



2.7. Análisis Rápido No Lineal (Fast No Lineal)

(CSI, 2016) El análisis no lineal rápido (FNA) es un método de análisis modal útil para la evaluación estática o dinámica de sistemas estructurales lineales o no lineales. Debido a su formulación computacionalmente eficiente, FNA es muy adecuado para el análisis de la historia del tiempo y a menudo se recomienda sobre las aplicaciones de integración directa. Durante la aplicación dinámica-no lineal de FNA, los modelos analíticos deben:

- Ser principalmente elástico lineal.
- Tener un número limitado de miembros no lineales predefinidos (amortiguadores representados por elementos link en ETABS17).
- Comportamiento no lineal en bloques dentro de objetos de enlace.

Además de las relaciones de fuerza-deformación del material no lineal, estos objetos de enlace pueden simular dispositivos de amortiguación concentrados, aisladores y otras tecnologías de disipación de energía. Si los mecanismos de los fusibles no son integrales a la intención del diseño, un análisis elástico inicial puede revelar ubicaciones donde es probable que ocurra la falla inelástica. Sin embargo, siempre es mejor predefinir mecanismos inelásticos de modo que su diseño pueda proporcionar una ductilidad suficiente, mientras que los sistemas elásticos garantizan una resistencia suficiente. El diseño por capacidad proporciona un modelo más confiable y una estructura de mejor desempeño.

2.8. Vectores Ritz y Eigen

2.8.1. Vectores propios

(CSI, 2016) Los modos obtenidos de la forma Eigen-valor (autovalores) son más adecuados al momento de determinar la respuesta de la aceleración horizontal del terreno, aunque puede ser necesario incluir un modo de masa faltante (masa residual) para tener en cuenta los efectos de alta frecuencia perdidos. La participación de masa es una medida común para determinar si hay modos de vibración suficientes o no para llegar a superar el 90% mínimo requerido, aunque no proporciona información sobre la respuesta localizada.

El análisis de Eigen-vector (modos de vibración) es útil para verificar el comportamiento y localizar problemas dentro del modelo. Otro beneficio es que las frecuencias naturales indican



cuándo se debe esperar resonancia bajo diferentes condiciones de carga. Los usuarios pueden controlar la tolerancia de convergencia. La ortogonalidad se mantiene estrictamente dentro de la precisión del programa (CSI, 2016) (15 dígitos decimales). Se realizan verificaciones de precisión internas y se utilizan para controlar automáticamente la solución. Los sistemas mal acondicionados se detectan e informan, y aun así producen vectores Eigen que pueden usarse para rastrear la fuente del problema de modelado.

2.8.2. Vectores Ritz

(CSI, 2016) Los vectores Ritz dependientes de la carga son los más apropiados para el análisis que involucra aceleración vertical del terreno, vibración localizada de la máquina y el método FNA no lineal. Los vectores Ritz también son eficientes y ampliamente utilizados para análisis dinámicos que involucran movimiento horizontal del suelo. Su beneficio aquí es que, para el mismo número de modos, los vectores Ritz proporcionan un mejor factor de participación, que permite que el análisis se ejecute más rápido, con el mismo nivel de precisión.

Además, los modos de masa faltante se incluyen automáticamente, no es necesario determinar si hay suficientes modos o no, y al determinar la convergencia de la respuesta situada con respecto al número de modos, los vectores Ritz convergen mucho más rápido y de manera más uniforme que Eigen vectores. Los vectores Ritz no están sujetos a preguntas de convergencia, aunque se mantiene una ortogonalidad estricta de los vectores, similar a los vectores Eigen.

2.8.3. Diferencia entre vectores Eigen y Ritz

Según (CSI, 2016) Descripción general, página 323, se proporciona de la siguiente manera:

El análisis de eigen-vector determina las formas y frecuencias del modo de vibración libre no amortiguadas. Estos modos naturales proporcionan una excelente visión del comportamiento de la estructura.

El análisis de vectores Ritz busca encontrar modos que estén excitados por una carga particular. Los vectores Ritz pueden proporcionar una mejor base que los vectores propios cuando se usan para análisis de espectro de respuesta o de historial de tiempo que se basan en la superposición modal.



2.9. Escalamiento de sismos

2.9.1. Factor de escala

(S. Chan et al, 2005) Se modifica las amplitudes en relación con el punto pico de aceleración, las que son registradas por un factor de escala, para excitar cualquier estructura a diferentes intensidades. Este valor numérico obtenido es multiplicado a la historia de aceleraciones, siendo la ordenada, el periodo fundamental a analizar que cuente con una intensidad específica (relacionada al periodo de retorno del sismo), obtenida por la curva de peligro sísmico, dependiendo de su desempeño.

- 1) Se obtiene el periodo fundamental (T_0)
- 2) Se propone periodos de retorno de los sismos. (T_r)
- 3) Con T_r se obtiene la intensidad.
- 4) Se obtiene el valor del espectro de respuesta (masa), para una demanda de ductilidad y amortiguamiento igual.
- 5) Finalmente, el cociente de la intensidad de la curva de peligro sísmico y la que sale del espectro de respuesta.

2.9.2. Gráfico de resumen de sismos

(S. Chan et al, 2005) Se colocan los espectros de pseudo aceleraciones de los acelerogramas escalados para un periodo de 50 años y periodo fundamental próximo al periodo de la estructura, según la Norma E.031 Aislamiento Sísmico (2019) entre 0.20 y 1.25 veces el periodo de la estructura sísmicamente Aislada.

2.9.3. Criterios de escalamiento de acelerogramas

(S. Chan et al, 2005) Es necesario tomar en cuentas las siguientes características de la estructura: la demanda de ductilidad, el amortiguamiento y el periodo fundamental.

- a) $\mu=1$, $\xi=5\%$, y el periodo fundamental T_0 .
- b) $\mu=1$, $\xi=20\%$, y T_0 .
- c) $\mu=3$, $\xi=5\%$, y T_0 .
- d) $\mu=1$, $\xi=20\%$, y T_0 .



En este primer criterio de escalamiento se usan las curvas y espectros de respuesta lineal elástica ($\mu=1$) y $\xi=5\%$, es normal obtener los factores de escala por este método.

En el segundo criterio, la característica más llamativa del comportamiento inelástico es que aumenta el factor de amortiguamiento a medida que aumenta la acción sísmica.

En el tercer y cuarto criterio, el factor de comportamiento sísmico de diseño, considera que los modos superiores de vibración sean representativos, por ello se usan factores de peso dependiendo de la masa modal efectiva en cada uno de sus modos.

Se utilizan diferentes criterios, pero un solo método de análisis dinámico (Método simplificado para evaluar la confiabilidad del escalamiento).

2.9.4. Método simplificado para evaluar la confiabilidad del escalamiento.

Método simplificado Cornell (1996). Podemos obtener la demanda estructural de la siguiente integral:

$$V_D(d) = \int -\frac{\partial v(y)}{\partial y} P(D \geq dy) dy \quad (081)$$

Donde:

$v(y)$ es la tasa media anual de excedencia de la intensidad

$P(D)$ probabilidad condicional de distorsión máxima

2.9.5. Número mínimo de aceleraciones

(S. Chan et al, 2005) Para poder hallar la cantidad de acelerogramas que requeriremos (n) para que nuestros datos sean confiables, tendremos que conocer su desviación estándar, así como el error admisible para estimar la mediana de la población, para periodos de retorno de 245 años.

El reglamento de diseño recomienda la utilización de 3 registros para el análisis dinámico de las estructuras, lo que resultaría adecuado de estimar una confianza con un porcentaje alto y que acepte un error dentro de los parámetros.



2.9.6. Procedimiento de análisis

(S. Chan et al, 2005) De la curva de peligro sísmico y de las ordenadas espectrales relacionadas al periodo fundamental de la estructura (criterio de escalamiento), se calculan los factores de escalamiento.

Se afectan a los registros sísmicos por los factores de escala, luego se analiza dinámicamente, obteniendo las distorsiones de entrepiso, se puede evaluar la desviación estándar para las diferentes intensidades.

Tabla 11

Magnitud de las percepciones de aceleraciones.

Percepción humana	Aceleración (m/seg²)
Según Khan y Parmelec	
No permisible	$\ddot{x} \leq 0.03924$
Levemente permisible	$0.03924 < \ddot{x} \leq 0.073575$
Permisible	$0.073575 < \ddot{x} \leq 0.1962$
Molesta	$0.1962 < \ddot{x}$
Según Chang	
No permisible	$\ddot{x} \leq 0.04905$
Permisible	$0.04905 < \ddot{x} \leq 0.014715$
Desagradable	$0.014715 < \ddot{x} \leq 0.4905$
Muy Desagradable	$0.4905 < \ddot{x} \leq 1.4715$
Intolerable	$3.1. \leq \ddot{x}$

Fuente: (Cassano, 2009)



3.Hipótesis

3.1.Hipótesis General

El sistema estructural con aislador de base elastomérico e incorporado con amortiguador de fluido viscoso simularan un movimiento de cuerpo rígido casi perfecto.

3.2.Sub Hipótesis

Hipótesis 01:

Las derivas máximas se ven disminuidas entre el 80% al 95% respecto al sistema de base fija; bajo los efectos de Vibraciones Aleatorias (Cargas sísmicas) según el reglamento sísmico vigente (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019), en el bloque “B” de la estructura del Pabellón de la "Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UAC”.

Hipótesis 02:

Las aceleraciones máximas absolutas se ven disminuidas entre el 80% al 95% respecto al sistema de base fija; bajo los efectos de vibraciones aleatorias (cargas sísmicas) según el reglamento sísmico vigente (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, (2019)), en un bloque de la estructura del Pabellón de la "Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UAC”.

Hipótesis 03:

La Fuerza cortante se ve reducida entre el 80% al 95% respecto al sistema de base fija, bajo los efectos de vibración aleatoria (carga sísmica) según el reglamento (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, (2019)), en un bloque de la estructura del Pabellón de la "Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UAC”.

Hipótesis 04:



El periodo de la estructura de Base Fija será triplicada respecto a la estructura de Base Aislada con LRB; La frecuencia reducirá a su tercera parte y los modos de vibración se verán reducidos en su amplitud hasta en un 80%.

Hipótesis 05:

El mayor desplazamiento de base corresponderá al que esta únicamente incorporado con aislador elastomérico de base con nucleó de plomo.

Hipótesis 06:

El sistema estructural con aislador de base elastomérico e incorporado con amortiguador de fluido viscoso tendrá un factor de Amortiguamiento Efectivo por encima del 15%.

Hipótesis 07:

Los desplazamientos Absolutos en la estructura de Base Aislada en el punto de resonancia serán mayores que de los otros modelos; y los relativos serán los menores en el sistema de Aislado incorporado con Amortiguador.

4. Definición de Variables

4.1. Variables Independientes

- Movimiento de base: Son las vibraciones que llegan a la base de la estructura, las cuales son de dos tipos de registros
- Sistema de control de respuestas sísmicas son dispositivos que se instalan interna y externamente en el edificio con el fin de controlar la respuesta sísmica

4.2. Variables dependientes

- Espectro de respuesta sísmica: Para cada espectro de respuesta se toma valores pico sea de desplazamiento, velocidades o aceleraciones y después se varía el periodo estructural.
- Propiedades Dinámicas: Son las que están asociadas a las propiedades dinámicas de la Estructura (Periodo, Frecuencia y Formas Modales).

4.3. Cuadro de operacionalización de variables



Tipo de variable	Nombre de la variable	Definición de la variable	Nivel o dimensión de la variable	Indicador	Unidad	Instrumento
INDEPENDIENTE	Movimientos De Base	Son las vibraciones que llegan a la base de la estructura, las cuales son de dos tipos de registros	Registros sísmicos	Acelerogramas	Gráfico Aceleración vs Tiempo	Gráficos g-T
	Sistema De Control De Respuesta Sísmica	Son dispositivos que se instalan interna y externamente en el edificio con el fin de controlar la respuesta sísmica	Aislador de base elastomérico con núcleo de plomo	Cantidad de Aisladores Ubicación de los Aisladores Diseño de Aisladores LRB	Und.	Und.
			Amortiguador de fluido viscoso	Cantidad de amortiguadores Ubicación de los amortiguadores Diseño de Amortiguador de Fluido Viscoso	Und.	Uso de Norma
DEPENDIENTE	Espectro De Respuesta	Para cada espectro de respuesta se toma valores pico sea de desplazamiento, velocidades o aceleraciones y después se varía el periodo estructural.	Reacción estructural	Desplazamientos	mm	ETABS 17
				Aceleraciones	m/s ²	ETABS 17
				Fuerza Cortante	Tn*f	ETABS 17
				Deriva X-X	Adimensional	ETABS 17
				Deriva Y-Y		
Factor de Amortiguamiento	%	Decremento Logarítmico				
Propiedades Dinámicas	Son las que están asociadas a las propiedades dinámicas de la Estructura	PERIODO DE VIBRACIÓN	Tiempo	segundo	ETABS 17	
			FRECUENCIA DE VIBRACIÓN	Tiempo	1/segundo	ETABS 17
			FORMAS MODALES	Cantidad	unidad	ETABS 17



CAPITULO III: Metodología

1. Metodología de la investigación

1.1. Enfoque de la investigación

(Roberto Hernandez Sampieri, 2010) La investigación fue de tipo CUANTITATIVA porque se recogieron y evaluaron valores numéricos y los resultados de los desplazamientos y las aceleraciones se obtuvieron a partir de las vibraciones de base utilizando software computacional ETABS ver. 17, que contiene modelos numéricos en el pabellón de la “FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA”,

1.2. Nivel o alcance de la investigación

(Roberto Hernandez Sampieri, 2010) La investigación fue de nivel DESCRIPTIVO debido a que busca especificar características de los Modelos Evaluados (Base Fija, Base Aislada y Base Aislada Amortiguada)

1.3. Método de investigación

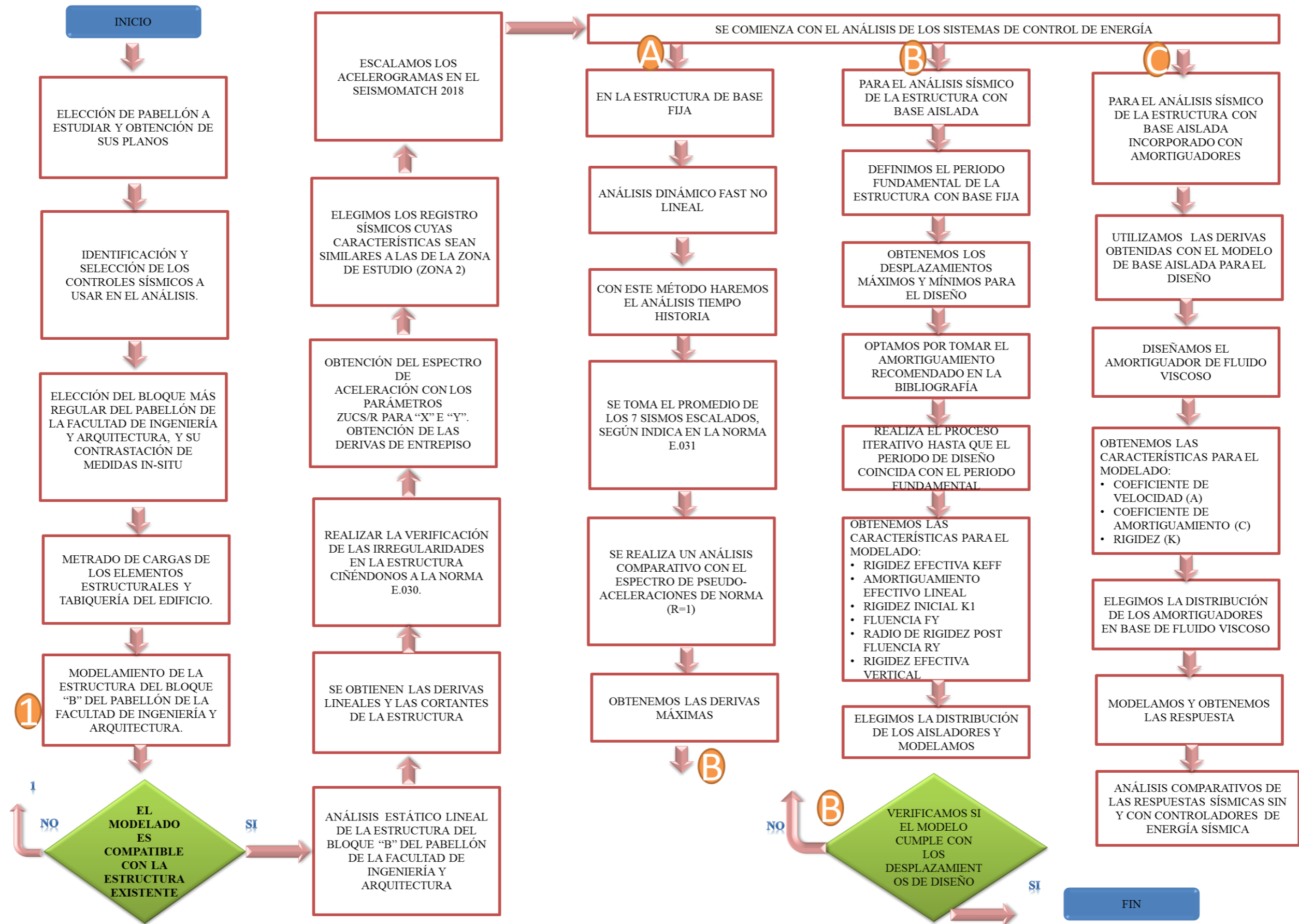
(Roberto Hernandez Sampieri, 2010) Es Cuasi-Experimental, porque se manipularon intencionalmente las vibraciones aleatorias para analizar sus efectos que tiene sobre la muestra; siendo el propósito el de analizar las variables independientes: las normativas, sistemas de control de respuesta sísmica y la historia de aceleraciones.

2. Diseño de la investigación

2.1. Diseño metodológico

La investigación es experimental debido a que se está manipulando intencionalmente las vibraciones aleatorias, así como las armónicas, para en función a estas poder sacar los resultados correspondientes a las variables.

2.2. Diseño de Ingeniería





3. Población y muestra

3.1. Población

3.1.1. Descripción de la población

La población es el Pabellón de Ingenierías y Arquitectura de la UAC que consta de cinco Bloques, ubicado en la ciudad del Cusco, con una sismicidad asociada a la Zona 2; Según la (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) está catalogada como una estructura de categoría A, Sub grupo A2 (Edificación esencial)

Enmarcada con las siguientes características:

Sistema estructural de muros estructurales de concreto armado, conformado por muros estructurales y pórticos (columnas y vigas).

- Uso de edificación: Esencial – Universidad.
- Consta de un bloque de 5 pisos.
- Tiene una altura total de: 16.1 m.
- Espesores de muros estructurales: 25 cm (ejes X e Y).
- Sistema de losas de entrepiso: losas aligeradas ambas de 20 cm de espesor y en la azotea entre los ejes se usa losa maciza según el plano.
- Columnas rectangulares de 60 cm x 40 cm y 70 cm x 40 cm.
- El concreto utilizado es de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$.

3.1.2. Cuantificación de la población

En la presente investigación la población es el bloque “B” de un edificio que consta de 5 bloques cuyo nombre es “Facultad de Ingenierías y Arquitectura” de la Universidad Andina del Cusco”.

3.2. Muestra

3.2.1. Descripción de la muestra

Como muestra se tomó para la siguiente investigación los elementos estructurales de un bloque de la muestra denominado como Bloque “B”, que cuenta con 05 niveles, 01 terraza del pabellón de la facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

El sistema de piso cuenta con losas aligeradas en una dirección y maciza, el sistema estructural es de muros estructurales.

El uso de la edificación es de laboratorios, aulas, talleres y corredores.



El material de la edificación es de concreto armado $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.

3.2.2. Cuantificación de la muestra

En la presente investigación la muestra es 01 bloque del edificio cuyo nombre es “Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco”.

3.2.3. Método de muestreo

La muestra para la siguiente investigación es de tipo NO Probabilística, porque su elección no dependió de la probabilidad sino de las características, criterio y objetivos de la investigación, por lo cual el método de muestreo se realizó por conveniencia (no probabilístico).

3.2.3.1. Criterios de evaluación de muestra

La muestra será analizada para determinar:

- Derivas máximas horizontales y verticales.
- Aceleraciones máximas efectivas.
- Fuerzas Cortante y Momentos Flectores.
- Propiedades Dinámicas (Periodo, Frecuencia y modos de vibración).
- Desplazamiento y aceleraciones en la base.

3.2.3.2. Criterios de inclusión

Debido a que la muestra es no representativa, no se tiene un criterio de inclusión, ya que la muestra no presenta características representativas de la población.

4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Los registros sísmicos se conseguirán de páginas que garanticen la confiabilidad de ellos como son: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres.

El plano de arquitectura del pabellón de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco se solicitará a la universidad, para tener autenticidad de los planos.

Para el cálculo de la cortante basal se recurrirá a las normas mencionadas ((Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) y (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019)).

Los instrumentos que se utilizaron los programas Microsoft Excel y ETABS ver. 17.



3.4.2. Instrumentos de ingeniería

Tabla 12
Tabla de instrumentos

Tipo De Instrumento		Descripción de los Programas
Instrumentos Normativos	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Técnica Peruana E.030 (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018). • Norma Técnica Peruana E.020. (Norma E.020 Cargas, 2006) • Norma Técnica Peruana E.031. (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019) • Seismic Analysis: UBC-97 Code Provisions (Norma UBC 97, 1997). 	<ul style="list-style-type: none"> • Permitirá evaluar los criterios sismorresistentes en el Perú. • Permitirá precisar las cargas para el diseño sismorresistente. • Plantea requisitos mínimos donde se plantee el uso de controladores de energía. • Código diseñado para ser compatible con publicaciones relacionadas a la construcción, alteración, reparación, mantenimiento y uso de cualquier estructura de construcción.
Instrumentos Para Recolección De Datos	<ul style="list-style-type: none"> • Plantillas en Excel. • Hoja de metrados. • CISMID - REDACIS Centro Peruano Japonés de investigaciones Sísmicas y mitigación de desastres. • Catálogo de sistemas de control. 	<ul style="list-style-type: none"> • El que posteriormente permitirá construir un espectro de respuesta. • El que permitirá realizar un metrado de las cargas existentes. • Para poder obtener los acelerogramas corregidos por línea base. • Para el modelado de los sistemas elegidos para esta tesis.
Instrumentos Para Análisis De Datos	<ul style="list-style-type: none"> • ETABS – 2017. • AutoCAD (ver. estudiantil – 2018). • Microsoft – 2017. • MathType. • SeismoMatch 2020. • Grapher 15 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa utilizado para el cálculo estructural en tres dimensiones mediante elementos finitos. • Manejo de planos. • Para el metrado de cargas, estimar el coeficiente de amortiguamiento, datos de salida de la respuesta sísmica. • Para la numeración de ecuaciones. • Para el escalamiento de Sismos. • Para realizar los gráficos de los resultados.



5.Procedimientos de recolección de datos

5.1.Metrado De Cargas

Nivel	Altura	Entrepiso	Altura
0-1	3.10 m	0	1.55 m
1-2	3.20 m	1	3.15 m
2-3	3.20 m	2	3.20 m
3-4	3.20 m	3	3.20 m
4-5	3.20 m	4	3.20 m
5-	2.00 m	5	1.60 m

Peso por nivel

Nivel	CD ()										Total	CL
	Columna	Placas	Vigas	Muros	Losa	Acabados	P. Terminado	A. Tubular	Draybol	Cielo Raso		
0	13.28	22.32	0.00	36.41	59.42	25.23	22.39	0.00	0.00	0.00	179.05	65.33
1	26.98	23.04	46.32	56.66	61.04	19.94	22.82	0.00	0.00	8.46	265.25	71.88
2	27.41	23.04	46.32	59.70	61.04	13.68	22.70	0.00	0.00	8.46	262.34	63.52
3	27.41	23.04	46.32	67.77	61.04	13.88	23.13	0.00	0.00	8.46	271.04	72.30
4	27.41	23.04	46.32	65.35	61.04	19.94	22.82	0.00	0.00	8.46	274.37	72.27
5	13.70	14.40	46.32	12.52	74.51	4.79	10.19	0.41	3.62	8.46	188.92	24.13



6.Procedimientos de Análisis de datos

6.1.Modelado

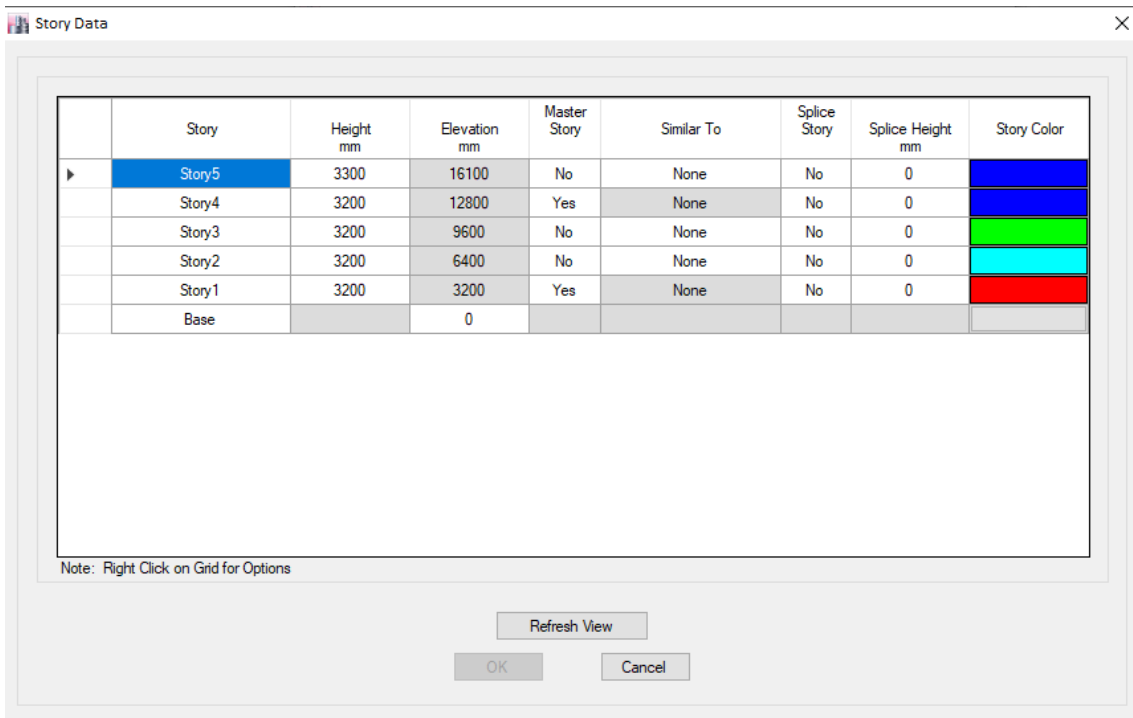


Figura 20: turas de las grillas (ETABS 17)

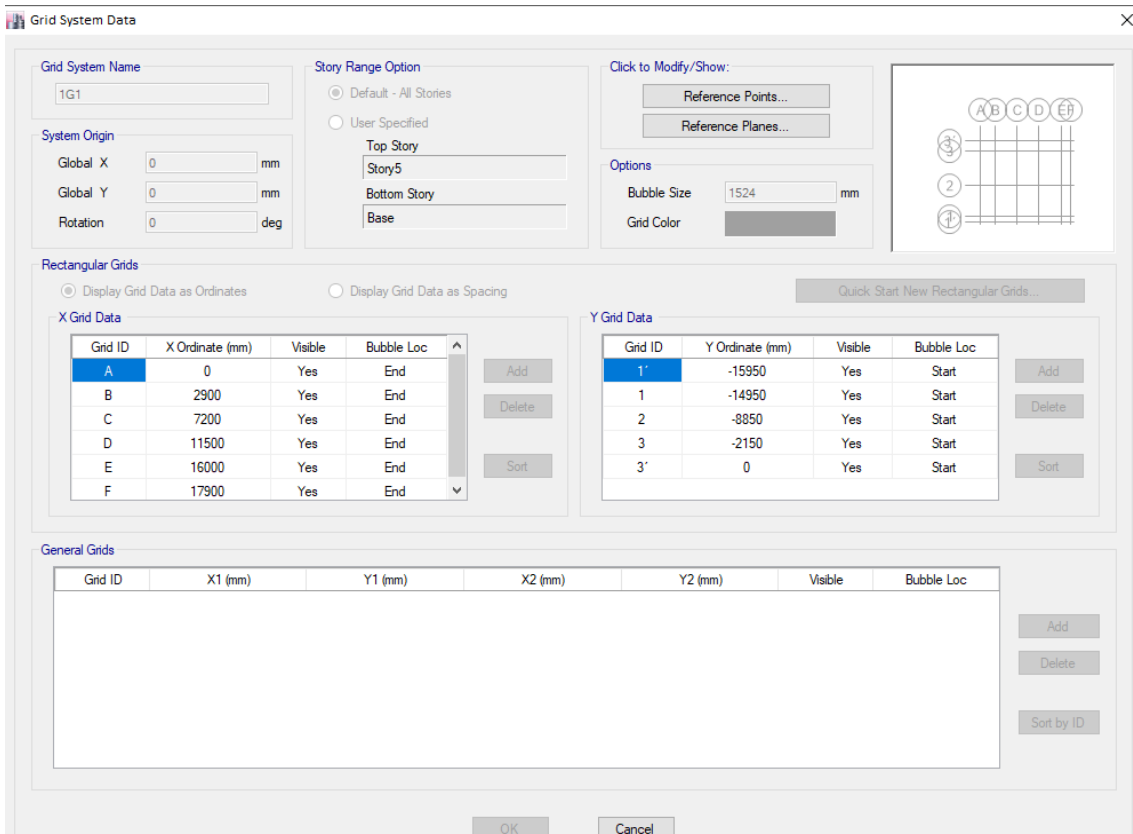


Figura 21: Definición de Ejes en Planta (ETABS 17)

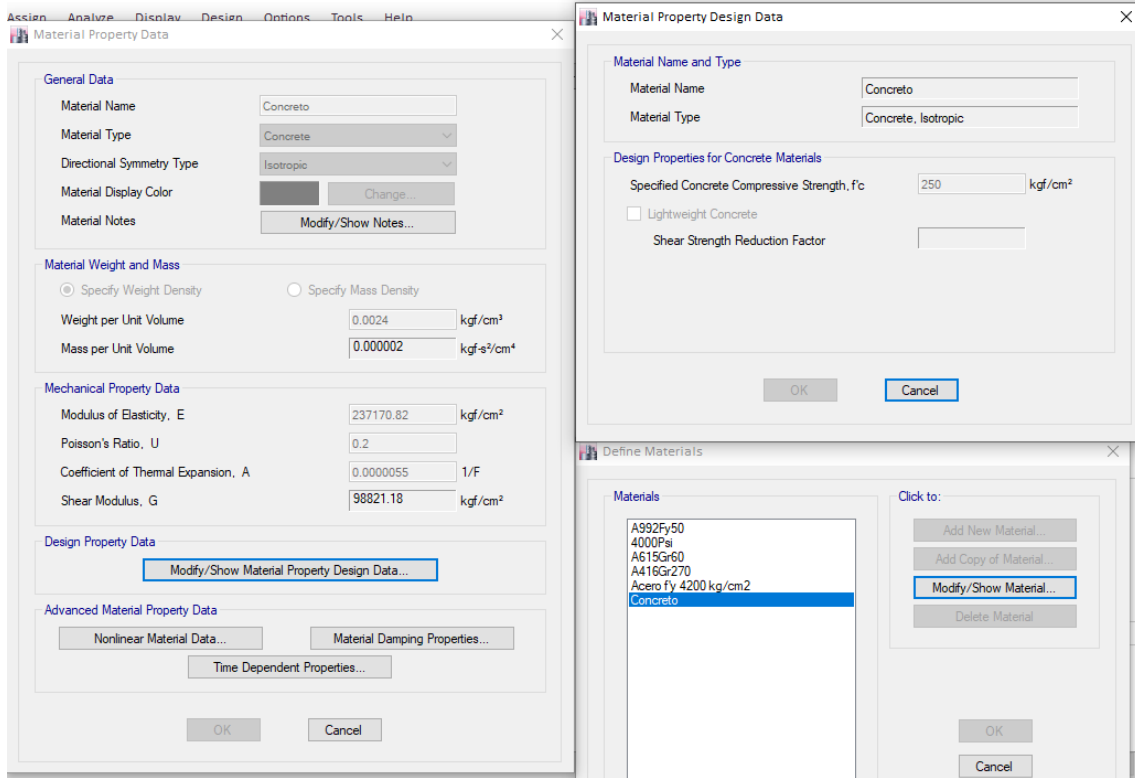


Figura 22: Definición de Concreto de $f_c=250\text{kg/cm}^2$ (ETABS 17)

