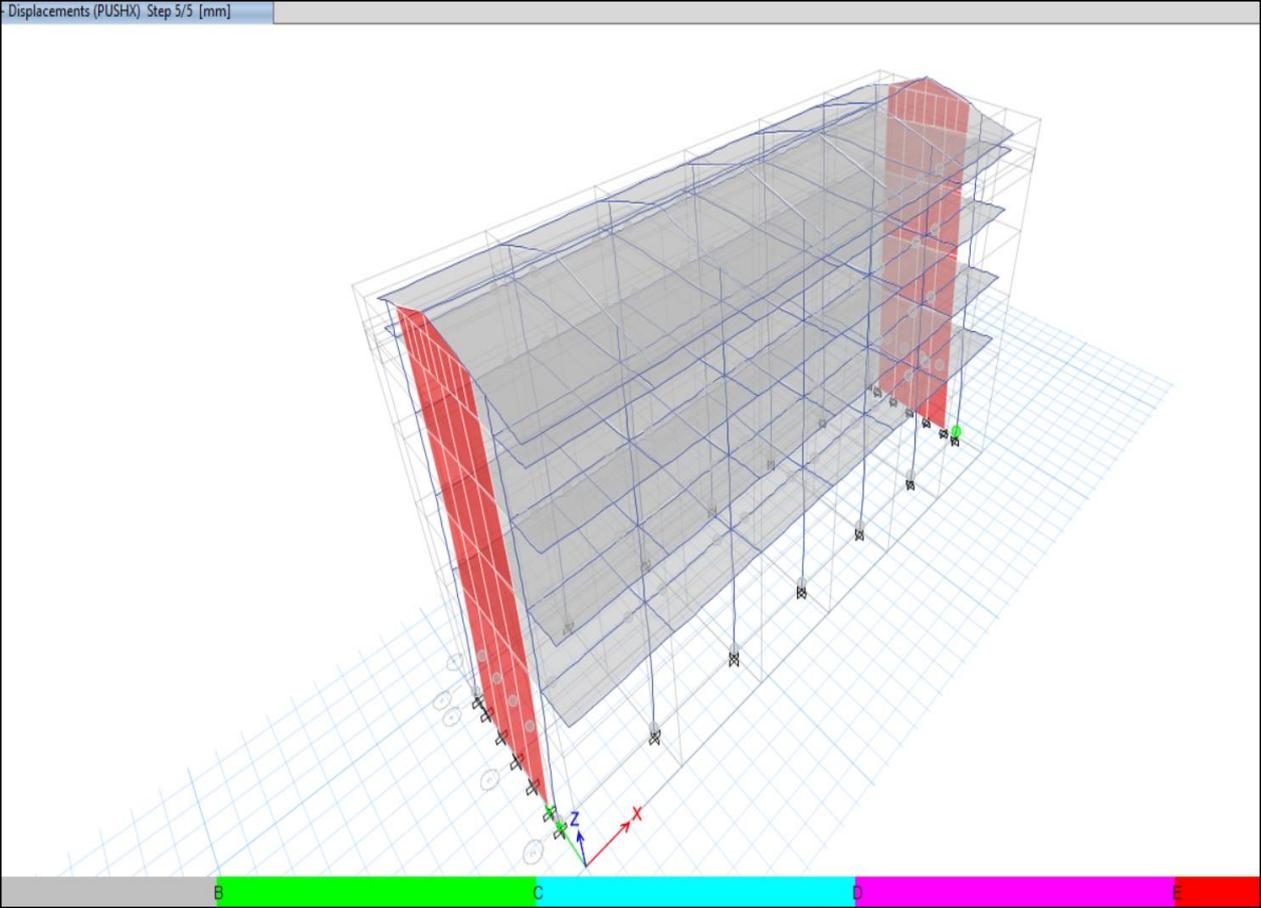
DONDE SU COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA ES :

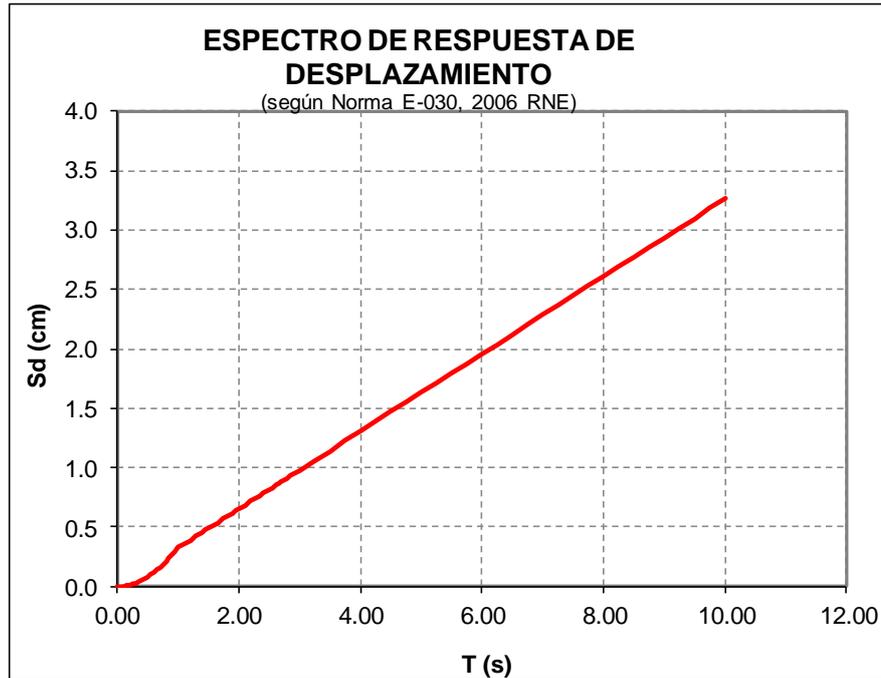
$$R: \quad 7$$

$$\mu_{\Delta} \quad 3.5$$

**Por lo tanto se concluye que se obtuvo la ductibilidad deseada de 3.5 PARA ESTRUCTURAS DUALES**

**4.1.10 ANÁLISIS Y DISEÑO POR DESEMPEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DEL EDIFICIO DE 04 NIVELES DE LA UNACH POR DESPLAZAMIENTO DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO DE E-060.**





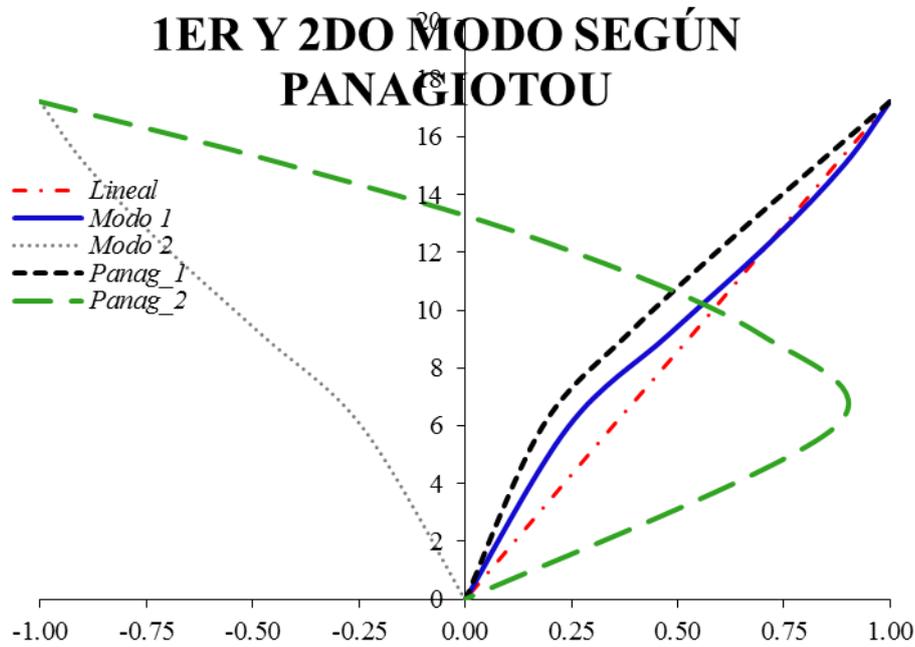
Cuadro de Pesos		
Piso N°	Altura [m]	P. Total [Tn]
1	5.96	533.510
2	9.16	459.07
3	12.36	445.36
4	15.06	484.94
5	17.22	101.04

$\Sigma =$             2024

Desplazamientos por sismo en X		
Piso N°	Altura [m]	Desp. X [mm]
5	17.2	14.62
4	15.06	13.05
3	12.36	11.12
2	9.16	8.29
1	5.96	4.95

Desplazamientos por sismo en Y		
Piso N°	Altura [m]	Desp. Y [mm]
5	17.2	11.14
4	15.1	9.96
3	12.4	8.00
2	9.2	5.33
1	6.0	2.69

$h_j$ [m]	$m_j$ [t]	$\phi_{j1}$			Forma modal		Panagiotou	
		Lineal	Desp. X	Despl. Y	$\phi_{j1}$	$\phi_{j2}$	$\phi_{j1}$	$\phi_{j2}$
17.2	101.04	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00
15.06	484.94	0.87	0.89	0.89	0.89	-0.89	0.83	-0.42
12.36	445.36	0.72	0.76	0.72	0.72	-0.72	0.62	0.19
9.16	459.07	0.53	0.57	0.48	0.48	-0.48	0.38	0.69
5.96	533.51	0.35	0.34	0.24	0.24	-0.24	0.18	0.87
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Lineal		Desplazamiento X		Desplazamiento Y		Forma de modo 1		Forma de modo 2		Panagiotou modo 1		Panagiotou modo 2	
$m_j\phi_{j1}$	$m_j\phi_{j1}^2$	$m_j\phi_{j1}$	$m_j\phi_{j1}^2$	$m_j\phi_{j1}$	$m_j\phi_{j1}^2$	$m_j\phi_{j1}$	$m_j\phi_{j1}^2$	$m_j\phi_{j2}$	$m_j\phi_{j1}^2$	$m_j\phi_{j1}$	$m_j\phi_{j1}^2$	$m_j\phi_{j2}$	$m_j\phi_{j1}^2$
101.04	101.04	101.04	101.04	101.04	101.04	101.04	101.04	-101.04	101.04	101.04	101.04	-101.04	101.04
424.11	370.91	432.82	386.30	433.44	387.41	433.44	387.41	-433.44	387.41	402.04	333.32	-205.94	87.46
319.67	229.45	338.96	257.97	319.98	229.89	319.98	229.89	-319.98	229.89	275.17	170.02	84.28	15.95
244.20	129.90	260.22	147.51	219.83	105.27	219.83	105.27	-219.83	105.27	175.14	66.82	318.54	221.02
184.65	63.91	180.68	61.19	128.84	31.11	128.84	31.11	-128.84	31.11	96.33	17.39	463.66	402.95
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1273.67	895.21	1313.72	954.01	1203.12	854.72	1203.12	854.72	-1203.12	854.72	1049.73	688.59	559.49	828.42
$\Gamma_1 =$	1.423	$\Gamma_1 =$	1.377	$\Gamma_1 =$	1.408	$\Gamma_1 =$	1.408	$\Gamma_1 =$	-1.408	$\Gamma_1 =$	1.524	$\Gamma_2 =$	0.675

