

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Efecto de la bidireccionalidad sísmica en la respuesta de estructuras de concreto armado con irregularidades estructurales en planta y altura - Trujillo

Área de Investigación:

Estructuras

Autor (es):

Br. Ulffe Medina, Leonardo Fabian
Br. Garcia Encalada, Ahsly Hilary

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Segundo Vargas López

Secretario: Ing. Ricardo Narváez Aranda

Vocal: Ing. Carmen Geldres Sánchez

Asesor:

Ing. Stewart López Otiniano
Código Orcid: 0000-0003-1694-4212

Trujillo – Perú
2022

Fecha de sustentación: 2022/06/07



DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por brindarme la fuerza y sabiduría necesaria para poder lograr cada objetivo, creo plenamente que su bendición siempre estará conmigo y seguirá dándome las fuerzas necesarias para seguir adelante cada día y lograr todas mis metas planteadas a lo largo de toda mi vida.

A mi madre Rosa Medina Abanto y padre Victor Ulffe Ruiz por su gran apoyo incondicional y educacional tanto académico como humano. Todo esto se lo debo a ustedes mis adorables, apreciados y amados padres.

A mis abuelos Isabel Abanto Abanto, Antonia Ruiz Fasabi, Juan Medina Torres y Vicente Ulfe Perez por su gran aprecio y orientación educacional. En especial a mí a mi abuelo Vicente Ulfe Perez que desde el cielo me guía y protege en todo momento. Esto también se los debo a ustedes mis amados abuelitos.

A mi hermana Yessenia Ulffe Medina por haberme brindado su apoyo en el momento que más lo necesite y a mi amado sobrino Luciano Terán Ulffe por regalarme muchos días de alegrías.

A mi gran amigo Alfredo Torres Palomino por brindarme su inmenso apoyo incondicional cuando más lo necesito.

Leonardo Ulffe Medina



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, acompañado a lo largo de mi carrera, por iluminarme, guiarme y brindarme la sabiduría y la fuerza que necesitaba para llegar hasta este momento, a mi padre por su constante apoyo, a mi madre por su paciencia, cariño y apoyo incondicional en todo momento, a mi hermano por los ánimos y las risas de cada día, a mis abuelita por sus plegarias, a toda mi familia en general, a shenco y a toda su familia por su cariño, apoyo y días felices.

AHSLLY GARCIA ENCALADA.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, un agradecimiento especial al Ing.Lopez Otiniano Stewart Yaroshenko asesor quien con su conocimiento, observaciones y apreciaciones fue posible culminar la presente tesis.

Al Msc.Ing.Édison A. Moscoso Alcántara quien en todo momento estuvo dispuesto a responder todas mis consultas.

Leonardo Ulffe Medina

Ahsilly Garcia Encalada



RESUMEN

Actualmente nuestra normativa peruana de diseño sísmico considera que la acción sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes (x, y). Sin embargo, los eventos sísmicos tienen un comportamiento bastante aleatorio e imponen solicitaciones en cualquier dirección en las estructuras.

En la presente investigación se realiza el estudio de la respuesta en edificaciones de concreto armado con irregularidad en planta y altura. Para ello, se ha realizado el análisis tiempo historia lineal (ATHL) de estas imponiendo solicitaciones sísmicas en dos direcciones ortogonales (BIDIRECCIONALIDAD). Así, se obtiene la respuesta estructural con variaciones de ángulo de incidencia de 10° es decir se rotarán de 0° a 360° y se compara con la respuesta obtenida del análisis unidireccional. Los resultados obtenidos muestran que el análisis tradicional subestima las respuestas de las estructuras. Se obtiene variaciones de hasta 50% y 75% para las estructuras con irregularidad en altura (geometría vertical) y planta (torsión) respectivamente.

PALABRAS CLAVES: BIDIRECCIONALIDAD,
ANGULO DE INCIDENCIA GEOMÉTRICA
VERTICAL, TORSIÓN, RESPUESTA.



ABSTRACT

Currently our Peruvian seismic design standards consider that seismic action acts independently in two predominant orthogonal directions (X, Y). However, seismic events have a quite random behavior and impose stresses in any direction on structures.

In the present investigation, the response of reinforced concrete buildings with irregularity in plan and height is studied. For this purpose, the linear time-history analysis (ATHL) of these buildings has been carried out by imposing seismic stresses in two orthogonal directions (BIDIRECTIONALITY). Thus, the structural response is obtained with variations in the angle of incidence of 10° , i.e. they are rotated from 0° to 360° and compared with the response obtained from the unidirectional analysis. The results obtained show that the traditional analysis underestimates the responses of the structures. Variations of up to 50% and 75% are obtained for structures with irregularity in height (vertical geometry) and plan (torsion) respectively.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1. PLANTIAMIENTO METODOLOGICO	2
1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. ANTECEDENTES	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. GENERAL	4
1.4.2. ESPECIFICOS	5
1.5. HIPOTESIS	5
1.5.1. HIPOTESIS GENERAL	5
1.5.2. VARIABLES Y DEFINICIÓN OPERACIONAL	5
1.5.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES	5
1.5.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES	6
1.6. METODOLOGIA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	6
1.6.1. METODOLOGIA	6
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1 SISMOS	7
2.1.1. PROPAGACIÓN	7
2.1.2. INTENSIDAD Y MAGNITUD	8
2.1.3. DURACIÓN EFECTIVA	9
2.1.4. POTENCIAL DESTRUCTIVO	10
2.1.5. ESPECTRO DE UN SISMO	10
2.2 PELIGRO SÍSMICO	11
2.2.1. ZONIFICACIÓN SÍSMICA	12
2.2.2. CONDICIONES GEOTÉCNICAS	13
2.2.3. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C)	14
2.2.4. CATEGORIA DE LA EDIFICACION Y FACTOR DE USO	15
2.2.5. ESPECTRO DE DISEÑO SÍSMICO	16
CAPÍTULO 3: REGISTROS SÍSMICOS	17
3. REGISTROS SÍSMICOS	17
3.1 REGISTROS SÍSMICOS DISPONIBLES EN LA REDACIS	18



3.2. CRITERIOS Y PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN	21
3.3. CORRECCIÓN Y ESCALAMIENTO DE REGISTROS SÍSMICOS	22
3.3.1. CORRECCIÓN POR LÍNEA BASE	22
3.3.2. CORRECCIÓN POR FILTRADO DE RUIDOS	22
3.3.3. ESCALAMIENTO DE LOS REGISTROS SÍSMICOS	27
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SÍSMICO TIEMPO-HISTORIA	41
4. ANÁLISIS SÍSMICO TIEMPO-HISTORIA	41
4.1. ÁNGULOS DE INCIDENCIA Y ESTRUCTURAS ANALIZADAS	41
4.2. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA	41
4.2.1. ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA LINEAL	42
4.3. DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y RESPUESTAS DE LAS ESTRUCTURAS	42
4.3.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA	44
4.3.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA	53
4.4. CONSIDERACIÓN DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA Y BIDIRECCIONALIDAD SÍSMICA	62
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	62
5. RESULTADOS	62
5.1. COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN LA BASE	63
5.2. COMPARACIÓN DE MOMENTO VOLCANTE	68
5.3. COMPARACIÓN DE DERIVAS DE ENTREPISO	73
5.4. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN POR ÁNGULO DE INCIDENCIA Y BIDIRECCIONALIDAD SÍSMICA	96
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	97
6. RESULTADOS	97
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
7.1. CONCLUSIONES	98
7.2. RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	99
ANEXOS	100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Variables Dependientes	5
Tabla N° 2: Variables Independientes.	6
Tabla N°3: Clasificación de los perfiles de suelo.	13
Tabla N°4: Valores del Factor S.	13
Tabla N°5: Periodo T_p y T_L según el perfil de suelo	13
Tabla N°6: Categorías de las edificaciones y factor “U”	15
Tabla N°7: PGA de los sismos-registros históricos (cm/s^2)	21
Tabla N°8: Modos de vibración, periodos y masas participativas de la primera estructura.	46
Tabla N°9: Modos de vibración, periodos y masas participativas de la segunda estructura	55
Tabla N°10: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para cada registro sísmico histórico y análisis dinámico modal espectral de la estructura con Irregularidad en altura en la dirección X, Y.	63
Tabla N°11: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para cada registro sísmico histórico y análisis dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X, Y.	68
Tabla N°12: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para cada registro sísmico histórico y análisis dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X, Y.	69
Tabla N°13: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.	73
Tabla N°14: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.	74
Tabla N°15: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.	75
Tabla N°16: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.	76
Tabla N°17: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el	



sismo de lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.	77
Tabla N°18: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.	78
Tabla N°19: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.	79
Tabla N°20: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.	80
Tabla N°21: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.	81
Tabla N°22: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.	82
Tabla N°23: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.	83
Tabla N°24: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.	84
Tabla N°25: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.	85
Tabla N°26: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.	86
Tabla N°27: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.	87
Tabla N°28: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.	88
Tabla N°29: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad	



en planta en la dirección X.	89
Tabla N°30: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.	90
Tabla N°31: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.	91
Tabla N°32: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Propagación de la energía sísmica desde el epicentro hasta la estructura (Bertero 1992).	8
Figura N° 2: Esquema de cálculo de la duración efectiva.	9
Figura N° 3: Zonificación sísmica del Perú.	12
Figura N°4: Ecuaciones para el Factor de Amplificación Sísmica.	14
Figura N°5: Numeral 28.4 de la norma E030.	14
Figura N°6: Artículo 29. de la norma E030.	16
Figura N°7: Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones.	16
Figura N°8: Vista de la página de inicio de la redacis.	17
Figura N°9: Ejemplo de registro sísmico del sismo de lima en el año 1974 registrado en la estación parque de la reserva (PQR).	18
Figura N°10: Registro sísmico de las componentes horizontales y vertical del sismo de lima en el año 1974.	18
Figura N°11: Espectros de fourier de las componentes horizontales y vertical del sismo de lima en el año 1974.	19
Figura N°12: Espectros de pseudo-aceleraciones de las componentes horizontales y vertical del sismo de lima en el año 1974.	20
Figura N°13: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de lima en el año 1966.	23
Figura N°14: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de lima en el año 1966.	23
Figura N°15: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de huaraz en el año 1970.	24
Figura N°16: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de huaraz en el año 1970.	24
Figura N°17: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de lima en el año 1974.	25
Figura N°18: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de lima en el año 1974.	25
Figura N°19: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de ica en el año 2007.	26



Figura N°20: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de ica en el año 2007.	26
Figura N°21: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima en el año 1966.	27
Figura N°22: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1966.	27
Figura N°23: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1966.	28
Figura N°24: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1966.	28
Figura N°25: Escalamiento en la componente EO del sismo de huaraz en el año 1970.	28
Figura N°26: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de huaraz en el año 1970.	29
Figura N°27: Escalamiento en la componente NS del sismo de huaraz en el año 1970.	29
Figura N°28: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de huaraz en el año 1970.	29
Figura N°29: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima en el año 1974.	30
Figura N°30: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1974.	30
Figura N°31: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1974.	30
Figura N°32: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1974.	31
Figura N°33: Escalamiento en la componente EO del sismo de ica en el año 2007.	31
Figura N°34: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de ica en el año 2007.	31
Figura N°35: Escalamiento en la componente NS del sismo de ica en el año 2007.	32
Figura N°36: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de ica en el año 2007.	32
Figura N°37: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima	



en el año 1966.	33
Figura N°38: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1966.	33
Figura N°39: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1966.	34
Figura N°40: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1966.	34
Figura N°41: Escalamiento en la componente EO del sismo de Huaraz en el año 1970.	35
Figura N°42: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de Huaraz en el año 1970.	35
Figura N°43: Escalamiento en la componente NS del sismo de Huaraz en el año 1970.	36
Figura N°44: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de Huaraz en el año 1970.	36
Figura N°45: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima en el año 1974.	37
Figura N°46: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1974.	37
Figura N°47: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1974.	38
Figura N°48: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1974.	38
Figura N°49: Escalamiento en la componente EO del sismo de Ica en el año 2007.	39
Figura N°50: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de Ica en el año 2007.	39
Figura N°51: Escalamiento en la componente NS del sismo de Ica en el año 2007.	40
Figura N°52: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de Ica en el año 2007.	40
Figura N°53: Modelo estructural de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.	43
Figura N°54: Modelo estructural de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.	43



Figura N°55: Modelo en planta de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.	45
Figura N°56: Modelo en elevación de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.	45
Figura N°57: Modelo 3D de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.	46
Figura N°58: Modo de vibración en la dirección Y-Y.	47
Figura N°59: Modo de vibración en la dirección X-X.	47
Figura N°60: Modo de vibración alrededor del eje Z.	48
Figura N°61: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1966.	49
Figura N°62: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1974.	50
Figura N°63: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Huaraz 1970.	51
Figura N°64: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Ica 2007.	52
Figura N°65: Modelo en planta de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.	53
Figura N°66: Modelo en elevación de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.	54
Figura N°67: Modelo 3D de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.	54
Figura N°68: Modo de vibración en la dirección X-X.	55
Figura N°69: Modo de vibración en la dirección Y-Y.	56
Figura N°70: Modo de vibración alrededor del eje Z.	56
Figura N°71: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1966.	58
Figura N°72: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1974.	59
Figura N°73: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Huaraz 1970.	60
Figura N°74: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Ica 2007.	61
Figura N°75: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros	



sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en cortante en la base con dirección X.	65
Figura N°76: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en cortante en la base con dirección X.	65
Figura N°77: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en cortante en la base con dirección Y.	66
Figura N°78: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en cortante en la base con dirección Y.	66
Figura N°79: Variación de resultados de la cortante en la base en dirección X, Y en la estructura con irregularidad en altura.	67
Figura N°80: Variación de resultados de la cortante en la base en dirección X, Y en la estructura con irregularidad en planta.	67
Figura N°81: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en momento volcante con dirección X.	70
Figura N°82: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en momento volcante con dirección X.	70
Figura N°83: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en momento volcante con dirección Y.	71
Figura N°84: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en momento volcante con dirección Y.	71
Figura N°85: Variación de resultados de momento volcante en dirección X, Y en la estructura con irregularidad en altura.	72
Figura N°86: Variación de resultados de momento volcante en dirección X, Y en la estructura con irregularidad en planta.	72
Figura N°87: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en derivas de entrepiso con dirección X.	93
Figura N°88: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros	



sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en derivas de entrepiso con dirección Y.	93
Figura N°89: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en derivas de entrepiso con dirección X.	94
Figura N°90: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en derivas de entrepiso con dirección Y.	94
Figura N°91: Variación de resultados de derivas de entrepiso en dirección X, Y en la estructura con irregularidad en altura.	95
Figura N°92: Variación de resultados de derivas de entrepiso en dirección X,Y en la estructura con irregularidad en planta.	96



INTRODUCCION

En el mundo, el Perú es uno de los países con mayor potencial sísmico por formar parte del denominado cinturón de fuego del pacífico, región donde la tierra libera más del 85% de la energía acumulada en su interior. A través de los años la industria de la construcción ha ido aumentando. Por tanto, en el Perú existen muchas edificaciones con diversas irregularidades estructurales, debemos garantizar adecuadamente el comportamiento estructural que sea totalmente a la esperada, por lo cual no debemos subestimar ni sobreestimar la respuesta.

El movimiento del suelo es errático y, por lo tanto, las fuerzas sísmicas pueden provenir en cualquier dirección. Nuestra normativa peruana de diseño sísmico considera que la acción sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes (x, y), sin que esto sea necesariamente válido.

A nivel internacional, tanto como la norma técnica complementaria para diseño sísmico-México, FEMA 356, NBDS2006, NSR 10, NEC-SE-DS consideran la bidireccionalidad sísmica.

Por ello, el presente trabajo plantea un ANALISIS TIEMPO-HISTORIA LINEAL, en una comparativa del porcentaje de variación ante los efectos bidireccionales.



CAPITULO I: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación empleará 2 proyectos estructurales, que corresponden a edificios multifamiliares, la primera y segunda edificación cuentan con 14 y 7 pisos respectivamente; La primera edificación presenta una luz máxima y mínima entre ejes de 7.18 m y 2.7 m, La segunda edificación presenta una luz máxima y mínima entre ejes de 3.50 m. Ambas edificaciones cuentan con una altura de entre piso de 3.20 m.

Para estas edificaciones se ha planteado ubicar los proyectos en el distrito de Trujillo, siendo esta una zona tipo 4, de alta sismicidad y con un factor de zona de 0.45, según los datos de la norma E0.30. El perfil de suelo correspondiente a estos proyectos de investigación se propuso un suelo tipo S2.

En consecuencia, se plantea que las edificaciones sean de concreto armado, para la superestructura, que se complementará con entrepisos de losas aligeradas y macizas. Se considerarán dos tipos de sistemas estructurales para contrarrestar la fuerza sísmica, las cuales serán muros estructurales y pórticos, siendo estos los que absorberán las fuerzas producidas por el sismo, se hará un análisis comparativo para averiguar cuál será el porcentaje de variación ante los efectos bidireccionales, bajo las condiciones establecidas en la norma E0.30.

1.2. ANTECEDENTES

“Efecto del ángulo de incidencia sísmica en la respuesta no-lineal de edificaciones de concreto armado con sistema dual”

Anthony López (2018)

Pontificia Universidad Católica Del Perú

Para optar el grado de Magister en Ingeniería civil



El presente proyecto mide el efecto comparando las respuestas sísmicas de edificios bajo condiciones de ángulo crítico de incidencia y máxima amplificación. Tiene como conclusión que, en algunos casos, las respuestas no lineales máximas para un determinado ángulo pueden ser hasta 50% mayores a las obtenidas usando metodologías establecidas por códigos nacionales e internacionales (E030, ACI, Eurocódigo). Además, la metodología RotD50 se muestra como alternativa a la incertidumbre causada por la ubicación del ángulo de incidencia crítico.

“Efecto de la bidireccionalidad y ángulo de incidencia del sismo en la respuesta de estructuras de concreto armado”

Edisson Moscoso (2018)

Universidad Nacional De Ingeniería

Para obtener el grado académico de maestro en ciencias con mención en ingeniería estructural.

Este proyecto analizó el efecto de bidireccionalidad y el ángulo de incidencia del sismo usando el análisis tiempo–historia lineal de 11 estructuras con rigideces y excentricidades relativas diferentes en ambas direcciones utilizando ángulos de incidencia cada 10°, como conclusión se obtuvo una metodología para el análisis modal espectral y el análisis tiempo historia que considera los efectos de la bidireccionalidad y del ángulo de incidencia en estructuras de concreto armado, siendo esta una propuesta para la norma peruana E030.

“Análisis de la bidireccionalidad sísmica en la respuesta de estructuras de concreto armado con irregularidades de esquina entrante y de piso blando”

Sobrado y Yaranga (2020)

Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas

Para optar el grado de bachiller en Ingeniería Civil.



La presente tesis ha desarrollado el análisis tiempo historia lineal (ATHL) imponiendo solicitaciones sísmicas en dos direcciones ortogonales. Así, se obtiene la respuesta estructural con variaciones de ángulos de incidencia de 10° y se compara con la respuesta derivada del análisis unidireccional. Se concluye que el análisis tradicional subestima las respuestas de las estructuras. Se obtienen variaciones de hasta 50% y 72% para estructuras modelos con esquinas entrantes y piso blando respectivamente.

1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál será el porcentaje de variación del efecto de la bidireccionalidad sísmica en la respuesta de estructuras de concreto armado con irregularidades estructurales en planta y altura?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. GENERAL

Evaluar el efecto de la bidireccionalidad sísmica en la respuesta de estructuras de concreto armado con irregularidades estructurales en planta y altura, siguiendo los lineamientos y los parámetros sísmicos de la norma E0.30 de diseño sismorresistente.

1.4.2. ESPECIFICOS

- Establecer los estudios preliminares: Mecánica de suelos, parámetros sísmicos de zona.
- Realizar la estructuración y obtener los datos preliminares (características de los materiales y el pre dimensionamiento de los elementos estructurales (vigas, losas aligeradas y columnas).)
- Análisis estructural unidireccional y bidireccional con muros estructurales
 - Pre dimensionar los muros estructurales
 - Modelar la edificación en el programa ETABS
 - Desarrollar un análisis sísmico tiempo-historia lineal, estático, dinámico, hallar los esfuerzos y derivas de entrepisos



- Análisis estructural unidireccional y bidireccional con pórticos
 - Pre dimensionar las columnas y vigas
 - Modelar la edificación en el programa ETABS
 - Desarrollar un análisis sísmico tiempo-historia lineal, estático, dinámico, hallar los esfuerzos y derivas de entresijos
- Tabular, analizar y comparar los resultados finales: derivas de entrepiso, momento de volteo, cortante basal, factor de amplificación por bidireccionalidad sísmica.

1.5. HIPOTESIS

1.5.1. HIPOTESIS GENERAL

El efecto de la bidireccionalidad del sismo aumenta según el grado de irregularidad de la estructura. En el caso de estructura irregular geométrica vertical, el cambio máximo es del 55%, y en el modelo con estructura irregular de torsión, el cambio máximo es del 80%.

1.5.2. VARIABLES Y DEFINICION OPERACIONAL

1.5.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLES	DIMENSIONES	TIPO	INDICADORES	U. M.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Análisis estructural	Secciones de elementos estructurales	VD	Sección transversal: área y longitud	ml - cm ²	Cálculo numérico con el software ETABS.
Derivas y esfuerzos de la edificación con ambas irregularidades	-	VD	Fuerza transversal	mm - T	Algoritmo de software de ETABS

*Tabla N° 1: Variables Dependientes.
 Elaboración Propia.*

1.5.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLES	DIMENSIONES	TIPO	INDICADORES	U. M.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Parámetros de materiales usados	-	VI	Resistencia: carga / área	kg/cm ²	parámetros seleccionados para el proyecto
Proyecto Estructural	-	VI	-	-	-
Cargas de gravedad y sísmica	-	VI	Fuerza transversal	T	Algoritmo de software de ETABS

*Tabla N° 1: Variables Independientes.
Elaboración Propia.*

1.6. METODOLOGÍA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

1.6.1. METODOLOGÍA

Para evaluar este proyecto, nos centramos en los siguientes puntos:

- Elaborar el modelamiento de las edificaciones.
- Realizar el análisis estructural para cargas gravitacionales y solicitaciones sísmicas.
- Análisis de la edificación con irregularidad estructural en altura.
- Análisis de la edificación con irregularidad estructural en planta.
- Evaluar el porcentaje de variación por bidireccionalidad sísmica, analizando parámetros sísmicos primordiales, como las derivas de entrepiso, cortante y momento volcante en la base.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El movimiento del suelo es un fenómeno bidireccional complejo que imponen sollicitaciones en distintas direcciones a las estructuras. (NIEVAS,2017)

2.1. SISMOS

Los sismos son vibraciones o sacudidas de la corteza terrestre provocadas por ondas sísmicas que se generan por la liberación repentina de energía elástica acumulada en la corteza y parte superior del manto terrestre, pero también pueden ocurrir por otros motivos, como: procesos volcánicos, fricción en el borde de placas tectónicas, impacto de cometas o asteroides, incluso pueden ser producidos por el propio ser humano.

La litosfera de la Tierra es una capa relativamente delgada formada por la corteza y el manto superior, que se extiende a profundidades de 70 km en los océanos y 150 km por debajo de los continentes. Los procesos físicos debajo de la corteza terrestre han hecho que se divida en grandes bloques llamados placas tectónicas, que se mueven a velocidades del orden de unos pocos centímetros por año.

2.1.1. PROPAGACIÓN

En la Figura N ° 01 podemos ver cómo la energía sísmica se propaga desde el epicentro a una estructura dada. Como hemos visto, parte de la energía disipada por el terremoto se convierte en ondas sísmicas, que se propagan por la tierra y se reflejan, refractan, amplifican o atenúan hasta llegar al lecho rocoso en forma de excitación X1. Estas ondas se someten al nuevo filtrado dado por la función de transferencia A hasta que se obtiene la señal X2. La función I define el fenómeno de interacción suelo-estructura, por lo que X3 (gracias a X2 e I) se convertirá en la base de la estructura. Finalmente, X4 será la respuesta del edificio, y X4 se obtiene gracias a la función de transferencia D del edificio.

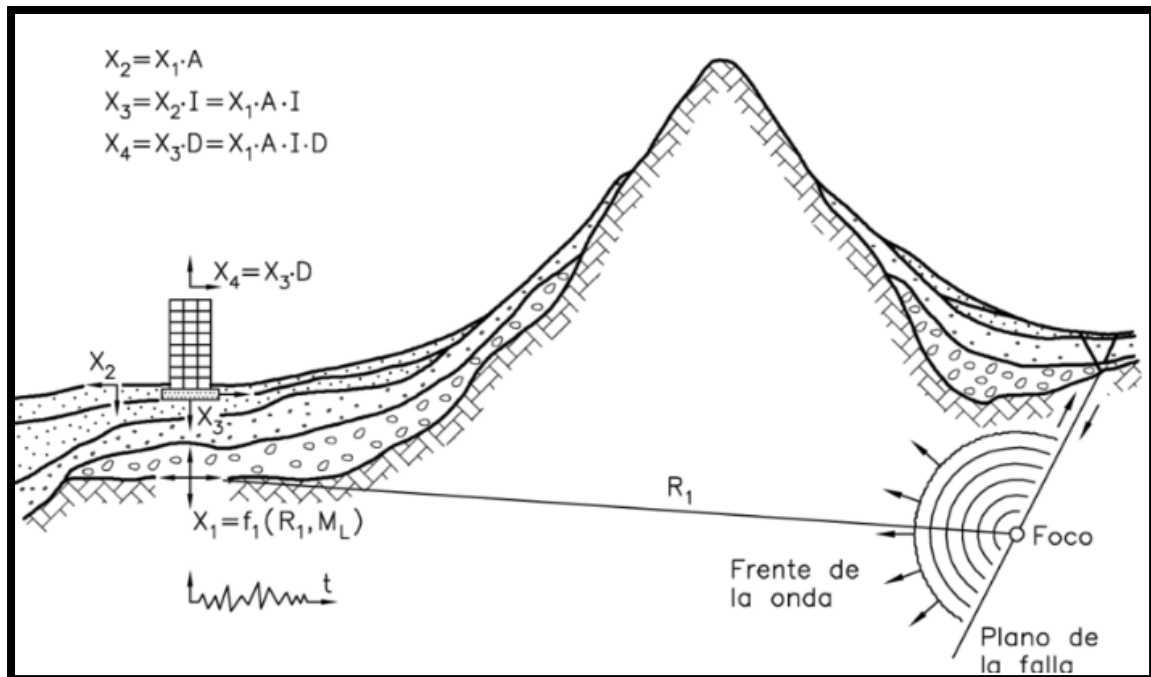


Figura N° 2: Propagación de la energía sísmica desde el epicentro hasta la estructura (Bertero 1992).

2.1.2. INTENSIDAD Y MAGNITUD

Magnitud e intensidad suelen ser términos confusos, es cierto que están estrechamente relacionados, pero su significado es totalmente diferente.

La magnitud se usa para cuantificar el tamaño de los terremotos (mide la energía liberada mediante la ruptura de una falla) mientras que la intensidad es una descripción cualitativa de los efectos de los terremotos (involucra la percepción de las personas, así como los daños materiales y económicos sufridos como resultado del evento). Por tanto, la magnitud es objetiva y la intensidad es subjetiva.

Escalas de intensidades conocidas:

- Escala de Mercalli Modificada (Escala MM).
- Escala de Agencia Meteorológica Japonesa (Escala JMA).
- Escala Medvédev, Sponheuer y Kárni (Escala MSK-64).
- Escala de Revisión de Richter (Escala MM-56).

Escalas de magnitudes conocidas:

- Escala de magnitud local (Escala ML).
- Escala de magnitud de ondas superficiales (Escala Ms).
- Escala de magnitud de ondas de volumen (Escala mb).
- Escala de magnitud de duración (Escala MD)

2.1.3. DURACION EFECTIVA

Una manera de interpretar la duración efectiva fue por Bommer y Martínez-Pereira (1997) y está basada en la definición de duración significativa propuesta por Trifunac y Brady (1975) definida en la ecuación 1, pero a diferencia de ésta, el inicio y final de la fase fuerte se miden con criterio absolutos. Para estimar esta duración se parte del diagrama de Husid, donde se representa la intensidad de Arias frente al tiempo y se toma el intervalo t_0 - t_f como duración efectiva. De esta manera se obtiene una medida objetiva del intervalo de tiempo en el que se encuentra una cierta cantidad de energía.

$$I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} a^2(t) dt \quad (1)$$

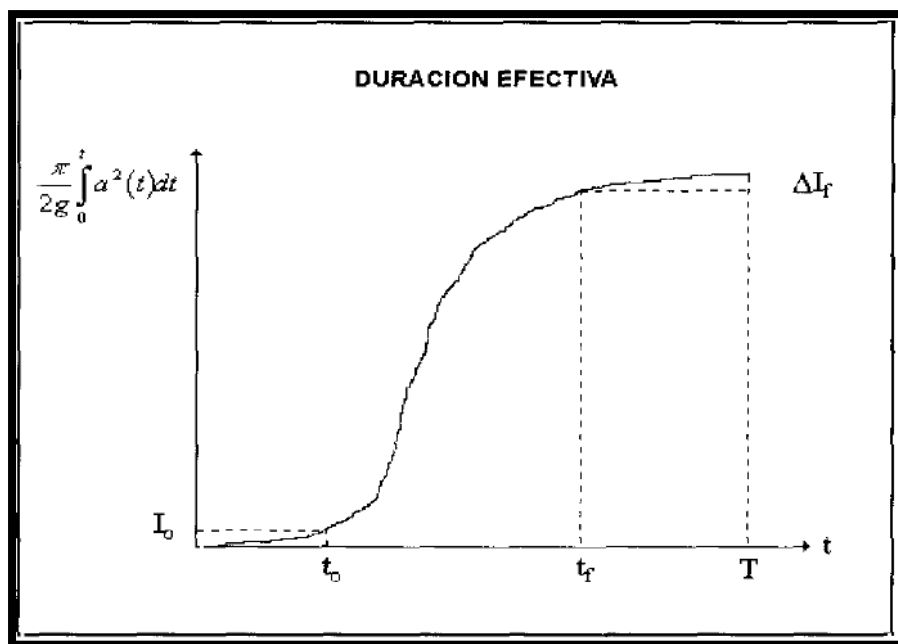


Figura N° 2: Esquema de cálculo de la duración efectiva (Belén Benito y Luis Cabañas 1999).



Donde:

I_a = Intensidad de Arias

G = aceleración de la gravedad

A = aceleración del sismo

T = tiempo

T_o = el tiempo para el cual la IA alcanza un umbral de 0.01 m/s

T_f = el tiempo para el cual la energía remanente del registro es 0.125 m/s

2.1.4. POTENCIAL DESTRUCTIVO

Se destacan “4 condiciones generales que determinan la ocurrencia de un desastre por terremoto” (Bertero 1992):

- Severo.
- Fuente sísmica.
- Desarrollo económico.
- Preparación.

El poder destructivo se puede determinar sobre la base de estas condiciones. Cuanto más cerca esté el terremoto del centro de la ciudad, mayor será el poder destructivo. Cuanto mayor sea el desarrollo y la población referente a medidas de prevención, menor será el poder destructivo.

2.1.5. ESPECTRO DE UN SISMO

Es el valor que se utiliza en los cálculos de la ingeniería sísmica, donde se mide la reacción de la estructura ante la vibración del suelo que la soporta.

Existen varios tipos de espectros dependiendo de la reacción a comparar, velocidad, deformación, aceleración, entre otros. El más común es el de la aceleración, ya que está relacionado con la cortante en la base provocada por el sismo.



Los espectros se generan generalmente para estructuras de un grado de libertad y pueden ser linealmente elásticos y no lineales. Para un grado de libertad lineal elástico, la ecuación de movimiento es la siguiente y está tomada del libro Análisis estructural de R. C. Hibbeler

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = -M\ddot{u}_g(t) \quad (2)$$

Dividiendo la ecuación por la masa obtenemos:

$$\ddot{u}(t) + \frac{C}{M}\dot{u}(t) + \frac{K}{M}u(t) = -\ddot{u}_g(t) \quad (3)$$

Donde:

M= Masa

C= Amortiguamiento

K= Rigidez

U(t)= Desplazamiento relativo al suelo

Ug(t)= Señal sísmica

$\frac{C}{M} = 2\rho\omega$ y $\frac{K}{M} = \omega^2$, siendo ω la frecuencia circular, que se relaciona con el periodo y ρ es el porcentaje de amortiguamiento crítico. Por lo tanto, la respuesta de un sistema con un grado de libertad lineal elástica y, para un determinado registro sísmico, requiere únicamente de estos dos parámetros.

2.2. PELIGRO SÍSMICO

El peligro sísmico se conoce como la probabilidad de que ocurra un terremoto de cierta magnitud en un lugar determinado, dentro de una ventana de tiempo.

La norma peruana de diseño sismorresistente presenta una fórmula simple para calcular la aceleración máxima esperada en una determinada ubicación, para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años y especifica diferentes niveles de peligro, que ha catalogado según la

ubicación de la estructura, El tipo del suelo en el que se asienta y su importancia.

2.2.1. ZONIFICACIÓN SÍSMICA

La norma E.030 para diseño sismorresistente divide al país en 4 zonas y a cada zona se le asigna un factor Z el cual se interpreta como la máxima aceleración horizontal en terreno rígido con un 10% de probabilidad de ser superado en 50 años, dicho factor es expresado como una fracción de la aceleración de la gravedad.

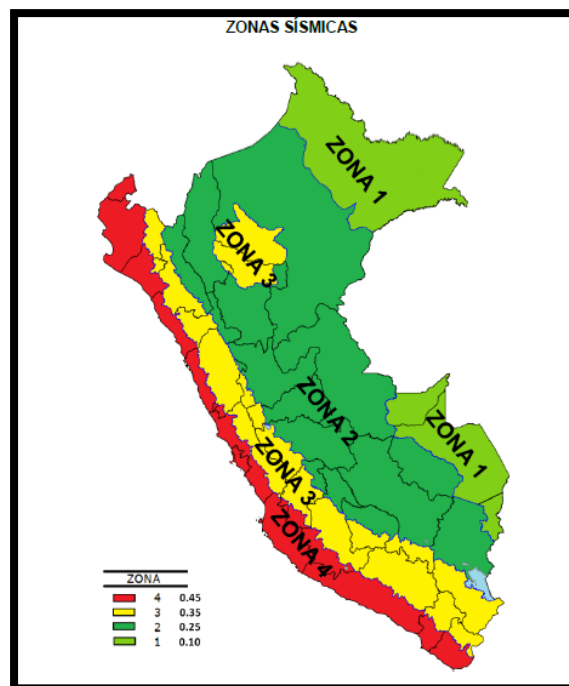


Figura N° 3: Zonificación sísmica del Perú.
Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente.

2.2.2. CONDICIONES GEOTÉCNICAS

PERFILES DE SUELOS

Los perfiles geotécnicos también se pueden encontrar en la norma E0.30, que los clasifica según la velocidad media de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_s) y el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} obtenido por una prueba SPT para suelos granulares o la resistencia al corte promedio ponderado no drenado (\bar{S}_u) para suelos cohesivos.

la norma nos plantea los siguientes perfiles de suelo:

- S₀: Roca Dura
- S₁: Roca o Suelo Muy Rígidos
- S₂: Suelos Intermedios
- S₃: Suelos Blandos
- S₄: Condiciones Excepcionales

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

Tabla N°3: Clasificación de los perfiles de suelo.
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente.

PARÁMETROS DE SITIO (S, T_P Y T_L)

Para encontrar estos valores, la normativa nos proporciona dos tablas desde las que podemos orientarnos para encontrar lo que necesitamos.

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N°4: Valores del Factor S.
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente.

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Tabla N°5: Periodo T_P y T_L según el perfil de suelo
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente.

2.2.3. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C)

Es el factor de amplificación de la aceleración estructural en relación con la aceleración en el suelo y se define de acuerdo con el período fundamental de la estructura y los parámetros del sitio, empleando las siguientes ecuaciones:

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

Figura N°4: Ecuaciones para el Factor de Amplificación Sísmica.

Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente.

Donde T es el periodo fundamental de la estructura de acuerdo con el numeral 28.4, concordado con el numeral 29.1 de la norma E0.30 especificados a continuación:

28.4. Período Fundamental de Vibración

28.4.1. El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

donde:

- $C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:
 - a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
 - b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostamiento.
- $C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:
 - a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
 - b) Pórticos de acero arriostados.
- $C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Figura N°5: Numeral 28.4 de la norma E030.

Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente.

2.2.4. CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN Y FACTOR DE USO

Las estructuras se clasifican según sus categorías y cada una de ellas corresponde a un factor específico.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

*Tabla N°6: Categorías de las edificaciones y factor "U"
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente*

2.2.5. ESPECTRO DE DISEÑO SÍSMICO

La norma E.030 de diseño sismorresistente considera un análisis sísmico modal espectral de acuerdo al Art.29

Artículo 29.- Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

29.1. Modos de Vibración

29.1.1. Los modos de vibración pueden determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

29.1.2. En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

29.2. Aceleración Espectral

29.2.1. Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Figura N°6: Artículo 29. de la norma E030.
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente.

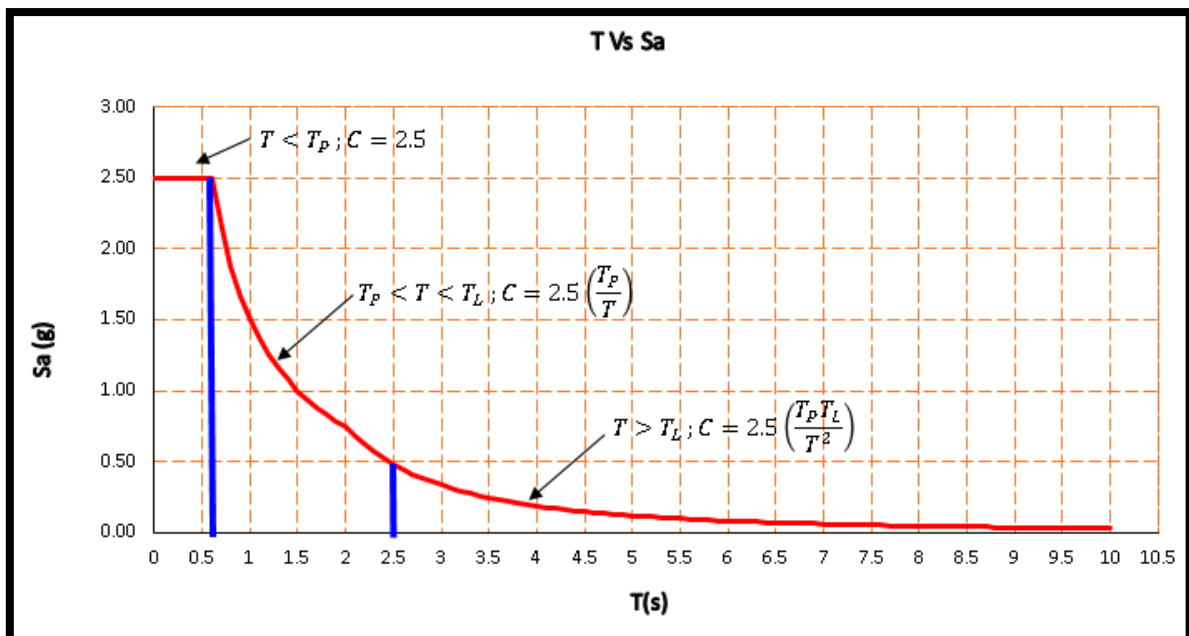


Figura N°7: Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones.
 Elaboración propia.

CAPITULO 3: REGISTROS SÍSMICOS

3. REGISTROS SÍSMICOS

3.1. REGISTROS SÍSMICOS DISPONIBLES EN LA REDACIS

El Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) cuenta con un Centro de Monitoreo Sísmico (CEMOS), que cuenta con una red de acelerógrafos a nivel nacional, instalados en las principales ciudades del país.

La red nacional de acelerógrafos CISMID, REDACIS, se encuentra actualmente funcionando y proporciona registros sísmicos a nivel nacional presentados en sus diversas estaciones acelerográficas controladas por las principales ciudades y con la mayor actividad sísmica.

Los acelerógrafos se ubican a nivel natural del terreno, lo que significa que estas aceleraciones contienen la incidencia del terreno, por ello se realizará posteriormente un análisis tiempo-historial lineal.

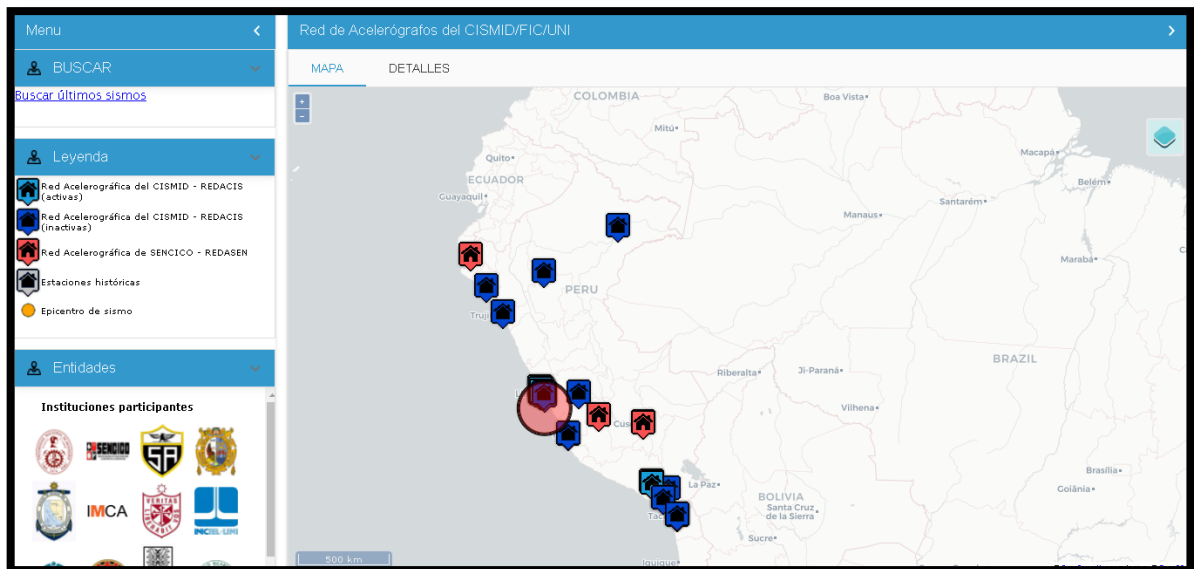


Figura N°8: Vista de la página de inicio de la redacis.
Fuente: Redacis.

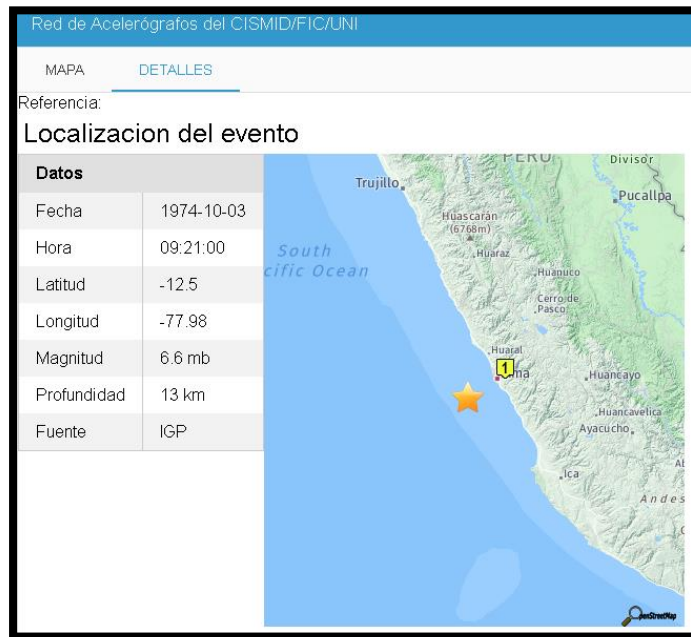


Figura N°9: Ejemplo de registro sísmico del sismo de lima en el año 1974 registrado en la estación parque de la reserva (PQR).
Fuente: Redacis.