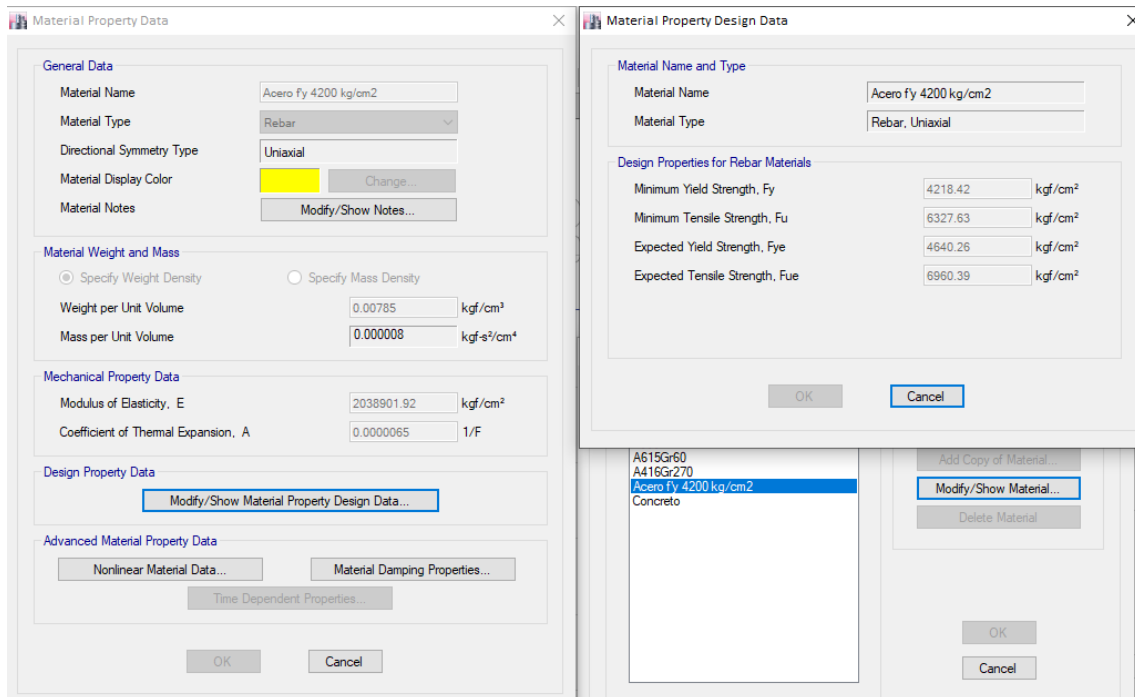


Figura 23: Definición de las propiedades del acero G60 (ETABS 17)

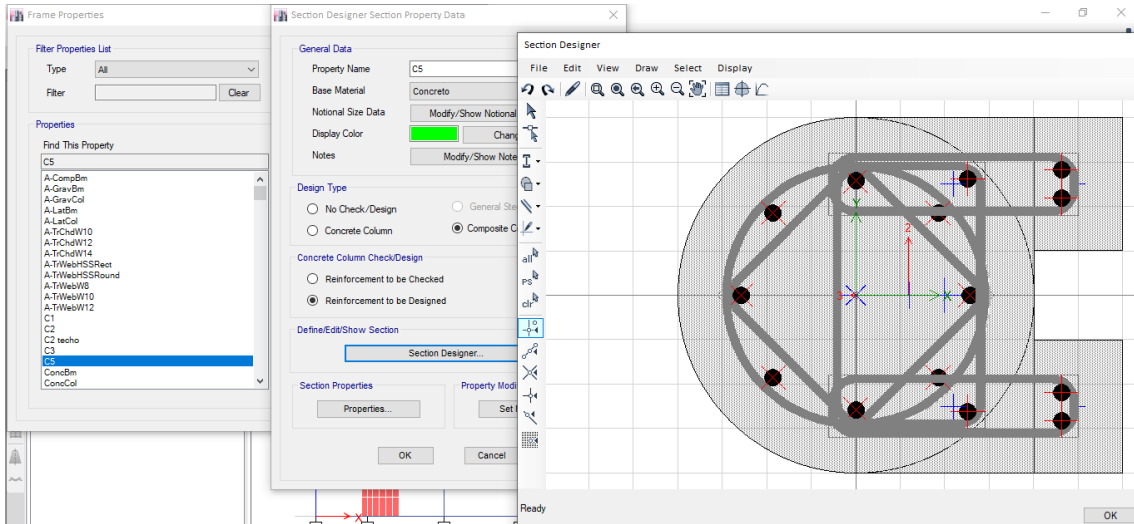


Figura 24: Creación de cada tipo de Columna (ETABS 17)

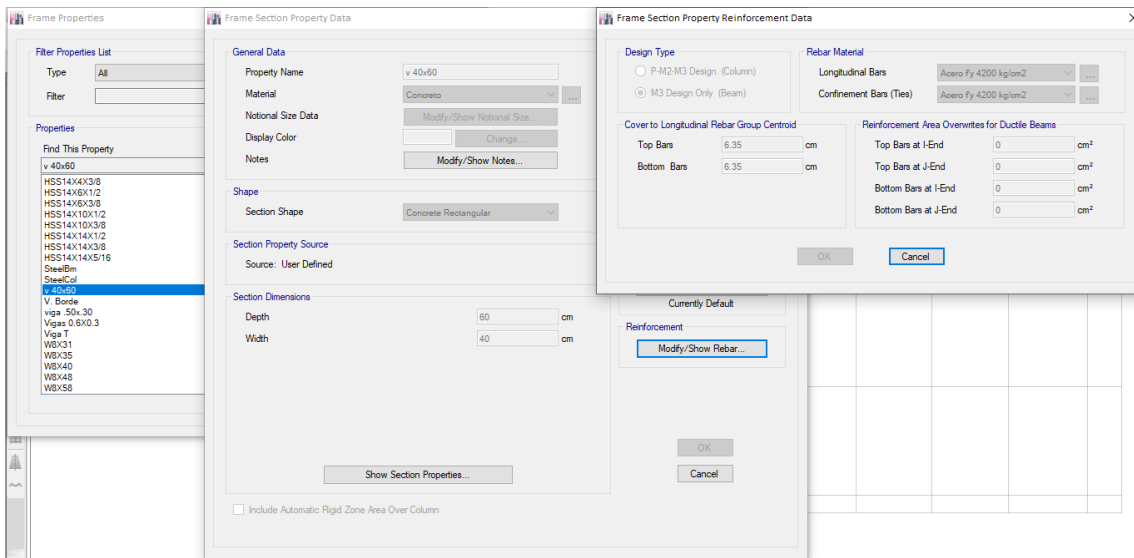


Figura 25: Creación de las vigas (ETABS 17)

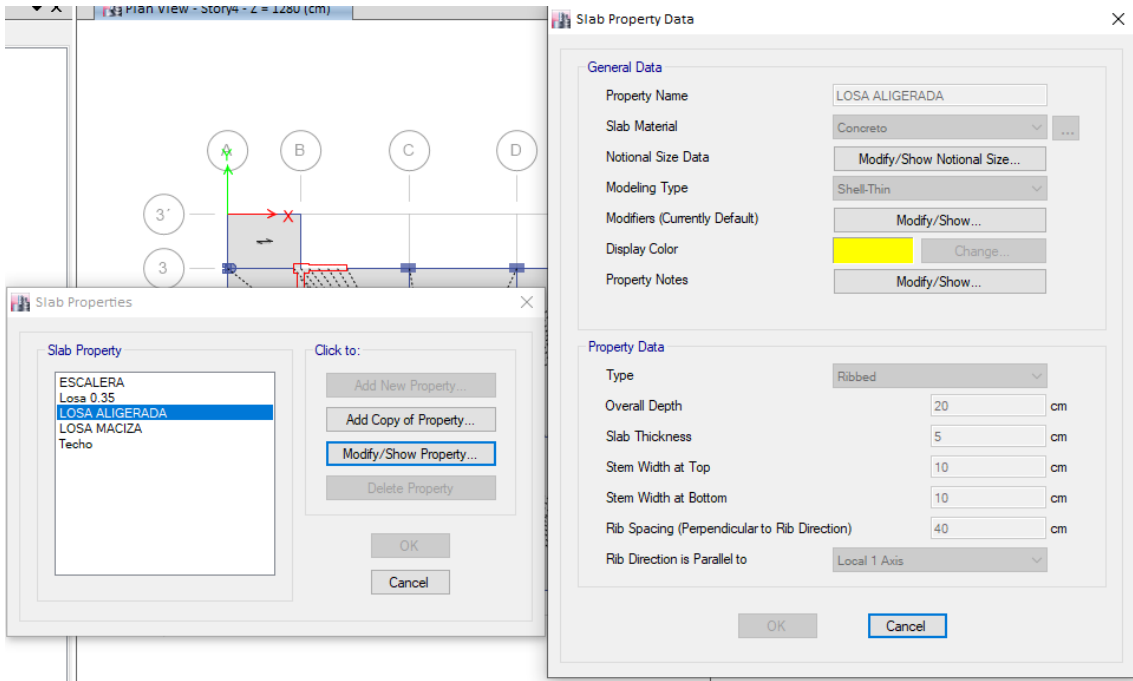


Figura 26: Definición de Losa Aligerada (ETABS 17)

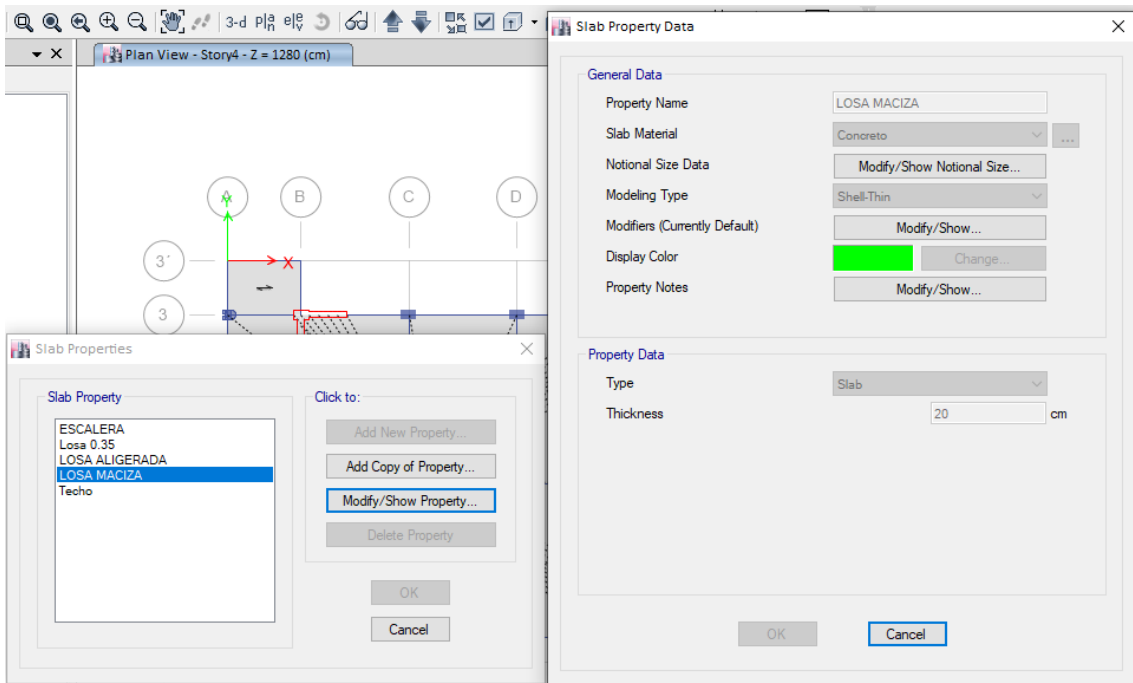


Figura 27: Definición de Losa Maciza (ETABS 17)

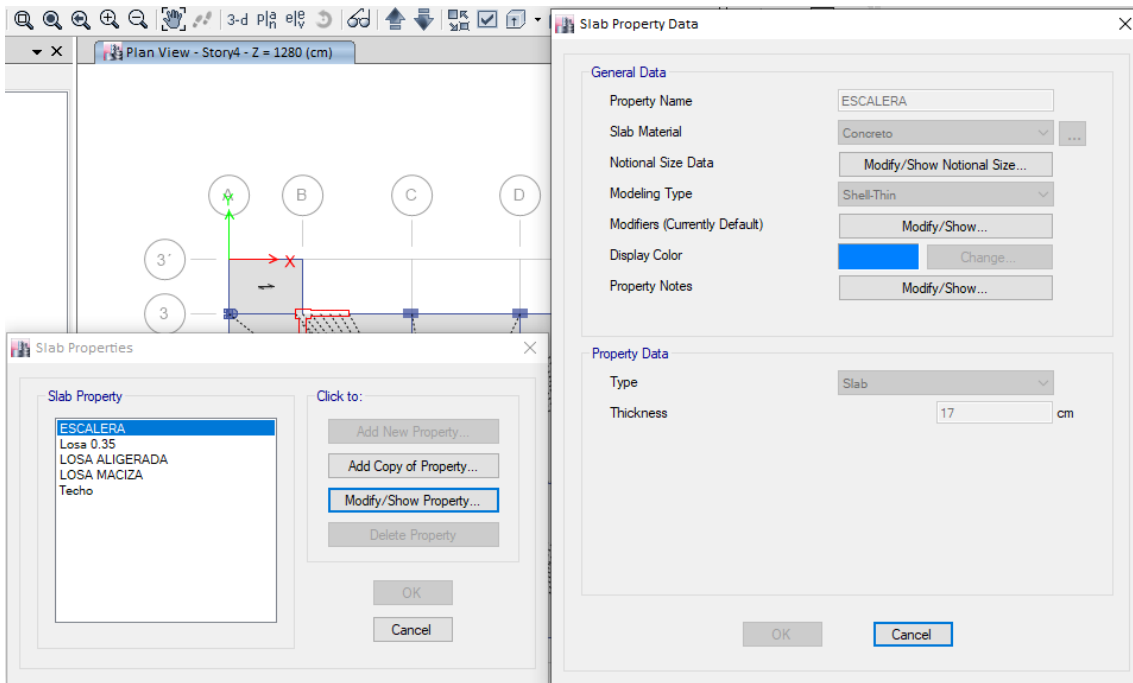


Figura 28: Definición de losa inclinada en escaleras (ETABS 17)

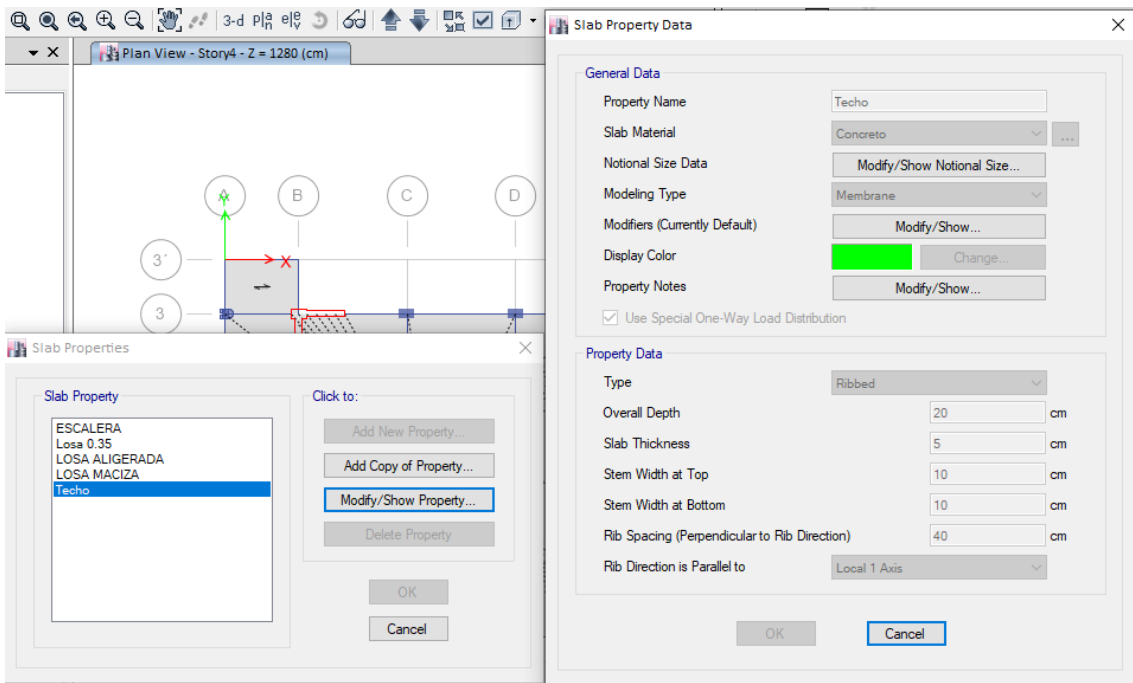


Figura 29: Definición de losa para cubiertas (ETABS 17)

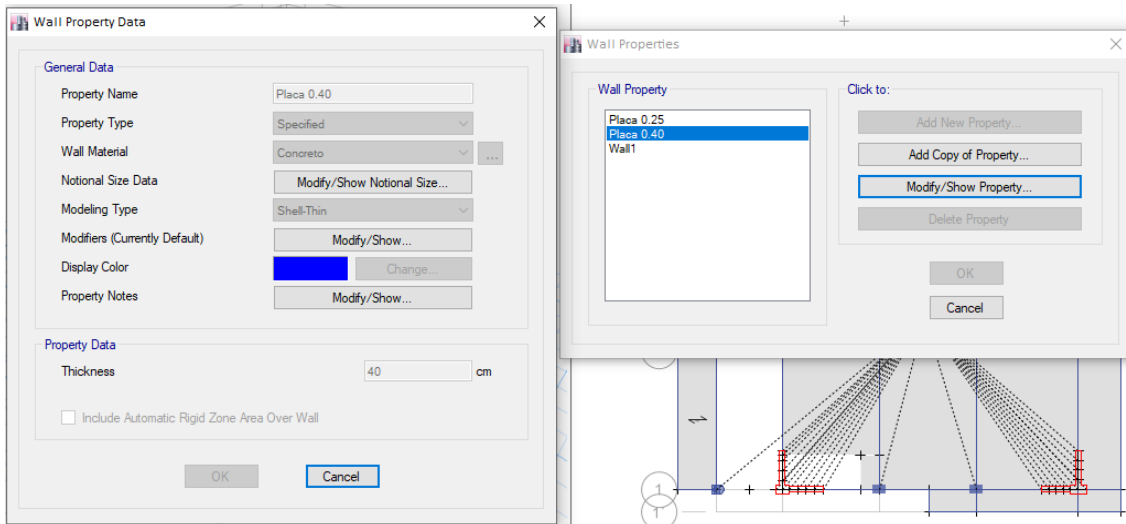


Figura 30: Definición las Secciones de Placa (ETABS 17)

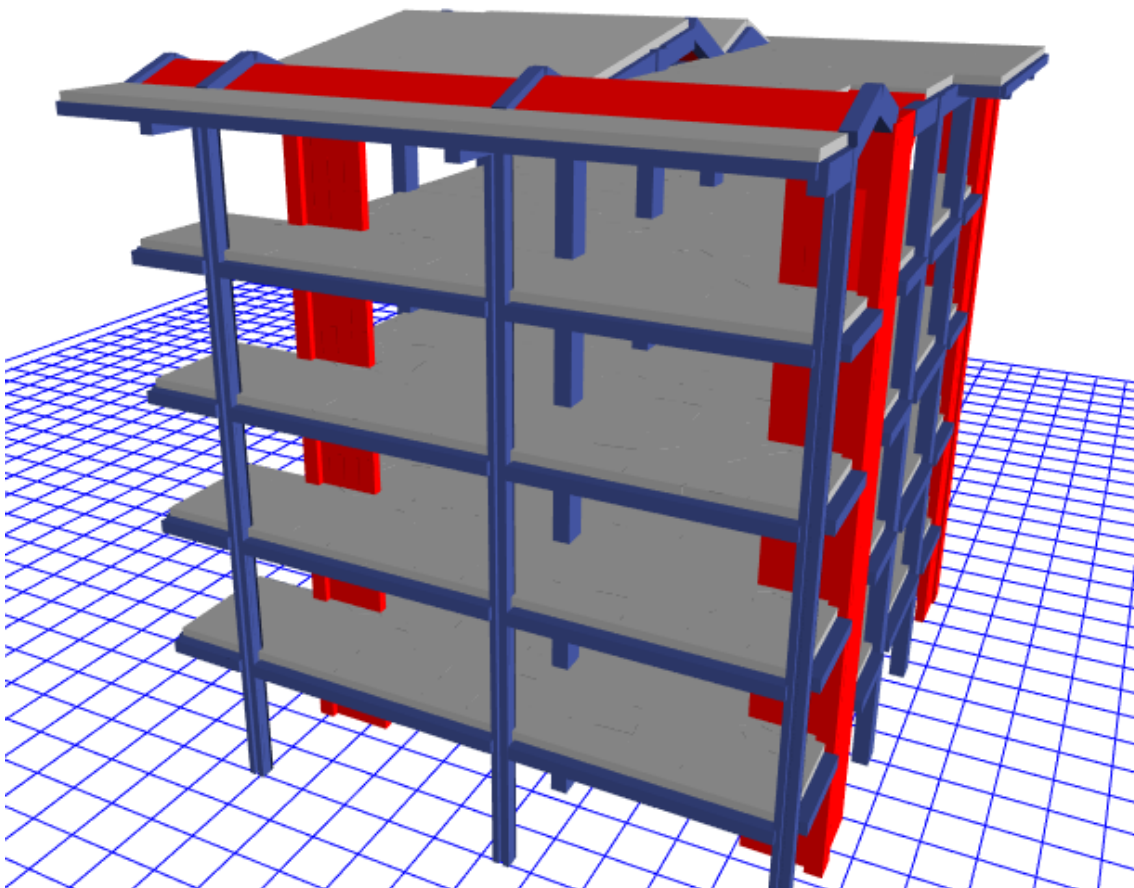


Figura 31: Render del Modelado completo (ETABS 17)

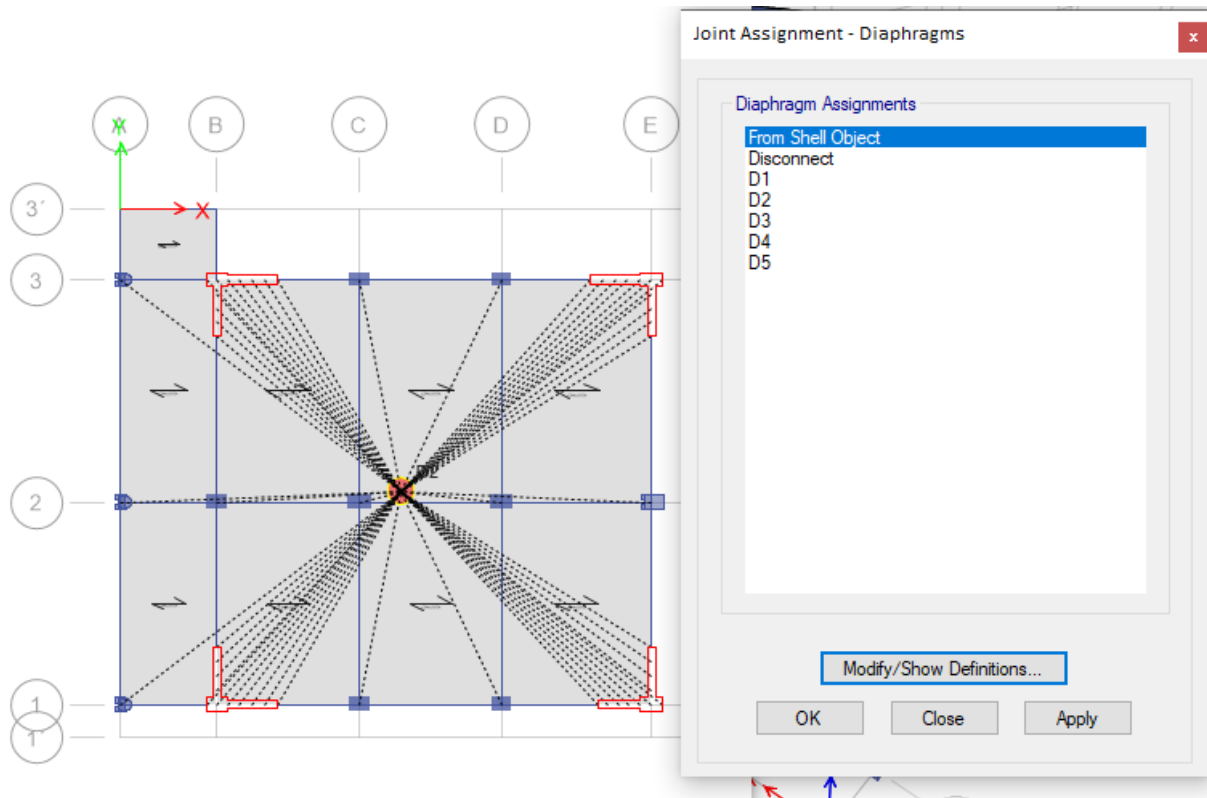


Figura 32: Asignación de Diafragmas por nivel (ETABS 17)

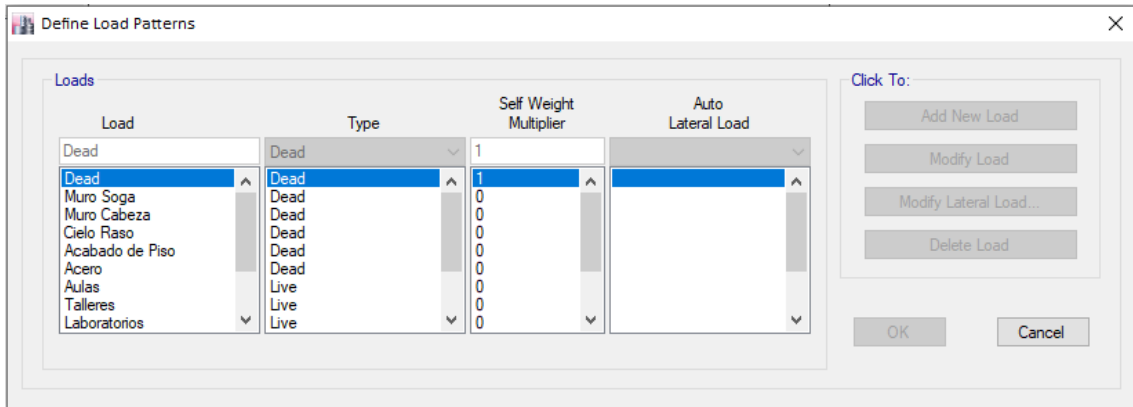


Figura 33: Asignación de las cargas de diseño (ETABS 17)

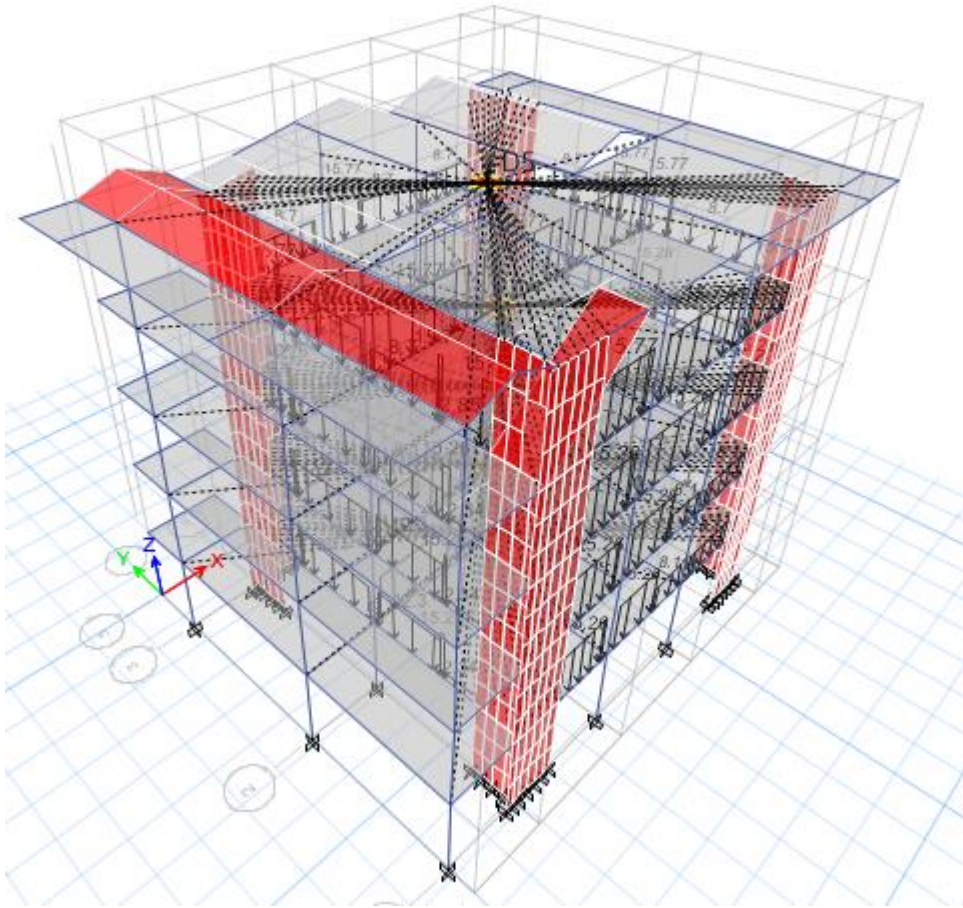


Figura 34: Cargas del modelo (ETABS 17)

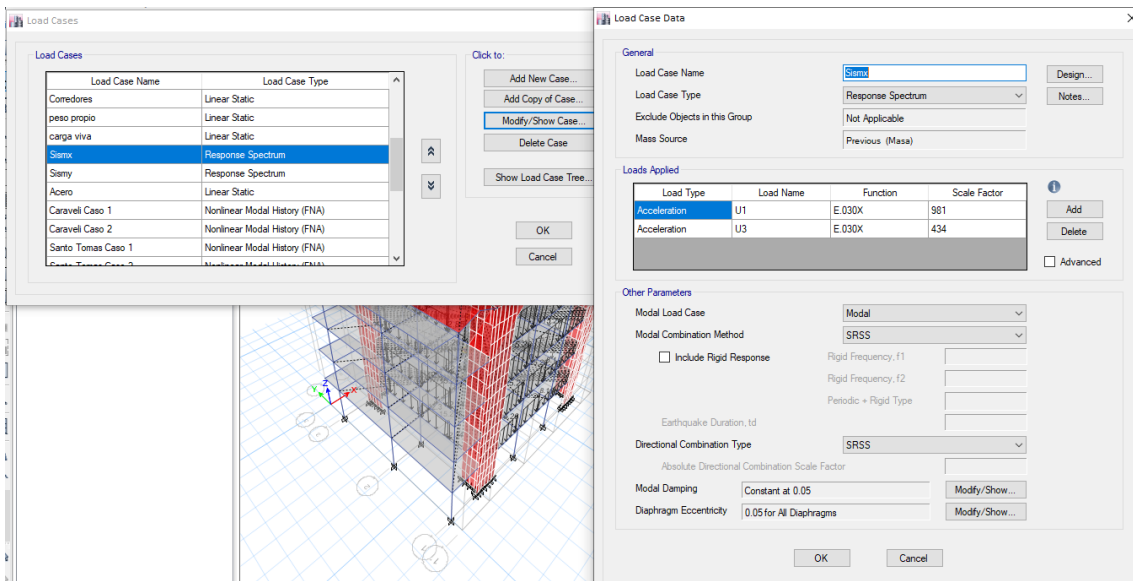


Figura 35: Espectro Sísmico (ETABS 17)

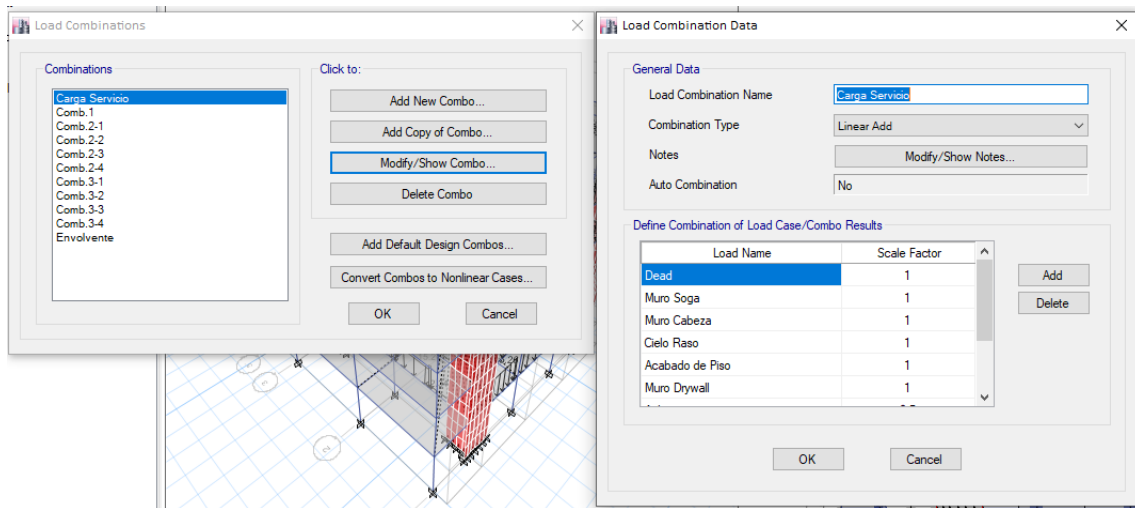


Figura 36: Paquetes de carga, por norma y envolvente (ETABS 17)

6.2. Determinación De Irregularidades

6.2.1. Irregularidades En Altura



6.2.1.1. Irregularidades De Piso Blando

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Existe Irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la rigidez lateral es menor que el 70% de la rigidez de entrepiso inmediato superior, o es menor que el 80% de la rigidez promedio de los 3 niveles superiores adyacentes.