### Factores de participación Modal.

$\Gamma =$	1.52
$M_e =$	1600.28 kg
$\varepsilon_y =$	0.002
$\phi_y =$	0.00073 1/m
$\delta_y =$	0.059 m
$D^*y =$	0.039 m
$T_1 =$	0.287 s
$F^*y =$	29838.02 N
	29.84 kN
$V_{b1} =$	29.84 kN
$\mu =$	3.5
$D^*u =$	0.14 m
$\mu =$	3.5
$D^*u =$	0.14 m

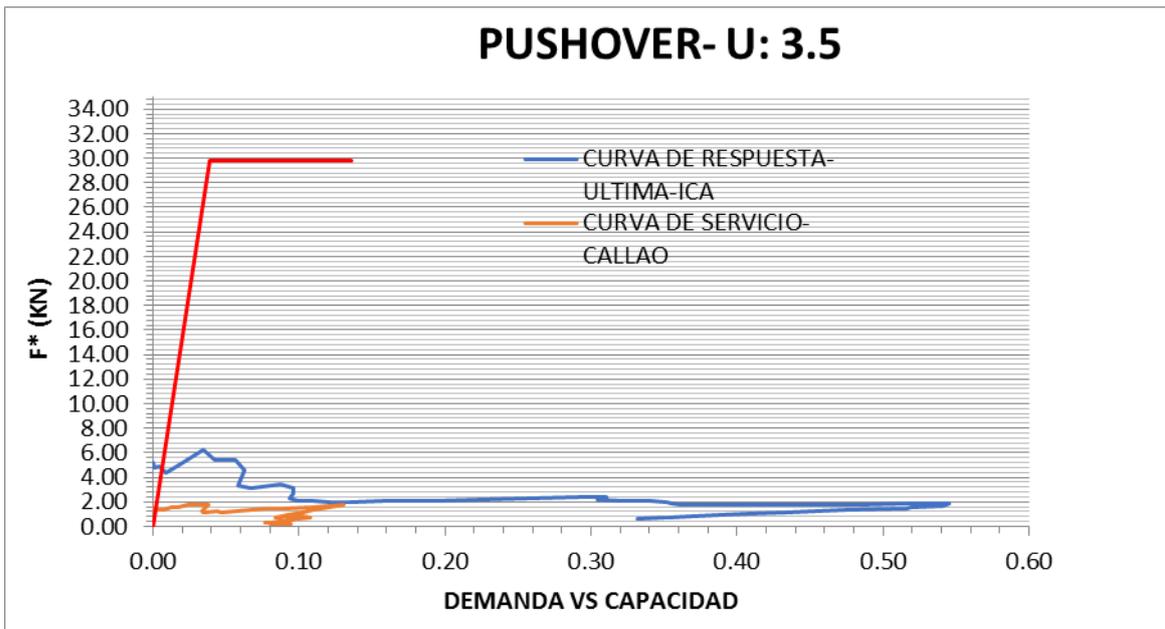
**DATOS  
PARA  
EL  
PUSHOVER**

$D^*$ (m)	$F^*$ (kN)
0	0
0.039	29.84
0.14	29.84

$D^*y =$  0.039 m

$Du:$  0.14 m

$\mu_{\Delta}$  3.5



## **4.2. DISCUSIÓN**

### **COMPARACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO CONVENCIONAL CON EL DE DESPLAZAMIENTOS**

#### **DESPLAZAMIENTO:**

- La ventaja: del método por desplazamiento viene hacer que el diseñador define la ductilidad

Que desea realizar en el Proyecto.

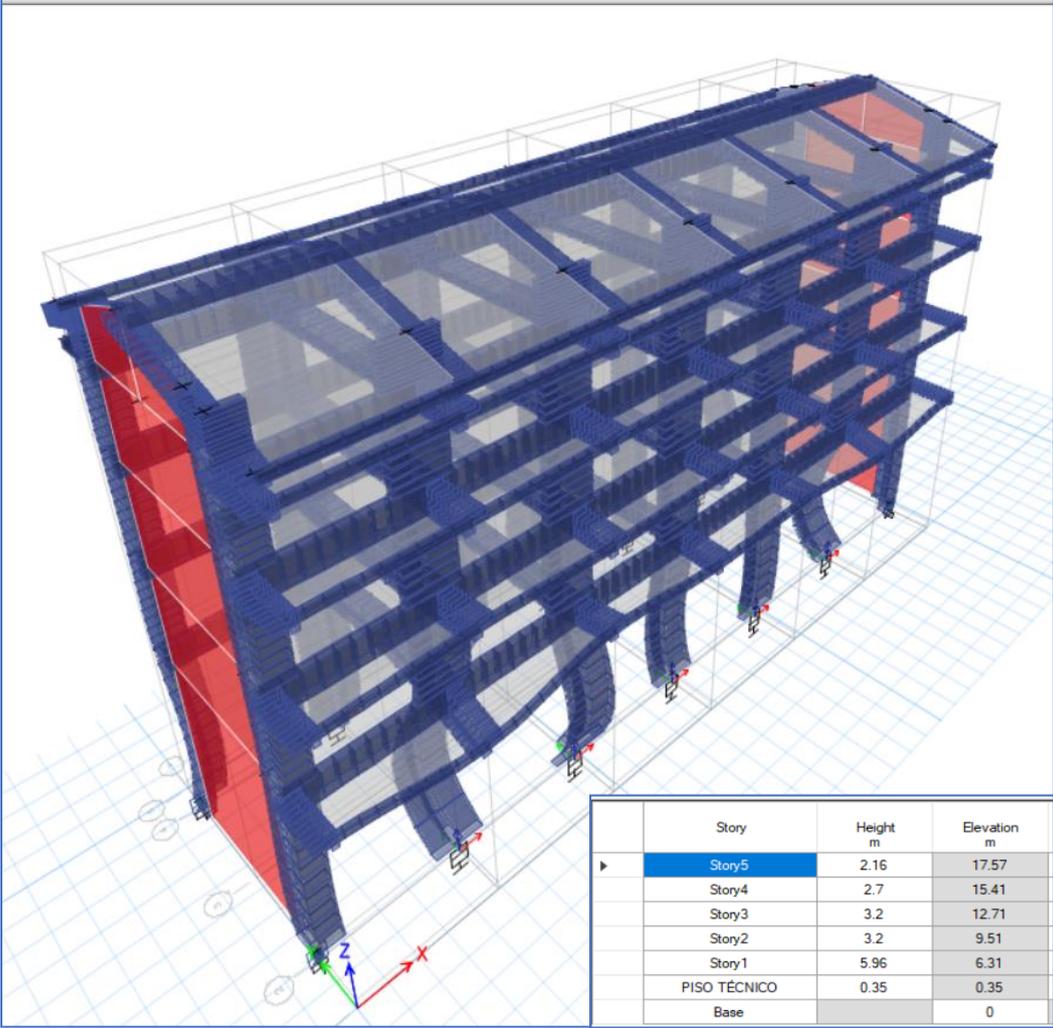
- Desventaja: Sería que se diseña con registros sísmicos.

#### **CAPACIDAD:**

-La ventaja: con este método sería que se utiliza el Espectro de la norma no es necesario trabajar con registros sísmicos como el caso del diseño por desplazamiento.

- Desventaja: Sería que no se utiliza la ductilidad deseada sino por este método se llega a una ductilidad.

**4.3. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DEL EDIFICIO DE LA UNACH CON AISLADORES SÍSMICOS-DE ACUERDO CON LA NORMA ASCE 7-10, CAPÍTULO 17.**



**4.3.1.- PARÁMETROS NECESARIOS PARA DISEÑO DE AISLAMIENTO BASE:**

**4.3.1.1 Procedimiento para Fuerza Lateral equivalente:**

$F_s = C_s \times W$  (12.8-1)  
 $F_s = 449.312 \text{ Tn}$   
 $C_s = 0.222$  coeficiente simico  
 $W = 2023.930 \text{ Tn}$

### 4.3.1.2 Coeficiente sísmico.

$C_s = SDS / (R / I_e)$	(12.8-2)
$C_s =$	0.222 coeficiente simico
$S_{Ds} =$	0.888 aceleracion para periodos cortos
$S_{D1} =$	0.848 aceleracion para periodo 1seg
$R =$	6 factor de reduccion
$I_e =$	1.5 factor de importancia
$S_{MS} =$	1.33 aceleracion para MCE periodos cortos
$S_{M1} =$	1.272 aceleracion para MCE para t=1seg
$T =$	2.5 seg
$T_0 =$	0.191 seg
$T_s =$	0.955 seg
$T_L =$	1.6 seg
$S_s =$	1.48
$S_1 =$	0.53
$T_{inicial}$	0.468 seg

#### Limites

**$C_s$  no debe superar los siguientes limites:**

Si:  $T \leq T_L$

$C_s =$	FALSO
$T$	2.500 seg
$T_L$	1.6 seg

Si:  $T > T_L$

$C_s =$	0.068
$T$	2.500 seg
$T_L$	2 seg

**$C_s$  no debera ser menor a:**

$C_s =$	0.059 > 0.01
---------	--------------

**NOTA: Si la estructura tiene un  $S_1$  igual o mayor a 0.6g, entonces  $C_s$ , no debera ser infeior a:**

$C_s =$	0.094
---------	-------

#### Resumen:

$F_s = 118.618 T_n$	<b>FUERZA LATERAL EQUIVALENTE PARA DISEÑAR ESTRUCTURAS AISLADAS</b>
---------------------	---

### 4.3.1.3 Desplazamiento Lateral Mínimo:

#### DESPLAZAMIENTO LATERALES MINIMOS

##### Desplazamiento de Diseño $D_D$ :

$D_D$ =	0.33 m	32.77 cm	Ec. (17.5-1)
$g$ =	9.81 m/s <sup>2</sup>		
$S_{D1}$ =	0.848		
$T_D$ =	2.333 seg	Ec (17.5-2)	
$B_D$ =	1.500	Tabla 17.5-1	
$\beta_D$ =	20	Tabla 17.5-1	

##### Periodo Efectivo para desplazamiento de Diseño $T_D$ :

$T_D$ =	2.333 seg		Ec (17.5-2)
$W$ =	2023.930 Tn	19854.753 KN	
$K_{Dmin}$ =	1496.920 Tn/m	14.685 KN/mm	Ec (17.8-4)

##### Resumen:

**$D_D$  = 32.769 cm** DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO

##### Desplazamiento de Maximo $D_M$ :

$D_M$ =	0.516 m	51.62 cm	Ec (17.5-3)
$S_{M1}$ =	1.272	Seccion 11.4.3	
$T_M$ =	2.450 seg	Ec 17.5-4	
$B_M$ =	1.500	Tabla 17.5-1	

##### Periodo Efectivo para Desplazamiento maximo esperado $T_M$ :

$T_M$ =	2.450 seg		Ec (17.5-4)
$W$ =	2023.930 Tn	19854.753 KN	
$K_{mmin}$	1357.363 Tn/m	13.316 KN/mm	Ec (17.8-6)
$g$ =	9.81 m/s <sup>2</sup>		

##### Resumen:

**$D_M$  = 51.618 cm** DESPLAZAMIENTO MAXIMO

##### Desplazamiento Total para Diseño $D_{TM}$ y para Máximo Esperado $D_{TM}$

$y$ =	1500 cm
$b$ =	915 cm
$d$ =	3000 cm
$e$ =	4.55 cm

$D_{TD}$ =	33.041 cm	Ec (17.5-5)
$D_{TM}$ =	52.048 cm	Ec (17.5-6)