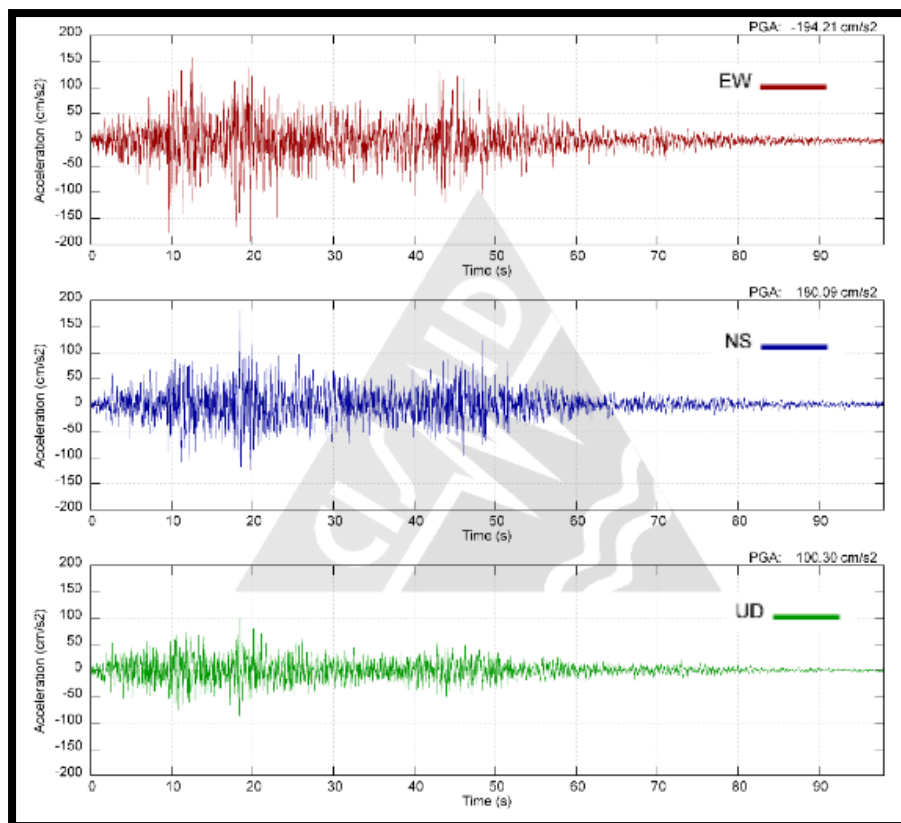
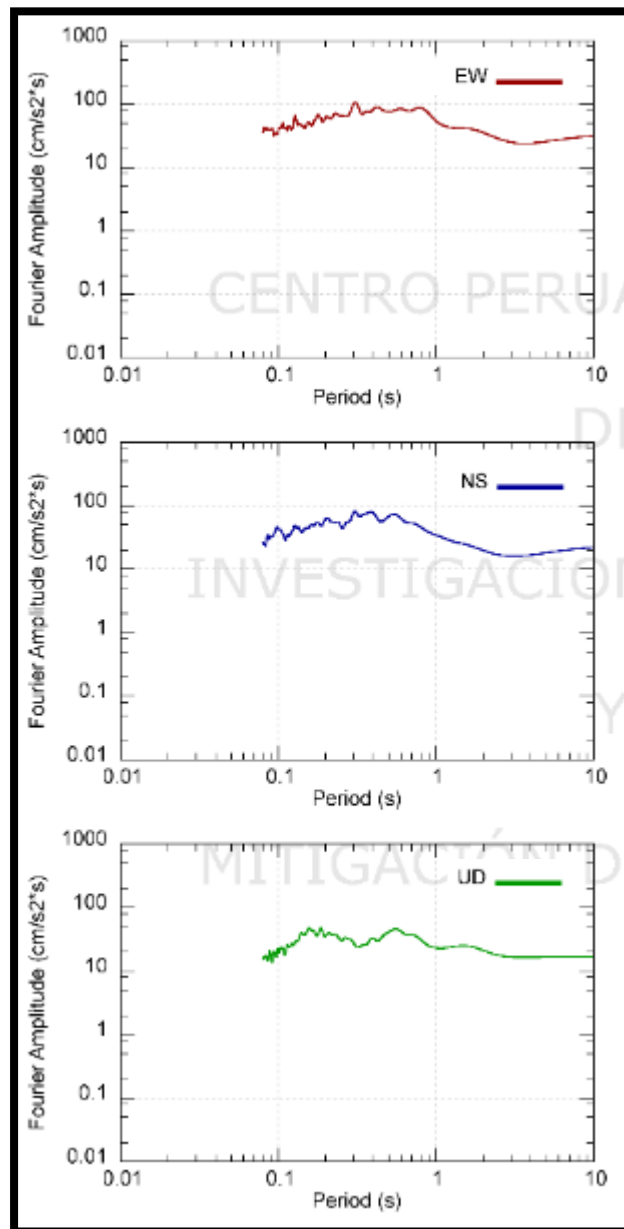


Figura N°10: Registro sísmico de las componentes horizontales y vertical del sismo de lima en el año 1974.
Fuente: Redacis.



*Figura N°11: Espectros de fourier de las componentes horizontales y vertical del sismo de lima en el año 1974.
Fuente: Redacis.*

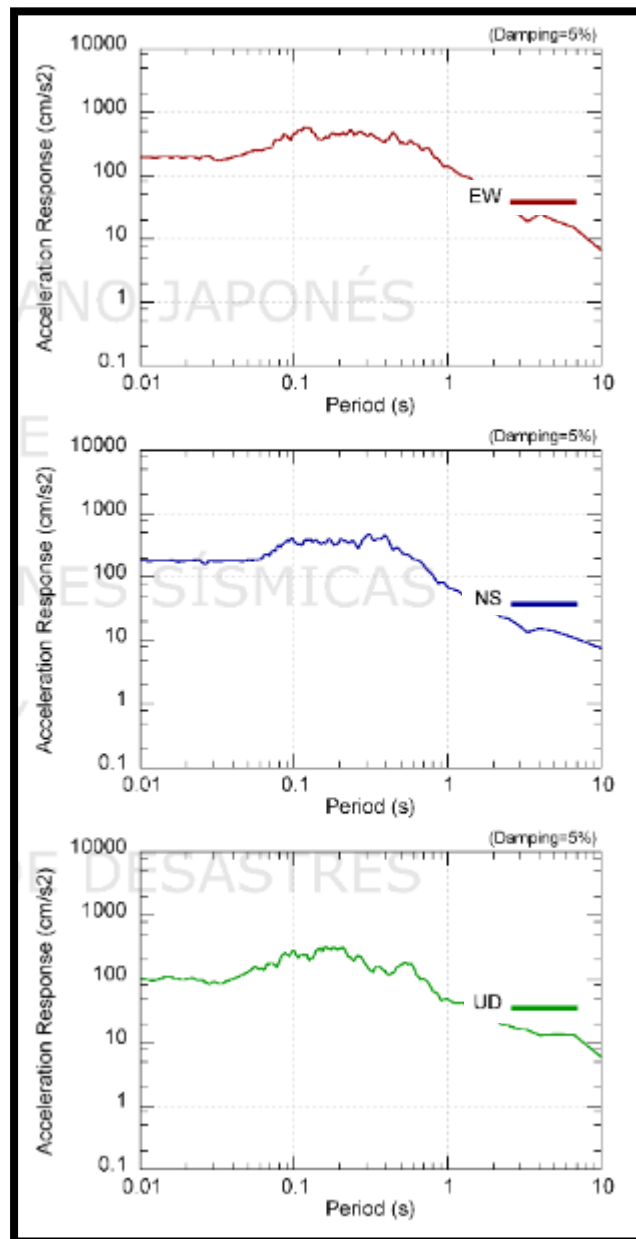


Figura N°12: Espectros de pseudo-aceleraciones de las componentes horizontales y vertical del sismo de lima en el año 1974.

Fuente: Redacis.



3.2. CRITERIOS Y PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN

Teniendo en cuenta la filosofía de diseño sismorresistente, en la actualidad se definen dos tipos de niveles de sismo, sismos severos y moderados, posteriormente, se considera sismos leves aquellos que tienen menor intensidad que los sismos moderados. Estos sismos se definen se acuerdo a su aceleración pico del suelo(PGA) los cuales se clasifican a continuación:

- **SISMOS SEVEROS:** Aquellos sismos que tengan un PGA mayor o igual a 200 cm/s² ($PGA \geq 200 \text{ cm/s}^2$).
- **SISMOS MODERADOS:** Aquellos sismos que tengan un PGA entre 50 cm/s² a 200 cm/s² ($50 \text{ cm/s}^2 \leq PGA \leq 200 \text{ cm/s}^2$).
- **SISMOS LEVES:** Aquellos sismos que tengan un PGA menor o igual a 50 cm/s² ($PGA \leq 50 \text{ cm/s}^2$).

Nuestra norma de diseño sismorresistente E.030 considera un PGA máximo de diseño de 0.45g, equivalente a 441.5 cm/s² que se encuentra en la zona 4. Para la selección de registros sísmicos se seleccionará el mayor número de sismos severos y moderados, que sean representativos.

Para el proceso de selección de los registros sísmicos, se seleccionaron registros con mayor PGA en cualquier dirección horizontal y se omitió la dirección vertical en este estudio.

Teniendo en cuenta la información disponible, se ha elegido 4 registros sísmicos históricos (Año 1966, 1970, 1974 y 2007).

PGA DE LOS SISMOS - REGISTROS HISTÓRICOS (cm/s ²)							
SISMOS				ESTACIÓN			
				PQ DE LA RESERVA		SAN LUIS , ICA	
REGISTROS	FECHA	MAGNITUD	PROFUNDIDAD	EO	NS	EO	NS
LIMA - 66	17-Oct-1966.	8.1 Mw	24.00 Km	-180.56	-268.24		
HUARAZ - 70	31-May-1970.	6.6 Mb	64.00 Km	-105.05	97.81		
LIMA - 74	03-Oct-1974.	6.6 Mb	13.00 Km	-194.21	180.09		
ICA - 07	15-Ago-2007.	7.0 ML	40.00 Km			-272.82	333.66

*Tabla N°7: PGA de los sismos-registros históricos (cm/s²)
 Elaboración propia*



3.3. CORRECCIÓN Y ESCALAMIENTO DE REGISTROS SÍSMICOS

Los registros sísmicos se utilizarán en el análisis sísmico tiempo-historia lineal para evaluar los efectos de la bidireccionalidad sísmica. Es por esto que sus valores de aceleración deben ser los más cercanos a los valores producidos en sus correspondientes eventos sísmicos. Esto se puede hacer mediante un tratamiento de los registros.

3.3.1. CORRECCIÓN POR LINEA BASE

A veces, puede suceder que la posición del acelerómetro no esté completamente nivelada o el registro del sismo genere una variación en la recolección de datos, puede ocurrir que los datos del registro se desplacen en relación con su línea base de aceleración cero.

La corrección por línea base se hará en el software SeismoSignal en su versión 5.1.2 educacional.

3.3.2. CORRECCIÓN POR FILTRADO DE RUIDO

Debe tenerse en cuenta la influencia del ruido en el acelerograma. Este ruido puede ser causado por fenómenos naturales y procesamiento de datos. Por tanto, podemos considerar que el acelerograma es la suma de la señal sísmica más el ruido.

El ruido que afecta al acelerograma puede ser de 2 tipos:

- **RUIDO DE BAJA FRECUENCIA:** Este tipo de ruido afecta principalmente al proceso de integración. Estos están por encima de la banda de frecuencia. Para el presente estudio, se considerarán frecuencias superiores a 25 Hz.
- **RUIDO DE ALTA FRECUENCIA:** Este tipo de ruido afecta principalmente a las aceleraciones máximas, pero tiene poco efecto en el proceso de integración. Estos están por debajo de la banda de frecuencia. Para este estudio, se considerarán las frecuencias inferiores a 0,10 Hz

La corrección por filtrado de ruido se hará en el software SeismoSignal en su versión 5.1.2 educacional.

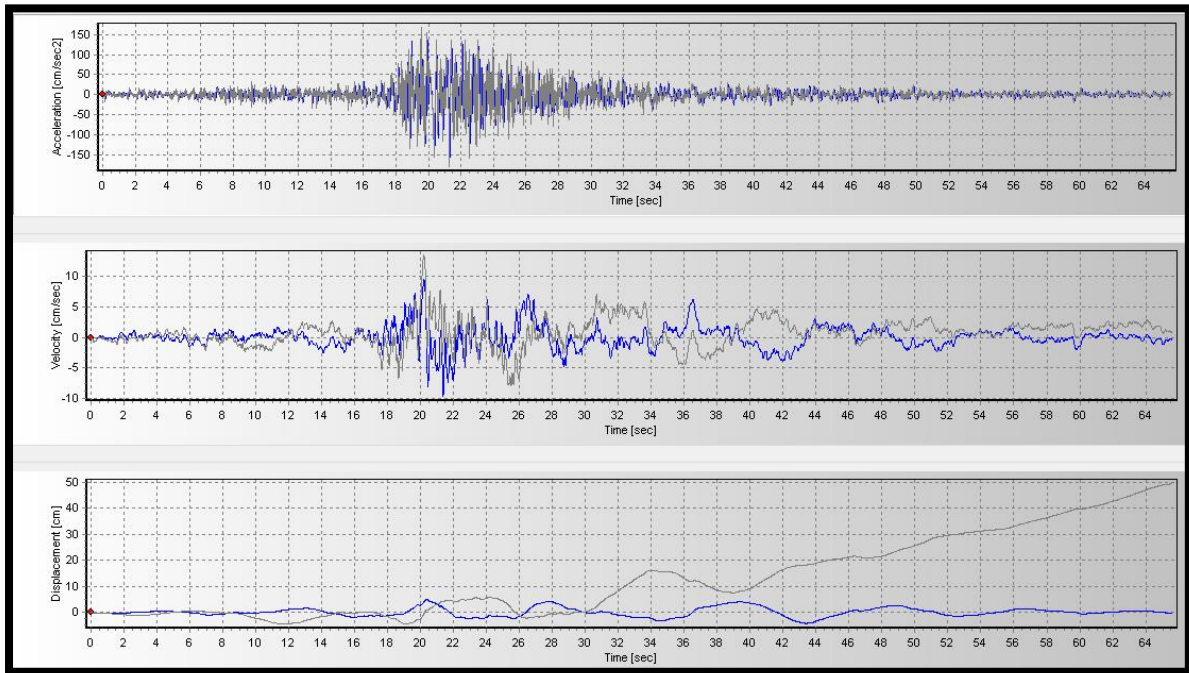


Figura N°13: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de lima en el año 1966. Línea gris: Registro no corregido.

Línea azul: Registro corregido.

Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

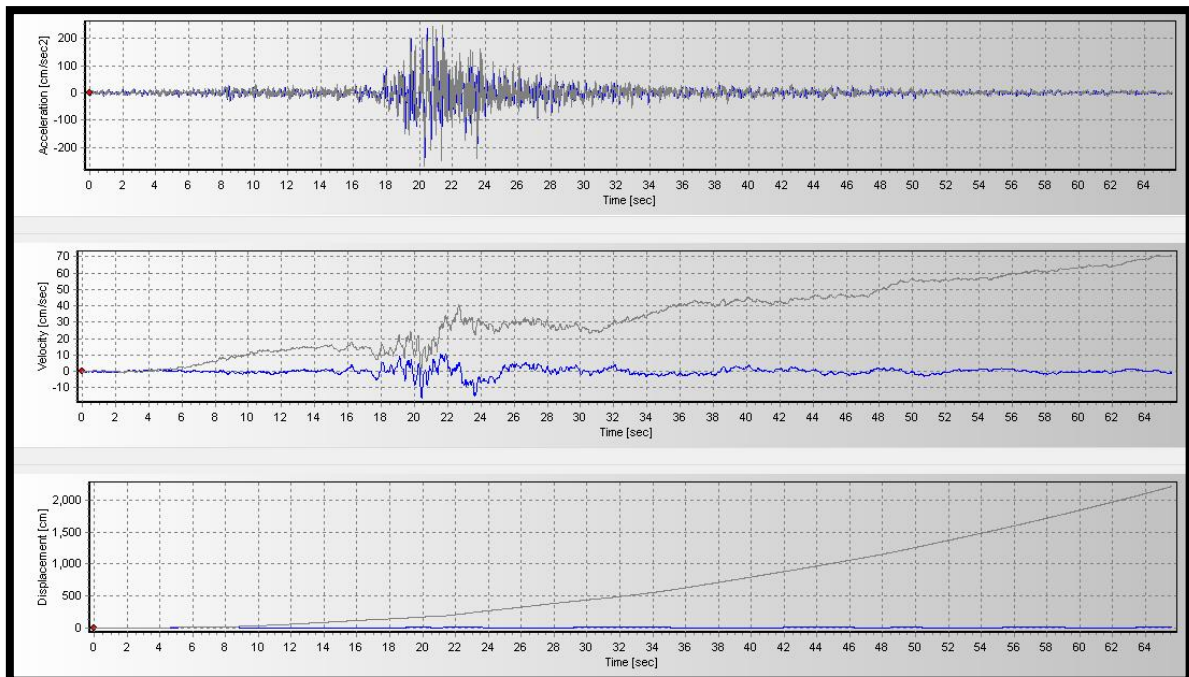


Figura N°14: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de lima en el año 1966. Línea gris: Registro no corregido.

Línea azul: Registro corregido.

Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

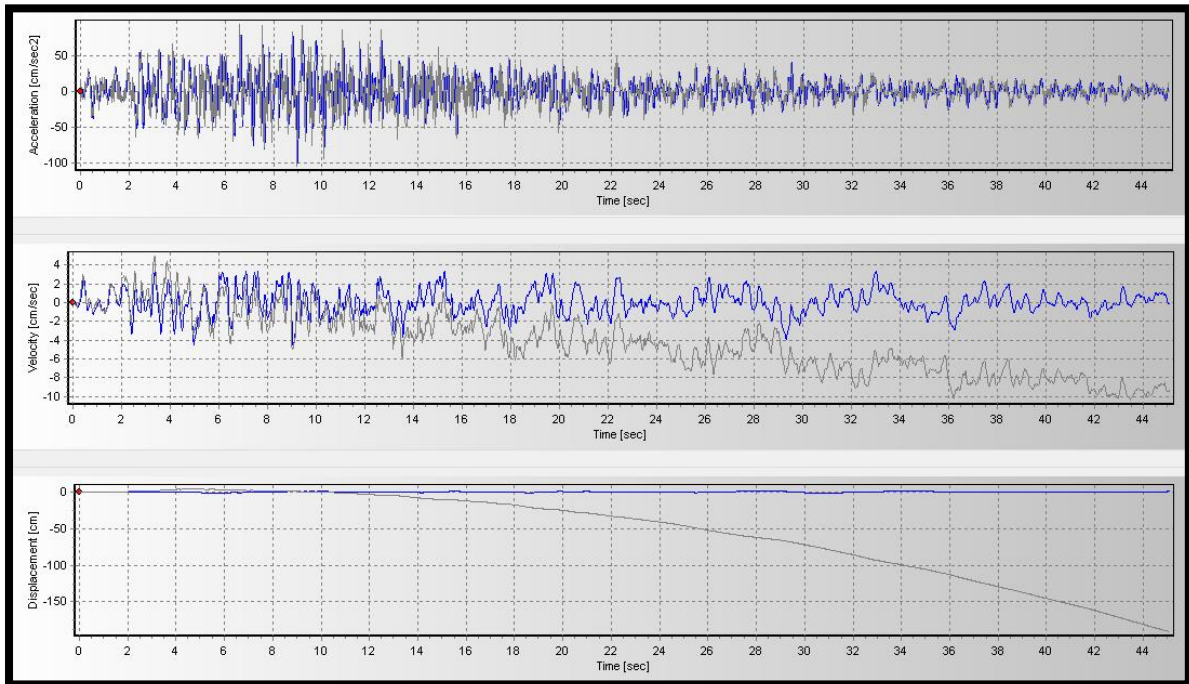


Figura N°15: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de huaraz en el año 1970. Línea gris: Registro no corregido. Línea azul: Registro corregido. Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

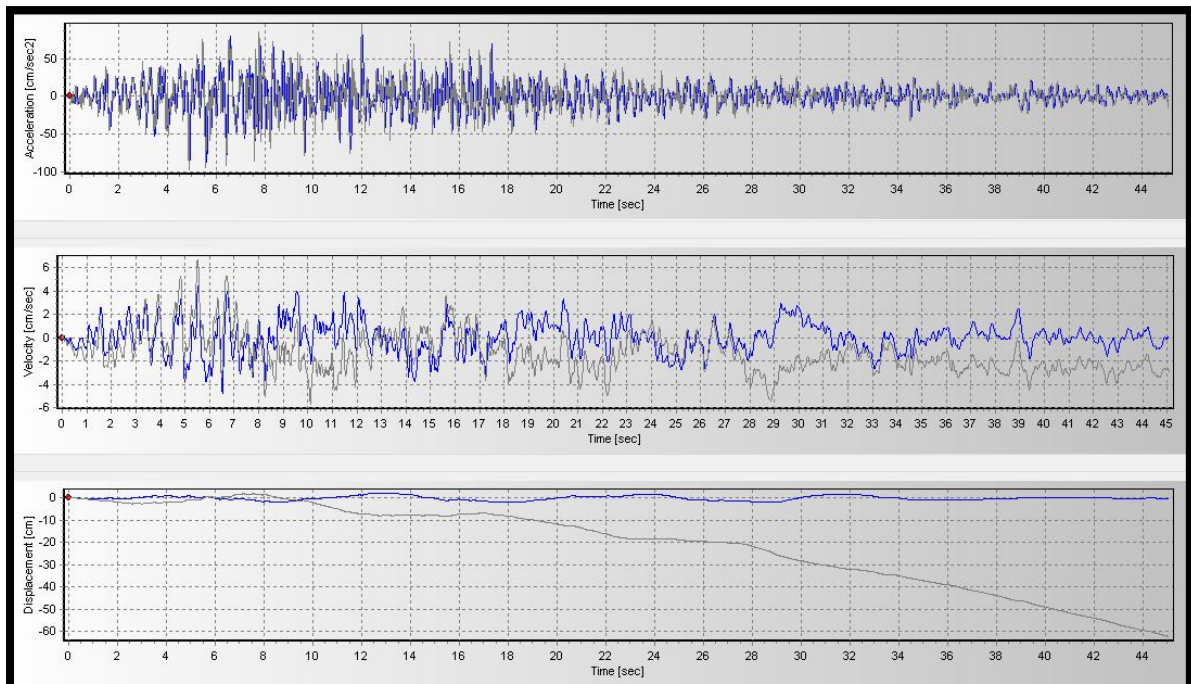


Figura N°16: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de huaraz en el año 1970. Línea gris: Registro no corregido. Línea azul: Registro corregido. Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

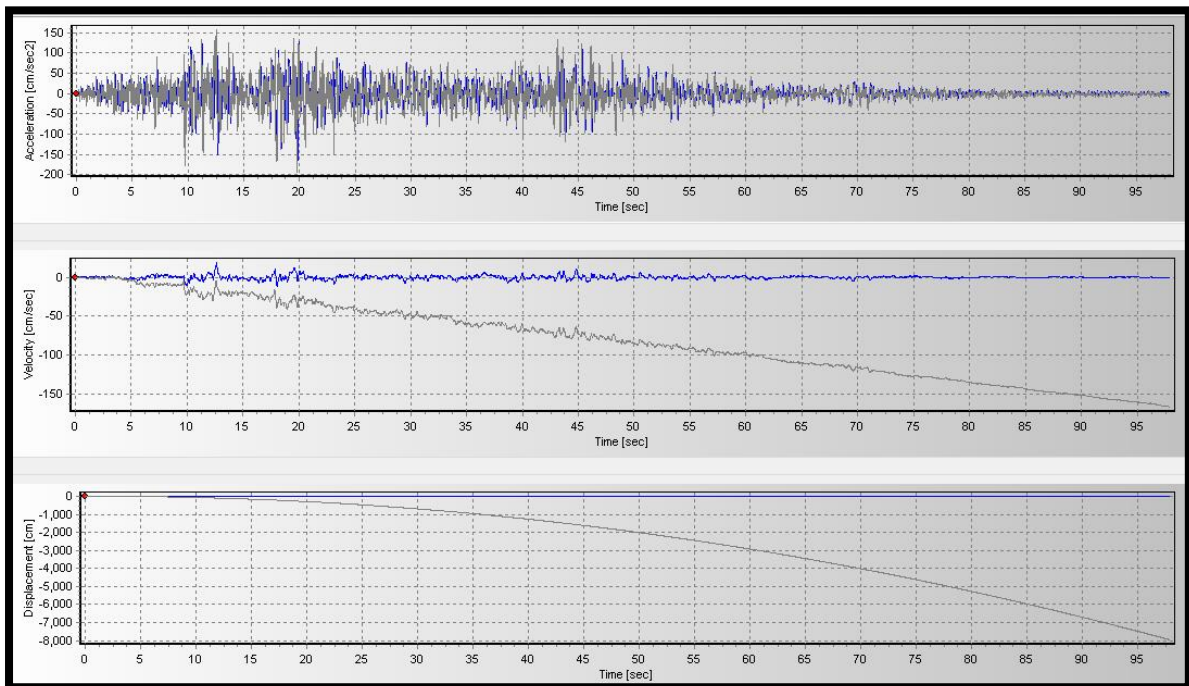


Figura N°17: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de lima en el año 1974. Línea gris: Registro no corregido. Línea azul: Registro corregido. Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

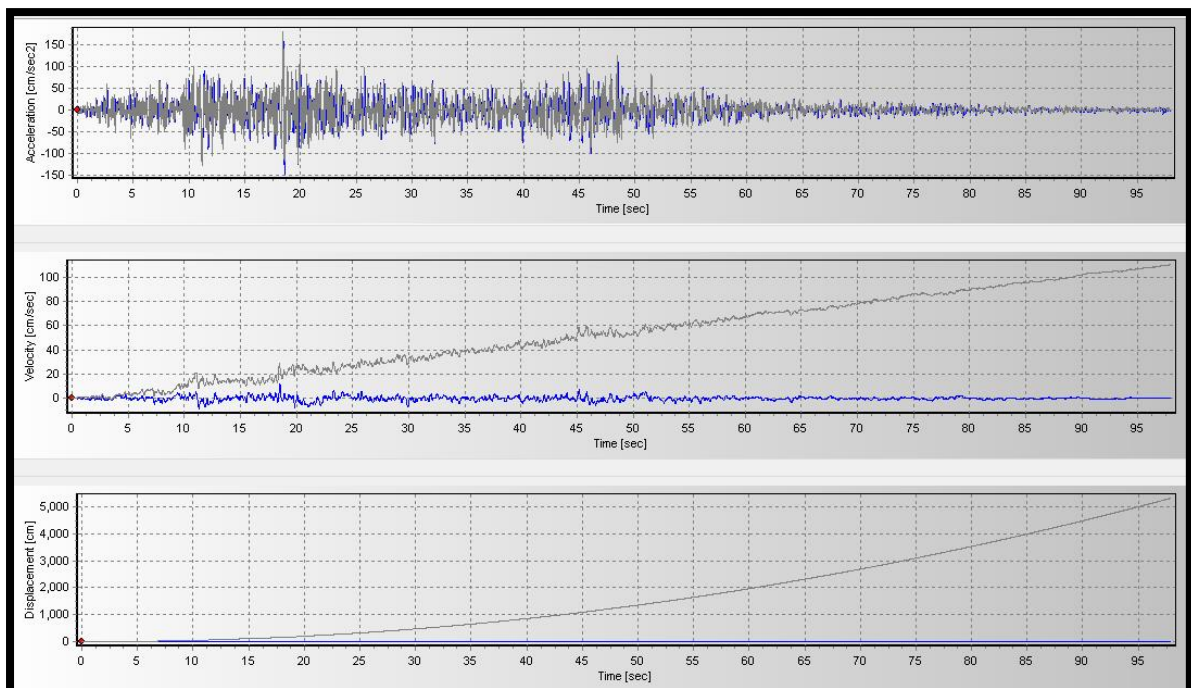


Figura N°18: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de lima en el año 1974. Línea gris: Registro no corregido. Línea azul: Registro corregido. Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

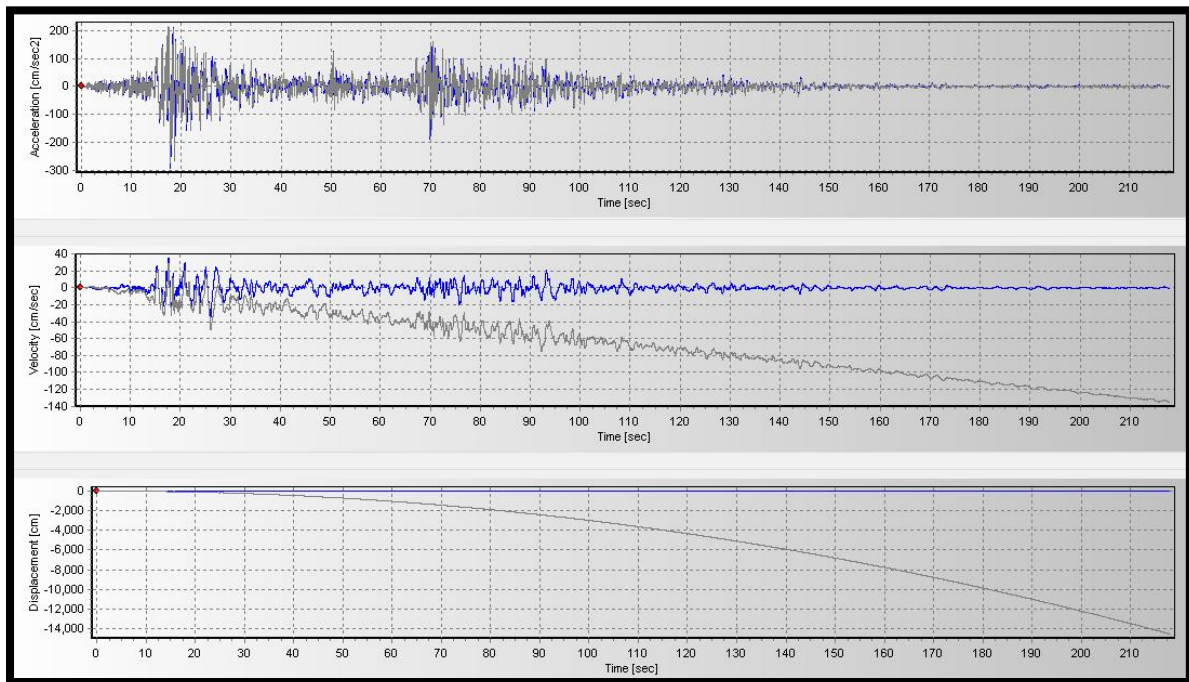


Figura N°19: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente EO del sismo de ica en el año 2007. Línea gris: Registro no corregido. Línea azul: Registro corregido.

Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

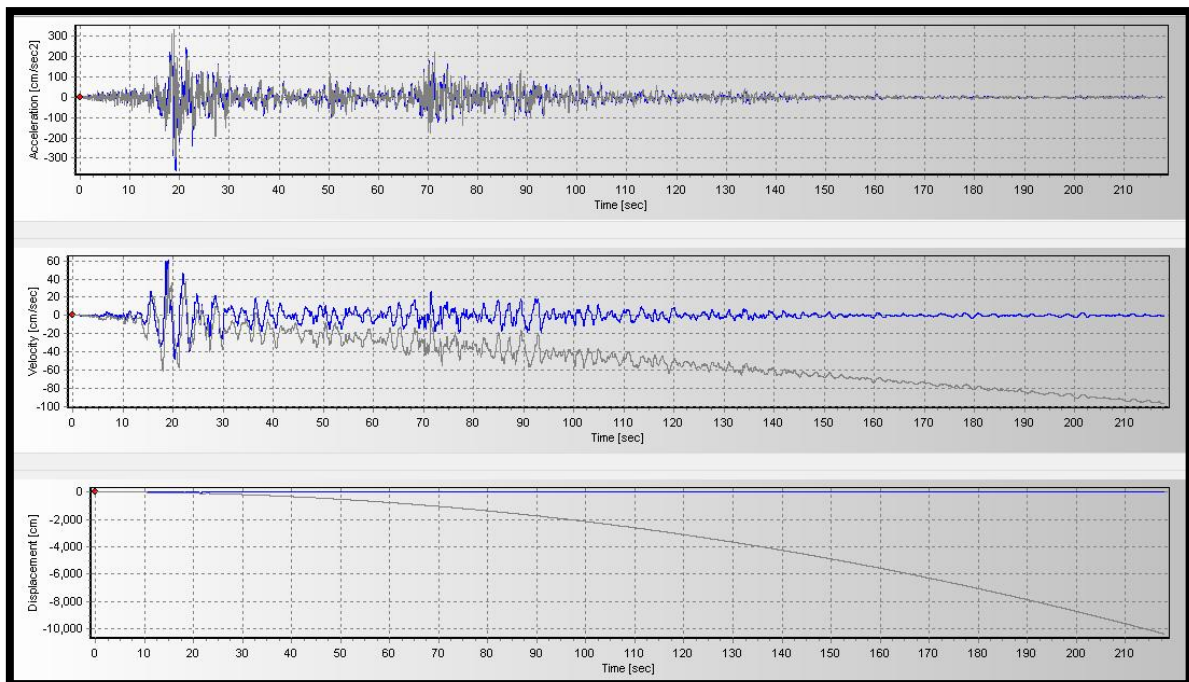


Figura N°20: Corrección por línea base y filtrado de ruido en la componente NS del sismo de ica en el año 2007. Línea gris: Registro no corregido. Línea azul: Registro corregido.

Fuente: SeismoSignal V 5.1.2.

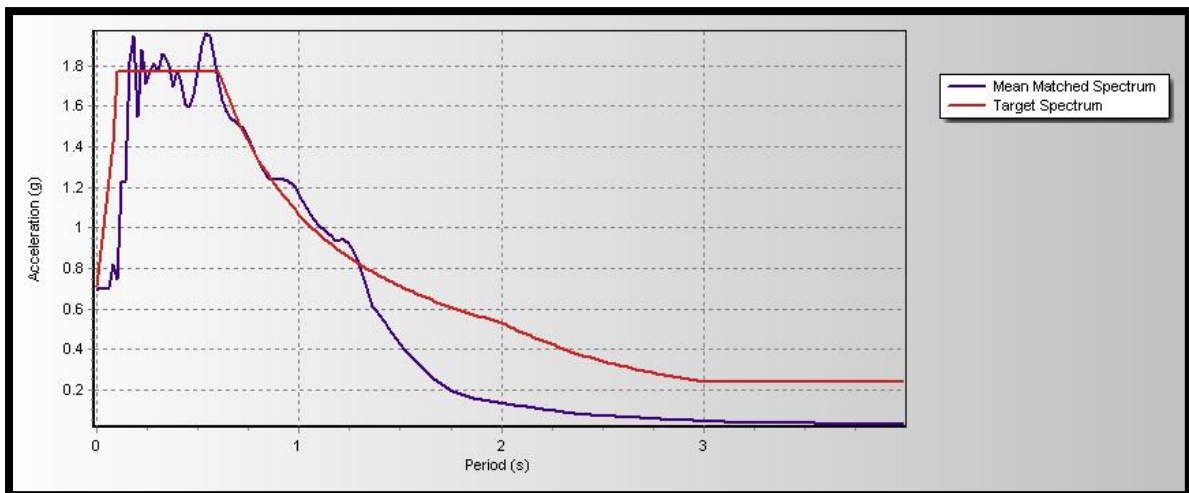
3.3.3. ESCALAMIENTO DE LOS REGISTROS SÍSMICOS

Los registros sísmicos serán escalados para que sus espectros de respuesta de pseudoaceleración coincidan con un espectro de respuesta objetivo.

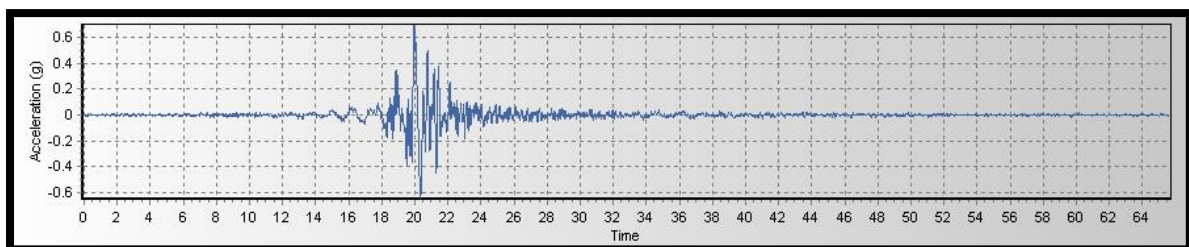
El espectro de respuesta objetivo será el espectro de diseño obtenida para una estructura de acuerdo a la norma E.030 “Diseño sismorresistente”

El escalamiento de los registros sísmicos se hará en el software SeismoMatch en su versión 1.3.0 educacional.

Escalamiento de registros para la estructura con irregularidad en altura:



*Figura N°21: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima en el año 1966. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°22: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1966.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*

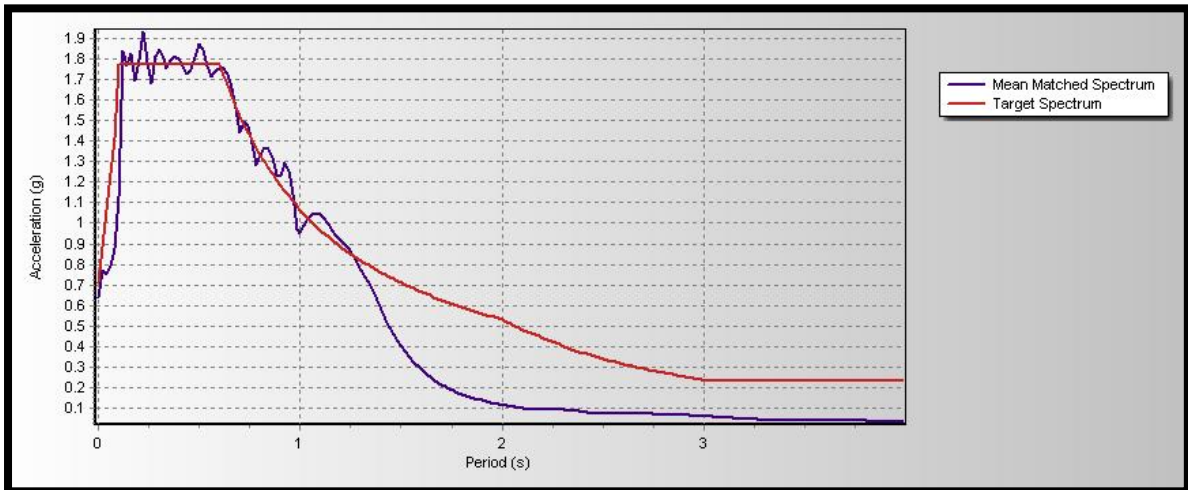


Figura N°23: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1966. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.

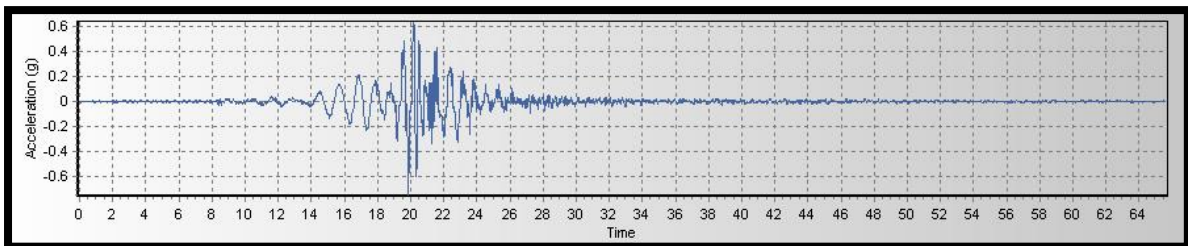


Figura N°24: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1966.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.

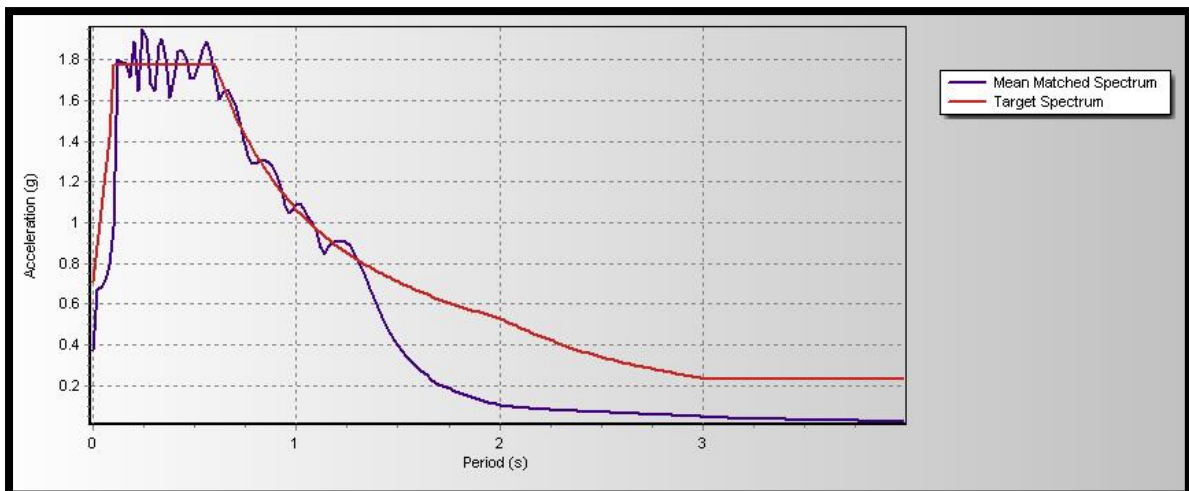
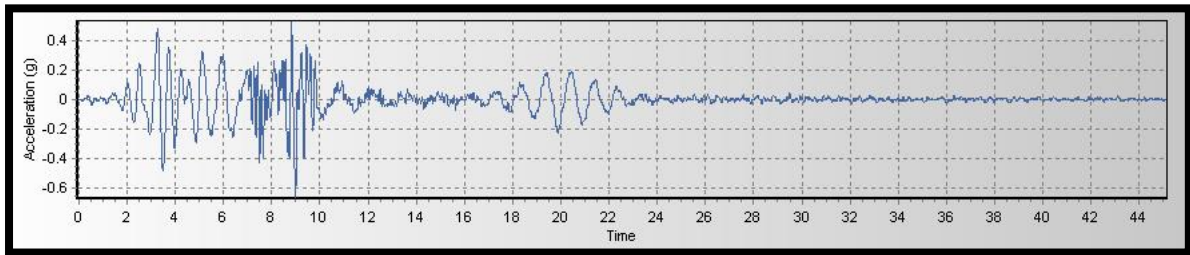
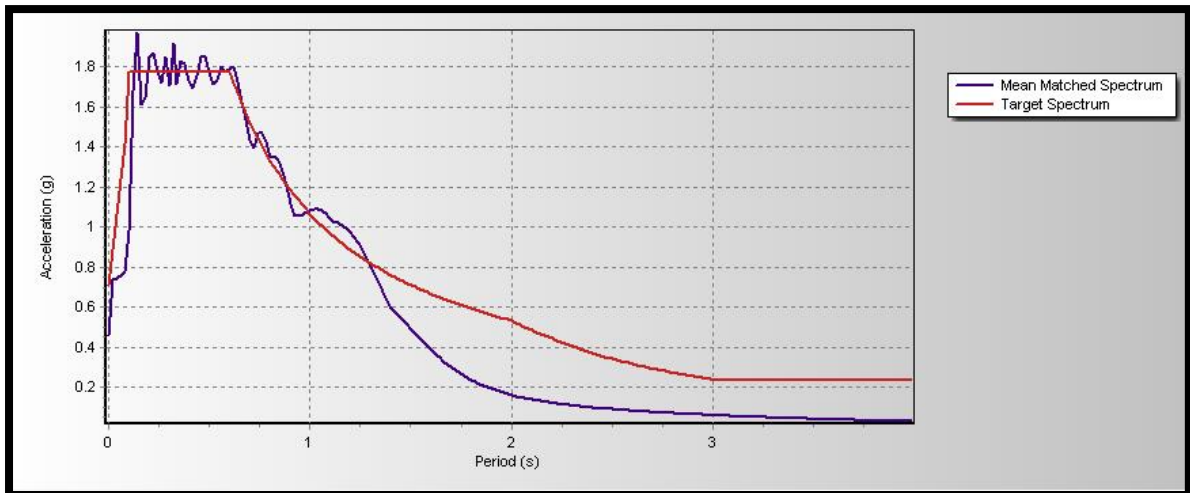


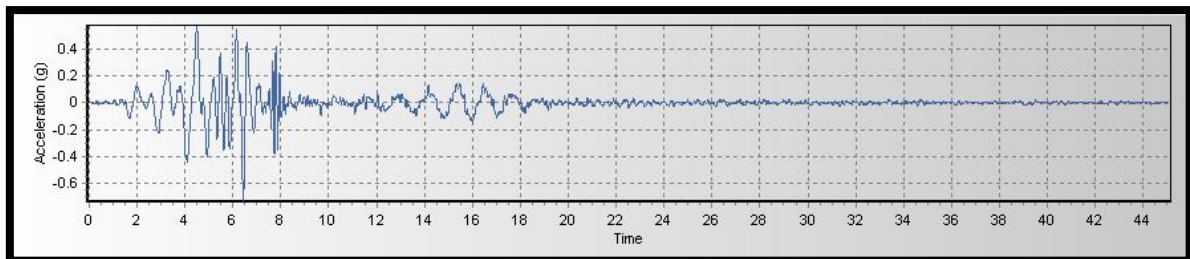
Figura N°25: Escalamiento en la componente EO del sismo de huaraz en el año 1970. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.