Tabla 13:

Análisis en la dirección X-X y Y-Y

ANÁLISIS EN LA DIRECCIÓN X-X Y Y-Y

NIVEL	h m	Vx Kgf	Vy Kgf	dm x(cm)	dm y(cm)	Kx Kgf/m	Ky Kgf/m	Kxi/ kxi+1<70%	Kyi/ kyi+1<70%	Kxi/(prom kxi+1, kxi+2,kxi+3)<80%	Kyi/(prom kyi+1, kyi+2,kyi+3)<80%	Irregulari dad X-X	Irregulari dad Y-Y
STORY5	16.10	60.86	58.17	6.93	12.72	8.78	4.57						
STORY4	12.80	121.91	113.51	7.28	11.64	16.74	9.75	1.905 > 0.70	2.132 > 0.70			No	No
STORY3	9.60	161.06	146.56	5.89	8.76	27.37	16.74	1.635 > 0.70	1.716 > 0.70			No	No
STORY2	6.40	192.71	172.31	3.42	4.82	56.33	35.79	2.058 > 0.70	2.138 > 0.70	3.195 > 0.80	3.456 > 0.80	No	No
STORY1	3.20	220.47	195.77	0.86	1.14	257.47	172.09	4.57 > 0.70	4.809 > 0.70	7.691 > 0.80	8.29 > 0.80	No	No
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								

6.2.1.2. Irregularidad de resistencia – piso débil

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Existe Irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.



Tabla 14

Análisis en la dirección X-X y Y-Y

ANÁLISIS EN LA DIRECCIÓN X-X Y Y-Y

NIVEL	h m	Nu Kgf	Ag m ²	$1+N_u/14A_g$	$V_{yi}/V_{yi+1} < 80\%$	Irregularidad X-X	Irregularidad Y-Y
STORY5	16.10	0.00	33.54				
STORY4	12.8	306.08	33.54	1.65			
STORY3	9.6	564.90	33.54	2.20	1.33 > 0.8	No	No
STORY2	6.4	835.67	33.54	2.78	1.262 > 0.8	No	No
STORY1	3.2	1139.82	33.54	3.43	1.233 > 0.8	No	No
BASE	0	1422.09	33.54	4.03	1.175 > 0.8	No	No

6.2.1.3. Irregularidad extrema rigidez

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes.

La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.

Según la Tabla 13 no se presenta esta irregularidad.

6.2.1.4. Irregularidad extrema de resistencia

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.



Según la Tabla 14 no se presenta esta irregularidad.

6.2.1.5. Irregularidad de Masa o Peso

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

Tabla 15

Análisis de Masa o peso

NIVEL	MASA (TNFS ² /CM)	MI/MI+1 > 1.5	IRREGULARIDAD
STORY5	0.30		
STORY4	0.30		
STORY3	0.28	0.93 < 1.5	No
STORY2	0.28	1.01 < 1.5	No
STORY1	0.29	1.03 < 1.5	No
BASE	0.015	0.05 < 1.5	No

6.2.1.6. Irregularidad geométrica vertical

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos".

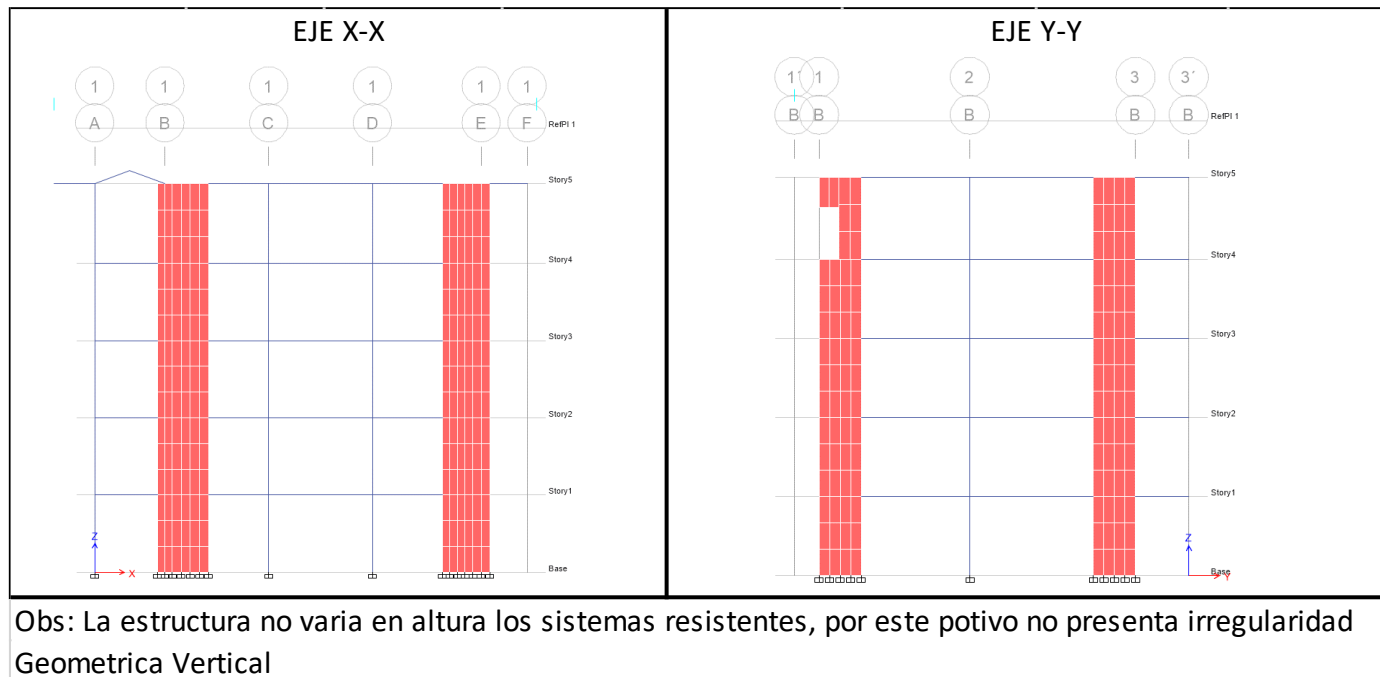


Figura 37: Vista en elevación Fuente Propia

6.2.1.7. Discontinuidad en los sistemas resistentes

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.

Según la Figura 37 no presenta irregularidad de sistemas resistentes debido a que no presenta desplazamiento vertical o rotación.



6.2.1.8. Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes

Según la (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018); "Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total".

6.2.2. Irregularidades En Planta

6.2.2.1. Irregularidad Torsional

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta m_{\text{máx}}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (ΔCM). 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 según el material

Tabla 16

Análisis de Irregularidad Torsional X-X y Y-Y

NIVEL	D. ABS. X-X (cm)		D. ABS. Y-Y (cm)		D. ABS. PROM. X-X (CM)	D. ABS. PROM. Y-Y (CM)	DRMAX/PROM DX>1.3	DRMAX/PROM DY>1.3	IRREGULARIDAD X-X	IRREGULARIDAD Y-Y
	P 36	p 19	P 36	P 30						
STORY5	0.315	0.295	0.577	0.560	0.305	0.569	1.03 < 1.3	1.01 < 1.3	No	No
STORY4	0.404	0.354	0.644	0.641	0.379	0.643	1.07 < 1.3	1 < 1.3	No	No
STORY3	0.436	0.379	0.638	0.647	0.407	0.643	1.07 < 1.3	1.01 < 1.3	No	No
STORY2	0.380	0.331	0.518	0.535	0.356	0.526	1.07 < 1.3	1.02 < 1.3	No	No
STORY1	0.190	0.168	0.240	0.254	0.179	0.247	1.06 < 1.3	1.03 < 1.3	No	No



6.2.2.2. Irregularidad Torsional Extrema

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta m_{\acute{a}x}$), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (ΔCM). 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.

Al no presentar Irregularidad Torsional, no se verifico si es extremo o no

6.2.2.3. Esquinas Entrantes.

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.

Distancia		
distancia en X total	16	M
distancia en Y total	14.95	M
distancia en X parcial	2.9	M
distancia en Y parcial	2.15	M

Comprobación	
EN X	EN Y
$0.1813 < 0.2$	$0.1438 < 0.2$
sin irregularidad	sin irregularidad

6.2.2.4. Discontinuidad del Diafragma

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos



y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.

Tabla 17

Análisis de Discontinuidad de Diafragma

NIVEL	A. LOSA (M2)	A. HUECA (M2)	A. H./ A. L. > 0.5	IRREGULARIDAD
STORY5	211.04	0	0 < 0.5	No
STORY4	211.04	0	0 < 0.5	No
STORY3	211.04	0	0 < 0.5	No
STORY2	211.04	0	0 < 0.5	No
STORY1	211.04	0	0 < 0.5	No

No existe discontinuidades en los diafragmas, tampoco aberturas No tienen discontinuidad de diafragma.

6.2.2.5.Sistemas no Paralelos

(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso".

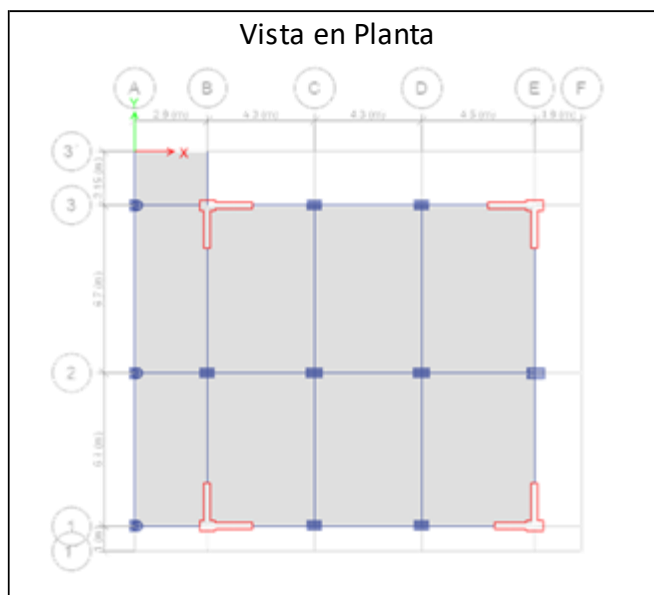


Figura 38: Las columnas y placas paralelos entre sí.

Todas las columnas y placas son paralelos entre sí; por lo tanto, NO presenta discontinuidad del diafragma



6.3. Determinación del Sistema Estructural

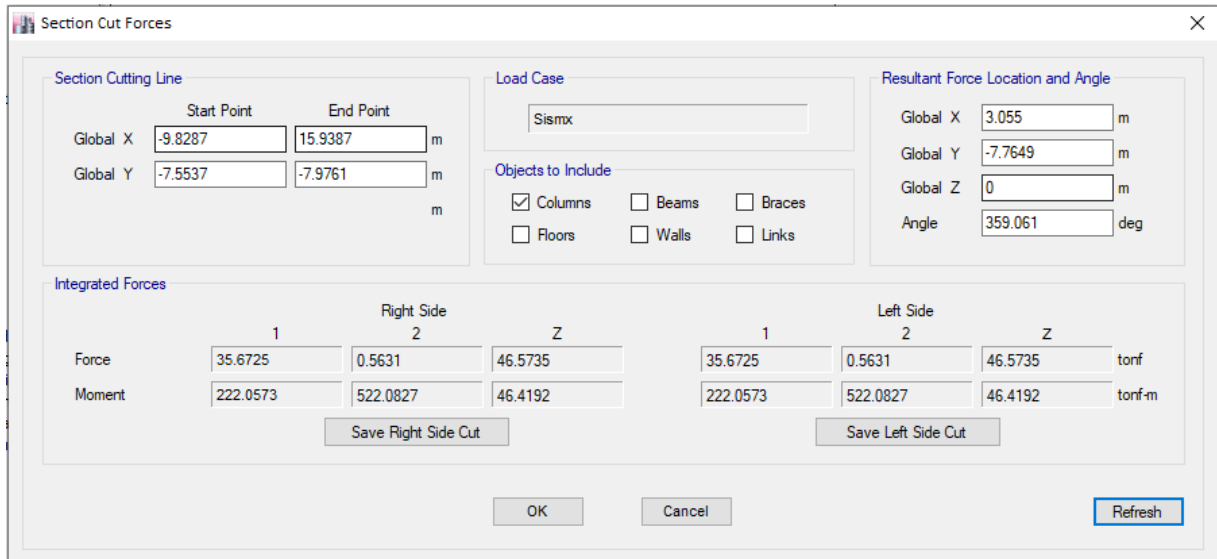


Figura 39: Fuerzas Cortantes Y Momentos para las Columnas en Tn Nivel 1 (ETABS 17)

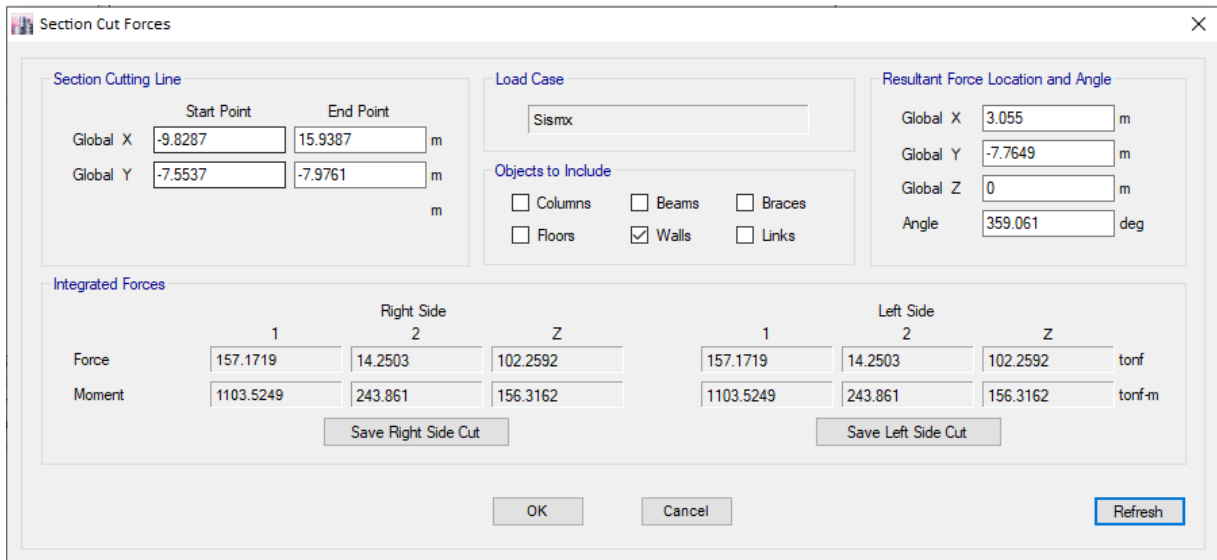


Figura 40: Fuerzas Cortantes y Momentos para las Placas en Tn Nivel 1 (ETABS 17)

Debido a que más de un 80% de la fuerza cortante es absorbida por placas, nuestro sistema estructural son Muros Estructurales.

6.4. Proceso para escalar los sismos

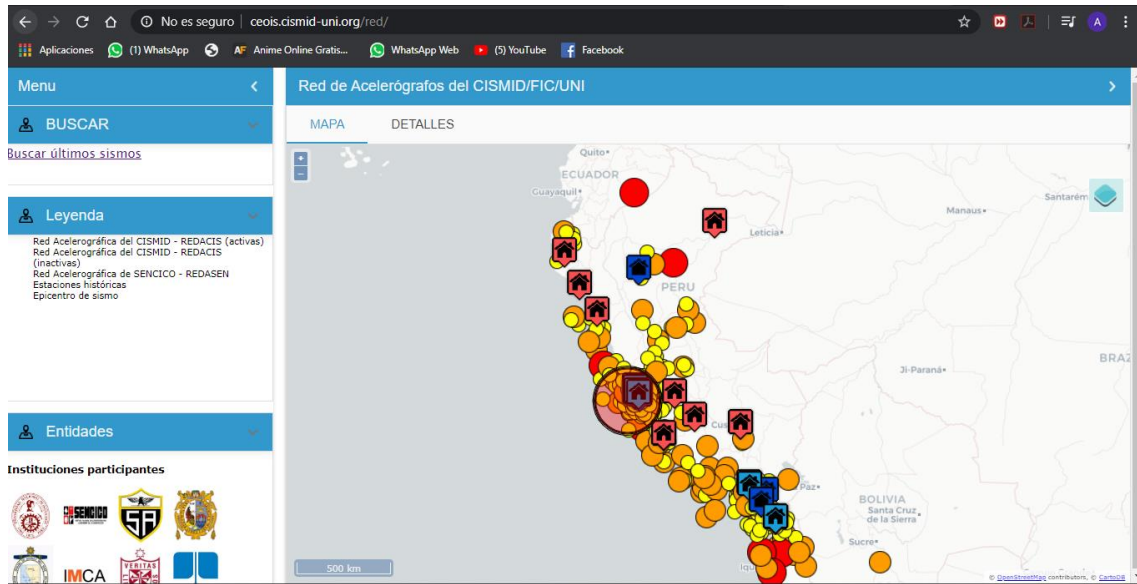


Figura 41: CISMID, registro sísmico de aceleraciones.



Figura 42: Registros Sísmicos Extraídos de CISMID.



NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
JAPAN-PERU CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (CISMID)
TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU Postal Code 31-250 Lima 31
Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790 FAX 481-0170
e-mail: f_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid-uni.org

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION

STATION NAME : Dirección de Hidrografía y Navegación
STATION CODE : CAL001
STATION LOCATION : Direction of Hydrography and Navigation, La Punta, Callao
LATITUDE : -12.065
LONGITUDE : -77.155
ALTITUDE (m) : 39
ACCELEROMETER MODEL : Etna Kinematics
SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 200

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE

DATE : August 15, 2007
ORIGIN TIME (Local) : 18:40:58
LATITUDE : -13.67
LONGITUDE : -76.76
DEPTH (km) : 40.00
MAGNITUDE : 7.0 ML
INFORMATION SOURCE : IGP

3. INFORMATION ABOUT THE RECORD

RECORD TIME (Local) : 18:40:58
NUMBER OF SAMPLES : 65100
MAXIMUM ACCELERATION : 101.03 95.76 -31.63
DATA UNITS : cm/s²

4. COMMENTS

BASELINE CORRECTED

Figura 43: Sismo de diseño, de la estación: La Punta - Callao (CISMID, corregido por línea base)

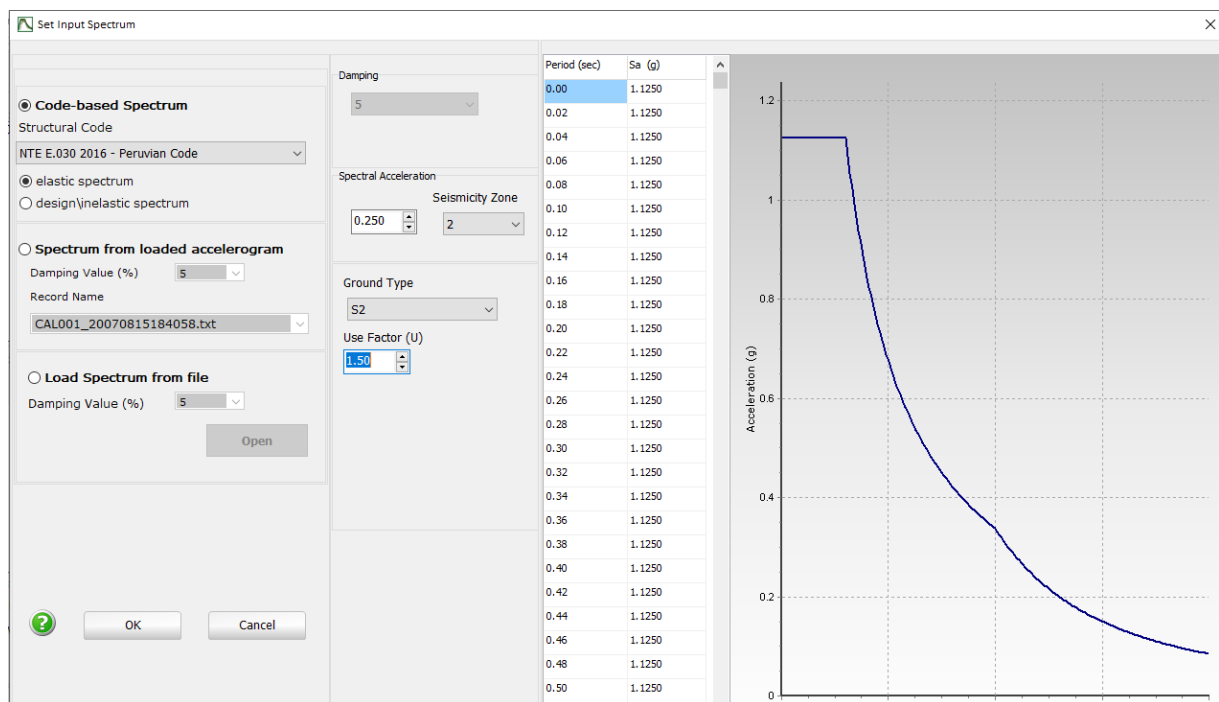


Figura 44: Definimos es Espectro Normativo para escalar Sismos (SeismoMatch)

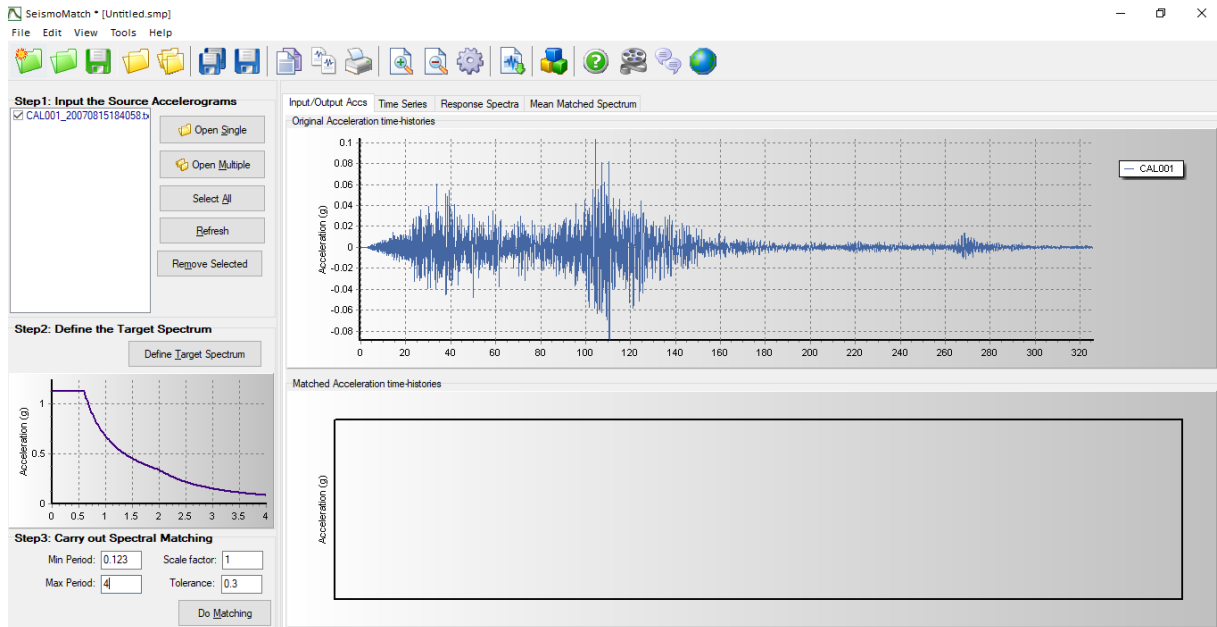


Figura 45: Cargamos el sismo a escalar(SeismoMatch)

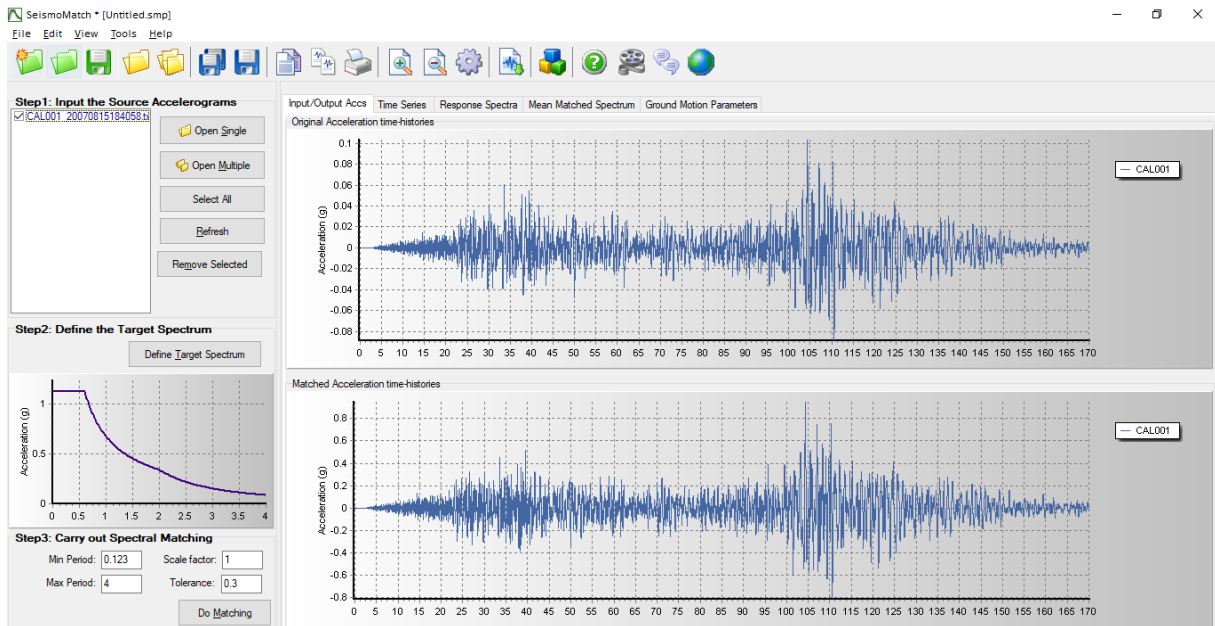


Figura 46: Se escalan sismos del análisis tiempo-historia (SeismoMatch)