##### Resumen:

**$D_{TD}$  = 33.041 cm** DESPLAZAMIENTO TOTAL DE DISEÑO

**$D_{TM}$  = 52.048 cm** DESPLAZAMIENTO TOTAL MAXIMO ESPERADO

#### 4.3.1.4 Fuerza Lateral Mínima:

##### Sistema de Aislamiento y Sub estructura

Vb=	19247.939 kN	1962.073 Tn
K <sub>D</sub> MAX=	58.74 KN/mm	
D <sub>D</sub> =	327.685 mm	

##### Resumen:

<b>Vb= 1962.073 Tn</b>	<b>FUERZA LATERAL MINIMA SUB ESTRUCTURA Y SISTEMAS DE AISLACION</b>
------------------------	---

##### Elementos Estructurales Super Estructura

V <sub>s</sub> =	9623.970 kN	981.037 Tn	Ec (17.5-8)
K <sub>D</sub> MAX=	58.74 KN/mm		
D <sub>D</sub> =	327.685 mm		
R <sub>I</sub> =	2		

##### Resumen:

<b>V<sub>s</sub>= 981.037 Tn</b>	<b>FUERZA LATERAL MINIMA SUPER ESTRUCTURA</b>
----------------------------------	---

#### 4.3.1.5 Fuerza Lateral De Recuperación En El Sistema De Aislamiento.

FLTD=	19408.188 kN	1978.409 Tn
K <sub>D</sub> MAX=	58.739 KN/mm	
D <sub>TD</sub> =	330.413 mm	

##### Resumen:

<b>F<sub>REC MIN</sub>= 50.598 Tn</b>
<b>F<sub>REC MAX</sub>= 989.204 Tn</b>

##### Limites del Cortante V<sub>S</sub>

No sera como menos que:

V <sub>s</sub> =	118.62 Tn
V <sub>s</sub> =	166.97 Tn

##### Resumen:

<b>V<sub>s</sub>= 981.037 Tn</b>	<b>FUERZA LATERAL DISEÑO</b>
----------------------------------	------------------------------

#### 4.3.1.6 PROPIEDADES DEL SISTEMA DE AISLACIÓN.

##### Maximo y Minima Rigidez Efectiva:

Para Diseño:

K <sub>D</sub> MAX=	58.74 kN/mm	Ec(17.8-3)
F <sub>max+</sub>	437.40 Tn	
F <sub>max-</sub>	437.40 Tn	
D <sub>d</sub> =	0.07305 m	

K <sub>D</sub> MIN=	14.68 kN/mm	Ec(17.8-4)
F <sub>min+</sub>	437.40 Tn	
F <sub>min-</sub>	437.40 Tn	
D <sub>d</sub> =	0.2922 m	

Para Maximo Sismo Considerando:

KMMAX=	18.91 kN/mm	Ec(17.8-5)
Fmax+	250.00 Tn	
Fmax-	250.00 Tn	
Dm=	0.1297 m	

KMMIN=	13.32 kN/mm	Ec(17.8-6)
Fmin+	704.20 Tn	
Fmin-	704.20 Tn	
Dm=	0.5188 m	

Ecuación (17.8-5, se encuentra en la Norma del ASCE 7-10).

#### 4.3.1.6.1 DIAGRAMA DE HISTÉRESIS CON NÚCLEO DE PLOMO- PARA SISMO MÁXIMO ESPERADO.

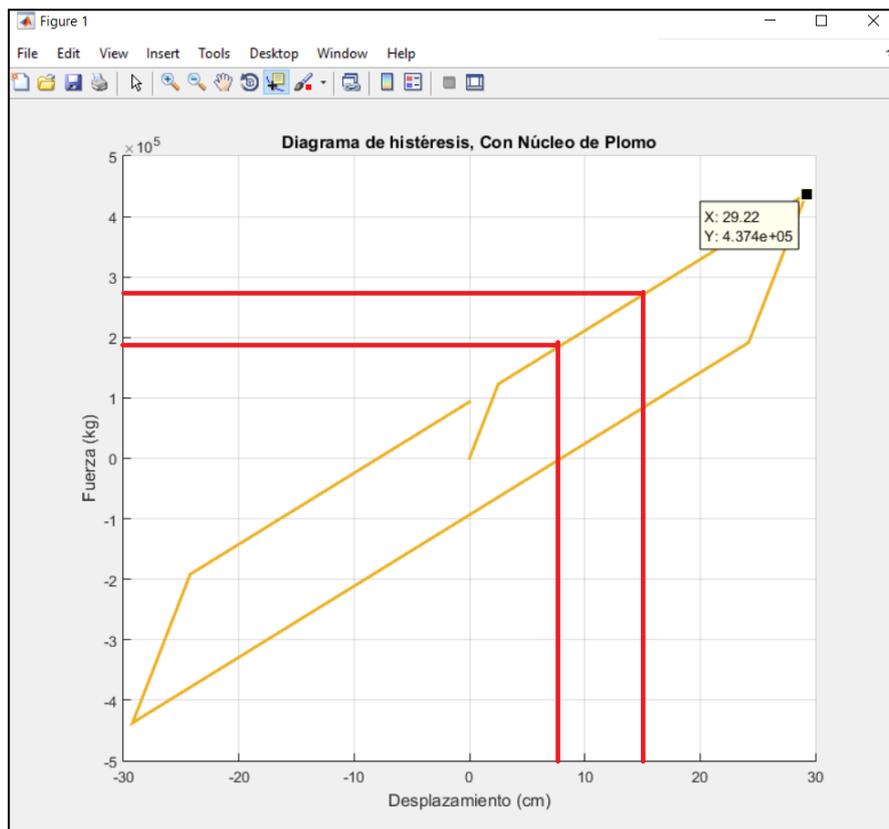


Figura. Obtenido a través del software MATLAB.

### 4.3.1.6.2 DIAGRAMA DE HISTÉRESIS CON NÚCLEO DE PLOMO- PARA SISMO DE DISEÑO.

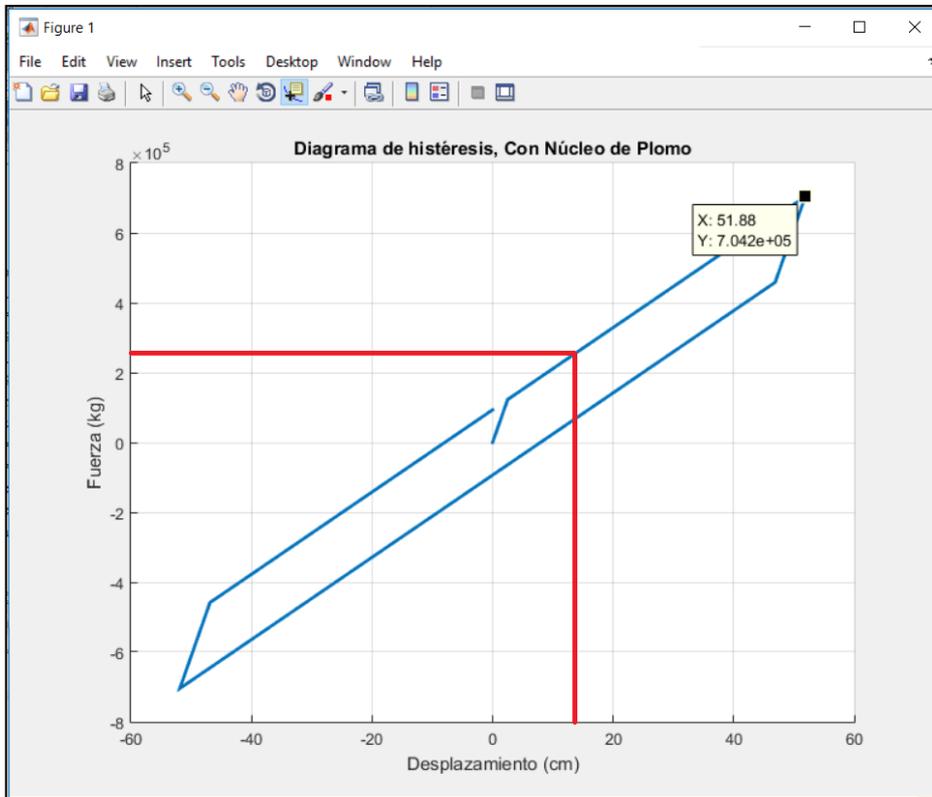


Figura. Obtenido a través del software MATLAB.

### 4.3.1.7. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO

#### 17.6.3.3 Procedimiento del Spectrum de Respuesta

Site Clase	$S_s > 1.25$
E	1 $F_a$

Site Clase	$S_1 > 0.5$
E	2.4 $F_v$

Site Clase	$PGA > 0.5$
E	0.9 $F_{PGA}$

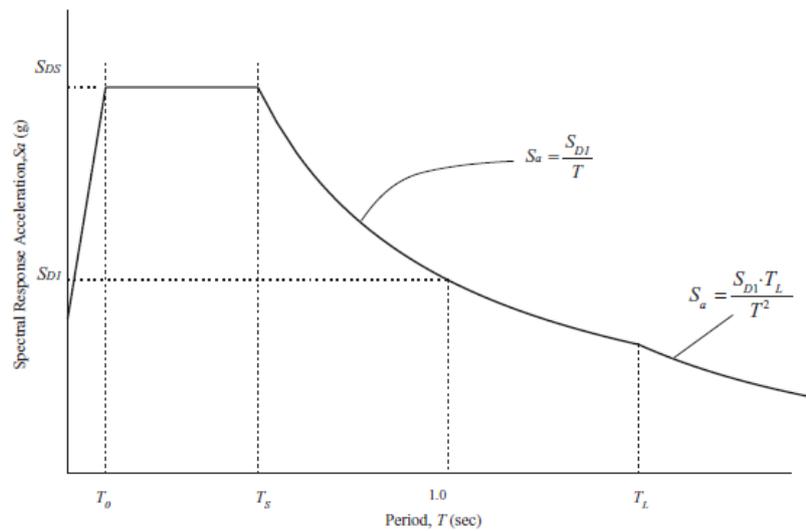
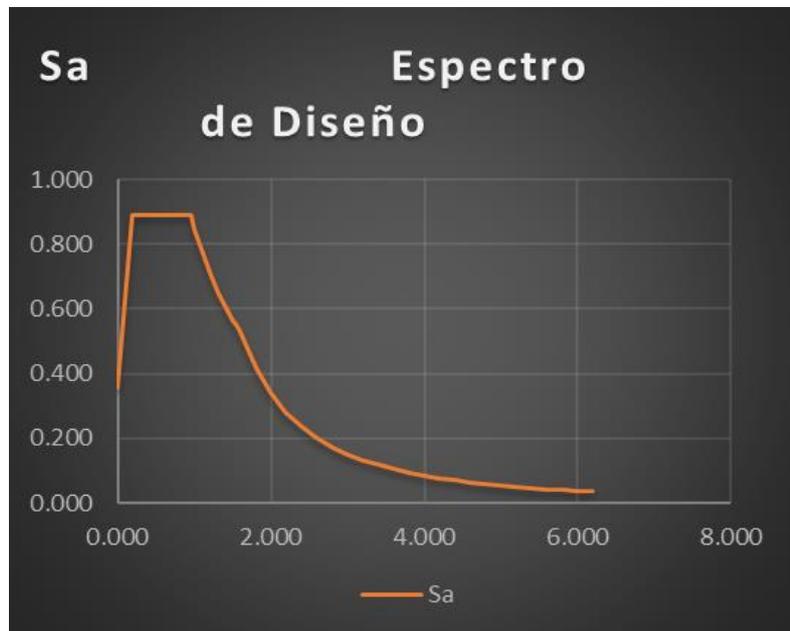
### Coefficientes y peligro para MCE