*Figura N°26: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de huaraz en el año 1970.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°27: Escalamiento en la componente NS del sismo de huaraz en el año 1970. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°28: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de huaraz en el año 1970.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*

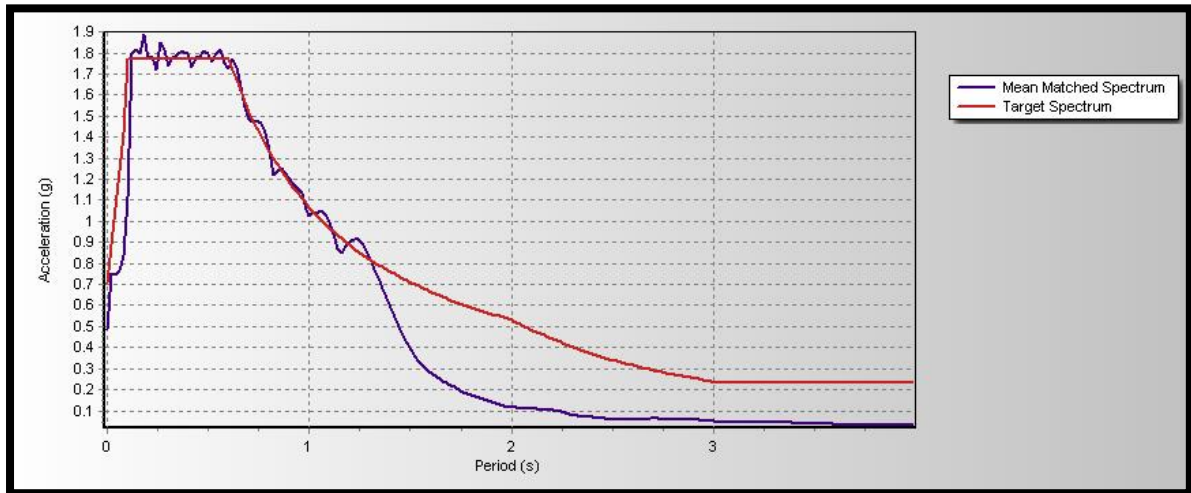


Figura N°29: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima en el año 1974. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.

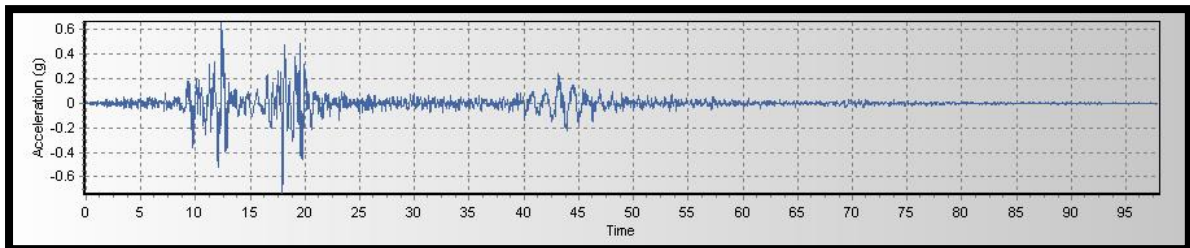


Figura N°30: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1974.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.

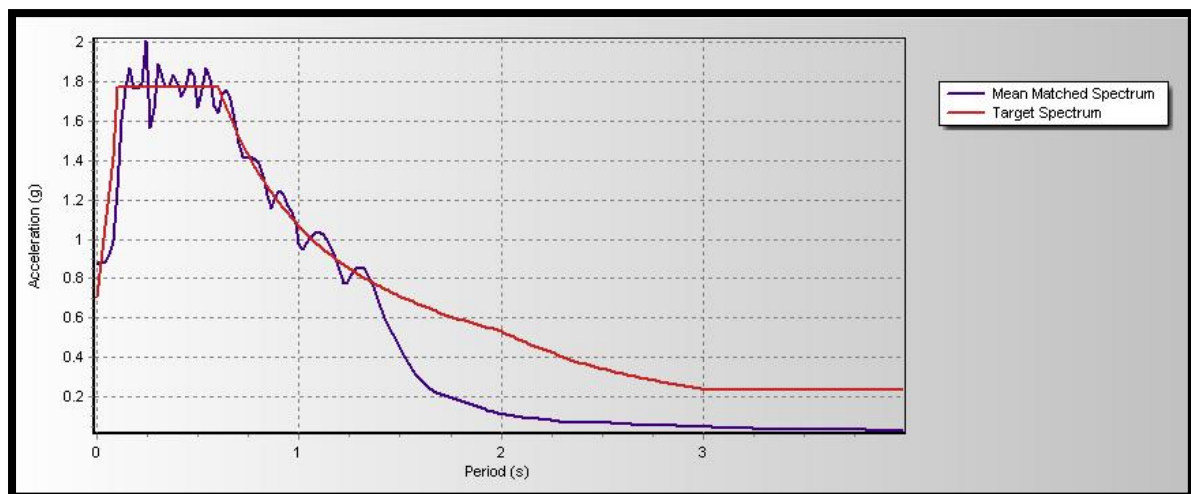
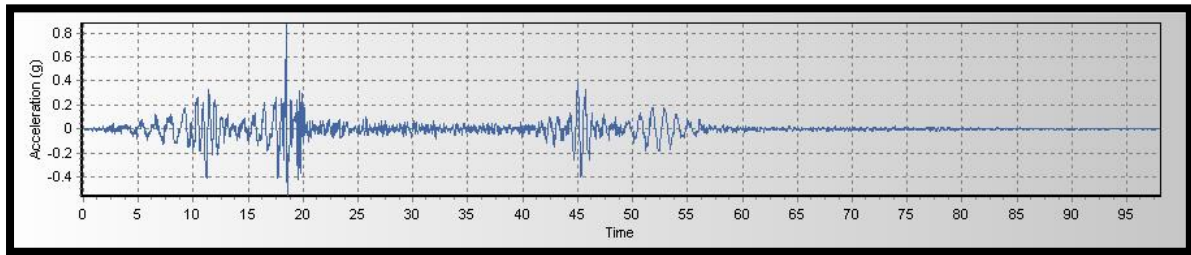
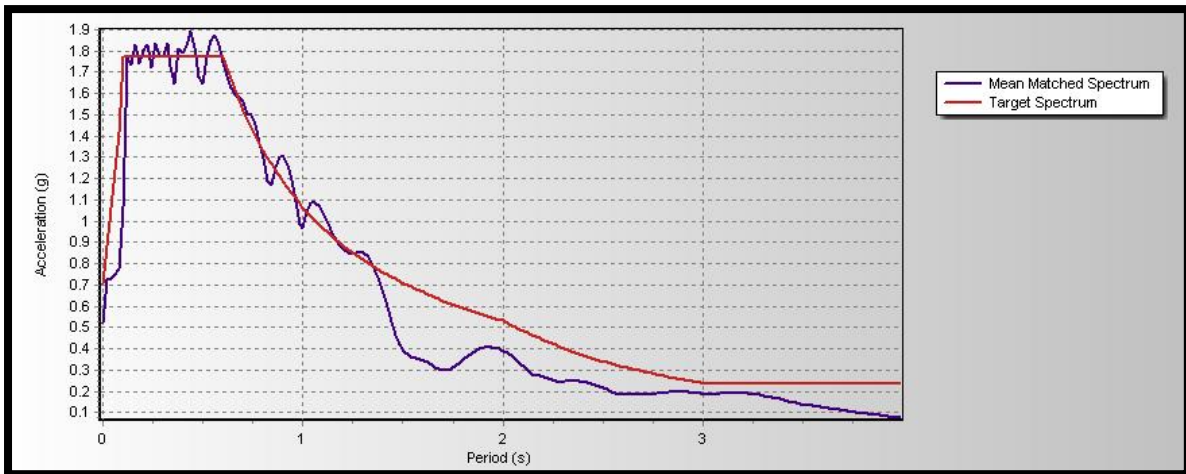


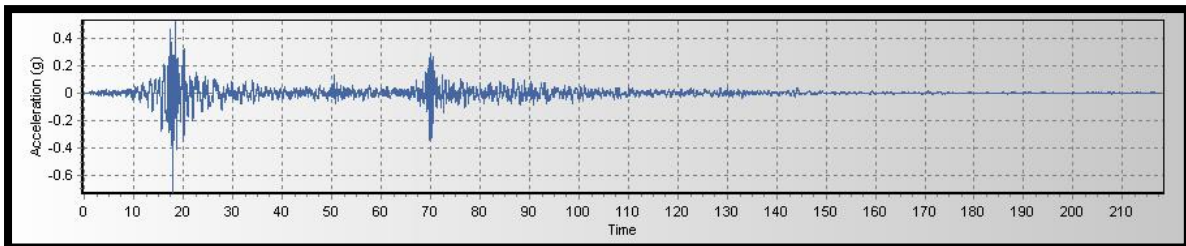
Figura N°31: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1974. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.



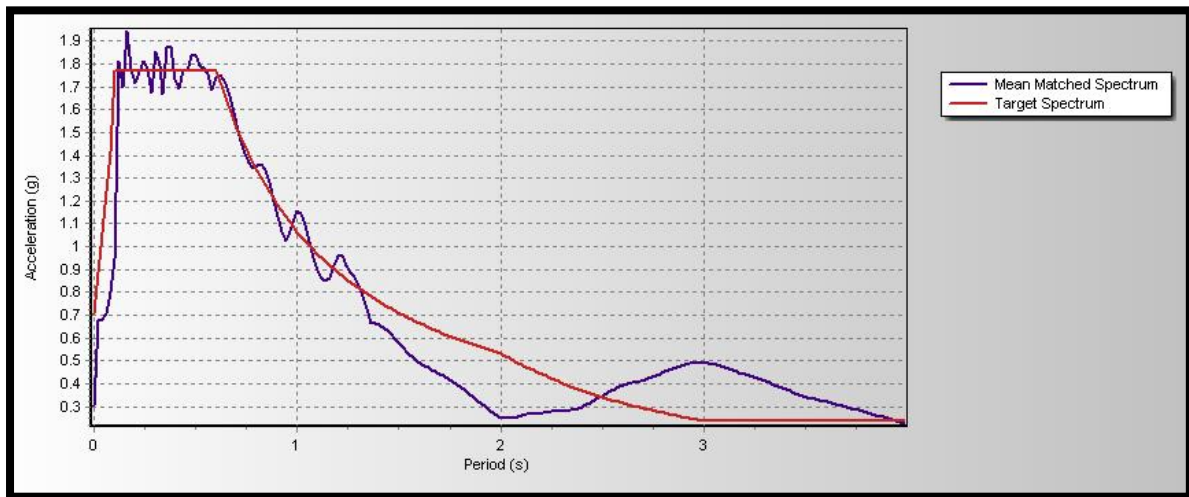
*Figura N°32: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1974.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



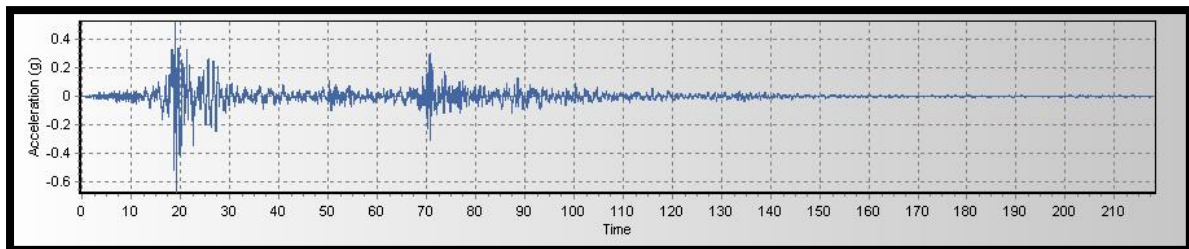
*Figura N°33: Escalamiento en la componente EO del sismo de ica en el año 2007. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°34: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de ica en el año 2007.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°35: Escalamiento en la componente NS del sismo de ica en el año 2007. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°36: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de ica en el año 2007.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*

Escalamiento de registros para la estructura con irregularidad en Planta:

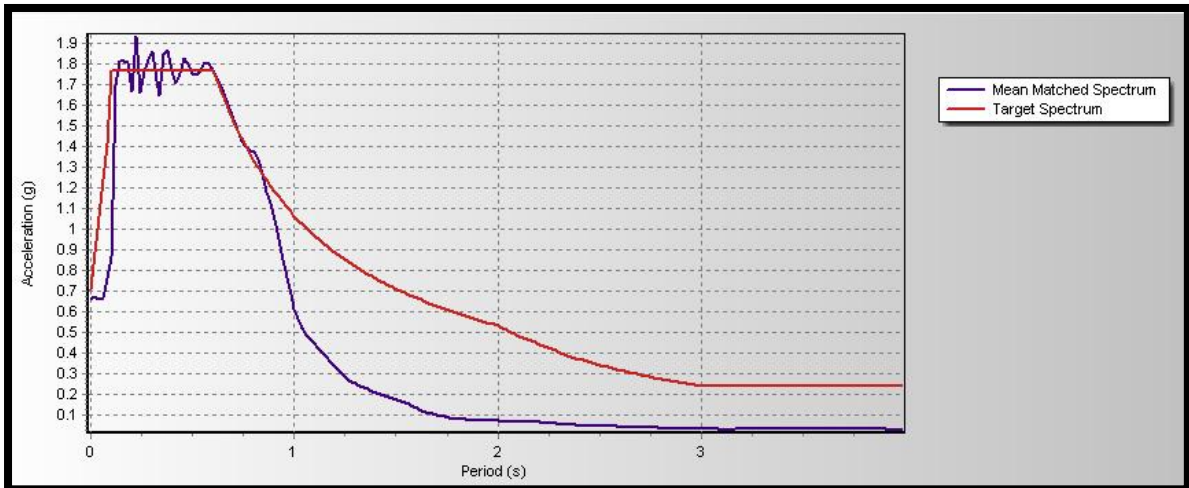


Figura N°37: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima en el año 1966. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.

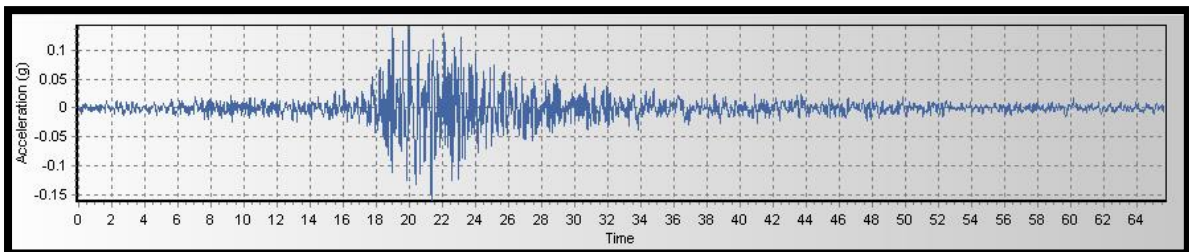
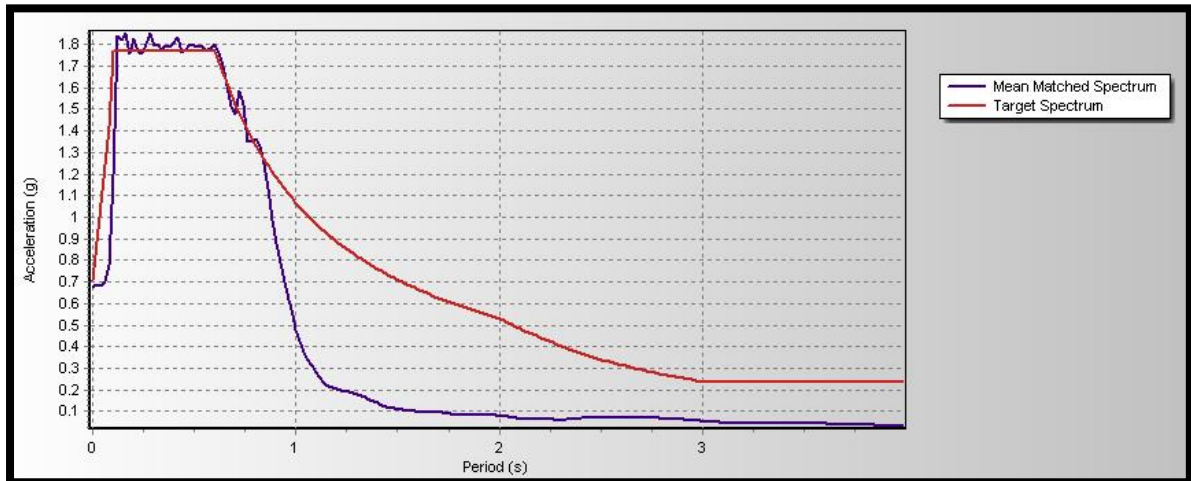
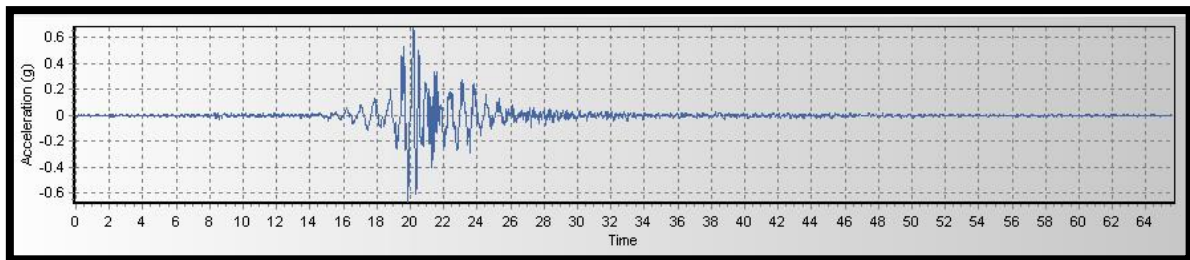


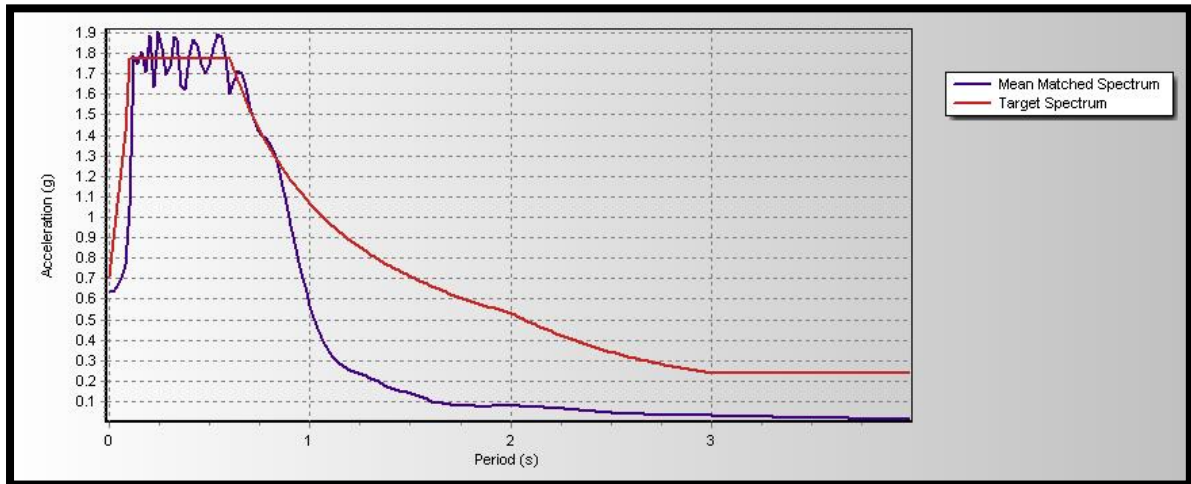
Figura N°38: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1966.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.



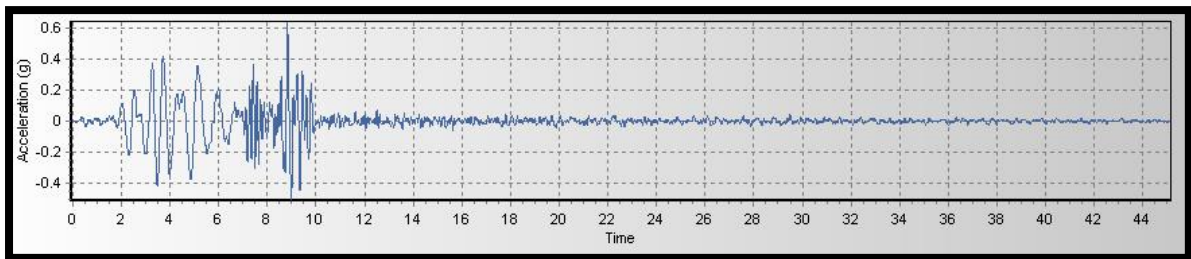
*Figura N°39: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1966. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



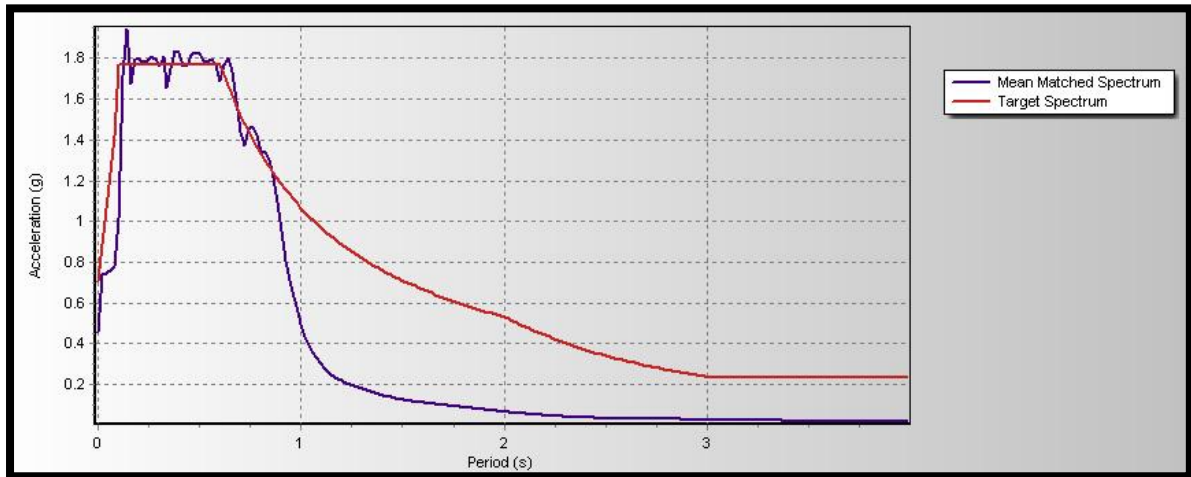
*Figura N°40: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1966.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



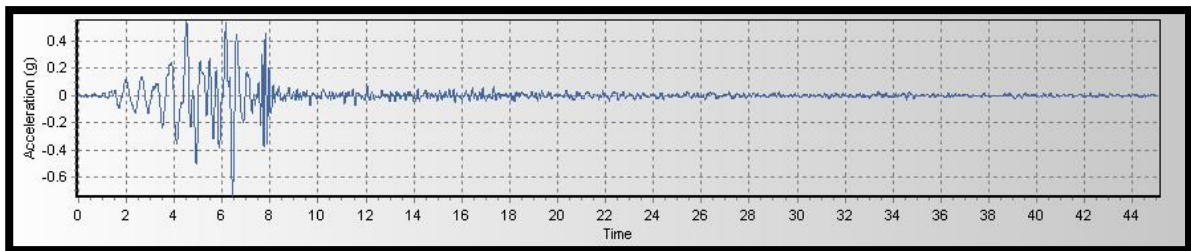
*Figura N°41: Escalamiento en la componente EO del sismo de Huaraz en el año 1970. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



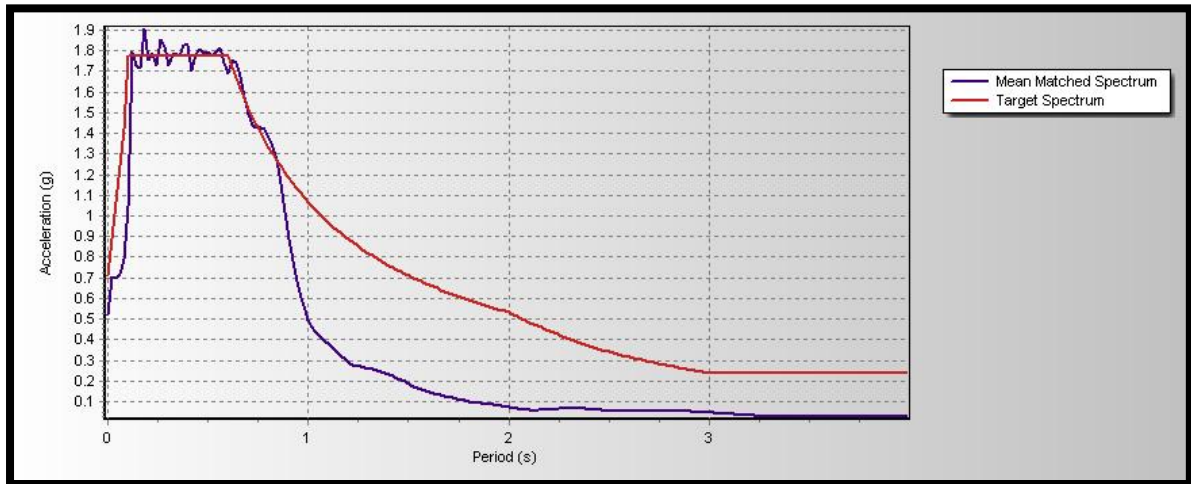
*Figura N°42: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de Huaraz en el año 1970.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



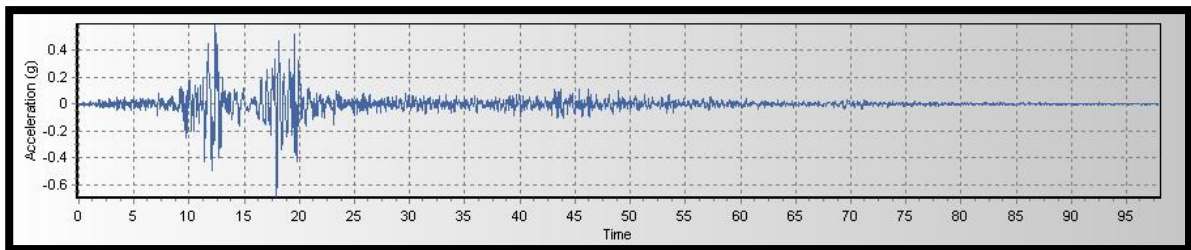
*Figura N°43: Escalamiento en la componente NS del sismo de Huaraz en el año 1970. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



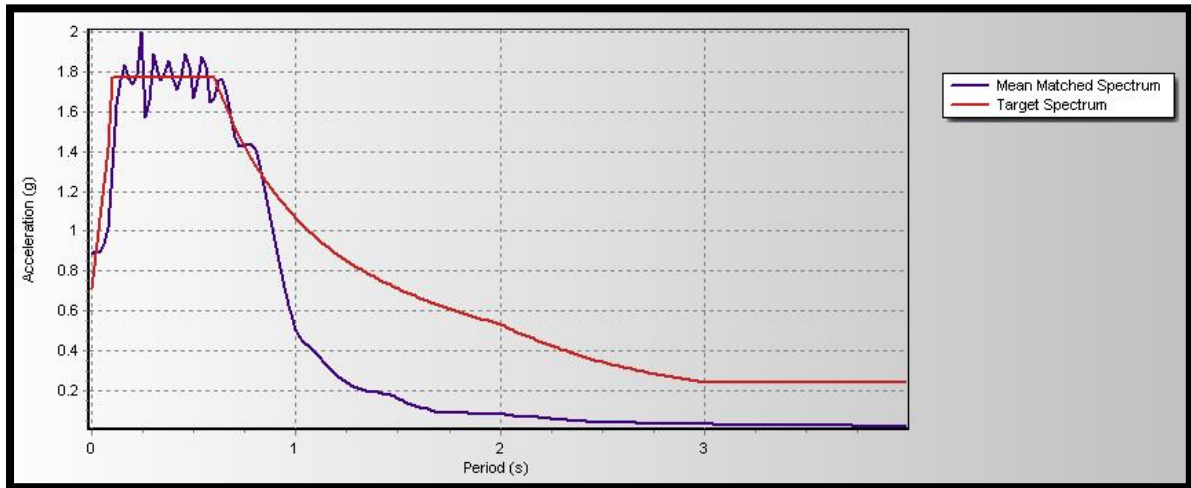
*Figura N°44: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de Huaraz en el año 1970.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



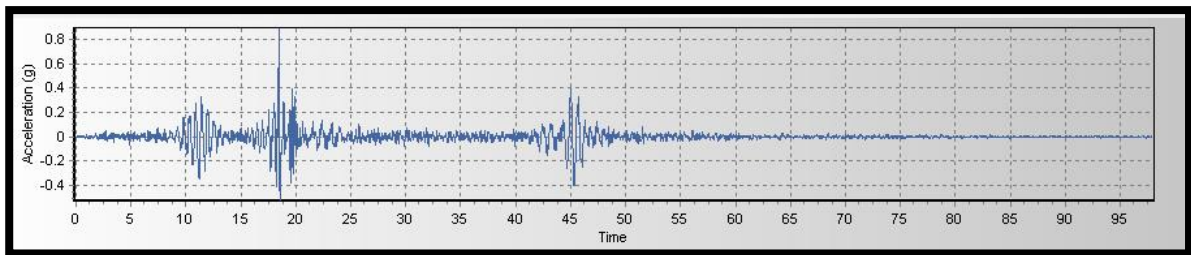
*Figura N°45: Escalamiento en la componente EO del sismo de lima en el año 1974. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



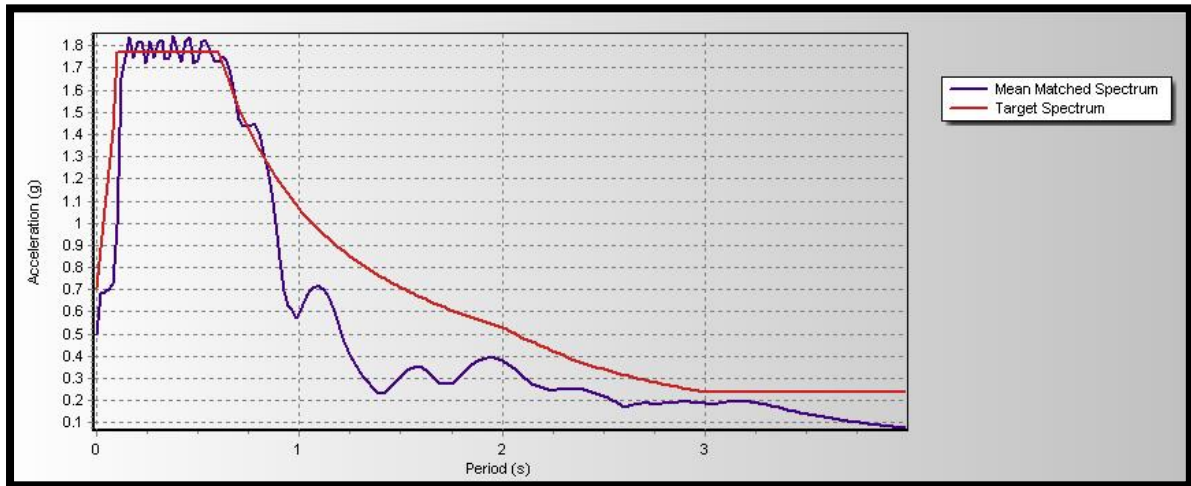
*Figura N°46: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de lima en el año 1974.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



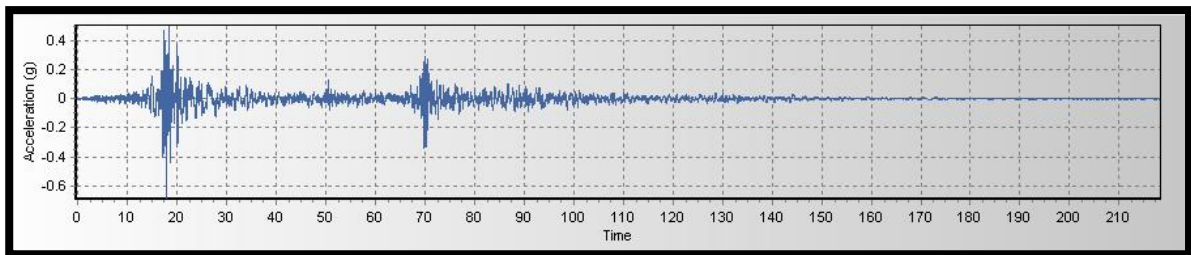
*Figura N°47: Escalamiento en la componente NS del sismo de lima en el año 1974. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



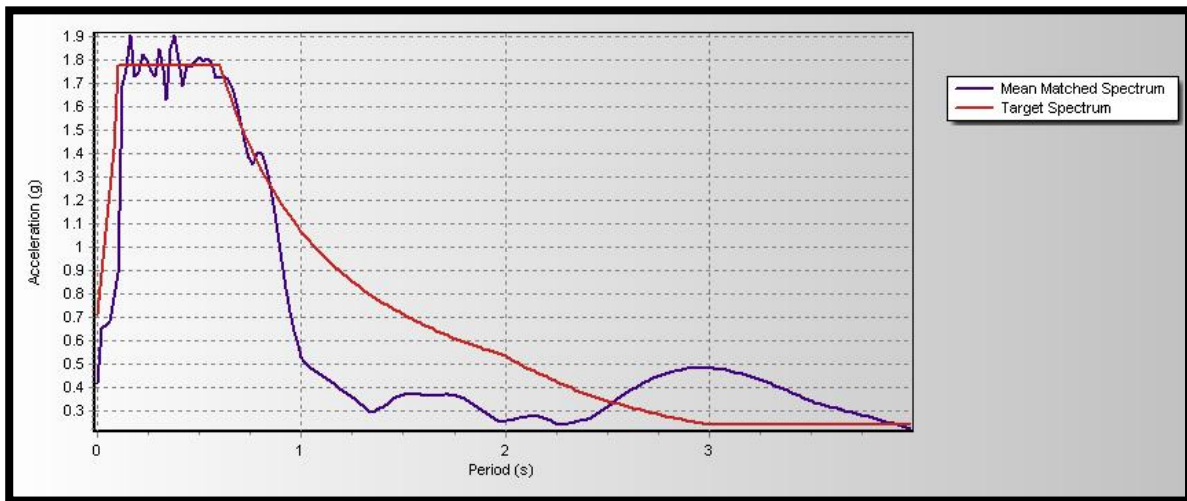
*Figura N°48: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de lima en el año 1974.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



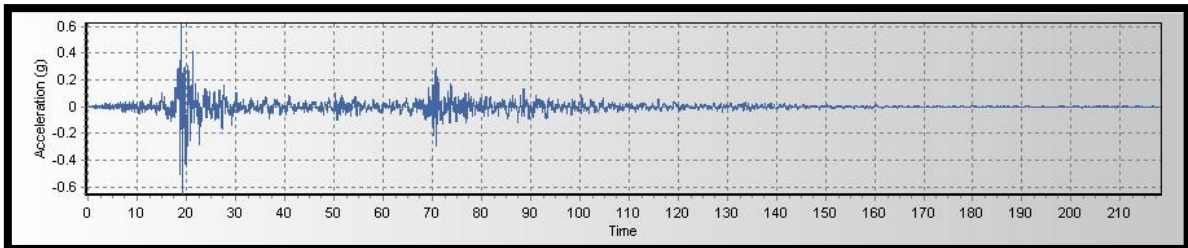
*Figura N°49: Escalamiento en la componente EO del sismo de Ica en el año 2007. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°50: Escalamiento del acelerograma en la componente EO del sismo de Ica en el año 2007.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°51: Escalamiento en la componente NS del sismo de Ica en el año 2007. Línea roja: Espectro objetivo. Línea azul: Espectro escalado.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*



*Figura N°52: Escalamiento del acelerograma en la componente NS del sismo de Ica en el año 2007.
Fuente: SeismoMatch V 1.3.0.*

CAPITULO 4: ANÁLISIS SÍSMICO TIEMPO-HISTORIA

4. ANÁLISIS SÍSMICO TIEMPO-HISTORIA

4.1 ÁNGULOS DE INCIDENCIA Y ESTRUCTURAS ANALIZADAS

Se consideró 2 tipos de estructuras, a las cuales se les ha aplicado un análisis sísmico tiempo-historia usando los 4 registros sísmicos mencionados en capítulo 3.

Para cada caso de análisis tiempo-historia se mantuvo la configuración estructural, los registros sísmicos y el método para obtener la respuesta del análisis utilizado en las comparaciones, es decir, en todos los casos se tomó la respuesta máxima de la estructura (desplazamientos máximos y distorsiones máximas).

En las estructuras se realiza el Análisis Lineal de Historia-Tiempo y se utilizan casos de análisis, teniendo en cuenta ángulos de incidencia cada 10 °, es decir, de 0 ° a 360 °, y 4 registros sísmicos. En total habrá 2 modelos estructurales con 37 casos de análisis y 4 registros sísmicos.

4.2 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA

Se tiene en cuenta la Norma E.030 para el procedimiento de análisis.

4.2.1 ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA LINEAL

El análisis Tiempo-Historia Lineal se realiza siguiendo los pasos mencionados a continuación:

- El registro sísmico con direcciones E-O y N-S se obtendrá a través de la REDACIS de acuerdo con el procedimiento de selección descrito anteriormente. Estos registros son directos para un proceso de corrección.
- El registro sísmico se corregirá según su línea base y filtrado de ruidos en frecuencias inferiores a 0.10 Hz y superiores a 25 Hz
- El espectro de diseño(objetivo) se obtendrá con parámetros sísmicos en función de la estructura a analizar, al cual se ajustará a los espectros de respuesta obtenidos de los registros sísmicos corregidos.



$$Sa_{obj.} = \frac{ZUSC}{R} g$$

- El espectro de respuesta del registro sísmico se obtendrá a través del escalamiento para que las pseudoaceleraciones coincidan con el espectro objetivo.
- El rango de ajustes dependerá del periodo fundamental de la estructura(T), siendo este rango 0.2T; 1.5T.
- Para poder definir T, se debió previamente haber modelado la estructura incluyendo las cargas de gravedad y se incluirá los registros sísmicos corregidos.
- Este procedimiento se llevará a cabo para los 4 registros sísmicos obtenidos de la REDACIS.
- Para cada registro sísmico, existen 2 componentes, que se incluirán en un mismo análisis (bidireccionalidad) y se rotarán cada 10 ° de 0 ° a 360 °.
- Los desplazamientos del centro de masa (CM) y derivas de entrepiso obtenidas deberán ser multiplicados por 0.85R para las estructuras irregulares.
- Se obtendrá los resultados finales: derivas de entrepiso, momento de volteo y cortante en la base.

4.3 DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y RESPUESTAS DE LAS ESTRUCTURAS

Las dos estructuras se definieron para que los resultados se puedan obtener en ambas direcciones, además de presentar irregularidad geométrica vertical y torsión.

La primera estructura tendrá un sistema de muros estructurales en ambas direcciones, pero será irregular en altura en la dirección X-X y Y-Y según norma E.030.

La segunda estructura tendrá un sistema estructural aporricado en ambas direcciones, pero será irregular en planta en la dirección X-X y Y-Y según norma E.030.

El espectro de respuesta de los 4 registros sísmicos para las 2 estructuras se obtuvo de acuerdo con el procedimiento de análisis tiempo-historia lineal, indicado anteriormente.

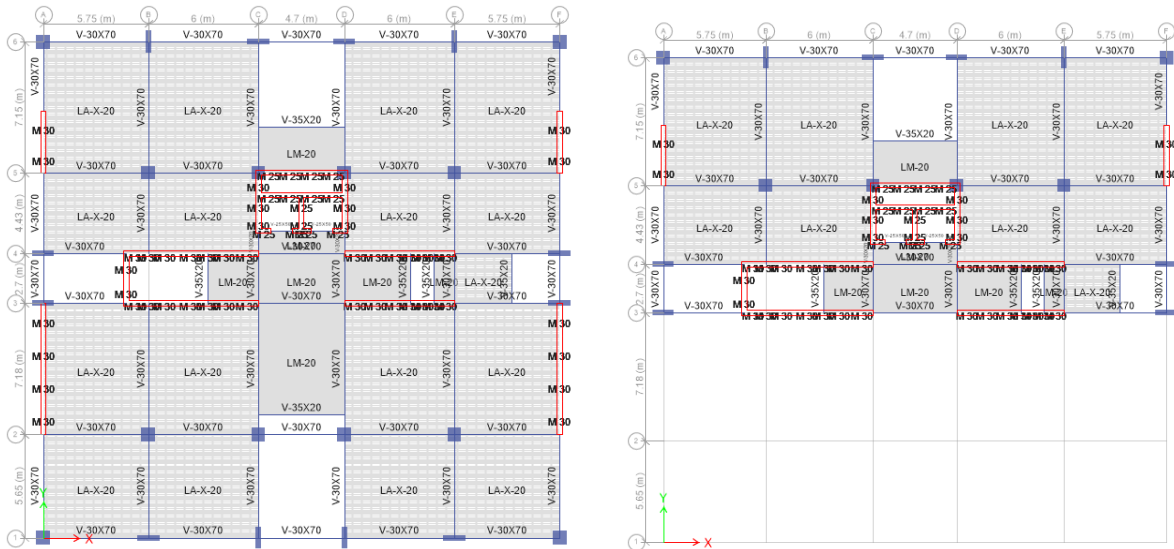


Figura N°53: Modelo estructural de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.

Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1

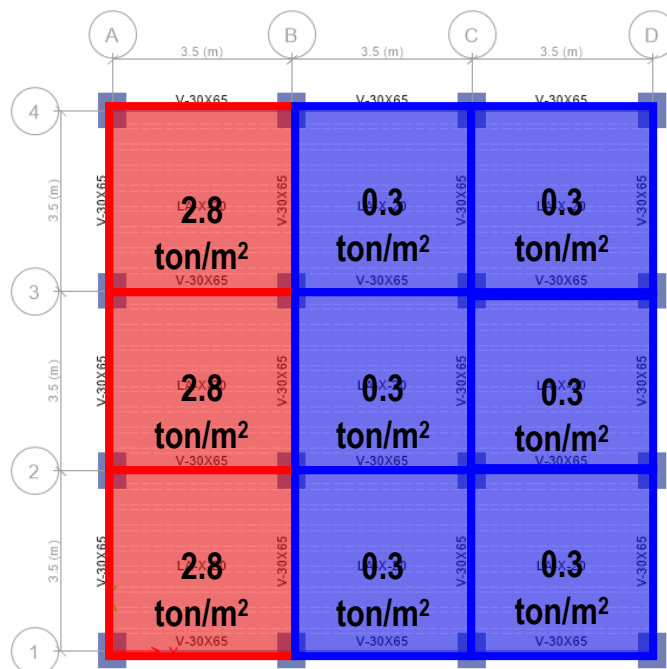


Figura N°54: Modelo estructural de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.

Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1



4.3.1 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA

Se consideró una primera estructura que presenta una irregularidad estructural en altura para las dos direcciones, para lo cual se realizó un análisis tiempo-historia lineal con los 4 registros sísmicos mencionados anteriormente.

Las características de la primera estructura son las siguientes:

- Sistema estructural de muros estructurales en ambas direcciones.
- 14 pisos de 3.20m de altura en cada piso.
- Placas de 0.25m y 0.30m de espesor en todos los pisos.
- Columnas de 0.75m x 0.75m y 0.3m x 1.20m en todos los pisos.
- Vigas peraltadas de 0.30m x 0.70m y 0.25m x 0.50m en todos los pisos.
- Vigas chatas de 0.35m x 0.20m y 0.30m x 0.20m en todos los pisos.
- Losas aligeradas y macizas de 0.20m de espesor en todos los pisos.
- 6 ejes estructurales en cada dirección desde el primer hasta el décimo piso, comprendiendo un área de 764.58m².
- 6 ejes estructurales en la dirección X-X y 4 ejes estructurales en la dirección Y-Y desde el onceavo hasta el catorceavo piso, comprendiendo un área de 407.04m².
- Módulo de elasticidad: $E = 217370.65$ ($f'c=210$ kg/cm²)

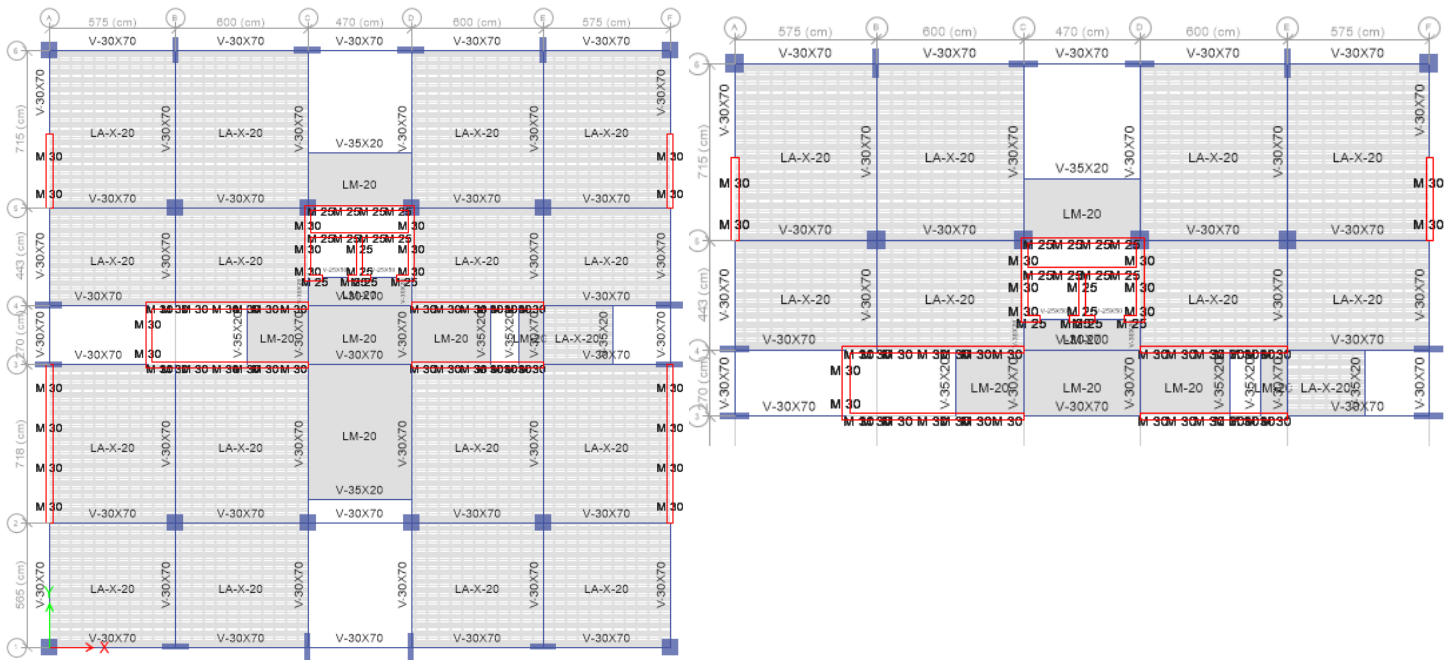


Figura N°55: Modelo en planta de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.

Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1

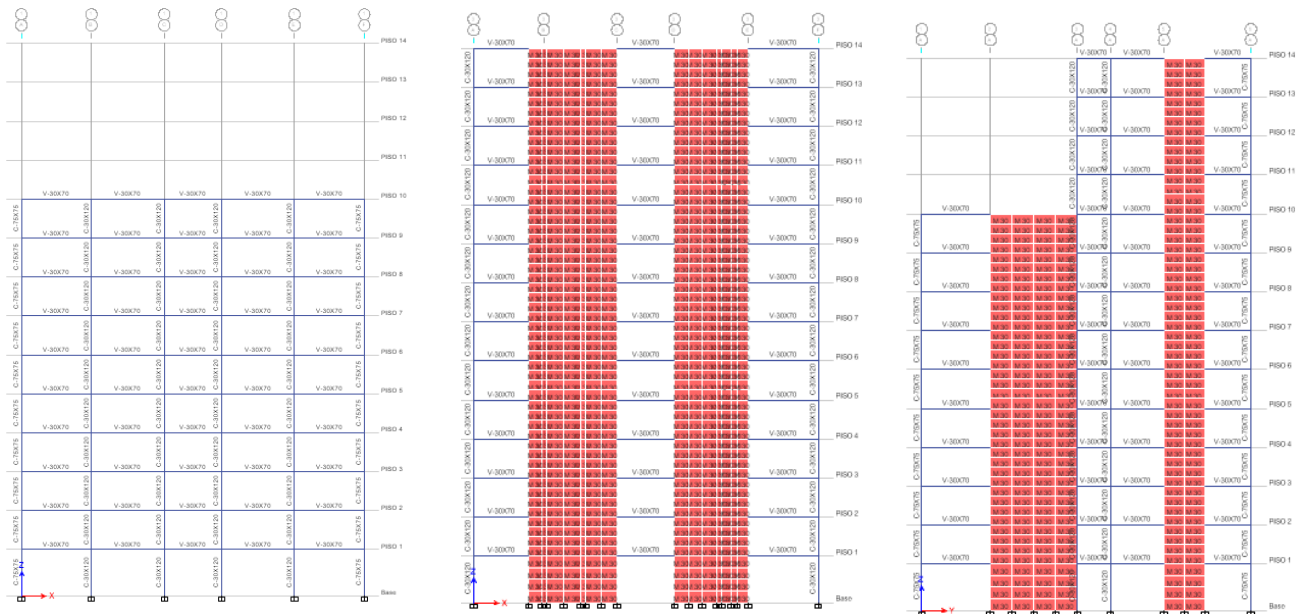


Figura N°56: Modelo en elevación de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.

Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1

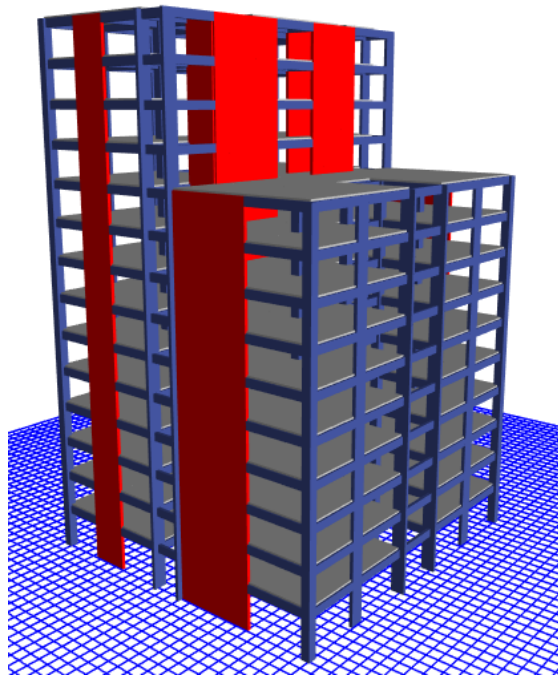


Figura N°57: Modelo 3D de la primera estructura con irregularidad estructural en altura.

Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1

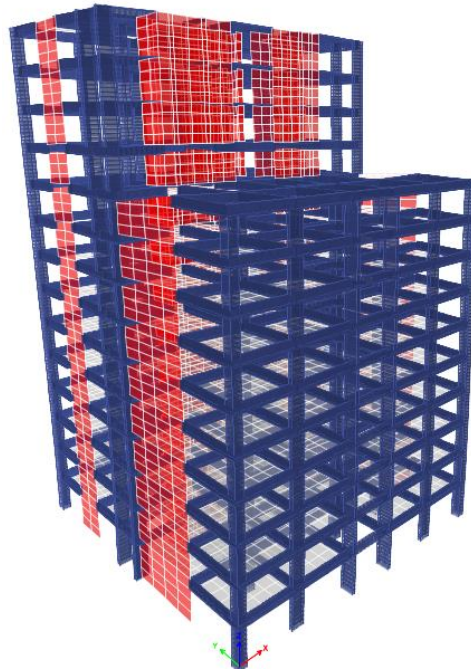
Se realizó un análisis modal considerando un diafragma rígido y 3GDL por piso.

El primer modo de vibración de la estructura es traslacional y predominante en la dirección Y-Y. El segundo modo de vibración de la estructura es traslacional y predominante en la dirección X-X. El tercer modo de vibración de la estructura es rotacional alrededor del eje Z. Se han considerado modos de vibración que superan el 90% de la suma de las masas efectivas en cada dirección.

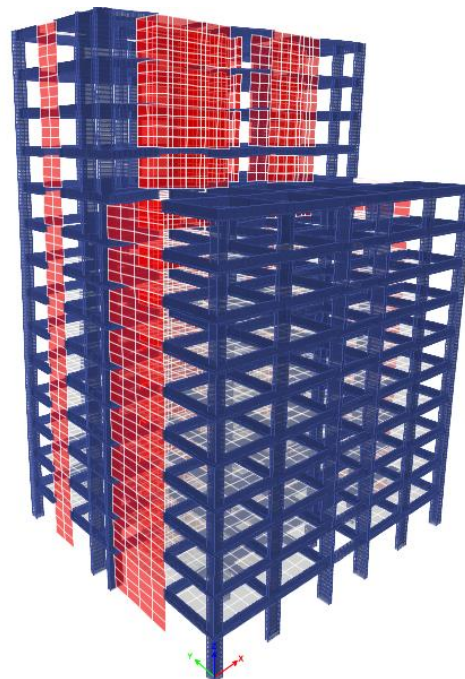
MODO	PERIODO (s)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)	SUM UX (%)	SUM UY (%)	SUM RZ (%)
1	0.898	0.97	65.91	2.19	0.97	65.91	2.19
2	0.724	66.52	1.71	2.87	67.49	67.62	5.06
3	0.680	3.27	1.41	66.04	70.76	69.03	71.11
4	0.273	0.06	13.28	0.75	70.82	82.31	71.85
5	0.216	0.31	1.35	10.66	71.14	83.66	82.51
6	0.204	15.42	0.1	0.13	86.56	83.76	82.65
7	0.139	0.00	7.4	0.54	86.57	91.16	83.18
8	0.099	6.45	0.01	0.24	93.01	91.17	83.42

Tabla N°8: Modos de vibración, periodos y masas participativas de la primera estructura.

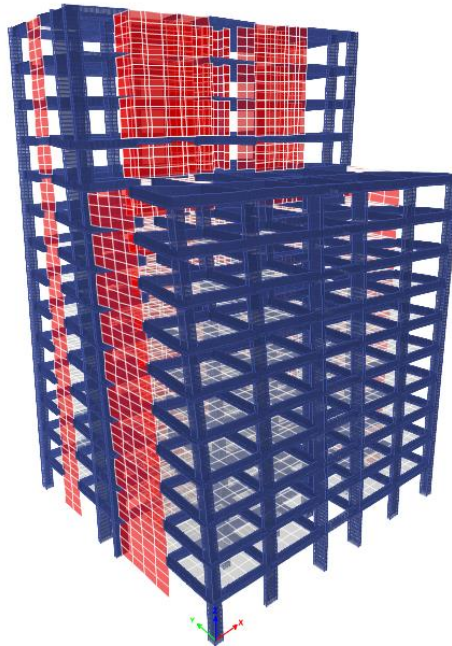
Elaboración propia



*Figura N°58: Modo de vibración en la dirección Y-Y.
Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*



*Figura N°59: Modo de vibración en la dirección X-X.
Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*



*Figura N°60: Modo de vibración alrededor del eje Z.
Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*

Después de obtener las características dinámicas de la estructura, se realiza el escalamiento del espectro de respuesta al espectro objetivo (espectro de diseño según norma E.030).

Posteriormente se hizo un análisis Tiempo-Historia Lineal con los registros sísmicos mencionados anteriormente haciéndolos girar a cada 10° . De esta forma además se realizó un análisis Modal Espectral con el espectro objetivo correspondiente a la Norma E.030.

Finalmente se obtuvieron las respuestas por cada variación de ángulo, siendo este el ángulo de incidencia.

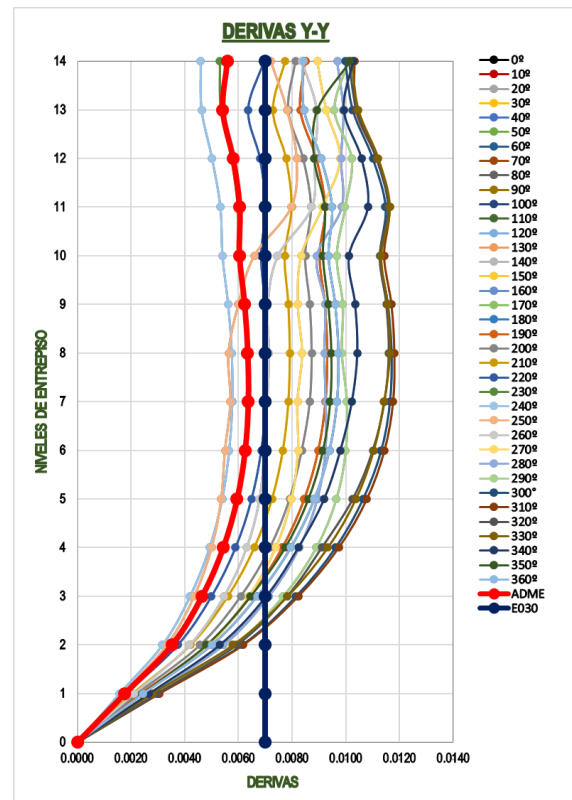
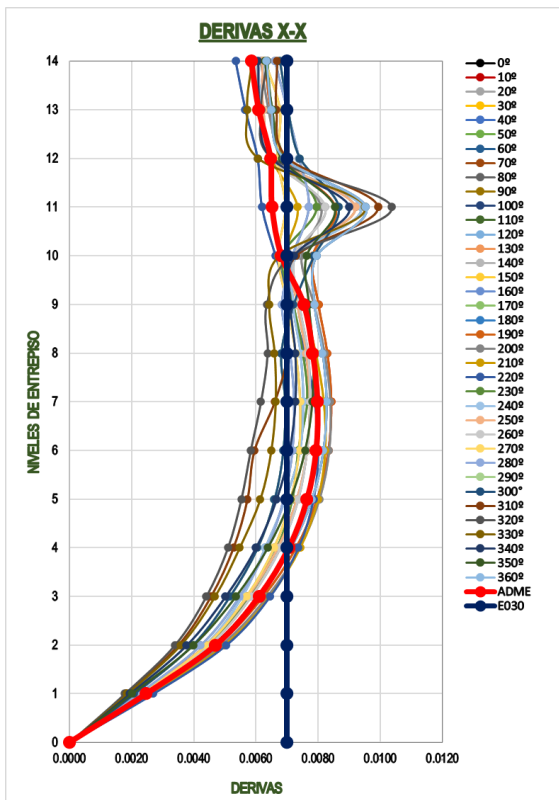
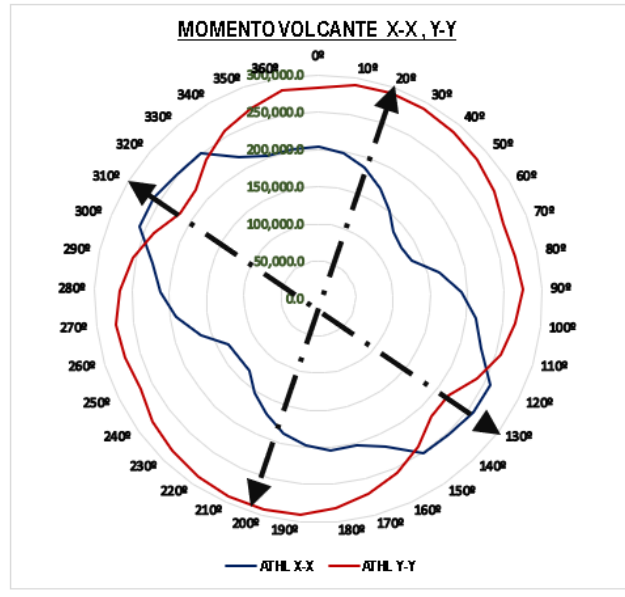
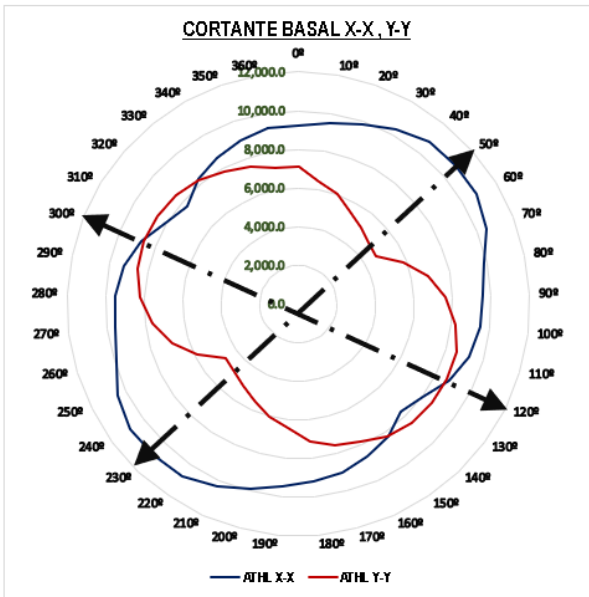


Figura N°61: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1966
 Fuente: Elaboración propia

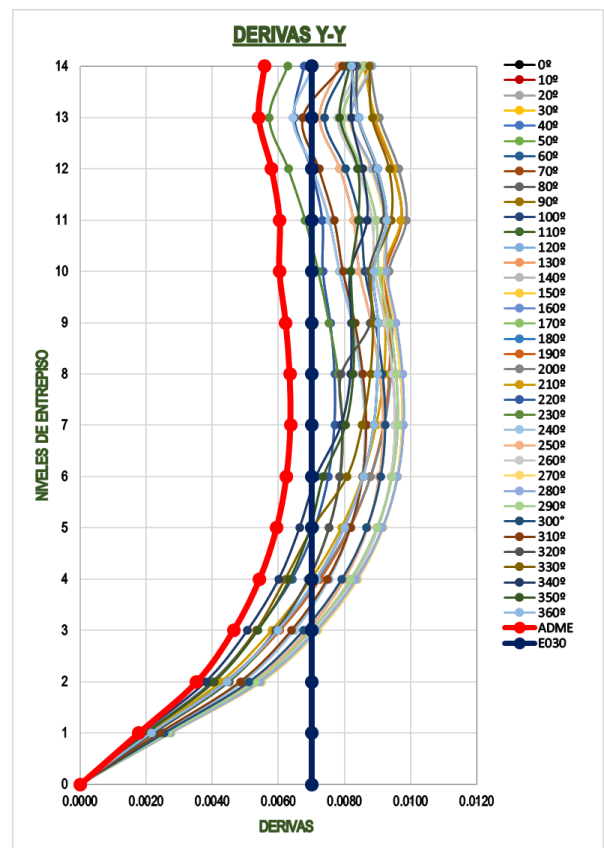
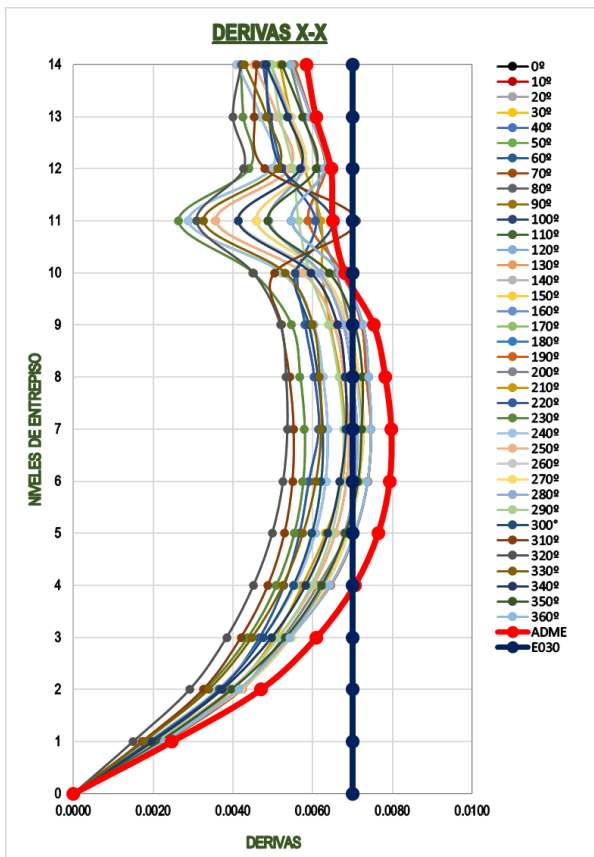
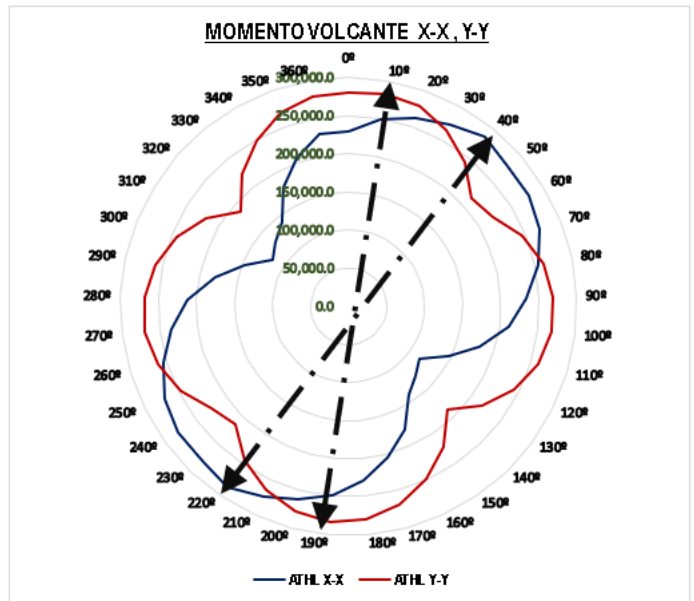
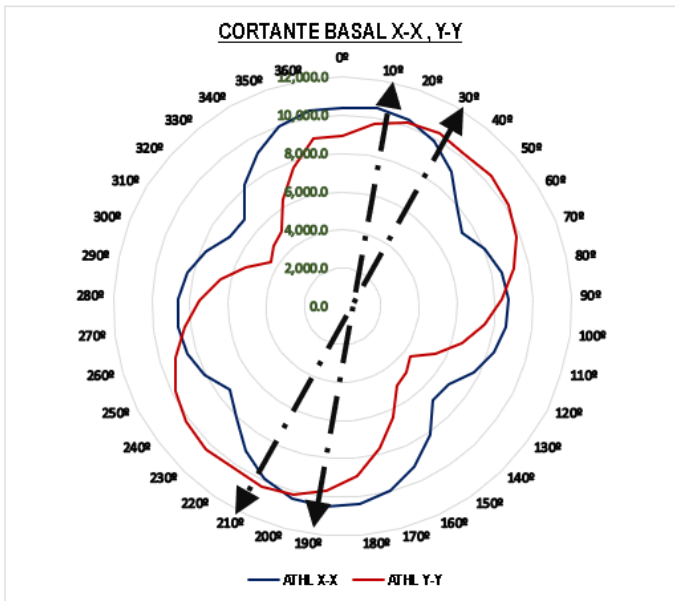


Figura N°62: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1974
 Fuente: Elaboración propia

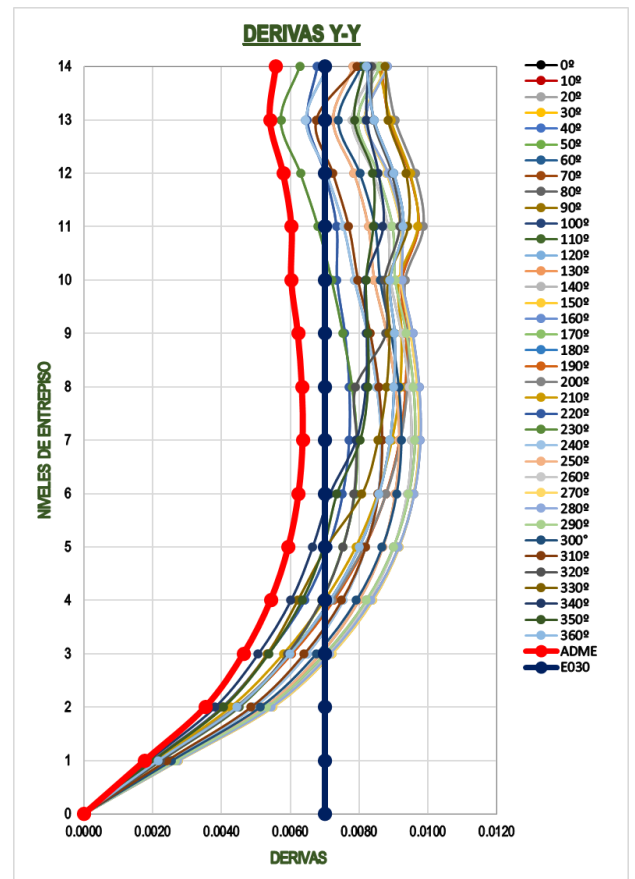
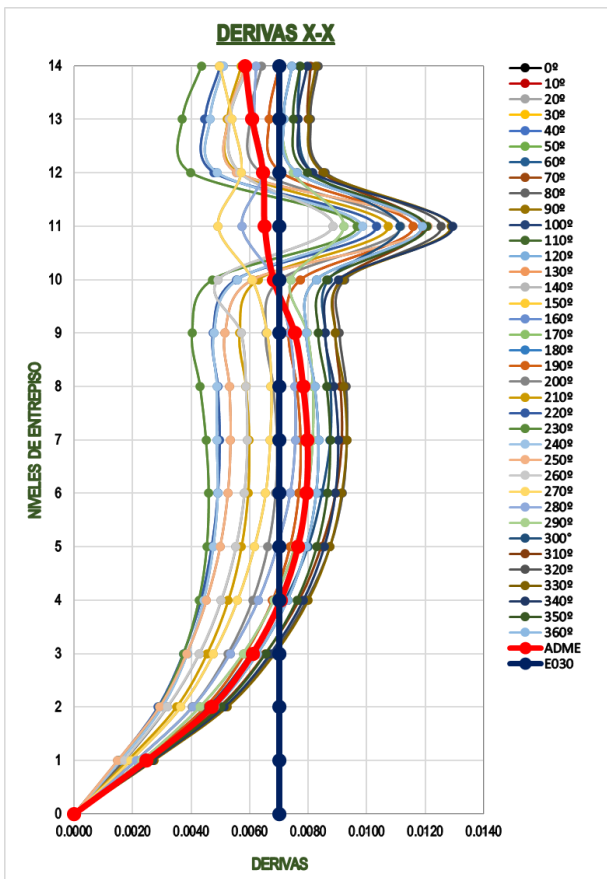
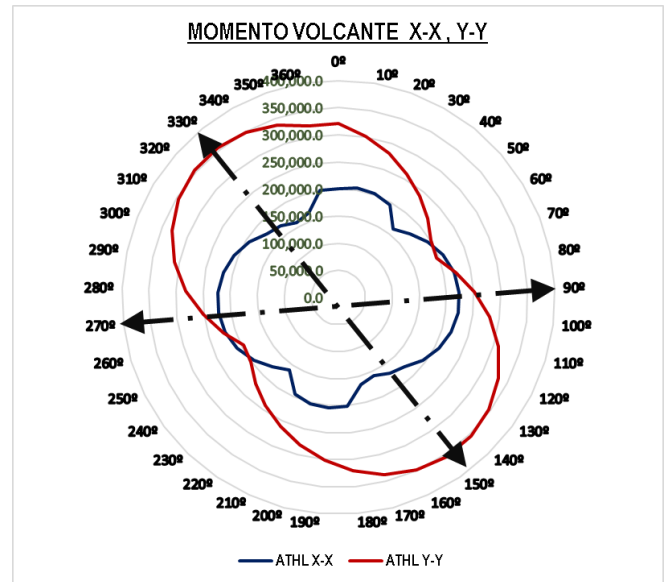
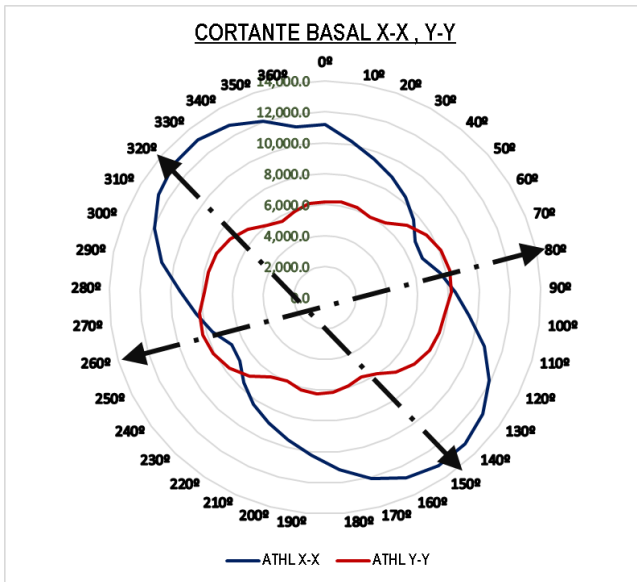


Figura N°63: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Huaraz 1970
 Fuente: Elaboración propia

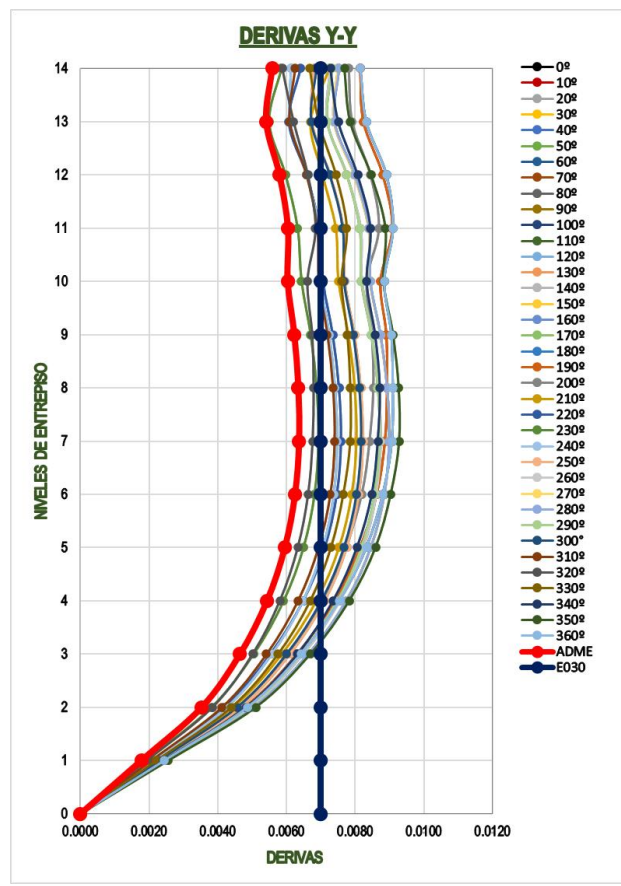
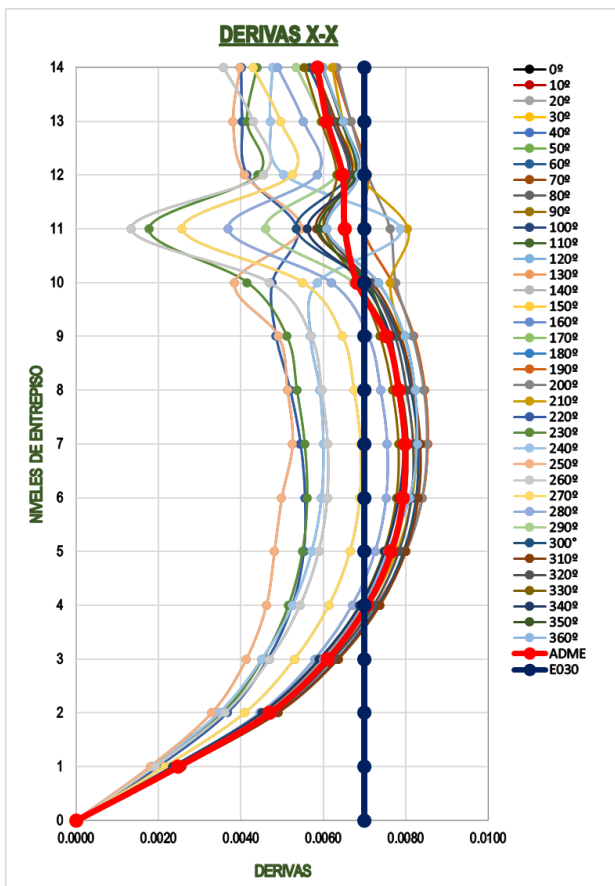
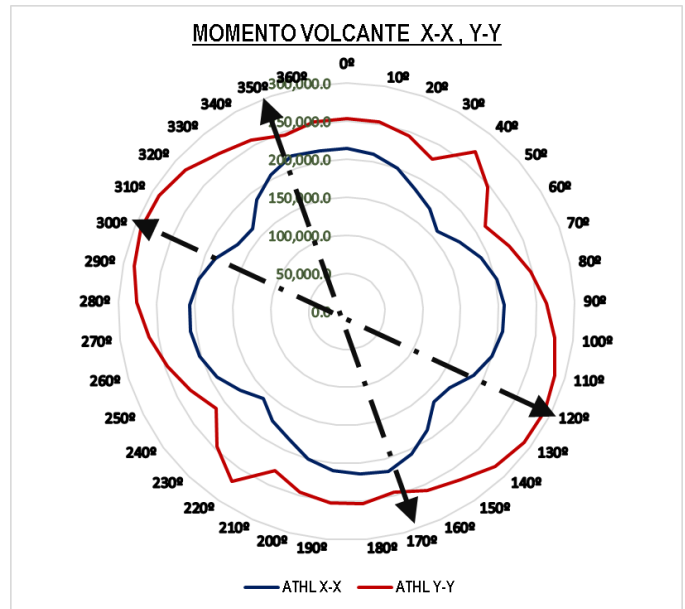
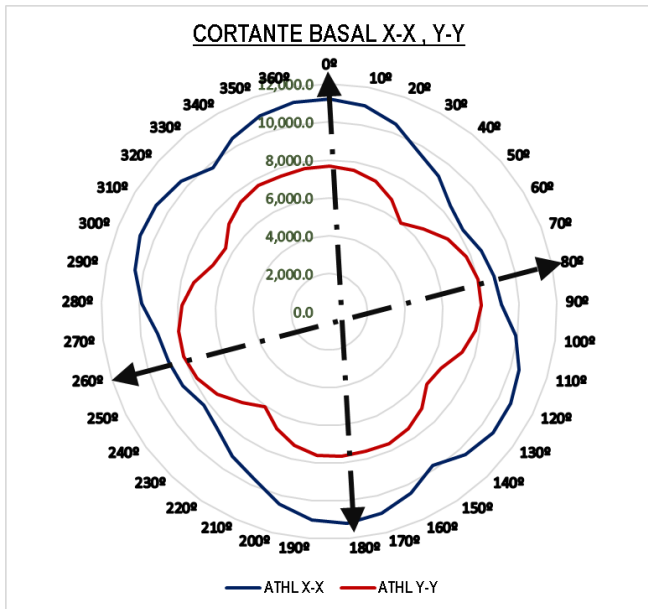


Figura N°64: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Ica 2007
 Fuente: Elaboración propia

4.3.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA

Se consideró una segunda estructura que presenta una irregularidad estructural en planta para las dos direcciones, para lo cual se realizó un análisis tiempo-historia lineal con los 4 registros sísmicos mencionados anteriormente.

Las características de la segunda estructura son las siguientes:

- Sistema estructural de pórticos de concreto armado en ambas direcciones.
- 7 pisos de 3.20m de altura en cada piso.
- Columnas de 0.55m x 0.70m en todos los pisos.
- Vigas peraltadas de 0.30m x 0.65m en todos los pisos.
- Losas aligeradas de 0.20m de espesor en todos los pisos.
- 4 ejes estructurales en cada dirección desde el primer hasta el séptimo piso, comprendiendo un área de 116.64m².
- Módulo de elasticidad: $E = 217370.65$ ($f'c=210$ kg/cm²)

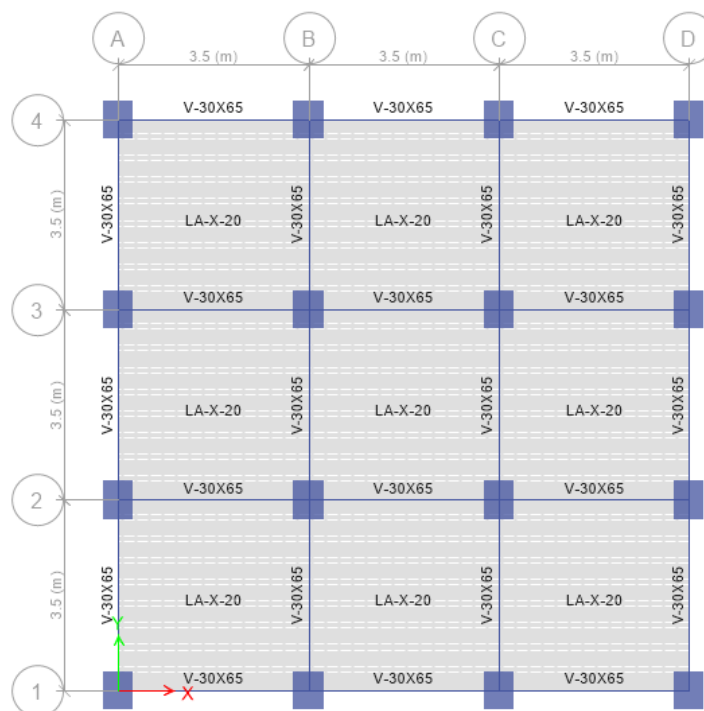
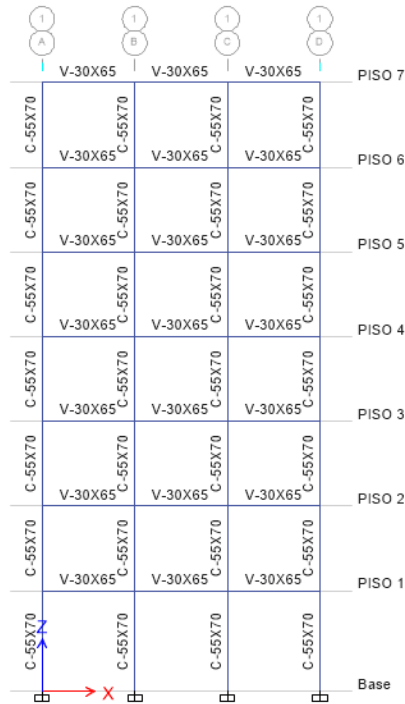
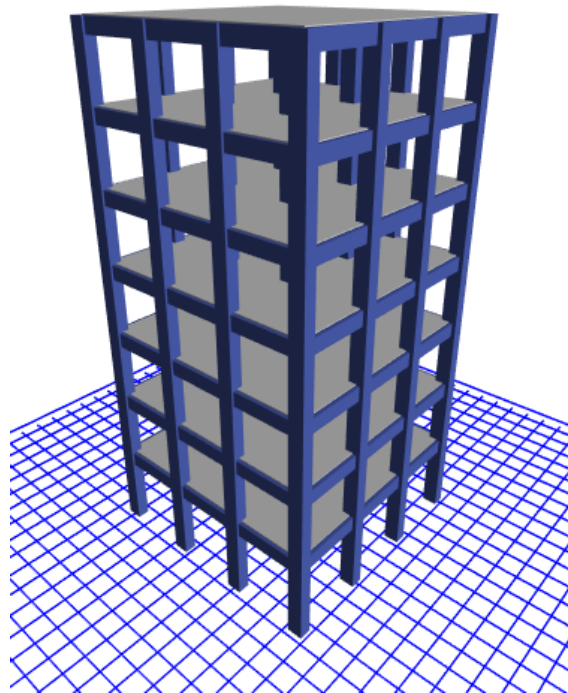


Figura N°65: Modelo en planta de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.

Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1



*Figura N°66: Modelo en elevación de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.
 Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*



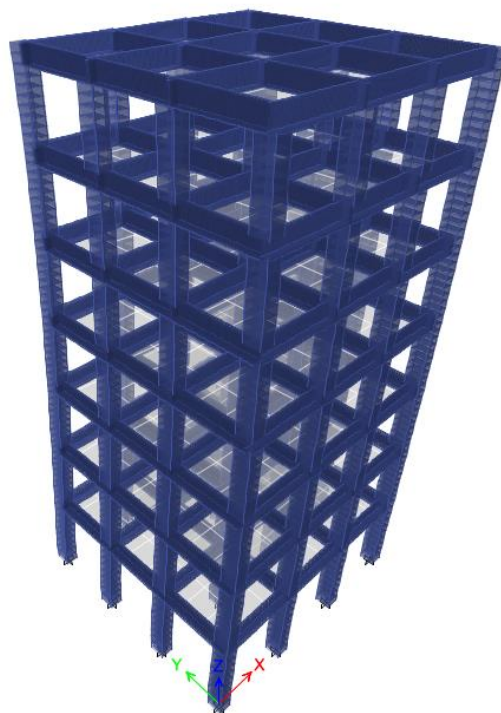
*Figura N°67: Modelo 3D de la segunda estructura con irregularidad estructural en planta.
 Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*

Se realizó un análisis modal considerando un diafragma rígido y 3GDL por piso.