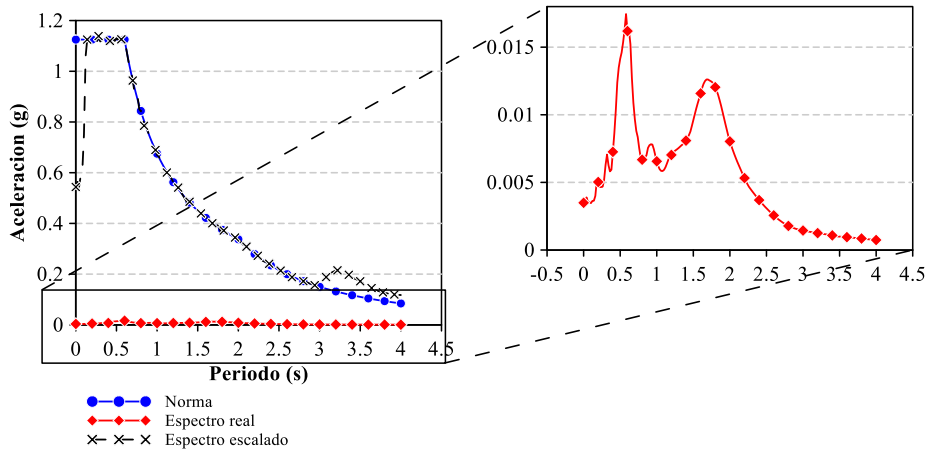


Figura 47: Comparación Espectros Escalado, Normativo y Real de Caraveli EW

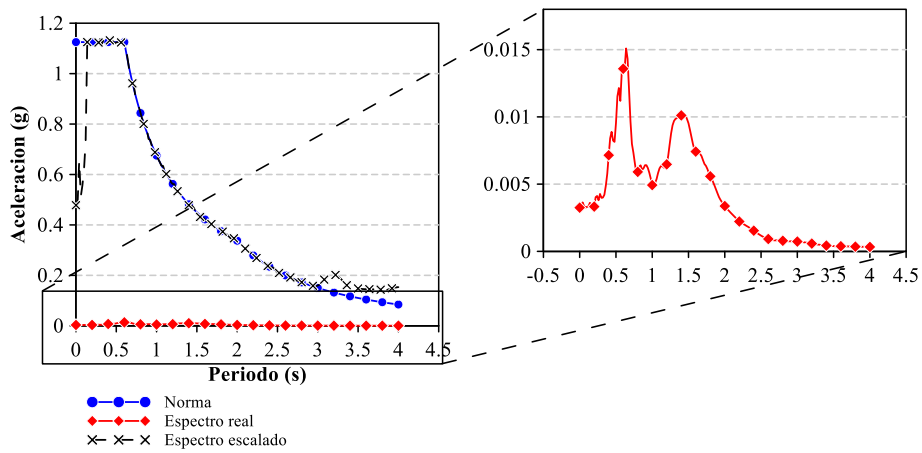


Figura 48: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Caraveli NS

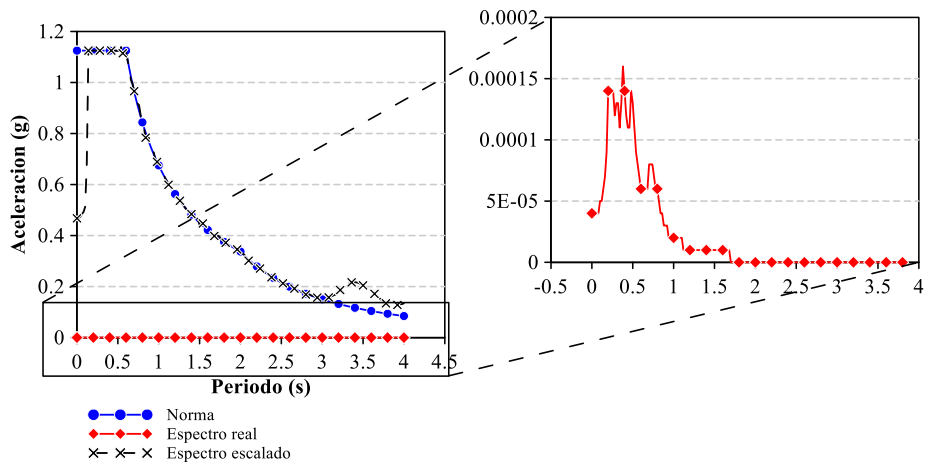


Figura 49: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Santo Tomás EW

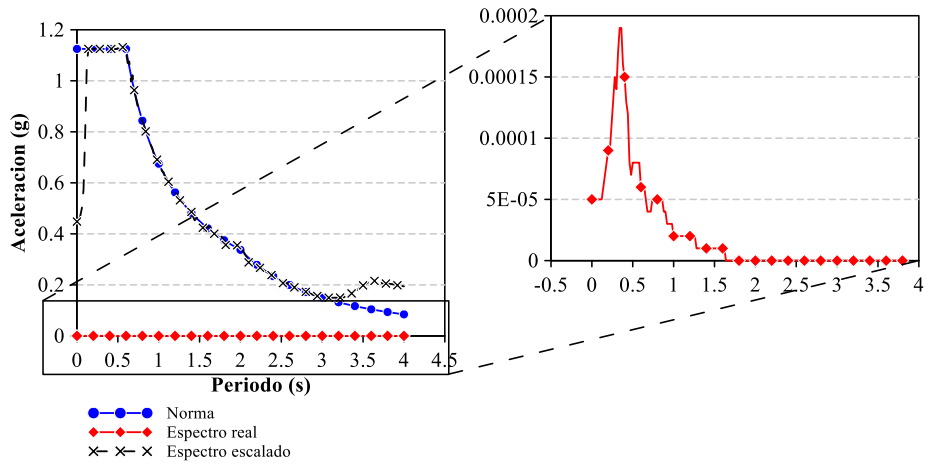


Figura 50: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Santo Tomás NS

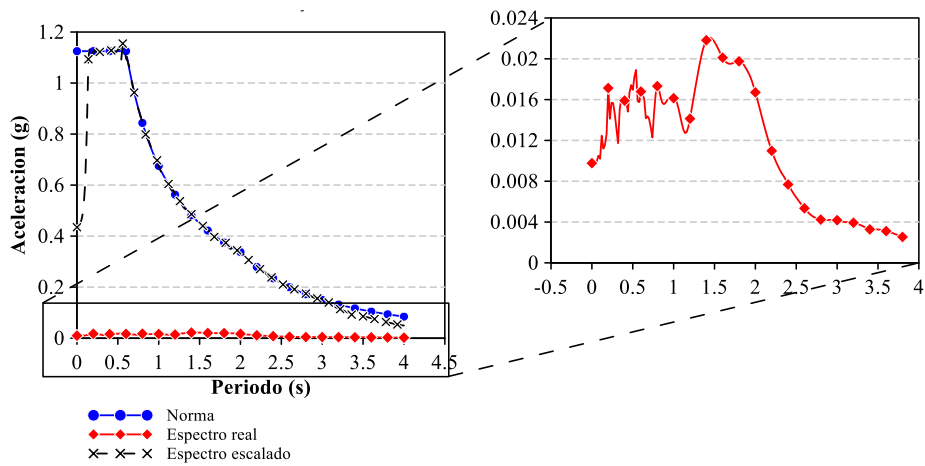


Figura 51: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Tambomachay EW

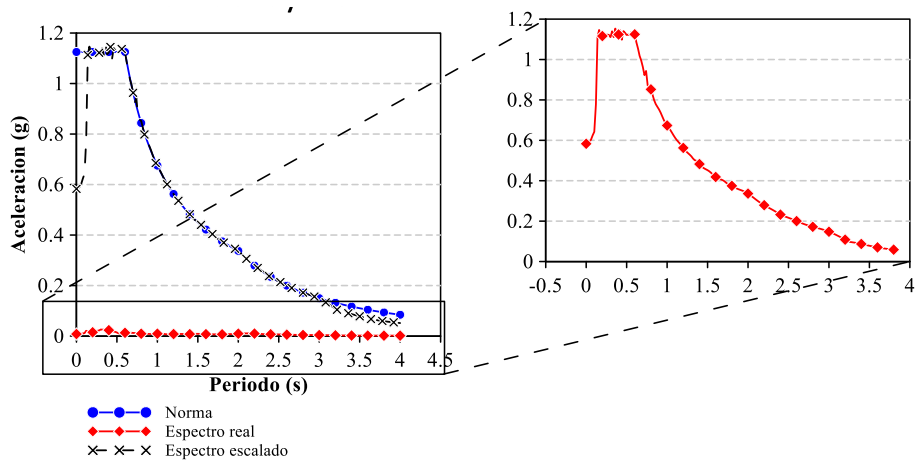


Figura 52: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Tambomachay NS

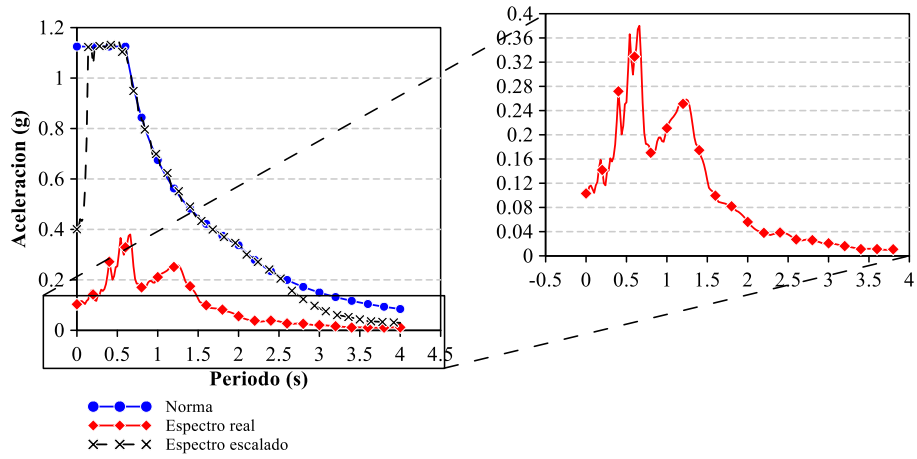


Figura 53: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Ica EW

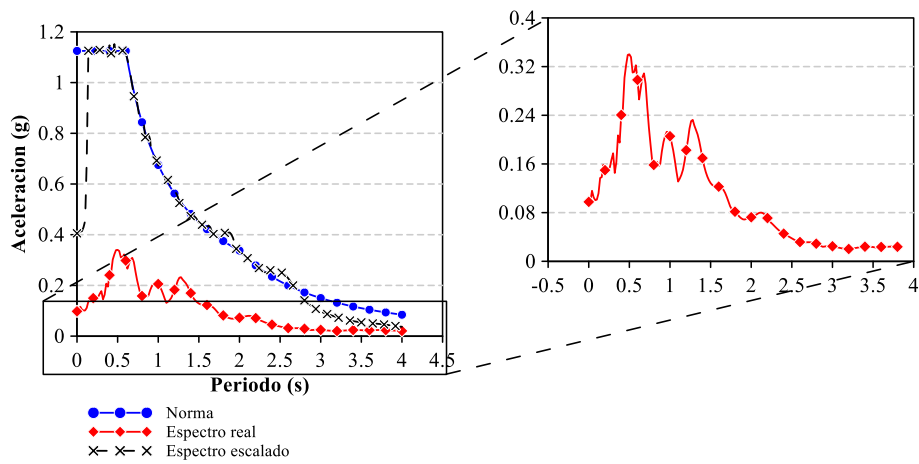


Figura 54: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Ica NS

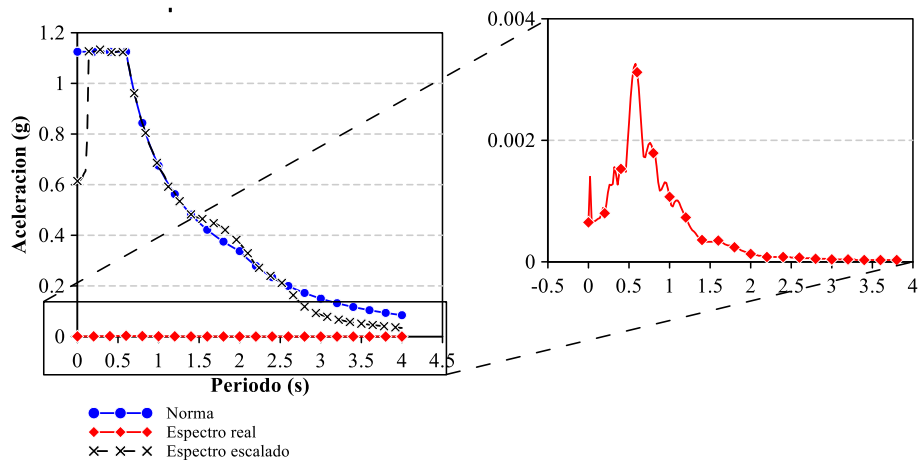


Figura 55: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Pampamarca EW

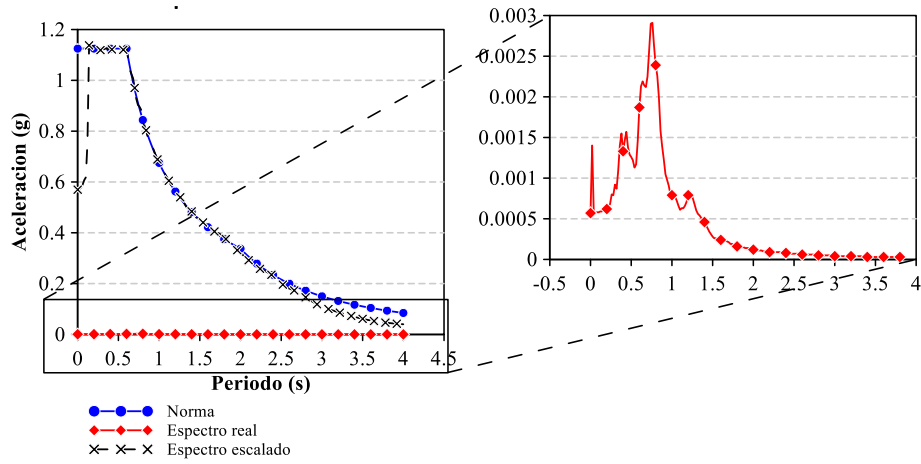


Figura 56: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Pampamarca NS

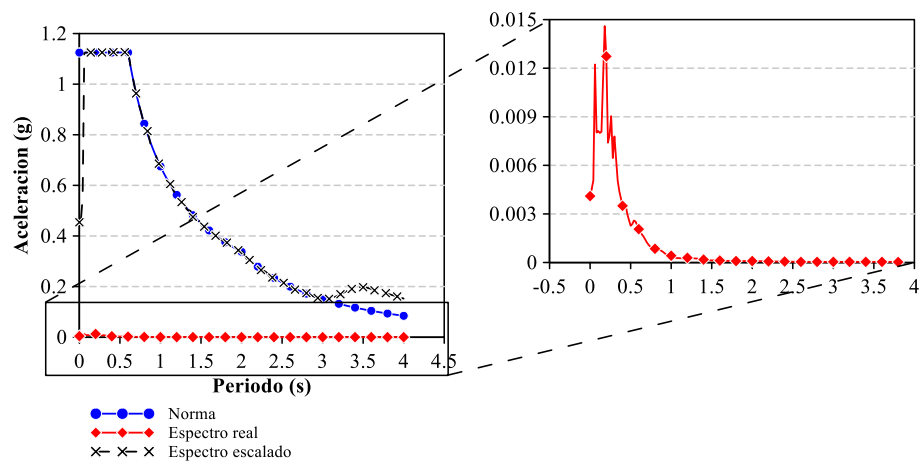


Figura 57: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Lagunas (Iquitos) EW.

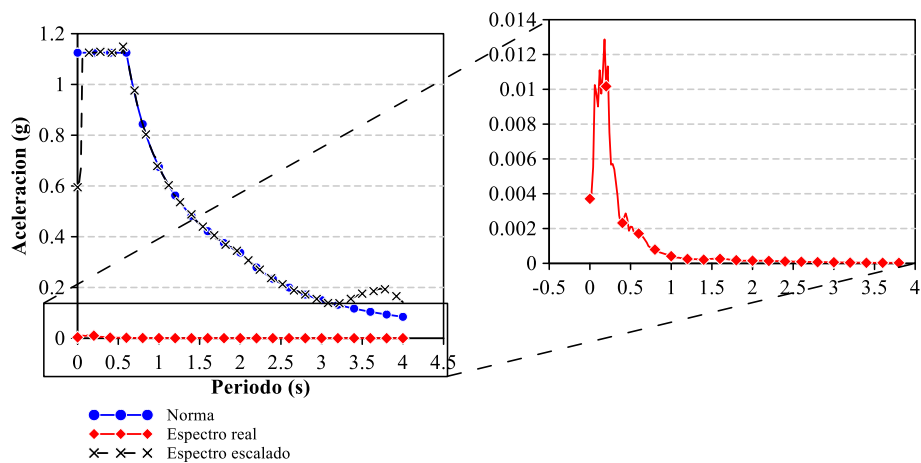


Figura 58: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Lagunas (Iquitos) NS.

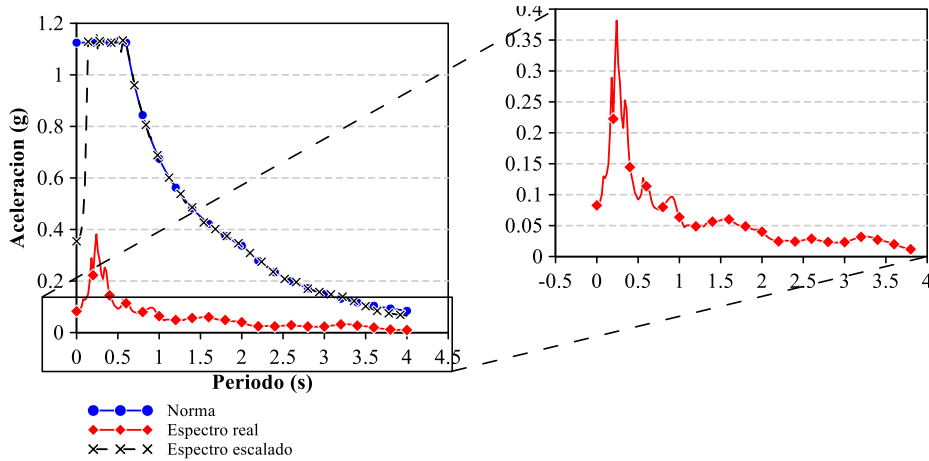


Figura 59: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Puno EW.

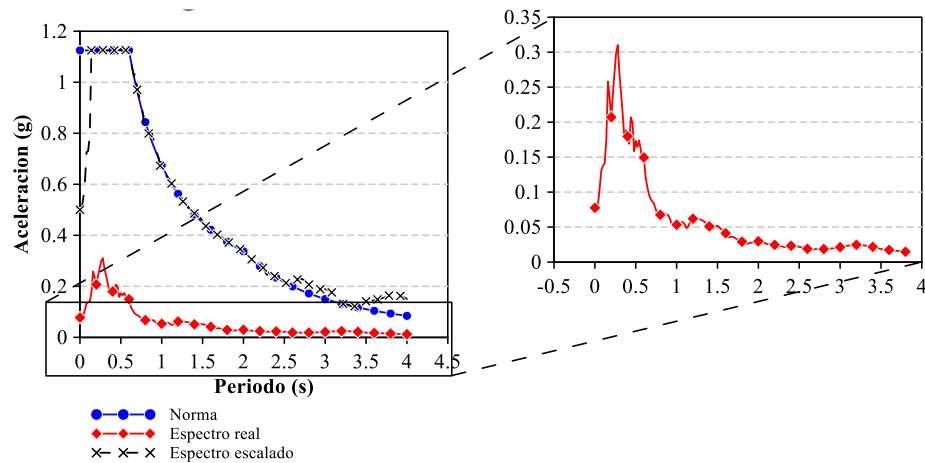


Figura 60: Comparación Espectro Escalado, Normativo y Real de Puno NS.

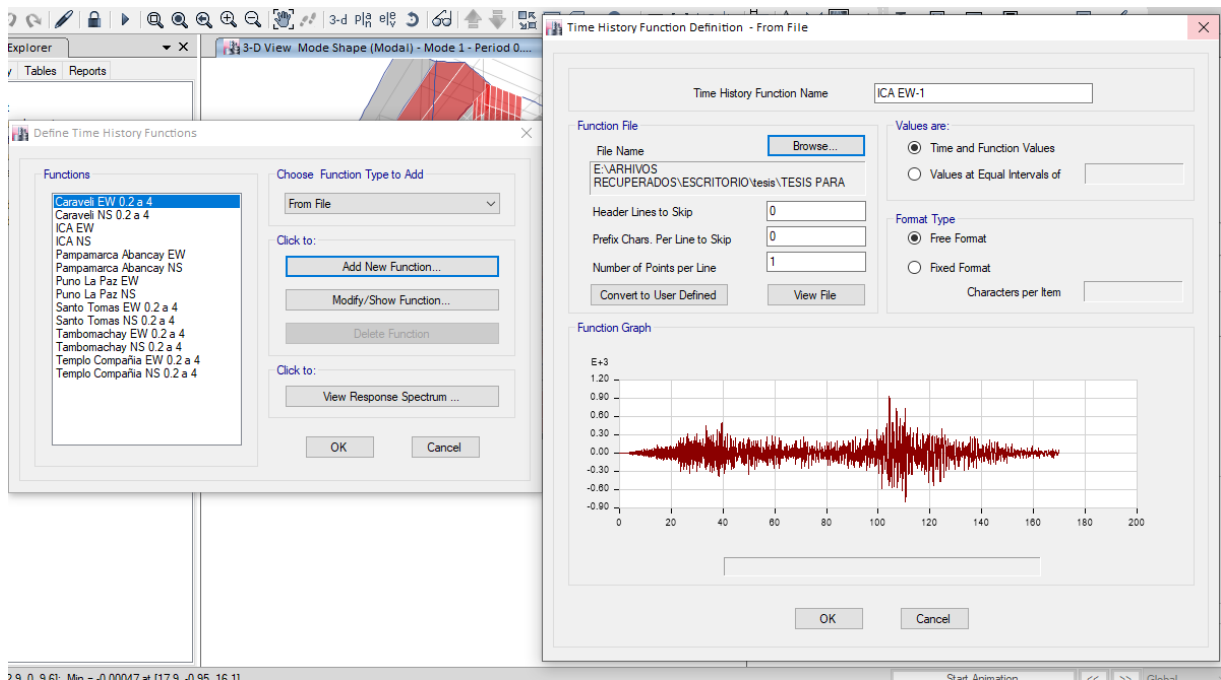


Figura 61: Sismos Escalados Subidos al software (ETABS 17)