SS=	1.48
S1=	0.53
SMS=	1.33
SM1=	1.272

### Parametros para Espectro de Diseño

SDS=	0.888
SD1=	0.848
PGA=	0.320

T	Sa
0.000	0.355
0.191	0.888
0.955	0.888
1.000	0.848
1.200	0.707
1.300	0.652
1.500	0.565
1.550	0.547
1.600	0.53
1.800	0.42
2.000	0.34
2.200	0.28
2.400	0.24
2.600	0.20
2.800	0.17
3.000	0.15
3.200	0.13
3.400	0.12
3.600	0.10
3.800	0.09
4.000	0.08
4.200	0.08
4.400	0.07
4.600	0.06
4.800	0.06
5.000	0.05
5.200	0.05
5.400	0.05
5.600	0.04
5.800	0.04
6.000	0.04



#### 4.3.1.8. PREDISEÑO DE SISTEMA DE AISLACION ELASTOMERICO CON NUCLEO DE PLOMO.

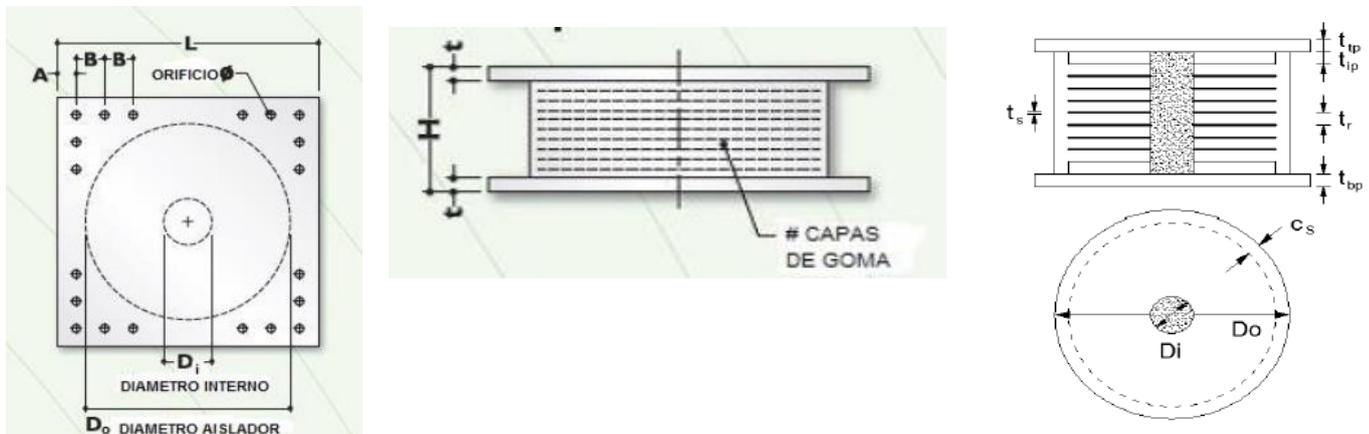
##### PRE-DISEÑO DE UN AISLADOR:

PESO EDIFICIO	2023.930 TN	2023930 kg
AISLADORES	14	
PESO EN AISLADORES	144.566 TN	

Do (mm)	Propiedades del aislador			Desplazamiento Máximo qmax (mm)	Carga Axial Pmax (kg)
	Kd (Tn/m)	Qd (kg)	Kv (Tn/m)		
305	20 - 40	0 - 6500	> 5000	150	45000
355	20 - 40	0 - 6500	> 10000	150	70000
405	30 - 50	0 - 11000	> 10000	200	90000
455	30 - 70	0 - 11000	> 10000	250	115000
520	40 - 70	0 - 18000	> 20000	300	135000
570	50 - 90	1 - 18000	> 50000	360	180000

Tabla. - Propiedades, Desplazamiento y Carga axial en función del diámetro del aislador.

Pre diseño del aislador:



Dimensiones del aislador y placas de montaje.

TAMAÑO DEL AISLADOR				DIMENSIONES DE LAS PLACAS DE MONTAJE					
Do (mm)	H (mm)	# CAPAS DE GOMA	Di (mm)	L (mm)	t (mm)	# orificios	Ø del orificio (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	10 - 35	0 - 180	620	25	8	27	50	50

Do=	57 cm	
Di=	10 cm	
capas de goma	35 und	
tr=	0.5 cm	espesor capa goma
ts=	0.2 cm	espesor de la capa acero
L=	62 cm	long placa cuadrada
t=	2.5 cm	espesor placa
N pernos	8 und	numero pernos
Ø perno	2.7 cm	diametro de perno
<b>Altura total H</b>	29.25 cm	
Tr=Σtr=	17.5 cm	
<b>H=</b>	<b>29.3 cm</b>	debe estar en la altura total

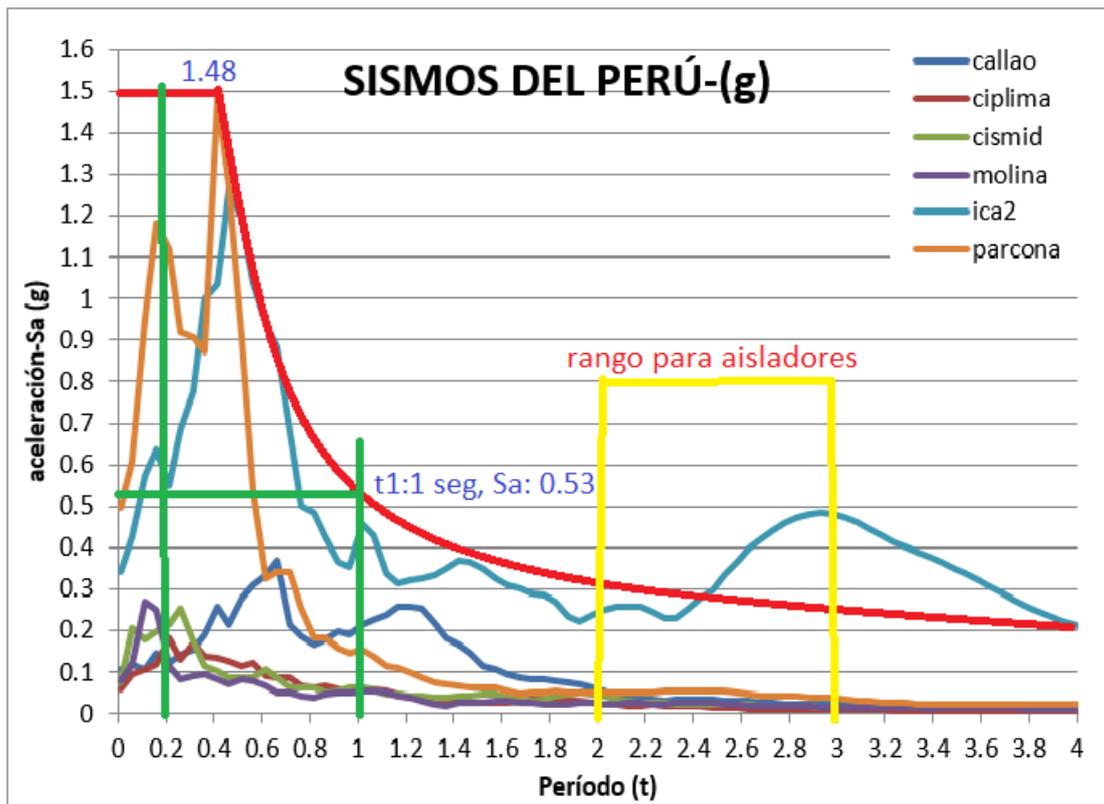
### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

DESCRIPCION	límite inferior LB	límite superior UB	unidades
MODULO DE CORTE EFECTIVO DE GOMA G	5.95	8.05	Kg/cm2
MODULO VOLUMETRICO DE GOMA K	2000	2000	Mpa
MODULO DE CORTE DEL PLOMO Gp	127.5	172.5	Mpa
ESFUERZO DE CORTE DEL PLOMO Tpy	85	115	kg/cm2

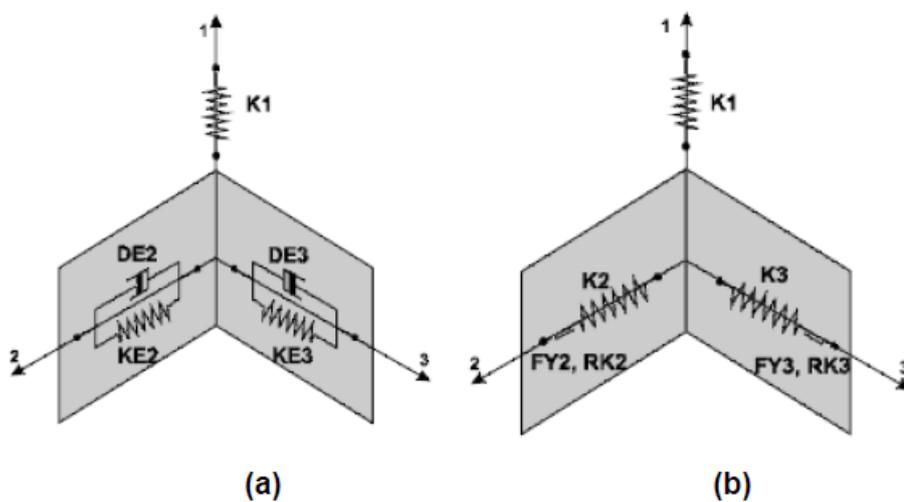
### PROPIEDADES DINÁMICAS.

PROPIEDADES DINAMICAS	UNIDADES	SEGUN ESPECTRO NORMA E-030			
		PARAMETROS PARA SISMO DISEÑO		PARAMETROS PARA SISMO MCE	
		LB	UB	LB	UB
q=	cm	29.216	24.931	51.879	44.199
A plomo=	cm2	78.540	78.540	78.540	78.540
A=	cm2	2551.765	2551.765	2551.765	2551.765
Qd=	Tn	93.460	126.400	93.460	126.400
Kd=	Tn/m	84.093	113.771	84.093	113.771
ke=	Tn/m	351.121	475.050	351.121	475.050
Fy=	Tn	8.778	11.876	8.778	11.876
Kef=	Tn/m	106.943	149.993	96.957	134.200
Beta efec=	%	12.440	13.830	8.040	9.150
B=		5.233	5.402	4.591	4.772
T efec=	seg	2.330	1.970	2.450	2.080
RATIO		0.239497935	0.239493587	0.239497935	0.23949359

#### 4.3.1.8.1 ESPECTRO CON LOS SISMOS DEL PÉRÚ.



#### 4.3.1.9. MODELACIÓN DEL SISTEMA AISLADO.



Aislador lineal caso (a) y no lineal caso (b)

A través de un comportamiento de un aislador no lineal se puede captar adecuadamente un modelo bilineal mediante la rigidez efectiva y el amortiguamiento efectivo.

Cada sistema de aislación proporciona rigideces verticales, rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo.

Los elementos que se utilizan para dar precisión al modelo de los aisladores son: Elemento bilineal de histéresis con rigidez lineal combinado con elemento uniaxial conectados por un enlace extremadamente rígido.

#### 4.3.1.10. DETALLE DEL MODELAMIENTO.

Los aisladores son modelados utilizando "NLLINK", que presentan velocidad de amortiguamiento dependiente y exponentes no lineales.

Para modelar aislador elastomérico se utiliza la opción Isolator 1 con los datos obtenidos anteriormente.