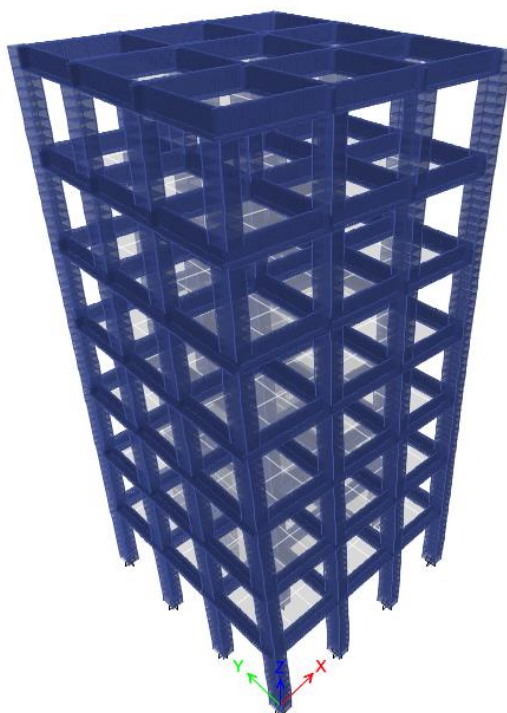
El primer modo de vibración de la estructura es traslacional y predominante en la dirección X-X. El segundo modo de vibración de la estructura es traslacional y predominante en la dirección Y-Y. El tercer modo de vibración de la estructura es rotacional alrededor del eje Z. Se han considerado modos de vibración que superan el 90% de la suma de las masas efectivas en cada dirección.

MODO	PERIODO (s)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)	SUM UX (%)	SUM UY (%)	SUM RZ (%)
1	0.576	85.12	0.00	0.00	85.12	0.00	0.00
2	0.551	0.00	75.85	7.74	85.12	75.85	7.74
3	0.324	0.00	14.28	66.42	85.12	90.13	74.15
4	0.186	10.46	0.00	0.00	95.58	90.13	74.15
5	0.095	3.97	0.00	0.00	99.55	90.13	74.15

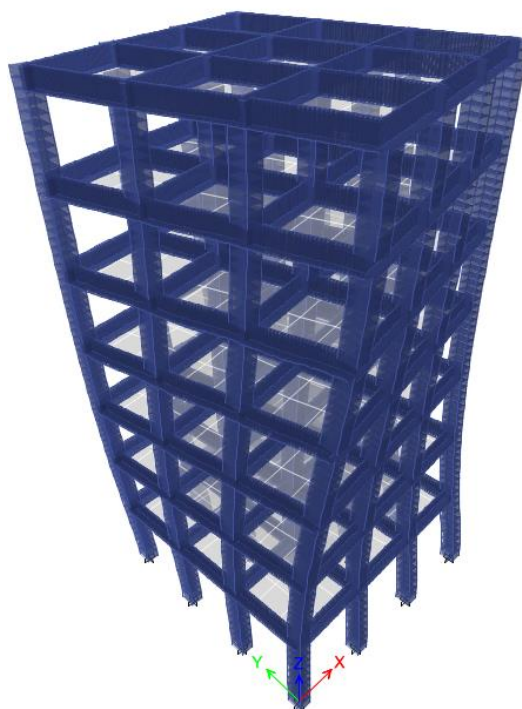
*Tabla N°9: Modos de vibración, periodos y masas participativas de la segunda estructura.
 Elaboración propia*



*Figura N°68: Modo de vibración en la dirección X-X.
 Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*



*Figura N°69: Modo de vibración en la dirección Y-Y.
Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*



*Figura N°70: Modo de vibración alrededor del eje Z.
Fuente: Etabs 2016 versión 16.2.1*



Después de obtener las características dinámicas de la estructura, se realiza el escalamiento del espectro de respuesta al espectro objetivo (espectro de diseño según norma E.030).

Posteriormente se hizo un análisis Tiempo-Historia Lineal con los registros sísmicos mencionados anteriormente haciéndolos girar a cada 10° . De esta forma además se realizó un análisis Modal Espectral con el espectro objetivo correspondiente a la Norma E.030.

Finalmente se obtuvieron las respuestas por cada variación de ángulo, siendo este el ángulo de incidencia.

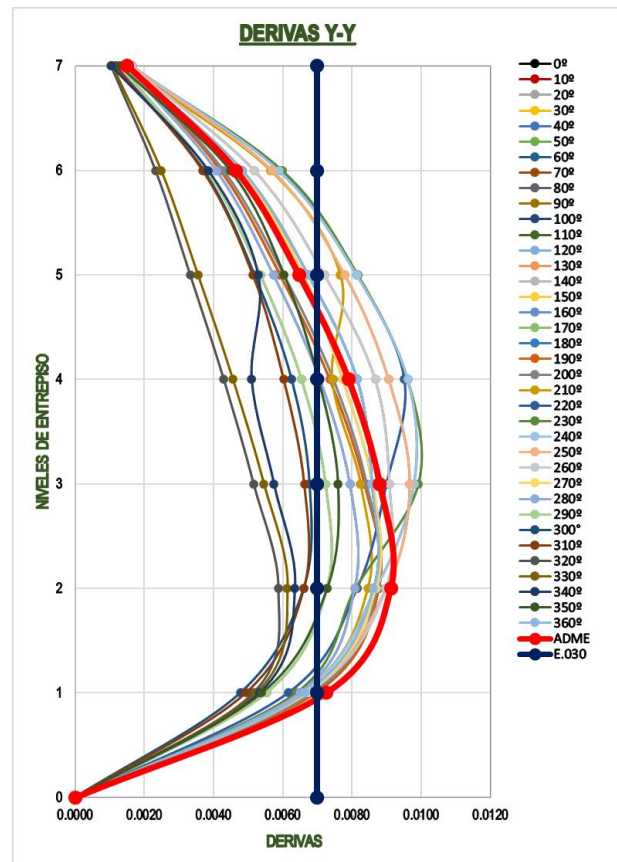
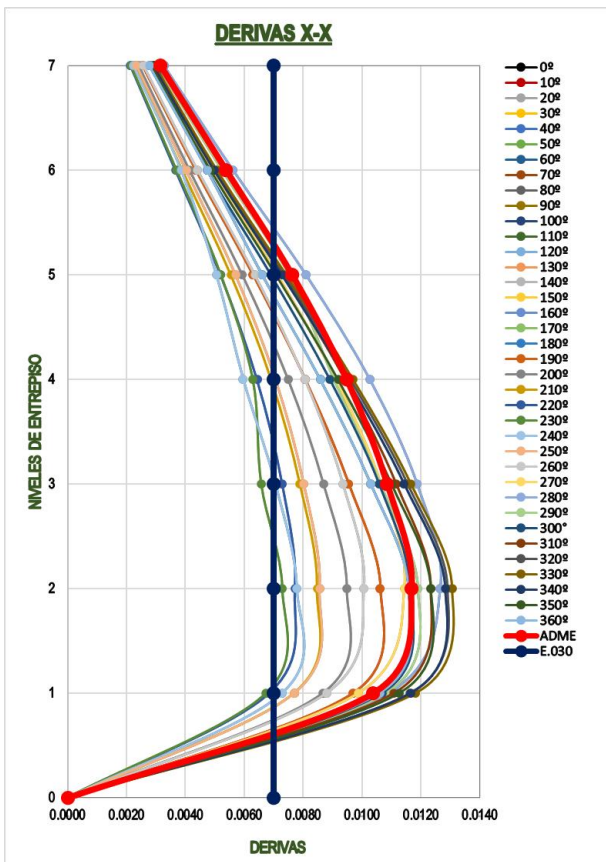
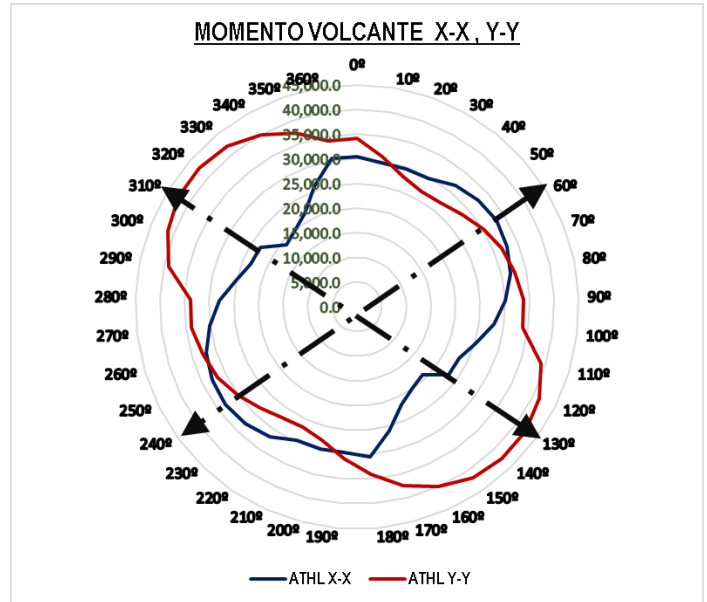
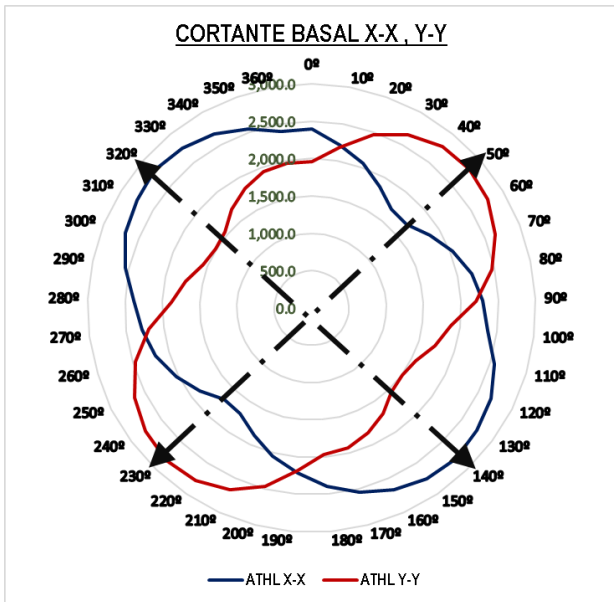


Figura N°71: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1966.
 Fuente: Elaboración propia

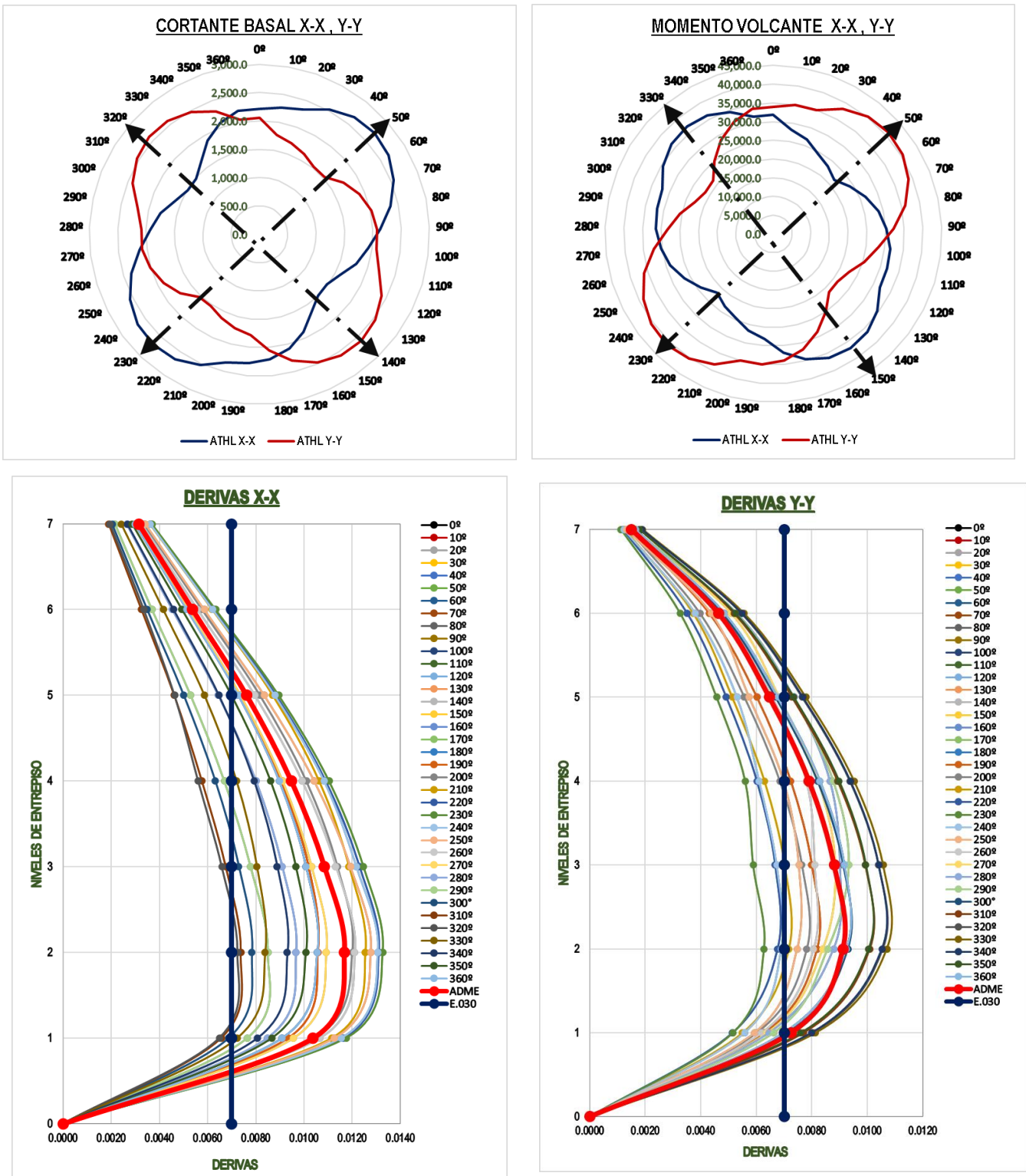


Figura N°72: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Lima 1974.
 Fuente: Elaboración propia

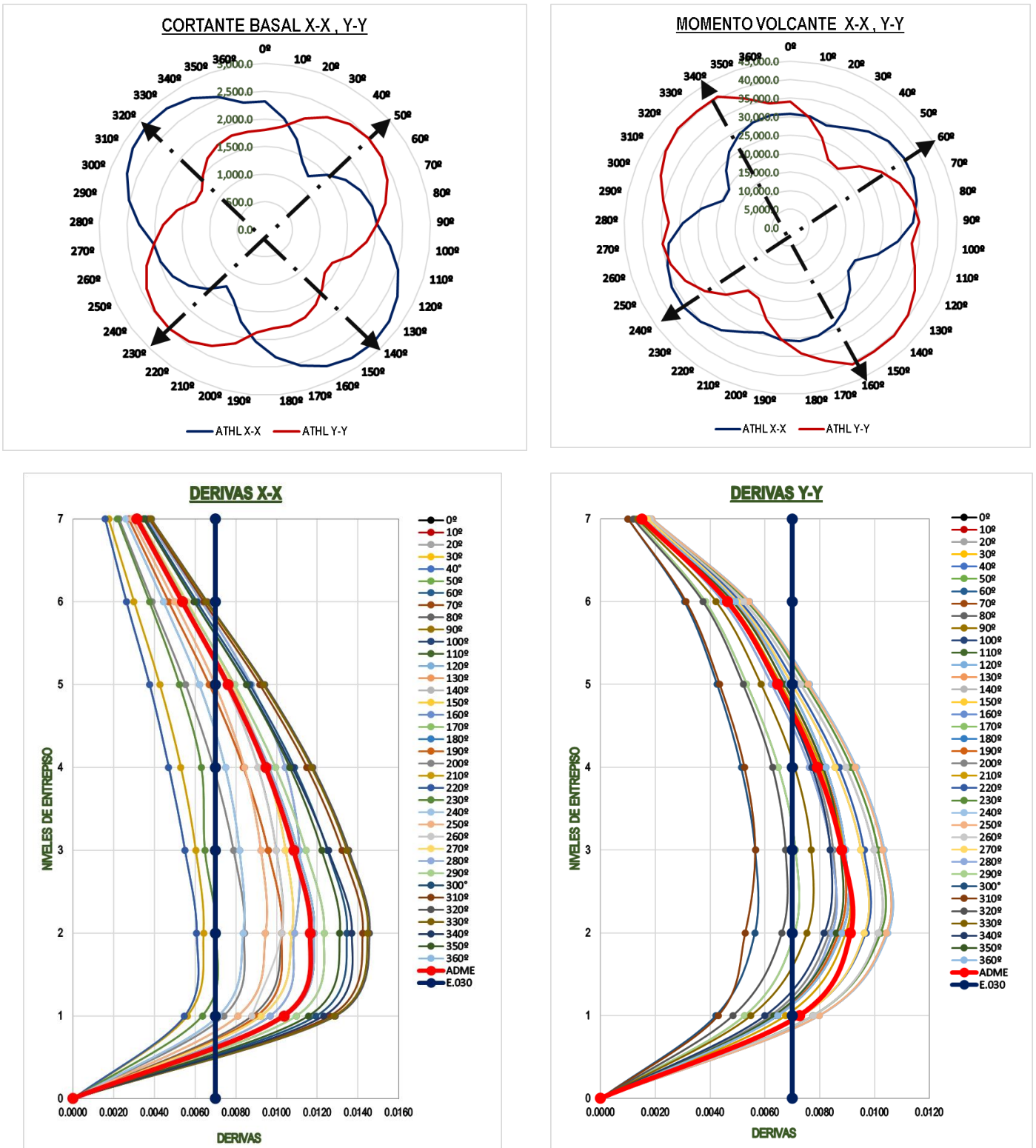


Figura N°73: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Huaraz 1970.
 Fuente: Elaboración propia

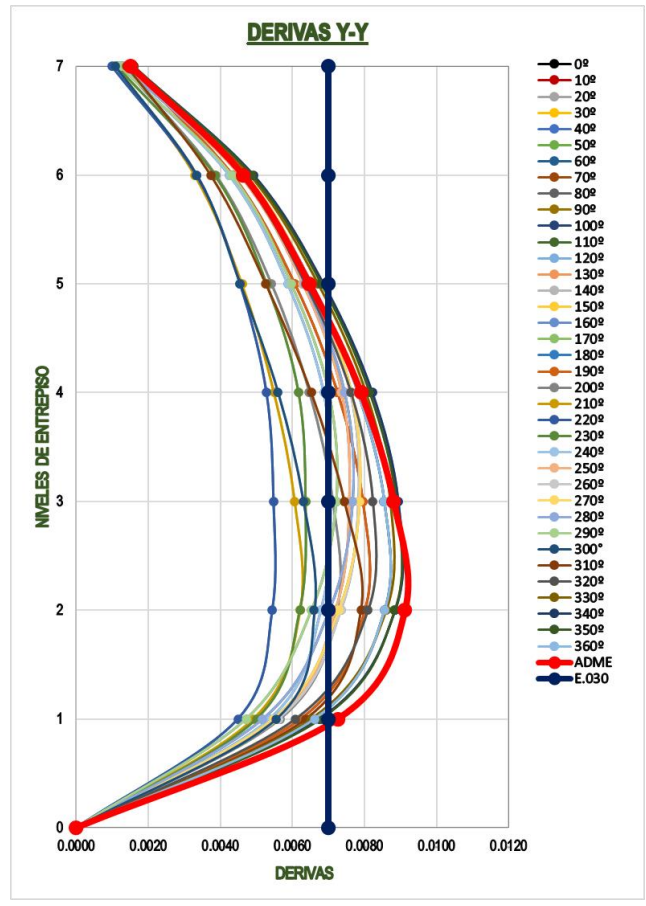
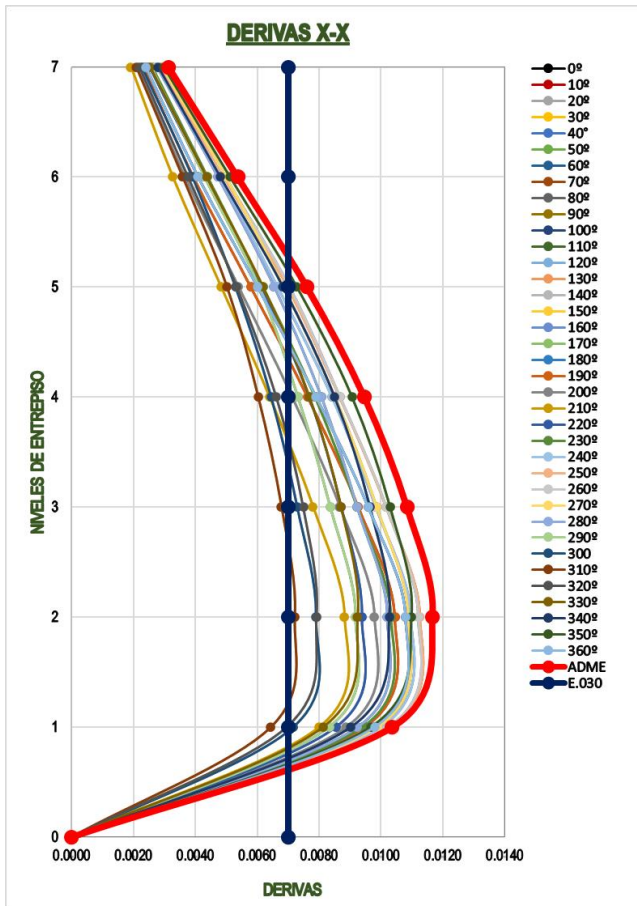
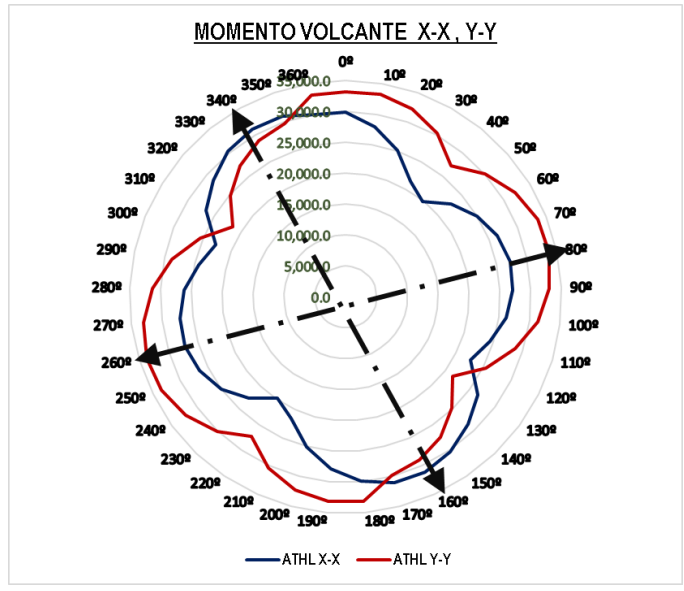
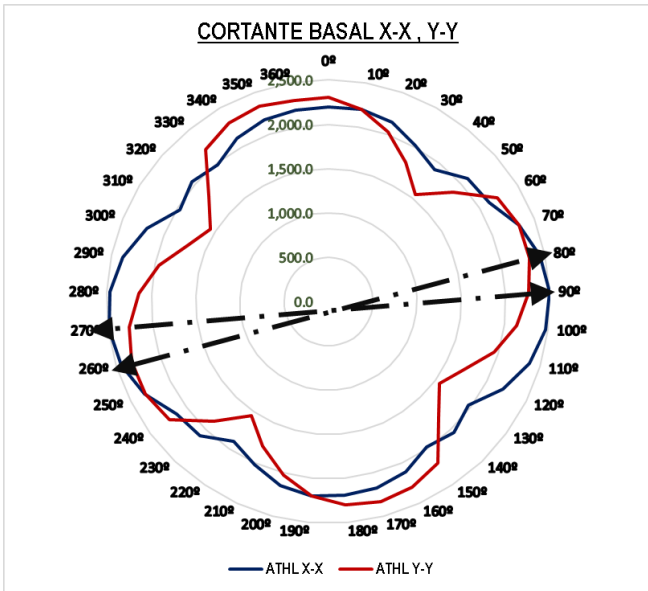


Figura N°74: Variación de la respuesta en la estructura con respecto al ángulo de incidencia para el sismo de Ica 2007.
 Fuente: Elaboración propia



4.4 CONSIDERACIÓN DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA Y BIDIRECCIONALIDAD SÍSMICA

Las respuestas sísmicas calculadas son a nivel global de las estructuras y a continuación, se propone una ecuación que toma en cuenta el factor de amplificación por bidireccionalidad sísmica a las respuestas calculadas mediante un análisis unidireccional de acuerdo a la norma E.030.

$$R_b = F_a R_u$$

Donde:

R_b = Respuesta que considera la bidireccionalidad

R_u = Respuesta obtenida del análisis unidireccional

F_a = Factor de amplificación por ángulo de incidencia y bidireccionalidad sísmica

CAPITULO 5: RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN LA BASE

Se presenta los resultados obtenidos del análisis sísmico modal espectral (unidireccional) y el análisis tiempo historial lineal (bidireccional) para posteriormente procesar los datos mediante una distribución de probabilidad



	ADME R=1		SISMO LIMA 1966		SISMO LIMA 1974		SISMO HUARAZ 1970		SISMO ICA 2007	
	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)
0°	9,748.594	7,702.580	9,222.814	7,116.376	10,407.379	8,921.642	11,194.551	6,167.034	11,200.613	7,655.530
10°	9,748.594	7,702.580	9,487.885	6,426.414	10,549.075	9,699.734	10,232.149	6,267.754	11,005.209	7,582.143
20°	9,748.594	7,702.580	9,849.443	6,025.581	10,370.377	10,186.203	9,504.917	6,189.464	10,477.178	7,279.025
30°	9,748.594	7,702.580	10,328.344	5,488.181	9,876.716	10,366.267	8,921.082	5,951.199	9,647.544	6,755.386
40°	9,748.594	7,702.580	10,750.865	5,117.896	9,083.089	10,234.457	8,311.632	6,221.733	9,158.070	6,027.137
50°	9,748.594	7,702.580	10,862.486	4,825.599	8,013.613	10,360.095	7,629.292	7,071.788	8,507.460	6,636.828
60°	9,748.594	7,702.580	10,851.632	4,721.915	7,358.447	10,171.288	6,858.532	7,706.140	8,241.185	7,324.768
70°	9,748.594	7,702.580	10,511.513	5,851.090	8,058.137	9,804.852	6,790.713	8,105.512	8,635.034	7,794.926
80°	9,748.594	7,702.580	9,852.464	6,844.282	8,512.707	9,187.725	7,607.813	8,267.196	8,868.204	8,028.461
90°	9,748.594	7,702.580	9,588.334	7,653.833	8,708.345	8,353.465	8,431.605	8,179.643	9,095.988	8,018.274
100°	9,748.594	7,702.580	9,505.375	8,231.381	8,639.108	7,519.588	9,412.053	7,842.409	9,888.778	7,779.300
110°	9,748.594	7,702.580	9,273.509	8,559.377	8,307.098	6,546.110	10,819.239	7,747.041	10,456.898	7,310.073
120°	9,748.594	7,702.580	8,760.156	8,630.031	7,722.405	5,483.287	11,924.874	7,581.545	10,725.493	6,618.888
130°	9,748.594	7,702.580	8,064.341	8,591.083	6,903.410	4,441.014	12,699.132	7,197.393	10,717.042	6,409.545
140°	9,748.594	7,702.580	7,673.935	8,485.139	6,855.156	4,786.619	13,087.024	6,658.643	10,386.622	7,036.035
150°	9,748.594	7,702.580	8,280.691	8,254.684	8,141.723	5,044.388	13,093.880	5,978.611	9,760.445	7,447.763
160°	9,748.594	7,702.580	8,673.164	7,832.407	9,180.775	6,389.334	12,759.210	5,659.770	10,464.142	7,632.221
170°	9,748.594	7,702.580	8,997.225	7,552.392	9,940.738	7,671.603	12,080.302	5,911.823	10,941.515	7,596.901
180°	9,748.594	7,702.580	9,222.814	7,116.376	10,407.379	8,921.642	11,194.551	6,167.034	11,200.613	7,655.530
190°	9,748.594	7,702.580	9,487.885	6,426.414	10,549.075	9,699.734	10,232.149	6,267.754	11,005.209	7,582.143
200°	9,748.594	7,702.580	9,849.443	6,025.581	10,370.377	10,186.203	9,504.917	6,189.464	10,477.178	7,279.025
210°	9,748.594	7,702.580	10,328.344	5,488.181	9,876.716	10,366.267	8,921.082	5,951.199	9,647.544	6,755.386
220°	9,748.594	7,702.580	10,750.865	5,117.896	9,083.089	10,234.457	8,311.632	6,221.733	9,158.070	6,027.137
230°	9,748.594	7,702.580	10,862.486	4,825.599	8,013.613	10,360.095	7,629.292	7,071.788	8,507.460	6,636.828
240°	9,748.594	7,702.580	10,851.632	4,721.915	7,358.447	10,171.288	6,858.532	7,706.140	8,241.185	7,324.768
250°	9,748.594	7,702.580	10,511.513	5,851.090	8,058.137	9,804.852	6,790.713	8,105.512	8,635.034	7,794.926
260°	9,748.594	7,702.580	9,852.464	6,844.282	8,512.707	9,187.725	7,607.813	8,267.196	8,868.204	8,028.461
270°	9,748.594	7,702.580	9,588.334	7,653.833	8,708.345	8,353.465	8,431.605	8,179.643	9,095.988	8,018.274
280°	9,748.594	7,702.580	9,505.375	8,231.381	8,639.108	7,519.588	9,412.053	7,842.409	9,888.778	7,779.300
290°	9,748.594	7,702.580	9,273.509	8,559.377	8,307.098	6,546.110	10,819.239	7,747.041	10,456.898	7,310.073
300°	9,748.594	7,702.580	8,760.156	8,630.031	7,722.405	5,483.287	11,924.874	7,581.545	10,725.493	6,618.888
310°	9,748.594	7,702.580	8,064.341	8,591.083	6,903.410	4,441.014	12,699.132	7,197.393	10,717.042	6,409.545
320°	9,748.594	7,702.580	7,673.935	8,485.139	6,855.156	4,786.619	13,087.024	6,658.643	10,386.622	7,036.035
330°	9,748.594	7,702.580	8,280.691	8,254.684	8,141.723	5,044.388	13,093.880	5,978.611	9,760.445	7,447.763
340°	9,748.594	7,702.580	8,673.164	7,832.407	9,180.775	6,389.334	12,759.210	5,659.770	10,464.142	7,632.221
350°	9,748.594	7,702.580	8,997.225	7,552.392	9,940.738	7,671.603	12,080.302	5,911.823	10,941.515	7,596.901
360°	9,748.594	7,702.580	9,222.814	7,116.376	10,407.379	8,921.642	11,194.551	6,167.034	11,200.613	7,655.530

Tabla N°10: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para cada registro sísmico histórico y análisis dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X, Y..

Fuente: Elaboración propia



	ADME R=1		SISMO LIMA 1966		SISMO LIMA 1974		SISMO HUARAZ 1970		SISMO ICA 2007	
	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)	Vx-x (tonf)	Vy-y (tonf)
0°	2,279.64	2,052.69	2,398.43	1,964.44	2,207.52	2,054.89	2,322.01	1,795.64	2,192.73	2,303.71
10°	2,279.64	2,052.69	2,217.91	2,184.44	2,272.37	1,782.71	2,042.09	1,880.51	2,201.41	2,199.61
20°	2,279.64	2,052.69	2,052.02	2,460.62	2,329.34	1,704.80	1,726.99	2,128.56	2,143.17	2,028.74
30°	2,279.64	2,052.69	1,864.27	2,661.89	2,523.72	1,619.56	1,396.17	2,321.60	2,019.77	1,796.31
40°	2,279.64	2,052.69	1,704.53	2,782.12	2,652.59	1,527.04	1,242.51	2,447.01	1,906.64	1,555.77
50°	2,279.64	2,052.69	1,692.57	2,817.66	2,701.01	1,528.89	1,495.85	2,498.24	2,097.90	1,869.93
60°	2,279.64	2,052.69	1,856.31	2,767.43	2,667.54	1,739.55	1,710.57	2,484.37	2,237.93	2,128.45
70°	2,279.64	2,052.69	2,030.28	2,650.68	2,553.17	1,897.17	1,874.39	2,395.28	2,317.13	2,322.30
80°	2,279.64	2,052.69	2,191.28	2,464.37	2,361.40	2,014.77	1,981.30	2,235.35	2,325.87	2,445.61
90°	2,279.64	2,052.69	2,290.18	2,203.12	2,129.44	2,081.70	2,032.84	2,023.72	2,265.88	2,494.63
100°	2,279.64	2,052.69	2,380.28	1,874.87	1,928.45	2,085.18	2,285.94	1,849.87	2,142.60	2,467.86
110°	2,279.64	2,052.69	2,555.71	1,726.06	1,787.30	2,202.29	2,517.25	1,626.63	1,954.17	2,370.67
120°	2,279.64	2,052.69	2,693.43	1,565.90	1,591.84	2,408.38	2,691.99	1,359.45	1,706.31	2,203.27
130°	2,279.64	2,052.69	2,749.56	1,513.65	1,484.02	2,541.37	2,805.39	1,339.30	1,560.47	1,968.95
140°	2,279.64	2,052.69	2,793.68	1,545.37	1,490.87	2,597.22	2,847.74	1,494.34	1,800.73	2,051.00
150°	2,279.64	2,052.69	2,753.89	1,705.68	1,643.05	2,574.24	2,815.88	1,648.68	1,986.24	2,201.44
160°	2,279.64	2,052.69	2,669.80	1,833.84	1,889.28	2,473.12	2,717.19	1,753.20	2,111.36	2,303.15
170°	2,279.64	2,052.69	2,548.22	1,932.00	2,084.54	2,296.93	2,545.77	1,806.35	2,172.28	2,334.76
180°	2,279.64	2,052.69	2,398.43	1,964.44	2,207.52	2,054.89	2,322.01	1,795.64	2,192.73	2,303.71
190°	2,279.64	2,052.69	2,217.91	2,184.44	2,272.37	1,782.71	2,042.09	1,880.51	2,201.41	2,199.61
200°	2,279.64	2,052.69	2,052.02	2,460.62	2,329.34	1,704.80	1,726.99	2,128.56	2,143.17	2,028.74
210°	2,279.64	2,052.69	1,864.27	2,661.89	2,523.72	1,619.56	1,396.17	2,321.60	2,019.77	1,796.31
220°	2,279.64	2,052.69	1,704.53	2,782.12	2,652.59	1,527.04	1,242.51	2,447.01	1,906.64	1,555.77
230°	2,279.64	2,052.69	1,692.57	2,817.66	2,701.01	1,528.89	1,495.85	2,498.24	2,097.90	1,869.93
240°	2,279.64	2,052.69	1,856.31	2,767.43	2,667.54	1,739.55	1,710.57	2,484.37	2,237.93	2,128.45
250°	2,279.64	2,052.69	2,030.28	2,650.68	2,553.17	1,897.17	1,874.39	2,395.28	2,317.13	2,322.30
260°	2,279.64	2,052.69	2,191.28	2,464.37	2,361.40	2,014.77	1,981.30	2,235.35	2,325.87	2,445.61
270°	2,279.64	2,052.69	2,290.18	2,203.12	2,129.44	2,081.70	2,032.84	2,023.72	2,265.88	2,494.63
280°	2,279.64	2,052.69	2,380.28	1,874.87	1,928.45	2,085.18	2,285.94	1,849.87	2,142.60	2,467.86
290°	2,279.64	2,052.69	2,555.71	1,726.06	1,787.30	2,202.29	2,517.25	1,626.63	1,954.17	2,370.67
300°	2,279.64	2,052.69	2,693.43	1,565.90	1,591.84	2,408.38	2,691.99	1,359.45	1,706.31	2,203.27
310°	2,279.64	2,052.69	2,749.56	1,513.65	1,484.02	2,541.37	2,805.39	1,339.30	1,560.47	1,968.95
320°	2,279.64	2,052.69	2,793.68	1,545.37	1,490.87	2,597.22	2,847.74	1,494.34	1,800.73	2,051.00
330°	2,279.64	2,052.69	2,753.89	1,705.68	1,643.05	2,574.24	2,815.88	1,648.68	1,986.24	2,201.44
340°	2,279.64	2,052.69	2,669.80	1,833.84	1,889.28	2,473.12	2,717.19	1,753.20	2,111.36	2,303.15
350°	2,279.64	2,052.69	2,548.22	1,932.00	2,084.54	2,296.93	2,545.77	1,806.35	2,172.28	2,334.76
360°	2,279.64	2,052.69	2,398.43	1,964.44	2,207.52	2,054.89	2,322.01	1,795.64	2,192.73	2,303.71

Tabla N°10: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para cada registro sísmico histórico y análisis dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X, Y.

Fuente: Elaboración propia

Se generaron 4 datos de cada registro sísmico histórico con una variación de ángulo de incidencia desde 0° hasta 360° , estos valores siguen una distribución de probabilidades del tipo normal.

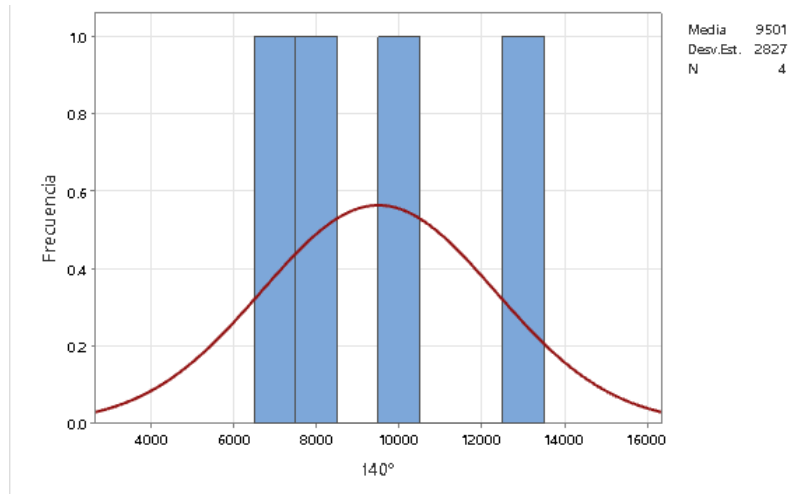


Figura N°75: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en cortante en la base con dirección X.

Fuente: Minitab V20.3

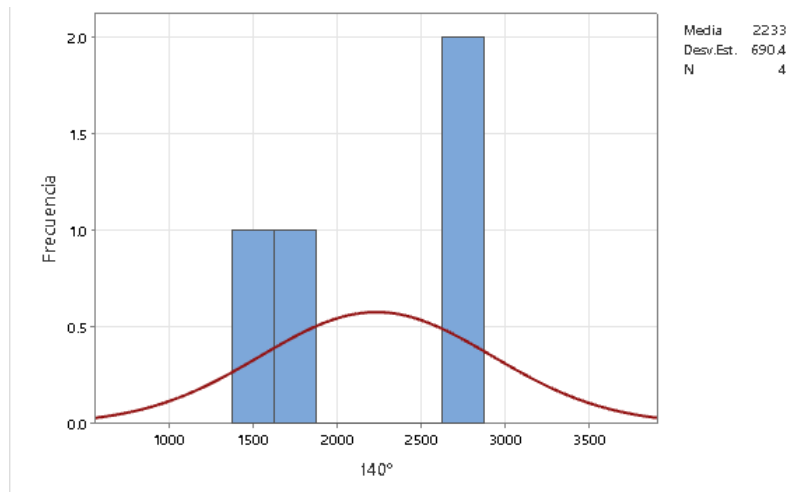


Figura N°76: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en cortante en la base con dirección X.

Fuente: Minitab V20.3

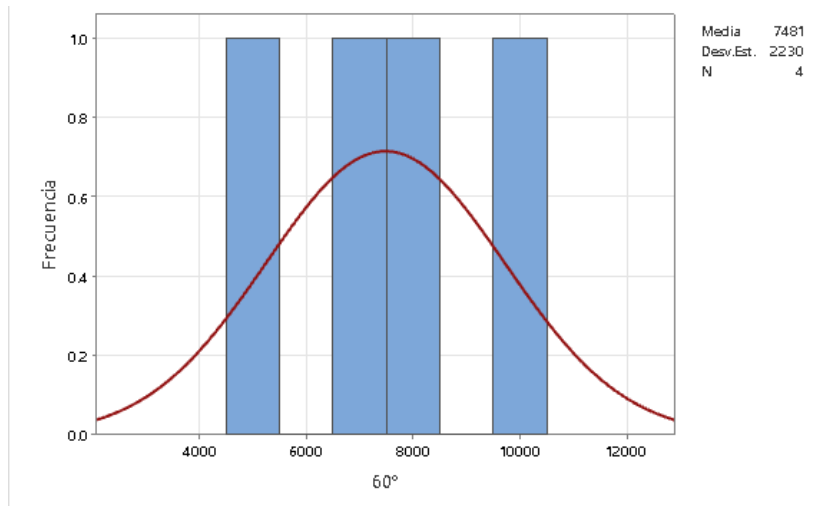


Figura N°77: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en cortante en la base con dirección Y.

Fuente: Minitab V20.3

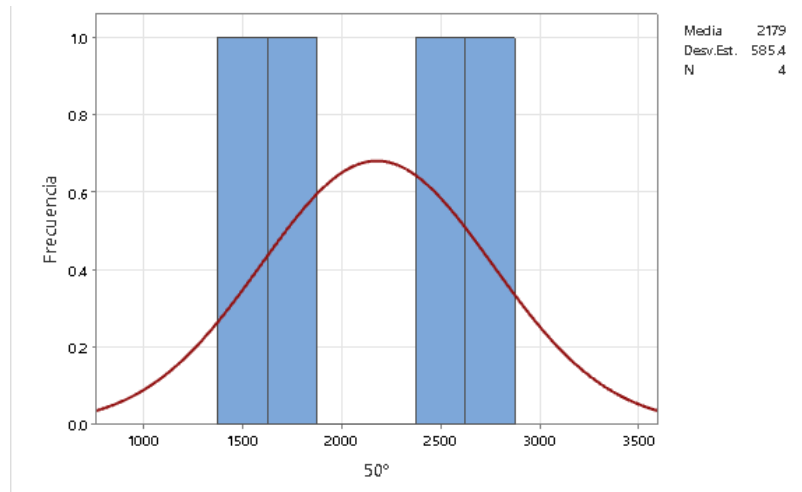
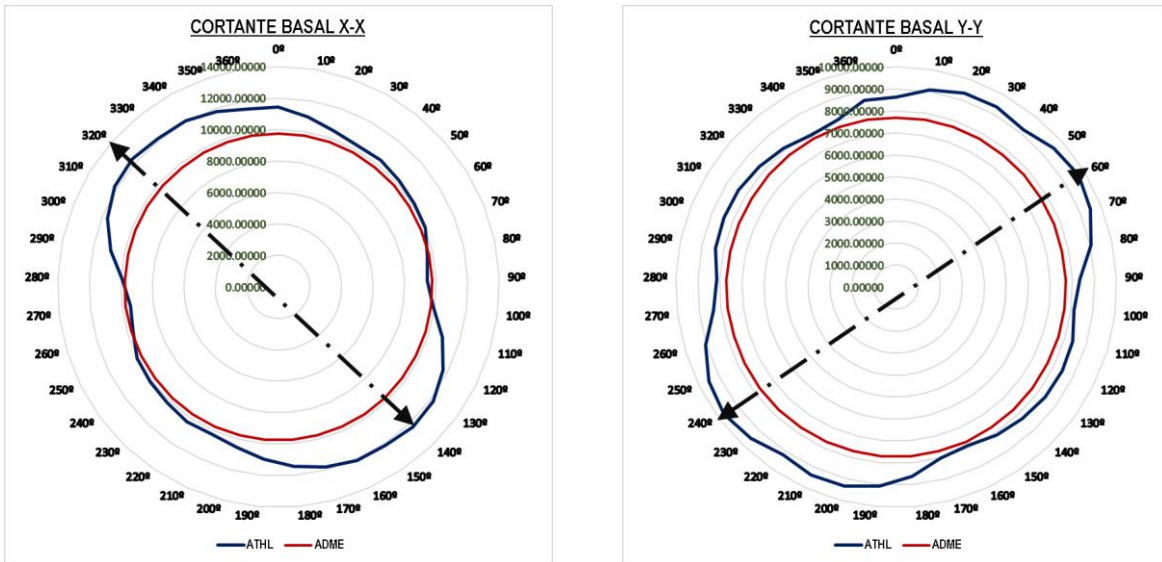


Figura N°78: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en cortante en la base con dirección Y.