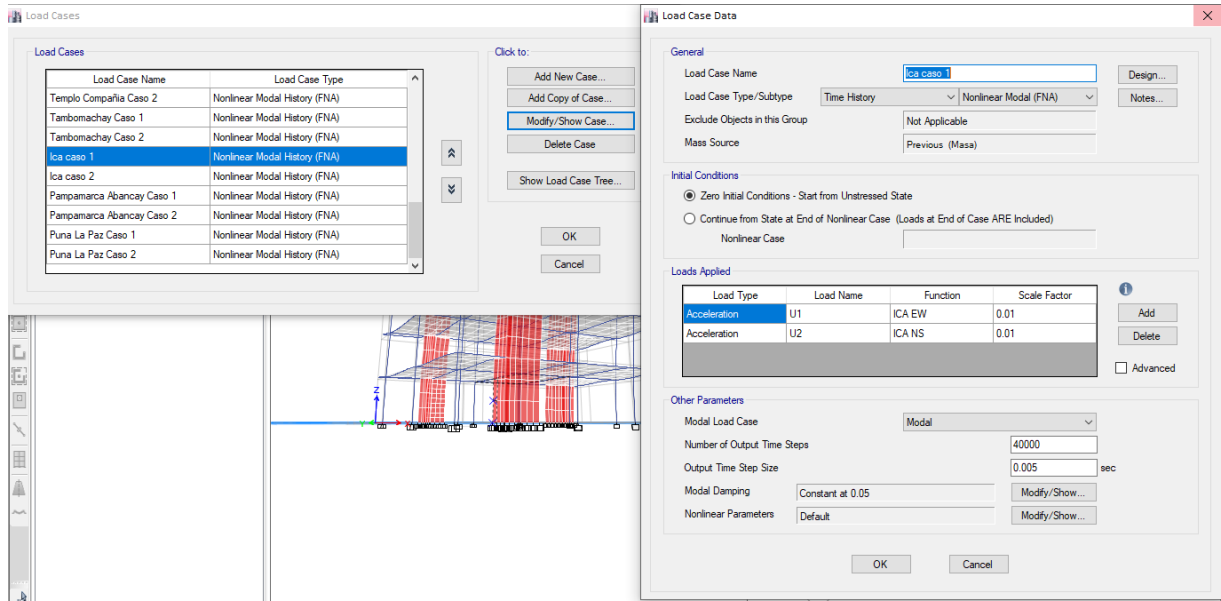


Figura 62: Análisis T.H. Con Sismos escalados

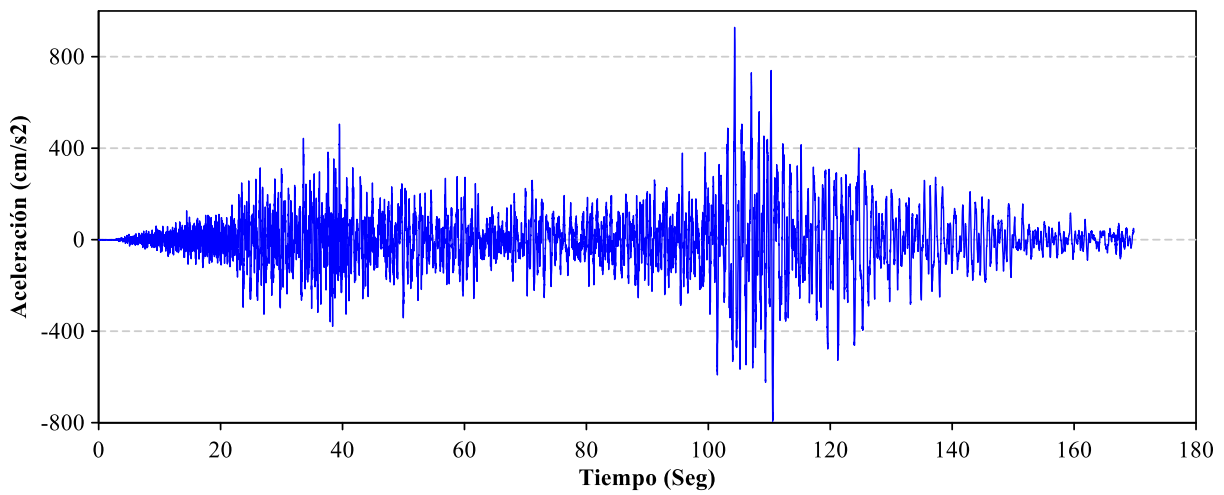


Figura 63: Acelerograma Ica EW

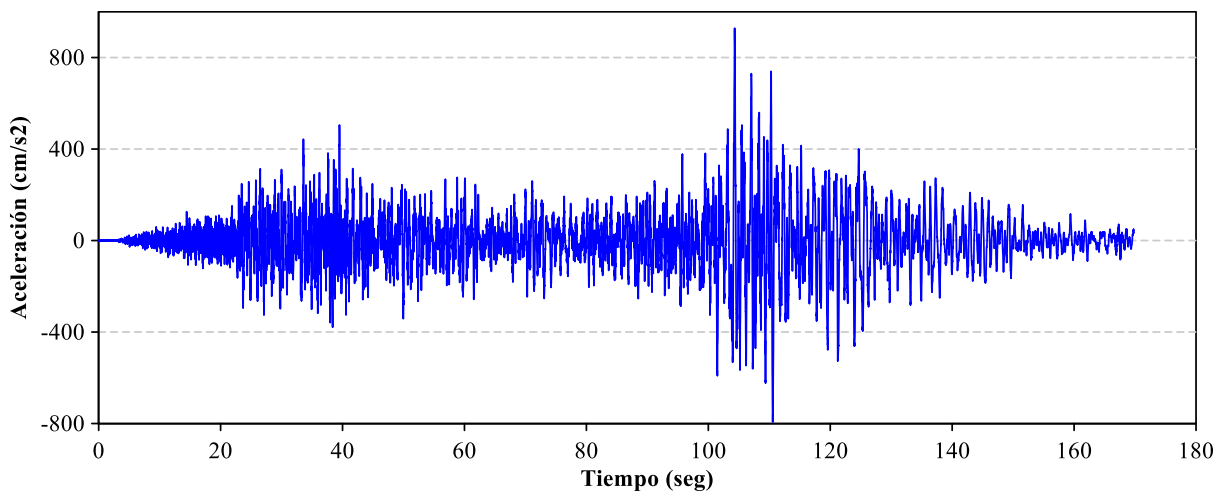


Figura 64: Acelerograma Ica NS

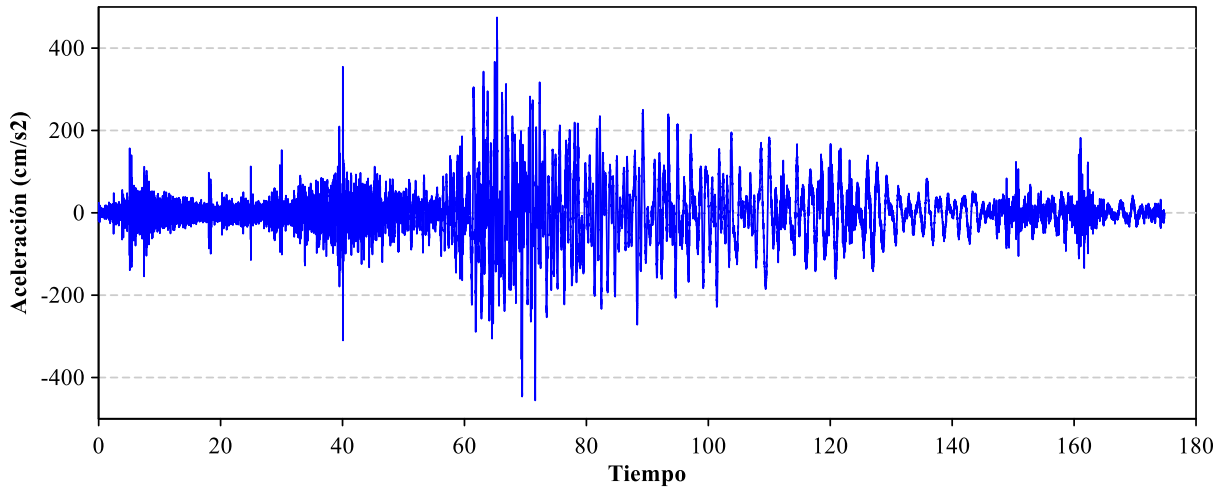


Figura 65: Acelerograma Caraveli EW

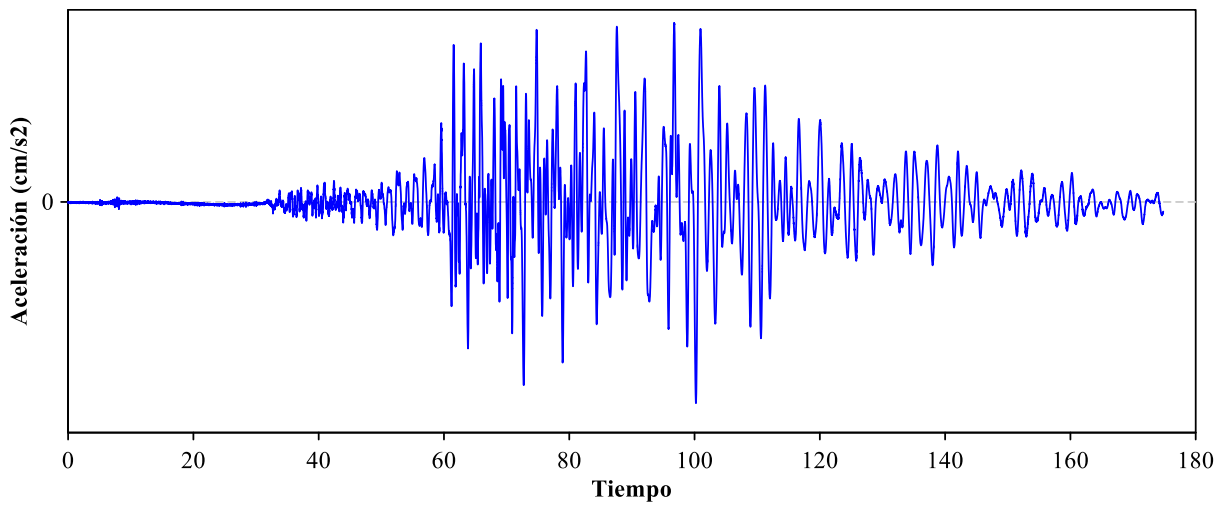


Figura 66: Acelerograma Caraveli NS

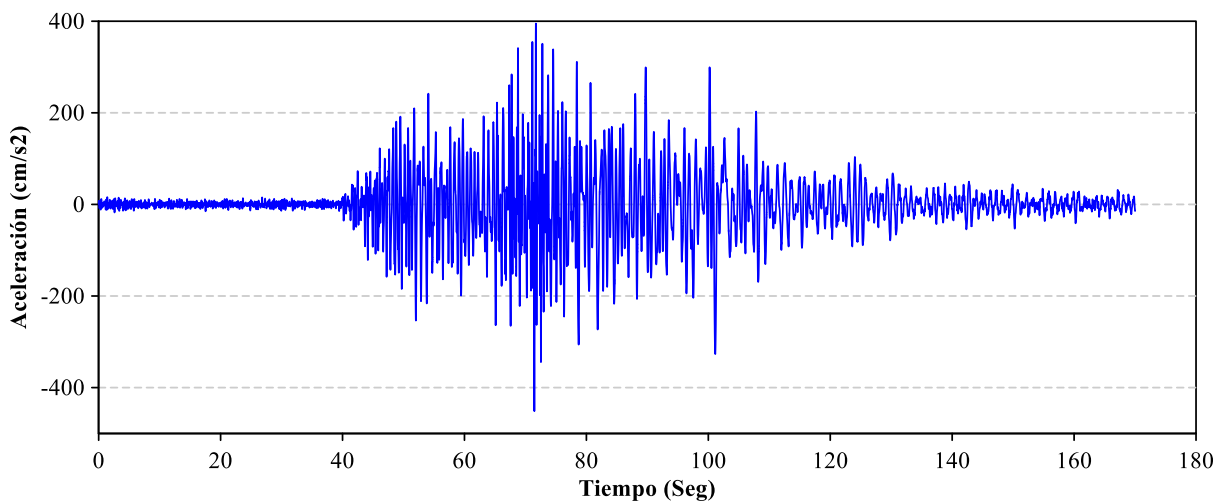


Figura 67: Acelerograma Pampamarca EW

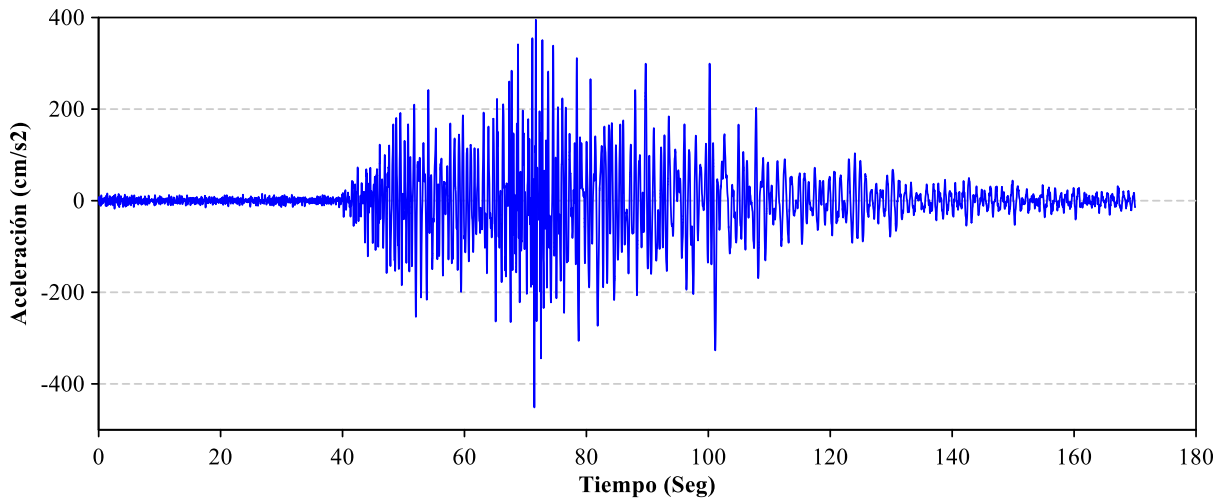


Figura 68: Acelerograma Pampamarca NS

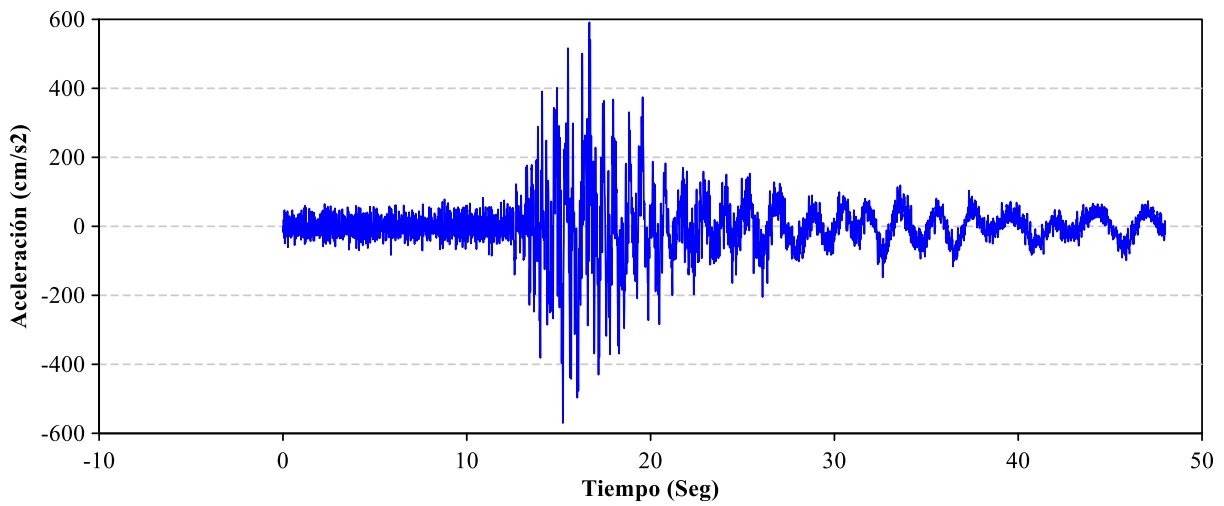


Figura 69: Acelerograma Puno- La Paz EW

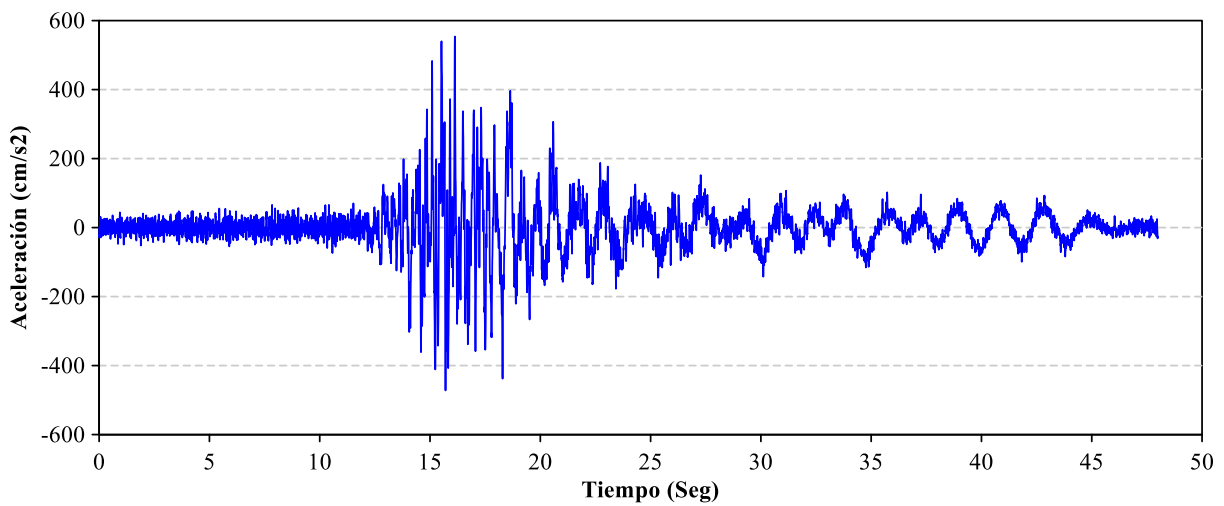


Figura 70: Acelerograma Puno- La Paz NS

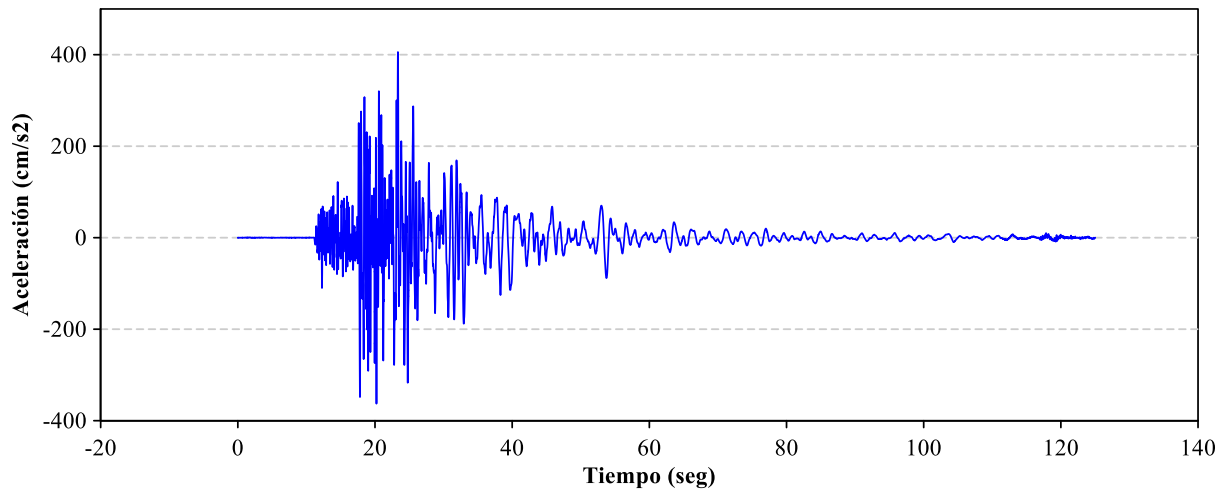


Figura 71: Acelerograma Santo Tomás EW

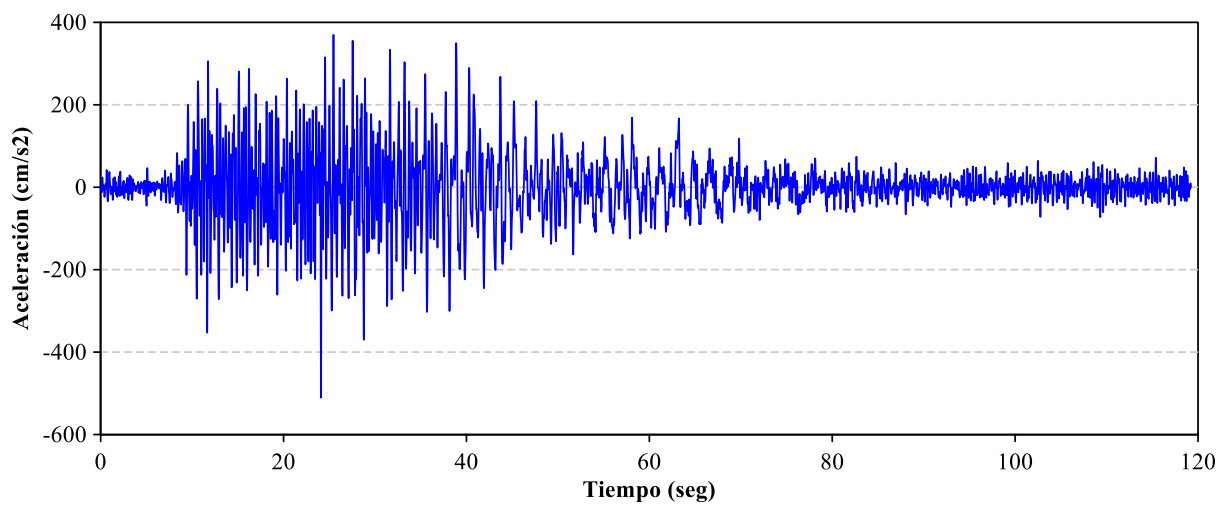


Figura 72: Acelerograma Santo Tomás NS

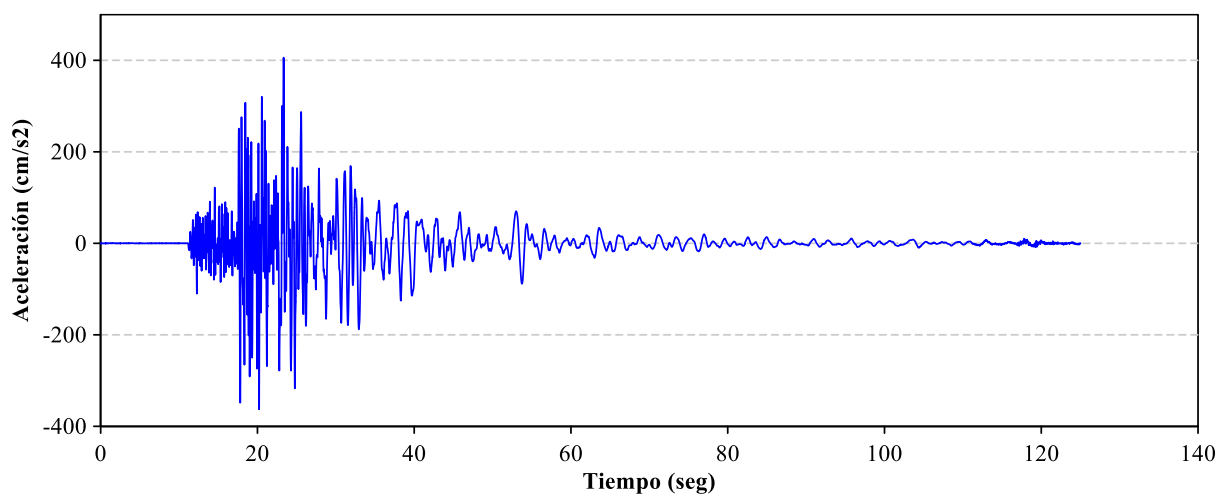


Figura 73: Acelerograma Tambomachay EW

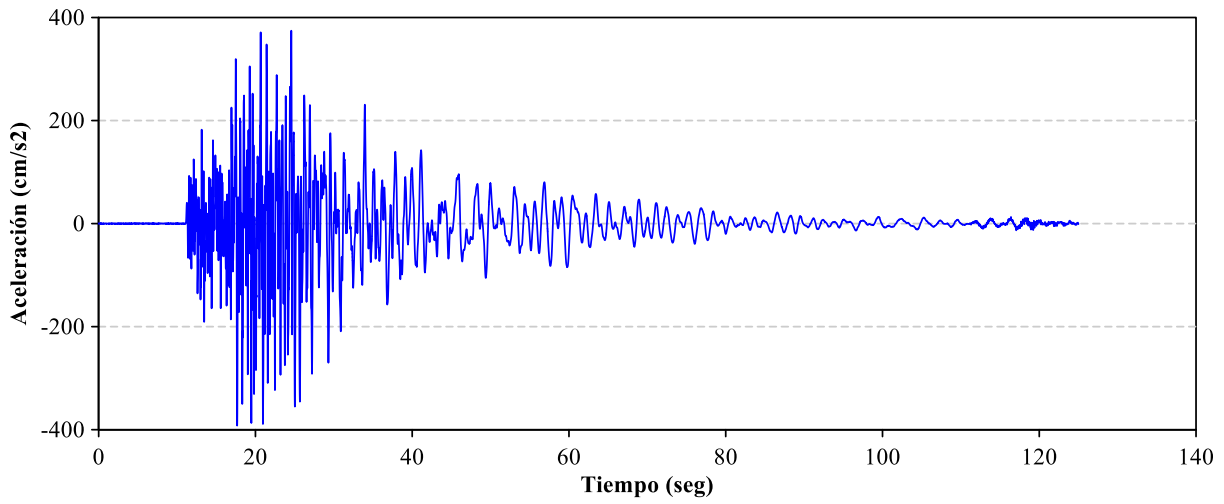


Figura 74: Acelerograma Tambomachay NS

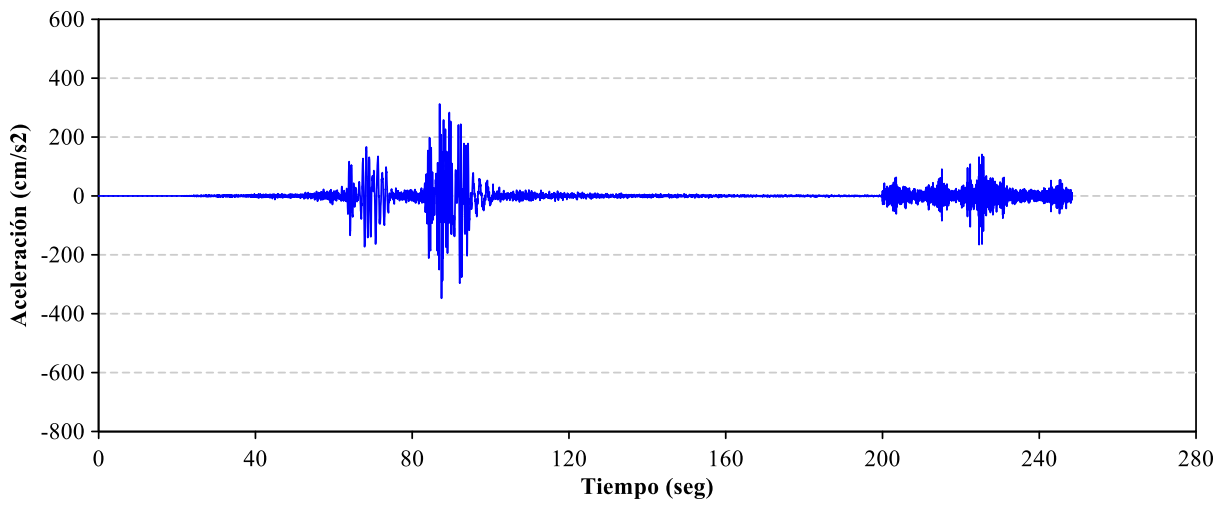


Figura 75: Acelerograma Lagunas EW

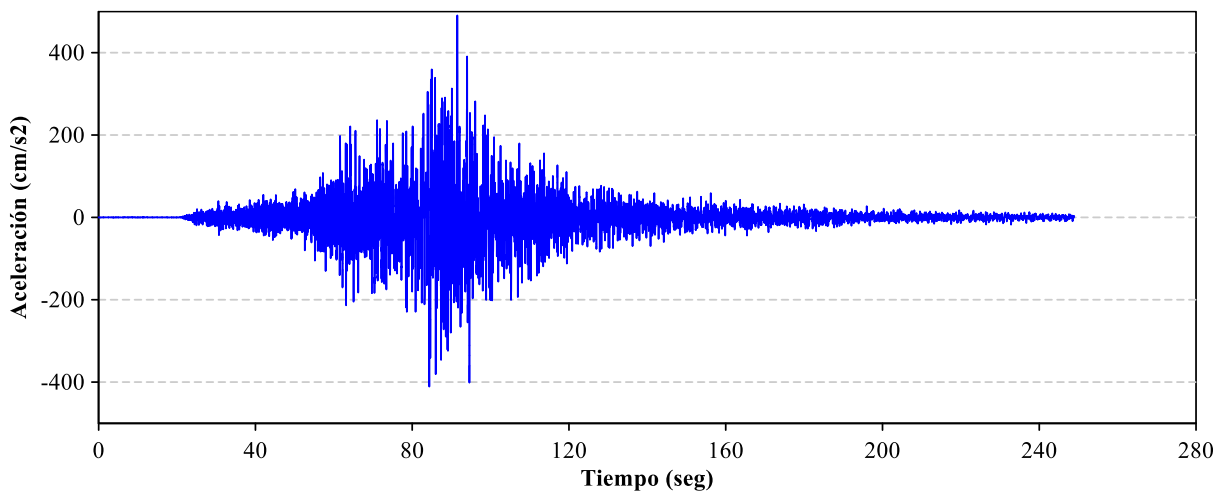


Figura 76: Acelerograma Lagunas NS

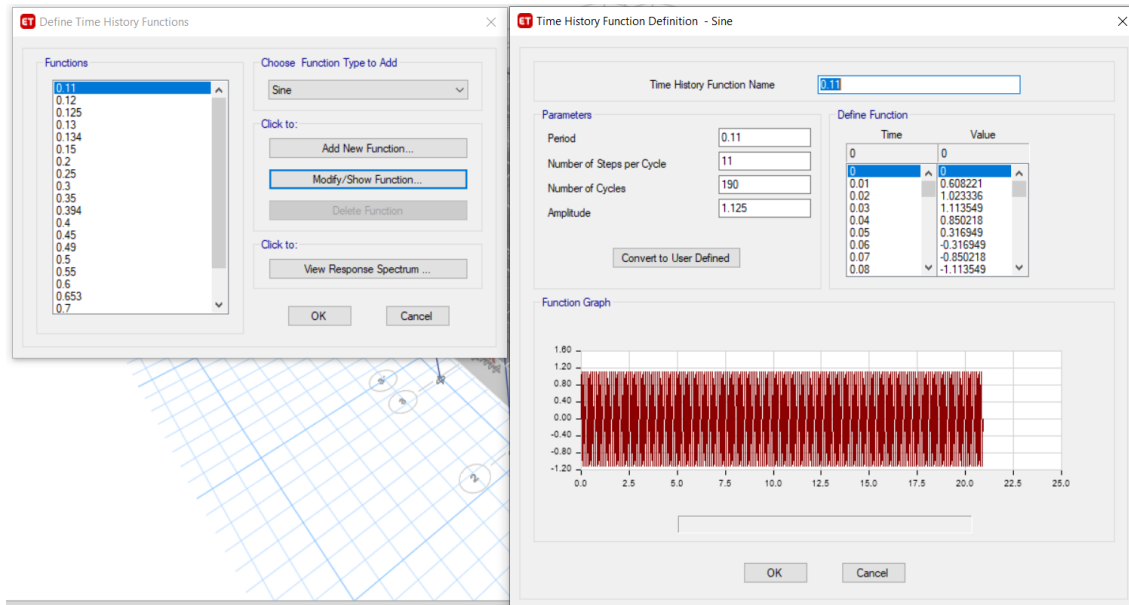


Figura 77: Excitaciones armónicas con amplitud de 1.125g con diferente Periodo (ETABS 17)

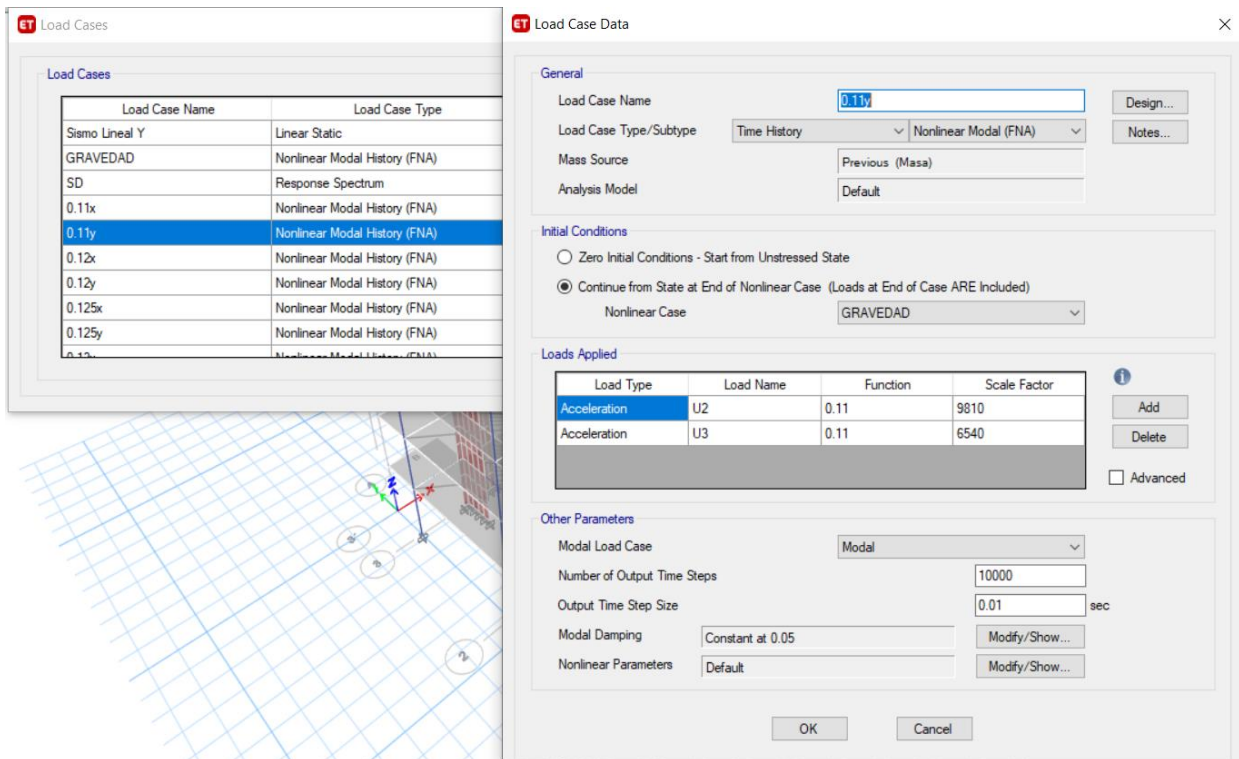


Figura 78: Análisis T.H. para las funciones armónicas (ETABS 17)



6.5. Definición de Casos para utilizar

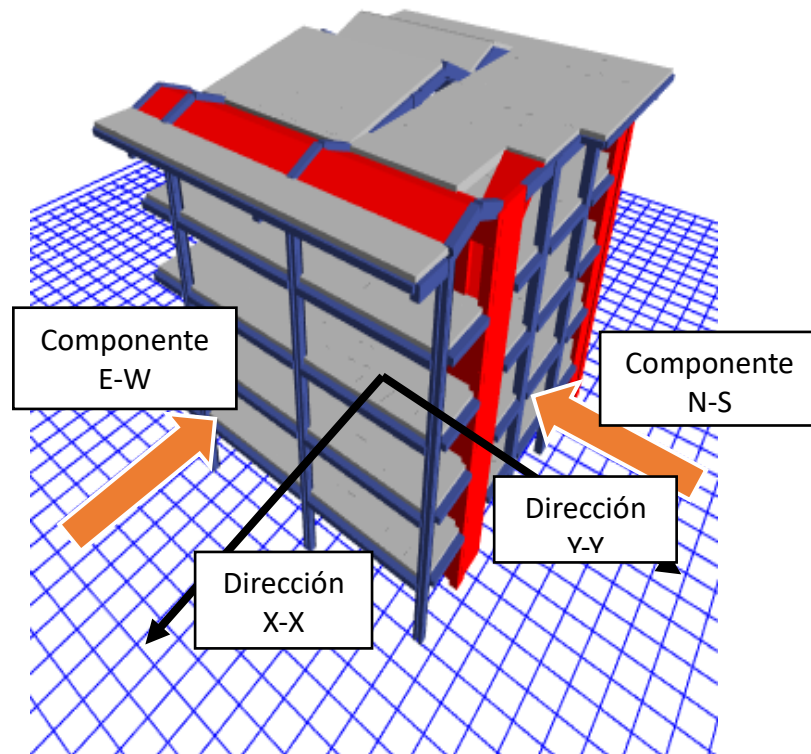


Figura 79: Modelo en 3D de la dirección de los sismos caso 1

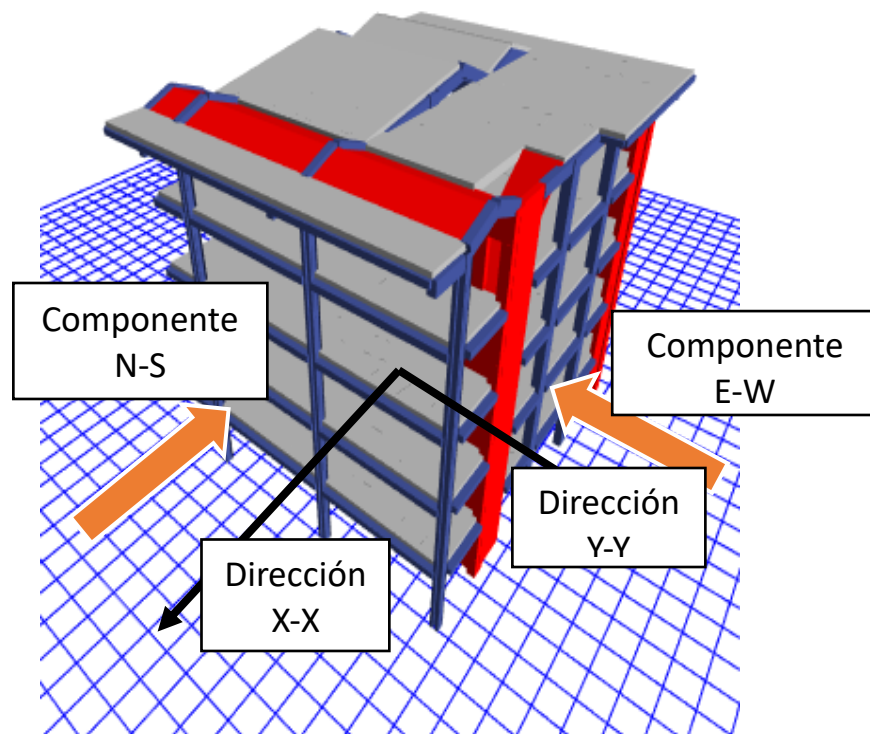


Figura 80: Modelo en 3D de la dirección de los sismos caso 2

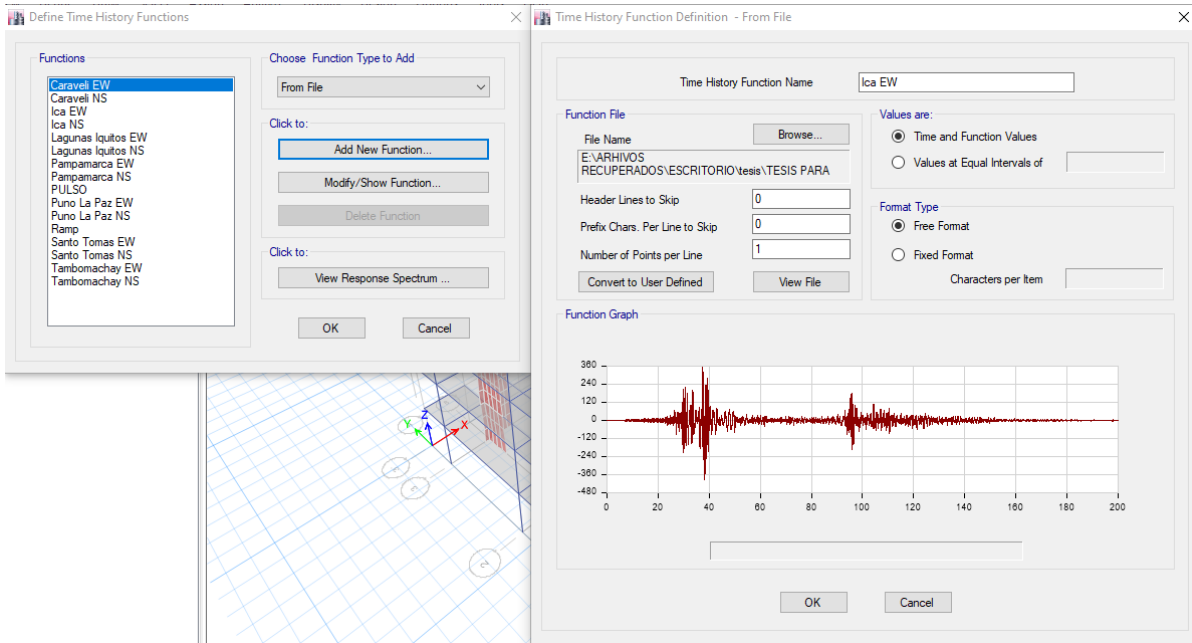


Figura 81: Funciones T.H. (ETABS 17)

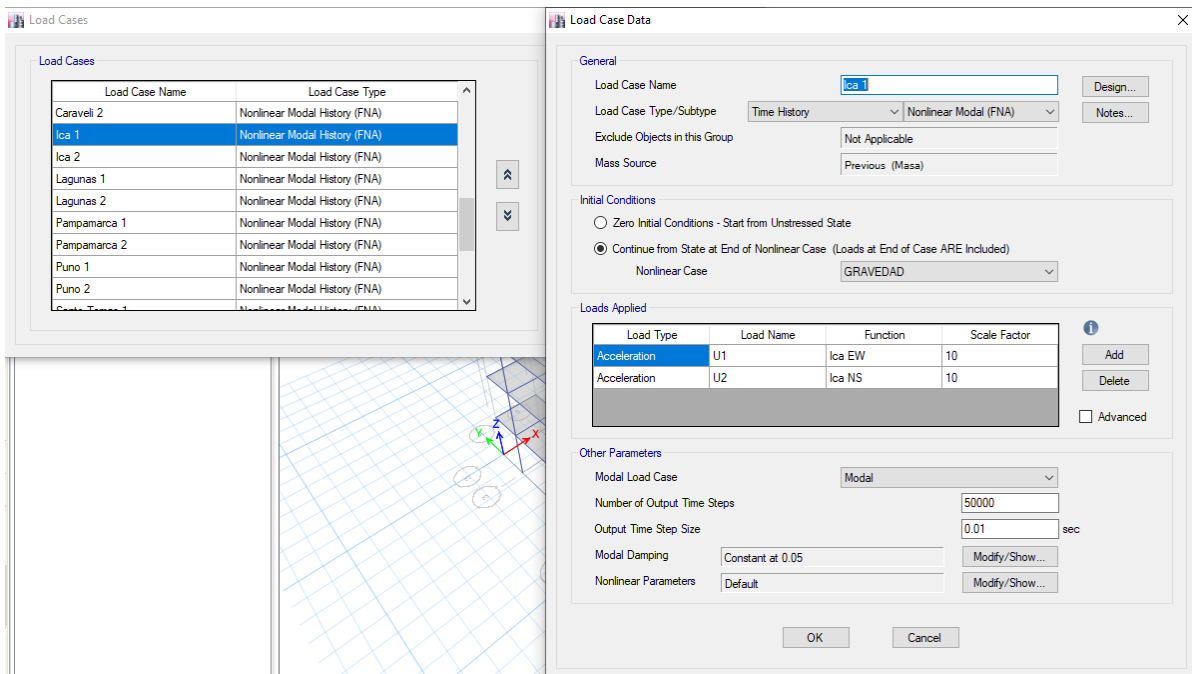


Figura 82: Análisis FNA Tiempo Historia (ETABS 17)