General			
Link Property Name	AISLADOR	Link Type	Rubber Isolator
Link Property Notes	Modify/Show Notes...	P-Delta Parameters	Modify/Show...

Total Mass and Weight					
Mass	0	tonf-s <sup>2</sup> /m	Rotational Inertia 1	0	tonf-m-s <sup>2</sup>
Weight	0	tonf	Rotational Inertia 2	0	tonf-m-s <sup>2</sup>
			Rotational Inertia 3	0	tonf-m-s <sup>2</sup>

Directional Properties							
Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R1...
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R2...
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R3...

Fix All      Clear All

OK      Cancel

Link/Support Directional Properties

**Identification**

Property Name: AISLADOR

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

**Linear Properties**

Effective Stiffness: 50000 tonf/m

Effective Damping: 0 tonf-s/m

OK Cancel

Link/Support Directional Properties

**Identification**

Property Name: AISLADOR

Direction: U2

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

**Linear Properties**

Effective Stiffness: 106.94 tonf/m

Effective Damping: 10.59 tonf-s/m

**Shear Deformation Location**

Distance from End-J: 0.15 m

**Nonlinear Properties**

Stiffness: 351.121 tonf/m

Yield Strength: 8.778 tonf

Post Yield Stiffness Ratio: 0.239498

OK Cancel

Link/Support Directional Properties

**Identification**

Property Name: AISLADOR

Direction: U3

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

**Linear Properties**

Effective Stiffness: 106.943 tonf/m

Effective Damping: 10.59 tonf-s/m

**Shear Deformation Location**

Distance from End-J: 0.15 m

**Nonlinear Properties**

Stiffness: 351.121 tonf/m

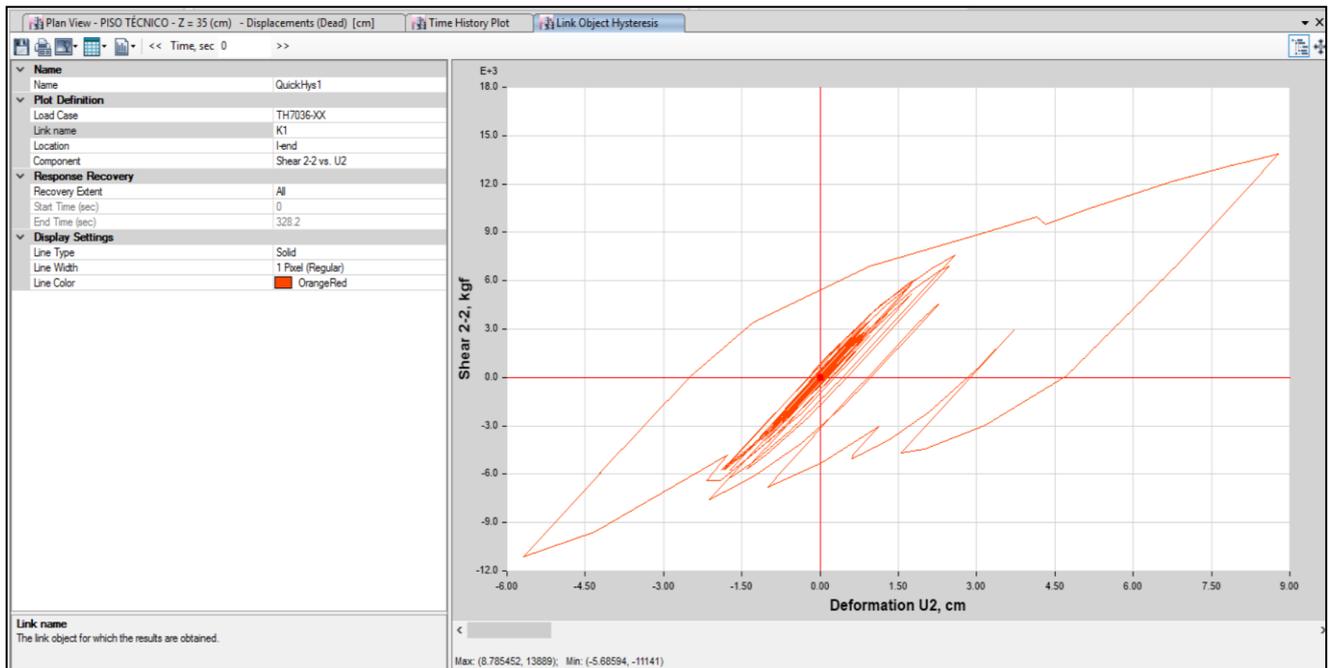
Yield Strength: 8.778 tonf

Post Yield Stiffness Ratio: 0.239498

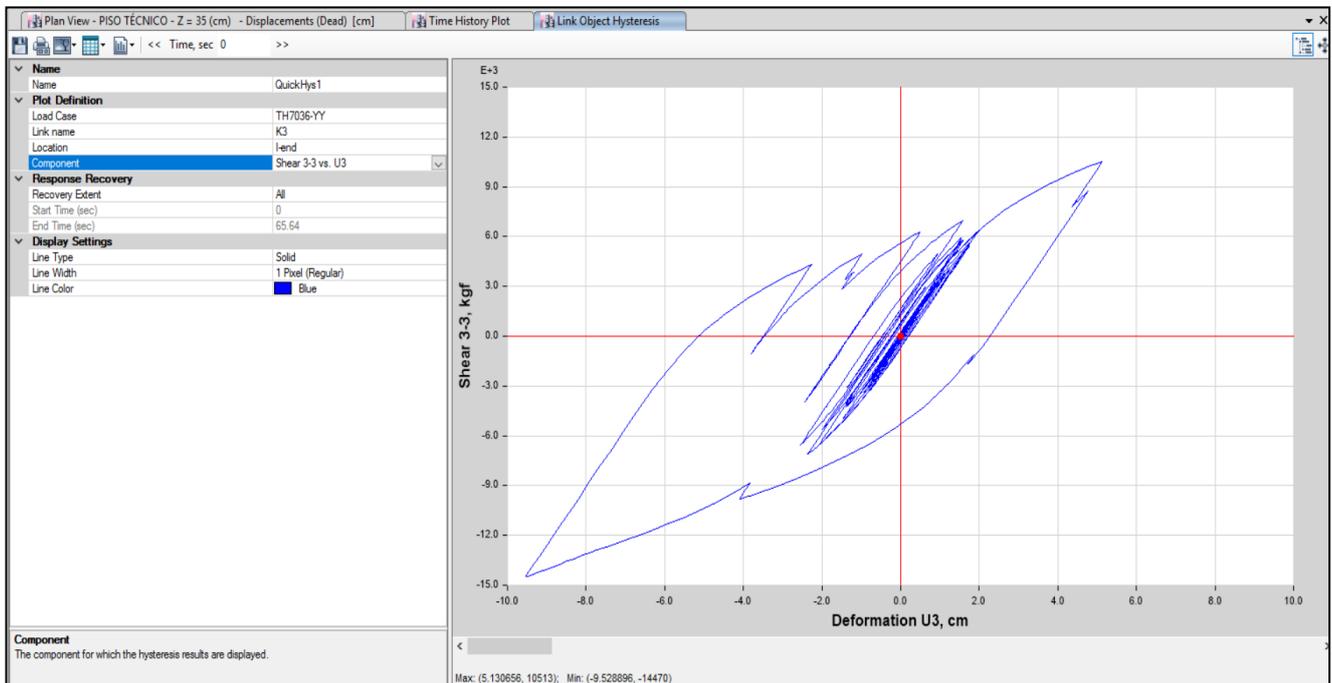
OK Cancel

### 4.3.1.10.1 Histéresis de los aisladores sísmicos para un sismo de diseño.

#### Registro TH7036- Dirección X-X

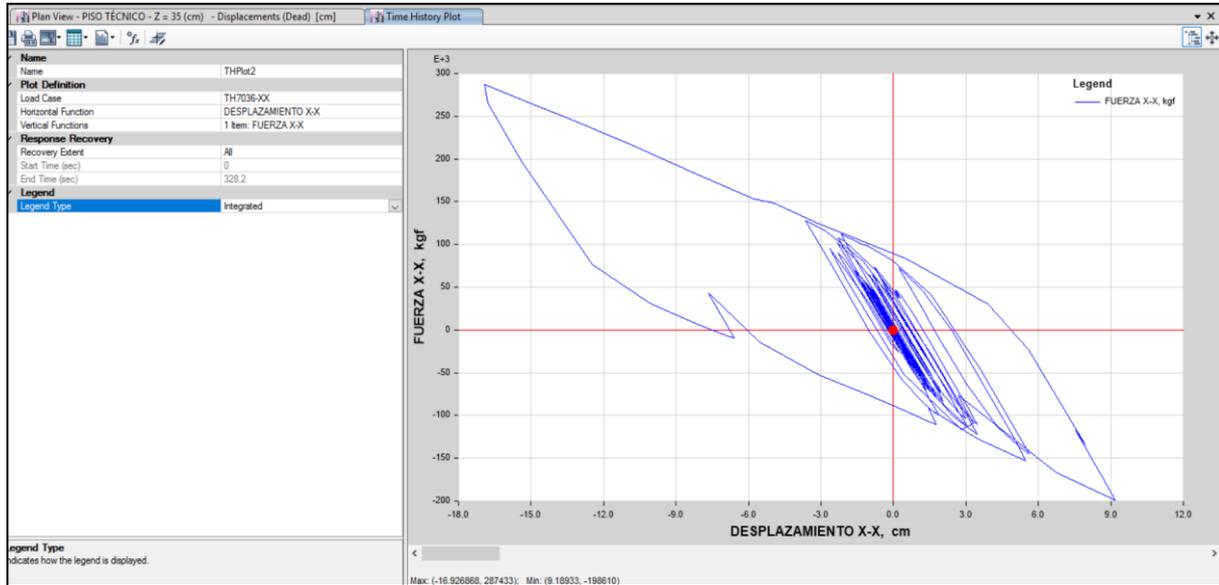