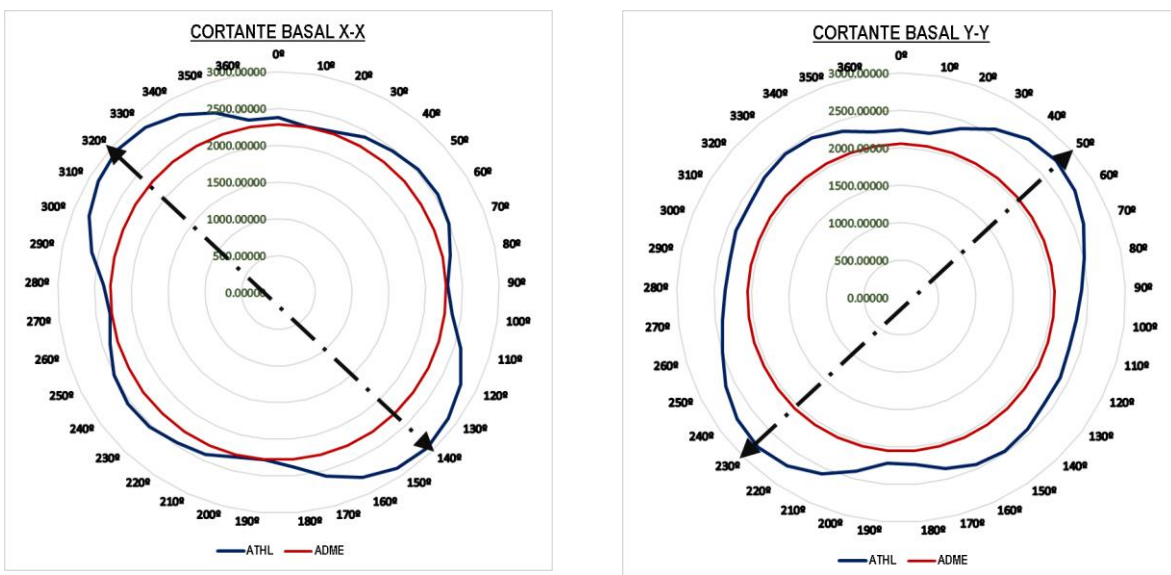
Fuente: Minitab V20.3

Se observa que en el eje X , Y se presentan variaciones de hasta 20.92% (140°) y 20.68%(60°) respectivamente para la estructura con irregularidad en altura.

Se observa que en el eje X , Y se presentan variaciones de hasta 22.01% (140°) y 25.73%(50°) respectivamente para la estructura con irregularidad en planta.



*Figura N°79: Variación de resultados de la cortante en la base en dirección X,Y en la estructura con irregularidad en altura
 Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°80: Variación de resultados de la cortante en la base en dirección X,Y en la estructura con irregularidad en planta
 Fuente: Elaboración propia*



5.2 COMPARACIÓN DE MOMENTO VOLCANTE

Se presenta los resultados obtenidos del análisis sísmico modal espectral (unidireccional) y el análisis tiempo historial lineal (bidireccional) para posteriormente procesar los datos mediante una distribución de probabilidad

	ADME R=1		SISMO LIMA 1966		SISMO LIMA 1974		SISMO HUARAZ 1970		SISMO ICA 2007	
	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)
0°	216,978.061	277,225.641	203,926.894	282,608.332	229,716.532	279,511.213	200,570.341	320,289.495	214,291.331	253,016.605
10°	216,978.061	277,225.641	197,957.394	290,068.909	247,759.838	282,947.937	204,091.013	301,146.500	210,242.149	252,640.659
20°	216,978.061	277,225.641	185,973.060	292,451.664	261,015.836	277,911.534	202,519.769	281,115.058	200,141.511	244,757.183
30°	216,978.061	277,225.641	168,882.439	291,006.008	273,132.626	264,430.930	195,831.751	260,701.477	184,243.434	229,436.884
40°	216,978.061	277,225.641	151,731.584	287,647.365	285,855.740	242,915.726	161,637.013	240,072.323	173,795.133	269,533.553
50°	216,978.061	277,225.641	134,232.994	282,633.276	279,208.809	214,019.650	176,487.498	219,828.108	158,892.823	246,321.014
60°	216,978.061	277,225.641	131,364.009	276,119.787	278,235.857	223,366.654	194,515.037	200,866.792	174,171.001	213,399.094
70°	216,978.061	277,225.641	134,973.209	267,599.533	270,262.417	246,348.970	208,886.554	195,163.359	190,850.009	230,614.713
80°	216,978.061	277,225.641	165,388.139	270,538.904	255,112.506	261,846.098	218,582.757	221,387.119	202,073.040	247,134.699
90°	216,978.061	277,225.641	191,419.387	274,003.945	234,346.187	269,387.164	223,244.037	251,441.913	207,279.793	262,595.932
100°	216,978.061	277,225.641	212,693.903	266,355.908	211,670.917	268,743.038	222,792.855	281,803.065	206,443.558	276,230.140
110°	216,978.061	277,225.641	228,098.355	255,019.963	179,468.777	259,933.290	217,442.368	308,906.448	199,523.473	286,412.753
120°	216,978.061	277,225.641	257,585.721	237,720.978	146,562.782	243,225.601	207,784.113	330,916.640	186,760.160	291,319.596
130°	216,978.061	277,225.641	258,254.726	217,591.312	116,728.747	219,127.625	193,996.579	346,339.469	168,588.466	290,016.101
140°	216,978.061	277,225.641	251,902.926	219,547.248	127,687.091	188,371.568	176,663.030	354,534.091	165,130.085	281,880.372
150°	216,978.061	277,225.641	250,680.711	238,812.868	140,383.204	221,821.273	169,299.663	355,291.794	188,118.247	267,189.325
160°	216,978.061	277,225.641	217,242.147	256,456.539	177,517.707	248,807.913	158,590.621	348,963.759	205,538.452	257,589.048
170°	216,978.061	277,225.641	203,700.177	270,665.679	205,181.179	268,234.650	165,814.480	337,000.859	216,948.342	245,805.082
180°	216,978.061	277,225.641	203,926.894	282,608.332	229,716.532	279,511.213	200,570.341	320,289.495	214,291.331	253,016.605
190°	216,978.061	277,225.641	197,957.394	290,068.909	247,759.838	282,947.937	204,091.013	301,146.500	210,242.149	252,640.659
200°	216,978.061	277,225.641	185,973.060	292,451.664	261,015.836	277,911.534	202,519.769	281,115.058	200,141.511	244,757.183
210°	216,978.061	277,225.641	168,882.439	291,006.008	273,132.626	264,430.930	195,831.751	260,701.477	184,243.434	229,436.884
220°	216,978.061	277,225.641	151,731.584	287,647.365	285,855.740	242,915.726	161,637.013	240,072.323	173,795.133	269,533.553
230°	216,978.061	277,225.641	134,232.994	282,633.276	279,208.809	214,019.650	176,487.498	219,828.108	158,892.823	246,321.014
240°	216,978.061	277,225.641	131,364.009	276,119.787	278,235.857	223,366.654	194,515.037	200,866.792	174,171.001	213,399.094
250°	216,978.061	277,225.641	134,973.209	267,599.533	270,262.417	246,348.970	208,886.554	195,163.359	190,850.009	230,614.713
260°	216,978.061	277,225.641	165,388.139	270,538.904	255,112.506	261,846.098	218,582.757	221,387.119	202,073.040	247,134.699
270°	216,978.061	277,225.641	191,419.387	274,003.945	234,346.187	269,387.164	223,244.037	251,441.913	207,279.793	262,595.932
280°	216,978.061	277,225.641	212,693.903	266,355.908	211,670.917	268,743.038	222,792.855	281,803.065	206,443.558	276,230.140
290°	216,978.061	277,225.641	228,098.355	255,019.963	179,468.777	259,933.290	217,442.368	308,906.448	199,523.473	286,412.753
300°	216,978.061	277,225.641	257,585.721	237,720.978	146,562.782	243,225.601	207,784.113	330,916.640	186,760.160	291,319.596
310°	216,978.061	277,225.641	258,254.726	217,591.312	116,728.747	219,127.625	193,996.579	346,339.469	168,588.466	290,016.101
320°	216,978.061	277,225.641	251,902.926	219,547.248	127,687.091	188,371.568	176,663.030	354,534.091	165,130.085	281,880.372
330°	216,978.061	277,225.641	250,680.711	238,812.868	140,383.204	221,821.273	169,299.663	355,291.794	188,118.247	267,189.325
340°	216,978.061	277,225.641	217,242.147	256,456.539	177,517.707	248,807.913	158,590.621	348,963.759	205,538.452	257,589.048
350°	216,978.061	277,225.641	203,700.177	270,665.679	205,181.179	268,234.650	165,814.480	337,000.859	216,948.342	245,805.082
360°	216,978.061	277,225.641	203,926.894	282,608.332	229,716.532	279,511.213	200,570.341	320,289.495	214,291.331	253,016.605

Tabla N°11: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para cada registro sísmico histórico y análisis dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X, Y.

Fuente: Elaboración propia



	ADME R=1		SISMO LIMA 1966		SISMO LIMA 1974		SISMO HUARAZ 1970		SISMO ICA 2007	
	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)	Mx-x (tonf-m)	My-y (tonf-m)
0°	31,180.24	33,916.08	30,449.94	34,115.21	31,855.44	33,936.63	30,801.42	34,068.66	29,919.89	33,151.99
10°	31,180.24	33,916.08	29,638.12	30,784.73	28,162.47	35,024.72	30,465.68	30,227.24	27,941.23	33,209.07
20°	31,180.24	33,916.08	29,700.73	27,945.69	26,743.53	35,021.07	29,278.99	25,776.88	25,113.59	32,257.11
30°	31,180.24	33,916.08	29,766.27	26,732.10	24,553.63	38,209.24	30,875.99	20,969.55	21,522.89	30,325.04
40°	31,180.24	33,916.08	31,704.25	27,073.25	23,269.27	40,236.45	33,455.82	20,507.80	19,768.86	27,263.10
50°	31,180.24	33,916.08	32,718.81	28,331.31	21,725.54	41,041.09	35,238.28	25,041.93	22,733.05	30,141.85
60°	31,180.24	33,916.08	33,276.09	30,073.93	24,104.88	40,598.72	36,062.95	28,815.18	25,006.50	32,242.79
70°	31,180.24	33,916.08	32,822.30	31,687.54	26,513.20	38,922.78	35,937.26	31,812.65	26,520.14	33,480.77
80°	31,180.24	33,916.08	31,903.34	32,748.33	28,777.36	36,064.19	34,831.31	33,853.44	27,227.98	33,701.45
90°	31,180.24	33,916.08	30,101.48	33,797.36	30,311.59	32,250.06	33,133.25	34,865.62	27,108.51	32,986.71
100°	31,180.24	33,916.08	27,955.11	33,873.91	31,447.35	28,354.19	29,190.29	32,994.05	26,165.37	31,326.37
110°	31,180.24	33,916.08	25,165.18	38,991.50	31,787.17	25,471.67	24,559.07	35,121.68	24,427.20	28,759.46
120°	31,180.24	33,916.08	23,186.93	41,386.78	31,931.84	22,672.76	19,568.78	37,749.02	22,685.72	25,441.20
130°	31,180.24	33,916.08	23,033.27	42,524.54	34,632.76	21,313.31	19,498.62	39,583.81	26,605.91	21,564.41
140°	31,180.24	33,916.08	19,129.16	42,518.93	36,281.38	21,534.67	23,264.45	40,490.66	28,561.70	24,822.50
150°	31,180.24	33,916.08	19,965.40	41,896.01	36,827.60	24,983.62	26,357.91	40,379.07	30,299.87	27,326.37
160°	31,180.24	33,916.08	21,762.58	40,000.11	36,254.84	28,731.41	28,727.10	40,577.90	31,117.40	28,999.94
170°	31,180.24	33,916.08	25,979.16	37,413.58	34,580.49	31,817.40	30,223.42	37,099.55	30,989.44	29,792.36
180°	31,180.24	33,916.08	30,449.94	34,115.21	31,855.44	33,936.63	30,801.42	34,068.66	29,919.89	33,151.99
190°	31,180.24	33,916.08	29,638.12	30,784.73	28,162.47	35,024.72	30,465.68	30,227.24	27,941.23	33,209.07
200°	31,180.24	33,916.08	29,700.73	27,945.69	26,743.53	35,021.07	29,278.99	25,776.88	25,113.59	32,257.11
210°	31,180.24	33,916.08	29,766.27	26,732.10	24,553.63	38,209.24	30,875.99	20,969.55	21,522.89	30,325.04
220°	31,180.24	33,916.08	31,704.25	27,073.25	23,269.27	40,236.45	33,455.82	20,507.80	19,768.86	27,263.10
230°	31,180.24	33,916.08	32,718.81	28,331.31	21,725.54	41,041.09	35,238.28	25,041.93	22,733.05	30,141.85
240°	31,180.24	33,916.08	33,276.09	30,073.93	24,104.88	40,598.72	36,062.95	28,815.18	25,006.50	32,242.79
250°	31,180.24	33,916.08	32,822.30	31,687.54	26,513.20	38,922.78	35,937.26	31,812.65	26,520.14	33,480.77
260°	31,180.24	33,916.08	31,903.34	32,748.33	28,777.36	36,064.19	34,831.31	33,853.44	27,227.98	33,701.45
270°	31,180.24	33,916.08	30,101.48	33,797.36	30,311.59	32,250.06	33,133.25	34,865.62	27,108.51	32,986.71
280°	31,180.24	33,916.08	27,955.11	33,873.91	31,447.35	28,354.19	29,190.29	32,994.05	26,165.37	31,326.37
290°	31,180.24	33,916.08	25,165.18	38,991.50	31,787.17	25,471.67	24,559.07	35,121.68	24,427.20	28,759.46
300°	31,180.24	33,916.08	23,186.93	41,386.78	31,931.84	22,672.76	19,568.78	37,749.02	22,685.72	25,441.20
310°	31,180.24	33,916.08	23,033.27	42,524.54	34,632.76	21,313.31	19,498.62	39,583.81	26,605.91	21,564.41
320°	31,180.24	33,916.08	19,129.16	42,518.93	36,281.38	21,534.67	23,264.45	40,490.66	28,561.70	24,822.50
330°	31,180.24	33,916.08	19,965.40	41,896.01	36,827.60	24,983.62	26,357.91	40,379.07	30,299.87	27,326.37
340°	31,180.24	33,916.08	21,762.58	40,000.11	36,254.84	28,731.41	28,727.10	40,577.90	31,117.40	28,999.94
350°	31,180.24	33,916.08	25,979.16	37,413.58	34,580.49	31,817.40	30,223.42	37,099.55	30,989.44	29,792.36
360°	31,180.24	33,916.08	30,449.94	34,115.21	31,855.44	33,936.63	30,801.42	34,068.66	29,919.89	33,151.99

Tabla N°12: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para cada registro sísmico histórico y análisis dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X, Y.

Fuente: Elaboración propia

Se generaron 4 datos de cada registro sísmico histórico con una variación de ángulo de incidencia desde 0° hasta 360° , estos valores siguen una distribución de probabilidades del tipo normal.

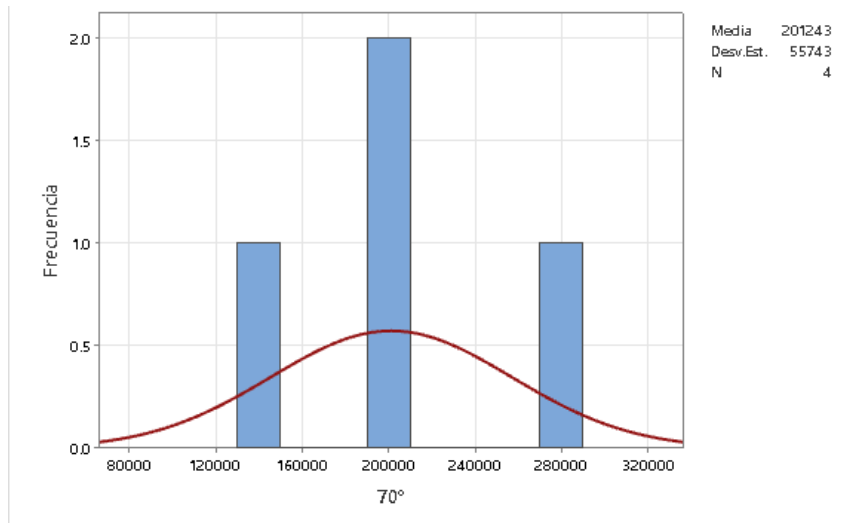


Figura N°81: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en momento volcante con dirección X.

Fuente: Minitab V20.3

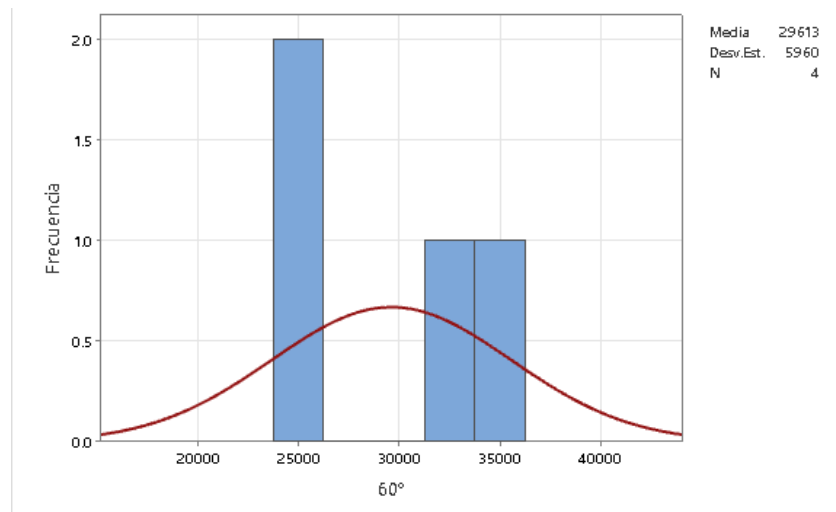
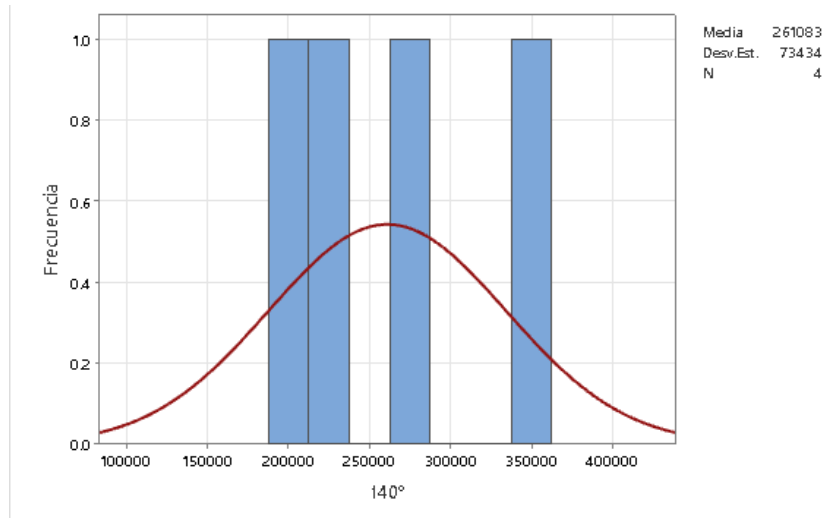
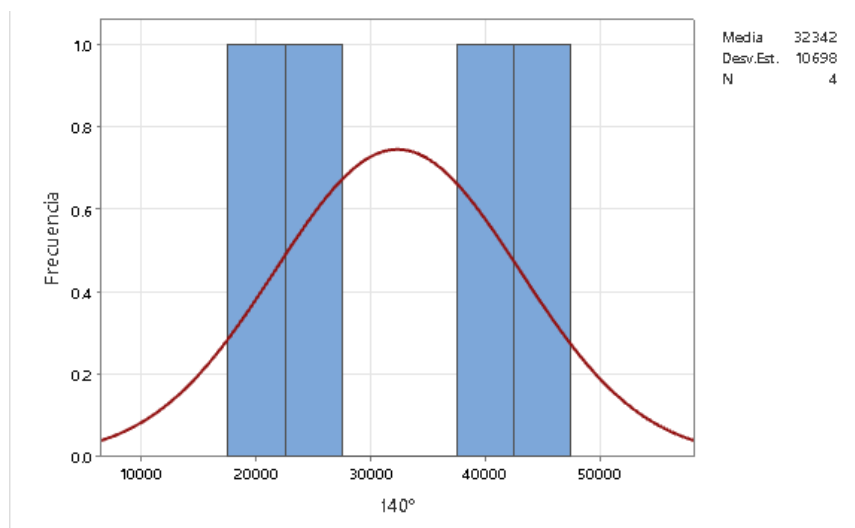


Figura N°82: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en momento volcante con dirección X.

Fuente: Minitab V20.3



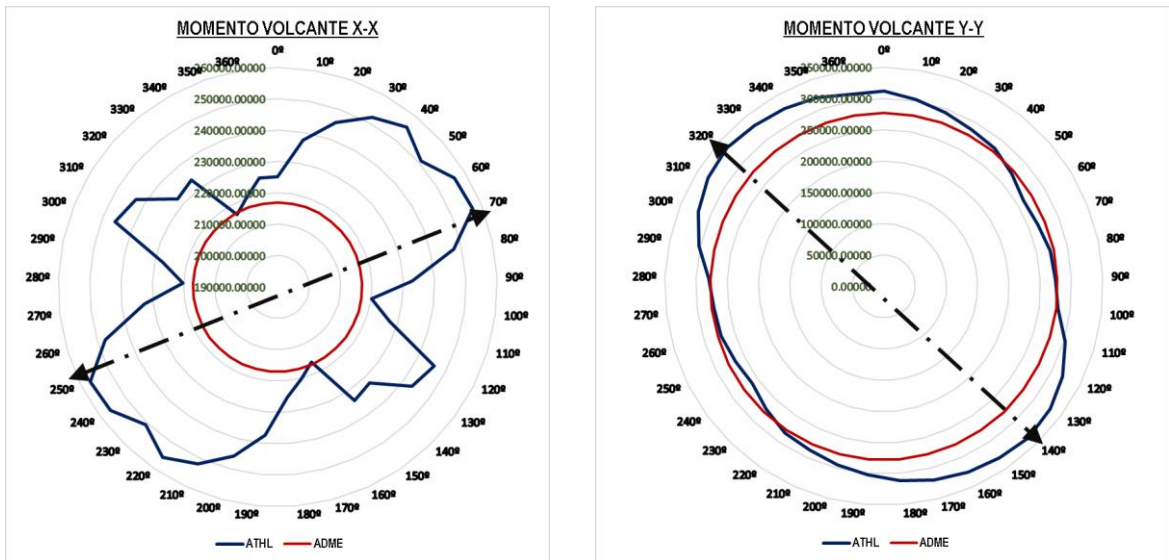
*Figura N°83: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en momento volcante con dirección Y.
Fuente: Minitab V20.3*



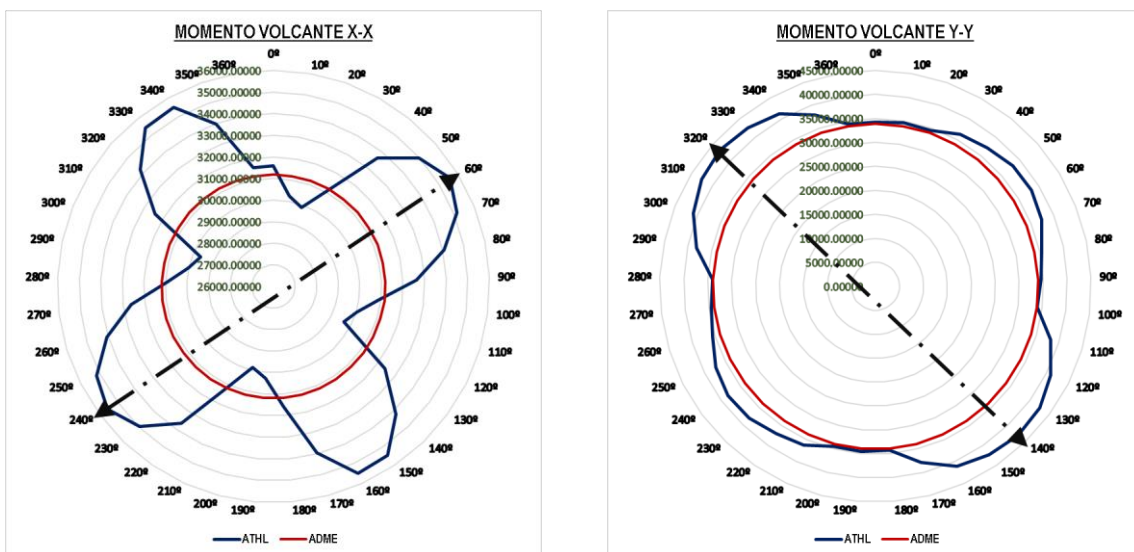
*Figura N°84: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en momento volcante con dirección Y.
Fuente: Minitab V20.3*

Se observa que en el eje X , Y se presentan variaciones de hasta 15.57% (70°) y 17.13%(140°) respectivamente para la estructura con irregularidad en altura.

Se observa que en el eje X , Y se presentan variaciones de hasta 12.35% (60°) y 21.20%(140°) respectivamente para la estructura con irregularidad en planta.



*Figura N°85: Variación de resultados de momento volcante en dirección X,Y en la estructura con irregularidad en altura
 Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°86: Variación de resultados de momento volcante en dirección X,Y en la estructura con irregularidad en planta
 Fuente: Elaboración propia*



5.3 COMPARACIÓN DE DERIVAS DE ENTRE PISO

Se presenta los resultados obtenidos del análisis sísmico modal espectral (unidireccional) y el análisis tiempo historial lineal (bidireccional) para posteriormente procesar los datos mediante una distribución de probabilidad

Tabla N°13: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia

		ADMER=1													
		Δ_{x-x}													
	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1	
0°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
10°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
20°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
30°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
40°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
50°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
60°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
70°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
80°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
90°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
100°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
110°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
120°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
130°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
140°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
150°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
160°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
170°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
180°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
190°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
200°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
210°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
220°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
230°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
240°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
250°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
260°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
270°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
280°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
290°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
300°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
310°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
320°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
330°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
340°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
350°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	
360°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0065	0.0068	0.0075	0.0078	0.0080	0.0079	0.0076	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025	



ADMER=1														
Δ_{y-y}														
	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
10°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
20°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
30°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
40°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
50°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
60°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
70°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
80°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
90°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
100°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
110°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
120°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
130°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
140°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
150°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
160°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
170°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
180°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
190°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
200°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
210°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
220°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
230°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
240°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
250°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
260°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
270°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
280°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
290°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
300°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
310°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
320°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
330°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
340°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
350°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018
360°	0.0056	0.0054	0.0058	0.0060	0.0060	0.0062	0.0063	0.0064	0.0062	0.0059	0.0054	0.0046	0.0035	0.0018

*Tabla N°14: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.
 Fuente: Elaboración propia*



ATHL - SISMO LIMA 1966														
Δ_{x-x}														
	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0063	0.0065	0.0069	0.0095	0.0079	0.0079	0.0081	0.0083	0.0082	0.0078	0.0071	0.0061	0.0046	0.0024
10°	0.0063	0.0065	0.0069	0.0086	0.0078	0.0080	0.0083	0.0084	0.0083	0.0080	0.0073	0.0062	0.0047	0.0025
20°	0.0061	0.0064	0.0068	0.0081	0.0075	0.0079	0.0082	0.0084	0.0084	0.0080	0.0074	0.0064	0.0049	0.0025
30°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0073	0.0070	0.0075	0.0079	0.0082	0.0082	0.0080	0.0074	0.0064	0.0050	0.0026
40°	0.0053	0.0057	0.0061	0.0062	0.0066	0.0071	0.0076	0.0079	0.0080	0.0079	0.0074	0.0065	0.0050	0.0027
50°	0.0064	0.0065	0.0069	0.0080	0.0069	0.0072	0.0075	0.0076	0.0074	0.0072	0.0067	0.0058	0.0045	0.0024
60°	0.0063	0.0061	0.0065	0.0094	0.0073	0.0072	0.0074	0.0075	0.0074	0.0069	0.0063	0.0056	0.0044	0.0023
70°	0.0062	0.0062	0.0067	0.0092	0.0072	0.0073	0.0076	0.0077	0.0077	0.0073	0.0067	0.0057	0.0044	0.0023
80°	0.0060	0.0061	0.0065	0.0082	0.0072	0.0074	0.0077	0.0077	0.0076	0.0074	0.0068	0.0058	0.0045	0.0024
90°	0.0063	0.0068	0.0067	0.0070	0.0067	0.0070	0.0073	0.0074	0.0074	0.0071	0.0066	0.0057	0.0044	0.0023
100°	0.0066	0.0070	0.0074	0.0077	0.0072	0.0068	0.0071	0.0072	0.0072	0.0069	0.0063	0.0055	0.0042	0.0022
110°	0.0068	0.0070	0.0074	0.0087	0.0079	0.0072	0.0068	0.0069	0.0069	0.0066	0.0060	0.0052	0.0040	0.0021
120°	0.0068	0.0070	0.0074	0.0087	0.0079	0.0072	0.0068	0.0069	0.0069	0.0066	0.0060	0.0052	0.0040	0.0021
130°	0.0067	0.0067	0.0070	0.0099	0.0073	0.0070	0.0070	0.0066	0.0060	0.0057	0.0053	0.0045	0.0035	0.0018
140°	0.0064	0.0062	0.0065	0.0104	0.0072	0.0063	0.0064	0.0062	0.0058	0.0055	0.0051	0.0044	0.0034	0.0018
150°	0.0059	0.0057	0.0061	0.0095	0.0067	0.0064	0.0066	0.0066	0.0065	0.0061	0.0055	0.0047	0.0036	0.0019
160°	0.0061	0.0061	0.0065	0.0090	0.0072	0.0071	0.0073	0.0073	0.0071	0.0067	0.0060	0.0050	0.0038	0.0019
170°	0.0063	0.0065	0.0068	0.0085	0.0076	0.0077	0.0078	0.0078	0.0076	0.0071	0.0064	0.0054	0.0040	0.0020
180°	0.0063	0.0065	0.0069	0.0095	0.0079	0.0079	0.0081	0.0083	0.0082	0.0078	0.0071	0.0061	0.0046	0.0024
190°	0.0063	0.0065	0.0069	0.0086	0.0078	0.0080	0.0083	0.0084	0.0083	0.0080	0.0073	0.0062	0.0047	0.0025
200°	0.0061	0.0064	0.0068	0.0081	0.0075	0.0079	0.0082	0.0084	0.0084	0.0080	0.0074	0.0064	0.0049	0.0025
210°	0.0058	0.0061	0.0065	0.0073	0.0070	0.0075	0.0079	0.0082	0.0082	0.0080	0.0074	0.0064	0.0050	0.0026
220°	0.0053	0.0057	0.0061	0.0062	0.0066	0.0071	0.0076	0.0079	0.0080	0.0079	0.0074	0.0065	0.0050	0.0027
230°	0.0064	0.0065	0.0069	0.0080	0.0069	0.0072	0.0075	0.0076	0.0074	0.0072	0.0067	0.0058	0.0045	0.0024
240°	0.0063	0.0061	0.0065	0.0094	0.0073	0.0072	0.0074	0.0075	0.0074	0.0069	0.0063	0.0056	0.0044	0.0023
250°	0.0062	0.0062	0.0067	0.0092	0.0072	0.0073	0.0076	0.0077	0.0077	0.0073	0.0067	0.0057	0.0044	0.0023
260°	0.0060	0.0061	0.0065	0.0082	0.0072	0.0074	0.0077	0.0077	0.0076	0.0074	0.0068	0.0058	0.0045	0.0024
270°	0.0063	0.0068	0.0067	0.0070	0.0067	0.0070	0.0073	0.0074	0.0074	0.0071	0.0066	0.0057	0.0044	0.0023
280°	0.0066	0.0070	0.0074	0.0077	0.0072	0.0068	0.0071	0.0072	0.0072	0.0069	0.0063	0.0055	0.0042	0.0022
290°	0.0068	0.0070	0.0074	0.0087	0.0079	0.0072	0.0068	0.0069	0.0069	0.0066	0.0060	0.0052	0.0040	0.0021
300°	0.0068	0.0070	0.0074	0.0087	0.0079	0.0072	0.0068	0.0069	0.0069	0.0066	0.0060	0.0052	0.0040	0.0021
310°	0.0067	0.0067	0.0070	0.0099	0.0073	0.0070	0.0070	0.0066	0.0060	0.0057	0.0053	0.0045	0.0035	0.0018
320°	0.0064	0.0062	0.0065	0.0104	0.0072	0.0063	0.0064	0.0062	0.0058	0.0055	0.0051	0.0044	0.0034	0.0018
330°	0.0059	0.0057	0.0061	0.0095	0.0067	0.0064	0.0066	0.0066	0.0065	0.0061	0.0055	0.0047	0.0036	0.0019
340°	0.0061	0.0061	0.0065	0.0090	0.0072	0.0071	0.0073	0.0073	0.0071	0.0067	0.0060	0.0050	0.0038	0.0019
350°	0.0063	0.0065	0.0068	0.0085	0.0076	0.0077	0.0078	0.0078	0.0076	0.0071	0.0064	0.0054	0.0040	0.0020
360°	0.0063	0.0065	0.0069	0.0095	0.0079	0.0079	0.0081	0.0083	0.0082	0.0078	0.0071	0.0061	0.0046	0.0024

Tabla N°15: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO LIMA 1966
 Δ_{y-y}

	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0084	0.0084	0.0091	0.0095	0.0094	0.0096	0.0097	0.0097	0.0094	0.0088	0.0080	0.0067	0.0050	0.0024
10°	0.0085	0.0083	0.0089	0.0092	0.0090	0.0092	0.0093	0.0093	0.0090	0.0085	0.0076	0.0065	0.0048	0.0024
20°	0.0081	0.0079	0.0084	0.0087	0.0085	0.0087	0.0087	0.0087	0.0084	0.0079	0.0072	0.0061	0.0046	0.0022
30°	0.0077	0.0073	0.0078	0.0080	0.0077	0.0079	0.0079	0.0079	0.0077	0.0073	0.0066	0.0056	0.0042	0.0021
40°	0.0070	0.0064	0.0068	0.0070	0.0068	0.0070	0.0071	0.0070	0.0069	0.0065	0.0059	0.0050	0.0037	0.0018
50°	0.0053	0.0053	0.0057	0.0060	0.0060	0.0062	0.0064	0.0064	0.0063	0.0060	0.0054	0.0046	0.0034	0.0017
60°	0.0046	0.0046	0.0050	0.0053	0.0054	0.0056	0.0058	0.0058	0.0057	0.0054	0.0049	0.0042	0.0032	0.0016
70°	0.0072	0.0078	0.0082	0.0080	0.0066	0.0060	0.0056	0.0057	0.0055	0.0054	0.0050	0.0044	0.0033	0.0017
80°	0.0084	0.0089	0.0088	0.0087	0.0075	0.0071	0.0071	0.0071	0.0070	0.0068	0.0063	0.0055	0.0042	0.0021
90°	0.0089	0.0093	0.0098	0.0091	0.0083	0.0082	0.0084	0.0082	0.0082	0.0080	0.0074	0.0064	0.0049	0.0025
100°	0.0097	0.0099	0.0098	0.0099	0.0089	0.0092	0.0092	0.0093	0.0092	0.0089	0.0083	0.0071	0.0054	0.0027
110°	0.0101	0.0096	0.0102	0.0100	0.0097	0.0099	0.0098	0.0100	0.0100	0.0096	0.0089	0.0077	0.0058	0.0029
120°	0.0100	0.0103	0.0110	0.0115	0.0113	0.0116	0.0117	0.0116	0.0113	0.0106	0.0096	0.0081	0.0061	0.0030
130°	0.0103	0.0104	0.0112	0.0116	0.0114	0.0117	0.0118	0.0118	0.0114	0.0108	0.0097	0.0082	0.0062	0.0030
140°	0.0101	0.0104	0.0111	0.0116	0.0113	0.0115	0.0116	0.0114	0.0110	0.0103	0.0091	0.0078	0.0059	0.0030
150°	0.0102	0.0105	0.0112	0.0116	0.0113	0.0116	0.0116	0.0114	0.0110	0.0104	0.0093	0.0078	0.0058	0.0028
160°	0.0103	0.0099	0.0106	0.0108	0.0101	0.0104	0.0104	0.0102	0.0098	0.0092	0.0082	0.0070	0.0053	0.0027
170°	0.0101	0.0089	0.0088	0.0092	0.0091	0.0093	0.0095	0.0094	0.0091	0.0086	0.0077	0.0064	0.0048	0.0024
180°	0.0084	0.0084	0.0091	0.0095	0.0094	0.0096	0.0097	0.0097	0.0094	0.0088	0.0080	0.0067	0.0050	0.0024
190°	0.0085	0.0083	0.0089	0.0092	0.0090	0.0092	0.0093	0.0093	0.0090	0.0085	0.0076	0.0065	0.0048	0.0024
200°	0.0081	0.0079	0.0084	0.0087	0.0085	0.0087	0.0087	0.0087	0.0084	0.0079	0.0072	0.0061	0.0046	0.0022
210°	0.0077	0.0073	0.0078	0.0080	0.0077	0.0079	0.0079	0.0079	0.0077	0.0073	0.0066	0.0056	0.0042	0.0021
220°	0.0070	0.0064	0.0068	0.0070	0.0068	0.0070	0.0071	0.0070	0.0069	0.0065	0.0059	0.0050	0.0037	0.0018
230°	0.0053	0.0053	0.0057	0.0060	0.0060	0.0062	0.0064	0.0064	0.0063	0.0060	0.0054	0.0046	0.0034	0.0017
240°	0.0046	0.0046	0.0050	0.0053	0.0054	0.0056	0.0058	0.0058	0.0057	0.0054	0.0049	0.0042	0.0032	0.0016
250°	0.0072	0.0078	0.0082	0.0080	0.0066	0.0060	0.0056	0.0057	0.0055	0.0054	0.0050	0.0044	0.0033	0.0017
260°	0.0084	0.0089	0.0088	0.0087	0.0075	0.0071	0.0071	0.0071	0.0070	0.0068	0.0063	0.0055	0.0042	0.0021
270°	0.0089	0.0093	0.0098	0.0091	0.0083	0.0082	0.0084	0.0082	0.0082	0.0080	0.0074	0.0064	0.0049	0.0025
280°	0.0097	0.0099	0.0098	0.0099	0.0089	0.0092	0.0092	0.0093	0.0092	0.0089	0.0083	0.0071	0.0054	0.0027
290°	0.0101	0.0096	0.0102	0.0100	0.0097	0.0099	0.0098	0.0100	0.0100	0.0096	0.0089	0.0077	0.0058	0.0029
300°	0.0100	0.0103	0.0110	0.0115	0.0113	0.0116	0.0117	0.0116	0.0113	0.0106	0.0096	0.0081	0.0061	0.0030
310°	0.0103	0.0104	0.0112	0.0116	0.0114	0.0117	0.0118	0.0118	0.0114	0.0108	0.0097	0.0082	0.0062	0.0030
320°	0.0101	0.0104	0.0111	0.0116	0.0113	0.0115	0.0116	0.0114	0.0110	0.0103	0.0091	0.0078	0.0059	0.0030
330°	0.0102	0.0105	0.0112	0.0116	0.0113	0.0116	0.0116	0.0114	0.0110	0.0104	0.0093	0.0078	0.0058	0.0028
340°	0.0103	0.0099	0.0106	0.0108	0.0101	0.0104	0.0104	0.0102	0.0098	0.0092	0.0082	0.0070	0.0053	0.0027
350°	0.0101	0.0089	0.0088	0.0092	0.0091	0.0093	0.0095	0.0094	0.0091	0.0086	0.0077	0.0064	0.0048	0.0024
360°	0.0084	0.0084	0.0091	0.0095	0.0094	0.0096	0.0097	0.0097	0.0094	0.0088	0.0080	0.0067	0.0050	0.0024

Tabla N°16: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO LIMA 1974
 Δ_{x-x}

	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0055	0.0059	0.0063	0.0055	0.0067	0.0073	0.0074	0.0075	0.0074	0.0070	0.0064	0.0054	0.0042	0.0023
10°	0.0055	0.0060	0.0063	0.0059	0.0067	0.0072	0.0073	0.0075	0.0074	0.0071	0.0065	0.0054	0.0042	0.0023
20°	0.0054	0.0058	0.0061	0.0061	0.0066	0.0069	0.0071	0.0072	0.0072	0.0069	0.0061	0.0053	0.0042	0.0023
30°	0.0052	0.0054	0.0058	0.0062	0.0062	0.0064	0.0067	0.0068	0.0067	0.0063	0.0057	0.0050	0.0040	0.0022
40°	0.0048	0.0049	0.0053	0.0061	0.0056	0.0058	0.0060	0.0061	0.0059	0.0057	0.0053	0.0047	0.0037	0.0020
50°	0.0042	0.0043	0.0044	0.0026	0.0045	0.0055	0.0057	0.0058	0.0058	0.0055	0.0051	0.0044	0.0033	0.0018
60°	0.0041	0.0047	0.0050	0.0029	0.0052	0.0060	0.0063	0.0064	0.0063	0.0061	0.0056	0.0048	0.0036	0.0019
70°	0.0045	0.0051	0.0054	0.0036	0.0057	0.0065	0.0068	0.0069	0.0068	0.0066	0.0060	0.0051	0.0039	0.0020
80°	0.0048	0.0054	0.0057	0.0041	0.0061	0.0068	0.0071	0.0072	0.0071	0.0068	0.0062	0.0054	0.0041	0.0022
90°	0.0049	0.0055	0.0058	0.0046	0.0062	0.0069	0.0072	0.0073	0.0072	0.0069	0.0063	0.0055	0.0042	0.0022
100°	0.0049	0.0054	0.0057	0.0049	0.0062	0.0068	0.0070	0.0071	0.0071	0.0068	0.0063	0.0054	0.0041	0.0022
110°	0.0050	0.0052	0.0055	0.0056	0.0059	0.0064	0.0066	0.0068	0.0067	0.0065	0.0060	0.0052	0.0040	0.0021
120°	0.0048	0.0049	0.0052	0.0065	0.0055	0.0059	0.0061	0.0062	0.0062	0.0060	0.0055	0.0048	0.0037	0.0019
130°	0.0046	0.0045	0.0048	0.0071	0.0050	0.0052	0.0054	0.0055	0.0055	0.0053	0.0049	0.0042	0.0033	0.0017
140°	0.0042	0.0040	0.0043	0.0031	0.0045	0.0052	0.0053	0.0054	0.0053	0.0050	0.0045	0.0038	0.0029	0.0015
150°	0.0043	0.0048	0.0051	0.0033	0.0053	0.0060	0.0062	0.0062	0.0061	0.0058	0.0052	0.0045	0.0034	0.0018
160°	0.0048	0.0054	0.0057	0.0041	0.0060	0.0066	0.0068	0.0068	0.0067	0.0064	0.0058	0.0050	0.0037	0.0020
170°	0.0052	0.0057	0.0061	0.0049	0.0064	0.0070	0.0072	0.0072	0.0071	0.0068	0.0062	0.0053	0.0040	0.0022
180°	0.0055	0.0059	0.0063	0.0055	0.0067	0.0073	0.0074	0.0075	0.0074	0.0070	0.0064	0.0054	0.0042	0.0023
190°	0.0055	0.0060	0.0063	0.0059	0.0067	0.0072	0.0073	0.0075	0.0074	0.0071	0.0065	0.0054	0.0042	0.0023
200°	0.0054	0.0058	0.0061	0.0061	0.0066	0.0069	0.0071	0.0072	0.0072	0.0069	0.0061	0.0053	0.0042	0.0023
210°	0.0052	0.0054	0.0058	0.0062	0.0062	0.0064	0.0067	0.0068	0.0067	0.0063	0.0057	0.0050	0.0040	0.0022
220°	0.0048	0.0049	0.0053	0.0061	0.0056	0.0058	0.0060	0.0061	0.0059	0.0057	0.0053	0.0047	0.0037	0.0020
230°	0.0042	0.0043	0.0044	0.0026	0.0045	0.0055	0.0057	0.0058	0.0058	0.0055	0.0051	0.0044	0.0033	0.0018
240°	0.0041	0.0047	0.0050	0.0029	0.0052	0.0060	0.0063	0.0064	0.0063	0.0061	0.0056	0.0048	0.0036	0.0019
250°	0.0045	0.0051	0.0054	0.0036	0.0057	0.0065	0.0068	0.0069	0.0068	0.0066	0.0060	0.0051	0.0039	0.0020
260°	0.0048	0.0054	0.0057	0.0041	0.0061	0.0068	0.0071	0.0072	0.0071	0.0068	0.0062	0.0054	0.0041	0.0022
270°	0.0049	0.0055	0.0058	0.0046	0.0062	0.0069	0.0072	0.0073	0.0072	0.0069	0.0063	0.0055	0.0042	0.0022
280°	0.0049	0.0054	0.0057	0.0049	0.0062	0.0068	0.0070	0.0071	0.0071	0.0068	0.0063	0.0054	0.0041	0.0022
290°	0.0050	0.0052	0.0055	0.0056	0.0059	0.0064	0.0066	0.0068	0.0067	0.0065	0.0060	0.0052	0.0040	0.0021
300°	0.0048	0.0049	0.0052	0.0065	0.0055	0.0059	0.0061	0.0062	0.0062	0.0060	0.0055	0.0048	0.0037	0.0019
310°	0.0046	0.0045	0.0048	0.0071	0.0050	0.0052	0.0054	0.0055	0.0055	0.0053	0.0049	0.0042	0.0033	0.0017
320°	0.0042	0.0040	0.0043	0.0031	0.0045	0.0052	0.0053	0.0054	0.0053	0.0050	0.0045	0.0038	0.0029	0.0015
330°	0.0043	0.0048	0.0051	0.0033	0.0053	0.0060	0.0062	0.0062	0.0061	0.0058	0.0052	0.0045	0.0034	0.0018
340°	0.0048	0.0054	0.0057	0.0041	0.0060	0.0066	0.0068	0.0068	0.0067	0.0064	0.0058	0.0050	0.0037	0.0020
350°	0.0052	0.0057	0.0061	0.0049	0.0064	0.0070	0.0072	0.0072	0.0071	0.0068	0.0062	0.0053	0.0040	0.0022
360°	0.0055	0.0059	0.0063	0.0055	0.0067	0.0073	0.0074	0.0075	0.0074	0.0070	0.0064	0.0054	0.0042	0.0023