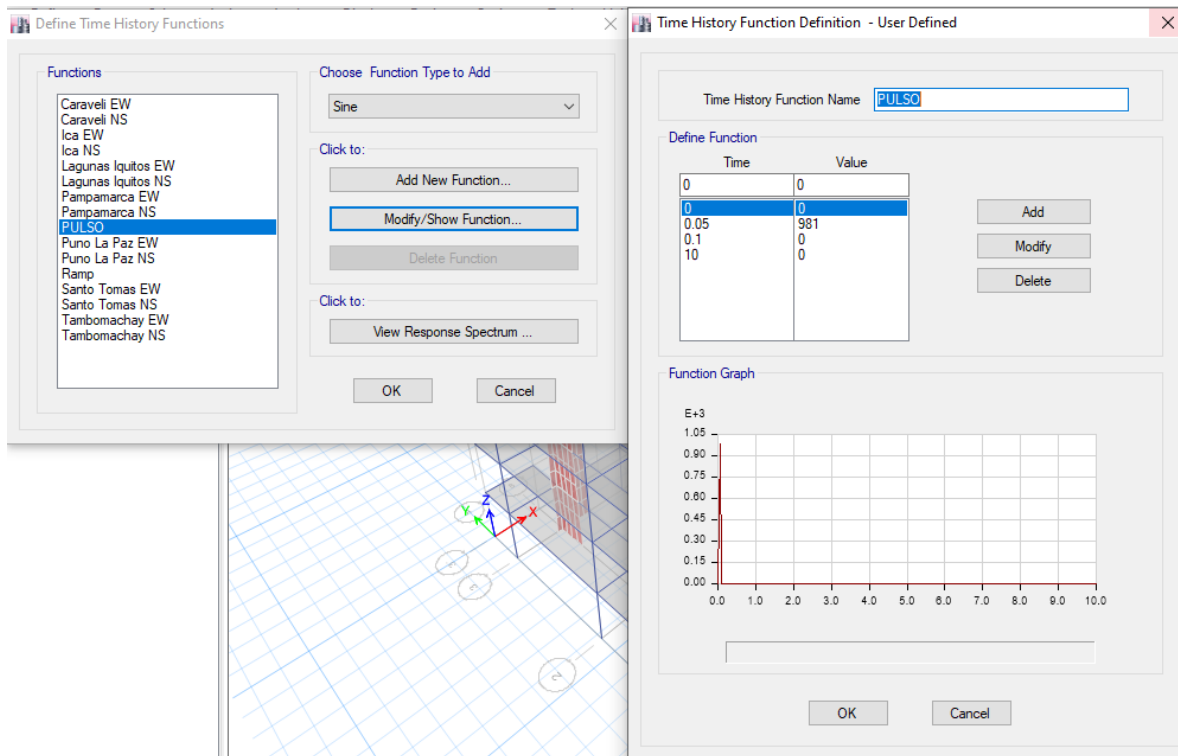


Figura 83: Definimos la función pulso en el T.H (ETABS 17)

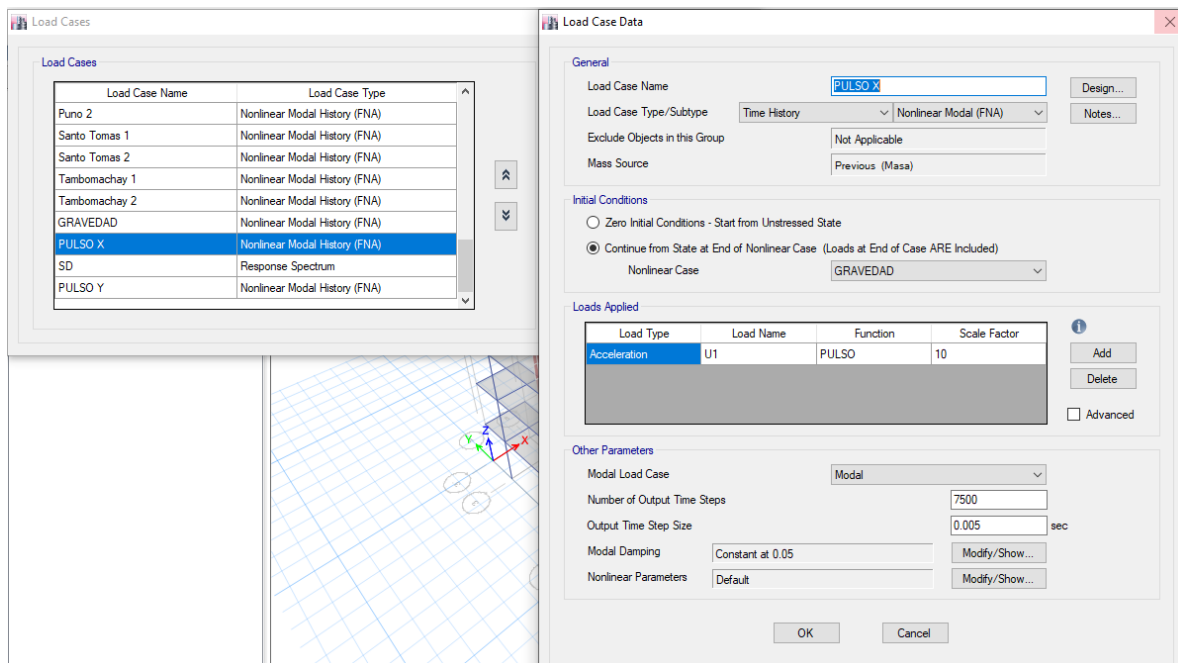


Figura 84: Análisis FNA Pulso (ETABS 17)

6.6. Diseño De Aisladores Elastoméricos

Paso N° 01: Determinar el nivel del sismo

$$\frac{Z}{Z_{MCE}} = \frac{0.25}{0.375}$$



Paso N° 02: Tendremos en cuenta las consideraciones iniciales

$$T_M = 1.5 \text{ seg o } 3 \text{ TESTRUCTURA FIJA A LA BASE}$$

$$T_M = 2.878$$

Se considera un amortiguamiento efectivo inicial para el máximo desplazamiento igual a $\beta_M = 15\%$

$$\beta_M = 15.00 \%$$

Se utiliza la siguiente tabla de la norma ASCE, (2016)

Tabla 18

Factor de amortiguamiento B_M

Sísmico Diseño Categoría	Características estructurales
Amortiguamiento efectivo (en porcentaje del amortiguamiento crítico)	Factor B_M
≤ 2	0.8
5	1
10	1.2
15	1.35
20	1.5
30	1.7
≥ 40	1.9

Teniendo como resultado para B_M

$$B_M = 1.35$$

Paso N° 03: calculamos los desplazamientos máximos laterales

Remplazando nuestros valores en la Ec. (68) Tendremos:

$$S_{aM} = 3.68 \text{ m/s}^2$$

Entonces calcularemos D_M con la Ec. (67)

$$D_M = 0.984 \text{ m}$$

$$D_M = 893.944 \text{ mm}$$

Paso N° 04 Calculamos el desplazamiento total

Calculando r_a (Radio de Giro del Sistema) en la Ec. (71) Tendremos:

$$r_a = 1.71$$



Con este dato podremos calcular P_T reemplazando en la Ec. (70)

Teniendo en cuenta que trabajaremos con 15 aisladores.

$$P_T = 9916.00$$

Tabla 19

Coordenadas de la ubicación de los aisladores en la base de la edificación.

Aislador	X	Y	XM	YM	Xi (mm)	Yi (mm)	Xi 2(mm)	Yi 2(mm)
1-A	0.0E+00	-1.5E+01	-7.5E+00	-8.7E+00	7.5E+03	-6.3E+03	5.7E+07	4.0E+07
1-B	2.9E+00	-1.5E+01	-7.5E+00	-8.7E+00	1.0E+04	-6.3E+03	1.1E+08	4.0E+07
1-C	7.2E+00	-1.5E+01	-7.5E+00	-8.7E+00	1.5E+04	-6.3E+03	2.2E+08	4.0E+07
1-D	1.2E+01	-1.5E+01	-7.5E+00	-8.7E+00	1.9E+04	-6.3E+03	3.6E+08	4.0E+07
1-E	1.6E+01	-1.5E+01	-7.5E+00	-8.7E+00	2.4E+04	-6.3E+03	5.5E+08	4.0E+07
2-A	0.0E+00	-8.9E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	7.5E+03	-2.0E+02	5.7E+07	4.0E+04
2-B	2.9E+00	-8.9E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	1.0E+04	-2.0E+02	1.1E+08	4.0E+04
2-C	7.2E+00	-8.9E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	1.5E+04	-2.0E+02	2.2E+08	4.0E+04
2-D	1.2E+01	-8.9E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	1.9E+04	-2.0E+02	3.6E+08	4.0E+04
2-E	1.6E+01	-8.9E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	2.4E+04	-2.0E+02	5.5E+08	4.0E+04
3-A	0.0E+00	-2.2E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	7.5E+03	6.5E+03	5.7E+07	4.2E+07
3-B	2.9E+00	-2.2E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	1.0E+04	6.5E+03	1.1E+08	4.2E+07
3-C	7.2E+00	-2.2E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	1.5E+04	6.5E+03	2.2E+08	4.2E+07
3-D	1.2E+01	-2.2E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	1.9E+04	6.5E+03	3.6E+08	4.2E+07
3-E	1.6E+01	-2.2E+00	-7.5E+00	-8.7E+00	2.4E+04	6.5E+03	5.5E+08	4.2E+07
							3.9E+09	4.1E+08

Tabla 20

Tamaño total de la estructura en planta y ubicación Centro de Masa para Aisladores

Dirección X			Dirección Y		
y=	7.4713	m	y=	4.6563	m
e=	0.8	m	e=	0.64	m
d=	12.8	m	d=	12.8	m
b=	16	m	b=	16	m
$D_{TM} =$	0.894	m	$D_{TM} =$	0.894	m
$D_{TM} =$	893.944	mm	$D_{TM} =$	893.944	mm

Determinamos D_{TM} con la Ec.(72)

$$D_{TM} = 0.894 \text{ m}$$

Paso N° 05 Cálculo del diámetro del aislador (utilizaremos la opción 2 Ec.(74))

$$D_I = 681.393 \text{ mm}$$



$$D_1 = 700 \text{ mm (redondeo)}$$

Paso N° 06 Cálculo de la carga axial última utilizando la Ec.(75) obtendremos que

$$P_{u \text{ max}} = 297.479 \text{ Tn}$$

Tomando en cuenta la resistencia máxima axial del catálogo, determinaremos el Área del aislador con la E.(76).

$$\frac{\text{Área} = 502654.8246 \text{ mm}^2}{\text{Área} = 0.50265 \text{ m}^2}$$

Paso N° 07: Identificamos el tipo de aislador (nos apoyamos en el catálogo DIS)



Tabla 21

Catalogo Dynamic Isolation Systems (DIS)

TAMAÑO DEL DISPOSITIVO				DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE						PROPIEDADES DE DISEÑO			Desplazamiento Máximo Dmax(mm)	Capacidad Carga Axial Pmax(Tn)
Diámetro Aislado D1 (cm)	Altura Aislador H (mm)	Número de capas de caucho, N	Diámetro del plomo DL (mm)	L (m)	t (m)	Cantidad de orificios	Orificio \varnothing (mm)	A (m)	B (m)	Rígidez Productiva Kd(Tn/mm)	Resistencia Características Qd(Tn)	Rígidez a la compresión Kv(Tn/mm)		
30.5	125 - 280	4 - 14	0 - 100	355	25	4	27	50	-	0.02 - 0.09	0 - 6.63	> 5.1	150	45.92
35.5	150 - 305	5 - 16	0 - 100	205	25	4	27	50	-	0.02 - 0.12	0 - 6.63	> 10.2	150	71.43
40.5	175 - 330	6 - 20	0 - 125	455	25	4	27	50	-	0.03 - 0.16	0 - 11.22	> 10.2	200	91.84
45.5	175 - 355	6 - 20	0 - 125	510	25	4	27	50	-	0.03 - 0.2	0 - 11.22	> 10.2	250	117.35
52.0	205 - 380	8 - 24	0 - 180	570	25	8	27	50	50	0.04 - 0.23	0 - 18.37	> 20.41	300	137.76
57.0	205 - 380	8 - 24	0 - 180	620	25	8	27	50	50	0.05 - 0.29	0 - 18.37	> 51.02	360	183.67
65.5	205 - 380	8 - 24	0 - 205	700	32	8	27	50	50	0.05 - 0.36	0 - 22.45	> 71.43	410	275.51
70.0	205 - 380	8 - 30	0 - 205	750	32	8	33	65	7	0.05 - 0.43	0 - 22.45	> 81.63	460	316.33
75.0	230 - 455	8 - 30	0 - 230	800	32	8	33	65	75	0.07 - 0.48	0 - 27.04	> 91.84	460	367.35
80.0	230 - 510	8 - 33	0 - 230	850	32	8	33	65	75	0.07 - 0.54	0 - 27.04	> 102.04	510	408.16



85.0	230 - 535	8 - 35	0 - 255	900	38	12	33	65	95	0.07 - 0.62	0 - 36.22	> 122.45	560	500.00
90.0	255 - 560	9 - 37	0 - 255	955	38	12	33	65	95	0.07 - 0.62	0 - 36.22	> 142.86	560	591.84
95.0	255 - 585	10 - 40	0 - 280	100 5	38	12	33	65	95	0.07 - 0.62	0 - 50	> 183.67	610	683.67
100	280 - 635	11 - 40	0 - 280	105 5	38	12	40	75	115	0.08 - 0.64	0 - 50	> 193.88	660	775.51
105	305 - 660	12 - 45	0 - 305	110 5	44	12	40	75	115	0.09 - 0.64	0 - 59.18	> 214.29	710	867.35
116	330 - 760	14 - 45	0 - 330	120 5	44	12	40	75	115	0.11 - 0.66	0 - 67.86	> 285.71	760	1408.16
126	355 - 760	16 - 45	0 - 355	133 5	44	16	40	75	115	0.12 - 0.68	0 - 77.04	> 377.55	810	2091.84
136	405 - 760	18 - 45	0 - 380	143 5	51	16	40	75	115	0.14 - 0.71	0 - 90.82	> 520.41	860	2816.33
145	430 - 760	20 - 45	0 - 405	152 5	51	20	40	75	115	0.16 - 0.73	0 - 104.59	> 540.82	910	3408.16
155	455 - 760	22 - 45	0 - 405	162 5	51	20	40	75	115	0.18 - 0.76	0 - 104.59	> 663.27	910	4081.63



Se calcula Q_d según la Ec.(77)

$W=$	178.19	T
$Q_d=$	5.35	T

Paso N° 08 Cálculo el diámetro de Núcleo de plomo usaremos la Ec.(78), trabajando con $\sigma_y=10$
MPA=1019,71 T/m²

$F_y=$	5.88	T
$A_{plomo}=$	0.01	m ²
$D_L=$	0.086	m
$D_L=$	85.69	mm
$D_L=$	90.00	mm

Recalculamos Q_d y F_y con (79)

$A_{plomo}=$	0.01	m ²
$F_y=$	5.90	T
$Q_d=$	5.36	

Paso N° 09 Cálculo de la altura del aislador

$H_I=$	0.36	m
$H_I=$	357.58	mm

Paso N° 10 Cálculo de K_d ó K_2

$K_d=$	53.67	T/m
--------	-------	-----

Paso N° 11 Cálculo de la Rigidez efectiva (K_{eff})

$K_{eff}=$	59.67	T/m
------------	-------	-----

Paso N° 12 Cálculo del espesor de la plancha de acero

5 mm

Paso N° 13 Cálculo del amortiguamiento efectivo (Beef)

$B_{eff}=$	0.063
$B_{eff}=$	6.32%

Paso N° 14 Cálculo de la rigidez vertical

El valor de $K=2000$ MPA. Se trabajó con 203943,24 T/m²



t=	10.00	mm
S=	20.00	
Ec=	63782.595	T/m ²
A=	0.50	m ²
Kv=	89660.67	T/m

Paso N° 16 Cálculo de la rigidez elástica K_e

K_{eff}=	536.7132832	T/m
------------------------------	-------------	-----

Finalmente obtendremos

Tabla 22

Resumen de las características físicas y mecánicas del aislador

D_1 =	681.39	mm	Diámetro del Aislador
H_1 =	357.58	mm	Altura del Aislador Sin Planchas
K_{eff} =	59.67	T/m	Rigidez Efectiva Lineal
B_{eff} =	0.0632		Amortiguamiento Efectivo lineal
K_e =	536.71		Rigidez no lineal
F_y =	5.88	T	Fuerza de Fluencia
K_d/K_e	0.10		Radio de Rigidez por Fluencia
P_u max	297.48	T	
K_v	89660.67	T/m	Rigidez Vertical Efectiva



6.7. Modelamiento del aislador

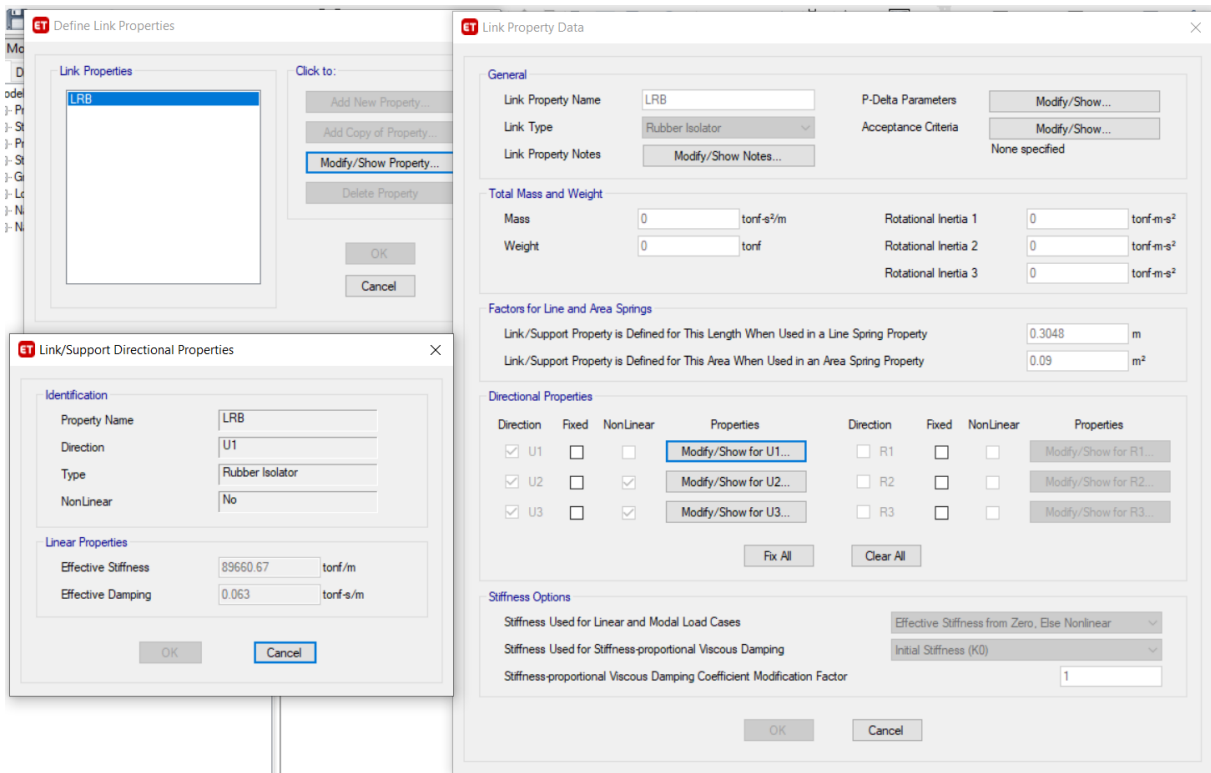


Figura 85: Eje local X, correspondiente al eje Z (ETABS 17).

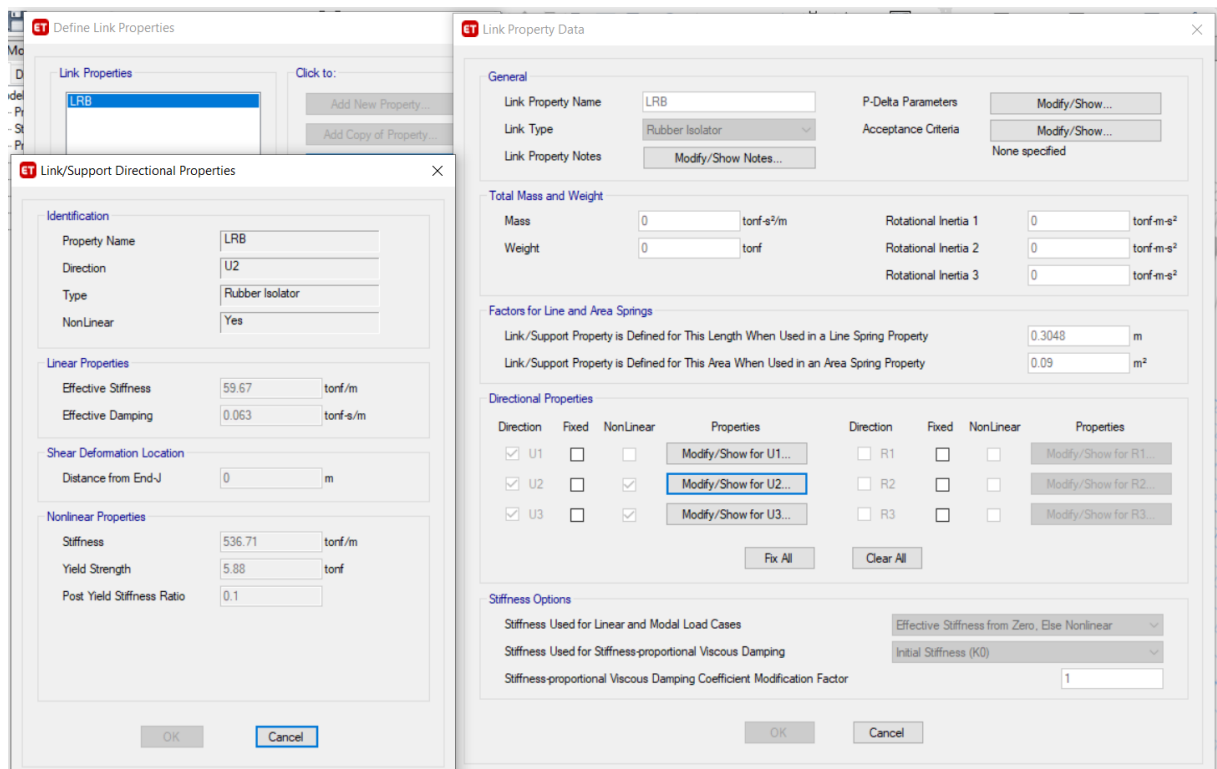


Figura 86: Ejes locales U2 y U3, de los ejes laterales (ETABS 17).

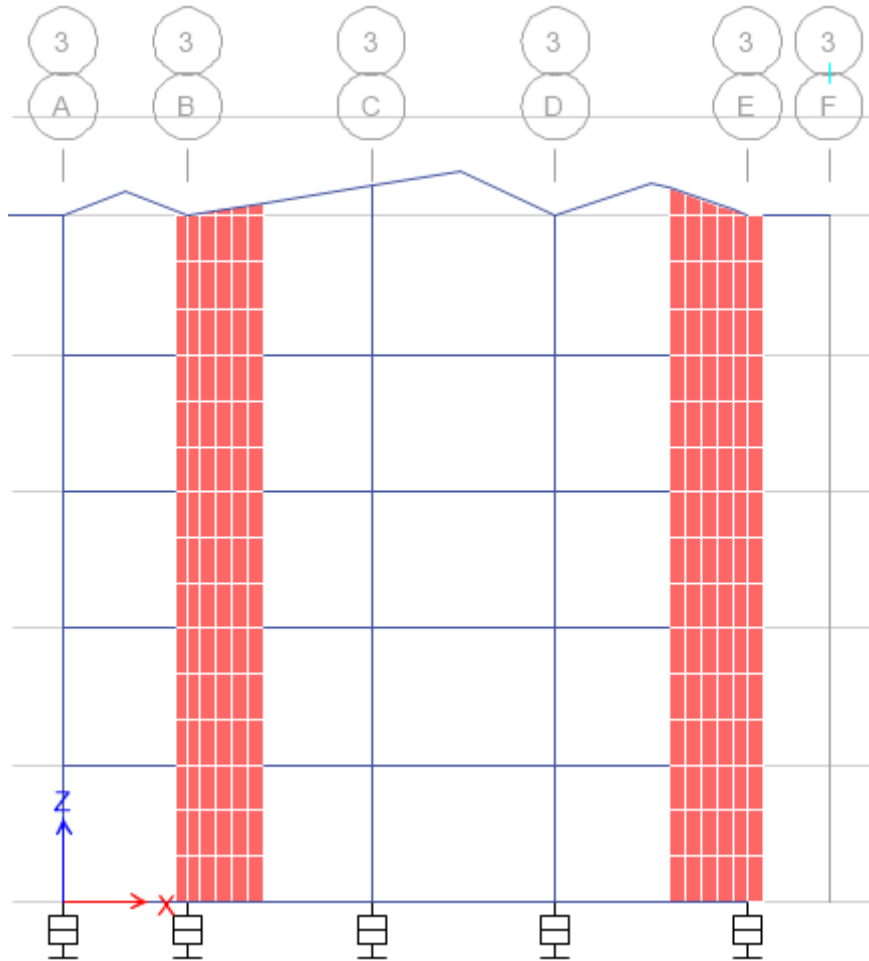


Figura 87: Asignación de los 15 Aisladores (ETABS 17)

6.8. Diseño de los amortiguadores

Tabla 23

Derivas del análisis tiempo-historia.

Deriva Base Aislada

N	Deriva Base Aislada	
	X	Y
N 5	0.0010	0.0027
N 4	0.0013	0.0032
N 3	0.0015	0.0035
N 2	0.0017	0.0037
N 1	0.0016	0.0034
Base	0.0000	0.0000



AMORTIGUAMIENTO EN DIRECCIÓN Y

PASO 1 Calcularemos el factor de reducción

Para el diseño del amortiguador, se empleó la deriva objetivo correspondiente a (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019) que nos permite hasta una distorsión de 0.0035 para el concreto armado.

Utilizaremos los datos arriba mencionados con la Ec. (61).

$$B = 1.047$$

Calcularemos el amortiguamiento inherente con la Ec. (62)

$$\beta_{inh} = 13.942 \%$$

$$\beta_{effx} = 15.935 \%$$

Con estos datos podremos calcular el amortiguamiento viscoso con la Ec. (63).

$$\beta_{Hx} = 1.993 \%$$

$$\beta_{Hx} = 5 \text{ Redondeamos el resultado}$$

PASO 2 Cálculo del brazo rígido Ec. (64)

$$K = 63575.597 \text{ T/m}$$

PASO 3 Cálculo del coeficiente de amortiguamiento Ec. (65)

$$\alpha = 0.5$$

$$\lambda = 3.5$$

Cuyas masas por piso son

NIVEL	MASA (T.S2/m)
Nivel 5	28.986
Nivel 4	26.897
Nivel 3	26.394
Nivel 2	25.870
Nivel 1	26.926



Base | 32.884

$C_j = 575.58$ T.s/m

De los cuales resultan los valores para el modelado:

$N = 4$
 $C_j = 143.90$ T.s/m
 $K = 63575.60$ T/m
 $\alpha = 0.5$

6.9. Modelamiento Del Amortiguador

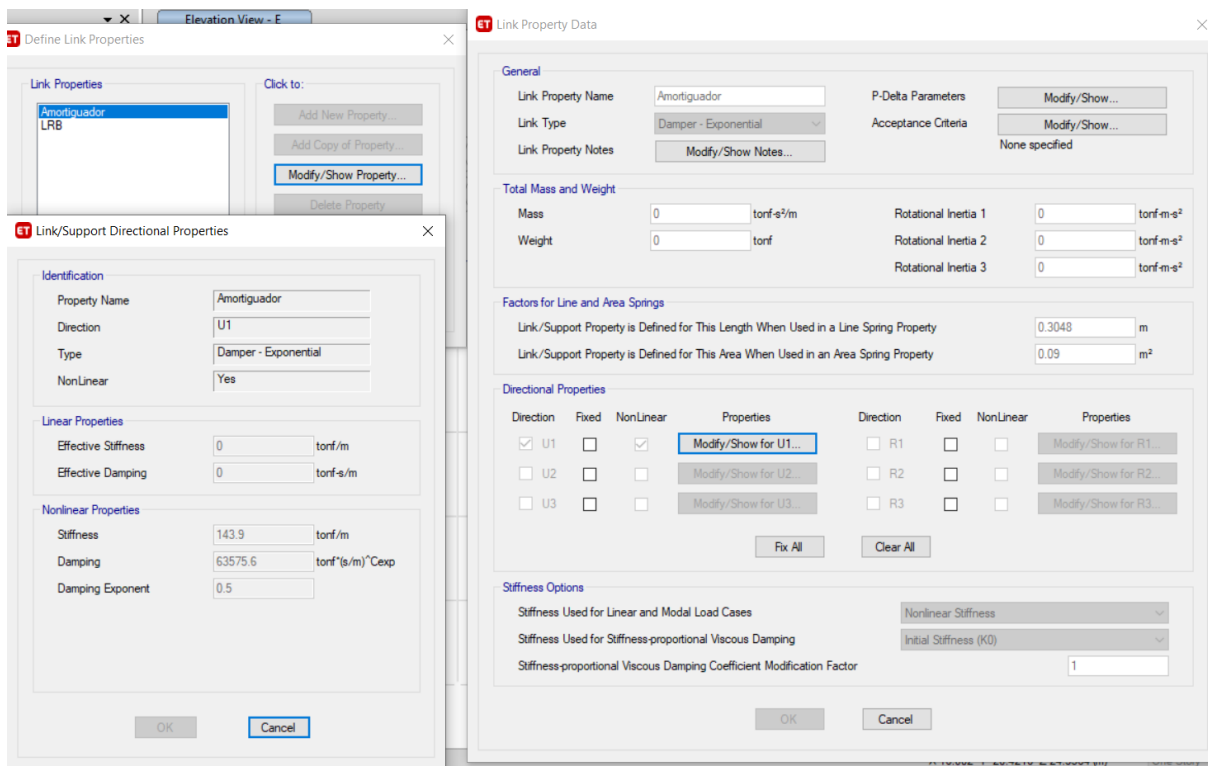


Figura 88: Asignación Propiedades al Amortiguador (ETABS 17)

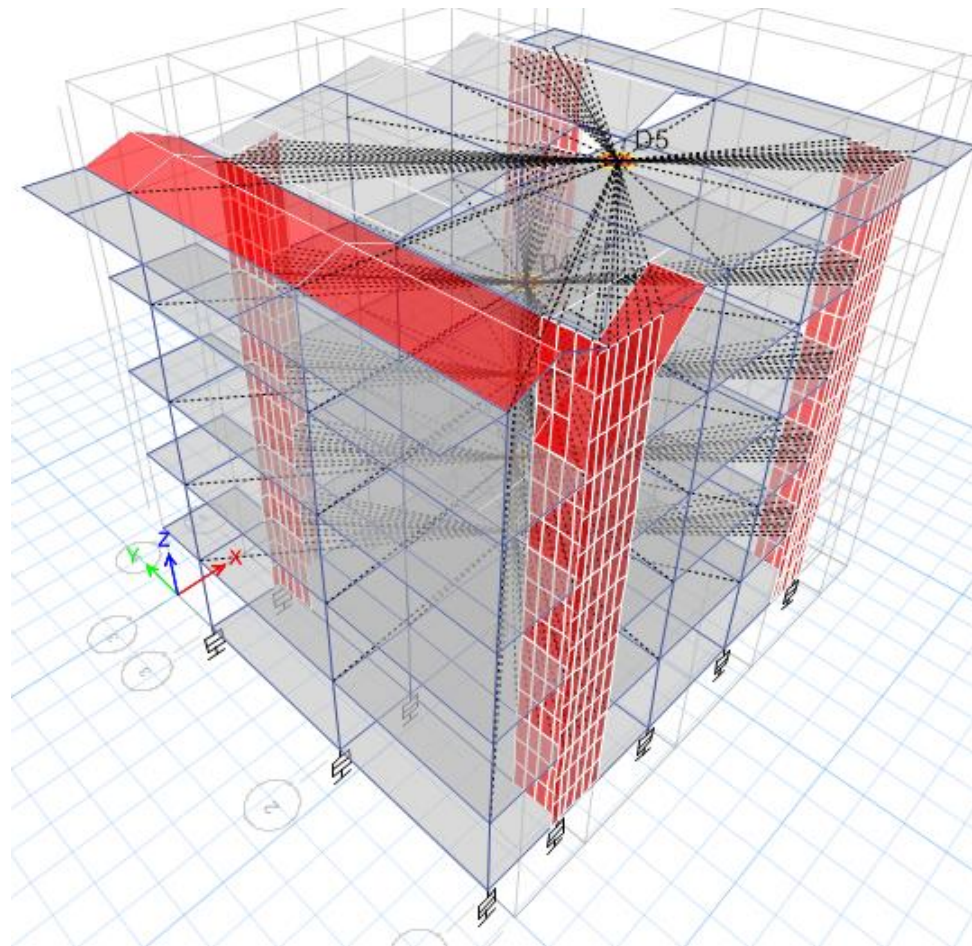


Figura 89: Distribución de los aisladores (LRB) en 3D.