#### Registro TH7036- Dirección Y-Y

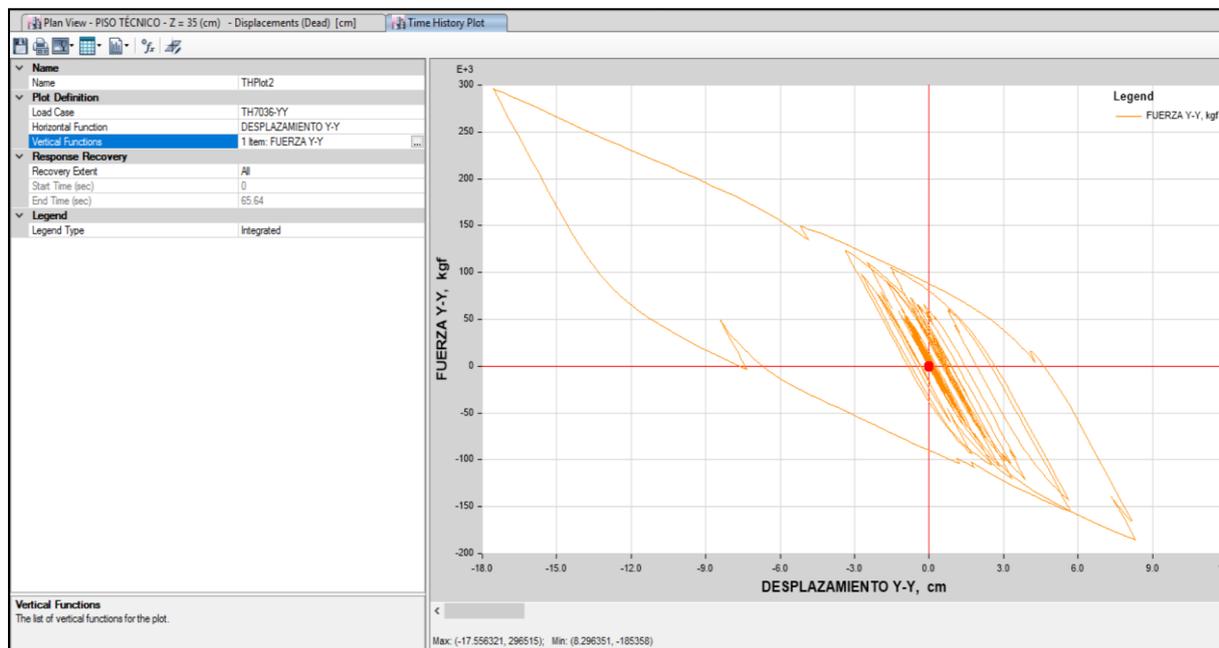


### 4.3.1.10.2 Histéresis de los aisladores sísmicos para un sismo máximo esperado.

Registro TH7036- Dirección X-X



Registro TH7036- Dirección Y-Y

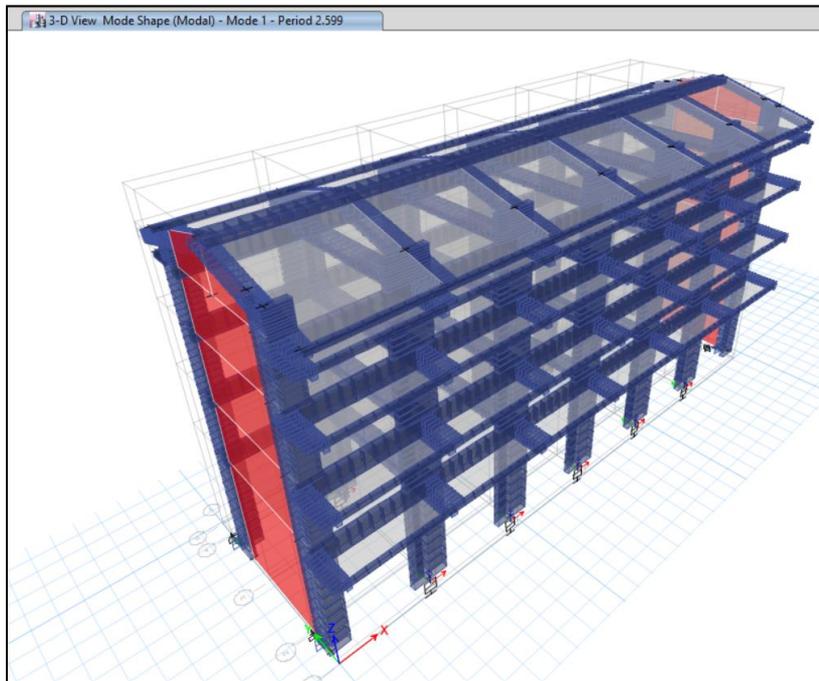


#### 4.3.1.11. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS.

El uso de aisladores concentra la vibración de la edificación prácticamente en un solo modo por dirección.

Periodo	%Masa X	%Masa Y	%Acum X	%Acum Y	%AcumRotZ
2.5990	0.01	99.71	0.01	99.71	0.01
2.5820	72.39	0.02	72.4	99.73	27.51
2.4530	27.51	0.0005196	99.91	99.73	99.93
0.3580	0	0.27	99.91	100	99.93
0.2680	0.01	0	99.92	100	99.99
0.2590	0.08	0	100	100	100
0.1280	0.004339	0	100	100	100
0.0700	0	0.0003891	100	100	100
0.0670	0	0.00007486	100	100	100
0.0520	0	0	100	100	100
0.0250	0	0	100	100	100
0.0010	0	0	100	100	100
0.0005	0	0	100	100	100
0.0004	0	0	100	100	100
0.0001	0	0	100	100	100
0.0001	0	0	100	100	100
0.0001	0	0	100	100	100
0.0001	0	0	100	100	100
0.0001	0	0	100	100	100
0.0000	0	0	100	100	100
0.0000	0	0	100	100	100
0.0000	0	0	100	100	100

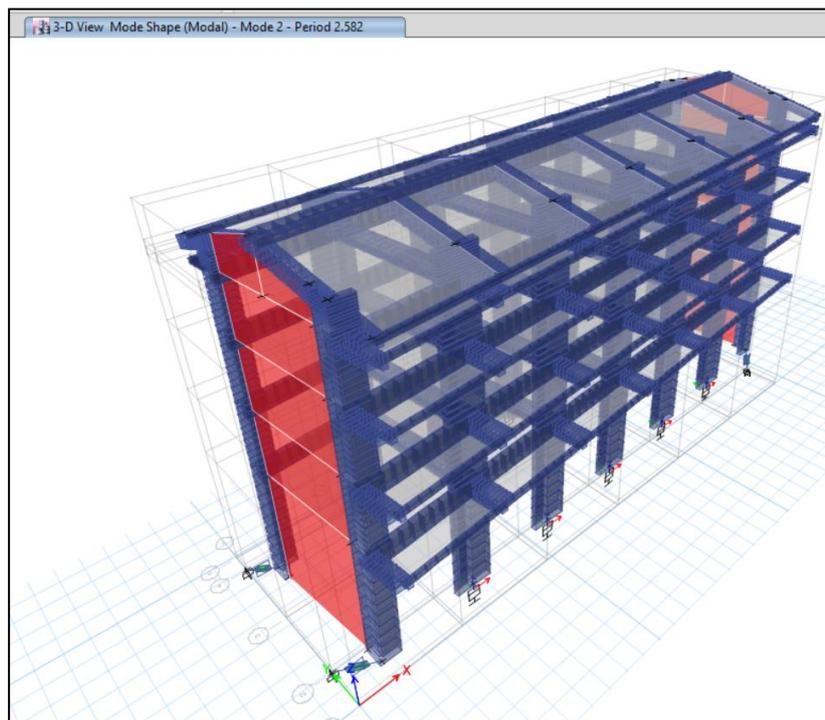
La tabla resume los periodos y participación modal para la estructura modelada.



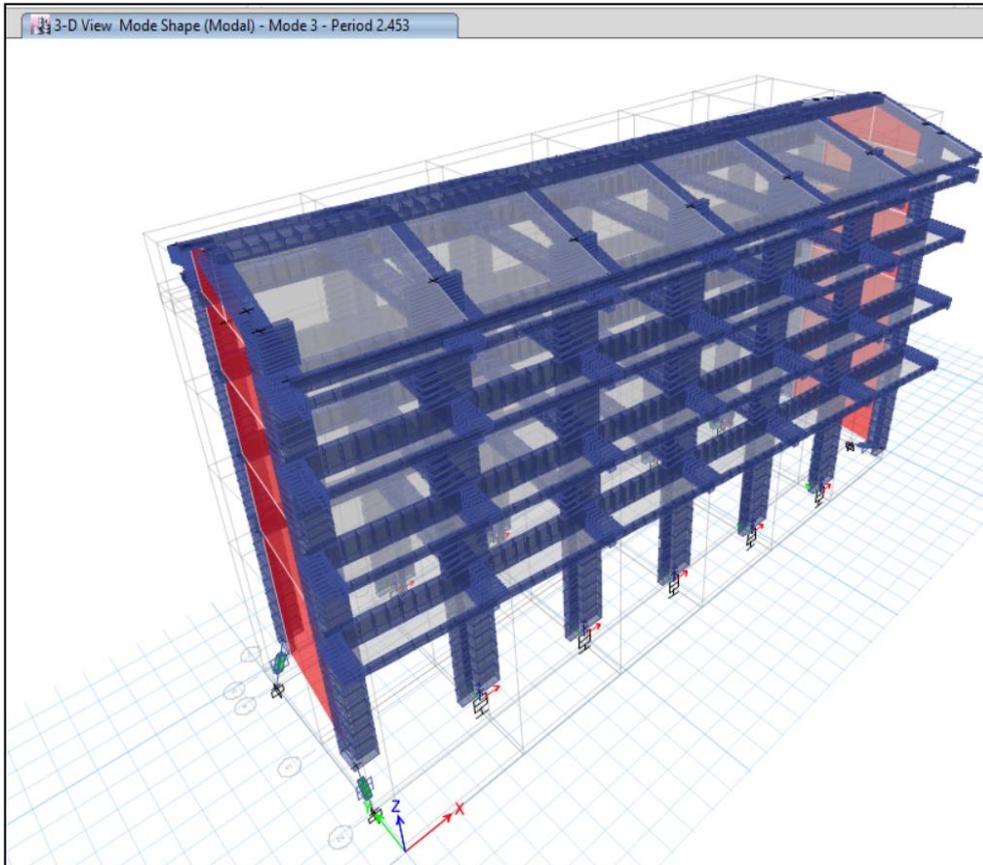
### MODO 1

Se observa que el período Fundamental tiene 2.59 seg similar al período objetivo de 2.5 seg. El primer modo tiene una participación modal de 99.71% en la dirección Y, donde el primer modo la estructura estaría sometida a la traslación en Y.

Para el segundo modo el período de es de 2.58 Seg con una participación modal de 72.39 % en la dirección X de tal forma que el segundo modo la estructura estaría sometida a la traslación en X.



### MODO 2



MODO 3

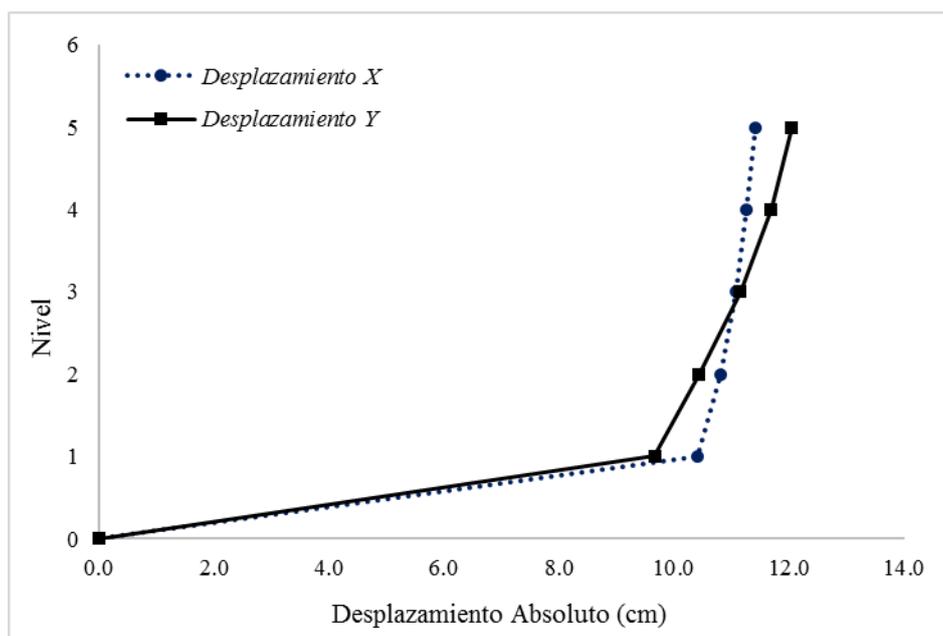
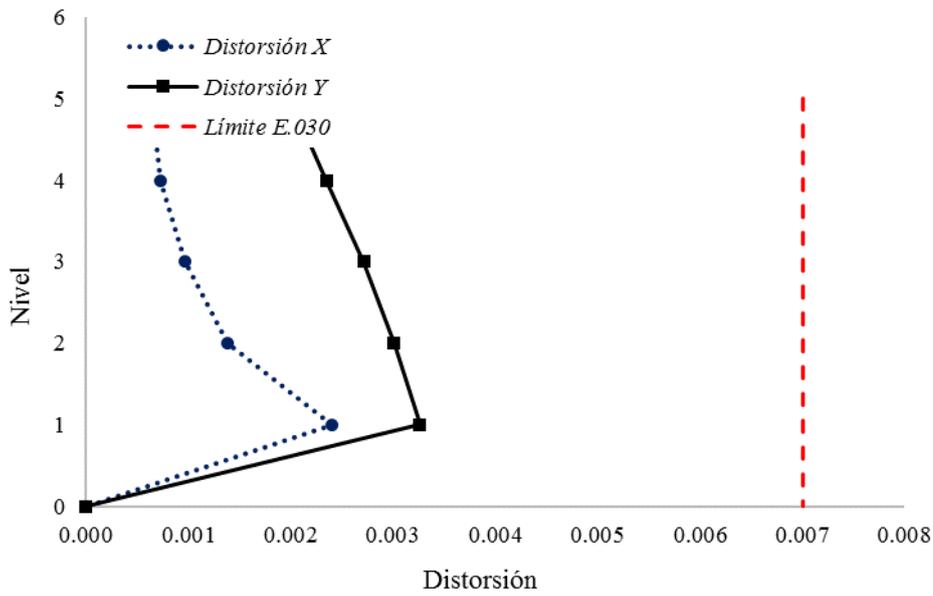
Para el tercer modo el período de es de 2.453 Seg con una participación modal de 99.93 % torsional en Z para la estructura.