Tabla N°17: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO LIMA 1974														
Δ_{y-y}														
	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0070	0.0070	0.0077	0.0083	0.0088	0.0093	0.0097	0.0099	0.0098	0.0095	0.0087	0.0074	0.0056	0.0028
10°	0.0079	0.0077	0.0085	0.0092	0.0098	0.0103	0.0107	0.0108	0.0106	0.0102	0.0094	0.0080	0.0061	0.0030
20°	0.0086	0.0087	0.0095	0.0101	0.0103	0.0108	0.0112	0.0114	0.0113	0.0107	0.0098	0.0084	0.0064	0.0032
30°	0.0096	0.0094	0.0091	0.0098	0.0105	0.0111	0.0116	0.0118	0.0118	0.0114	0.0105	0.0090	0.0068	0.0034
40°	0.0089	0.0088	0.0097	0.0105	0.0111	0.0117	0.0122	0.0124	0.0124	0.0119	0.0110	0.0094	0.0072	0.0036
50°	0.0098	0.0097	0.0105	0.0112	0.0115	0.0119	0.0122	0.0123	0.0121	0.0115	0.0105	0.0090	0.0068	0.0034
60°	0.0097	0.0096	0.0104	0.0111	0.0114	0.0119	0.0122	0.0123	0.0121	0.0115	0.0105	0.0089	0.0067	0.0034
70°	0.0095	0.0093	0.0101	0.0108	0.0111	0.0115	0.0118	0.0119	0.0117	0.0112	0.0102	0.0087	0.0066	0.0033
80°	0.0089	0.0087	0.0095	0.0101	0.0104	0.0108	0.0111	0.0112	0.0111	0.0106	0.0096	0.0082	0.0062	0.0031
90°	0.0081	0.0079	0.0086	0.0092	0.0094	0.0098	0.0101	0.0102	0.0101	0.0097	0.0089	0.0076	0.0058	0.0029
100°	0.0077	0.0076	0.0082	0.0083	0.0085	0.0089	0.0092	0.0093	0.0092	0.0088	0.0081	0.0069	0.0052	0.0026
110°	0.0067	0.0066	0.0071	0.0071	0.0073	0.0076	0.0079	0.0080	0.0078	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0022
120°	0.0056	0.0055	0.0055	0.0056	0.0060	0.0063	0.0065	0.0065	0.0064	0.0062	0.0057	0.0048	0.0036	0.0018
130°	0.0045	0.0042	0.0045	0.0046	0.0047	0.0050	0.0052	0.0053	0.0052	0.0049	0.0045	0.0038	0.0028	0.0014
140°	0.0048	0.0048	0.0052	0.0054	0.0054	0.0055	0.0056	0.0056	0.0055	0.0052	0.0047	0.0040	0.0030	0.0015
150°	0.0054	0.0054	0.0058	0.0061	0.0060	0.0061	0.0062	0.0062	0.0061	0.0057	0.0052	0.0044	0.0033	0.0016
160°	0.0068	0.0070	0.0075	0.0079	0.0078	0.0079	0.0074	0.0076	0.0075	0.0072	0.0066	0.0057	0.0043	0.0021
170°	0.0068	0.0061	0.0068	0.0074	0.0079	0.0083	0.0087	0.0089	0.0088	0.0085	0.0077	0.0066	0.0050	0.0025
180°	0.0070	0.0070	0.0077	0.0083	0.0088	0.0093	0.0097	0.0099	0.0098	0.0095	0.0087	0.0074	0.0056	0.0028
190°	0.0079	0.0077	0.0085	0.0092	0.0098	0.0103	0.0107	0.0108	0.0106	0.0102	0.0094	0.0080	0.0061	0.0030
200°	0.0086	0.0087	0.0095	0.0101	0.0103	0.0108	0.0112	0.0114	0.0113	0.0107	0.0098	0.0084	0.0064	0.0032
210°	0.0096	0.0094	0.0091	0.0098	0.0105	0.0111	0.0116	0.0118	0.0118	0.0114	0.0105	0.0090	0.0068	0.0034
220°	0.0089	0.0088	0.0097	0.0105	0.0111	0.0117	0.0122	0.0124	0.0124	0.0119	0.0110	0.0094	0.0072	0.0036
230°	0.0098	0.0097	0.0105	0.0112	0.0115	0.0119	0.0122	0.0123	0.0121	0.0115	0.0105	0.0090	0.0068	0.0034
240°	0.0097	0.0096	0.0104	0.0111	0.0114	0.0119	0.0122	0.0123	0.0121	0.0115	0.0105	0.0089	0.0067	0.0034
250°	0.0095	0.0093	0.0101	0.0108	0.0111	0.0115	0.0118	0.0119	0.0117	0.0112	0.0102	0.0087	0.0066	0.0033
260°	0.0089	0.0087	0.0095	0.0101	0.0104	0.0108	0.0111	0.0112	0.0111	0.0106	0.0096	0.0082	0.0062	0.0031
270°	0.0081	0.0079	0.0086	0.0092	0.0094	0.0098	0.0101	0.0102	0.0101	0.0097	0.0089	0.0076	0.0058	0.0029
280°	0.0077	0.0076	0.0082	0.0083	0.0085	0.0089	0.0092	0.0093	0.0092	0.0088	0.0081	0.0069	0.0052	0.0026
290°	0.0067	0.0066	0.0071	0.0071	0.0073	0.0076	0.0079	0.0080	0.0078	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0022
300°	0.0056	0.0055	0.0055	0.0056	0.0060	0.0063	0.0065	0.0065	0.0064	0.0062	0.0057	0.0048	0.0036	0.0018
310°	0.0045	0.0042	0.0045	0.0046	0.0047	0.0050	0.0052	0.0053	0.0052	0.0049	0.0045	0.0038	0.0028	0.0014
320°	0.0048	0.0048	0.0052	0.0054	0.0054	0.0055	0.0056	0.0056	0.0055	0.0052	0.0047	0.0040	0.0030	0.0015
330°	0.0054	0.0054	0.0058	0.0061	0.0060	0.0061	0.0062	0.0062	0.0061	0.0057	0.0052	0.0044	0.0033	0.0016
340°	0.0068	0.0070	0.0075	0.0079	0.0078	0.0079	0.0074	0.0076	0.0075	0.0072	0.0066	0.0057	0.0043	0.0021
350°	0.0068	0.0061	0.0068	0.0074	0.0079	0.0083	0.0087	0.0089	0.0088	0.0085	0.0077	0.0066	0.0050	0.0025
360°	0.0070	0.0070	0.0077	0.0083	0.0088	0.0093	0.0097	0.0099	0.0098	0.0095	0.0087	0.0074	0.0056	0.0028

Tabla N°18: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO HUARAZ 1970

Δ_{x-x}

	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0074	0.0072	0.0076	0.0119	0.0083	0.0079	0.0082	0.0084	0.0083	0.0079	0.0073	0.0063	0.0048	0.0025
10°	0.0070	0.0067	0.0071	0.0116	0.0077	0.0073	0.0076	0.0077	0.0077	0.0074	0.0068	0.0058	0.0045	0.0023
20°	0.0064	0.0060	0.0064	0.0112	0.0071	0.0066	0.0068	0.0069	0.0069	0.0066	0.0061	0.0053	0.0040	0.0021
30°	0.0057	0.0052	0.0056	0.0107	0.0063	0.0057	0.0059	0.0060	0.0059	0.0057	0.0053	0.0045	0.0035	0.0018
40°	0.0050	0.0045	0.0048	0.0103	0.0055	0.0047	0.0049	0.0050	0.0049	0.0047	0.0043	0.0037	0.0029	0.0015
50°	0.0044	0.0037	0.0040	0.0097	0.0047	0.0040	0.0043	0.0045	0.0046	0.0045	0.0043	0.0037	0.0029	0.0015
60°	0.0051	0.0046	0.0049	0.0098	0.0056	0.0048	0.0049	0.0049	0.0049	0.0048	0.0044	0.0039	0.0030	0.0016
70°	0.0059	0.0053	0.0056	0.0121	0.0061	0.0052	0.0053	0.0053	0.0053	0.0050	0.0045	0.0038	0.0029	0.0015
80°	0.0059	0.0053	0.0057	0.0088	0.0049	0.0057	0.0059	0.0059	0.0058	0.0055	0.0050	0.0043	0.0032	0.0017
90°	0.0050	0.0054	0.0057	0.0049	0.0061	0.0066	0.0067	0.0067	0.0065	0.0062	0.0056	0.0048	0.0036	0.0019
100°	0.0062	0.0062	0.0065	0.0057	0.0068	0.0074	0.0075	0.0076	0.0074	0.0069	0.0063	0.0053	0.0040	0.0021
110°	0.0071	0.0071	0.0075	0.0092	0.0074	0.0080	0.0082	0.0082	0.0080	0.0075	0.0068	0.0058	0.0043	0.0023
120°	0.0077	0.0077	0.0081	0.0111	0.0087	0.0086	0.0088	0.0087	0.0085	0.0080	0.0072	0.0060	0.0046	0.0025
130°	0.0081	0.0080	0.0085	0.0120	0.0091	0.0089	0.0091	0.0092	0.0089	0.0085	0.0077	0.0065	0.0050	0.0026
140°	0.0083	0.0081	0.0086	0.0125	0.0092	0.0091	0.0093	0.0093	0.0092	0.0087	0.0079	0.0068	0.0052	0.0027
150°	0.0083	0.0080	0.0085	0.0129	0.0092	0.0089	0.0092	0.0093	0.0091	0.0087	0.0080	0.0069	0.0052	0.0027
160°	0.0080	0.0077	0.0082	0.0129	0.0090	0.0086	0.0089	0.0090	0.0089	0.0085	0.0078	0.0067	0.0051	0.0027
170°	0.0077	0.0075	0.0080	0.0121	0.0086	0.0083	0.0086	0.0088	0.0087	0.0083	0.0076	0.0065	0.0050	0.0026
180°	0.0074	0.0072	0.0076	0.0119	0.0083	0.0079	0.0082	0.0084	0.0083	0.0079	0.0073	0.0063	0.0048	0.0025
190°	0.0070	0.0067	0.0071	0.0116	0.0077	0.0073	0.0076	0.0077	0.0077	0.0074	0.0068	0.0058	0.0045	0.0023
200°	0.0064	0.0060	0.0064	0.0112	0.0071	0.0066	0.0068	0.0069	0.0069	0.0066	0.0061	0.0053	0.0040	0.0021
210°	0.0057	0.0052	0.0056	0.0107	0.0063	0.0057	0.0059	0.0060	0.0059	0.0057	0.0053	0.0045	0.0035	0.0018
220°	0.0050	0.0045	0.0048	0.0103	0.0055	0.0047	0.0049	0.0050	0.0049	0.0047	0.0043	0.0037	0.0029	0.0015
230°	0.0044	0.0037	0.0040	0.0097	0.0047	0.0040	0.0043	0.0045	0.0046	0.0045	0.0043	0.0037	0.0029	0.0015
240°	0.0051	0.0046	0.0049	0.0098	0.0056	0.0048	0.0049	0.0049	0.0049	0.0048	0.0044	0.0039	0.0030	0.0016
250°	0.0059	0.0053	0.0056	0.0121	0.0061	0.0052	0.0053	0.0053	0.0053	0.0050	0.0045	0.0038	0.0029	0.0015
260°	0.0059	0.0053	0.0057	0.0088	0.0049	0.0057	0.0059	0.0059	0.0058	0.0055	0.0050	0.0043	0.0032	0.0017
270°	0.0050	0.0054	0.0057	0.0049	0.0061	0.0066	0.0067	0.0067	0.0065	0.0062	0.0056	0.0048	0.0036	0.0019
280°	0.0062	0.0062	0.0065	0.0057	0.0068	0.0074	0.0075	0.0076	0.0074	0.0069	0.0063	0.0053	0.0040	0.0021
290°	0.0071	0.0071	0.0075	0.0092	0.0074	0.0080	0.0082	0.0082	0.0080	0.0075	0.0068	0.0058	0.0043	0.0023
300°	0.0077	0.0077	0.0081	0.0111	0.0087	0.0086	0.0088	0.0087	0.0085	0.0080	0.0072	0.0060	0.0046	0.0025
310°	0.0081	0.0080	0.0085	0.0120	0.0091	0.0089	0.0091	0.0092	0.0089	0.0085	0.0077	0.0065	0.0050	0.0026
320°	0.0083	0.0081	0.0086	0.0125	0.0092	0.0091	0.0093	0.0093	0.0092	0.0087	0.0079	0.0068	0.0052	0.0027
330°	0.0083	0.0080	0.0085	0.0129	0.0092	0.0089	0.0092	0.0093	0.0091	0.0087	0.0080	0.0069	0.0052	0.0027
340°	0.0080	0.0077	0.0082	0.0129	0.0090	0.0086	0.0089	0.0090	0.0089	0.0085	0.0078	0.0067	0.0051	0.0027
350°	0.0077	0.0075	0.0080	0.0121	0.0086	0.0083	0.0086	0.0088	0.0087	0.0083	0.0076	0.0065	0.0050	0.0026
360°	0.0074	0.0072	0.0076	0.0119	0.0083	0.0079	0.0082	0.0084	0.0083	0.0079	0.0073	0.0063	0.0048	0.0025

Tabla N°19: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO HUARAZ 1970														
Δ y-y														
	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0082	0.0084	0.0090	0.0093	0.0089	0.0090	0.0090	0.0089	0.0086	0.0080	0.0071	0.0060	0.0044	0.0021
10°	0.0086	0.0089	0.0095	0.0097	0.0092	0.0094	0.0093	0.0092	0.0088	0.0082	0.0073	0.0060	0.0045	0.0021
20°	0.0088	0.0090	0.0096	0.0099	0.0093	0.0094	0.0094	0.0092	0.0088	0.0081	0.0072	0.0060	0.0044	0.0021
30°	0.0086	0.0089	0.0095	0.0097	0.0092	0.0092	0.0092	0.0090	0.0085	0.0079	0.0070	0.0058	0.0043	0.0021
40°	0.0068	0.0065	0.0070	0.0073	0.0074	0.0076	0.0077	0.0077	0.0075	0.0071	0.0064	0.0054	0.0040	0.0020
50°	0.0063	0.0057	0.0063	0.0068	0.0072	0.0075	0.0078	0.0079	0.0079	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0022
60°	0.0071	0.0064	0.0070	0.0075	0.0079	0.0082	0.0085	0.0086	0.0085	0.0082	0.0075	0.0065	0.0049	0.0024
70°	0.0078	0.0072	0.0079	0.0083	0.0084	0.0088	0.0091	0.0092	0.0090	0.0087	0.0080	0.0069	0.0052	0.0026
80°	0.0085	0.0078	0.0084	0.0088	0.0089	0.0092	0.0095	0.0095	0.0094	0.0090	0.0083	0.0071	0.0054	0.0027
90°	0.0088	0.0082	0.0088	0.0092	0.0092	0.0095	0.0097	0.0097	0.0096	0.0092	0.0084	0.0072	0.0055	0.0027
100°	0.0088	0.0082	0.0088	0.0092	0.0093	0.0096	0.0097	0.0098	0.0096	0.0091	0.0084	0.0071	0.0054	0.0027
110°	0.0086	0.0080	0.0085	0.0090	0.0090	0.0094	0.0096	0.0096	0.0094	0.0090	0.0082	0.0070	0.0053	0.0027
120°	0.0081	0.0074	0.0080	0.0085	0.0086	0.0089	0.0091	0.0092	0.0091	0.0087	0.0079	0.0068	0.0051	0.0026
130°	0.0079	0.0067	0.0072	0.0077	0.0080	0.0083	0.0086	0.0087	0.0086	0.0082	0.0075	0.0064	0.0049	0.0024
140°	0.0084	0.0084	0.0090	0.0092	0.0087	0.0088	0.0079	0.0079	0.0079	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0022
150°	0.0088	0.0088	0.0094	0.0094	0.0088	0.0089	0.0088	0.0085	0.0081	0.0070	0.0062	0.0053	0.0040	0.0020
160°	0.0083	0.0082	0.0086	0.0087	0.0082	0.0082	0.0082	0.0079	0.0071	0.0066	0.0060	0.0051	0.0038	0.0019
170°	0.0081	0.0079	0.0084	0.0084	0.0082	0.0083	0.0083	0.0080	0.0074	0.0070	0.0063	0.0054	0.0041	0.0020
180°	0.0082	0.0084	0.0090	0.0093	0.0089	0.0090	0.0090	0.0089	0.0086	0.0080	0.0071	0.0060	0.0044	0.0021
190°	0.0086	0.0089	0.0095	0.0097	0.0092	0.0094	0.0093	0.0092	0.0088	0.0082	0.0073	0.0060	0.0045	0.0021
200°	0.0088	0.0090	0.0096	0.0099	0.0093	0.0094	0.0094	0.0092	0.0088	0.0081	0.0072	0.0060	0.0044	0.0021
210°	0.0086	0.0089	0.0095	0.0097	0.0092	0.0092	0.0092	0.0090	0.0085	0.0079	0.0070	0.0058	0.0043	0.0021
220°	0.0068	0.0065	0.0070	0.0073	0.0074	0.0076	0.0077	0.0077	0.0075	0.0071	0.0064	0.0054	0.0040	0.0020
230°	0.0063	0.0057	0.0063	0.0068	0.0072	0.0075	0.0078	0.0079	0.0079	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0022
240°	0.0071	0.0064	0.0070	0.0075	0.0079	0.0082	0.0085	0.0086	0.0085	0.0082	0.0075	0.0065	0.0049	0.0024
250°	0.0078	0.0072	0.0079	0.0083	0.0084	0.0088	0.0091	0.0092	0.0090	0.0087	0.0080	0.0069	0.0052	0.0026
260°	0.0085	0.0078	0.0084	0.0088	0.0089	0.0092	0.0095	0.0095	0.0094	0.0090	0.0083	0.0071	0.0054	0.0027
270°	0.0088	0.0082	0.0088	0.0092	0.0092	0.0095	0.0097	0.0097	0.0096	0.0092	0.0084	0.0072	0.0055	0.0027
280°	0.0088	0.0082	0.0088	0.0092	0.0093	0.0096	0.0097	0.0098	0.0096	0.0091	0.0084	0.0071	0.0054	0.0027
290°	0.0086	0.0080	0.0085	0.0090	0.0090	0.0094	0.0096	0.0096	0.0094	0.0090	0.0082	0.0070	0.0053	0.0027
300°	0.0081	0.0074	0.0080	0.0085	0.0086	0.0089	0.0091	0.0092	0.0091	0.0087	0.0079	0.0068	0.0051	0.0026
310°	0.0079	0.0067	0.0072	0.0077	0.0080	0.0083	0.0086	0.0087	0.0086	0.0082	0.0075	0.0064	0.0049	0.0024
320°	0.0084	0.0084	0.0090	0.0092	0.0087	0.0088	0.0079	0.0079	0.0079	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0022
330°	0.0088	0.0088	0.0094	0.0094	0.0088	0.0089	0.0088	0.0085	0.0081	0.0070	0.0062	0.0053	0.0040	0.0020
340°	0.0083	0.0082	0.0086	0.0087	0.0082	0.0082	0.0082	0.0079	0.0071	0.0066	0.0060	0.0051	0.0038	0.0019
350°	0.0081	0.0079	0.0084	0.0084	0.0082	0.0083	0.0083	0.0080	0.0074	0.0070	0.0063	0.0054	0.0041	0.0020
360°	0.0082	0.0084	0.0090	0.0093	0.0089	0.0090	0.0090	0.0089	0.0086	0.0080	0.0071	0.0060	0.0044	0.0021

Tabla N°20: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia



	ATHL - SISMO ICA 2007													
	Δ_{x-x}													
	PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0060	0.0065	0.0069	0.0061	0.0073	0.0080	0.0082	0.0083	0.0081	0.0076	0.0070	0.0060	0.0046	0.0024
10°	0.0062	0.0067	0.0071	0.0070	0.0077	0.0082	0.0085	0.0085	0.0084	0.0080	0.0073	0.0062	0.0047	0.0024
20°	0.0063	0.0067	0.0071	0.0076	0.0078	0.0082	0.0084	0.0085	0.0084	0.0080	0.0073	0.0062	0.0047	0.0024
30°	0.0062	0.0065	0.0069	0.0080	0.0076	0.0079	0.0082	0.0082	0.0081	0.0078	0.0071	0.0061	0.0046	0.0024
40°	0.0040	0.0040	0.0041	0.0054	0.0048	0.0049	0.0052	0.0054	0.0056	0.0055	0.0052	0.0046	0.0037	0.0020
50°	0.0044	0.0041	0.0044	0.0018	0.0042	0.0051	0.0054	0.0055	0.0056	0.0055	0.0052	0.0045	0.0036	0.0019
60°	0.0048	0.0047	0.0050	0.0079	0.0059	0.0057	0.0059	0.0060	0.0060	0.0057	0.0053	0.0045	0.0035	0.0018
70°	0.0040	0.0038	0.0041	0.0055	0.0038	0.0049	0.0051	0.0052	0.0050	0.0048	0.0046	0.0041	0.0033	0.0018
80°	0.0036	0.0043	0.0045	0.0013	0.0047	0.0057	0.0060	0.0061	0.0061	0.0059	0.0054	0.0047	0.0036	0.0019
90°	0.0043	0.0050	0.0052	0.0026	0.0055	0.0065	0.0067	0.0069	0.0069	0.0066	0.0061	0.0053	0.0041	0.0022
100°	0.0049	0.0055	0.0059	0.0037	0.0062	0.0071	0.0074	0.0076	0.0075	0.0073	0.0067	0.0058	0.0045	0.0024
110°	0.0053	0.0060	0.0063	0.0046	0.0067	0.0076	0.0079	0.0080	0.0080	0.0077	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025
120°	0.0057	0.0062	0.0066	0.0053	0.0071	0.0078	0.0081	0.0083	0.0083	0.0080	0.0073	0.0063	0.0049	0.0026
130°	0.0058	0.0063	0.0067	0.0058	0.0072	0.0079	0.0082	0.0084	0.0083	0.0080	0.0074	0.0064	0.0049	0.0026
140°	0.0058	0.0062	0.0066	0.0061	0.0071	0.0077	0.0080	0.0082	0.0081	0.0078	0.0072	0.0062	0.0048	0.0025
150°	0.0055	0.0059	0.0063	0.0060	0.0068	0.0074	0.0077	0.0078	0.0078	0.0075	0.0069	0.0059	0.0046	0.0024
160°	0.0060	0.0064	0.0068	0.0056	0.0069	0.0076	0.0078	0.0079	0.0078	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0023
170°	0.0060	0.0064	0.0068	0.0059	0.0070	0.0075	0.0079	0.0080	0.0079	0.0076	0.0070	0.0060	0.0046	0.0024
180°	0.0060	0.0065	0.0069	0.0061	0.0073	0.0080	0.0082	0.0083	0.0081	0.0076	0.0070	0.0060	0.0046	0.0024
190°	0.0062	0.0067	0.0071	0.0070	0.0077	0.0082	0.0085	0.0085	0.0084	0.0080	0.0073	0.0062	0.0047	0.0024
200°	0.0063	0.0067	0.0071	0.0076	0.0078	0.0082	0.0084	0.0085	0.0084	0.0080	0.0073	0.0062	0.0047	0.0024
210°	0.0062	0.0065	0.0069	0.0080	0.0076	0.0079	0.0082	0.0082	0.0081	0.0078	0.0071	0.0061	0.0046	0.0024
220°	0.0040	0.0040	0.0041	0.0054	0.0048	0.0049	0.0052	0.0054	0.0056	0.0055	0.0052	0.0046	0.0037	0.0020
230°	0.0044	0.0041	0.0044	0.0018	0.0042	0.0051	0.0054	0.0055	0.0056	0.0055	0.0052	0.0045	0.0036	0.0019
240°	0.0048	0.0047	0.0050	0.0079	0.0059	0.0057	0.0059	0.0060	0.0060	0.0057	0.0053	0.0045	0.0035	0.0018
250°	0.0040	0.0038	0.0041	0.0055	0.0038	0.0049	0.0051	0.0052	0.0050	0.0048	0.0046	0.0041	0.0033	0.0018
260°	0.0036	0.0043	0.0045	0.0013	0.0047	0.0057	0.0060	0.0061	0.0061	0.0059	0.0054	0.0047	0.0036	0.0019
270°	0.0043	0.0050	0.0052	0.0026	0.0055	0.0065	0.0067	0.0069	0.0069	0.0066	0.0061	0.0053	0.0041	0.0022
280°	0.0049	0.0055	0.0059	0.0037	0.0062	0.0071	0.0074	0.0076	0.0075	0.0073	0.0067	0.0058	0.0045	0.0024
290°	0.0053	0.0060	0.0063	0.0046	0.0067	0.0076	0.0079	0.0080	0.0080	0.0077	0.0071	0.0061	0.0047	0.0025
300°	0.0057	0.0062	0.0066	0.0053	0.0071	0.0078	0.0081	0.0083	0.0083	0.0080	0.0073	0.0063	0.0049	0.0026
310°	0.0058	0.0063	0.0067	0.0058	0.0072	0.0079	0.0082	0.0084	0.0083	0.0080	0.0074	0.0064	0.0049	0.0026
320°	0.0058	0.0062	0.0066	0.0061	0.0071	0.0077	0.0080	0.0082	0.0081	0.0078	0.0072	0.0062	0.0048	0.0025
330°	0.0055	0.0059	0.0063	0.0060	0.0068	0.0074	0.0077	0.0078	0.0078	0.0075	0.0069	0.0059	0.0046	0.0024
340°	0.0060	0.0064	0.0068	0.0056	0.0069	0.0076	0.0078	0.0079	0.0078	0.0075	0.0069	0.0059	0.0045	0.0023
350°	0.0060	0.0064	0.0068	0.0059	0.0070	0.0075	0.0079	0.0080	0.0079	0.0076	0.0070	0.0060	0.0046	0.0024
360°	0.0060	0.0065	0.0069	0.0061	0.0073	0.0080	0.0082	0.0083	0.0081	0.0076	0.0070	0.0060	0.0046	0.0024

Tabla N°21: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



		ATHL - SISMO ICA 2007													
		Δ_{y-y}													
		PISO 14	PISO 13	PISO 12	PISO 11	PISO 10	PISO 9	PISO 8	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°		0.0082	0.0083	0.0089	0.0091	0.0089	0.0091	0.0091	0.0091	0.0088	0.0083	0.0075	0.0064	0.0049	0.0024
10°		0.0081	0.0082	0.0088	0.0091	0.0087	0.0089	0.0089	0.0089	0.0086	0.0081	0.0074	0.0063	0.0048	0.0024
20°		0.0078	0.0079	0.0084	0.0087	0.0083	0.0085	0.0085	0.0084	0.0082	0.0077	0.0070	0.0060	0.0046	0.0023
30°		0.0072	0.0067	0.0070	0.0074	0.0075	0.0078	0.0080	0.0080	0.0079	0.0075	0.0069	0.0059	0.0044	0.0022
40°		0.0064	0.0061	0.0066	0.0070	0.0071	0.0073	0.0075	0.0076	0.0075	0.0071	0.0065	0.0055	0.0042	0.0021
50°		0.0058	0.0055	0.0060	0.0063	0.0064	0.0067	0.0069	0.0069	0.0068	0.0065	0.0059	0.0050	0.0038	0.0019
60°		0.0061	0.0061	0.0066	0.0069	0.0070	0.0072	0.0074	0.0075	0.0074	0.0071	0.0065	0.0056	0.0043	0.0021
70°		0.0068	0.0067	0.0073	0.0077	0.0077	0.0080	0.0082	0.0082	0.0081	0.0078	0.0071	0.0061	0.0047	0.0023
80°		0.0073	0.0072	0.0078	0.0082	0.0082	0.0085	0.0087	0.0087	0.0086	0.0082	0.0075	0.0065	0.0049	0.0025
90°		0.0075	0.0074	0.0080	0.0084	0.0084	0.0087	0.0089	0.0090	0.0089	0.0085	0.0077	0.0066	0.0051	0.0025
100°		0.0075	0.0074	0.0080	0.0084	0.0084	0.0087	0.0089	0.0090	0.0088	0.0084	0.0077	0.0066	0.0050	0.0025
110°		0.0073	0.0072	0.0078	0.0081	0.0082	0.0085	0.0087	0.0087	0.0086	0.0082	0.0075	0.0064	0.0049	0.0024
120°		0.0069	0.0067	0.0073	0.0076	0.0077	0.0079	0.0081	0.0082	0.0080	0.0077	0.0070	0.0060	0.0046	0.0023
130°		0.0062	0.0061	0.0066	0.0069	0.0069	0.0072	0.0073	0.0074	0.0073	0.0069	0.0063	0.0054	0.0041	0.0021
140°		0.0059	0.0062	0.0066	0.0068	0.0066	0.0068	0.0068	0.0068	0.0066	0.0063	0.0058	0.0050	0.0038	0.0019
150°		0.0067	0.0069	0.0074	0.0078	0.0076	0.0078	0.0079	0.0079	0.0077	0.0073	0.0067	0.0058	0.0044	0.0022
160°		0.0073	0.0075	0.0081	0.0084	0.0083	0.0086	0.0087	0.0087	0.0085	0.0081	0.0074	0.0063	0.0048	0.0024
170°		0.0077	0.0079	0.0085	0.0089	0.0088	0.0091	0.0093	0.0093	0.0090	0.0086	0.0078	0.0067	0.0051	0.0026
180°		0.0082	0.0083	0.0089	0.0091	0.0089	0.0091	0.0091	0.0091	0.0088	0.0083	0.0075	0.0064	0.0049	0.0024
190°		0.0081	0.0082	0.0088	0.0091	0.0087	0.0089	0.0089	0.0089	0.0086	0.0081	0.0074	0.0063	0.0048	0.0024
200°		0.0078	0.0079	0.0084	0.0087	0.0083	0.0085	0.0085	0.0084	0.0082	0.0077	0.0070	0.0060	0.0046	0.0023
210°		0.0072	0.0067	0.0070	0.0074	0.0075	0.0078	0.0080	0.0080	0.0079	0.0075	0.0069	0.0059	0.0044	0.0022
220°		0.0064	0.0061	0.0066	0.0070	0.0071	0.0073	0.0075	0.0076	0.0075	0.0071	0.0065	0.0055	0.0042	0.0021
230°		0.0058	0.0055	0.0060	0.0063	0.0064	0.0067	0.0069	0.0069	0.0068	0.0065	0.0059	0.0050	0.0038	0.0019
240°		0.0061	0.0061	0.0066	0.0069	0.0070	0.0072	0.0074	0.0075	0.0074	0.0071	0.0065	0.0056	0.0043	0.0021
250°		0.0068	0.0067	0.0073	0.0077	0.0077	0.0080	0.0082	0.0082	0.0081	0.0078	0.0071	0.0061	0.0047	0.0023
260°		0.0073	0.0072	0.0078	0.0082	0.0082	0.0085	0.0087	0.0087	0.0086	0.0082	0.0075	0.0065	0.0049	0.0025
270°		0.0075	0.0074	0.0080	0.0084	0.0084	0.0087	0.0089	0.0090	0.0089	0.0085	0.0077	0.0066	0.0051	0.0025
280°		0.0075	0.0074	0.0080	0.0084	0.0084	0.0087	0.0089	0.0090	0.0088	0.0084	0.0077	0.0066	0.0050	0.0025
290°		0.0073	0.0072	0.0078	0.0081	0.0082	0.0085	0.0087	0.0087	0.0086	0.0082	0.0075	0.0064	0.0049	0.0024
300°		0.0069	0.0067	0.0073	0.0076	0.0077	0.0079	0.0081	0.0082	0.0080	0.0077	0.0070	0.0060	0.0046	0.0023
310°		0.0062	0.0061	0.0066	0.0069	0.0069	0.0072	0.0073	0.0074	0.0073	0.0069	0.0063	0.0054	0.0041	0.0021
320°		0.0059	0.0062	0.0066	0.0068	0.0066	0.0068	0.0068	0.0068	0.0066	0.0063	0.0058	0.0050	0.0038	0.0019
330°		0.0067	0.0069	0.0074	0.0078	0.0076	0.0078	0.0079	0.0079	0.0077	0.0073	0.0067	0.0058	0.0044	0.0022
340°		0.0073	0.0075	0.0081	0.0084	0.0083	0.0086	0.0087	0.0087	0.0085	0.0081	0.0074	0.0063	0.0048	0.0024
350°		0.0077	0.0079	0.0085	0.0089	0.0088	0.0091	0.0093	0.0093	0.0090	0.0086	0.0078	0.0067	0.0051	0.0026
360°		0.0082	0.0083	0.0089	0.0091	0.0089	0.0091	0.0091	0.0091	0.0088	0.0083	0.0075	0.0064	0.0049	0.0024

Tabla N°22: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en altura en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia



	ADME R=1						
	Δ_{x-x}						
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
10°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
20°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
30°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
40°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
50°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
60°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
70°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
80°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
90°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
100°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
110°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
120°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
130°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
140°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
150°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
160°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
170°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
180°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
190°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
200°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
210°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
220°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
230°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
240°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
250°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
260°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
270°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
280°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
290°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
300°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
310°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
320°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
330°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
340°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
350°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104
360°	0.0031	0.0054	0.0076	0.0095	0.0108	0.0117	0.0104

Tabla N°23: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



ADME R=1							
Δ_{Y-Y}							
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
10°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
20°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
30°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
40°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
50°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
60°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
70°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
80°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
90°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
100°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
110°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
120°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
130°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
140°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
150°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
160°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
170°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
180°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
190°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
200°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
210°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
220°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
230°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
240°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
250°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
260°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
270°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
280°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
290°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
300°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
310°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
320°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
330°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
340°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
350°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073
360°	0.0015	0.0046	0.0065	0.0079	0.0088	0.0091	0.0073

*Tabla N°24: Resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.
 Fuente: Elaboración propia*



ATHL - SISMO LIMA 1966							
Δ_{x-x}							
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0028	0.0047	0.0066	0.0086	0.0103	0.0116	0.0106
10°	0.0025	0.0044	0.0063	0.0081	0.0095	0.0106	0.0097
20°	0.0024	0.0041	0.0059	0.0075	0.0087	0.0095	0.0087
30°	0.0023	0.0039	0.0055	0.0069	0.0079	0.0085	0.0077
40°	0.0021	0.0037	0.0052	0.0064	0.0073	0.0077	0.0069
50°	0.0022	0.0037	0.0052	0.0063	0.0066	0.0073	0.0067
60°	0.0022	0.0039	0.0050	0.0060	0.0070	0.0078	0.0073
70°	0.0023	0.0040	0.0057	0.0071	0.0080	0.0086	0.0077
80°	0.0026	0.0044	0.0064	0.0081	0.0094	0.0101	0.0088
90°	0.0029	0.0049	0.0071	0.0091	0.0106	0.0114	0.0099
100°	0.0033	0.0056	0.0081	0.0103	0.0119	0.0126	0.0109
110°	0.0031	0.0053	0.0075	0.0091	0.0106	0.0119	0.0108
120°	0.0030	0.0048	0.0069	0.0089	0.0106	0.0116	0.0107
130°	0.0029	0.0050	0.0073	0.0094	0.0112	0.0123	0.0111
140°	0.0029	0.0050	0.0074	0.0096	0.0115	0.0129	0.0116
150°	0.0030	0.0051	0.0074	0.0097	0.0117	0.0131	0.0118
160°	0.0029	0.0050	0.0073	0.0095	0.0114	0.0128	0.0117
170°	0.0028	0.0049	0.0071	0.0092	0.0110	0.0123	0.0113
180°	0.0028	0.0047	0.0066	0.0086	0.0103	0.0116	0.0106
190°	0.0025	0.0044	0.0063	0.0081	0.0095	0.0106	0.0097
200°	0.0024	0.0041	0.0059	0.0075	0.0087	0.0095	0.0087
210°	0.0023	0.0039	0.0055	0.0069	0.0079	0.0085	0.0077
220°	0.0021	0.0037	0.0052	0.0064	0.0073	0.0077	0.0069
230°	0.0022	0.0037	0.0052	0.0063	0.0066	0.0073	0.0067
240°	0.0022	0.0039	0.0050	0.0060	0.0070	0.0078	0.0073
250°	0.0023	0.0040	0.0057	0.0071	0.0080	0.0086	0.0077
260°	0.0026	0.0044	0.0064	0.0081	0.0094	0.0101	0.0088
270°	0.0029	0.0049	0.0071	0.0091	0.0106	0.0114	0.0099
280°	0.0033	0.0056	0.0081	0.0103	0.0119	0.0126	0.0109
290°	0.0031	0.0053	0.0075	0.0091	0.0106	0.0119	0.0108
300°	0.0030	0.0048	0.0069	0.0089	0.0106	0.0116	0.0107
310°	0.0029	0.0050	0.0073	0.0094	0.0112	0.0123	0.0111
320°	0.0029	0.0050	0.0074	0.0096	0.0115	0.0129	0.0116
330°	0.0030	0.0051	0.0074	0.0097	0.0117	0.0131	0.0118
340°	0.0029	0.0050	0.0073	0.0095	0.0114	0.0128	0.0117
350°	0.0028	0.0049	0.0071	0.0092	0.0110	0.0123	0.0113
360°	0.0028	0.0047	0.0066	0.0086	0.0103	0.0116	0.0106

Tabla N°25: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



	ATHL - SISMO LIMA 1966						
	Δ_{y-y}						
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0016	0.0048	0.0067	0.0082	0.0086	0.0086	0.0067
10°	0.0016	0.0042	0.0059	0.0074	0.0084	0.0088	0.0070
20°	0.0016	0.0043	0.0060	0.0075	0.0084	0.0088	0.0069
30°	0.0014	0.0057	0.0077	0.0074	0.0082	0.0085	0.0065
40°	0.0015	0.0059	0.0081	0.0095	0.0090	0.0081	0.0062
50°	0.0016	0.0060	0.0082	0.0096	0.0099	0.0081	0.0064
60°	0.0017	0.0059	0.0081	0.0096	0.0098	0.0087	0.0065
70°	0.0016	0.0057	0.0078	0.0091	0.0097	0.0090	0.0066
80°	0.0016	0.0052	0.0072	0.0087	0.0091	0.0090	0.0067
90°	0.0015	0.0048	0.0066	0.0077	0.0086	0.0087	0.0067
100°	0.0015	0.0041	0.0057	0.0071	0.0079	0.0081	0.0065
110°	0.0013	0.0038	0.0054	0.0065	0.0072	0.0073	0.0055
120°	0.0012	0.0037	0.0052	0.0063	0.0068	0.0066	0.0048
130°	0.0012	0.0037	0.0051	0.0060	0.0066	0.0066	0.0049
140°	0.0010	0.0023	0.0033	0.0043	0.0052	0.0059	0.0052
150°	0.0011	0.0025	0.0035	0.0046	0.0055	0.0061	0.0052
160°	0.0011	0.0038	0.0053	0.0051	0.0057	0.0063	0.0053
170°	0.0013	0.0045	0.0060	0.0070	0.0076	0.0073	0.0054
180°	0.0016	0.0048	0.0067	0.0082	0.0086	0.0086	0.0067
190°	0.0016	0.0042	0.0059	0.0074	0.0084	0.0088	0.0070
200°	0.0016	0.0043	0.0060	0.0075	0.0084	0.0088	0.0069
210°	0.0014	0.0057	0.0077	0.0074	0.0082	0.0085	0.0065
220°	0.0015	0.0059	0.0081	0.0095	0.0090	0.0081	0.0062
230°	0.0016	0.0060	0.0082	0.0096	0.0099	0.0081	0.0064
240°	0.0017	0.0059	0.0081	0.0096	0.0098	0.0087	0.0065
250°	0.0016	0.0057	0.0078	0.0091	0.0097	0.0090	0.0066
260°	0.0016	0.0052	0.0072	0.0087	0.0091	0.0090	0.0067
270°	0.0015	0.0048	0.0066	0.0077	0.0086	0.0087	0.0067
280°	0.0015	0.0041	0.0057	0.0071	0.0079	0.0081	0.0065
290°	0.0013	0.0038	0.0054	0.0065	0.0072	0.0073	0.0055
300°	0.0012	0.0037	0.0052	0.0063	0.0068	0.0066	0.0048
310°	0.0012	0.0037	0.0051	0.0060	0.0066	0.0066	0.0049
320°	0.0010	0.0023	0.0033	0.0043	0.0052	0.0059	0.0052
330°	0.0011	0.0025	0.0035	0.0046	0.0055	0.0061	0.0052
340°	0.0011	0.0038	0.0053	0.0051	0.0057	0.0063	0.0053
350°	0.0013	0.0045	0.0060	0.0070	0.0076	0.0073	0.0054
360°	0.0016	0.0048	0.0067	0.0082	0.0086	0.0086	0.0067