CAPITULO IV: RESULTADOS

1. Análisis Tiempo Historia con Sismos Reales

1.1. Desplazamientos Máximos Relativos y Absolutos

Tabla 24

Comparación Desplazamientos Máximo Relativo.

N	Promedio Caso 1 (mm)									
	Base Fija		Base Aislada				Base Aislada Amortiguada			
	X	Y	X	Y	Reducción		X	Y	Reducción	
				% X	% Y			% X	% Y	
N 5	16.689	30.499	3.259	8.948	80.47	70.66	3.330	11.325	80.05	62.87
N 4	21.548	33.989	4.145	10.325	80.76	69.62	4.070	12.853	81.11	62.19
N 3	23.383	33.770	4.959	11.354	78.79	66.38	4.860	14.290	79.22	57.68
N 2	20.516	27.728	5.435	11.722	73.51	57.72	5.345	14.904	73.95	46.25
N 1	10.341	12.997	5.182	10.978	49.89	15.53	5.111	12.249	50.58	5.76
Base	0.000	0.000	159.165	161.866	0.00	0.00	163.702	147.063	0.00	0.00

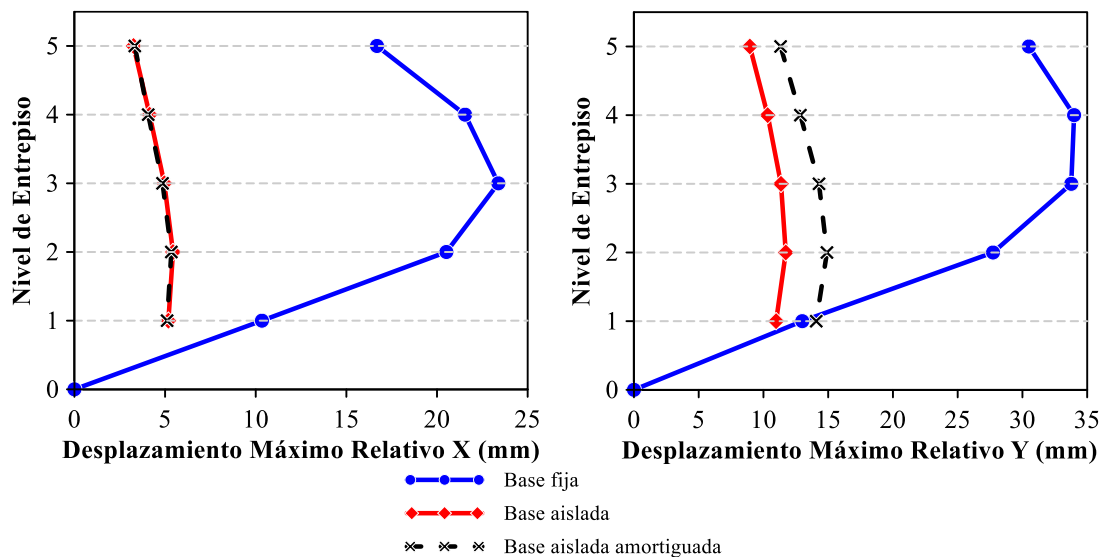


Figura 90: Comparación Desplazamientos Máximos Relativos

La mayor Reducción en los Desplazamientos Relativos para la estructura que utiliza únicamente el Aislador LRB es de 80.76% en el Eje “X” correspondiente al cuarto nivel de entrepiso y de 70.66% en el Eje “Y” correspondiente al quinto nivel de entrepiso; Y en la estructura que utiliza el Aislador LRB complementado con amortiguador de Fluido Viscoso es de 81.11% en el Eje “X” correspondiente al cuarto nivel de entrepiso y de 62.87% en el Eje “Y” correspondiente al quinto nivel de entrepiso. Estos valores fueron obtenidos comparando Desplazamientos Relativos respecto a la estructura de Base Fija.



Tabla 25

Comparación Desplazamientos Máximo Absolutos

N	Promedio Caso 1 (mm)									
	Base Fija		Base Aislada				Base Aislada Amortiguada			
	X	Y	X	Y	Incremento		X	Y	Incremento	
				% X	% Y			% X	% Y	
N. 5	93.201	139.789	179.752	208.435	92.86	49.11	185.356	209.718	98.88	50.02
N 4	75.599	108.379	176.581	196.762	133.58	81.55	181.970	195.885	140.71	80.74
N 3	54.022	74.678	173.008	188.458	220.26	152.36	178.205	184.162	229.88	146.61
N 2	30.671	40.807	168.798	179.422	450.34	339.69	173.791	171.568	466.62	320.44
N 1	10.267	13.006	164.243	170.226	1499.79	1208.80	169.020	158.755	1546.31	1120.61
Base	0.000	0.000	159.165	161.866	0.00	0.00	163.702	147.063	0.00	0.00%

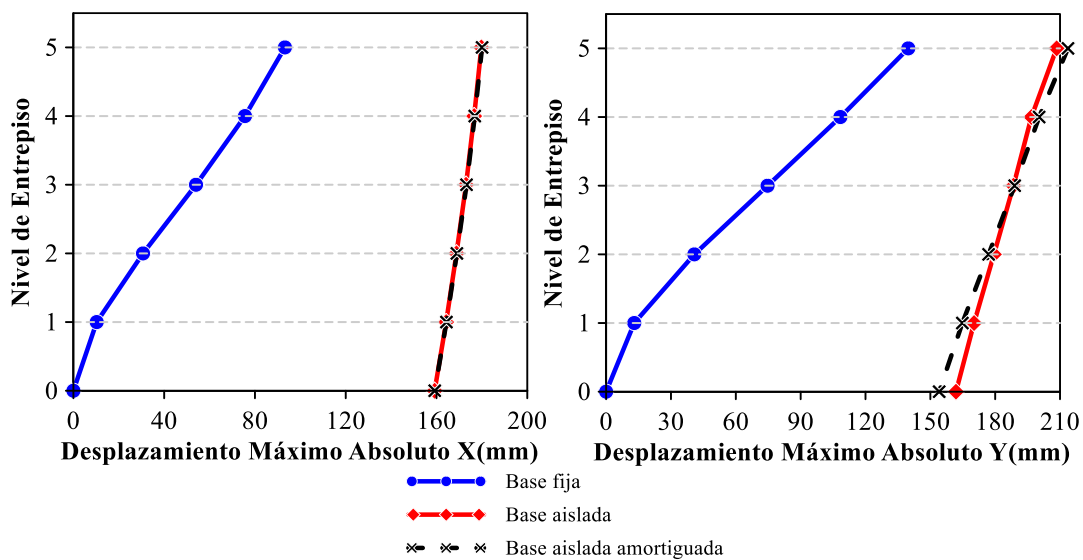


Figura 91: Comparación Desplazamientos máximos Absolutos

El Mayor Incremento en los Desplazamientos Absolutos para la estructura que utiliza únicamente el Aislador LRB es de 1499.79% en el Eje “X” y de 1208.80% en el Eje “Y” correspondiente al primer nivel de entpiso; Y en la estructura que utiliza el Aislador LRB complementado con amortiguador de Fluido Viscoso es de 1546.31% en el Eje “X” y de 1120.61% en el Eje “Y” correspondiente al primer nivel de entpiso. Estos valores fueron obtenidos comparando Desplazamientos Absolutos respecto a la estructura de Base Fija.



1.2. Derivas Máximas de Entrepiso

Tabla 26
Comparación Derivas máximas

N	Promedio Caso 1 (mm)									
	Deriva Base Fija		Base Aislada				Base Aislada Amortiguada			
	X	Y	X	Y	Incremento		X	Y	Incremento	
				% X	% Y			% X	% Y	
N 5	0.0051	0.0092	0.0010	0.0027	80.47	70.66	0.0010	0.0034	80.05	62.87
N 4	0.0067	0.0106	0.0013	0.0032	80.76	69.62	0.0013	0.0040	81.11	62.19
N 3	0.0073	0.0106	0.0015	0.0035	78.79	66.38	0.0015	0.0045	79.22	57.68
N 2	0.0064	0.0087	0.0017	0.0037	73.51	57.72	0.0017	0.0047	73.95	46.25
N 1	0.0032	0.0041	0.0016	0.0034	49.89	15.53	0.0016	0.0038	50.58	5.76
Base	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.00

La mayor Reducción en las Derivas para la estructura que utiliza únicamente el Aislador LRB es de 80.76% en el Eje “X” correspondiente al cuarto nivel de entrepiso y de 70.66% en el Eje “Y” correspondiente al quinto nivel de entrepiso; Y en la estructura que utiliza el Aislador LRB complementado con amortiguador de Fluido Viscoso es de 81.11% en el Eje “X” correspondiente al cuarto nivel de entrepiso y de 62.87% en el Eje “Y” correspondiente al quinto nivel de entrepiso. Estos valores fueron obtenidos comparando Derivas respecto a la estructura de Base Fija.

La norma (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) establece que para estructuras de concreto armado la deriva máxima no debe superar un valor de 0.007 en cada eje de análisis; en este estudio se nota que en la estructura de base fija se

1.3. Aceleraciones Máximas de Entrepiso

Tabla 27
Comparación Aceleraciones Máximas Análisis Tiempo Historia 3 Casos

N	Promedio Caso 1 (m/s ²)									
	Aceleración Base Fija		Aceleración Base Aislada				Base Aislada Amortiguada			
	X	Y	X	Y	Reducción		X	Y	Reducción	
				% X	% Y			% X	% Y	
N 5	15.05	14.05	2.39	3.29	84.10	76.63	2.39	3.59	84.10	74.49
N 4	12.32	10.55	1.91	2.37	84.52	77.55	1.88	2.72	84.70	74.22
N 3	9.00	8.01	1.42	1.64	84.27	79.48	1.41	1.94	84.30	75.78



N 2	6.11	5.90	1.27	1.75	79.16	70.30	1.25	1.97	79.50	66.61
N 1	4.48	4.30	1.75	2.59	60.86	39.82	1.72	2.76	61.64	35.77
Base	0.00	0.00	2.47	3.77	0.00	0.00	2.41	3.92	0.00	0.00

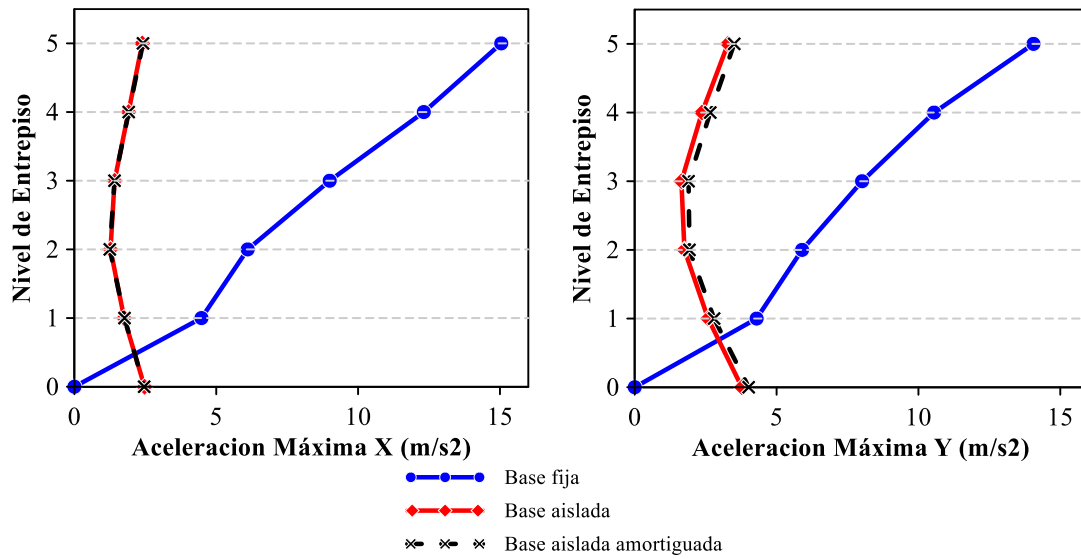


Figura 92

Comparación Aceleraciones máximas

La mayor Reducción en las Aceleraciones máximas para la estructura que utiliza únicamente el Aislador LRB es de 84.52% en el Eje “X” correspondiente al cuarto nivel de entrespiso y de 79.49% en el Eje “Y” correspondiente al tercer nivel de entrespiso; Y en la estructura que utiliza el Aislador LRB complementado con amortiguador de Fluido Viscoso es de 84.70% en el Eje “X” correspondiente al cuarto nivel de entrespiso y de 75.78% en el Eje “Y” correspondiente al tercer nivel de entrespiso. Estos valores fueron obtenidos comparando Aceleraciones respecto a la estructura de Base Fija.

1.4.Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso

Tabla 28

Comparación Fuerza Cortante Tiempo Historia

N	Promedio Caso 1 (Tn*F)									
	Base Fija		Base Aislada				Base Aislada Amortiguada			
	X	Y	X	Y	Reducción		X	Y	Reducción	
				% X	% Y			% X	% Y	
N 5	392.94	376.91	46.01	64.61	88.29	82.86	45.76	61.16	88.35	83.77
N 4	683.90	635.56	88.76	108.90	87.02	82.87	88.22	117.92	87.10	81.45
N 3	908.09	824.51	130.19	140.24	85.66	82.99	129.88	173.61	85.70	78.94
N 2	1080.63	967.02	170.02	164.78	84.27	82.96	170.72	228.20	84.20	76.40
N 1	1231.66	1094.22	210.72	196.62	82.89	82.03	213.23	285.02	82.69	73.95



Base | 4297.22 3521.30 | 645.71 610.54 84.97 82.66 | 647.81 804.75 84.92 77.15

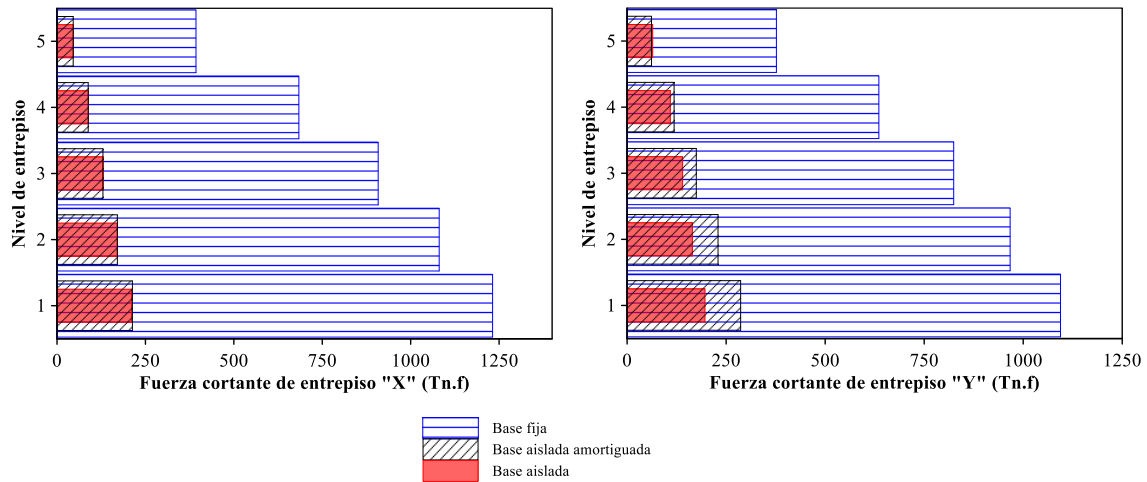


Figura 93: Comparación Fuerzas Cortantes máximas de Entrepiso

La mayor Reducción en las Fuerza Cortante de entropiso máximas para la estructura que utiliza únicamente el Aislador LRB es de 88.29% en el Eje “X” correspondiente al quinto nivel de entropiso y de 82.99% en el Eje “Y” correspondiente al tercer nivel de entropiso; Y en la estructura que utiliza el Aislador LRB complementado con amortiguador de Fluido Viscoso es de 88.35% en el Eje “X” correspondiente al quinto nivel de entropiso y de 83.77% en el Eje “Y” correspondiente al quinto nivel de entropiso. Estos valores fueron obtenidos comparando Fuerzas Cortantes máximas respecto a la estructura de Base Fija.

1.5.Periodo y Frecuencia

Tabla 29

Periodo Fundamental de Estructura de Base Fija y Base Aislada

N	Periodo (Segundos)				Frecuencia (Hz)			
	Base Fija		Base Aislada		Base Fija		Base Aislada	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1	0.490	0.653	2.776	2.889	2.041	1.531	0.360	0.346
2	0.131	0.134	0.363	0.528	7.634	7.463	2.758	1.894
3	0.113	0.120	0.123	0.137	8.850	8.333	8.129	7.319

El Periodo Fundamental de la estructura en Base Fija es de 0.653 Segundos para el eje “Y” y de 0.490 Segundos para el eje “X”, estos valores con el empleo de Aisladores LRB se ven incrementados a 2.889 Segundos para el eje “Y” y a 2.776 Segundos para el eje “X”.



El Periodo Fundamental de la estructura en Base Fija es de 1.531 Hz para el eje "Y" y de 2.041 Hz para el eje "X", estos valores con el empleo de Aisladores LRB se ven reducidos a 0.346 Hz para el eje "Y" y a 0.360 Hz para el eje "X".

1.6.Modos de Vibración

Tabla 30
Modos de vibración eje "Y"

MODOS DE VIBRACIÓN (mm)								
BASE FIJA			BASE AISLADA			BASE AISLADA AMORTIGUADA		
Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 1	Modo 2	Modo 3
0.4540	0.1403	0.0480	0.2886	0.3483	-0.0709	0.2883	0.3377	-0.0025
0.3559	-0.0175	-0.0060	0.2566	0.2232	0.0030	0.2590	0.2257	-0.0043
0.2460	-0.1544	-0.0517	0.2495	0.0816	0.0612	0.2521	0.0901	0.0014
0.1346	-0.1896	-0.0685	0.2414	-0.0736	0.0743	0.2440	-0.0646	0.0079
0.0428	-0.1074	-0.0401	0.2337	-0.2321	0.0253	0.2360	-0.2299	0.0047
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

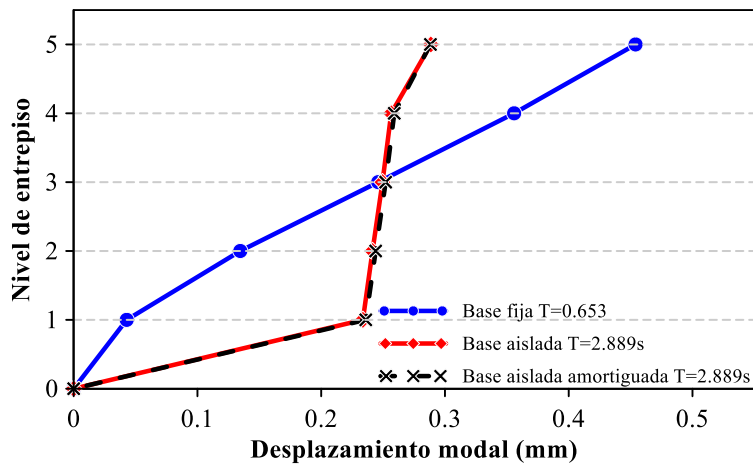


Figura 94: Comparación Primer Modo de Vibración Eje "Y"

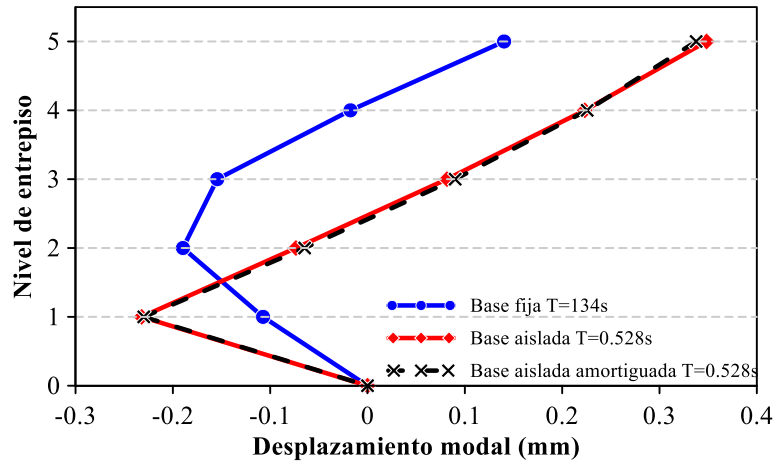


Figura 95: Comparación Segundo Modo de Vibración Eje "Y"

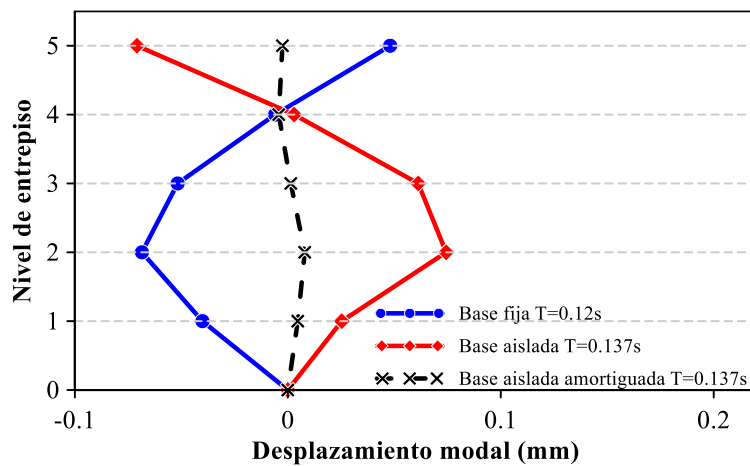


Figura 96: Comparación Tercer Modo de Vibración Eje "Y"

Tabla 31

Modos de Vibración Eje "X"

MODOS DE VIBRACIÓN (mm)

BASE FIJA			BASE AISLADA			BASE AISLADA AMORTIGUADA		
Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 1	Modo 2	Modo 3
0.4456	0.0049	-0.0785	0.2675	0.3416	0.0015	0.2678	0.3375	0.0023
0.3577	0.0058	0.0052	0.2665	0.2329	-0.0020	0.2667	0.2358	-0.0012
0.2547	-0.0008	0.0790	0.2633	0.1022	-0.0027	0.2634	0.1051	-0.0048
0.1445	-0.0115	0.1007	0.2593	-0.0524	-0.0015	0.2594	-0.0512	-0.0052
0.0483	-0.0117	0.0576	0.2548	-0.2206	0.0005	0.2549	-0.2227	-0.0024
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

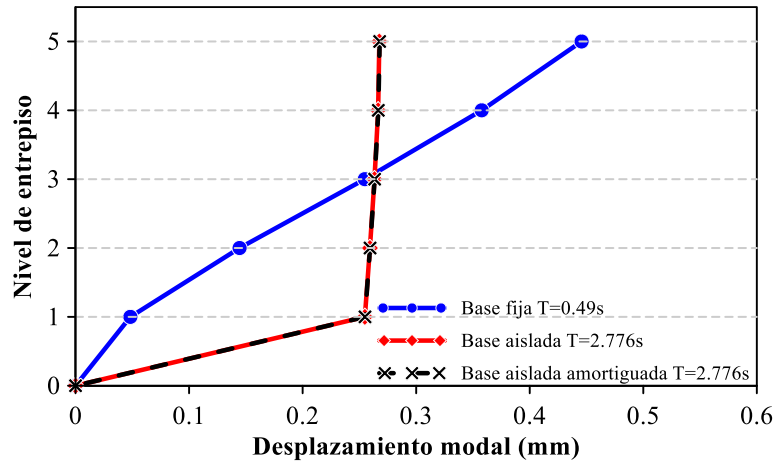


Figura 97: Comparación Primer Modo de Vibración Eje "X"

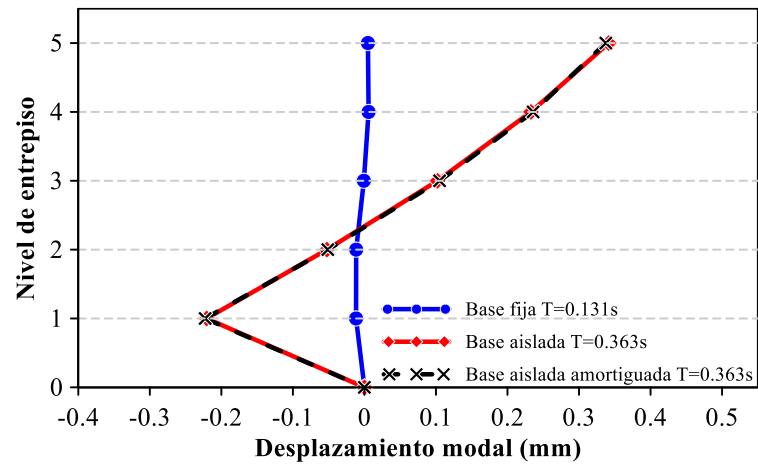


Figura 98: Comparación Segundo Modo de Vibración Eje "X"

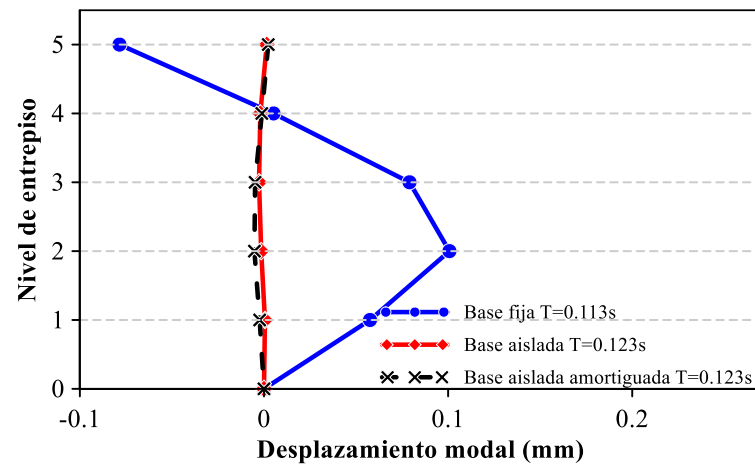


Figura 99: Comparación Tercer Modo de Vibración Eje "X"



1.7. Factor de Amortiguamiento

Tabla 32

Comparación Decremento Logaritmico

	BASE FIJA	BASE AISLADA	BASE AISLADA AMORTIGUADA	
$\zeta =$	4.67%	14.55%	14.45%	X
$\zeta =$	5.01%	15.36%	15.08%	Y

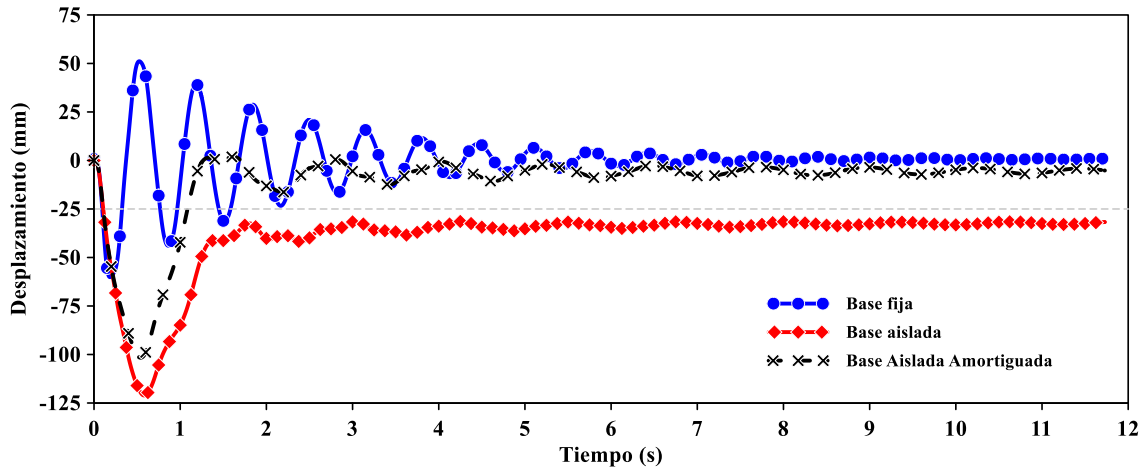


Figura 100: Comparación Decremento Logarítmico para Eje "Y"

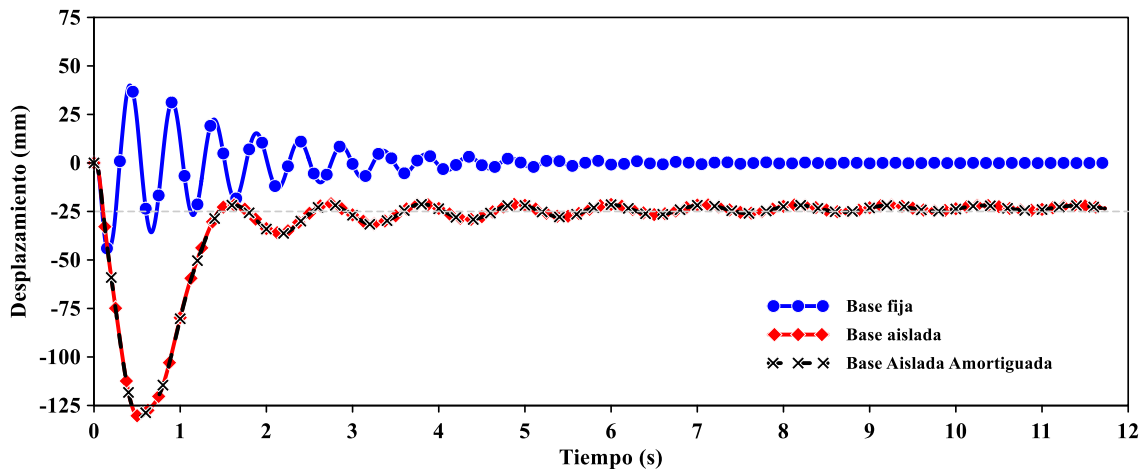


Figura 101: Comparación Decremento Logarítmico para Eje "X"

El factor de Amortiguamiento para la estructura de Base Fija es de 5.01% para el Eje “Y y de 4.67% para el Eje “X”, El factor de Amortiguamiento para la estructura de Base Aislada con LRB es de 15.36% para el Eje “Y” y de 14.55% para el eje “X” y en la estructura Aislada con LRB incorporado con Amortiguador de Fluido Viscoso se encontró un factor de Amortiguamiento de 15.08% para el eje “Y” y de 14.45% para el Eje “X”.