#### 4.3.1.12. DERIVAS DEL PISO DEL SISTEMA DE AISLACIÓN.

Nivel	Distorsión X	Distorsión Y	Norma
5	0.0006446	0.0019946	0.007
4	0.0007234	0.0023490	0.007
3	0.0009641	0.0027158	0.007
2	0.0013781	0.0030116	0.007
1	0.0024075	0.0032603	0.007
0	0	0	0.007

### 4.3.1.13. DESPLAZAMIENTO SISTEMA DE AISLACIÓN.

Nivel	$h_i$	Desplaz. X (cm)	Desplaz. Y (cm)	$\phi_x$	$\phi_y$	$m_i\phi_x$	$m_i\phi_x^2$	$m_i\phi_y$	$m_i\phi_y^2$
5	17.22	11.4178	12.0404	1.00	1.00	101.04	101.04	101.04	101.04
4	15.06	11.2463	11.6876	0.98	0.97	477.66	470.49	470.73	456.94
3	12.36	11.0751	11.1465	0.97	0.93	432.00	419.03	412.30	381.69
2	9.16	10.8042	10.4294	0.95	0.87	434.40	411.06	397.65	344.44
1	5.96	10.416	9.6659	0.91	0.80	486.70	444.00	428.30	343.83
0		0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\Sigma =$	---	---	---	---	---	1931.80	1845.61	1810.02	1627.94



**CAPITULO V:**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. Conclusiones.

- Con la incorporación de aisladores sísmicos se obtuvieron menores desplazamientos horizontales de entre piso concluyendo de esta manera que la edificación **incrementa la disipación de energía** y así mismo aumenta el amortiguamiento debido a las propiedades que presentan estos dispositivos de aislamiento sísmico.
- Con la aplicación de esta tecnología (aisladores sísmicos), se obtuvo mayores periodos de la estructura disminuyendo de esta manera las aceleraciones, así como también disminuyen las fuerzas frente al sismo.
- Al analizar el momento y curvatura que determina el comportamiento de los elementos estructurales más allá del rango lineal es decir determina la ductilidad de la estructura, lo cual es necesario para realizar el pushover de dicha edificación se obtuvo como resultado que la estructura es dúctil debido al detallado tanto longitudinal como transversal de los elementos estructurales que la constituyen.
- Al cuantificar la curva de capacidad que viene representado por la fuerza Vs deformación en el cual la estructura aproxima su comportamiento después de ceder su límite elástico (la capacidad de una estructura depende básicamente del esfuerzo y deformación de cada componente de la estructura) y la curva de respuesta es dado por los diferentes registros sísmicos que se han obtenido en los últimos años por el cual se convierte de múltiples grados de libertad a un grado de libertad; una vez determinado ambas curvas de capacidad y de respuesta se realiza el chequeo del desempeño de la estructura, por lo que en el modelado estructural se obtuvo un desempeño óptimo de la estructura.
- Al asociar el espectro de capacidad con el espectro de respuesta se determinó el nivel de desempeño de la estructura con el cual se obtuvo la ductilidad deseada, en donde el punto de desempeño representa el máximo desplazamiento probable que se experimenta con el sismo de diseño.

## 5.2. Recomendaciones.

- La implementación de sistemas de aislación sísmica se basa en la respuesta del análisis estructural, tanto de la estructura aislada como de la tradicional; no obstante, la factibilidad económica de construir un edificio aislado básicamente se determinará a partir de estudios que consideren investigaciones de riesgo sísmico, geológicas, análisis estructural, etc. Ya que su principal desventaja son el costo inicial que vendría hacer aproximadamente de 500,000 soles (El primer Edificio Del Perú Con Aislador Sísmico Se Construirá En La Uni, 2012) ,también sería la falta de conocimiento de esta técnica de prevención de daños, limitando de esta manera la técnica de aislamiento, por lo que se recomendaría a las instituciones masificar la información y a la vez implementar de instrumentos necesarios para realizar ensayos con los aisladores sísmicos ya que actualmente en nuestro país carecen de ello.
- Se recomienda realizar diseños por desempeño con aisladores sísmicos en las edificaciones ya que de esta manera nos permite desarrollar diferentes estrategias y así obtener edificaciones con un buen comportamiento frente a los sismos.
- Se recomienda realizar estudios de vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales (Hospitales, Universidades, etc) en donde se manifieste un desempeño sísmico inadecuado y así de está manera poder utilizar esta tecnología que viene hacer los aisladores sísmicos.
- Se recomienda la utilización de software sofisticado como el ETABS al realizar el modelamiento estructural del aislamiento sísmico, así como su minucioso ingreso de parámetros al software.

## REFERENCIAS

- ASCE 7-10. (2010). Obtenido de <http://estructurando.net/descargas/download/>
- BOZZO, L. (2002). "Análisis y Diseño de Estructuras Equipadas con Disipadores de EnergíaSL", Artículo publicado por el Instituto de la Construcción y Gerencia. Perú. Obtenido de <http://blog.uca.edu.ni/estructuras/files/2011/02/DISIPADORES-DE-ENERGIA-SL.pdf>
- CDV. (2016). CDV Ingeniería Antisísmica. Obtenido de <https://www.cdvperu.com/aisladores-sismicos-dis/>
- Computer & Structures. (2016). ETABS 2016, Integrated Building Design Software. Obtenido de <http://docs.csiamerica.com/manuals/etabs/User's%20Guide.pdf>
- DISEPRO. (s.f.). Estructuras Con Aisladores De Base.
- Dynamic Isolation Systems. (s.f.). Aislamiento Sísmico Para Edificaciones y Puentes. Obtenido de <https://www.cdvperu.com/wp-content/uploads/2018/11/dis-catalogo-espanol-aislador-sismico.pdf>
- El primer Edificio Del Perú Con Aislador Sísmico Se Construirá En La Uni. (2012). Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-el-primer-edificio-peru-aislador-sismico-se-construira-la-uni-421083.aspx>
- FEMA.2003. (2003). "NEHRP Recommend Provisions for Seismic Regulation for New Buildings and Other Structures". Obtenido de [https://www.wbdg.org/FFC/DHS/fema450\\_2.pdf](https://www.wbdg.org/FFC/DHS/fema450_2.pdf)
- Hashimoto, E., & Campos, W. ((2000)). Introducción a los diferentes paradigmas de la ciencia. Iberoamérica-Chiclayo-Perú.
- K CHOPRA, A. (2014). "Dinámica De Estructuras". Obtenido de <https://www.ingcivilfree.com/dinamica-de-estructuras-anil-k-chopra-cuarta-edicion/#>
- Kelly J. (1990). Base Isolation: Linear Theory And Design, Earthquake Spectra, Vol 6, N°2, pp 223-244.
- KELLY, T. (2001). "In-Structure Damping and Energy Dissipation", Design Guidelines Published by Holmes Consulting Group, Wellington. New Zealand.
- L.Wilson., E. (2004). "three Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures", A Physical Approach with Emphasis on Earthquake Engineering, Computer and Structures, Inc.Berkeley, California, USA. Obtenido de [https://www.academia.edu/28373270/Three-Dimensional\\_Static\\_and\\_Dynamic\\_Analysis\\_of\\_Structures\\_A\\_Physical\\_Approach\\_With\\_Emphasis\\_on\\_Earthquake\\_Engineering](https://www.academia.edu/28373270/Three-Dimensional_Static_and_Dynamic_Analysis_of_Structures_A_Physical_Approach_With_Emphasis_on_Earthquake_Engineering)
- M.J.N. Priestley, G.M. Calvi, & M.J. Kowalsky. (2007). Displacement-Based Seismic Design of Structures. Obtenido de <http://giec.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2013/09/Priestley-Calvi-y-Kowalsky.pdf>

- Naeim F., & Kelly J. (1999). Design Of Seismic Isolated Structures, Jhon Wiley & Sons. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470172742>
- Oviedo Sarmiento, R. (2008). Dispositivos Pasivos De Disipación De Energía Para Diseños Sismorresistente De Estructuras. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/823/3/oviedo\\_sr.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/823/3/oviedo_sr.pdf)
- Oviedo Sarmiento, R. (2008). Edificaciones Con Disipadores De Energía. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2011/04/04/libro-de-edificaciones-con-disipadores-de-energia-dr-genner-villarreal/>
- Oviedo Sarmiento, R. R. (s.f.). Diseño De Edificaciones De Concreto Armado, Modelamiento De Aisladores-Etabs. Obtenido de <https://aportealaingcivil.blogspot.com/2017/01/curso-completo-analisis-sismico-RICARDO-OVIEDO-SARMIENTO.html>
- Panagiotou M., & Restrepo J. (2011). Displacement-Based Method of Analysis for Regular Reinforced Concrete Wall Buildings: Application to a Full-Scale 7-Story Building Slice Tested at Uc-San Diego, Journal of Structural Engineering, 137 (6), 677-690. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29ST.1943-541X.0000333>
- R Aguiar, J. L Almazán, P. Dechent, & V. Suarez. (2008). Aisladores De Base Elastómericos y FPS. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/277302150\\_Aisladores\\_de\\_base\\_Elastomericos\\_y\\_FPS](https://www.researchgate.net/publication/277302150_Aisladores_de_base_Elastomericos_y_FPS)
- R.I. Skinner, W.H. , R., & and G.H., M. (1993). An Introduction To Seismic Isolation, Wiley, 1993. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-1305.1993.tb00842.x>
- Ruiz García, & y Miranda E. (2003). Inelastic Displacement Ratios For Evaluation Of Existing Structures, Earthquake Engineering And Structural Dynamics, 32 (8), 1237-1258. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eqe.271>
- Shimazaki K., y Sozen, & M. A. (1984). Seismic Drift Of Reinforced Concrete Structures, Technical Report, Hazama-Gumi, Tokyo,1984, 145-165. Obtenido de [https://datacenterhub.org/dv\\_dibbs/view/1491:dibbs/experiments\\_reports\\_explorer/?filter=files.exp\\_id%7C334870220%7C%7Cfiles.column\\_type%7Creports](https://datacenterhub.org/dv_dibbs/view/1491:dibbs/experiments_reports_explorer/?filter=files.exp_id%7C334870220%7C%7Cfiles.column_type%7Creports)
- T Paulay, & and N J N , P. (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, Jhon Wiley & Sons, 1992. Obtenido de <https://www.wiley.com/enus/Seismic+Design+of+Reinforced+Concrete+and+Masonry+Buildings-p-9780471549154>
- Toledo Espinoza, V. (s.f.). Análisis Sísmico De Edificios Con Aisladores Sísmicos Elastoméricos y deslizables Triple Péndulo de Fricción. Obtenido de <https://www.cingcivil.com/?p=2214>
- Toledo Espinoza, V. (s.f.). Edificios De Concreto Armado Con Etabs. Obtenido de [https://www.cingcivil.com/?wpfb\\_dl=6](https://www.cingcivil.com/?wpfb_dl=6)

## ANEXOS.

### INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

**INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**  
**ENCUESTA PARA REALIZAR LA PROPUESTA DE AISLADORES SISMICOS PARA LA**  
**DISIPACION DE ENERGÍA EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL POR DESPLAZAMIENTO**  
**EN EDIFICACIONES UNACH-CHOTA**

1).- ¿La utilización de aisladores sísmicos, sería más eficiente que el diseño convencional?