Tabla N°26: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1966 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO LIMA 1974							
Δ_{x-x}							
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0030	0.0051	0.0073	0.0090	0.0101	0.0105	0.0091
10°	0.0030	0.0052	0.0073	0.0091	0.0102	0.0106	0.0093
20°	0.0034	0.0058	0.0082	0.0101	0.0114	0.0120	0.0105
30°	0.0036	0.0062	0.0087	0.0106	0.0119	0.0125	0.0111
40°	0.0036	0.0063	0.0088	0.0109	0.0123	0.0131	0.0116
50°	0.0037	0.0063	0.0090	0.0110	0.0125	0.0133	0.0117
60°	0.0036	0.0062	0.0088	0.0108	0.0122	0.0131	0.0115
70°	0.0034	0.0059	0.0083	0.0104	0.0119	0.0128	0.0113
80°	0.0033	0.0056	0.0079	0.0099	0.0113	0.0121	0.0106
90°	0.0030	0.0052	0.0074	0.0091	0.0103	0.0109	0.0096
100°	0.0026	0.0045	0.0064	0.0080	0.0091	0.0097	0.0085
110°	0.0022	0.0037	0.0053	0.0067	0.0078	0.0085	0.0076
120°	0.0020	0.0035	0.0050	0.0063	0.0073	0.0078	0.0069
130°	0.0019	0.0033	0.0046	0.0058	0.0068	0.0074	0.0066
140°	0.0020	0.0034	0.0046	0.0056	0.0066	0.0072	0.0065
150°	0.0024	0.0042	0.0059	0.0072	0.0080	0.0084	0.0072
160°	0.0027	0.0046	0.0065	0.0079	0.0089	0.0093	0.0081
170°	0.0029	0.0049	0.0070	0.0086	0.0097	0.0101	0.0087
180°	0.0030	0.0051	0.0073	0.0090	0.0101	0.0105	0.0091
190°	0.0030	0.0052	0.0073	0.0091	0.0102	0.0106	0.0093
200°	0.0034	0.0058	0.0082	0.0101	0.0114	0.0120	0.0105
210°	0.0036	0.0062	0.0087	0.0106	0.0119	0.0125	0.0111
220°	0.0036	0.0063	0.0088	0.0109	0.0123	0.0131	0.0116
230°	0.0037	0.0063	0.0090	0.0110	0.0125	0.0133	0.0117
240°	0.0036	0.0062	0.0088	0.0108	0.0122	0.0131	0.0115
250°	0.0034	0.0059	0.0083	0.0104	0.0119	0.0128	0.0113
260°	0.0033	0.0056	0.0079	0.0099	0.0113	0.0121	0.0106
270°	0.0030	0.0052	0.0074	0.0091	0.0103	0.0109	0.0096
280°	0.0026	0.0045	0.0064	0.0080	0.0091	0.0097	0.0085
290°	0.0022	0.0037	0.0053	0.0067	0.0078	0.0085	0.0076
300°	0.0020	0.0035	0.0050	0.0063	0.0073	0.0078	0.0069
310°	0.0019	0.0033	0.0046	0.0058	0.0068	0.0074	0.0066
320°	0.0020	0.0034	0.0046	0.0056	0.0066	0.0072	0.0065
330°	0.0024	0.0042	0.0059	0.0072	0.0080	0.0084	0.0072
340°	0.0027	0.0046	0.0065	0.0079	0.0089	0.0093	0.0081
350°	0.0029	0.0049	0.0070	0.0086	0.0097	0.0101	0.0087
360°	0.0030	0.0051	0.0073	0.0090	0.0101	0.0105	0.0091

Tabla N°27: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



	ATHL - SISMO LIMA 1974						
	$\Delta y-y$						
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0016	0.0049	0.0068	0.0083	0.0092	0.0092	0.0070
10°	0.0015	0.0043	0.0060	0.0072	0.0080	0.0082	0.0063
20°	0.0014	0.0040	0.0056	0.0068	0.0076	0.0078	0.0060
30°	0.0013	0.0037	0.0051	0.0063	0.0070	0.0072	0.0055
40°	0.0012	0.0035	0.0049	0.0060	0.0067	0.0068	0.0051
50°	0.0011	0.0033	0.0046	0.0056	0.0059	0.0063	0.0052
60°	0.0012	0.0038	0.0053	0.0061	0.0067	0.0069	0.0056
70°	0.0013	0.0044	0.0057	0.0070	0.0075	0.0075	0.0059
80°	0.0015	0.0047	0.0066	0.0078	0.0081	0.0081	0.0062
90°	0.0015	0.0051	0.0068	0.0082	0.0088	0.0084	0.0064
100°	0.0016	0.0053	0.0074	0.0087	0.0090	0.0088	0.0064
110°	0.0016	0.0053	0.0073	0.0088	0.0093	0.0086	0.0066
120°	0.0017	0.0048	0.0067	0.0082	0.0091	0.0093	0.0071
130°	0.0018	0.0052	0.0073	0.0089	0.0099	0.0101	0.0077
140°	0.0019	0.0055	0.0077	0.0094	0.0104	0.0106	0.0080
150°	0.0019	0.0056	0.0078	0.0095	0.0106	0.0107	0.0081
160°	0.0019	0.0055	0.0077	0.0094	0.0104	0.0105	0.0080
170°	0.0018	0.0053	0.0073	0.0090	0.0099	0.0100	0.0076
180°	0.0016	0.0049	0.0068	0.0083	0.0092	0.0092	0.0070
190°	0.0015	0.0043	0.0060	0.0072	0.0080	0.0082	0.0063
200°	0.0014	0.0040	0.0056	0.0068	0.0076	0.0078	0.0060
210°	0.0013	0.0037	0.0051	0.0063	0.0070	0.0072	0.0055
220°	0.0012	0.0035	0.0049	0.0060	0.0067	0.0068	0.0051
230°	0.0011	0.0033	0.0046	0.0056	0.0059	0.0063	0.0052
240°	0.0012	0.0038	0.0053	0.0061	0.0067	0.0069	0.0056
250°	0.0013	0.0044	0.0057	0.0070	0.0075	0.0075	0.0059
260°	0.0015	0.0047	0.0066	0.0078	0.0081	0.0081	0.0062
270°	0.0015	0.0051	0.0068	0.0082	0.0088	0.0084	0.0064
280°	0.0016	0.0053	0.0074	0.0087	0.0090	0.0088	0.0064
290°	0.0016	0.0053	0.0073	0.0088	0.0093	0.0086	0.0066
300°	0.0017	0.0048	0.0067	0.0082	0.0091	0.0093	0.0071
310°	0.0018	0.0052	0.0073	0.0089	0.0099	0.0101	0.0077
320°	0.0019	0.0055	0.0077	0.0094	0.0104	0.0106	0.0080
330°	0.0019	0.0056	0.0078	0.0095	0.0106	0.0107	0.0081
340°	0.0019	0.0055	0.0077	0.0094	0.0104	0.0105	0.0080
350°	0.0018	0.0053	0.0073	0.0090	0.0099	0.0100	0.0076
360°	0.0016	0.0049	0.0068	0.0083	0.0092	0.0092	0.0070

Tabla N°28: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Lima en el año 1974 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO HUARAZ 1970							
Δ_{x-x}							
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0031	0.0054	0.0077	0.0096	0.0111	0.0118	0.0105
10°	0.0027	0.0047	0.0067	0.0084	0.0096	0.0103	0.0090
20°	0.0023	0.0039	0.0055	0.0069	0.0079	0.0084	0.0074
30°	0.0017	0.0030	0.0043	0.0053	0.0060	0.0064	0.0056
40°	0.0016	0.0026	0.0038	0.0047	0.0055	0.0061	0.0055
50°	0.0022	0.0038	0.0052	0.0063	0.0065	0.0070	0.0064
60°	0.0026	0.0044	0.0062	0.0075	0.0082	0.0084	0.0071
70°	0.0029	0.0050	0.0070	0.0084	0.0092	0.0095	0.0081
80°	0.0031	0.0054	0.0075	0.0091	0.0100	0.0103	0.0088
90°	0.0033	0.0056	0.0078	0.0095	0.0104	0.0107	0.0092
100°	0.0037	0.0063	0.0088	0.0104	0.0111	0.0109	0.0097
110°	0.0032	0.0056	0.0079	0.0099	0.0114	0.0123	0.0110
120°	0.0036	0.0061	0.0087	0.0109	0.0125	0.0134	0.0119
130°	0.0037	0.0064	0.0092	0.0115	0.0132	0.0142	0.0126
140°	0.0038	0.0066	0.0094	0.0118	0.0135	0.0146	0.0129
150°	0.0038	0.0066	0.0094	0.0117	0.0135	0.0145	0.0128
160°	0.0035	0.0060	0.0085	0.0108	0.0125	0.0137	0.0123
170°	0.0035	0.0060	0.0085	0.0107	0.0122	0.0131	0.0116
180°	0.0031	0.0054	0.0077	0.0096	0.0111	0.0118	0.0105
190°	0.0027	0.0047	0.0067	0.0084	0.0096	0.0103	0.0090
200°	0.0023	0.0039	0.0055	0.0069	0.0079	0.0084	0.0074
210°	0.0017	0.0030	0.0043	0.0053	0.0060	0.0064	0.0056
220°	0.0016	0.0026	0.0038	0.0047	0.0055	0.0061	0.0055
230°	0.0022	0.0038	0.0052	0.0063	0.0065	0.0070	0.0064
240°	0.0026	0.0044	0.0062	0.0075	0.0082	0.0084	0.0071
250°	0.0029	0.0050	0.0070	0.0084	0.0092	0.0095	0.0081
260°	0.0031	0.0054	0.0075	0.0091	0.0100	0.0103	0.0088
270°	0.0033	0.0056	0.0078	0.0095	0.0104	0.0107	0.0092
280°	0.0037	0.0063	0.0088	0.0104	0.0111	0.0109	0.0097
290°	0.0032	0.0056	0.0079	0.0099	0.0114	0.0123	0.0110
300°	0.0036	0.0061	0.0087	0.0109	0.0125	0.0134	0.0119
310°	0.0037	0.0064	0.0092	0.0115	0.0132	0.0142	0.0126
320°	0.0038	0.0066	0.0094	0.0118	0.0135	0.0146	0.0129
330°	0.0038	0.0066	0.0094	0.0117	0.0135	0.0145	0.0128
340°	0.0035	0.0060	0.0085	0.0108	0.0125	0.0137	0.0123
350°	0.0035	0.0060	0.0085	0.0107	0.0122	0.0131	0.0116
360°	0.0031	0.0054	0.0077	0.0096	0.0111	0.0118	0.0105

Tabla N°29: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO HUARAZ 1970							
Δ_{y-y}							
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0016	0.0049	0.0069	0.0082	0.0089	0.0088	0.0065
10°	0.0016	0.0049	0.0067	0.0081	0.0089	0.0087	0.0064
20°	0.0015	0.0046	0.0064	0.0078	0.0085	0.0083	0.0062
30°	0.0016	0.0047	0.0066	0.0080	0.0089	0.0089	0.0067
40°	0.0017	0.0051	0.0071	0.0087	0.0096	0.0097	0.0073
50°	0.0018	0.0053	0.0075	0.0091	0.0101	0.0102	0.0077
60°	0.0019	0.0054	0.0076	0.0093	0.0104	0.0105	0.0080
70°	0.0019	0.0054	0.0076	0.0093	0.0103	0.0104	0.0080
80°	0.0018	0.0052	0.0073	0.0090	0.0100	0.0101	0.0078
90°	0.0017	0.0050	0.0070	0.0086	0.0095	0.0096	0.0073
100°	0.0015	0.0045	0.0062	0.0076	0.0084	0.0084	0.0064
110°	0.0013	0.0038	0.0053	0.0065	0.0071	0.0071	0.0053
120°	0.0010	0.0031	0.0043	0.0051	0.0056	0.0056	0.0042
130°	0.0010	0.0031	0.0044	0.0053	0.0056	0.0053	0.0043
140°	0.0012	0.0037	0.0052	0.0063	0.0068	0.0066	0.0048
150°	0.0013	0.0042	0.0059	0.0071	0.0077	0.0075	0.0055
160°	0.0015	0.0046	0.0064	0.0077	0.0084	0.0082	0.0060
170°	0.0015	0.0048	0.0067	0.0081	0.0088	0.0086	0.0063
180°	0.0016	0.0049	0.0069	0.0082	0.0089	0.0088	0.0065
190°	0.0016	0.0049	0.0067	0.0081	0.0089	0.0087	0.0064
200°	0.0015	0.0046	0.0064	0.0078	0.0085	0.0083	0.0062
210°	0.0016	0.0047	0.0066	0.0080	0.0089	0.0089	0.0067
220°	0.0017	0.0051	0.0071	0.0087	0.0096	0.0097	0.0073
230°	0.0018	0.0053	0.0075	0.0091	0.0101	0.0102	0.0077
240°	0.0019	0.0054	0.0076	0.0093	0.0104	0.0105	0.0080
250°	0.0019	0.0054	0.0076	0.0093	0.0103	0.0104	0.0080
260°	0.0018	0.0052	0.0073	0.0090	0.0100	0.0101	0.0078
270°	0.0017	0.0050	0.0070	0.0086	0.0095	0.0096	0.0073
280°	0.0015	0.0045	0.0062	0.0076	0.0084	0.0084	0.0064
290°	0.0013	0.0038	0.0053	0.0065	0.0071	0.0071	0.0053
300°	0.0010	0.0031	0.0043	0.0051	0.0056	0.0056	0.0042
310°	0.0010	0.0031	0.0044	0.0053	0.0056	0.0053	0.0043
320°	0.0012	0.0037	0.0052	0.0063	0.0068	0.0066	0.0048
330°	0.0013	0.0042	0.0059	0.0071	0.0077	0.0075	0.0055
340°	0.0015	0.0046	0.0064	0.0077	0.0084	0.0082	0.0060
350°	0.0015	0.0048	0.0067	0.0081	0.0088	0.0086	0.0063
360°	0.0016	0.0049	0.0069	0.0082	0.0089	0.0088	0.0065

Tabla N°30: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Huaraz en el año 1970 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO ICA 2007							
Δ_{x-x}							
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0024	0.0041	0.0060	0.0079	0.0096	0.0108	0.0098
10°	0.0023	0.0039	0.0058	0.0076	0.0093	0.0104	0.0095
20°	0.0021	0.0037	0.0054	0.0071	0.0087	0.0098	0.0089
30°	0.0019	0.0033	0.0048	0.0064	0.0078	0.0088	0.0080
40°	0.0025	0.0043	0.0061	0.0077	0.0087	0.0094	0.0086
50°	0.0026	0.0044	0.0062	0.0079	0.0092	0.0103	0.0094
60°	0.0028	0.0048	0.0067	0.0084	0.0098	0.0110	0.0100
70°	0.0029	0.0049	0.0070	0.0087	0.0102	0.0113	0.0103
80°	0.0030	0.0050	0.0070	0.0087	0.0102	0.0112	0.0102
90°	0.0029	0.0050	0.0068	0.0085	0.0098	0.0109	0.0099
100°	0.0028	0.0047	0.0065	0.0081	0.0092	0.0102	0.0092
110°	0.0026	0.0043	0.0061	0.0073	0.0084	0.0092	0.0083
120°	0.0023	0.0039	0.0053	0.0064	0.0073	0.0079	0.0072
130°	0.0021	0.0036	0.0050	0.0060	0.0068	0.0072	0.0064
140°	0.0022	0.0038	0.0053	0.0066	0.0075	0.0079	0.0070
150°	0.0025	0.0044	0.0062	0.0077	0.0087	0.0092	0.0081
160°	0.0028	0.0048	0.0068	0.0085	0.0096	0.0103	0.0090
170°	0.0030	0.0051	0.0073	0.0091	0.0103	0.0110	0.0097
180°	0.0024	0.0041	0.0060	0.0079	0.0096	0.0108	0.0098
190°	0.0023	0.0039	0.0058	0.0076	0.0093	0.0104	0.0095
200°	0.0021	0.0037	0.0054	0.0071	0.0087	0.0098	0.0089
210°	0.0019	0.0033	0.0048	0.0064	0.0078	0.0088	0.0080
220°	0.0025	0.0043	0.0061	0.0077	0.0087	0.0094	0.0086
230°	0.0026	0.0044	0.0062	0.0079	0.0092	0.0103	0.0094
240°	0.0028	0.0048	0.0067	0.0084	0.0098	0.0110	0.0100
250°	0.0029	0.0049	0.0070	0.0087	0.0102	0.0113	0.0103
260°	0.0030	0.0050	0.0070	0.0087	0.0102	0.0112	0.0102
270°	0.0029	0.0050	0.0068	0.0085	0.0098	0.0109	0.0099
280°	0.0028	0.0047	0.0065	0.0081	0.0092	0.0102	0.0092
290°	0.0026	0.0043	0.0061	0.0073	0.0084	0.0092	0.0083
300°	0.0023	0.0039	0.0053	0.0064	0.0073	0.0079	0.0072
310°	0.0021	0.0036	0.0050	0.0060	0.0068	0.0072	0.0064
320°	0.0022	0.0038	0.0053	0.0066	0.0075	0.0079	0.0070
330°	0.0025	0.0044	0.0062	0.0077	0.0087	0.0092	0.0081
340°	0.0028	0.0048	0.0068	0.0085	0.0096	0.0103	0.0090
350°	0.0030	0.0051	0.0073	0.0091	0.0103	0.0110	0.0097
360°	0.0024	0.0041	0.0060	0.0079	0.0096	0.0108	0.0098

Tabla N°31: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección X.

Fuente: Elaboración propia



ATHL - SISMO ICA 2007							
Δ y-y							
	PISO 7	PISO 6	PISO 5	PISO 4	PISO 3	PISO 2	PISO 1
0°	0.0015	0.0047	0.0065	0.0078	0.0085	0.0086	0.0066
10°	0.0014	0.0043	0.0061	0.0073	0.0080	0.0080	0.0062
20°	0.0013	0.0039	0.0054	0.0065	0.0071	0.0072	0.0057
30°	0.0011	0.0033	0.0046	0.0055	0.0061	0.0062	0.0049
40°	0.0010	0.0033	0.0045	0.0053	0.0055	0.0054	0.0045
50°	0.0011	0.0038	0.0053	0.0062	0.0064	0.0062	0.0050
60°	0.0012	0.0042	0.0059	0.0069	0.0071	0.0068	0.0054
70°	0.0013	0.0045	0.0063	0.0074	0.0076	0.0072	0.0056
80°	0.0014	0.0047	0.0065	0.0076	0.0078	0.0073	0.0056
90°	0.0014	0.0047	0.0065	0.0076	0.0079	0.0073	0.0055
100°	0.0013	0.0046	0.0063	0.0074	0.0077	0.0070	0.0052
110°	0.0012	0.0043	0.0060	0.0070	0.0072	0.0065	0.0047
120°	0.0011	0.0033	0.0045	0.0056	0.0063	0.0066	0.0056
130°	0.0014	0.0037	0.0053	0.0065	0.0074	0.0079	0.0064
140°	0.0015	0.0046	0.0064	0.0076	0.0082	0.0081	0.0061
150°	0.0016	0.0048	0.0067	0.0080	0.0087	0.0086	0.0065
160°	0.0016	0.0049	0.0069	0.0082	0.0089	0.0088	0.0068
170°	0.0016	0.0049	0.0068	0.0081	0.0089	0.0088	0.0068
180°	0.0015	0.0047	0.0065	0.0078	0.0085	0.0086	0.0066
190°	0.0014	0.0043	0.0061	0.0073	0.0080	0.0080	0.0062
200°	0.0013	0.0039	0.0054	0.0065	0.0071	0.0072	0.0057
210°	0.0011	0.0033	0.0046	0.0055	0.0061	0.0062	0.0049
220°	0.0010	0.0033	0.0045	0.0053	0.0055	0.0054	0.0045
230°	0.0011	0.0038	0.0053	0.0062	0.0064	0.0062	0.0050
240°	0.0012	0.0042	0.0059	0.0069	0.0071	0.0068	0.0054
250°	0.0013	0.0045	0.0063	0.0074	0.0076	0.0072	0.0056
260°	0.0014	0.0047	0.0065	0.0076	0.0078	0.0073	0.0056
270°	0.0014	0.0047	0.0065	0.0076	0.0079	0.0073	0.0055
280°	0.0013	0.0046	0.0063	0.0074	0.0077	0.0070	0.0052
290°	0.0012	0.0043	0.0060	0.0070	0.0072	0.0065	0.0047
300°	0.0011	0.0033	0.0045	0.0056	0.0063	0.0066	0.0056
310°	0.0014	0.0037	0.0053	0.0065	0.0074	0.0079	0.0064
320°	0.0015	0.0046	0.0064	0.0076	0.0082	0.0081	0.0061
330°	0.0016	0.0048	0.0067	0.0080	0.0087	0.0086	0.0065
340°	0.0016	0.0049	0.0069	0.0082	0.0089	0.0088	0.0068
350°	0.0016	0.0049	0.0068	0.0081	0.0089	0.0088	0.0068
360°	0.0015	0.0047	0.0065	0.0078	0.0085	0.0086	0.0066

Tabla N°32: Resultados del análisis sísmico tiempo historia lineal para el sismo de Ica en el año 2007 de la estructura con irregularidad en planta en la dirección Y.

Fuente: Elaboración propia

Se generaron 4 datos de cada registro sísmico histórico con una variación de ángulo de incidencia desde 0° hasta 360° para cada nivel de entre piso, estos valores siguen una distribución de probabilidades del tipo normal.

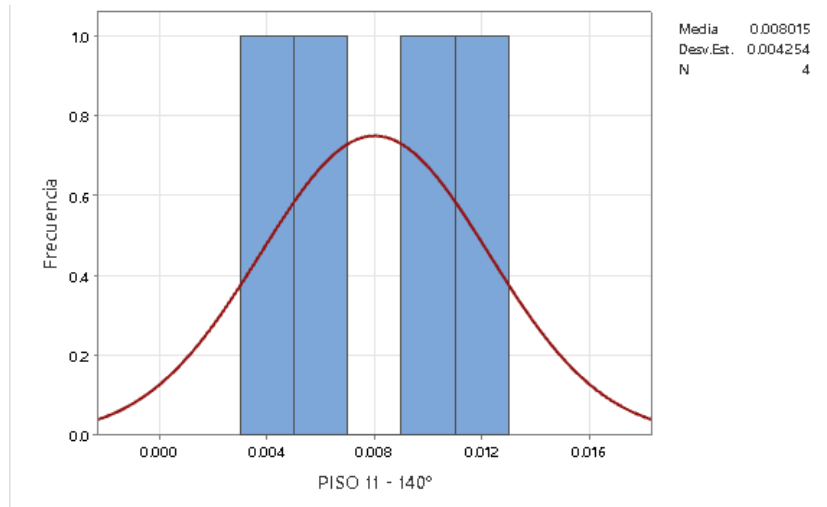


Figura N°87: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en derivas de entrepiso con dirección X.

Fuente: Minitab V20.3

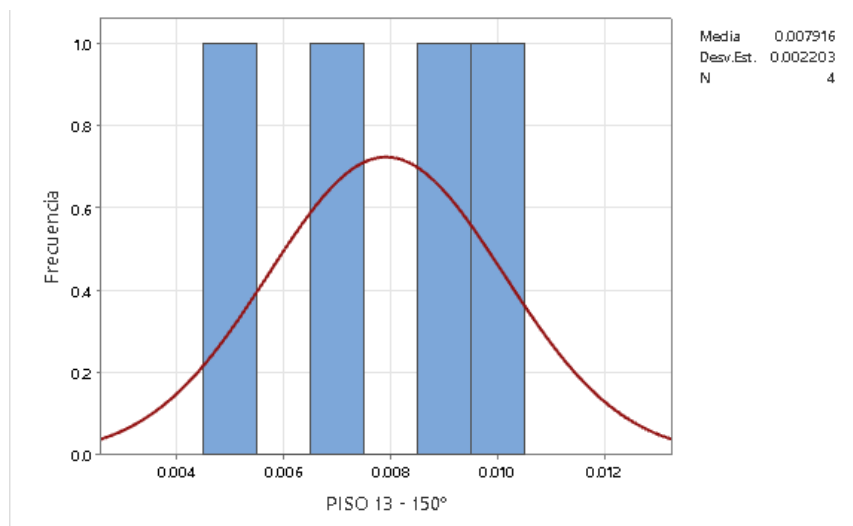


Figura N°88: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en altura en derivas de entrepiso con dirección Y.

Fuente: Minitab V20.3

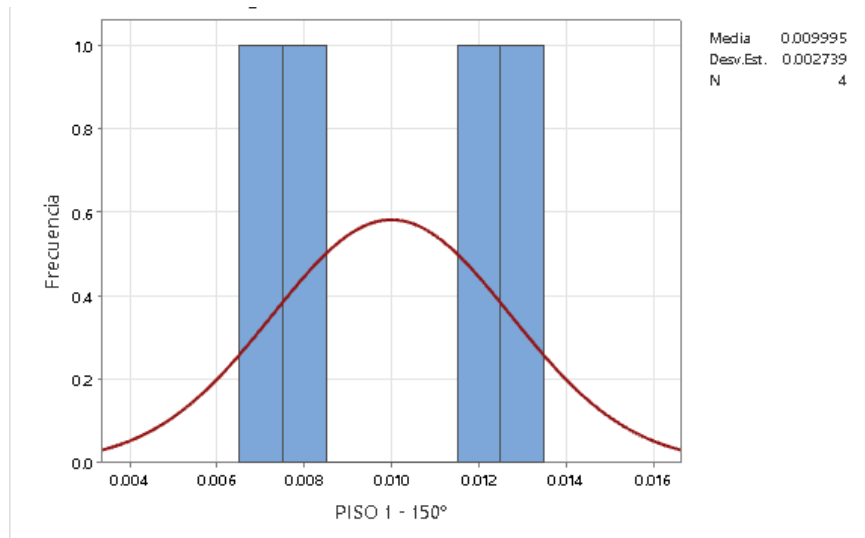


Figura N°89: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en derivas de entrepiso con dirección X.

Fuente: Minitab V20.3

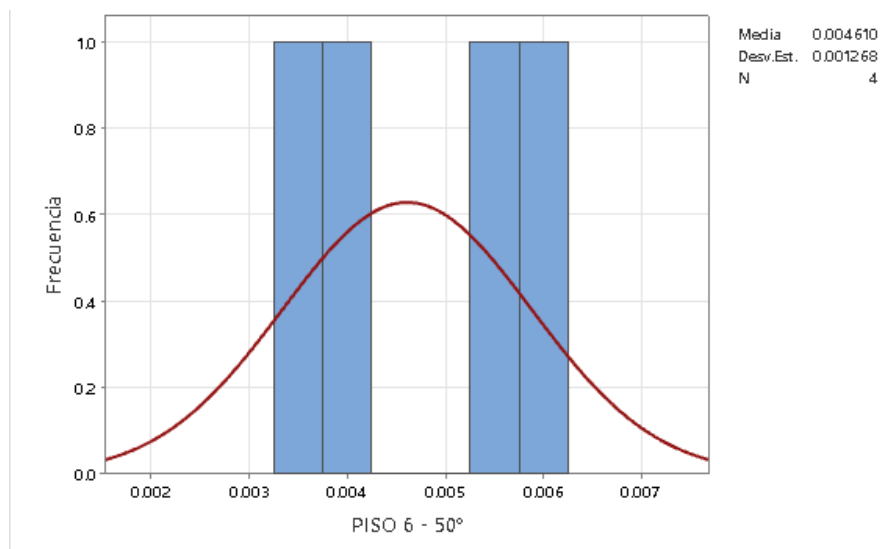


Figura N°90: Función distribución de probabilidad para los diferentes registros sísmicos y ángulos de incidencia en la estructura con irregularidad en planta en derivas de entrepiso con dirección Y.

Fuente: Minitab V20.3

Se observa que en el eje X , Y se presentan variaciones de hasta 46.93% (140°) y 46.55%(150°) respectivamente para la estructura con irregularidad en altura.

Se observa que en el eje X , Y se presentan variaciones de hasta 18.57% (150°) y 21.07%(50°) respectivamente para la estructura con irregularidad en planta.

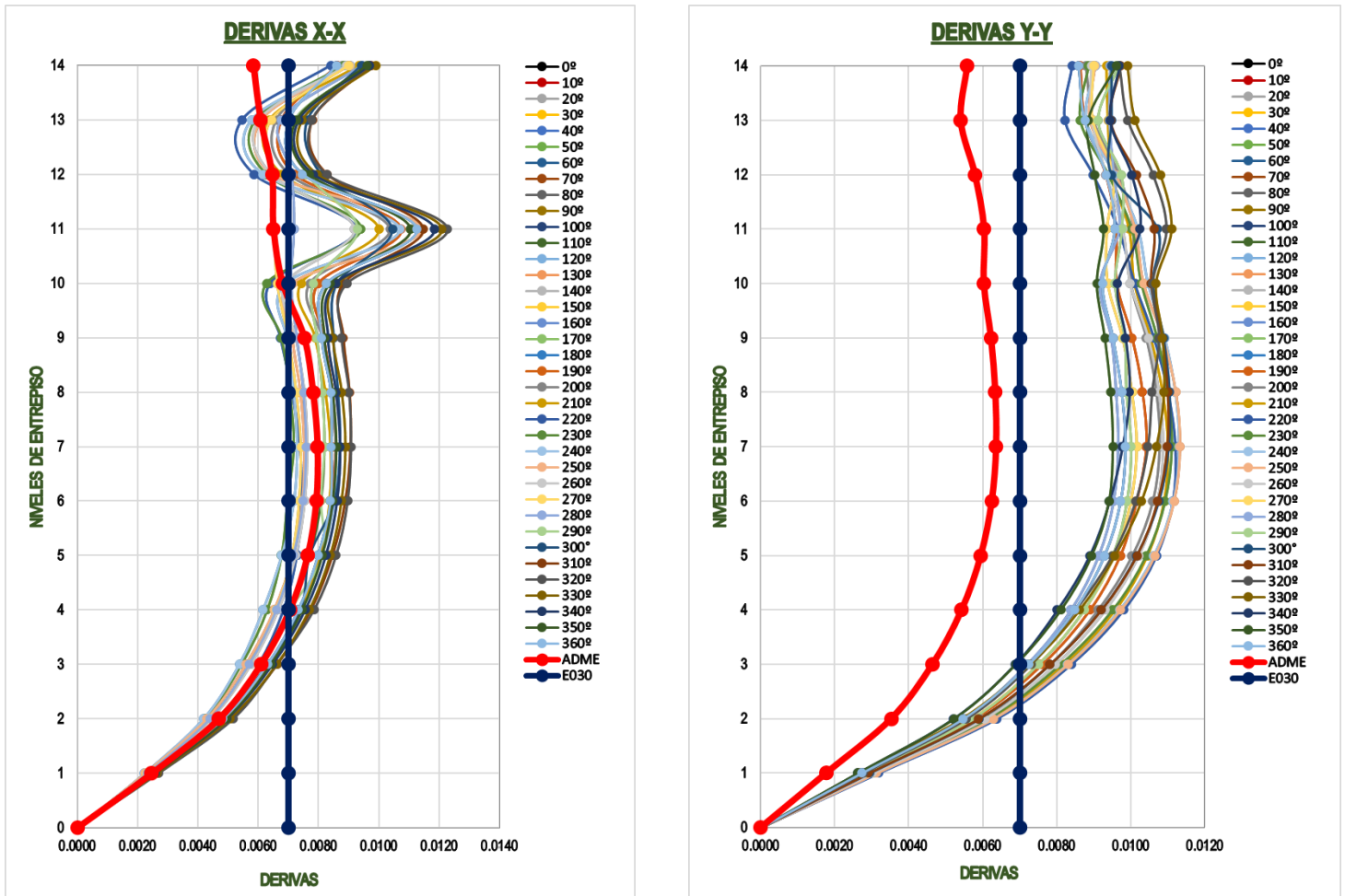


Figura N°91: Variación de resultados de derivas de entrepiso en dirección X,Y en la estructura con irregularidad en altura.
 Fuente: Elaboración propia

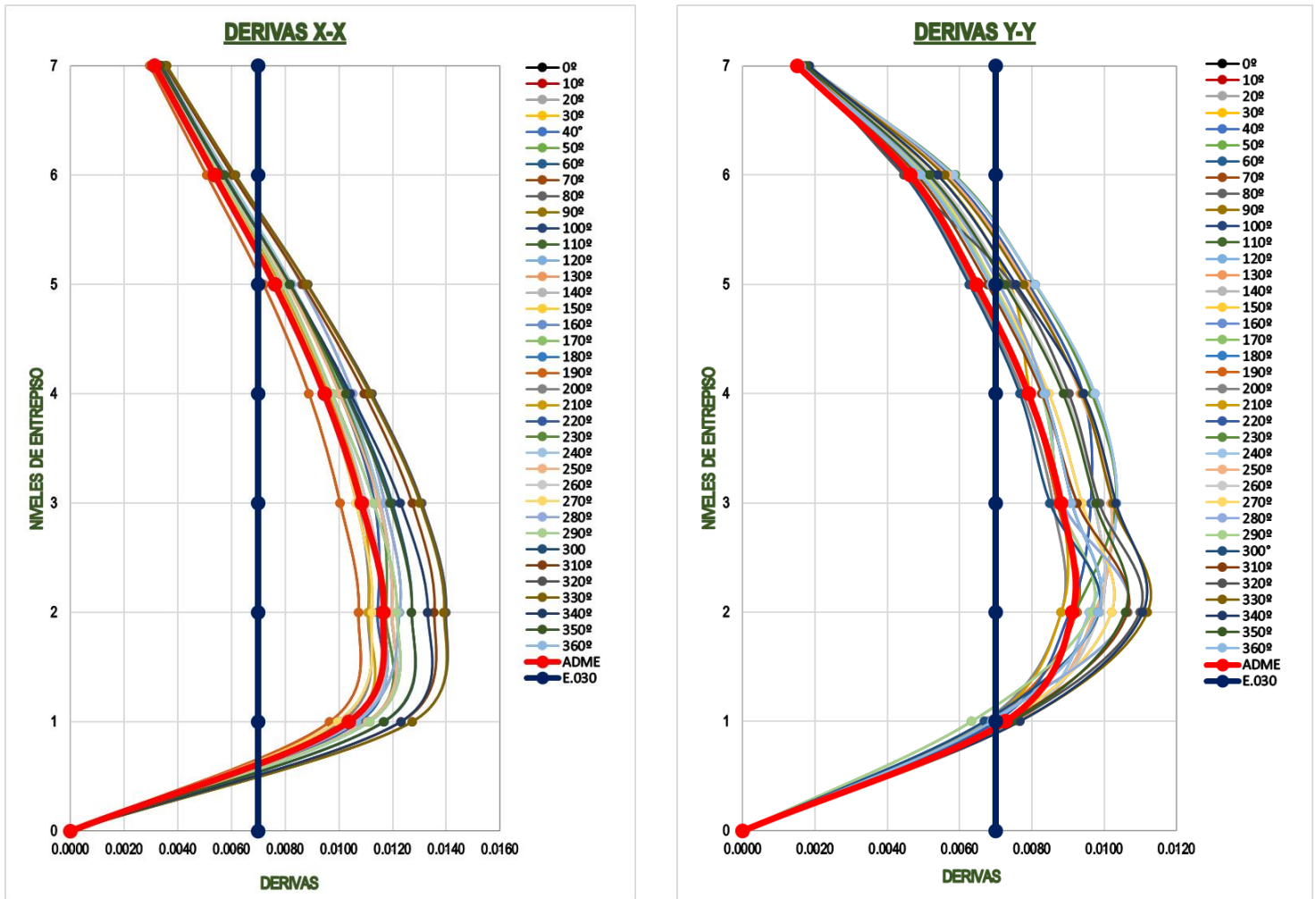


Figura N°92: Variación de resultados de derivas de entrepiso en dirección X,Y en la estructura con irregularidad en planta.

Fuente: Elaboración propia

5.4 FACTOR DE AMPLIFICACIÓN POR ÁNGULO DE INCIDENCIA Y BIDIRECCIONALIDAD SÍSMICA

En base a los resultados obtenidos, se proponen los siguientes factores de amplificación por el ángulo de incidencia y la bidireccionalidad sísmica, teniendo en cuenta la variación máxima obtenida para las respuestas investigadas.

El factor Fa se aplica a respuestas tales como cortante en la base, momento volcante y derivas de entre piso.



El factor F_a es 1.88 para la estructura con irregularidad en altura y 1.34 para estructuras con irregularidad en planta.

CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6. RESULTADOS

- Como se puede apreciar en el capítulo anterior, las imágenes y cuadros muestran que las respuestas máximas obtenidas tanto para la cortante en la base, momento volcante y derivas de entrepiso para la estructura con irregularidad en altura no reflejan la exactitud al análisis según norma E.030
- Como se puede apreciar en el capítulo anterior, las imágenes y cuadros muestran que las respuestas máximas obtenidas tanto para la cortante en la base, momento volcante y derivas de entrepiso para la estructura con irregularidad en planta no reflejan la exactitud al análisis según norma E.030
- Al observar las imágenes y cuadros anteriores, se aprecia que un análisis unidireccional no es lo mas cercano al comportamiento de un evento sísmico.
- De acuerdo al capitulo anterior, es necesario incrementar los resultados obtenidos de un análisis convencional según norma E.030 por un factor que considere el efecto de bidireccionalidad sísmica.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Las respuestas obtenidas por el análisis unidireccional subestiman las respuestas reales de las estructuras.
- La norma E.030 no proporciona un método detallado para tener en cuenta los efectos del ángulo de incidencia y la bidireccionalidad sísmica.
- Para la estructura con irregularidad en altura la variación máxima es del 50% por efecto de bidireccionalidad sísmica y del 75% para la estructura con irregularidad en planta.
- Debido al efecto de la bidireccionalidad sísmica, se necesita amplificar las respuestas, por lo que el factor de amplificación F_a de la estructura con irregularidad en altura es 1.88, y el F_a de la estructura con irregularidad en planta es 1.34.
- Estos factores de amplificación sísmica son aplicables a las estructuras con la misma tipología estudiada.
- La irregularidad en altura de la estructura estudiada es del tipo Geométrica vertical.
- La irregularidad en planta de la estructura estudiada es del tipo torsión.



7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con esta línea de investigación considerando una familia de edificaciones variando las alturas, así como también de irregularidades tales como discontinuidad en los sistemas resistentes, masa, sistemas no paralelos, etc.
- Se recomienda realizar el análisis considerando propiedades no lineales de los elementos estructurales.
- Se recomienda utilizar registros sísmicos sintéticos para el análisis tiempo historia.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anthony López (2018). “Efecto del ángulo de incidencia sísmica en la respuesta no-lineal de edificaciones de concreto armado con sistema dual” (Tesis de posgrado), Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.

Edisson Moscoso (2018). “Efecto de la bidireccionalidad y ángulo de incidencia del sismo en la respuesta de estructuras de concreto armado” (Tesis de posgrado), Universidad Nacional De Ingeniería, Lima

Sobrado y Yaranga (2020). “Análisis de la bidireccionalidad sísmica en la respuesta de estructuras de concreto armado con irregularidades de esquina entrante y piso blando” (Tesis de pregrado), Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, Lima.

Considering earthquake direction on seismic analysis proceedings, Gonzalez P., 10^oWCEE; 1992, Madrid.

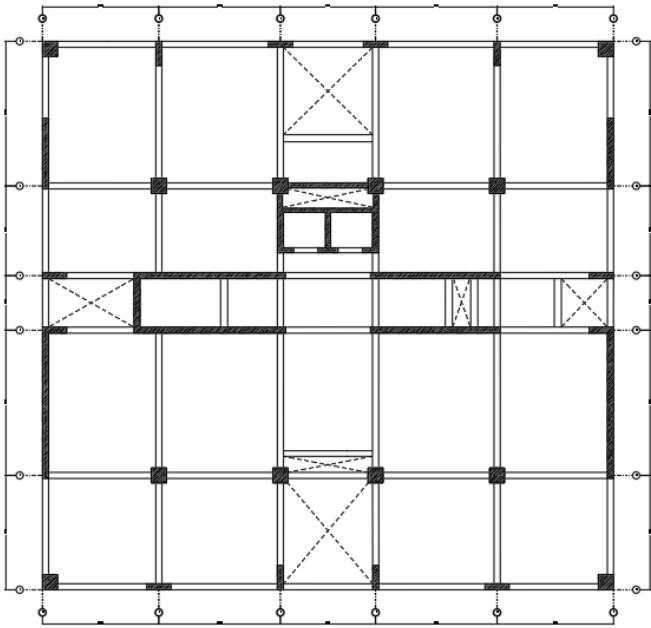
Dinamica de estructuras. 4^a ed., Chopra A., Pearso Educacion; 2014, Mexico.

The critical angle of seismic incidence and the maximum structural response, Lopez, O y R torres, Earthquake Engineering and Structural Dynamics; 1997, Usa.

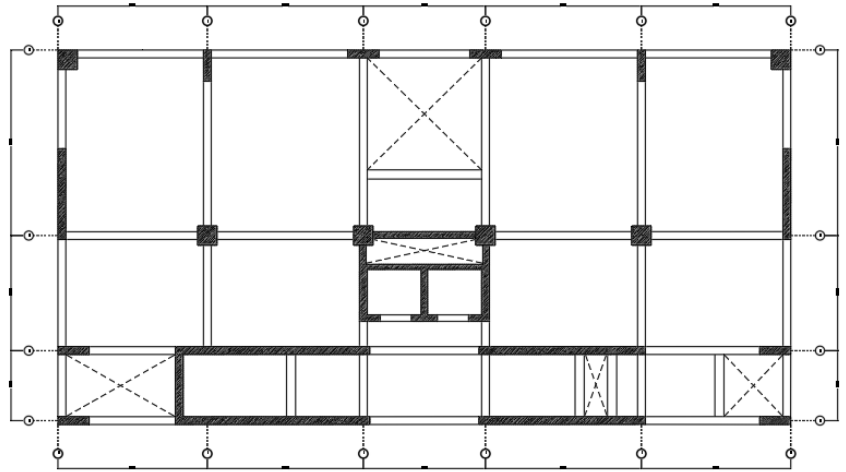
SENCICO, Norma Técnica E0.30 Diseño Sismo Resistente (2018), Perú

SENCICO, Norma Técnica E0.20 Cargas (2006), Perú

ANEXOS

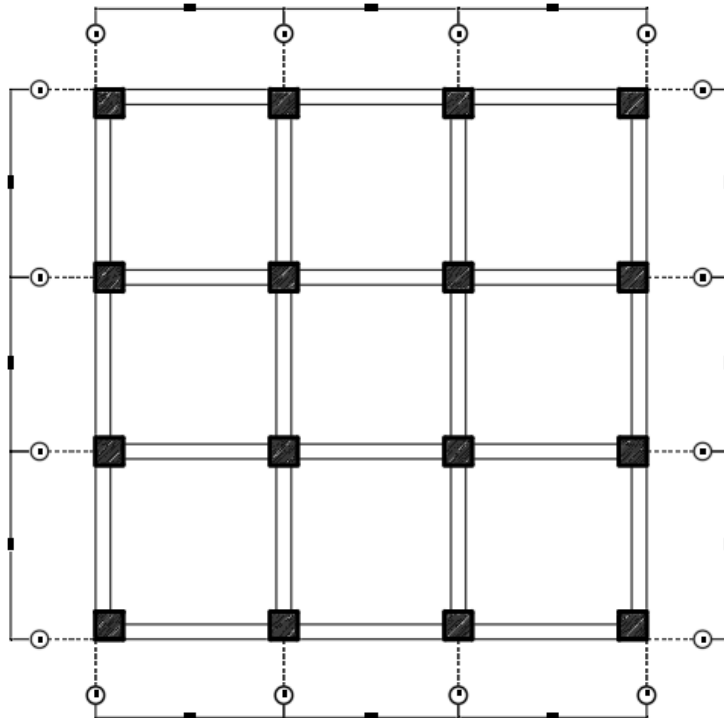


NIVEL 1 al 10



NIVEL 11 al 14

ANEXO 1



NIVEL 1 al 7

ANEXO 2