1.8. Curva de Resonancia en desplazamientos

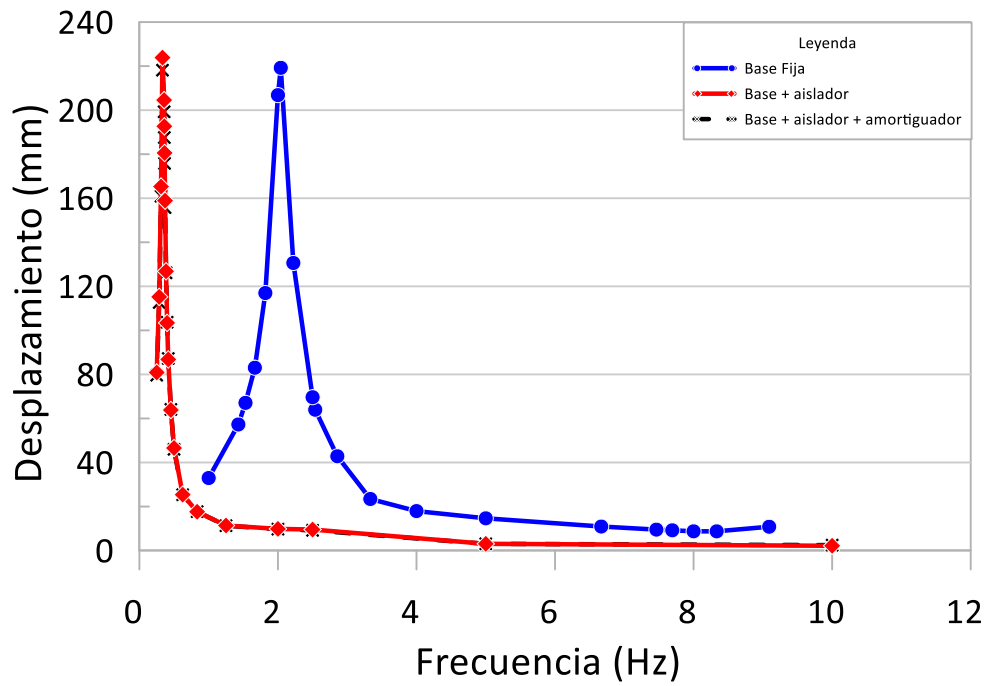


Figura 102: Comparación Resonancia Estructural en D. Relativos Cuarto Nivel Eje X

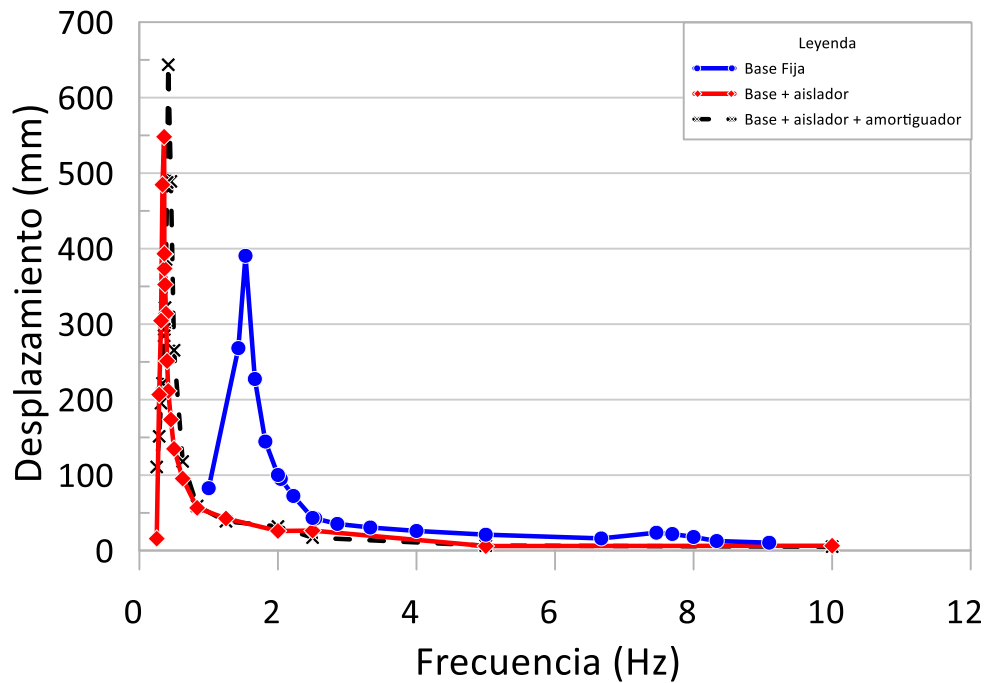


Figura 103: Comparación Resonancia Estructural en D. Relativos Cuarto Nivel Eje Y

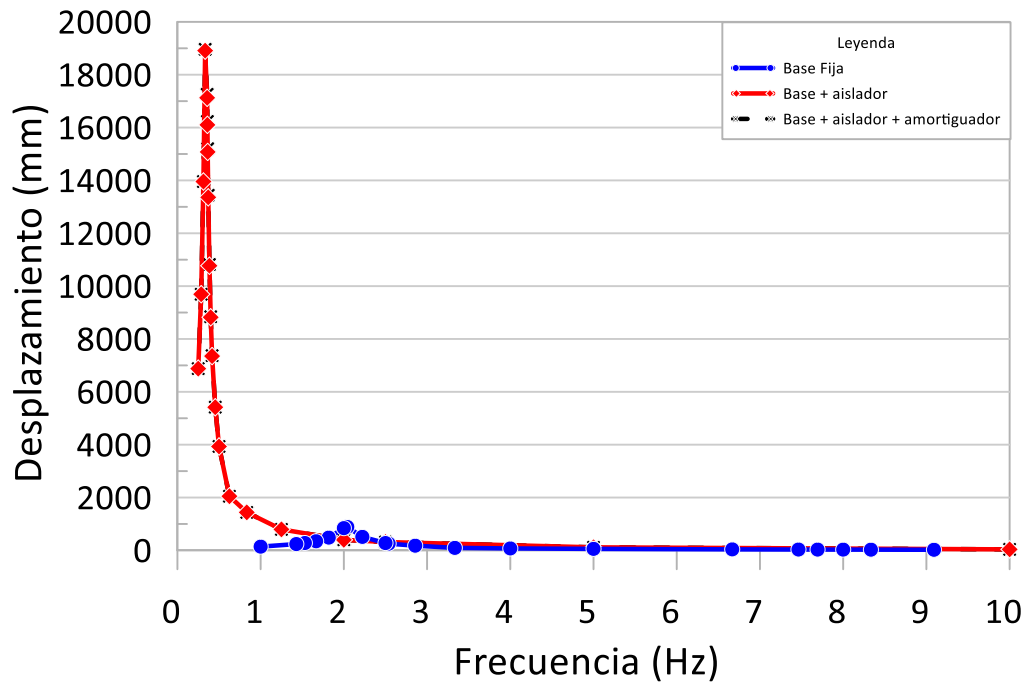


Figura 104: Comparación Resonancia Estructural en D. Absolutos Cuarto Nivel Eje X

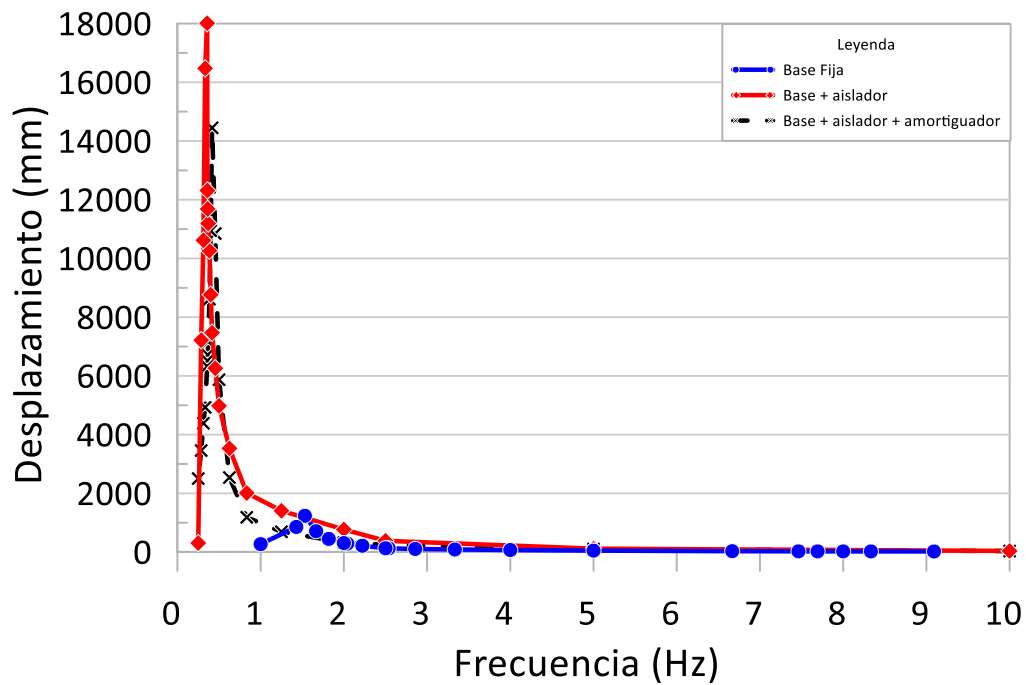


Figura 105: Comparación Resonancia Estructural en D. Absolutos Cuarto Nivel Eje Y



CAPITULO V: DISCUSIÓN

Tabla 33

Resumen de Resultados Tiempo Historia

Resumen de Resultados Tiempo - Historia

	Base Fija		Base Aislada				Base Aislada Amortiguada			
	x	y	x		y		x		y	
<i>Desplazamiento Relativo</i>	21.548 mm Nivel 4	30.499 mm Nivel 5	4.145 mm Nivel 4	80.76% Nivel 4	8.948 mm Nivel 5	70.66% Nivel 5	4.070 mm Nivel 4	80.05% Nivel 4	11.325 mm Nivel 5	62.87% Nivel 5
<i>Desplazamiento Absoluto</i>	10.267 mm Nivel 1	13.006 mm Nivel 1	164.243 mm Nivel 1	1499.79% Nivel 1	170.226 mm Nivel 1	1208.80% Nivel 1	169.020 mm Nivel 1	1546.31% Nivel 1	158.755 mm Nivel 1	1120.61% Nivel 1
<i>Deriva de Entrepiso</i>	0.0067 Nivel 4	0.0092 Nivel 5	0.0013 Nivel 4	80.76% Nivel 4	0.0027 Nivel 5	70.66% Nivel 5	0.0013 Nivel 4	80.05% Nivel 4	0.0034 Nivel 5	62.87% Nivel 5
<i>Aceleración Absoluta</i>	12.32 m/s ² Nivel 4	8.01 m/s ² Nivel 3	1.91 m/s ² Nivel 4	84.52% Nivel 4	1.64 m/s ² Nivel 3	79.48% Nivel 3	1.88 m/s ² Nivel 4	84.70% Nivel 4	1.94 m/s ² Nivel 3	75.78% Nivel 3
<i>Fuerza Cortante</i>	4297.22 Base	3521.3 Base	645.71 Base	84.97% Base	610.54 Base	82.66% Base	647.81 Base	84.92% Base	804.75 Base	77.15% Base
<i>Factor de Amortiguamiento</i>	4.67%	5.01%	14.55%		15.36%		14.45%		15.08%	

Tabla 34

Contraste con Normativas Empleadas

Contraste de Derivas Máximas con Normas Correspondientes

N	Deriva Base Fija			Base Aislada			Base Aislada Amortiguada		
	X	Y	Norma E.030	X	Y	Norma E.031	X	Y	Norma E.031
5	0.0051	0.0092	0.0007	0.0010	0.0027	0.0035	0.0010	0.0034	0.0035
4	0.0067	0.0106	0.0007	0.0013	0.0032	0.0035	0.0013	0.0040	0.0035
3	0.0073	0.0106	0.0007	0.0015	0.0035	0.0035	0.0015	0.0045	0.0035
2	0.0064	0.0087	0.0007	0.0017	0.0037	0.0035	0.0017	0.0047	0.0035
1	0.0032	0.0041	0.0007	0.0016	0.0034	0.0035	0.0016	0.0038	0.0035



Tabla 35

Resumen de resultados de los antecedentes

	Antecedente	D. Relativo Maximo	D. Absoluto Maximo	F.Cortante Maxima	Aceleraciones Absolutas
Nacionales	(Miguel, 2014)	50.52%		42%	
	(Ynga et al, 2017)	82.99% LRB		35.69% LRB	
	(Puma, 2019)	10.78%		5.85%	
Internacio Nales	(Marcelo, 2012)	77%		69%	
	(Eliot, 2016)	88.57%	632.86%	89.98%	64.81%
	(Mora et al, 2019)	52.17% LRB 39.13% Amortiguado			

En la presente tesis se verificó que las estructuras aisladas para reducir las derivas de entrepiso estas tienden a aumentar el desplazamiento absoluto, según las literaturas consultadas estas derivas tienen reducir entre un 80 a 95%, para sistemas estructurales a porticados, respecto a las derivas de base fija; junto con el parámetro de derivas tienden a reducir las aceleraciones aumentando el confort en las personas y reduciendo el riesgo de colapso de las estructuras; Según (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019), las derivas de una estructura de base aislada deben reducirse para sistemas de concreto armado **de 0.007 a 0.0035**, con lo cual se logra garantizar el desempeño sísmico, proteger la estructura y su contenido y garantiza su operatividad continua.

Como se puede apreciar en la Tabla 33

Resumen de Resultados Tiempo Historia en la cual se muestran los la comparación de todas las variables del análisis tiempo historia, en la cual muestra que la incorporación del **Aislador Elastomérico de Núcleo de Plomo** en el cual muestra que esta incorporación reduce los desplazamientos relativos hasta en un 80.76% en el Eje X y en un 70.66% los desplazamientos en el Eje “Y”; los desplazamientos Absolutos se ven incrementados hasta en un 1499.79% en el Eje “X” y en un 1208.80% en el Eje “Y”; Los desplazamientos Relativos a su vez son idénticos a las derivas debido a que únicamente resulta de una relación entre desplazamiento lateral y la altura de entrepiso. La aceleración absoluta disminuye en “X” en un 84.52% y en “Y” un 79.48% esto debido a que las planchas del aislador cambian de posición relativa con el movimiento; la fuerza cortante de la estructura disminuye en “X” en un 84.97% y en el eje “Y” en un 82.66% y su factor de amortiguamiento tendrá un aumento en un 14.55% en “X” y con un 15.36% en “Y”.

La incorporación del **amortiguador de fluido viscoso a la base aislada** reduce los desplazamientos relativos hasta en un 80.05% en el Eje X y en un 62.87% los desplazamientos en el Eje “Y”; los desplazamientos Absolutos se ven incrementados hasta en un 1546.31% en



el Eje “X” y en un 1120.61% en el Eje “Y”; Los desplazamientos Relativos a su vez son idénticos a las derivas debido a que únicamente resulta de una relación entre desplazamiento lateral y la altura de entrepiso. La aceleración absoluta disminuye en “X” en un 84.70% y en “Y” un 75.78% esto debido a que las planchas del aislador cambian de posición relativa con el movimiento; la fuerza cortante de la estructura disminuye en “X” en un 84.92% y en el eje “Y” en un 77.15% y su factor de amortiguamiento tendrá un aumento en un 14.45% en “X” y con un 15.08% en “Y”.

La Tabla 35 y la Tabla 33 muestran que la eficiencia de los dispositivos de control sísmico, son variables de estructura a estructura; y que puede ser mayor o menor a los resultados en la presente tesis; El valor que muestra de mejor manera el daño la estructura es el Desplazamiento Relativo y en que da a entender el confort de las personas es la Aceleración.

En la Tabla 33 se contrastan las derivas obtenidas con las derivas objetivo de las normativas correspondientes, en las cuales se puede apreciar que en ninguno de los modelos se llega a satisfacer completamente las derivas mencionadas en la *Norma E.030 Diseño Sismorresistente, (2018)* y *Norma E.031 Aislamiento Sísmico, (2019)*.

Tabla 34 En la literatura consultada recomiendan en mayor medida el uso de aisladores para sistemas estructurales aporticados, pero en esta ocasión la empleamos para un sistema de muros estructurales y se comprueba que también se puede emplear para este tipo de estructuras.

Los desplazamientos Absolutos en la resonancia, supera con creces el desplazamiento de Diseño de dicho Aislador, tal y como se muestra en las Figura 104: Comparación Resonancia Estructural en D. Absolutos Cuarto Nivel Eje X y Figura 105 en las cuales se puede apreciar que el máximo desplazamiento es superior a los 17m por eje. Y esto hace que el propio aislador llegue a fallar.



GLOSARIO

Falla Activa: (Bozzo et al, 2000) Es una estructura geológica que registra antecedentes históricos de actividad sísmica y que tiene recurrencia en un intervalo de tiempo futuro que afecta el desarrollo de la sociedad.

Sismo: (Bozzo et al, 2000) Proceso de liberación de energía acumulada en la corteza terrestre, que es reflejada en superficie mediante sacudidas en el terreno causando daños y destrucción.

Peligro Sísmico: (Bozzo et al, 2000) El peligro sísmico se define por la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico con una intensidad determinada.

Magnitud. - (Bozzo et al, 2000) Compara el foco de diferentes sismos; la energía total liberada por un terreno es la suma transmitida en forma de ondas sísmicas y disipada mediante fenómenos, esta energía disipada cumple el orden de 1 al 10% (amplitud: medida de la energía).

Intensidad. - (Bozzo et al, 2000) Daños producidos en estructuras, existen 2 métodos: uno subjetivo (usado para escalar acelerogramas a una determinada magnitud) y otro analítico (Más eficiente que escalarlo a una aceleración máxima).

Intensidad macro sísmica (procedimiento subjetivo).- (Bozzo et al, 2000) Clasificación de la severidad del movimiento a través de los efectos producidos.

Duración efectiva de un sismo.- (Bozzo et al, 2000) Duración acotada (Bolt) es el lapso del tiempo en el que la sacudida del sismo se encuentra por encima del umbral de 0.05 g (otros autores tienen en cuenta la forma del acelerograma y no los niveles de aceleración y además se encuentra relación entre la duración efectiva y la magnitud máxima).

Sismicidad. - (Bozzo et al, 2000) Distribución espacio-tiempo de los terremotos en la tierra y de sus efectos destructivos, el riesgo sísmico no puede medirse a través de la actividad sísmica reciente.

Aislador: (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019) Elemento estructural del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo sollicitaciones sísmicas.

Amortiguamiento efectivo: (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019) Valor del amortiguamiento viscoso equivalente correspondiente a la energía disipada en la respuesta cíclica del sistema de aislamiento sísmico, expresado como fracción del amortiguamiento crítico.



Desplazamiento traslacional: (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019) Desplazamiento lateral máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, excluyendo el desplazamiento adicional generado por la torsión natural y accidental. El desplazamiento traslacional debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico.

Desplazamiento total: (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019) Desplazamiento lateral máximo, incluyendo el desplazamiento adicional generado por el efecto de la torsión natural y accidental, que se requiere para verificar la estabilidad de los aisladores y del sistema de aislamiento sísmico, para determinar las separaciones entre estructuras, y para los ensayos de los aisladores prototipo. El desplazamiento total debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico.

Edificaciones sísmicamente aisladas: (Norma E.031 Aislamiento Sísmico, 2019) Edificaciones que incluyen un sistema de aislamiento sísmico, el cual permite desacoplar las vibraciones horizontales del suelo con las de la estructura, disipando de forma pasiva la energía sísmica.

Interfaz de aislamiento: Zona o espacio generado por el sistema de aislamiento sísmico que está limitado en su parte superior por la superestructura, que está aislada, y en su parte inferior por la subestructura o cimentación, que se mueve rígidamente con el terreno.

Normalización de las ecuaciones de movimiento: (Bertero et al, 1976) Se utilizan para reducir el número de parámetros independientes dentro del comportamiento no lineal de las estructuras que tienen un solo grado de libertad pudiéndose normalizar por, por un parámetro que no es adimensional utilizándolo de manera conveniente para obtener respuesta con independencia de la aceleración máxima usada en el análisis, puede ser modificada para utilizar el coeficiente de resistencia siendo la relación entre el cortante de la base y la fuerza sísmica máxima.

Desplazamientos máximos: (Zayas et al, 1989) Este autor indica que el endurecimiento o rigidez post fluencia no influye sobre los desplazamientos (Estructuras en rango de periodos intermedios y largos); estructuras con periodos menores de 0.5 (rango de periodos cortos) experimentan amplificaciones significativas en sus desplazamientos máximos.

Ductilidad máxima: (Bertero et al, 1976) Las demandas de ductilidad tienden a reducirse para un coeficiente de resistencia constante siempre y cuando se incremente el periodo, lo que no justifica la selección de una estructura flexible en lugar de una rígida; se debe a que las fuerzas obtenidas de diseño disminuyen al aumentar el periodo siendo probable que el coeficiente de resistencia usado en la práctica disminuye al aumentar el periodo; por otro lado el nivel de daño no estructural aceptable limita el diseño sísmico de estructuras aperticados siendo el daño



controlado por el desplazamiento máximo entre pisos que aumenta con el periodo de la estructura.

Aceleración máxima: Es un parámetro de diseño importante, que indica la cortante en la base y proporciona indicación de las fuerzas ejercidas sobre el equipamiento y las piezas móviles del edificio.

Coefficiente sísmico: (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) Es el factor multiplicado por el peso total; es una función del tipo de suelo, del periodo fundamental del edificio, de la aceleración máxima del terremoto de diseño y de un factor de reducción de la cortante en función de la ductilidad global del edificio, el que varía entre 1 y 8 para edificios frágiles de ladrillo y pórticos.



CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN N° 1

Se demostró que la estructura incorporado únicamente con Aislador Elastomérico con núcleo de plomo es el más próximo a simular un movimiento de cuerpo rígido (mayor desplazamiento absoluto hasta en un 1499.79% en el eje “X” y 1208.80% en el eje “Y”; y reducción del desplazamiento relativo hasta en un 80.79% en el eje “X” y 70.66% en el eje “Y”), Y la incorporación del amortiguador de Fluido Viscoso al limitar el desplazamiento del Aislador Elastomérico con Núcleo de plomo reduce la eficiencia del Aislador, como resultado se reducen los desplazamientos absolutos, pero se ven incrementados los desplazamientos relativos.

CONCLUSIÓN N°2

Se demostró que las derivas disminuyen significativamente según sea la distribución de los aisladores; llegando hasta a un 80.76% en el eje “X” y en el eje “Y” una reducción de 70.66% en la estructura de base aislada y 80.05% en el eje “X” y 62.87% en el eje Y en la incorporada con amortiguador de fluido viscoso, demostrando que tiene mejor comportamiento, al tener menor deriva reducen los desplazamientos relativos los cuales son los responsables de la energía que es absorbida por la estructura.

CONCLUSIÓN N°3

Se probó que las aceleraciones máximas disminuyen significativamente; llegando hasta a un 84.52% en el eje “X” y en el eje “Y” una reducción de 79.48% en la estructura de base aislada y 84.70% en el eje “X” y 75.78% en el eje Y en la incorporada con amortiguador de fluido viscoso, a consecuencia de ello el confort se ve alterado en cada uno de los modelos en función directa a las Aceleraciones Absolutas.

CONCLUSIÓN N°4

La fuerza cortante de entrepiso en la base disminuyó significativamente; llegando hasta a un 84.97% en el eje “X” y en el eje “Y” una reducción de 82.66% en la estructura de base aislada y 84.92% en el eje “X” y 77.15% en el eje Y en la incorporada con amortiguador de fluido viscoso.

CONCLUSIÓN N°5



El periodo natural de vibración se vio modificado por la presencia del aislador cambiando de 0.653 segundos a 2.889 segundos en el eje “Y” y de 0.49 segundos a 2.041 segundos en el eje “X”; esto debido a que el desplazamiento absoluto también se vio aumentado.

La Frecuencia natural de vibración se vio modificado por la presencia del aislador cambiando de 1.531Hz a 0.346Hz segundos en el eje “Y” y de 2.041Hz a 0.360Hz en el eje “X”.

CONCLUSIÓN N°6

El desplazamiento absoluto máximo de la base aislada en el nivel de la base es de 159.165 mm en el eje “X” y 161.866 mm en el eje “Y”, estos dos componentes generan un desplazamiento total de 227.012mm el cual a su vez es menor que el DTM del diseño; mientras que la estructura con base aislada amortiguada es 159.219 mm en el eje “X” y 154.084 mm en el eje “Y”, generando un desplazamiento total de 221.568mm, este desplazamiento en la base es el espacio libre que debe tener el Aislador para poder desplazarse libremente.

CONCLUSIÓN N°7

En el modelo de base Fija se encontró un amortiguamiento inherente de 4.67% en el eje “X” y de 5.01% en el eje “Y”; En la estructura de Base Aislada se logra un amortiguamiento del 14.55% en el Eje “X” y de 15.36% en el eje “Y” y finalmente en la estructura de Base Aislada Amortiguada se logra un amortiguamiento del 14.45% en el eje X y de 15.08% en el eje “Y”; de los cuales el que tiene mejor comportamiento es la estructura únicamente incorporada con Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo.

CONCLUSIÓN N°8

Los desplazamientos Absolutos en la resonancia con una Amplitud de 1.125g para la estructura de base Aislada son mayores por mucho al desplazamiento máximo de diseño, con lo cual se llega a la conclusión que en la resonancia La estructura de Base Aislada, Siendo este desplazamiento mayor a 17m en el eje “X” y mayor a 19m en el eje “Y” lo cual aria que nuestro aislador tenga una falla inminente.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN N° 1

Implementar equipos para ensayos de dinámica estructural en el laboratorio de concreto armado en la Universidad Andina del Cusco.

RECOMENDACIÓN N° 2

Para futuras investigaciones evaluar a la estructura con más de un tipo de aislador auto-centrante, debido a que nuestro aislador deja un desplazamiento residual.

RECOMENDACIÓN N° 3

Para futuras investigaciones incluir al presente análisis la interacción suelo estructura; debido a que si el suelo no resiste las ondas sísmicas tendríamos una posible falla en la subestructura.

RECOMENDACIÓN N° 4

Probar estos tipos de control sísmico en una estructura netamente a porticada, debido a que en las recomendaciones de las diferentes bibliografías revisadas recomiendan el uso para sistemas a porticados mas no para dual o sistema de muros estructurales.

RECOMENDACIÓN N° 5

Evaluar la relación Costo Beneficio debido a que para la presente tesis no se tomó en cuenta los costos de la implementación de estos sistemas de control sísmico.

RECOMENDACIÓN N° 6

Para futuras tesis buscar el mejor amortiguador que pueda complementar nuestro aislador de tal manera que pueda auto centrar la estructura post sismo

RECOMENDACIÓN N° 7

Evaluación de costo reparación de la estructura frente al costo de implementación del sistema de control sísmico.



REFERENCIAS

- AASHTO 14-IA. (2008). *California Amendments AASHTO LRFD Bridge Design Specifications - fourth edition*. California: WA 98195-2700.
- Antisismica, C. I. (28 de 07 de 2020). <https://www.cdvperu.com/>. Obtenido de <https://www.cdvperu.com/nuestros-proyectos/>
- ASCE, A. S. (2016). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and Other Structures*. Virginia: The American Society of Civil Engineers.
- ASTM E04, A. I. (2016). *Training Courses Sponsored by Committee E04 on Metallography*. USA: 100 Barr Harbor Drive.
- Benavente et al, F. D. (2013). *Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región Cusco* (Vol. Boletín 55). Cusco: INGEMMET.
- Bertero et al, V. &. (1976). *Establishment of design earthquakes—evaluation of present methods*. Saint Louis: Missouri.
- Bozzo et al, A. H. (2000). *Diseño sismorresistente de edificios (técnicas convencionales y avanzadas)*. España: Reverté S.A.
- Cassano, A. M. (2009). *análisis de estructuras bajo acciones dinámicas*. Paraná: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe.
- Chopra et al, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras* (cuarta ed.). México: Pearson Educación.
- Correa et al, E. H. (2011). *Análisis de los elementos elastómeros utilizados en aisladores y neoprenos*. Sangolqui: ESPE.
- CSI, A. R. (2016). *Csi manual análisis de referencia para sap2000*. Berkely, California, USA: GEN062708M1.
- Eliot, P. Z. (2016). *Influência de um Amortecedor Magnetoreológico no Isolamento de Base de Edifícios sob Ação Sísmica*. Rio de Janeiro: Tesis.
- Garcia Reyes, L. E. (1998). *Dinámica Estructural aplicada al Diseño Sísmico*. Bogota: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
- Hernan, C. M. (2016). *Análisis de los elementos elastómeros utilizados en aisladores y neoprenos*. Sangolqui.
- Korswagen et al, J. C. (2012). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS*. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- L Bozzo, A. B. (1995b). *Nonlinear response of structures with sliding base isolation* (Vol. 2). (L. John Wiley & Sons, Ed.) España: Journal of Structural Control.



- Marcelo, G. R. (2012). *Estudio comparativo para determinar la eficiencia y aplicabilidad de aisladores sísmicos de base y diagonales con amortiguadores, como sistemas de protección sísmica de edificios de acero en la ciudad de Quito.* Quito: Tesis.
- Martinez Rodrigo, M. D. (2009). *Atenuación de vibraciones renantes en puentes de FFCC de AV mediante FVD.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Miguel, V. C. (2014). *Evaluación del Comportamiento Sísmico del Edificio "Local Institucional de la Caja Municipal de Ahorro y Crédito Cusco S.A." frente a Sismos de Largo Periodo de Movimiento de Terreno, Representado por el Registro Sísmico de México 1985.* Cusco: Tesis.
- Mora et al, R. C. (2019). *Análisis Comparativo del comportamiento sísmico dinámico de estructuras esenciales con aisladores de base del tipo elastomérico con Núcleo de Plomo LRB y disipadores contraventeos restringidos al pandeo BRB, y su incidencia en la relación costo/beneficio.* Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Norma E.020 Cargas. (2006). *Cargas.* Lima - Perú, Peru: Comité técnico permanente.
- Norma E.030 Diseño Sismorresistente. (2018). *Diseño Sismorresistente.* Perú.
- Norma E.031 Aislamiento Sísmico. (2019). *Aislamiento Sísmico.* Peru.
- Norma UBC 97, O. I. (1997). *Uniform Building Code.* California: 5360 WORKMAN MILL ROAD.
- Normativa de Diseño Por Sismo. (2004). *Normativa Sismorresistente.* Mexico.
- Normativa Sismorresistente Chilena. (1996). *Diseño Sismorresistente.* Chile: Nch.
- NTE INEN 0887, D. d. (1983). *NTE INEN 0887: Caucho. Determinación de la dureza (escala Irhd).* QUITO, ECUADOR: BRUTUN FULMEN.
- Puma, V. G. (2019). *Evaluación comparativa de la respuesta sísmica del sistema estructural convencional (dual) del "edificio aulas generales, laboratorios y otros de la uac" con y sin disipadores de energía de fluido viscoso; empleando un análisis sísmico dinámico (modal esp.* Cusco: Tesis.
- Roberto Hernandez Sampieri, C. F. (2010). *Metodología de la Investigación.* Mexico: MC Graw Hill.
- S. Chan et al, S. E. (2005). *ESCALAMIENTO DE ACELEROGRAMAS Y NÚMERO MÍNIMO DE REGISTROS REQUERIDOS PARA EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS.* Portugal: Revista de Ingeniería Sísmica.
- Sanches, G. V. (2016). *Edificaciones con Disipadores Viscosos.* Lima-Peru: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- Villafañe et al, F. J. (28 de julio de 2018). *Espectro de Respuesta y de Diseño. Ingeniería Sismorresistente - Guía de estudio.*
- Ynga et al, R. M. (2017). *"Análisis comparativo de la respuesta sísmica aplicado al edificio de SEDA Cusco con y sin dispositivos reductores de energía sísmica (aisladores elastoméricos con núcleo de plomo y disipadores de energía de fluido viscoso) mediante un análisis sísmico di.* Cusco: tesis.



Zayas et al, I. (1989). *Discrimination of Wheat and Nonwheat Components*. Halverson: Cereal Chem.