- a).- Sería adecuado      b).- no sería adecuado

2).- ¿En los aisladores elastoméricos los núcleos de plomo influye en la disipación de energía?

- a).- Influye directamente      b).- Influye indirectamente      c).-No Influye

3).- ¿La rigidez del elastomero está en función de su módulo de corte y de su área neta?

- a).- Si      b).- No

4).- El amortiguamiento equivalente, viene hacer una medida de capacidad de disipación de energía del dispositivo?

- a).- Si      b).- No

5).- ¿El comportamiento de los aisladores elastomericos, depende de la amplitud de la deformación a la que son sometidos?

- a).- dependen directamente      b).- no dependen directamente

6).- ¿ Para poder aumentar la capacidad de disipación de energía del aislador elastomérico se necesita incorporar aditivos al caucho (goma) para aumentar sus propiedades de amortiguamiento?

- a).- Verdadero       b).-Falso

7).- ¿ La rigidez inicial y el amortiguamiento efectivo dependen del desplazamiento?

- a).- Verdadero      b).-Falso

8).- ¿El aislador FPS su propiedad fundamental viene hacer que proporciona períodos y desplazamientos largos, manteniendo su capacidad portante de utilidad?

- a).- Verdadero      b).-Falso

9).- ¿ Los FPS presentan gran capacidad de carga axial, gran capacidad de desplazamiento y no tienen problemas de estabilidad?

- a).- Verdadero                      b).-Falso

10).- ¿Al utilizar aisladores sísmicos comparados con un diseño convencional se mejoraría el desempeño de la estructura?

- a).-Sería una estructura más eficiente                      b).- No sería una estructura eficiente

11).- ¿En los aisladores sísmicos, el período real y desplazamiento cambian como consecuencia de la adición de amortiguamiento por la incorporación de los núcleos de plomo?

- a).- Si cambian                      b).- No cambian

12).- ¿el método de Desplazamiento Base Sísmico de Diseño de estructuras es propuesto por Priestley es un método relativamente rápido con el que se diseña la estructura y satisface un nivel predefinido de distorsión?

- a).- Verdadero                      b).-Falso

13).- ¿El análisis estático no lineal incremental (pushover), evalúa un sistema estructural estimando su fuerza y demandas de deformación?

- a).- Verdadero                      b).-Falso

14).- ¿La capacidad global de la estructura depende de la fuerza y la capacidad de deformación de los componentes individuales de la estructura?

- a).- Verdadero                      b).-Falso

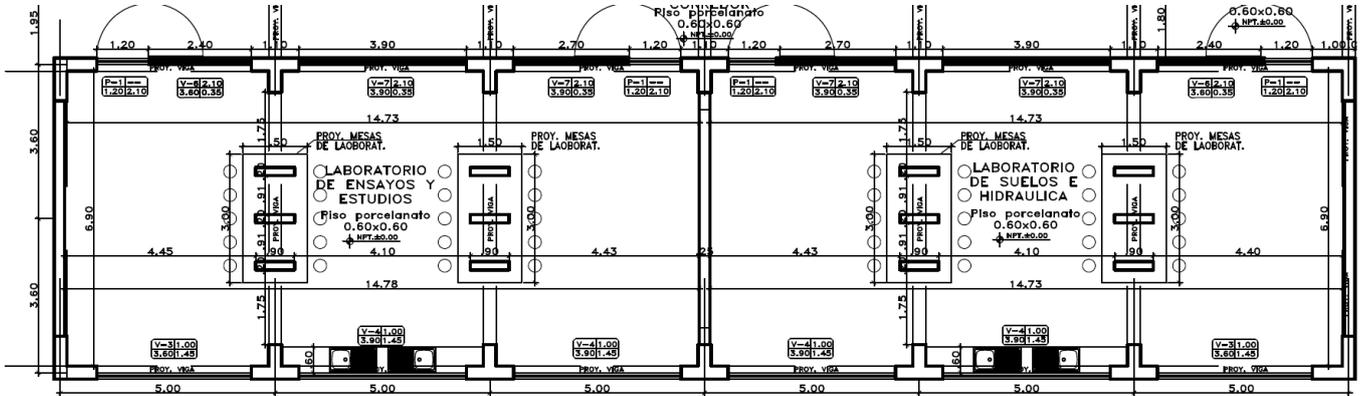
15).- La demanda de desplazamiento es una estimación de la respuesta máxima esperada durante el movimiento del terreno?

- a).- Verdadero                      b).-Falso

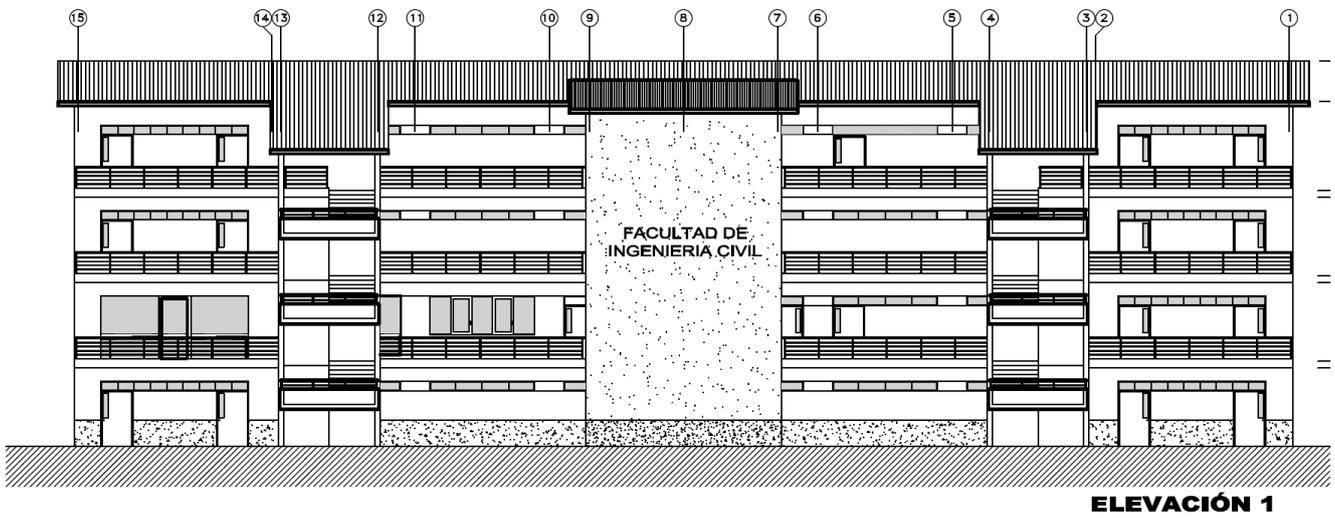
16).- EL punto de desempeño viene hacer la intersección entre la curva de demanda y la curva de capacidad?

- a).- Verdadero                      b).-Falso

## PLANO EN PLANTA Y ELEVACIÓN



## PLANO EN PLANTA



## PLANO EN ELEVACIÓN



## ESCUELA DE POSTGRADO

### CONSTANCIA

#### VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es:

“Propuesta De Aisladores Sísmicos Para La Disipación De Energía en El Desempeño Estructural Por Desplazamiento en Edificaciones-UNACH-Chota”, cuyo autor es Alexander Bustamante Núñez, estudiante de la escuela de Post Grado De Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo-Campus Chiclayo.

Dichos instrumentos serán aplicados a la Investigación, por lo que cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables del trabajo de investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines de considere pertinentes.

Pimentel, 23 de septiembre del 2016

  
M.SC. DANDY ROCA LOAYZA  
DANDY BERLIE  
ROCA LOAYZA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 116166



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

BUSTAMANTE NUÑEZ ALEXANDER  
D.N.I. : 45005397  
Domicilio : Manzana L Lote 14 urbanización El Ingeniero II- José  
Leonardo Ortiz  
Teléfono : Fijo : ..... Móvil :948856716  
E-mail : alexander1176@hotmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad: Presencial

Tesis de Pregrado

Facultad :  
.....

Escuela :  
.....

Carrera :  
.....

Título :  
.....

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado : Maestro en Ingeniería Civil

Mención : En Estructuras

### 3. DATOS DE LA TESIS

**Autor (es) Apellidos y Nombres:**

Bustamante Nuñez Alexander

**Título de la tesis:**

PROPUESTA DE AISLADORES SÍSMICOS PARA LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN  
EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL POR DESPLAZAMIENTO EN EDIFICACIONES-  
UNACH-CHOTA

**Año de publicación** : 2019

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : ..... Fecha: 03-04-2019

ALEXANDER BUSTAMANTE NUÑEZ



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **Walter Antonio Campos Ugaz** asesor del curso de desarrollo del trabajo de investigación y revisor de la tesis del maestrante: **ALEXÁNDER BUSTAMANTE NÚÑEZ**, Titulada: **“PROPUESTA DE AISLADORES SÍSMICOS PARA LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL POR DESPLAZAMIENTO EN EDIFICACIONES UNACH - CHOTA”**. Constató que la misma tiene un índice de similitud de 22%. Verificable en el reporte de originalidad del programa *turnitin*.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 25 de enero de 2019.

.....  
Dr. Walter Antonio Campos Ugaz  
Docente asesor de tesis  
DNI: 16674409

**CAMPUS CHICLAYO**  
Carretera Pimentel km. 3.5



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
ESCUELA DE POSGRADO

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**BUSTAMANTE NUÑEZ ALEXANDER**

INFORME TÍTULADO:

**PROPUESTA DE AISLADORES SÍSMICOS PARA LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN EL DESEMPEÑO  
ESTRUCTURAL POR DESPLAZAMIENTO EN EDIFICACIONES-UNACH-CHOTA**

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS**

---

SUSTENTADO EN FECHA: **15 DE MARZO DE 2019**

NOTA O MENCIÓN: **APROBADO POR UNANIMIDAD**



*[Handwritten signature]*  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN