



**“UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CON
DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOSO EN
LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-
HUARAZ FRENTE A LOS PROBLEMAS DE PISO
BLANDO-2021**

**TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Elindo Maik Espada Cristobal

Asesor:

Ing. Carlos Hugo Olaza Henostroza

Huaraz – Perú

2023





**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	295

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 291

En la ciudad de Huaraz, al (a los) 23 día (s) del mes de

MARZO del DOS MIL VEINTITRES, siendo las 18:00 horas, se reunieron el Jurado Evaluador integrado por:

- PRESIDENTE : Mag. LUIS ALBERTO ITA ROBLES
 PRIMER MIEMBRO : Mag. FERNANDO JAVIER DEPAZ HIDALGO
 SEGUNDO MIEMBRO : Mag. JORGE LUIS VARGAS GARCÍA

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional, del (de la) Bachiller

ELINDO MAIK ESPADA CRISTOBAL

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

"PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOSO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-HUARAZ FRENTE A LOS PROBLEMAS DE PISO BLANDO-2021".

desarrollada bajo el asesoramiento de:

- ASESOR : Mag. CARLOS HUGO OLAZA HENOSTROZA
 CO - ASESOR :

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

APROBADO

Siendo las 19:00 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

PRESIDENTE
Mag. LUIS ALBERTO ITA ROBLES

PRIMER MIEMBRO
Mag. FERNANDO JAVIER DEPAZ HIDALGO

SEGUNDO MIEMBRO
Mag. JORGE LUIS VARGAS GARCÍA

ASESOR
Mag. CARLOS HUGO OLAZA HENOSTROZA

CO - ASESOR

SUSTENTANTE
ELINDO MAIK ESPADA CRISTOBAL



NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS-FIC-EMEC-V4.pdf

RECUENTO DE PALABRAS

27332 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

154 Pages

FECHA DE ENTREGA

Mar 1, 2023 12:48 AM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

150614 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.7MB

FECHA DEL INFORME

Mar 1, 2023 12:50 AM GMT-5**● 22% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 21% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

DEDICATORIA

A mis amados padres, Felicísimo y Ayde, quienes me apoyaron de manera incondicional en cada parte de mi vida, les estoy muy agradecido por darme sus enseñanzas para perseverar y luchar por mis sueños. A mis hermanos y familia en general por brindarme un hogar y haberme alentado durante las innumerables amanecidas a pesar de que ya no tenía más fuerzas. A mi esposa e hijas quienes son motivo de mi felicidad y me alientan a seguir adelante.



AGRADECIMIENTO

A mi asesor Mg. Ing. Carlos Hugo Olaza Henostroza por su apoyo en la elaboración y termino de la tesis.

A mis jurados, Mag. Ing. Luis Alberto Ita Robles, Mag. Ing. Fernando Javier Depaz Hidalgo y Ing. Jorge Luis Vargas García.



INDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCION	9
CAPITULO I:	10
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	10
1. Identificación del problema	10
1.1. Situación problemática.....	10
1.2. Formulación del problema	11
1.2.1. Formulación general	11
1.2.2. Formulación específica	11
1.3. Justificación	11
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivos específicos	12
1.5. Hipótesis	12
1.5.1. Hipótesis general.....	12
1.5.2. Hipótesis específicas	12
1.6. Variables	13
1.6.1. Variable independiente	13
1.6.2. Variable dependiente.....	13
1.7. Definición de términos.....	15
CAPITULO II:	17
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	17
2.1. Definición	17
2.2. Aspectos Generales para el Diseño Sísmico	17
2.3. Filosofía del Diseño Sismo Resistente.....	18
2.4. Normatividad en el Diseño Sismo Resistente del Perú.....	18

CAPITULO III:.....	20
SISTEMAS MODERNOS DE PROTECCION SISMICA	20
3.1. Desempeño Sismo-Resistente	20
3.1.1. Objetivos del desempeño Sismo Resistente de Edificaciones	20
3.1.2. Niveles de Amenaza Sísmica	20
3.1.3. Niveles de Desempeño.....	21
3.1.4. Objetivos Múltiples de Desempeño	22
3.2. Sistemas de Protección Sísmica.....	22
3.3. Disipación de Energía.....	23
3.3.1. Principios Generales de la Disipación de Energía	23
3.3.2. Dispositivos de Control de Respuesta Sísmica.....	25
3.3.2.1. Sistemas de control Pasivo.....	26
3.3.2.1.1. Sistemas con Aislamiento Sísmico	26
3.3.2.1.2. Oscilador Resonante “Tunned Mass Damper- Tmd” o Sistemas Inerciales Acoplados.....	28
3.3.2.1.3. Sistemas con Disipadores de Energía	29
3.4. Disipadores de Energía con fluido Viscoso	33
3.4.1. Formula General	33
3.4.1.1. Coeficiente de Amortiguamiento “C”	34
3.4.1.2. Exponente de velocidad	35
3.4.1.3. Rigidez en el Dispositivo “K”	36
3.4.2. Detalles generales de los Dispositivos	37
3.4.2.1. Compuestos de los Dispositivos Viscosos	37
3.4.2.2. Funcionamiento de los Disipadores	38
3.4.3. Diseño de los Dispositivos.....	40
3.4.3.1. Recomendaciones para el Diseño de Conexiones.....	40
3.4.3.2. Recomendaciones para la Modelación.....	40
3.4.4. Criterios de Adición de los Dispositivos.....	40
3.4.5. Disposición de los Dispositivos	41

3.4.5.1. Disposición Chevron.....	41
3.4.5.2. Disposición Diagonal.....	42
3.4.6. Fabricantes	43
3.4.6.1. Kajima Corporation	44
3.4.6.2. Taylor Devices INC.....	45
CAPITULO IV:	46
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	46
4.1. Perspectiva Metodológica y Tipo de Investigación	46
4.1.1. Perspectiva Metodológica	46
4.1.2. Tipo de Investigación.....	46
4.2. Diseño de la Investigación	46
4.3. Limitaciones de la Investigación.....	47
4.4. Entorno y Unidad de Análisis	47
4.4.1. Contexto.....	47
4.4.2. Unidad de Análisis	47
CAPITULO V:.....	48
CASO DE ESTUDIO Y ANALISIS ESTRUCTURAL.....	48
5.1. Descripción del Proyecto	48
5.1.1. Ubicación	48
5.1.2. Presentación de la Estructura	49
5.1.3. Elementos Estructurales de la Edificación.....	53
5.1.4. Parámetros Geotécnicos de la Zona en Estudio.	56
5.1.5. Caracterización de los Materiales	56
5.1.6. Cargas a Tener en Cuenta	56
5.1.6.1. Carga Viva	56
5.1.6.2. Carga Muerta	56
5.1.6.3. Modelamiento	57
5.1.6.4. Peso sísmico.....	57
5.2. Análisis Estático (Fuerzas Equivalentes).....	57

5.2.1.	Parámetros Sísmicos	57
5.2.1.1.	Zonificación Sísmica (Z)	57
5.2.1.2.	Condiciones Geotécnicas (S, T _P , T _L)	58
5.2.1.3.	Periodo Fundamental de Vibración (T)	58
5.2.1.4.	Factor de Amplificación Sísmica (C).....	59
5.2.1.5.	Categoría de la Edificación y Factor de Uso (U).....	59
5.2.1.6.	Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R ₀).....	60
5.2.2.	Fuerza Cortante en la Base.....	60
5.2.2.1.	Verificación del sistema estructural.....	61
5.2.2.2.	Verificación de la irregularidad estructural.....	62
5.2.2.2.1.	Verificación de irregularidad estructural en altura.....	63
5.2.3.	Control de derivas de entrepiso.....	66
5.3.	Análisis Dinámico Modal Espectral.....	68
5.3.1.	Parámetros Sísmicos	68
5.3.2.	Espectro Inelástico de Pseudo-aceleraciones	68
5.3.3.	Casos de carga dinámica	71
5.3.4.	Control de derivas de entrepiso.....	71
5.4.	Análisis Dinámico Tiempo-Historia	74
5.4.1.	Registros sísmicos a usar	74
5.4.2.	Parámetros del espectro del reglamento.....	74
5.4.3.	Datos de los registros sísmicos	74
5.4.3.1.	Sismo Lima 1966.	74
5.4.3.2.	Sismo Chimbote 1970.....	76
5.4.3.3.	Sismo Huaraz 2020.	78
5.4.4.	Sismo de diseño	80
5.4.5.	Verificación de derivas	80
CAPITULO VI:		81
DISIPADORES SISMICOS DE ENERGIA CON FLUIDO VISCOOSO		81

6.1.	Amortiguamiento objetivo	81
6.1.1.	Factor de respuesta “B”	82
6.1.2.	Amortiguamiento efectivo “ B_{eff} ”	82
6.1.3.	Amortiguamiento inherente “ B_h ”	83
6.1.4.	Elección del amortiguamiento inherente.....	83
6.2.	Cálculo de las propiedades del disipador con fluido viscoso.....	83
6.2.1.	Rigidez del brazo metálico.....	83
6.2.2.	Ubicación de los disipadores.....	84
6.2.3.	Cálculo del coeficiente de amortiguamiento.....	86
6.3.	Respuesta estructural incluido disipadores.	90
6.3.1.	Distorsión de entrepiso con disipadores de energía	90
6.4.	Diseño de los Dispositivos Sísmicos.....	92
6.4.1.	Agrupamiento de dispositivos por niveles	92
6.4.2.	Selección de disipadores de energía.....	93
6.4.3.	Cálculo de elementos estructurales de acero.....	95
6.4.3.1.	Cálculo del brazo metálico.....	96
6.4.3.2.	Cálculo de la conexión Brazo Metálico-Dispositivo	98
6.4.3.3.	Cálculo del perno de conexión.....	106
6.4.3.4.	Cálculo de la barra de conexión.....	109
6.4.3.5.	Determinación de los pernos para anclaje.....	112
6.4.3.6.	Detalle definitivo	120
CAPITULO VII:		122
ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS.....		122
7.1.	desplazamiento de los centros de masa.....	122
7.2.	Derivas de entrepiso.....	123
7.3.	Esfuerzos máximos en los elementos estructurales.....	125
7.3.1.	Evaluación de fuerzas axiales	125
7.3.2.	Evaluación de fuerzas Cortantes	126
7.3.3.	Evaluación de momentos flectores.....	128

7.3.4.	Periodos de vibración y modos de la estructura.....	129
7.3.5.	Energía del sistema	130
7.3.6.	Piso blando.....	131
7.3.7.	Comportamiento hysterético del disipador sísmico	134
CAPITULO VIII:.....		135
CONTRASTACION DE HIPOTESIS.....		135
CONCLUSIONES		136
RECOMENDACIONES.....		139
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		140
ANEXOS		143



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	14
Tabla 2 Niveles de Amenaza Sísmica	20
Tabla 3 Niveles de Desempeño	21
Tabla 4 Matriz de Desempeño	22
Tabla 5 Valores del Parámetro Exponente λ	35
Tabla 6 Parámetros Sísmicos	60
Tabla 7 Control de Irregularidad de Rigidez en el eje X (Análisis estático).....	63
Tabla 8 Control de Irregularidad de Rigidez en el eje Y (Análisis estático).....	64
Tabla 9 Control de Irregularidad en Planta en el eje X.....	65
Tabla 10 Control de Irregularidad en Planta en el eje Y	65
Tabla 11 Control de distorsión de entrepiso en el eje X (Análisis estático)	66
Tabla 12 Control de distorsión de entrepiso en el eje Y (Análisis estático)	67
Tabla 13 ZUCS/R (g) vs T (periodo) en la dirección X.....	69
Tabla 14 ZUCS/R (g) vs T (periodo) en la dirección Y.....	70
Tabla 15 Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje X.....	71
Tabla 16 Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje Y.....	72
Tabla 17 Límites Reglamentarios para la Distorsión de entrepiso.....	73
Tabla 18 Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje X.....	80
Tabla 19 Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje Y.....	81
Tabla 20 Valores promedios de Daño Estructural Conforme vs Tipo de Edificación.	81
Tabla 21 Dimensiones HSS 7.50x0.25	84
Tabla 22 Periodos y frecuencias	87
Tabla 23 desplazamientos relativos (δ_{rj}) y Desplazamiento modal (δ_i) en el eje X	88
Tabla 24 Estimación de λ respecto del exponente de velocidad α	89
Tabla 25 Cálculos para “C” (i).....	89
Tabla 26 Cálculos para C (ii)	89
Tabla 27 Control de distorsión dinámica de entrepiso del eje X con disipadores de energía.....	90
Tabla 28 Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje Y con disipadores de energía.....	91
Tabla 29 Resumen de disipadores y las fuerzas actuantes (kN)	93
Tabla 30 Dimensión del Disipador Seleccionado	94

Tabla 31 Dimensión de la Placa Base del disipador seleccionado.....	95
Tabla 32 Propiedades Geométricas del Perfil HSS 7.50x0.25.....	96
Tabla 33 Características especificadas en el diseño.....	96
Tabla 34 Dimensiones estándares de pernos y tuercas de gran resistencia.....	100
Tabla 35 Dimensiones del perno de 1 1/8”	100
Tabla 36 Dimensiones estándares de las arandelas (in)	101
Tabla 37 Dimensiones de la arandela para un perno de 1 1/8”	102
Tabla 38 Incremento adicional al Grip Conforme al diámetro del perno.	102
Tabla 39 Dimensiones del perno de 1 1/2”	107
Tabla 40 Dimensiones de la arandela para un perno de 1 1/2”	107
Tabla 41 Especificaciones técnicas para el diseño.....	114
Tabla 42 Factores de reducción de la resistencia	115
Tabla 43 Dimensiones de los pernos de anclaje por cada diámetro.....	117
Tabla 44 Longitud estandarizada de los pernos de anclaje	117
Tabla 45 Porcentaje de reducción de los desplazamientos máximos en los C.M. de cada piso X-X	122
Tabla 46 Porcentaje de reducción de los desplazamientos máximos en los C.M. de cada piso	123
Tabla 47 Porcentaje de reducción de las derivas de entrepiso en el eje X-X.....	124
Tabla 48 Porcentaje de reducción de las derivas de entrepiso en el eje Y-Y.....	124
Tabla 49 Porcentaje de Variación de las Fuerzas axiales en la Columna eje 1-A .	125
Tabla 50 Porcentaje de Reducción de las Fuerzas Cortantes en la Columna eje local 2-2	126
Tabla 51 Porcentaje de Variación de las Fuerzas Cortantes en la Columna eje local 3-3	127
Tabla 52 Porcentaje de Variación del Momento Flector en la Columna eje local 2-2	128
Tabla 53 Porcentaje de Variación del Momento Flector en la Columna eje local 3-3	128
Tabla 54 Periodos de Vibración de la Estructura sin Disipadores de Energía	129
Tabla 55 Periodos de Vibración de la Estructura con Disipadores de Energía.....	130
Tabla 56 Análisis de irregularidad Piso Blando X-X (Sin disipadores)	131
Tabla 57 Análisis de irregularidad Piso Blando Y-Y (Sin disipadores)	132
Tabla 58 Análisis de irregularidad Piso Blando X-X (Con disipadores)	132
Tabla 59 Análisis de irregularidad Piso Blando Y-Y (Con disipadores)	132

Tabla 60 Porcentaje de variación X-X.....	133
Tabla 61 Porcentaje de variación Y-Y	133

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Curva de Capacidad Sectorizada.....	21
Ilustración 2: Distribución de Energía de un Edificio sin Disipadores	24
Ilustración 3: Distribución de Energía de un Edificio con Disipadores	25
Ilustración 4: Clasificación de los Sistemas de Protección Sísmica	26
Ilustración 5: Sistemas de Aislamiento en la Base.....	27
Ilustración 6: Esquema de Amortiguamiento de Masa Sincronizada.....	28
Ilustración 7: Amortiguadores de Masa Sincronizada en el Edificio Geocentro Agustinas (Chile)	29
Ilustración 8: Clasificación de Disipadores de Energía	30
Ilustración 9: Colocación de Dispositivos Tipo ADAS en Muros Cortantes.....	31
Ilustración 10: Dispositivo Histérico Metálico con forma de ADAS	31
Ilustración 11: Disipador de Energía con fluido Viscoso.....	32
Ilustración 12: Disipador Viscoelástico	33
Ilustración 13: Relación Velocidad vs Fuerza de Disipador	36
Ilustración 14: Compuestos de los Disipadores con fluido Viscoso Taylor.....	38
Ilustración 15: Detalle de la Cabeza del Pistón.....	39
Ilustración 16: Forma de funcionar de dispositivos con fluido Viscoso	39
Ilustración 17: Conexiones de la disposición diagonal (en color verde los elementos que serán diseñados)	40
Ilustración 18: Disposición Chevron.....	41
Ilustración 19: Refuerzo Adicional que se usa en la Disposición Chevron	42
Ilustración 20: Esquema de la Disposición Diagonal.....	42
Ilustración 21: Disposición Diagonal de disipadores de energía	43
Ilustración 22: Distintas Configuraciones que se Pueden usar con el Disipador Viscoso.....	43
Ilustración 23: Disipador Viscoso HiDAM.....	44
Ilustración 24: Disipador Viscoso HiDAX-e	44
Ilustración 25: Arreglo de los disipadores de la estructura	45
Ilustración 26: Diseño de la investigación	46
Ilustración 27: Ubicación de Estudio	49
Ilustración 28: Planta Arquitectura	52

Ilustración 29: Elevación frontal en la edificación.....	53
Ilustración 30: Ubicación de elementos estructurales - Nivel 01	54
Ilustración 31: Distribución de elementos estructurales - Nivel 02 y 03	54
Ilustración 32: Distribución en elementos estructurales - Nivel 04 y 05	55
Ilustración 33: Modelamiento en la Edificación del Software Etabs v19.1.0	55
Ilustración 34: Zonas Sísmicas.....	58
Ilustración 35: Categoría de las Edificaciones y Factor “U”	59
Ilustración 36 : Fuerza cortante soportada por los muros de.....	61
Ilustración 37: Fuerza cortante soportada en los muros de	62
Ilustración 38: Distorsión inelástica de	67
Ilustración 39: Distorsión inelástica de	68
Ilustración 40: Espectro Inelástica de Pseudo-aceleraciones para el eje X.	69
Ilustración 41: Espectro Inelástica de Pseudo-aceleraciones para el eje Y.	70
Ilustración 42: Distorsión dinámica inelástica en entrepiso en el eje X vs Distorsión de entrepiso reglamentario	72
Ilustración 43: Distorsión dinámica inelástica de entrepiso eje Y vs Deriva de entrepiso del reglamento	73
Ilustración 44: Registro de aceleración E-W.....	74
Ilustración 45: Registro de aceleración E-W (Escalado).....	75
Ilustración 46: Registro de aceleración N-S.....	75
Ilustración 47: Registro de aceleración N-S (Escalado).....	76
Ilustración 48: Registro de aceleración E-W	76
Ilustración 49: Registro de aceleración E-W (Escalado).....	77
Ilustración 50: Registro de aceleración N-S.....	77
Ilustración 51: Registro de aceleración N-S (Escalado).....	78
Ilustración 52: Registro de aceleración E-W.....	78
Ilustración 53: Registro de aceleración E-W (Escalado).....	79
Ilustración 54: Registro de aceleración N-S.....	79
Ilustración 55: Registro de aceleración N-S (Escalado).....	80
Ilustración 56: Ubicación de disipadores en la dirección Y-Y.....	84
Ilustración 57: Disposición de los disipadores en elevación eje C y E	85
Ilustración 58: Vista en 3D del arreglo de los disipadores con fluido viscoso.....	85
Ilustración 59: Longitud del brazo metálico de los dispositivos	86
Ilustración 60: Desplazamientos modales y desplazamientos relativos	88

Ilustración 61: Deriva de la norma E0.30 vs distorsión dinámica inelástica del eje X usando disipadores de energía.....	91
Ilustración 62: Deriva de la norma E030 vs distorsión del eje Y dinámico inelástico con disipadores de energía	92
Ilustración 63: Disipadores de energía en el eje E con sus fuerzas internas respectivas.....	93
Ilustración 64: Propiedades de los Dispositivos y las Dimensiones de Placa Base	94
Ilustración 65: Dimensiones de los disipadores seleccionados 17130	95
Ilustración 66: Dimensión de la placa base del disipador seleccionado 17130.....	95
Ilustración 67: Disipador típico.....	97
Ilustración 68: Dimensiones de placas base de disipadores 17130	98
Ilustración 69: División de los pernos A325- grupo 1 y grupo 3	99
Ilustración 70: Detalle de dimensiones de pernos de elevada resistencia	100
Ilustración 71: Detalle del perno de 1 1/8” en cm.....	101
Ilustración 72: Detalle de la tuerca a emplear (cm).....	101
Ilustración 73: Dimensiones de la arandela empleada.	102
Ilustración 74: Esquema para determinar la longitud del perno.....	103
Ilustración 75: Disposición diagonal de los dispositivos	104
Ilustración 76: Detalle 1 conexión brazo metálico (HSS 7.50x0.25)- Disipador con fluido viscoso Taylor 17130	104
Ilustración 77: Detalle de la unión placa base- disipador de energía	105
Ilustración 78: Detalle de la unión brazo metálico- Placa base.....	105
Ilustración 79: Detalle 2 Conexión brazo metálico HSS 7.50x0.25- Barra de conexión.....	106
Ilustración 80: Detalle de la conexión inferior Long. Perno	106
Ilustración 81: Detalle de las cartelas metálicas (cm)	107
Ilustración 82: Detalle de las dimensiones del perno de 1 1/2”	108
Ilustración 83: Fuerza a la que es sometido el perno (Cortante doble)	108
Ilustración 84: Dimensiones de la barra de conexión (cm).....	110
Ilustración 85: Espaciamiento mínimo de un perno con respecto a los bordes.....	112
Ilustración 86: Espaciamiento del perno de conexión empleado con respecto a los bordes.....	112
Ilustración 87: Colocación de anclajes previa instalación del concreto	113
Ilustración 88: Fuerza de tracción (Nu) y corte (Vu) producto de la acción del disipador de energía	115

Ilustración 89: Nomenclatura para determinar las dimensiones de los pernos de anclaje.....	118
Ilustración 90: Dimensiones finales del perno de 5/8 " (cm)	118
Ilustración 91: Plancha metálica sobre de la cual irán los pernos de anclaje (Vista en planta).....	119
Ilustración 92: Plancha metálica sobre la cual irán los pernos de anclaje (Vista isométrica).....	119
Ilustración 93: Disposición diagonal (Disipadores del 1er nivel)	120
Ilustración 94: Detalle 1 (Conexión brazo metálico – Cartela - Estructura de concreto)	120
Ilustración 95: Detalle 2 (Conexión: Disipador – Cartela – Estructura de concreto)	121
Ilustración 96: Desplazamientos máximos del C.M. en cada nivel, dirección X-X	122
Ilustración 97: Desplazamientos máximos del C.M. en cada nivel, dirección Y-Y	123
Ilustración 98: Derivas de entrepiso, en la dirección X-X	124
Ilustración 99: Derivas de entrepiso, en la dirección Y-Y	125
Ilustración 100: Reducción de Fuerzas Axiales en la Columna.....	126
Ilustración 101: Reducción de Fuerzas Cortantes	127
Ilustración 102: Reducción de Fuerzas Cortantes	127
Ilustración 103: Reducción del Momento Flector en la Columna.....	128
Ilustración 104: Reducción del Momento Flector en la Columna.....	129
Ilustración 105: Energía del sistema sin disipadores	130
Ilustración 106: Energía del sistema con disipadores	131
Ilustración 107: Ubicación y descripción de disipadores	134
Ilustración 108: Curva histéresis del disipador K7 (máxima deformación -1.22cm)	134

RESUMEN

A lo largo de la historia se han registrado eventos sísmicos de gran magnitud al alrededor del globo terráqueo, estos eventos hacen que las estructuras sufran grandes daños debido a la incursión al rango inelástico de sus elementos estructurales, entonces para mitigar en cierto grado este problema se ve necesario adicionar un sistema de protección sísmica a las edificaciones.

El presente trabajo muestra las características de los diferentes sistemas o tipos de protección sísmica, para el presente trabajo se ha optado el uso de disipadores sísmicos con fluido viscoso y su influencia al aditarse en la respuesta estructural de las edificaciones de la Av. Luzuriaga Huaraz-Ancash, ya que éstas presentan características estructurales con posibles problemas de piso blando. Para realizar el control de las derivas usa como base las tablas presentadas por Multi-Hazard Loss Estimation Methodology – HAZUS, misma que presenta una deriva máxima de 0.0050 ya que esta generaría un daño moderado en la edificación.

La respuesta de la edificación con la incorporación de estos dispositivos es sobresaliente ya que las derivas se reducen hasta un 53.82%. También se observa la reducción de las fuerzas internas en los elementos estructurales, ya que estos dispositivos absorben hasta un 21.30% de la energía total del sistema. Es preciso indicar que la concepción inicial del presente trabajo es mitigar el problema de piso blando en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz, se ha comprobado que no se puede eliminar, ya que se trata de un problema netamente de rigidez, pero con la adición de estos dispositivos se logra un mejor comportamiento estructural.

Se ha elegido este tipo de protección sísmica por la facilidad de reemplazo después de su uso y daño, además por el reducido costo comparado con el tipo de reforzamiento convencional.

ABSTRACT

Throughout history, large-magnitude seismic events have been recorded around the globe, these events cause the structures to suffer great damage due to the incursion into the inelastic range of their structural elements, so to mitigate this problem to a certain degree, sees it necessary to add a seismic protection system to the buildings.

The present work shows the characteristics of the different systems or types of seismic protection, for the present work the use of seismic dissipators with viscous fluid has been chosen and its influence when added to the structural response of the buildings of Av. Luzuriaga Huaraz- Ancash, since they present structural characteristics with possible soft floor problems. To control the drift, it uses as a basis the tables presented by the Multi-Hazard Loss Estimation Methodology - HAZUS, which presents a maximum drift of 0.0050 since this would generate moderate damage to the building.

The response of the building with the incorporation of these devices is outstanding since the drifts are reduced up to 53.82%. The reduction of internal forces in the structural elements is also observed, since these devices absorb up to 21.30% of the total energy of the system. It is necessary to indicate that the initial conception of the present work is to mitigate the problem of soft floor in the buildings of Av. Luzuriaga-Huaraz, it has been verified that it cannot be eliminated, since it is a problem of pure rigidity, but with the addition of these devices achieves a better structural behavior.

This type of seismic protection has been chosen for the ease of replacement after use and damage, in addition to the reduced cost compared to the conventional type of reinforcement.

INTRODUCCION

La mayoría de las normas de diseño sísmico se basan en una filosofía de considerar que las estructuras no colapsen súbitamente ante un evento sísmico, lo que se busca es que los elementos estructurales incurrieren al rango inelástico de manera dúctil permitiendo salvaguardar las vidas humanas. Pero en la mayoría de las construcciones peruanas las edificaciones sufren un tipo de falla frágil como es el resultado del sismo en Ica 2007.

Para contrarrestar estos problemas resulta una buena alternativa el uso de sistemas de protección sísmica usando distintos mecanismos. Según (Segovia, 2016) estos sistemas se clasifican en tres grupos Pasivos, Semi-activos y Activos. Los sistemas pasivos se clasifican a su vez en tres tipos: efecto de masa adicional, Aisladores sísmicos y disipadores de energía.

Las primeras edificaciones que se construyeron con este tipo de sistemas de protección sísmica son la torre principal del aeropuerto Jorge Chávez año 2006, el edificio del banco de la nación de 32 piso en la Av. Javier prado, edificio “T tower” año 2016, etc. Estas experiencias son la base para tomar como alternativa de protección sísmica los disipadores sísmicos con fluido viscoso. Estos equipos de amortiguamiento ya están disponibles en el mercado peruano y se espera que se incorpore gradualmente a los nuevos proyectos de construcción.

CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

1. Identificación del problema

1.1. Situación problemática

Las edificaciones de la Av. Luzuriaga de la ciudad de Huaraz presentarían problemas de piso blando las que serían necesario reforzar para un buen desempeño frente a los sismos. Encontramos que las edificaciones de la av. Luzuriaga fueron construidas después del terremoto del año 1970 formando pórticos en el primer piso para permitir la circulación de los peatones y darles resguardo frente a las lluvias. Pero esta disposición deja múltiples aberturas o espacios libres generando una configuración de piso blando lo que debilitaría la edificación y no favoreciéndole para un comportamiento sísmico adecuado. Para estas situaciones se han desarrollado formas para poder reforzarlas o colocarse a estas estructuras. Entonces estando la ciudad de Huaraz en una zona sísmica se torna importante que podamos analizar esta posibilidad de reforzamiento. Esta es solo una de varias sugerencias y tipos de refuerzo que ya están en uso por el flujo de la sustancia espesa dentro del tubo. La rigidez lateral de la planta baja es mucho inferior que la del entrepiso directamente sobre ella debido a que el diseño estructural de estos edificios está formado por marcos de hormigón armado en el primer nivel y mampostería restringida en los pisos posteriores. La norma peruana (Norma técnica peruana E.030, 2019) R.M. N°043-2019-VIVIENDA en el artículo N°20.3 Factores de Irregularidad (Tabla N°8) señala que existe una rigidez irregularidad (Piso Blando) si la rigidez lateral de un piso es inferior al 70% de la del piso directamente encima de él, o menos del 80% de la rigidez lateral media de los tres pisos superiores adyacentes, en cualquiera de las direcciones de evaluación, entonces ese piso no pasa la prueba.

Frente a estos problemas de piso blando, se propone realizar un reforzamiento en el primer nivel de estas edificaciones usando disipadores sísmicos con fluido viscoso, esto salvaguardando su configuración arquitectónica inicial y tomando en cuenta las consideraciones del reglamento E.030 R.M. N°043-2019-VIVIENDA artículo N°49 Reparación y Reforzamiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación general

¿La propuesta de reforzamiento usando disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz, podrá contrarrestar el problema de piso blando?

1.2.2. Formulación específica

- ✓ ¿La propuesta de reforzamiento usando disipadores sísmicos con fluido viscoso podrá aumentar la rigidez lateral de la estructura y contrarrestar el problema de piso blando en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz?
- ✓ ¿Cuál será el porcentaje de energía que toman los disipadores sísmicos con fluido viscoso al ser incorporados en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz?
- ✓ ¿En qué porcentaje se reduce las distorsiones de entrepiso al incorporar los disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz?
- ✓ ¿Cuál es la variación del periodo de vibración de la estructura al realizar un reforzamiento con disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz?

1.3. Justificación

La provincia de Huaraz la cual forma parte del departamento de Ancash Conforme con la zonificación sísmica del reglamento E.030 se encuentra en la zona 3. Como resultado, los edificios de la Av. Luzuriaga-Huaraz que hemos elegido foco de nuestra investigación se encuentran en una zona con alta probabilidad de terremotos.

En consecuencia, durante un sismo de gran magnitud las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz presentaran rotulas en las columnas del primer nivel, esto conllevaría al posterior colapso de la edificación, el cual no estaría cumpliendo con la filosofía de un diseño sismorresistente.

Entonces para poder contrarrestar este problema de piso blando en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz, se propone realizar un reforzamiento usando disipadores sísmicos con fluido viscoso para asegurar un buen desenvolvimiento frente a los sismos de gran magnitud.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Proponer un reforzamiento usando disipadores sísmicos con fluido viscoso para contrarrestar el problema de piso blando en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Verificar que la propuesta de reforzamiento usando disipadores sísmicos con fluido viscoso pueda aumentar la rigidez lateral de la estructura y contrarrestar el problema de piso blando en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.
- ✓ Determinar el porcentaje de energía que toman los disipadores sísmicos con fluido viscoso al ser incorporados en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.
- ✓ Determinar en qué porcentaje se reduce las distorsiones de entrepiso al incorporar los disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.
- ✓ Determinar cuál es la variación del periodo de vibración de la estructura al realizar un reforzamiento con disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La incorporación de disipadores sísmicos con fluido viscoso elimina en un 100% el problema de piso blando en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.

1.5.2. Hipótesis específicas

- ✓ Al incorporar disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz se aumenta la rigidez lateral de la estructura y contrarresta el problema de piso blando
- ✓ Los disipadores sísmicos con fluido viscoso al ser incorporados en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz toman el 25% de la energía sísmica.
- ✓ Al incorporar disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz se reduce en un 35% las distorsiones de entrepiso de la estructura.
- ✓ Al incorporar disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz se presenta una variación reducida en un 25% del periodo de vibración de la estructura.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

La Condición de piso blando de las edificaciones en la avenida Luzuriaga-Huaraz.

1.6.2. Variable dependiente

Reforzamiento de las edificaciones en la avenida Luzuriaga-Huaraz usando disipadores sísmicos con fluido viscoso.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Señaladores
Piso blando de las edificaciones en la avenida Luzuriaga-Huaraz.	Eso es lo que sucede cuando la rigidez estructural del edificio cambia repentinamente entre niveles.	El análisis dinámico Tiempo Historia como referente para la evaluación de estructuras de mampostería y hormigón armado de la norma técnica peruana E.030. Nota importante: Para la evaluación de la edificación en estado actual se realizará el escalamiento del registro sísmico del año 1970 a la máxima probable del reglamento E.030.	-Deriva. -Periodo - Rigidez lateral. -Energía disipada
Reforzamiento de las edificaciones en la avenida Luzuriaga-Huaraz utilizando disipadores sísmicos con fluido viscoso.	Unidos a la estructura del edificio, estos Compuestos ralentizan el movimiento del edificio durante un terremoto, obstruyendo el flujo interior de un fluido viscoso.	Diseño de refuerzo de edificios basado en análisis dinámico. El tiempo se mide Conforme con la norma técnica peruana E.030. Nota importante: Para el diseño de la estructura equipada con amortiguadores sísmicos, se realizará el escalamiento 1.50 veces el espectro del reglamento E.030, usando un R=1.00, ya que el modelo será netamente elástico.	-Deriva. -Periodo -Rigidez lateral -Energía disipada

1.7. Definición de términos

Base

(Corzo, 2005) señala: “Esta es la profundidad a la que se cree que los sismos se comunican con la estructura, o donde la estructura está empotrada para operar como un vibrador dinámico”

Carga

Conforme con (Norma Técnica Peruana E.020, 2006) “La presión es la consecuencia de la masa de los Compuestos de un edificio, sus habitantes y sus posesiones, las influencias del entorno, los movimientos diferenciales del edificio y los cambios dimensionales controlados del edificio”.

Carga Muerta

“El tamaño previsto permanente o modestamente cambiante del propio peso del edificio, así como el peso de todos los dispositivos de servicio, materiales, equipos, particiones y otras cosas que soporta (Norma técnica Peruana E.020, 2006).

Carga Viva

“La carga total sobre una estructura es la sumatoria de los pesos de todos sus habitantes, más cualquier material, maquinaria o enseres domésticos que puedan moverse libremente en su interior” (Norma Técnica Peruana E.020, 2006).

Cimentación

Conforme con (Corzo, 2005): “Los cimientos de los edificios están destinados a transportar de manera segura las cargas de las estructuras sobre ellos a la tierra que se encuentra debajo”.

Diafragma

(Corzo, 2005) señala: “Es un sistema de forma horizontal que transfiere esfuerzos laterales a refuerzos orientados verticalmente. Cuando se habla del diafragma, también es común referirse al sistema de arriostramiento horizontal que lo soporta”.

Estructura

Conforme con (Corzo, 2005): “Estructura destinada a mantener unido un organismo físico frente a un ataque desde el exterior. También se conoce como sistema, que se refiere a una colección de Compuestos organizados para realizar una determinada tarea”.

Fluencia

(Corzo, 2005) señala: “El fenómeno en el que una sustancia, bajo estrés persistente, sufre grandes deformaciones antes de romperse. Como el acero de refuerzo, por ejemplo.”

Fuerza Cortante en la Base

Conforme con la (Norma Técnica Peruana E.030, 2019) “La sumatoria de las fuerzas cortantes que actúan sobre la cimentación en la dirección considerada”

Respuesta Sísmica

Conforme con (Ochoa & Romero, 2013): “Aquello que le sucede a una estructura cuando el suelo debajo de ella se sacude como consecuencia de un terremoto. Las dislocaciones de cada nivel tienen un estilo distintivo de vibración y el movimiento general es el resultado de esta interacción en una frecuencia o período particular (T seg). El tiempo que demora un edificio en completar un ciclo completo mediante de un lugar determinado es el período de vibración en su movimiento”

Sismo

Conforme con (Ochoa & Romero, 2013): “La tierra se mueve durante un terremoto, Las ondas de tensión fluyen mediante de la Tierra, provocando sacudidas o terremotos cuando son provocadas por la rotura de rocas deformadas o el deslizamiento de una falla geológica. Sin embargo, la cuenca del Pacífico y el cinturón que se extiende desde el Himalaya hasta Irán, Turquía y el mar Mediterráneo tienen las concentraciones más altas de casos notificados”.

Sistemas de Control Pasivo

(Gomez & Marulanda, 2007) señalan: “Para amortiguar los efectos de las vibraciones en un edificio, los sistemas de control pasivo utilizan Compuestos no activos. Los tres tipos de amortiguadores son aisladores de base, amortiguadores viscoelásticos y amortiguadores de masa.”.

CAPITULO II:

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

2.1. Definición

Es la reacción del edificio a las tensiones de cosas como los terremotos. La intensidad, la frecuencia y duración del movimiento, las condiciones geológicas y del suelo y la calidad de la elaboración son solo algunos de los elementos que pueden afectar esta reacción.

Comprender cómo se comportan las estructuras y qué las hace colapsar, así como también cómo tomar medidas preventivas para disminuir el impacto de futuras catástrofes, puede aprenderse de las lecciones dejadas por terremotos anteriores.

2.2. Aspectos Generales para el Diseño Sísmico

Aunque el sitio de construcción planificado se encuentra en una región conocida por su alta actividad sísmica, rara vez se menciona en una conversación. Tiene que haber garantías de que todas las estructuras se construirán con un cierto estándar de seguridad, uso, belleza, practicidad y costo.

La integridad estructural de un edificio es vital y se mide por qué tan bien puede soportar las mayores cargas o demandas anticipadas durante la vida útil del edificio sin sufrir fallas catastróficas.

El funcionamiento arquitectónico y estructural son dos de las formas más esenciales. Para crear un entorno positivo y productivo para el barrio en el que se ubica y para los usuarios que hacen uso directo de él, la funcionalidad de un edificio debe estar entrelazada tanto con su función estructural como con sus cualidades estéticas.

A su vez, el funcionamiento estructural está ligado a las restricciones causadas por la deformación, agrietamiento y vibración de las partes estructurales; depende de ello para garantizar que el edificio no parezca haber perdido valor debido a que se considera inseguro y desagradable durante el uso regular.

A diferencia de la seguridad de la estructura, que se refiere al rendimiento de una estructura durante toda su vida útil (durante la construcción, el uso, el mantenimiento y más allá), la funcionalidad usable describe cómo responde un edificio en el momento de su vida útil cuando se expone a cargas o demandas regulares. Sin embargo, la distribución de las presiones sísmicas en la altura de un edificio se ve afectada por su diseño, así como por los elementos arquitectónicos y estructurales,

tales como cargas vivas altas, cargas laterales por sismos destructivos y altas velocidades de los vientos, intensidad de las fuerzas y contacto de los miembros.”

2.3. Filosofía del Diseño Sismo Resistente

Un diseño adecuado para soportar las cargas sísmicas es crucial en cualquier construcción en países con alto riesgo sísmico, como el nuestro. Para caracterizar conceptualmente la actividad sísmica, los investigadores y expertos generalmente acuerdan los siguientes criterios:

- ✓ Durante su vida útil, los edificios estarán sujetos a varios terremotos de diferente intensidad.
- ✓ Se permiten fisuras por flexión en el concreto y modestas intrusiones por fluencia del acero de vigas y losas, o fallas en partes que no son estructurales para las cuales la restauración económica es rápida y factible.
- ✓ Si una estructura es esencial para la supervivencia de la comunidad, por ejemplo, un hospital o un centro de salud, entonces no se pueden tolerar daños más severos, para continuar funcionando después de terremotos severos, la cantidad de daño permitida debe ser baja.

2.4. Normatividad en el Diseño Sismo Resistente del Perú

El alcance del reglamento técnica peruana E.030 2019 para la construcción sísmicamente resiliente es integral:

“La filosofía del Diseño Sismorresistente indica que:

- a) Se debe asegurar que los servicios básicos continúen.
- b) Minimizar los daños a la propiedad
- c) Evitar que se pierdan vidas humanas

Se entiende que la mayoría de los edificios no pueden permitirse o necesitan una protección completa contra los terremotos. En esta Norma se especifican principios que son consistentes con este concepto.

- a) Se considera que los movimientos sísmicos son fuertes en la ubicación del proyecto, pero el edificio no debe derrumbarse ni causar daños importantes a los seres humanos.
- b) El edificio debe ser capaz de soportar movimientos menores del suelo típicos de la ubicación del proyecto, siendo los daños fácilmente reparables.

- c) Se tendrá especial cuidado para garantizar que los edificios comunes (como se enumeran en la Tabla No. 5) puedan continuar funcionando incluso después de un gran terremoto.

El Ministerio de Vivienda, Saneamiento y Construcción del Perú informa que el DECRETO SUPREMO QUE REALIZA MODIFICACIONES A LA NORMA TÉCNICA E.030 fue publicado en el diario El Peruano el día domingo 11 de febrero de 2019: “DISEÑO SISMORRESISTENTE” EN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, ACEPTADA POR EL DECRETO SUPREMO N°011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA EL DECRETO SUPREMO N°043-2019-VIVIENDA. Bajo ciertos parámetros y bajo la supervisión de un ingeniero civil especialista, esta disposición permite la instalación de dispositivos de aislamiento sísmico o disipación de energía en la estructura.

CAPITULO III:

SISTEMAS MODERNOS DE PROTECCION SISMICA

3.1. Desempeño Sismo-Resistente

3.1.1. Objetivos del desempeño Sismo Resistente de Edificaciones

La resistencia de un edificio al colapso durante terremotos severos no garantiza que se comporte bien durante temblores más pequeños. Por esta razón, se debe incluir un escenario con diversos grados de éxito para que se puedan considerar opciones razonables para la evaluación. En consecuencia, de estas ideas surgen sugerencias como las de la Sociedad de Ingenieros Estructurales en California (SEAOC), el ATC-40 de 1997, el programa FEMA 273 y 274 y HAZUS 99. Las sugerencias enumeradas no son idénticas, pero comparten un terreno común en sus ideas fundamentales.

La propuesta SEAOC de 1995 del Comité VISION 2000, incluida en el apéndice G del libro bajo "Requisitos de fuerza lateral recomendados y discusión", se utilizará basándose en el desarrollo de este estudio. Se propone determinar el desempeño sísmico utilizando una matriz de desempeño que correlacione la intensidad del terremoto, el desempeño previsto y la importancia de la estructura.

3.1.2. Niveles de Amenaza Sísmica

La propuesta de parte del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) indica cuatro categorías de riesgo sísmico según la frecuencia con la que se produzcan durante un periodo de 50 años (el "período medio de retorno"), lo cual se muestra la Tabla 2:

Tabla 2

Niveles de Amenaza Sísmica

Movimiento sísmico de diseño	Periodo de retorno	Probabilidad de excedencia
Frecuente	43 años	50% para 30 años
Ocasional	72 años	50% para 50 años
Raro	475 años	10% para 50 años
Muy raro	950 años	10% para 1000 años

Fuente: SEAOC Visión 2000 committee, 1995.

3.1.3. Niveles de Desempeño

Los señalado por el Comité VISION 2000 (SEAO, 1995) enumera los cinco grados distintos de logro en la Tabla 3.

Tabla 3

Niveles de Desempeño

Nivel de desempeño	Descripción de la información	Estado de daño	Límite de desplazamiento
Totalmente Operacional	El daño a los edificios y otras estructuras es mínimo, si no existe. Después del terremoto, todo vuelve a la normalidad con las instalaciones y servicios.	Despreciable	Δy
Operacional	El daño a las partes estructurales y no estructurales fue mínimo. La infraestructura y los servicios son completamente funcionales o están sujetos a interrupciones menores de las cuales es posible una restauración rápida.	Leve	$\Delta y + 0.30\Delta p$
Resguardo de Vida	El daño es moderado, tanto estructural como de otra manera. Todavía hay tiempo hasta que el edificio se derrumbe. La estructura puede arreglarse, pero hacerlo puede no ser rentable.	Moderado	$\Delta y + 0.60\Delta p$
Cerca al Colapso	El daño a la estructura es severo. Fallo de elementos no estructurales. La seguridad de los habitantes está en peligro, ya que las réplicas podrían provocar más derrumbes.	Extenso	$\Delta y + 0.80\Delta p$
Colapso	Desmoronamiento de la estructura. El edificio no se puede arreglar, lamentablemente.	Completo	$\Delta y + 1.00\Delta p$

Fuente: SEAO Vision 2000 committee, 1995.

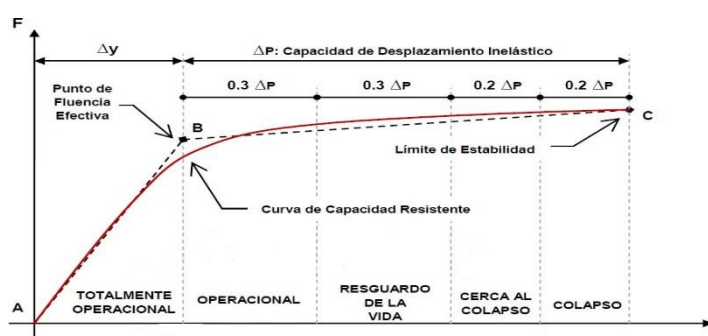


Ilustración 1: Curva de Capacidad Sectorizada

Fuente: SEAO Vision 2000 committee, 1995.

3.1.4. Objetivos Múltiples de Desempeño

Conforme con el estándar propuesto en el Comité VISION 2000, " combinación de los niveles de rendimiento esperados con objetivos de diseño para la resistencia a terremotos y los niveles de peligro sísmico pronosticados en relación con la importancia de la estructura". Como se ilustra en la Tabla 4, estos objetivos están interconectados mediante de la llamada matriz de desempeño, que determina los estándares básicos para el desempeño sísmico previo a varios niveles de peligro.

Tabla 4

Matriz de Desempeño

		Nivel de Desempeño de la Edificación			
		Totalmente Operacional	Operacional	Resguardo de vida	Cerca al colapso
Nivel de Demanda Sísmica	Sismos frecuentes (43 años)				
	Sismos Ocasionales (72 años)				
	Sismos Raros (475 años)				
	Sismos Muy raros (970 años)				

Leyenda	
	Edificaciones comunes
	Edificaciones Esenciales
	Edificaciones de Seguridad Critica

Fuente: SEAOC Visión 2000 committee, 1995.

3.2. Sistemas de Protección Sísmica

Modificando la combinación de resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía en la región inelástica, los sistemas de protección sísmica brindan ductilidad como un requisito necesario.

Incorporar de sistemas de aisladores y/o disipación de energía en una estructura es otro método de protección sísmica, junto con los métodos más tradicionales. El primer tipo es el más tradicional y utiliza métodos como sistemas estructurales enmarcados (columnas-vigas), paredes dobles (de corte), Compuestos de refuerzo como arriostramiento metálico, etc. para producir estructuras rígidas y dúctiles que pueden entrar en la región inelástica. Cuando se exponen a fuertes terremotos, el comportamiento inelástico de las estructuras de diseño convencional se caracteriza por la pérdida de energía mediante de deformaciones permanentes que se intensifican a

medida que crece la deriva del piso, causando daños estructurales significativos y permanentes.

El desempeño sísmico del edificio puede mejorarse en el caso de un gran terremoto al incluir dispositivos de energía, que están diseñados para minimizar los desplazamientos, las velocidades y las aceleraciones.

3.3. Disipación de Energía

3.3.1. Principios Generales de la Disipación de Energía

El sismo transfiere energía al edificio, que luego se convierte en energía elástica de deformación y movimiento (EE) y energía cinética perdida en el medio ambiente (Ed). La energía elástica recuperable (ES) y la energía cinética (EK) son los dos Compuestos de la energía elástica. La energía disipada se compone de dos Compuestos: energía histerética (EH) y energía de amortiguamiento (Ed).

Al permitir que parte de esta energía sea absorbida por un dispositivo complementario, se mejora el desempeño de la estructura frente a los terremotos, como se muestra en la ecuación del balance de energía.

$$E_I = E_S + E_K + E_d + E_H \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

E_d : Energía de amortiguamiento.

E_S : Energía de deformación elástica recuperable o no disipada.

E_K : Energía cinética.

E_I : Energía de entrada en el movimiento sísmico.

E_H : Disipación inelástica de la energía de deformación que no se puede recuperar, como la deformación plástica o histerética.

Para sobrevivir a los terremotos, la capacidad de reacción del sistema estructural debe superar la demanda sísmica. Siempre que la energía siga siendo la misma, existen dos opciones para mejorar el rendimiento estructural:

- ✓ Usando el enfoque estándar, que implica aumentar la rigidez y ductilidad del sistema para aumentar su energía debido a la deformación inelástica (EH). Esta es una reacción a la práctica de diseño estándar de confiar en la resistencia y

ductilidad de un edificio para garantizar que pueda soportar una cantidad específica de sacudidas sin derrumbarse.

- ✓ Al agregar dispositivos complementarios en ubicaciones clave, podemos aumentar la amortiguación interna (Ed). Esta solución implica la instalación de características no estructurales, como amortiguadores adicionales, tanto en estructuras nuevas como existentes para absorber parte de la energía producida por un terremoto.

Las vigas como los entramados, en un marco para la resistencia a momento sufren daños como consecuencia de la disipación de energía. Luego de un terremoto, las reparaciones pueden ser costosas y pueden requerir la evacuación temporal de la estructura. Los amortiguadores se utilizan tanto en edificios nuevos como existentes para redirigir parte de la energía del terremoto hacia partes no estructurales del edificio donde se puede disipar de forma segura. Conforme con esta actitud, los dispositivos de amortiguación deben evaluarse y reemplazarse (si es necesario) solo después de que se haya descartado cualquier daño al sistema estructural.

La figura 2 muestra para el balance de energía de un sistema sin disipadores de energía, en el que el sistema utiliza toda la energía entrante. La figura 3 muestra que el requisito de disipación de energía se reduce debido a la ductilidad si se instalan dispositivos de disipación en energía en el mismo edificio que la fuente de energía vibratoria.

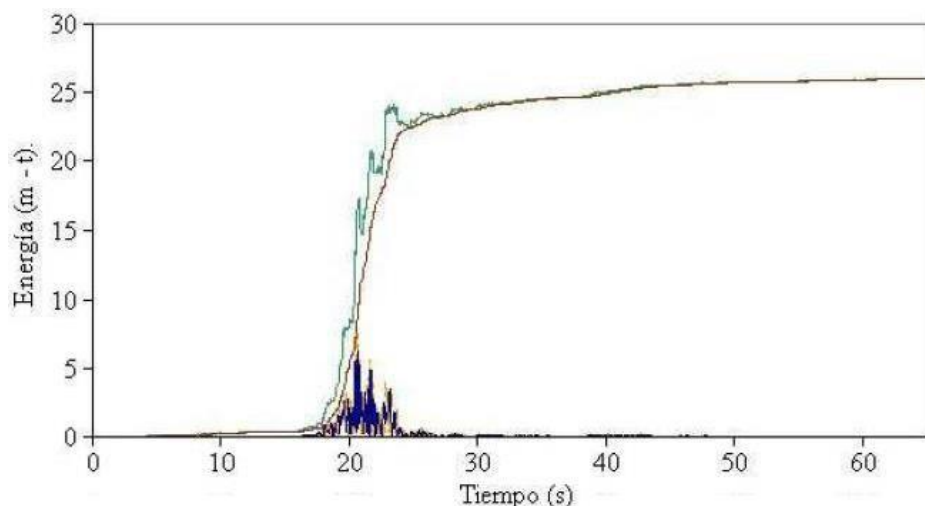


Ilustración 2: Distribución de Energía de un Edificio sin Disipadores

Fuente: Huerta, L. 2017.

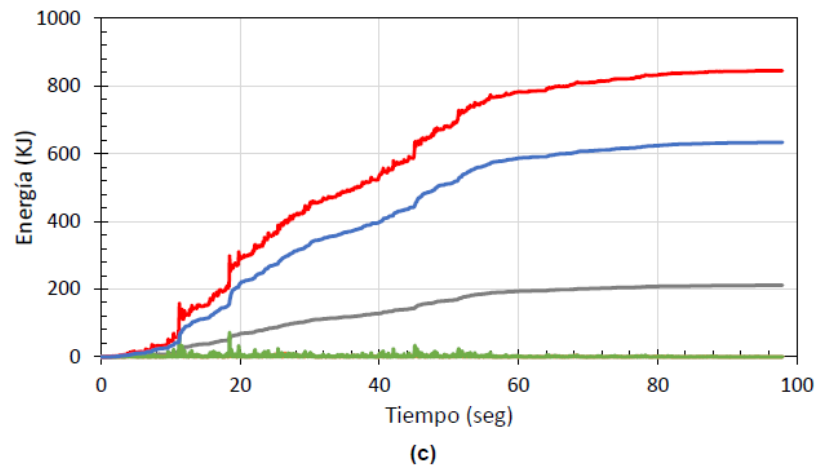


Figura 19. Gráfico de Energía. (a) Registro sismo 66.(b) Registro sismo 70 .(c) Registro sismo 74

- Energía ingresada en el sistema
- Energía disipada por el amortiguamiento inherente
- Energía potencial
- Energía cinética
- Energía disipada por el amortiguamiento añadido

Ilustración 3: Distribución de Energía de un Edificio con Disipadores

Fuente: Chacon & José, 2014

Dónde:

La energía cinética del terremoto se muestra en amarillo, su energía en naranja. Energía disipada en forma de energía cinética en verde, energía potencial absorbida por el sumidero de energía en rojo y energía cinética transferida al material de construcción en mostaza (azul).

3.3.2. Dispositivos de Control de Respuesta Sísmica

Se puede lograr una respuesta sísmica mejorada fortaleciendo una estructura con un dispositivo, con el objetivo de hacerla más resistente a los temblores fuertes. Los sistemas para protegerse de los sismos se ven Conforme con la Figura 4; estos sistemas hacen uso de diversos mecanismos para generar el nivel de regulación necesario.

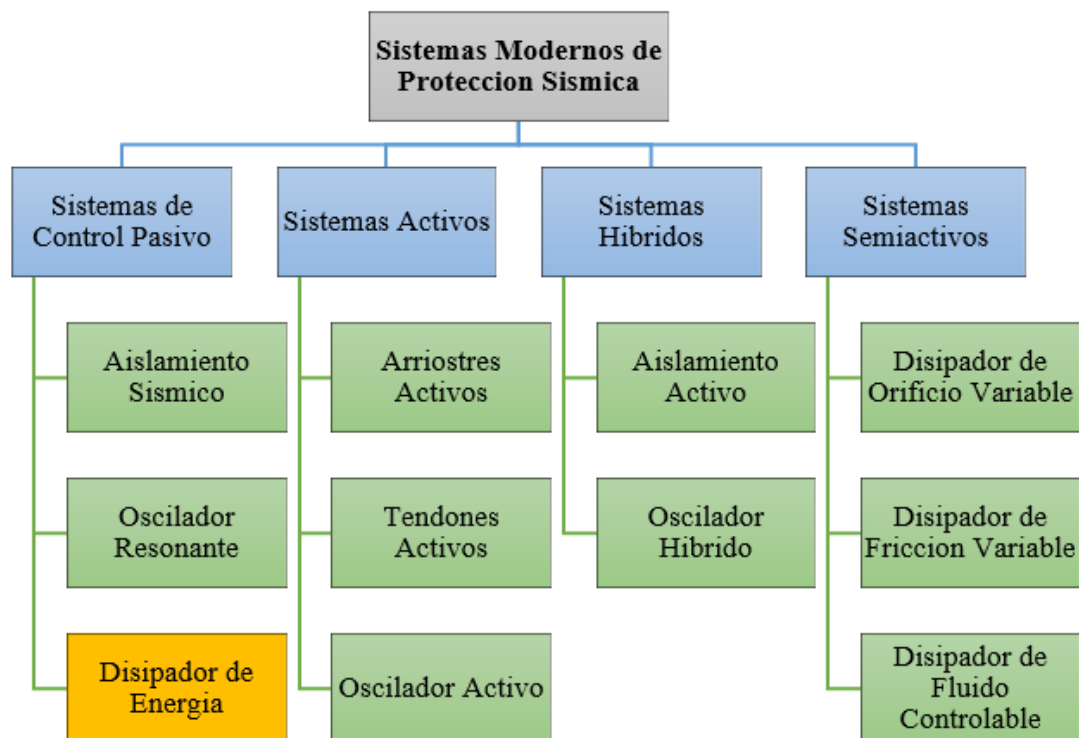


Ilustración 4: Clasificación de los Sistemas de Protección Sísmica

Fuente: Arancibia, 2007

3.3.2.1. Sistemas de control Pasivo

Los Compuestos reactivos, como los que están en los sistemas de control pasivo, solo pueden responder a las circunstancias ambientales específicas en las que operan. Su objetivo es instalar sistemas mecánicos que puedan absorber parte de la fuerza de los sismos. Por lo tanto, la estructura se beneficia de una mayor ductilidad, protección de áreas críticas y amortiguación. Estos sistemas se pueden dividir en tres categorías, cada una de las cuales es mucho más asequible que las alternativas híbridas, activas o semiactivas:

- ✓ Sistema con aislamiento sísmico
- ✓ Sistema oscilador resonante o inerciales acoplados
- ✓ Sistema con disipadores de energía

3.3.2.1.1. Sistemas con Aislamiento Sísmico

“El aislamiento sísmico es un método de diseño de edificios que son menos vulnerables a los terremotos mediante la colocación de materiales flexibles entre el

edificio y sus cimientos. Cuando se agregan a un sistema estructural, los aisladores lo debilitan considerablemente, al alargar el período básico de la estructura aislada con respecto a la estructura original” (Farzad & James, 1999).

Estas tecnologías alargan la etapa básica de la estructura, disminuyen las deformidades entre pisos y restringen severamente la energía de entrada (EI), todo lo cual disminuye la capacidad de respuesta dinámica de la estructura.

Al construir sobre suelo sólido, lo mejor es aislar los cimientos. Los momentos de vuelco son la principal causa de inestabilidad en edificios con una relación extrema entre altura y anchura. Además, los beneficios de alterar el tiempo de vibración disminuyen al aumentar la altura. La Figura 5 muestra las diversas opciones de aislamiento de cimientos:

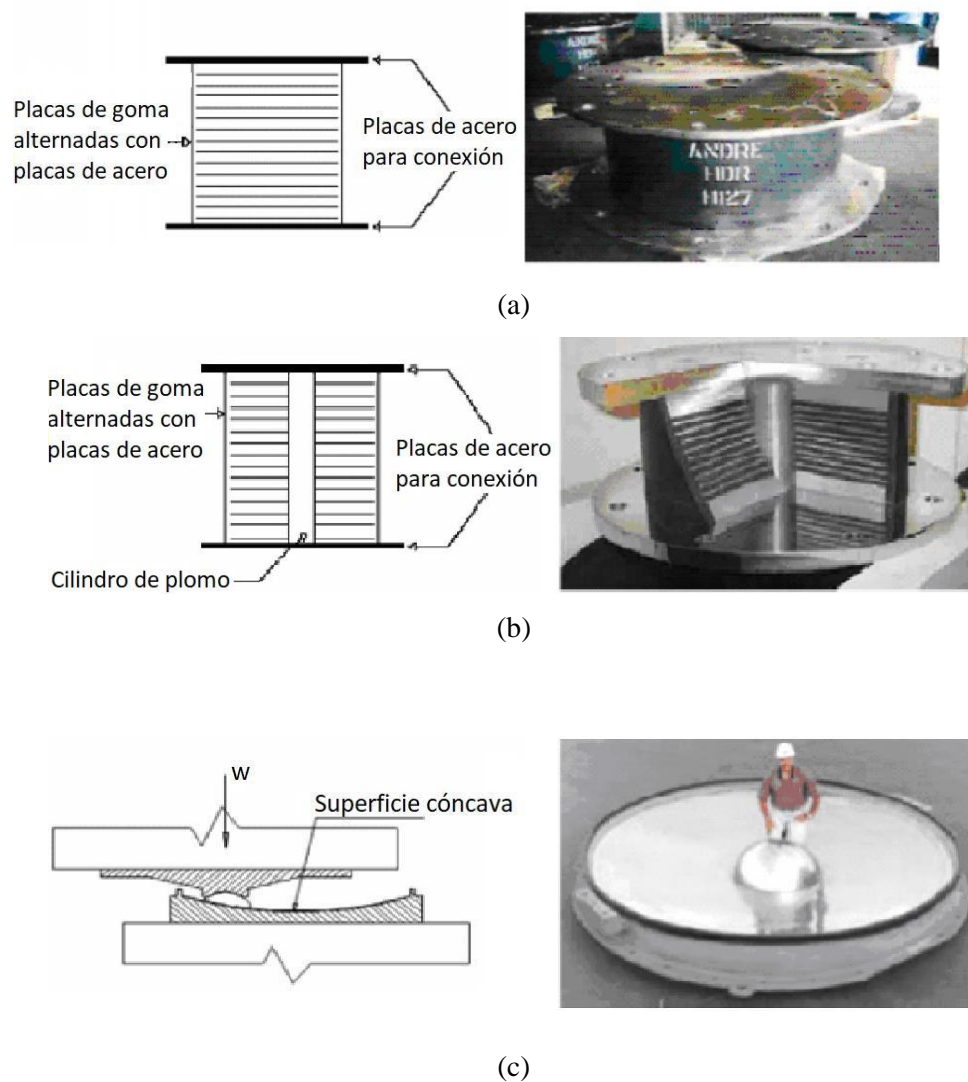


Ilustración 5: Sistemas de Aislamiento en la Base

(a) Aislador Basal de Alto Amortiguamiento (HDR)

(b)Aislador Basal con Núcleo de Plomo

(c)Aislador Basal de Péndulo Friccionante

Fuente: Arriagada, 2005

3.3.2.1.2. Oscilador Resonante “Tunned Mass Damper- Tmd” o Sistemas Inerciales Acoplados

Los sistemas de inercia que se acoplan entre sí aportan nuevas masas al marco. Estos disipadores, que suelen instalarse en los pisos superiores de las estructuras, amortiguan las vibraciones provocadas por los terremotos. En esta configuración se utilizan dos categorías básicas de disipadores de calor: amortiguadores de masa sintonizados ("Amortiguador de masa sintonizado") y amortiguadores de líquido sintonizados. En general, un amortiguador de masa sintonizado tendrá tres Compuestos principales: un mecanismo de amortiguación, un mecanismo de resorte y un oscilador con un grado de libertad.

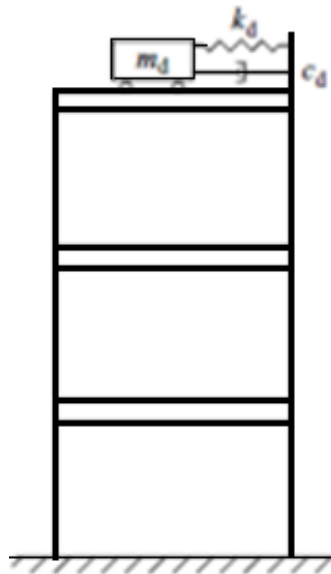


Ilustración 6: Esquema de Amortiguamiento de Masa Sincronizada

Fuente: Boza & Galan, 2013



Ilustración 7: Amortiguadores de Masa Sincronizada en el Edificio Geocentro Agustinas (Chile)

Fuente: Huerta L., 2017

3.3.2.1.3. Sistemas con Disipadores de Energía

Estos dispositivos desperdician mucha energía, lo que reduce la carga de trabajo en el resto de las partes del edificio. Estos instrumentos miden la fuerza telúrica aprovechando la plasticidad de los metales dúctiles, es decir, el rozamiento entre superficies en contacto cuando se les somete a una fuerza, tensiones de cizallamiento de polímeros que se mueven mediante de agujeros, etc., que desvían parte del impacto del edificio y dan como resultado una menor deformación estructural.

Las ventajas son:

- ✓ De esta manera, reducen el daño de la estructura y la dirigen hacia los dispositivos adicionales.
- ✓ Las piezas están bien etiquetadas y son fáciles de cambiar.
- ✓ daños a las partes estructurales y no estructurales al disminuir las fuerzas de corte, las aceleraciones y las derivas en cada nivel.
- ✓ Son capaces de ajustarse a las estrictas estipulaciones de los diseños arquitectónicos más exigentes.
- ✓ Más espacio significa más comodidad para los ocupantes.

- ✓ Además de su uso contra terremotos, los disipadores de energía han encontrado utilidad civil y militar en la mitigación de las vibraciones inducidas por el viento.

El capítulo 18 de ASCE 7-10 especifica que estas herramientas se dividen en tres tipos según su comportamiento: dependientes de la velocidad y dependientes del desplazamiento.

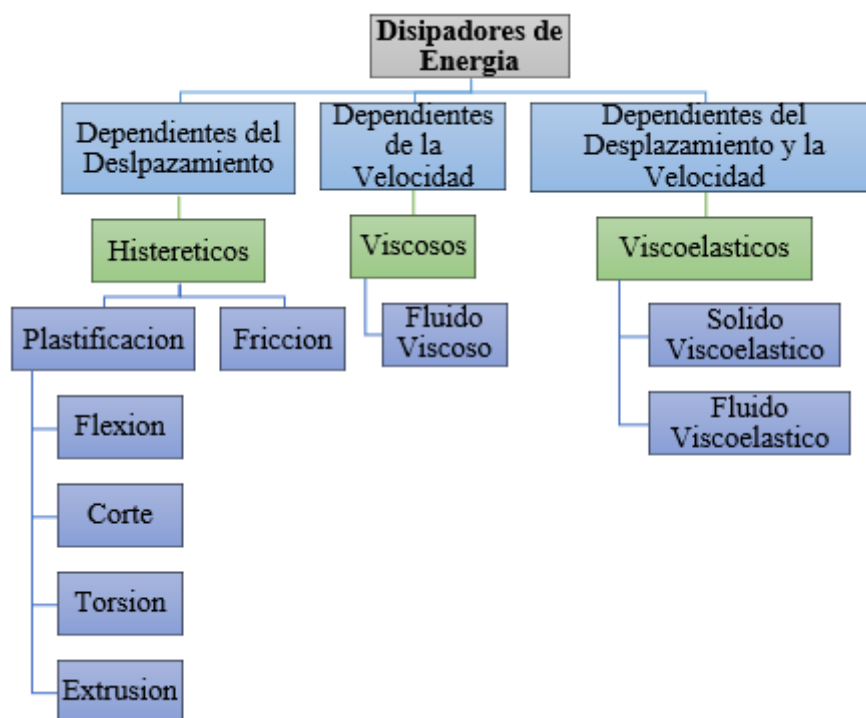


Ilustración 8: Clasificación de Disipadores de Energía

Fuente: Arancibia, F. 2007

A. Disipadores Histereticos

La deformación inelástica de los metales es una técnica eficiente para que disipe de la energía sísmica que se transfiere a la estructura. Estos disipadores de calor dependen de la plasticidad del acero como resultado de la tensión aplicada a la estructura (extrusión, torsión, corte y flexión), logrando así un nivel muy elevado de amortiguación. Las abrazaderas de metal, las placas flexibles, los amortiguadores de torsión de barra y los anillos amortiguadores de deslizamiento son solo algunas de las formas más populares de disipadores de calor.

Conforme con la Figura 10, vemos un disipador de flexión de placas tipo ADAS, que consta de una serie de placas con forma de "I" configurado para torcerse

fuera del plano y enfocar la energía mediante de la deformación plástica en la zona estrecha.

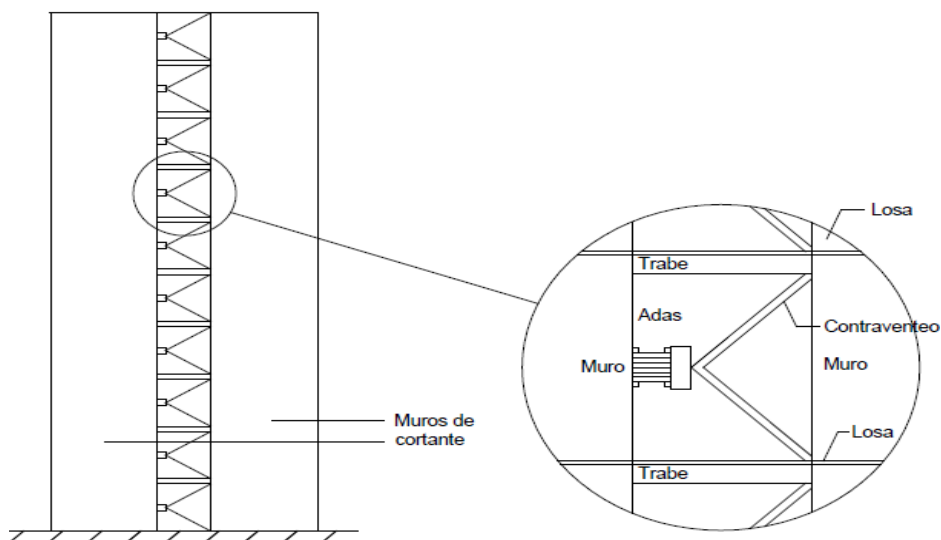
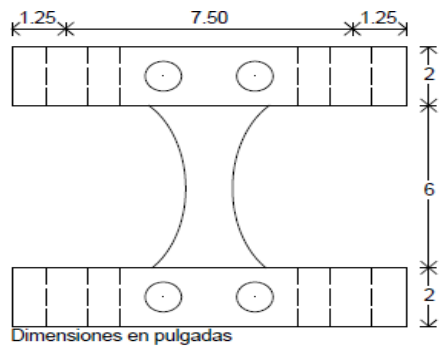


Ilustración 9: Colocación de Dispositivos Tipo ADAS en Muros Cortantes

Fuente: Bonilla, 2012

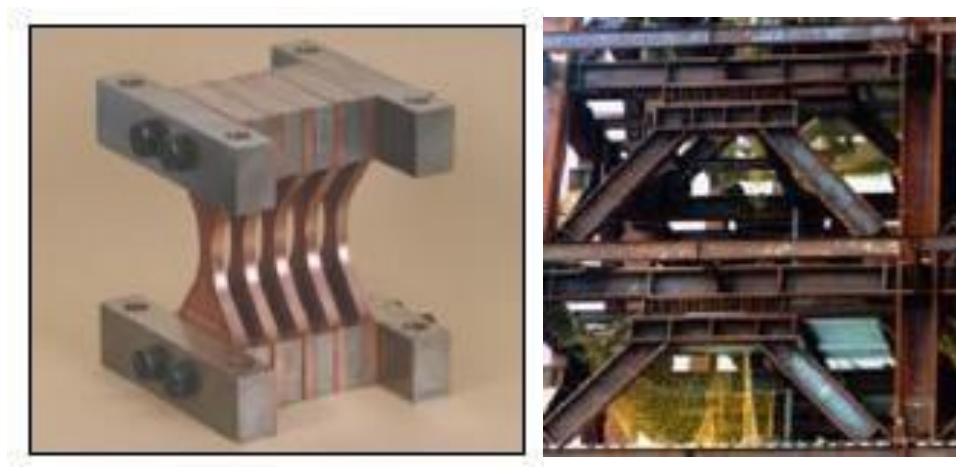


Ilustración 10: Dispositivo Histórico Metálico con forma de ADAS

Fuente: Aiken, 1993

B. Disipadores con fluido Viscoso

Al mover un elemento mediante un fluido viscoso, estos disipadores de calor generan fuerzas restrictivas contra el movimiento del elemento, con una fuerza proporcional a su velocidad. Como resultado, el movimiento del fluido viscoso dentro del cilindro, que normalmente se llena con una mezcla de aceite de silicona, disipa la energía que se le aplica. Los sectores de la construcción, militar y aeroespacial han tenido éxito con el uso de disipadores de energía de este tipo.



Ilustración 11: Disipador de Energía con fluido Viscoso

Fuente. Taylor Devices Inc.

Para que dure al menos 40 años, el disipador con fluido viscoso debe construirse con materiales que resistan a la corrosión, las astillas, la tensión de ruptura y los impactos. Durante la última década, se han utilizado disipadores de calor fabricados con fluidos viscosos para reducir las vibraciones del viento en varios edificios de todo el mundo, incluido el Rich Stadium en Buffalo, Nueva York, donde se instalaron 12, en el puente que conecta las Torres Gemelas Petronas de Malasia, donde se pusieron otros 12.

C. Disipadores Viscoelásticos

Estos disipadores están basados en un aumento del amortiguamiento estructural y, más específicamente, en velocidad relativa de dos sitios de la estructura. Además, están contruidos con placas de metal que se unen entre sí mediante una sustancia viscoelástica. Uno de los primeros usos de estos fue en la prevención de daños a las estructuras por las vibraciones del viento. Durante 30 años, los ingenieros han confiado en los disipadores de calor viscoelásticos para disminuir el impacto del viento en estructuras altas. Los ciclos de histéresis elíptica son una característica

definitoria de los disipadores de calor viscoelásticos sólidos compuestos por láminas de metal conectadas con capas delgadas de material viscoelástico.

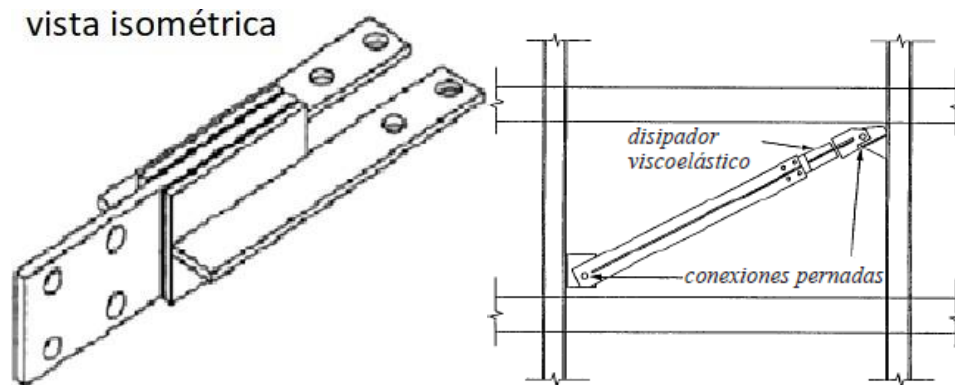


Ilustración 12: Disipador Viscoelástico

Fuente: Kitamura & Teramoto, 1991

Para aplicaciones sísmicas, los amortiguadores metálicos y de fricción son la norma, por otro lado, existe una familia de materiales viscoelásticos sólidos que dispersan la energía en cualquier grado de deformación. En 1969 se instalaron alrededor de 10.000 amortiguadores en el World Trade Center para mitigar las vibraciones producidas por el viento, lo que lo convirtió en una de las primeras estructuras en utilizar la tecnología.

3.4. Disipadores de Energía con fluido Viscoso

Como su nombre lo señala, un sumidero con fluido viscoso está basado en la idea del flujo con fluido mediante de agujeros para funcionar. Las cámaras de acero están llenas de aceite de silicona y un pistón se mueve mediante de ellas (no inflamable, inerte, no tóxico y durante largos períodos de tiempo), el aceite de silicona es forzado a salir de la cabeza del pistón como resultado del diferencial de presión entre las dos cámaras, transformando el impulso del disparo en calor que se disipa en el aire.

3.4.1. Formula General

La relación fuerza/velocidad para este disipador se calcula de la siguiente forma:

$$F = C * V^\alpha$$

(Ec. 2)

Donde:

V: Velocidad relativa mediante el disipador

α : Exponente constante que es un valor entre 0.3 y 0.1

F: Fuerza de salida

C: Coeficiente de amortiguamiento

3.4.1.1. Coeficiente de Amortiguamiento “C”

Su valor se calcula con la siguiente expresión del FEMA 274.

$$C_j = \frac{B_H \times 2MA^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)} \quad (Ec. 3)$$

Donde:

ϕ_i : Desplazamiento modal del nivel i (correspondiente al primer modo de vibración)

B_H : Amortiguamiento viscoso del disipador de energía

ϕ_{rj} : Desplazamiento relativo normalizado en el primer modo

A: Amplitud del desplazamiento del último nivel (D_{max}/B_x)

C_j : Coeficiente de amortiguamiento del disipador j

θ_j : Angulo de inclinación del disipador j

α : Exponente de velocidad

ω : Frecuencia angular

λ : Parámetro lambda obtenido de FEMA 274

Como se puede observar en la Tabla 5. Esta es una función de la tasa de exponenciación para cualquier dispositivo no lineal cuya fuerza viscosa esté determinada por la ecuación anterior.

Tabla 5

Valores del Parámetro Exponente λ

Exponente α	Parámetro λ
0.25	3.70
0.50	3.50
0.75	3.30
1.00	3.10
1.25	3.00
1.50	2.90
1.75	2.80
2.00	2.70

Fuente: FEMA 274

3.4.1.2. Exponente de velocidad

Esta es una función de la tasa de exponenciación para cualquier dispositivo no lineal cuya fuerza viscosa esté determinada por la ecuación anterior. Cuando $\alpha = 1$, el amortiguador es un amortiguador lineal viscoso, donde la fuerza de amortiguación equivalente a la velocidad relativa.

Los disipadores con $\alpha=1$ se denominan disipadores que no son lineales viscosos y son efectivos para reducir las ondas de choque de gran velocidad.

La Figura 13 presenta las relaciones velocidad - fuerza para las tres variedades de disipadores viscosos. Este número demuestra que los disipadores que no son lineales son efectivos para reducir los impactos de gran velocidad. A velocidades relativas bajas, el disipador con un valor pequeño puede proporcionar más fuerza de amortiguación que los otros amortiguadores.

En el caso de los disipadores viscosos que no son lineales, el valor de puede oscilar entre 0,3 y 1,0, pero los valores más utilizados en el diseño sísmico de puentes y edificios se encuentran en el rango de 0,4 a 0,5, se puede utilizar un valor igual a 2, mientras que los valores entre 0,5 y 1 se utilizan para las estructuras sujetas a cargas de viento.

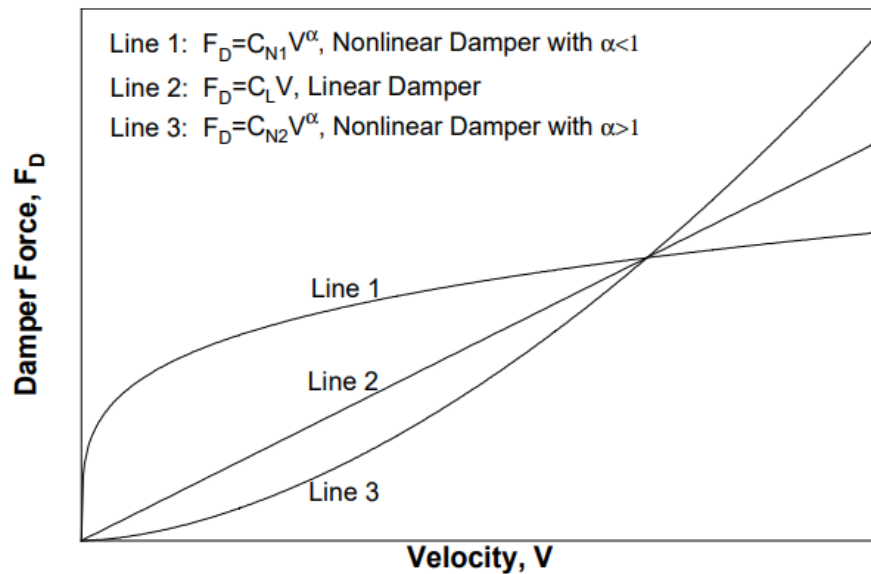


Ilustración 13: Relación Velocidad vs Fuerza de Disipador

Fuente: Hwang Jenn-Shin

3.4.1.3. Rigidez en el Dispositivo “K”

Usando este parámetro, la reacción dinámica de la estructura se puede ajustar cambiando la velocidad del dispositivo. Para lograr este objetivo, la rigidez del sistema debe modelarse con un valor muy elevado.

En este caso, la rigidez del brazo metálico es lo que se necesita para modelar (el cual sirve de conexión para el dispositivo y la estructura). Esto se debe a que tiene una rigidez axial superior a la del disipador de calor. El valor que se muestra a continuación describe la rigidez de esta abrazadera:

$$K = \frac{EA}{L} \tag{Ec. 4}$$

Donde:

L: Longitud del brazo metálico

E: Módulo de elasticidad del acero.

A: Área de la sección del brazo metálico

Además, el perfil de metal que elija debe tener un momento de inercia (I) lo suficientemente alto y un área de superficie suficiente (A) para proporcionar suficiente

la resistencia de compresión del pandeo. Tanto por conveniencia estética como de instalación, los perfiles metálicos HSS y PIPE a menudo se eligen como la opción preferida. Los siguientes requisitos deben cumplirse durante toda la fase de diseño del brazo metálico:

$$\begin{aligned} \emptyset T_n = \emptyset F_y A_g < T_U \\ \text{Para verificar tension} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

T_n : Tensión nominal

A_g : Área bruta de la sección del brazo metálico

\emptyset : Factor de reducción (0.9)

T_u : Tensión última que se obtuvo a partir de las fuerzas del disipador

$$\begin{aligned} \emptyset P_n = \emptyset F_{cr} A_g < P_U \\ \text{Para verificar compresion} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

P_n : Compresión nominal

P_u : Compresión última que se obtuvo a partir de las fuerzas del disipador

3.4.2. Detalles generales de los Dispositivos

3.4.2.1. Compuestos de los Dispositivos Viscosos

El dispositivo normalmente se compone de dos partes: un pistón de acero indestructible y un cilindro cilíndrico. Se utiliza un fluido viscoso hecho de silicio incompresible para llenar el cilindro, lo que hace que el mecanismo de amortiguación sea insensible a la temperatura.

Para operar, el fluido de silicona debe moverse mediante de las cámaras del dispositivo ubicadas en lados opuestos mediante de las pequeñas aberturas provistas. El diseñador del dispositivo especifica sus cualidades, pero el fabricante es el responsable de elaborarlas usando iteraciones en la estructura mecánica y las características del orificio. Si el amortiguador es o no lineal dependerá de estos detalles. yo

Un amortiguador y sus Componentes principales se muestran en el siguiente diagrama.

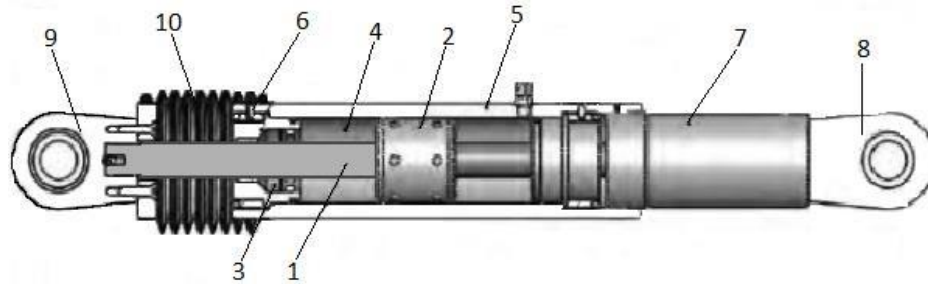


Ilustración 14: Componentes de los Disipadores con fluido Viscoso Taylor

Fuente: Oviedo, 2008

Donde:

1. Coronas de pistón fabricadas en acero macizo o bronce.
2. Cilindro de aleación de acero tratado térmicamente, revestido con placas antioxidantes y/o pintura.
3. Fluido viscoso, silicona incompresible.
4. Recubrir con aleaciones de acero que hayan sufrido un tratamiento térmico; prevenir la corrosión utilizando chapado y/o pintura resistente a la corrosión.
5. Vástago de acero inoxidable.
6. Fuelle, nylon reforzado de inicio de neopreno
7. Extensor de acero al carbono, aleación de aluminio reforzado contra la corrosión.
8. Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas.
9. Las aleaciones de acero con tratamiento térmico en el yugo final evitan la oxidación.
10. Cojinetes de bolas de acero aleado aptos para su uso en aviones.

3.4.2.2. Funcionamiento de los Disipadores

La mayor parte del fregadero en Viscous Fluid consiste en un cilindro y un pistón robustos (ambos fabricados en acero inoxidable). El interior del cilindro está lleno de un fluido a base de silicona (puede soportar altas temperaturas sin derretirse y puede durar mucho tiempo sin degradarse). Vea la Figura 15 para ver que el pistón tiene una pequeña cabeza llena de agujeros en uno de sus bordes. Así, el interior del cilindro ahora está separado en dos espacios distintos.

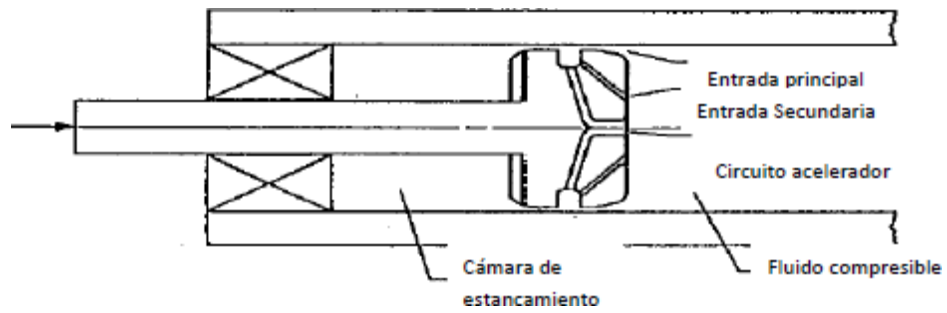


Ilustración 15: Detalle de la Cabeza del Pistón

Fuente: Oviedo, 2008

Antes de una excitación sísmica, el fluido se transfiere de una cámara a otra a medida que el pistón se mueve dentro del cilindro (consulte la Figura 16). Este movimiento crea una presión distinta, la fuente de la fuerza de amortiguación.

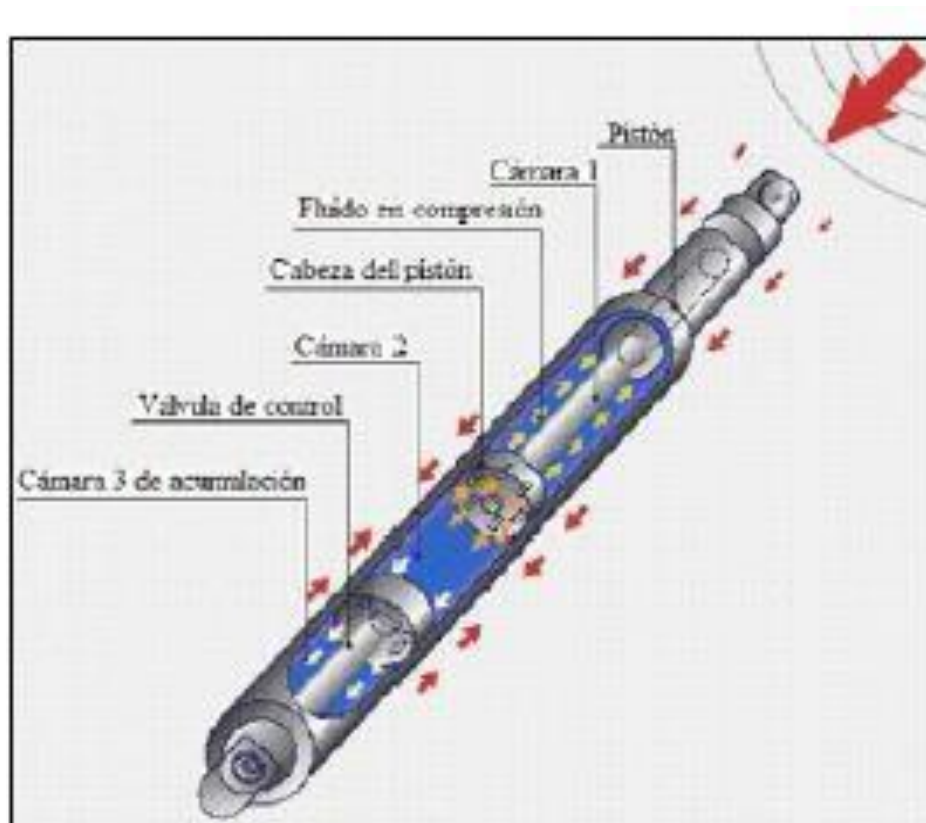


Ilustración 16: Forma de funcionar de dispositivos con fluido Viscoso

Fuente: Oviedo, 2008

La contracción y expansión del fluido son causadas por el desplazamiento interno del pistón, que a su vez convierte la energía cinética en calor, Para tener en cuenta las fluctuaciones con fluido (volumen) tiene una tercera cámara (cámara para la acumulación).

3.4.3. Diseño de los Dispositivos

3.4.3.1. Recomendaciones para el Diseño de Conexiones

Conforme con ASCE 7-10, todas las conexiones tienen que probarse frente a las tensiones, desplazamientos y velocidades máximas anticipadas del terremoto y evaluarse utilizando los criterios de diseño de resistencia. Aunque el disipador de calor viscoso y algunos otros Compuestos son producidos por el mismo fabricante y pueden comprarse juntos, el resto de las conexiones deben construirse a la medida.

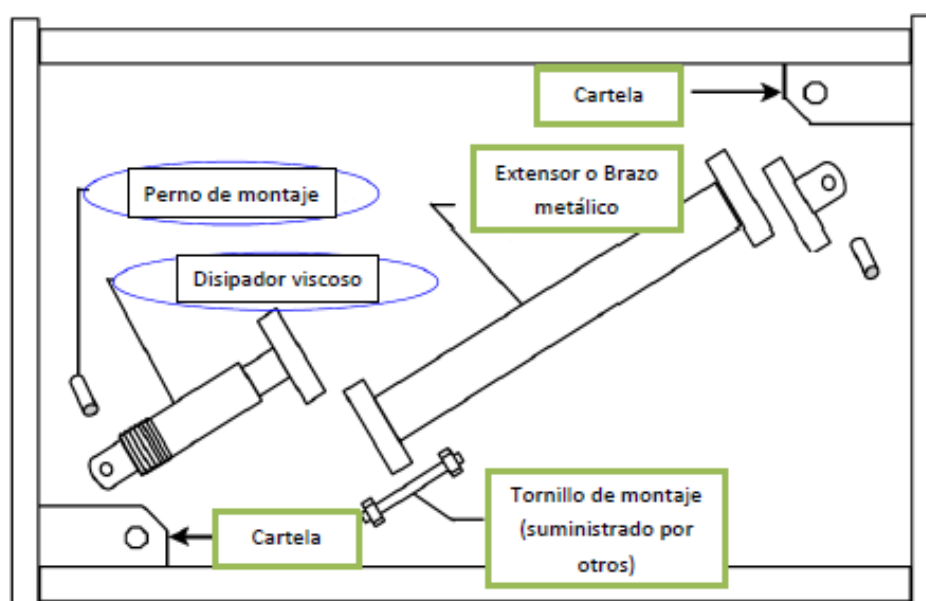


Ilustración 17: Conexiones de la disposición diagonal (en color verde los elementos que serán diseñados)

Fuente: Taylor Devices Inc.

3.4.3.2. Recomendaciones para la Modelación

La interacción suelo-estructura permite representar la cimentación como totalmente incrustada o teniendo en cuenta las cualidades del suelo. El material utilizado, el comportamiento y diseño de los compuestos y estructura no adecuados deben informar el nivel de amortiguamiento inherente. A menos que se demuestre lo contrario, es seguro suponer que el amortiguamiento de todas las vibraciones no es más del 5% del amortiguamiento crítico.

3.4.4. Criterios de Adición de los Dispositivos

La eficiencia del sistema de amortiguación se ve muy afectada por factores como la ubicación, el diseño y la cantidad de amortiguadores en el edificio. Al hacerlo,

es crucial pensar en la estructura, a menos que se demuestre lo contrario, es seguro suponer que el amortiguamiento de todas las vibraciones no es más del 5% del amortiguamiento crítico. Por lo tanto, es crucial que todas las partes interesadas en el proyecto estén de acuerdo con el sitio desde el principio.

La norma ASCE 7-10 en su capítulo 18 da algunas recomendaciones:

- ✓ Se requieren dos dispositivos para el refuerzo de una dirección dada.
- ✓ Todos los niveles necesitan colocación de dispositivos.
- ✓ Es importante buscar la simetría para no provocar torsiones.
- ✓ No puede haber fallas en la construcción del edificio.

3.4.5. Disposición de los Dispositivos

Los diseños comunes incluyen los diseños Chevron y Diagonal, los cuales necesitan brazos de metal para unir el dispositivo al edificio.

3.4.5.1. Disposición Chevron

En esta configuración, los dispositivos se colocan planos (paralelos al plano del techo) de modo que se utilice toda su capacidad para amortiguar los movimientos laterales causados por los terremotos. por excitación sísmica, haciéndolo completamente eficiente.

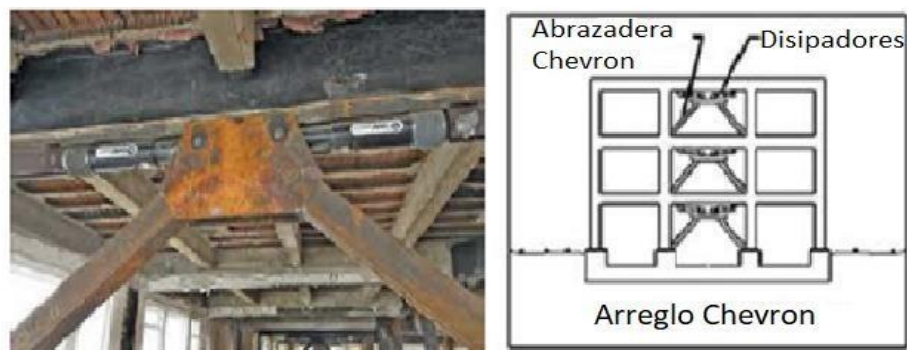


Ilustración 18: Disposición Chevron

Fuente: Chacon & José, 2014

Tiene varios inconvenientes, uno de los más significativos es que provoca sobretensiones en el tramo intermedio de la viga próximo al disipador. Se utilizan refuerzos adicionales como placas, anclajes, etc. para gestionar estas tensiones. Como se ve en el siguiente diagrama:



Ilustración 19: Refuerzo Adicional que se usa en la Disposición Chevron

Fuente: Chacon & José, 2014

3.4.5.2. Disposición Diagonal

Un nudo rígido sirve de anclaje para los dispositivos en esta configuración, que los coloca en diagonal al marco (conexión viga-columna). Como solo el componente horizontal está involucrado en la absorción de las tensiones horizontales, la amortiguación tiene dependencia del grado de inclinación del brazo metálico que soporta el disipador de calor, lo que hace que esta configuración sea menos efectiva que la Chevron.

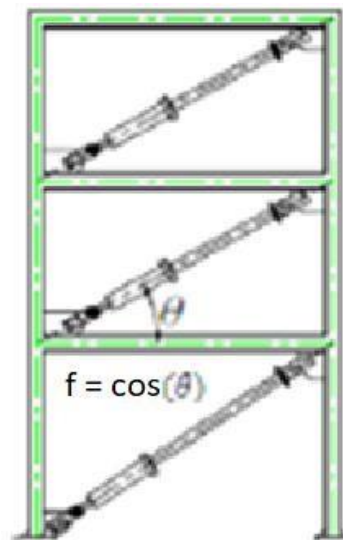


Ilustración 20: Esquema de la Disposición Diagonal

Fuente: Chacon & José, 2014

Esta configuración resulta ser la más rentable ya que no es necesario reforzar ninguna parte del marco más allá de la adición de extensores o brazos metálicos unidos en un nudo duro (unión viga-columna). Dado que no ejerce una tensión indebida sobre la estructura, esta configuración es adecuada para su uso en el refuerzo de

construcciones nuevas y edificios más antiguos que necesitan reparación. El uso de un sumidero viscoso se muestra en esta configuración Conforme con la Figura 21.

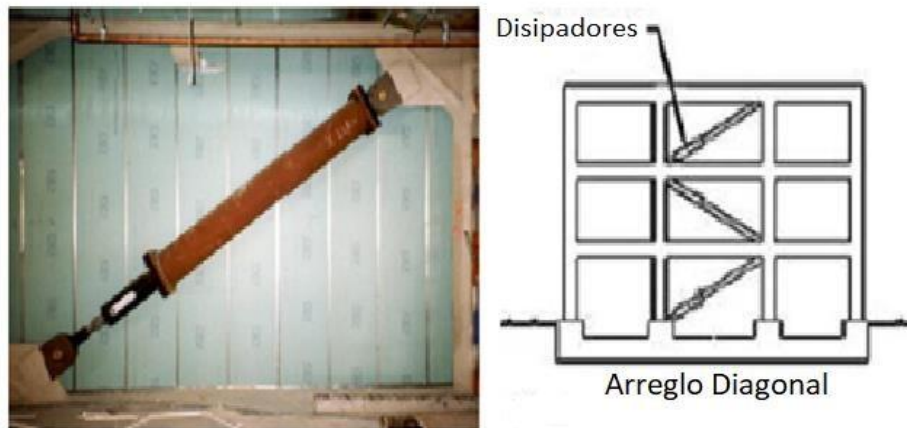


Ilustración 21: Disposición Diagonal de disipadores de energía

Fuente: Chacon & José, 2014

Varias configuraciones para emplear estos disipadores de la energía en el diseño del sistema en la disipación se muestran Conforme con la Figura 22.

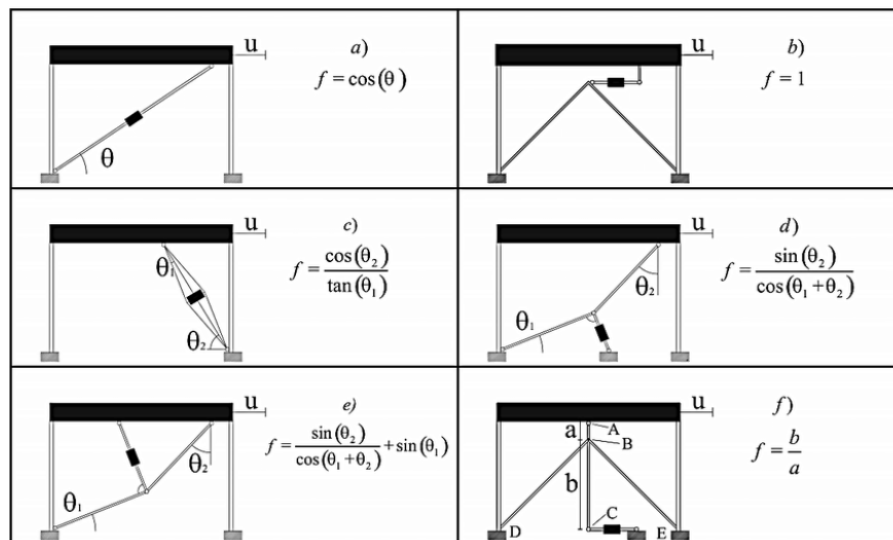


Ilustración 22: Distintas Configuraciones que se Pueden usar con el Disipador Viscoso

Fuente: Palomino, 2018

3.4.6. Fabricantes

Kajima Company de Taylor y Japón Devices Incorporated de los Estados Unidos son los dos productores más destacados en la actualidad. Los disipadores térmicos de ambas marcas utilizan el mismo principio de diseño, el cual usa la

transferencia de calor a un fluido mediante de un flujo forzado (ya sea silicona o aceite). Se usaron disipadores viscosos de Taylor ya que son la marca más común en uso y están ampliamente disponibles en Perú.

3.4.6.1. Kajima Corporation

Este fabricante japonés también produce un amortiguador de aceite de alto rendimiento llamado HiDAM y un amortiguador de gasolina llamado HiDAX-e; la resistencia del fluido junto con el movimiento relativo del pistón crea la considerable fuerza de amortiguamiento (aceite) se mueve a través de las válvulas reguladoras de presión que unen los dos espacios.



Ilustración 23: Disipador Viscoso HiDAM

Fuente: Vargas, 2015



Ilustración 24: Disipador Viscoso HiDAX-e

Fuente: Vargas, 2015

Se utilizan refuerzos de metal para asegurar estos dispositivos al edificio, y siempre se instalan en un patrón Chevron en el que los disipadores de calor corren horizontalmente paralelos al techo.

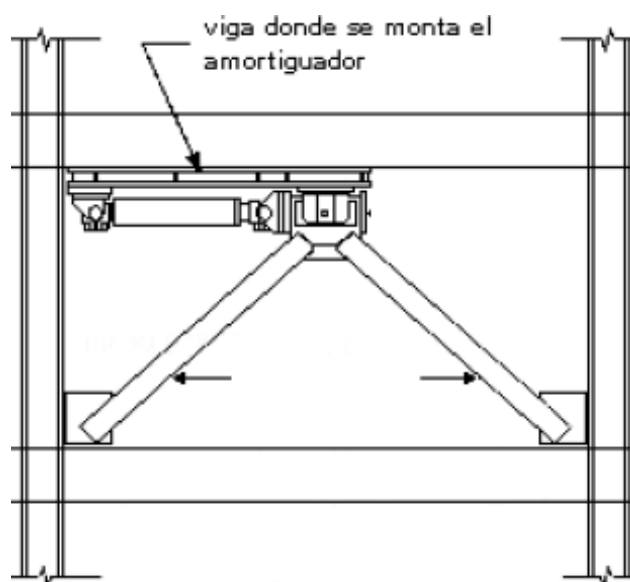


Ilustración 25: Arreglo de los disipadores de la estructura

Fuente: Vargas, 2015

3.4.6.2. Taylor Devices INC.

Durante el último medio siglo, los fabricantes han producido disipadores de calor viscosos fluidos para uso exclusivo de los militares. Cuando finalmente terminó la Guerra Fría en 1990, los gobiernos finalmente dejaron de bloquear la comercialización de tecnologías como estas (al público en general). La implementación en edificios comerciales fue rápida ya que la tecnología era confiable y se había mostrado efectiva a lo largo de los años. Solo unas pocas empresas seleccionadas tuvieron éxito en llevar sus innovaciones al mercado. Establecida en 1987 y ubicada en Nueva York, Taylor Devices Inc. produce equipos de disipación de energía militar. Más de 240 edificios han instalado estos amortiguadores viscosos para mejorar su resistencia a las tensiones ambientales como terremotos y vientos fuertes.

CAPITULO IV:

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1. Perspectiva Metodológica y Tipo de Investigación

4.1.1. Perspectiva Metodológica

Dado que se crean datos numéricos para reflejar el impacto de instalar disipadores de energía con fluido viscoso tipo diagonal en las estructuras a lo largo de la Av. Luzuriaga-Huaraz, este estudio tiene un enfoque cuantitativo, es decir, la información y resultados se cuantifican utilizando magnitudes numéricas tratadas mediante herramientas de cálculo.

4.1.2. Tipo de Investigación

Ya que representa el comportamiento de las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz que tienen o no disipadores de energía fluido viscoso tipo diagonal, pertenece a la categoría Descriptiva, análisis preciso y metódico de la información recopilados para aprender cómo los disipadores con energía con fluido viscoso de tipo diagonal afectan el desempeño sísmico del edificio.

4.2. Diseño de la Investigación

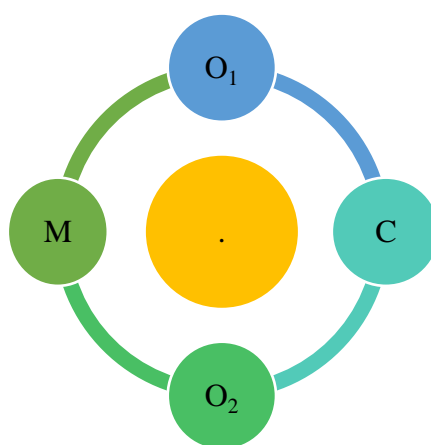


Ilustración 26: Diseño de la investigación

Donde:

M= Muestra (Estructura de vivienda Av. Luzuriaga Mz. A Lt. 04)

O_1 = Observación de la muestra cuando no se usa el disipador de energía

O_2 = Observación de la muestra cuando se usa el disipador de energía

C = Comparación

4.3. Limitaciones de la Investigación

El estudio está limitado al análisis de comparación sísmico de la estructura de una edificación de la Av. Luzuriaga-Huaraz (Mz. A Lt. 04), usando o no disipadores de energía con fluido viscoso de tipo diagonal expuestos a cargas sísmicas significativas a nivel de modelado, siendo restricciones clave la capacidad del software usando ETABS Versión 19.1.0 y por la magnitud del sismo al que será sometida y la necesidad de estimar el impacto de disipadores con energía fluido viscoso tipo diagonal presentes en la muestra (Mz. A Lt. 04). También existe un grave vacío en la investigación debido a la falta de un laboratorio estructural con equipamiento adecuado para evaluar la validez de la información producidos digitalmente.

4.4. Entorno y Unidad de Análisis

4.4.1. Contexto

La investigación está contextualizada en los parámetros de suelo y sitio de la zona céntrica de la ciudad de Huaraz, Distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz y Departamento de Ancash.

4.4.2. Unidad de Análisis

Población

El estudio estará conformado por las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.

Muestra

Se tomará como muestra 01 edificación (muestra intencionada) de la avenida Luzuriaga-Huaraz Mz. A Lt. 04, que encuentra ubicada entre la Av. Antonio Raymondi y Jr. José de la Mar.

CAPITULO V:

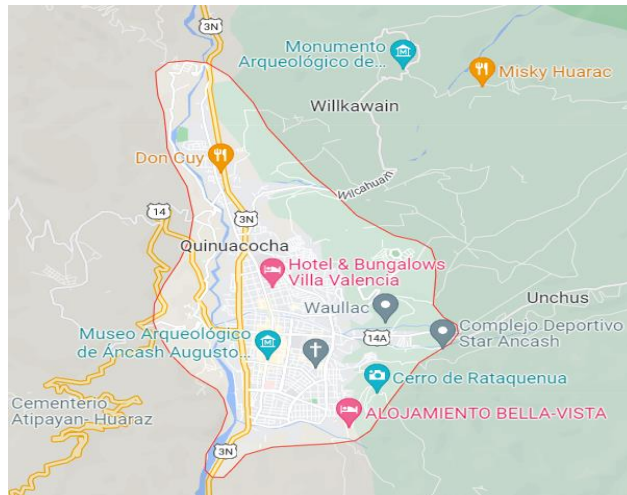
CASO DE ESTUDIO Y ANALISIS ESTRUCTURAL

5.1. Descripción del Proyecto

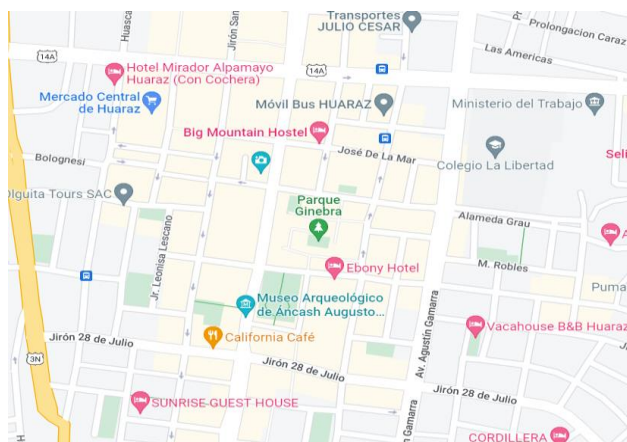
La edificación a evaluar es una edificación de la Av. Luzuriaga-Huaraz (Mz. A Lt. 04)

5.1.1. Ubicación

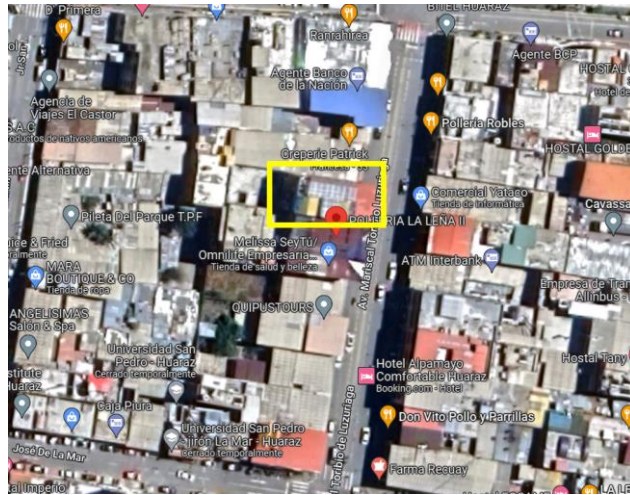
Departamento : Ancash
Provincia : Huaraz
Distrito : Huaraz
Dirección : Av. Luzuriaga Mz. A Lt. 04



(a)



(b)



(c)



(d)

Ilustración 27: Ubicación de Estudio

(a) Vista satélite de la Ciudad de Huaraz

(b) Vista satélite del Av. Luzuriaga

(c) Vista satélite del Mz. A Lt. 04

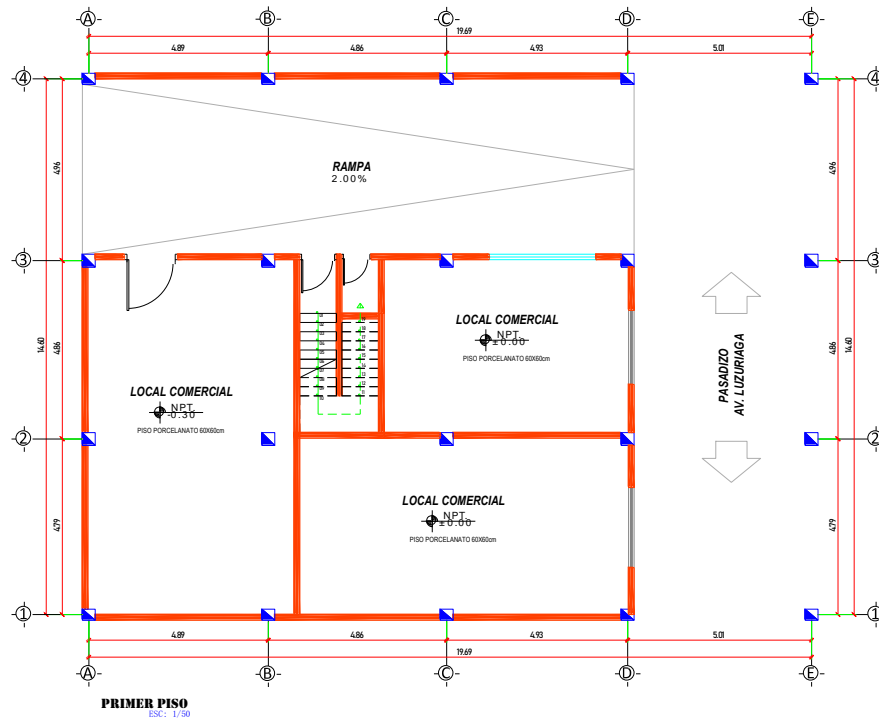
(d) Fachada Exterior e Interior de la Mz. A Lt. 04

Fuente. Google Maps

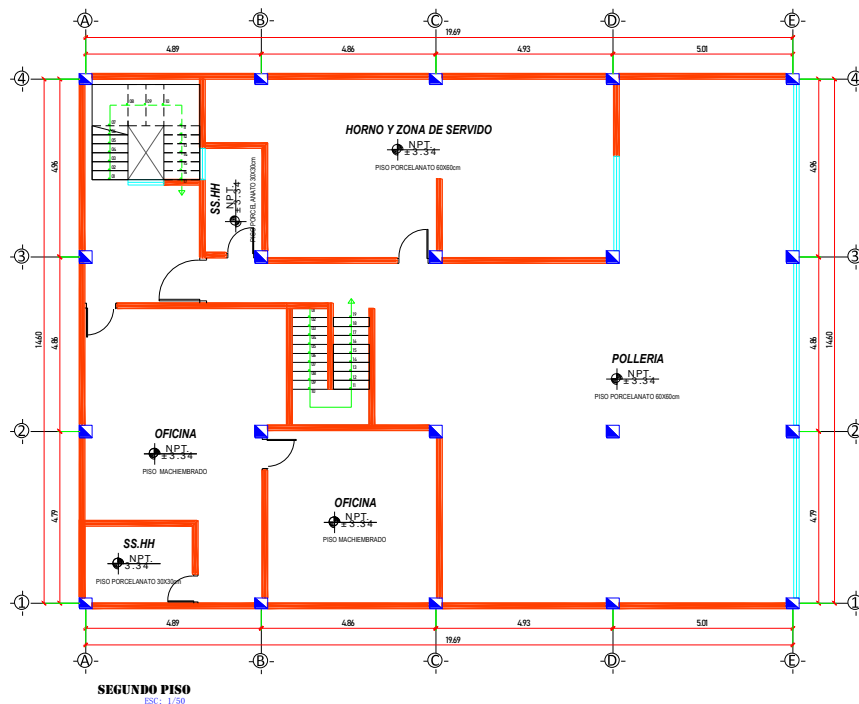
5.1.2. Presentación de la Estructura

Esta estructura es un gemelo a uno en la Av. Luzuriaga Mz. Ubicada en el Tte. 04, esta estructura de cinco pisos está compuesta por vigas, columnas, ladrillos y un techo a base de forjados (aligerados). Las edificaciones de la avenida Luzuriaga netamente su concepción inicial era usar el primer piso como tienda comercial y el resto de los niveles como vivienda multifamiliar, por la informalidad de los propietarios se viene usando el segundo nivel como pollería, en esta tesis se presenta

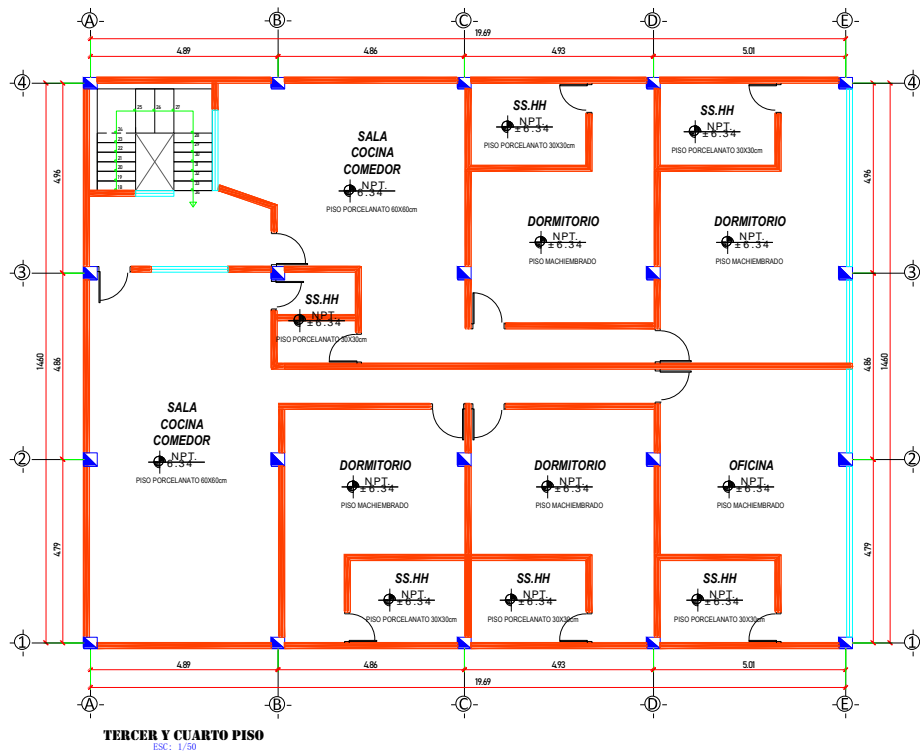
la arquitectura de acuerdo al uso actual, por lo tanto, esta edificación será clasificada como (edificaciones comunes) Imágenes de la estructura en las siguientes orientaciones:



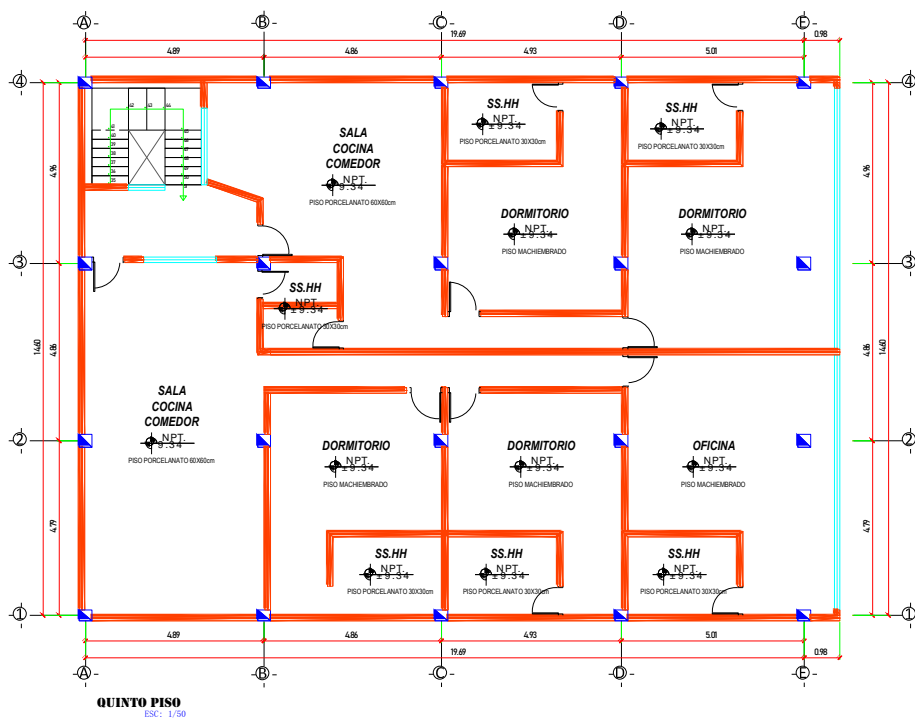
(a)



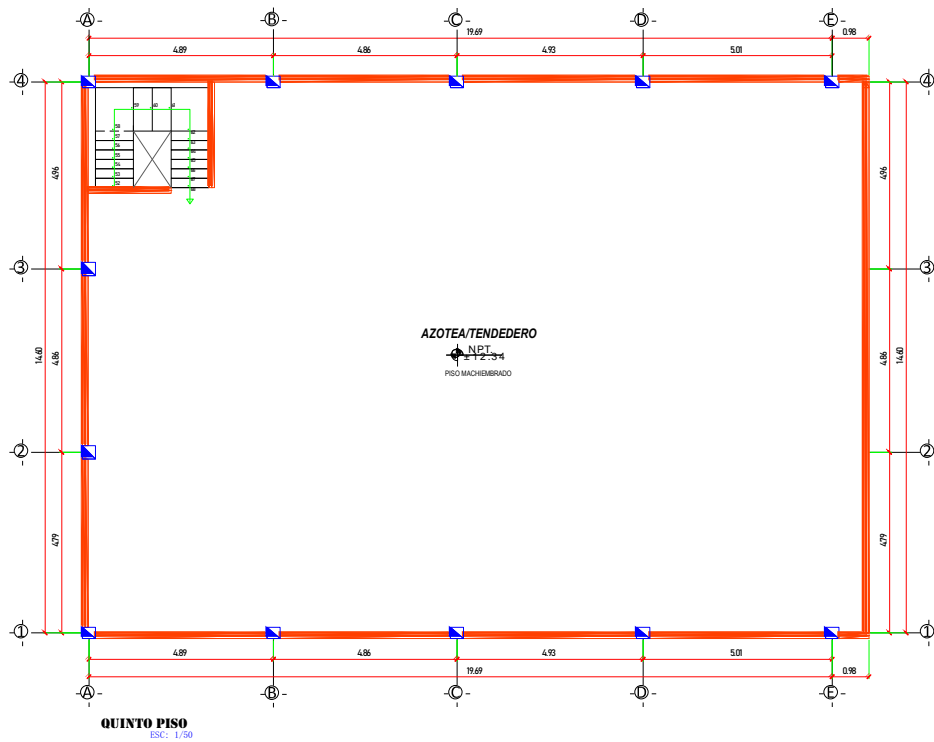
(b)



(c)



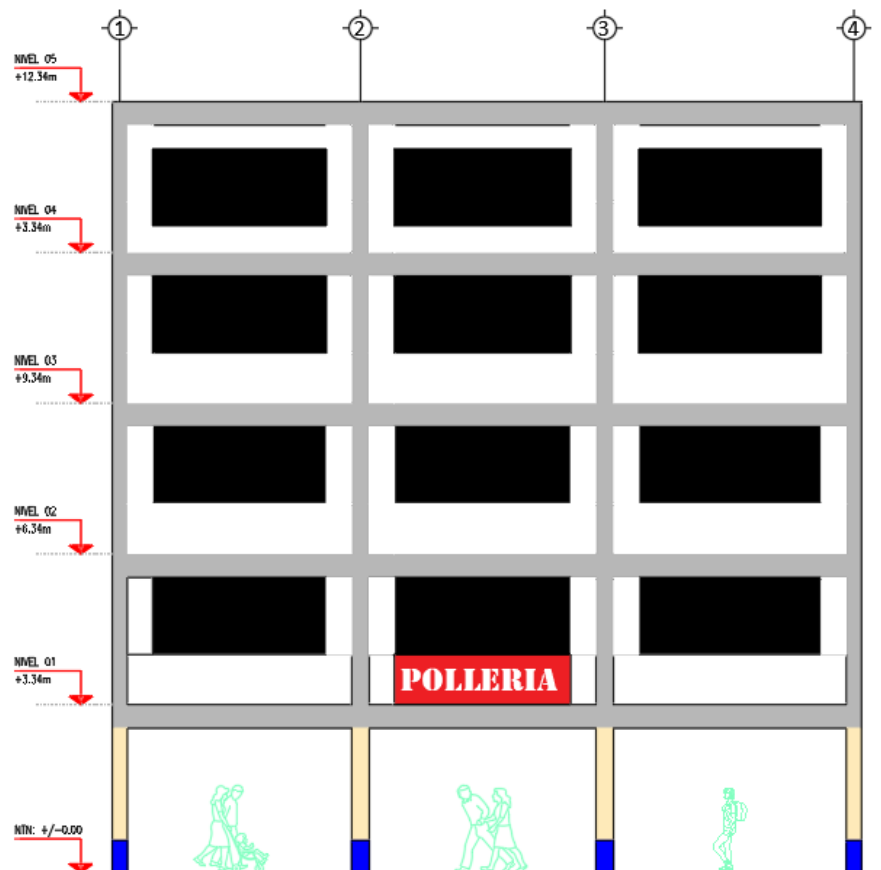
(d)



(e)

Ilustración 28: Planta Arquitectura

- (a) Vista en planta del 1er piso
- (b) Vista en planta del 2do piso
- (c) Vista en planta del tercer y cuarto piso
- (d) Vista en planta del quinto piso
- (e) Vista azotea



ELEVACION
ESC: 1/100

Ilustración 29: Elevación frontal en la edificación

5.1.3. Elementos Estructurales de la Edificación

Una combinación de pseudo-mampostería en el plano X-X y pórticos en el plano Y-Y conforman el sistema híbrido del edificio. Los muros de mampostería se muestran en rojo, las columnas en azul y las vigas en azul en las imágenes 30, 31 y 32, respectivamente, para ilustrar los elementos estructurales:

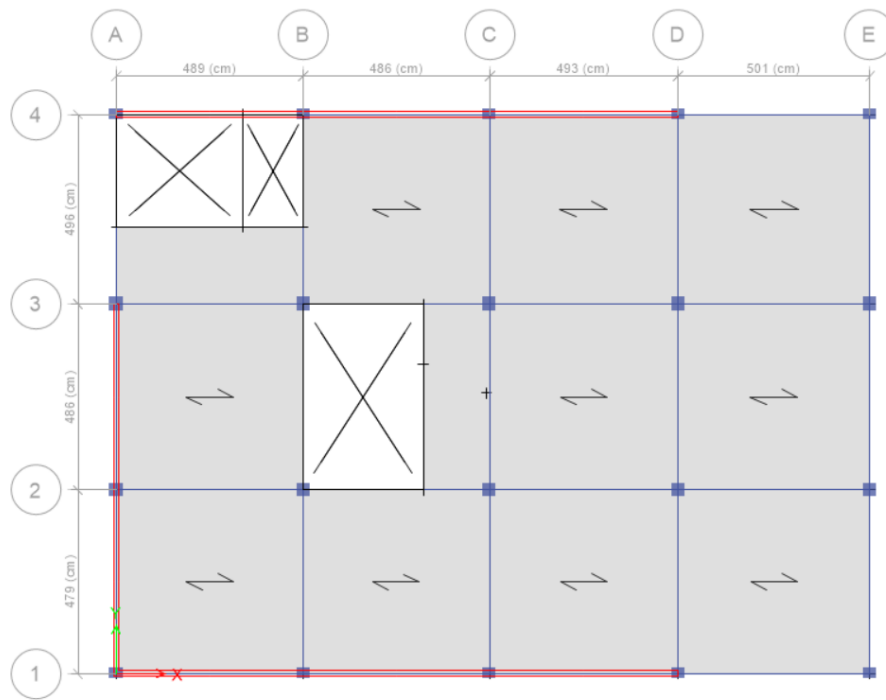


Ilustración 30: Ubicación de elementos estructurales - Nivel 01

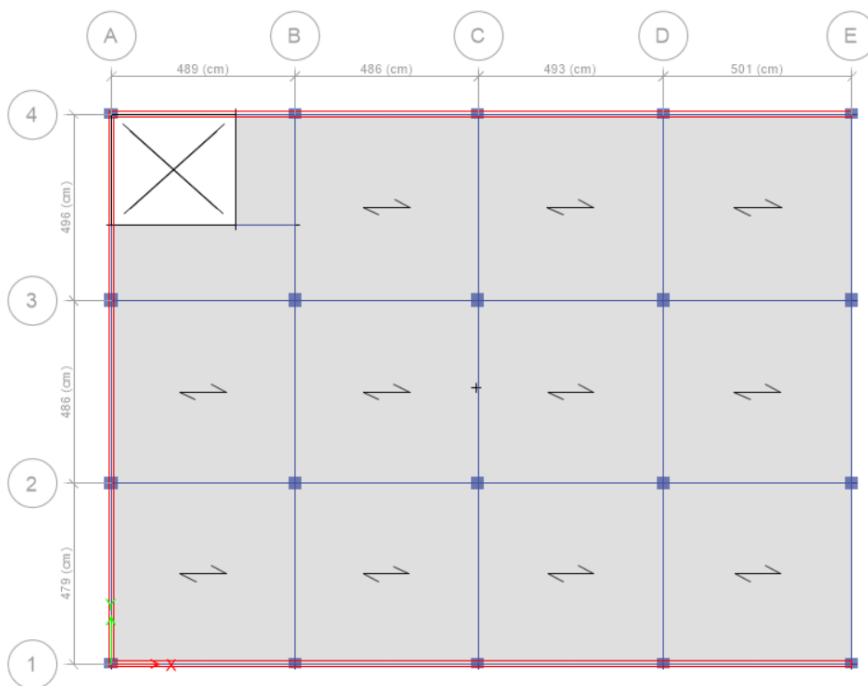


Ilustración 31: Distribución de elementos estructurales - Nivel 02 y 03

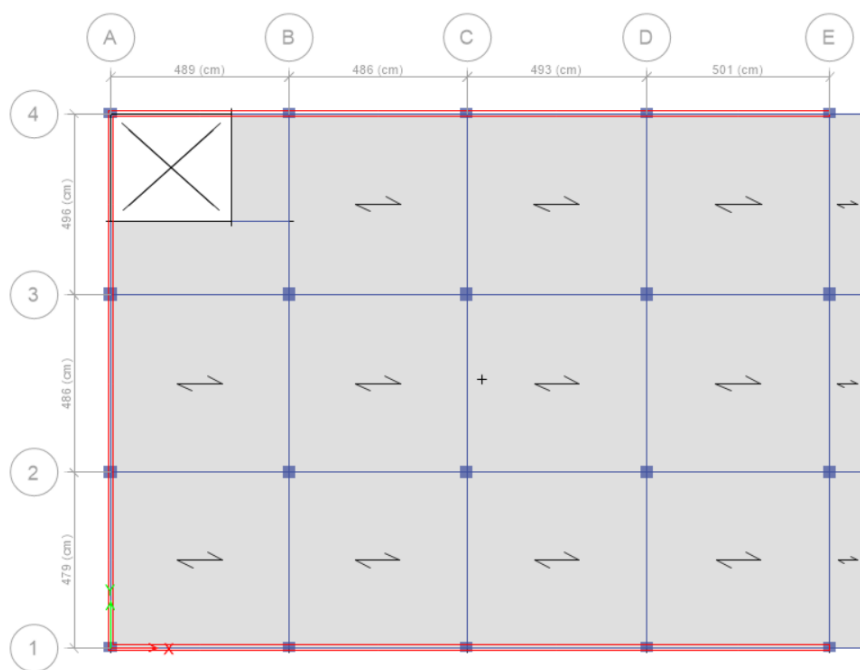


Ilustración 32: Distribución en elementos estructurales - Nivel 04 y 05

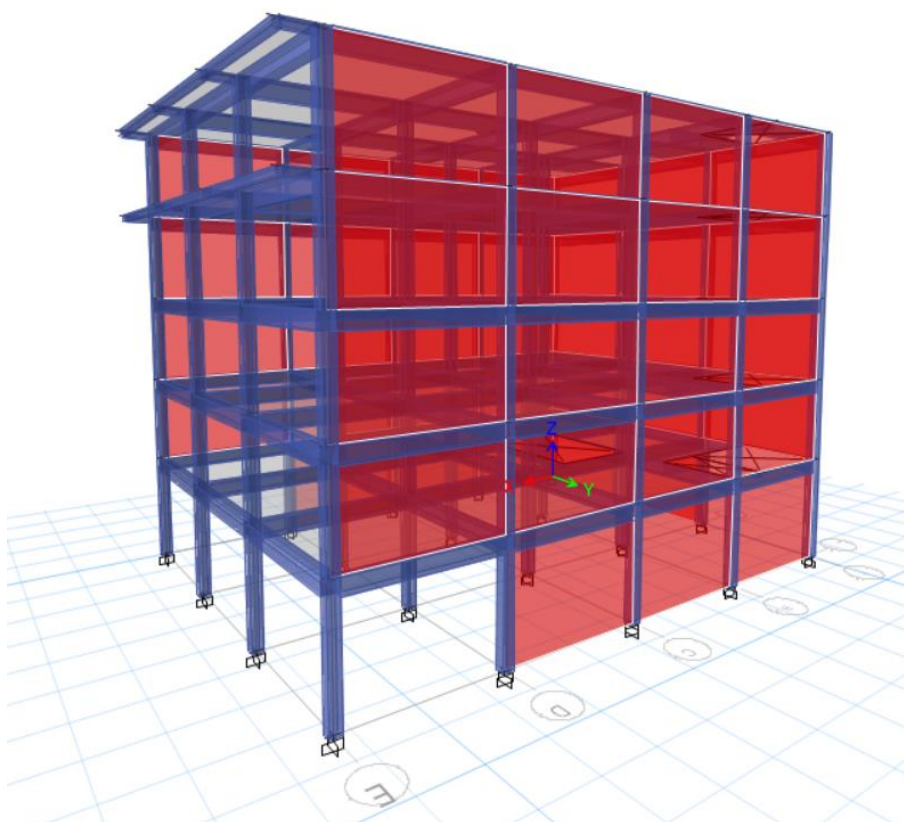


Ilustración 33: Modelamiento en la Edificación del Software Etabs v19.1.0

5.1.4. Parámetros Geotécnicos de la Zona en Estudio.

Estas son algunas de las propiedades del suelo reveladas por el estudio en Mecánica de Suelos correspondiente:

- ✓ Angulo de Fricción Interna: $\varphi=18^\circ$
- ✓ Capacidad admisible al corte: $\sigma\tau=1.15\text{kg/cm}^2$
- ✓ Peso específico del suelo: $\gamma=1.71\text{ ton/m}^3$
- ✓ Profundidad de cimentación: 2.26m
- ✓ Clasificación SUCS: SC (Arena Arcillosa)
- ✓ Cohesión: $C=1.00\text{ Tn/m}^2$

5.1.5. Caracterización de los Materiales

Las especificaciones de los materiales utilizados son las siguientes:

- ✓ Módulo de elasticidad de la albañilería $E_m=17500\text{Kg/cm}^2$
- ✓ Peso específico del concreto: $\gamma_c = 2400\text{ kg/m}^3$
- ✓ Resistencia característica a compresión axial de la albañilería $f'_m=35\text{ Kg/cm}^2$
- ✓ Resistencia promedio a la compresión de concreto: $f'_c = 182\text{ kg/cm}^2$ (Dato promedio asumido de ensayos anteriores en la zona)
- ✓ Módulo de elasticidad del acero: $E_s = 2000000\text{ kg/cm}^2$
- ✓ Módulo de elasticidad del concreto: $E_c = 202361.06\text{ kg/cm}^2$
- ✓ Coeficiente de Poisson: $\mu = 0.20$
- ✓ Esfuerzo de fluencia del acero: $f_y = 4200\text{ kg/cm}^2$
- ✓ Módulo de poisson de la albañilería $\mu_a =0.25$

5.1.6. Cargas a Tener en Cuenta

5.1.6.1. Carga Viva

Para estos cálculos se utilizó la Tabla 1 del reglamento E.020 (Cargas Dispersas Mínimas):

- ✓ Cargas en viviendas = 200 kg/m²
- ✓ Carga de la Azotea = 100 Kg/m²

5.1.6.2. Carga Muerta

La carga muerta se compone principalmente del propio peso de la losa aligerada para $h=20\text{ cm}$ (300 kgf/m²).

Además, se ha considerado pesos adicionales por acabados y tabiquería misma que se consideró una carga de 100kgf/m² para cada una de manera independiente.

5.1.6.3. Modelamiento

Teniendo en cuenta las diversas secciones transversales de las partes estructurales, como losas, placas, vigas, columnas, etc., se creó el modelo matemático en un esfuerzo por reproducir fielmente el modelo arquitectónico.

5.1.6.4. Peso sísmico

Como se trata de un edificio de tipo C, el Peso (P) se determina sumando la carga muerta, el peso propio, el 25% de la carga viva y el 25% de la carga viva en la cubierta. Esto es en cumplimiento de los requisitos del art. 26 del reglamento E.030.

5.2. Análisis Estático (Fuerzas Equivalentes)

Se realizó un análisis estático por las siguientes razones antes de que se pudiera realizar un análisis de historial de tiempo dinámico en este proyecto para su evaluación:

- ✓ Verifique si el edificio tiene alguna altura obvia o irregularidades del plano.
- ✓ Verificar que el sistema estructural sea de mampostería observando el cortante que tienen los muros y columnas de la planta baja.
- ✓ Asegúrese de que las derivas del entrepiso estén Conforme con las reglas.

5.2.1. Parámetros Sísmicos

5.2.1.1. Zonificación Sísmica (Z)

El edificio en Huaraz, donde se encuentra (como se muestra Conforme con la Figura 34), está zonificado como Zona 3; como resultado, su factor en la zonificación es $Z = 0.35$.



Ilustración 34: Zonas Sísmicas

Fuente: Norma técnica peruana E.030, Pag.7

5.2.1.2. Condiciones Geotécnicas (S, T_p, T_L)

El edificio se sitúa en lo que se considera una planta intermedia (tipo S2 en la norma E.030) y se sitúa, por tanto, en una zona residencial, su amplitud sobre el suelo, S, es 1,15; cuya zona de desplazamiento constante, C, comienza en un período T_L=2.0s; cuyo período de plataforma C es 0.6s; y cuyo periodo T_p es de 0.6s.

5.2.1.3. Periodo Fundamental de Vibración (T)

Esto se calcula utilizando la fórmula que se muestra a continuación, que está en línea con la Norma E.030.

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

$Ct = 60$, Para edificios construidos de mampostería, así como cualquier estructura de hormigón armado dual, incluyendo muros estructurales y muros con ductilidad restringida.

$h_n = 15.34$ m (altura total del edificio)

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{15.34}{60} = 0.256 \text{ seg.}$$

5.2.1.4. Factor de Amplificación Sísmica (C)

El factor de amplificación del sismo se entiende de la siguiente manera en el art. 14 del reglamento E.030:

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad (\text{Ec. 8})$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T_L} \right) \quad (\text{Ec. 9})$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right) \quad (\text{Ec. 10})$$

$$T < T_p \quad C = 2.50$$

5.2.1.5. Categoría de la Edificación y Factor de Uso (U)

Por tratarse de una vivienda multifamiliar, se encuentra dentro de la categoría de edificaciones comunes como muestra la Figura 35 con un Factor de Uso U de 1.00, tal como se describe en la Tabla 5 del reglamento E.030.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORIA	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 falta 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

Ilustración 35: Categoría de las Edificaciones y Factor "U"

Fuente: NTP E.030, RNE.

5.2.1.6. Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (Ro)

Utilizando los coeficientes para reducir el $R_{ox} = 3$ y $R_{oy} = 3$, podemos deducir que la muestra está construida con hormigón armado de sistemas mixtos (mezcla de pórticos y muros de mampostería) en ambas direcciones, como se observa en la Tabla 7 del reglamento E.030. Las columnas, los muros de mampostería y las vigas tendrán todas sus fuerzas internas reducidas por un factor de R, donde $R=1$ se utiliza para el análisis de la historia del tiempo en ambas direcciones.

Los parámetros son:

Tabla 6

Parámetros Sísmicos

Parámetros	Valor
Z	0.35
S2	1.15
T_p (s)	0.60
T_L (s)	2.00
C	2.50
U	1.00
R_{ox}	1
R_{oy}	1

5.2.2. Fuerza Cortante en la Base

La siguiente ecuación se utilizará para obtener la fuerza cortante total que actúa sobre la cimentación en la dirección considerada.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P \quad (Ec. 11)$$

En el cálculo de C/R , se debe tener en cuenta al menos lo siguiente:

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{3} = 0.833 \geq 0.11 \quad (Ec. 12)$$

Usando los parámetros de la Tabla 6 y la masa de $P=1,392.63$ tonnef (determinada usando el software Etabs v19.1.0), obtenemos:

$$V_x = 830.01 \text{Tonnef}$$

$$V_y = 830.01 \text{ Tonnef}$$

5.2.2.1. Verificación del sistema estructural

Verificación en el eje X-X

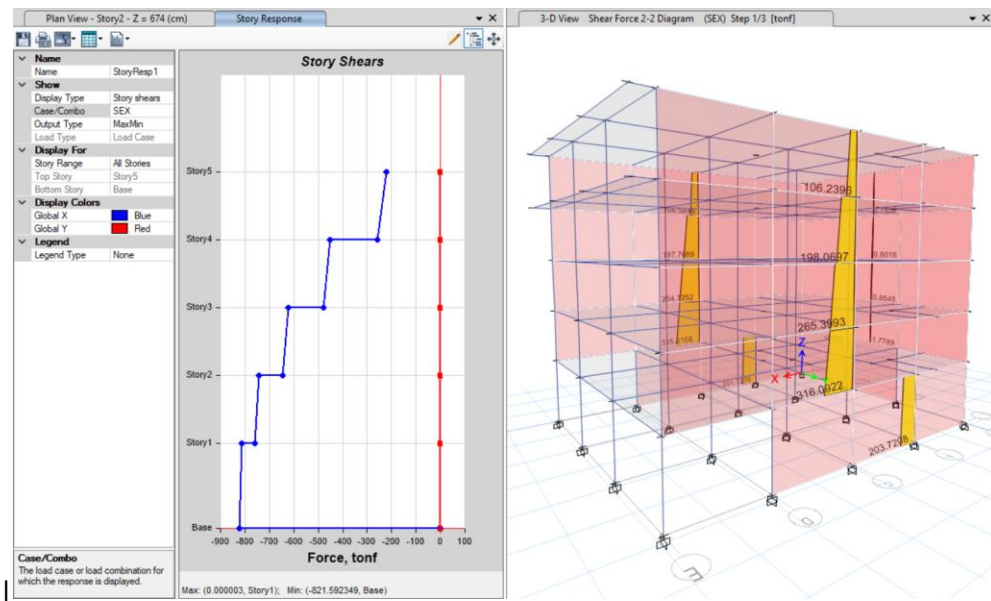


Ilustración 36 : Fuerza cortante soportada por los muros de albañilería en la dirección X-X

Fuente: Software Etabs v19.1.0

$$V_{\text{muros}} = 316.0922 + 315.2168$$

$$V_{\text{muros}} = 631.309 \text{ Tonnef}$$

$$\% = 76.06\%$$

De lo anterior se supone que los muros de mampostería soportan la mayor parte (76.06%) del esfuerzo cortante basal estático en la dirección X (631.309 Tonnef).

Según la norma E030, indica que, si en la dirección de análisis se tiene más de un sistema estructural, se toma el que menor R_o corresponde, ya que en nuestro modelo predomina la albañilería, usaremos $R_o = 3$, además, para el diseño y verificación de elementos de albañilería se utiliza para un sismo moderado ($R_o = 6$) y para sismo severo ($R = 3$) dependiendo de la verificación que se va a realizar. En la presente tesis el valor de R_o será tomada de manera referencial ya que el fin es el diseño del dissipador sísmico y esta será diseñada con un $R = 1.00$.

Verificación en el eje Y-Y

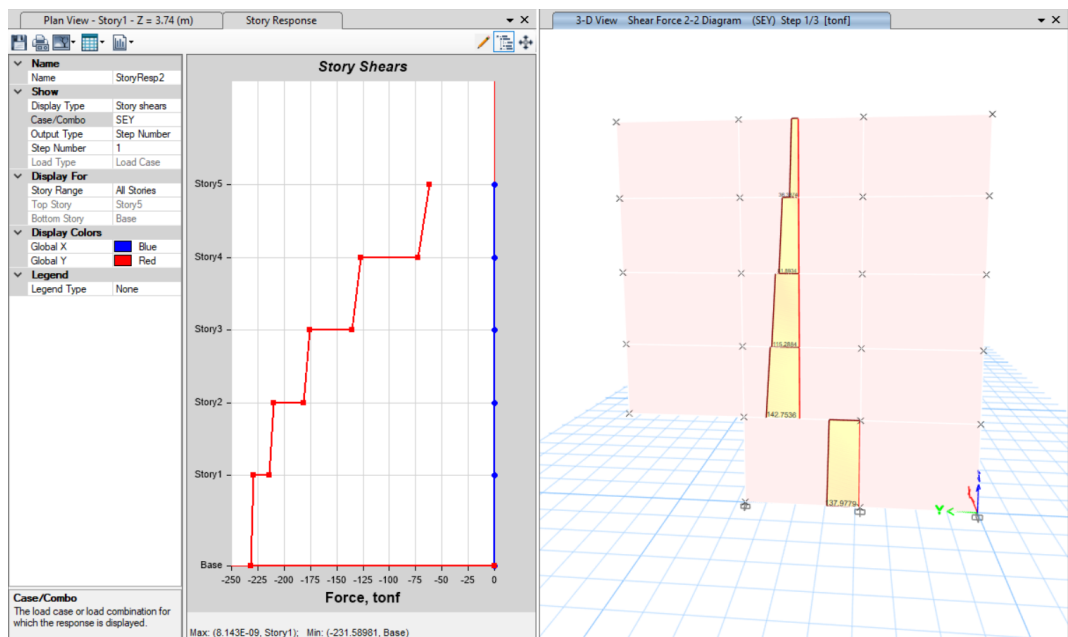


Ilustración 37: Fuerza cortante soportada en los muros de albañilería en la dirección Y-Y

Fuente: Software Etabs v19.1.0

$$V_{\text{muros}} = 457.8094 \text{ Tonnef}$$

$$\% = 55.16\%$$

La fuerza de corte basal estática de la dirección X se calcula en 457.8094 Tonnef, y se supone que el 55.16 % está soportado por los muros estructurales.

En la norma E.030 del Artículo 16. Como el diseño se implementa usando $R_y=3$, se considera un sistema mixto más que una combinación particular de sistemas entre pórticos y muros de mampostería limitados a una dirección de estudio. Conforme con las especificaciones de la norma E.070 para los Compuestos de mampostería.

5.2.2.2. Verificación de la irregularidad estructural

El Coeficiente para la Reducción de la Fuerza Sísmica (R), que se obtiene mediante el siguiente cálculo, puede obtenerse mediante una verificación de la regularidad de la estructura.

$$R = ROx Iax Ip \quad (Ec. 13)$$

Donde:

RO : El coeficiente básico de fuerza sísmica reducida fue previamente determinado y adquirido $R_{ox} = R_{oy} = 3$.

Ip : Factor de irregularidad en planta.

Ia : Factor de irregularidad en altura.

5.2.2.2.1. Verificación de irregularidad estructural en altura

A. Irregularidad de rigidez- Piso Blando:

“Cuando la rigidez lateral de una narración en cualquier dirección está por debajo del 70% de la del cuento inmediatamente superior, decimos que la historia es débil, decimos que la rigidez es irregular, tiene una rigidez lateral mucho inferior que el promedio de las tres capas superiores vecinas (80% o menos). Análisis del movimiento relativo del centro de gravedad del cuerpo en relación con el esfuerzo cortante del talón, se pueden determinar las rigideces laterales para una situación de carga dada.” (RNE E.030 2019).

Hay evidencia de irregularidad de rigidez en los ejes X e Y, como se observa en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7

Control de Irregularidad de Rigidez en el eje X (Análisis estático).

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonnes/m)	Caso		Verificación de Irregularidad	
		I (Ki /Ki+1)	II (Ki /xKi+3)	I	II
Story5	28,914.93	-	-	-	-
Story4	37,918.48	1.31	-	Regular	-
Story3	41,883.44	1.10	-	Regular	Regular
Story2	44,664.42	1.07	1.23	Regular	Regular
Story1	30,667.07	0.69	0.74	Irregular	Irregular
0	0.00	-	-	-	-

Tabla 8*Control de Irregularidad de Rigidez en el eje Y (Análisis estático).*

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonnes/m)	Caso I (Ki /Ki+1)	Caso II (Ki /xKi+3)	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
Story5	6,205.85	-	-	-	-
Story4	7,284.44	1.17	-	Regular	-
Story3	9,422.28	1.29	-	Regular	Regular
Story2	10,077.14	1.07	1.32	Regular	Regular
Story1	7,125.79	0.71	0.80	Regular	Irregular
0	0.00	-	-	-	-

Caso I:

Se aprecia en el eje X que la razón la rigidez lateral del primer nivel es inferior que 70% del entrepiso inmediato superior. Por lo tanto, se presenta piso blando en el primer nivel. $I_{ax}=0.75$

Mientras que en el eje Y la razón la rigidez lateral del entrepiso no es inferior que 70% del entrepiso inmediato superior. $I_{ay}=1.00$

Caso II:

En el eje X podemos ver que la rigidez lateral de la planta baja es inferior al 80% de la rigidez lateral media de los tres superiores.

Se ve que la rigidez lateral del entrepiso es no menos del 80% de la rigidez lateral promedio de los tres por encima, medida a lo largo del eje Y.

Con base en la información, podemos decir que la estructura tiene un piso blando en la dirección X, pero no en la dirección Y, dándonos los siguientes valores para el factor de irregularidad de altura (I_a): $I_{ax}=0.75$ e $I_{ay}=0.75$

B. Irregularidad torsional:

“Cuando el desplazamiento de piso relativo más grande ocurre en un extremo de la estructura, los cálculos de excentricidad accidental revelan ($\Delta_{máx}$), excede los otros desplazamientos relativos máximos en diversas direcciones de análisis, tenemos irregularidad torsional, en comparación con el desplazamiento relativo del centro de masa bajo las mismas condiciones de carga (cm), es más de 1,3 veces mayor. Solo en

estructuras con diafragmas rígidos se utilizará este criterio si es mayor el desplazamiento relativo de la planta es mayor al 50% del desplazamiento permitido dado en la Tabla N°11” (RNE E.030 2019).

La verificación de la irregularidad del eje X y el eje Y en el plano se muestra en las Tablas 9 y 10, respectivamente.

Tabla 9

Control de Irregularidad en Planta en el eje X.

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Centro de Masa (cm) (A)	Desplazamiento Elástico Máximo (cm) (B)	B/A	Condición
Story5	1574.00	300.00	2.3665	2.7137	1.15	No aplica
Story4	1274.00	300.00	2.1090	2.4037	1.14	
Story3	974.00	300.00	1.7368	1.9669	1.13	
Story2	674.00	300.00	1.2793	1.4356	1.12	
Story1	374.00	374.00	0.7746	0.8560	1.11	
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000		

Tabla 10

Control de Irregularidad en Planta en el eje Y

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Centro de Masa (cm) (A)	Desplazamiento Elástico Máximo (cm) (B)	B/A	Condición
Story5	1574.00	300.00	3.7936	5.8375	1.54	Existe Irregularidad Torsional
Story4	1274.00	300.00	3.3240	5.1493	1.55	
Story3	974.00	300.00	2.6275	4.0312	1.53	
Story2	674.00	300.00	1.8949	2.9102	1.54	
Story1	374.00	374.00	1.1221	1.7249	1.54	
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000		

El desplazamiento relativo máximo de la planta, en ambos sentidos, supera el 50% del desplazamiento permitido en la construcción estudiada, que presenta diafragmas rígidos, sin embargo, el factor de irregularidad de planta (I_p) es el siguiente: $I_{px} = 1$, $I_{py} = 0,75$ porque el desplazamiento relativo máximo de la dirección Y es mayor que el desplazamiento relativo máximo de la dirección X por más del valor de 1,3.

El Coeficiente de Reducción de la Fuerza Sísmica (R) se calcula una vez comprobada la irregularidad X e Y en planta y altura.

Eje X: $R_x = R_{ox} \times I_{ax} \times I_{px}$

$$R_x = 3 \times 0.75 \times 1.00 = 2.25$$

Eje Y: $R_y = R_{oy} \times I_{ay} \times I_{py}$

$$R_y = 3 \times 0.75 \times 0.75 = 1.69$$

5.2.3. Control de derivas de entrecimiento

Con el fin de determinar la fuerza cortante total ejercida en los cimientos de la construcción a lo largo de la línea de investigación, se utilizará la siguiente ecuación.

Las distorsiones estáticas entre pisos a lo largo de los ejes X e Y se ven en las Tablas 11 y 12, respectivamente; se utilizó Etabs V19.1.0 para calcular los desplazamientos desde los centros de masa de los diafragmas. Debido a la irregularidad de la construcción, la distorsión inelástica se determinó aumentando la distorsión elástica en 0,85R.

Tabla 11

Control de distorsión de entrecimiento en el eje X (Análisis estático)

Nivel	Altura Entrecimiento Acumulada (cm)	Altura Entrecimiento (cm)	Desplazamiento Elástico Máximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elástico Máximo (cm)	Desplazamiento Inelástico Máximo αR (cm)	Deriva Inelástica de entrecimiento	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	3.0402	0.2988	0.7619	0.0025	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	2.7414	0.4659	1.1880	0.0040	Si cumple
Story3	974.00	300.00	2.2755	0.5825	1.4854	0.0050	Si cumple
Story2	674.00	300.00	1.6930	0.6524	1.6636	0.0055	No cumple
Story1	374.00	374.00	1.0406	1.0406	2.6535	0.0071	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

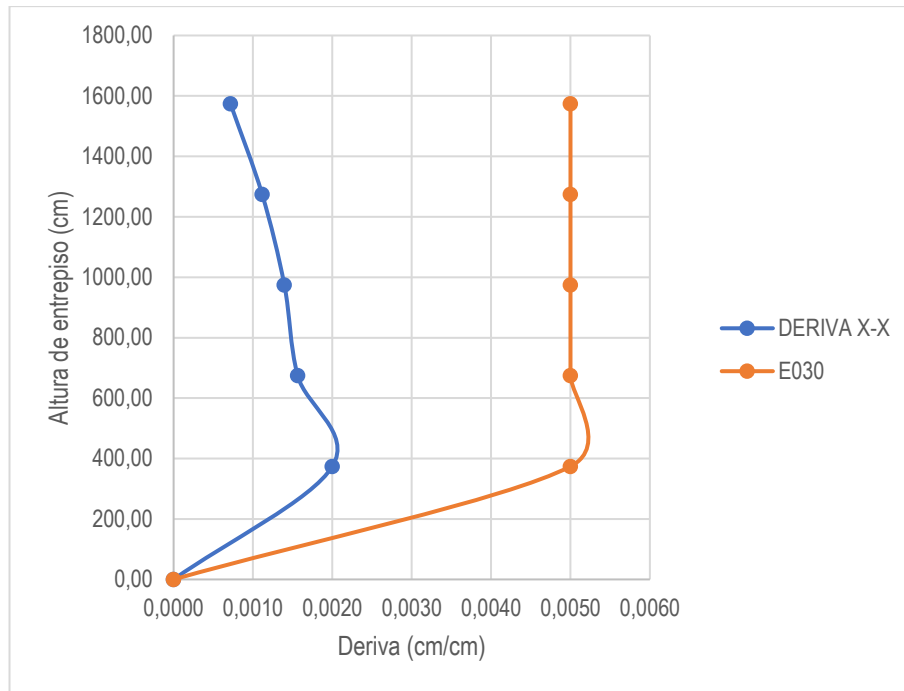


Ilustración 38: Distorsión inelástica de entrepiso en el eje X vs distorsión en entrepiso E.030

Tabla 12

Control de distorsión de entrepiso en el eje Y (Análisis estático)

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elástico Máximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elástico Máximo (cm)	Desplazamiento Inelástico Máximo αR (cm)	Deriva Inelástica de entrepiso	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	13.7767	1.3922	3.5501	0.0118	No cumple
Story4	1274.00	300.00	12.3845	2.4252	6.1843	0.0206	No cumple
Story3	974.00	300.00	9.9593	2.5893	6.6027	0.0220	No cumple
Story2	674.00	300.00	7.3700	2.8916	7.3736	0.0246	No cumple
Story1	374.00	374.00	4.4784	4.4784	11.4199	0.0305	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

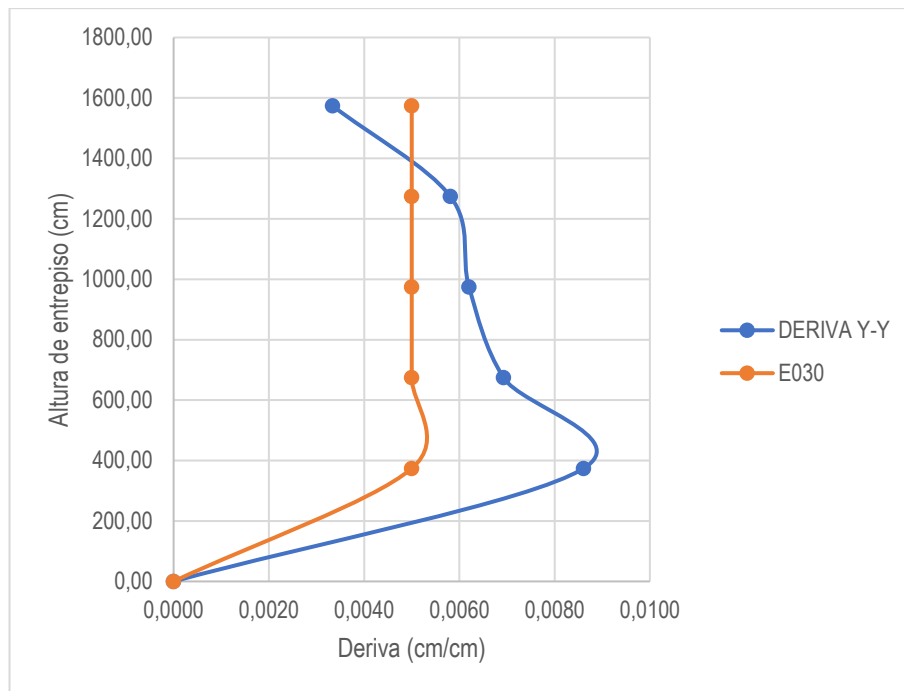


Ilustración 39: Distorsión inelástica de entrepiso en el eje Y vs distorsión de entrepiso E.030

5.3. Análisis Dinámico Modal Espectral

5.3.1. Parámetros Sísmicos

En la Tabla 6 se observan los parámetros sísmicos calculados del análisis estático, que se utilizarán en el análisis dinámico.

5.3.2. Espectro Inelástico de Pseudo-aceleraciones

Se puede establecer un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en cada una de las direcciones que son horizontales estudiadas por (RNE E.030. 2019, Pag.24):

$$Sa = \frac{ZUCS}{R} * g \quad (Ec. 14)$$

La figura 38 muestra un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones, que se construye a continuación calculando los valores de la tabla 13.

Tabla 13*ZUCS/R (g) vs T (periodo) en la dirección X.*

C	T	Sa Dir X-X
2.50	0.00	4.39
2.50	0.02	4.39
2.50	0.04	4.39
2.50	0.06	4.39
2.50	0.08	4.39
2.50	0.10	4.39
2.50	0.50	4.39
2.00	0.75	3.51
1.50	1.00	2.63
1.00	1.50	1.75
0.75	2.00	1.32
0.33	3.00	0.58
0.19	4.00	0.33
0.12	5.00	0.21
0.03	10.00	0.05

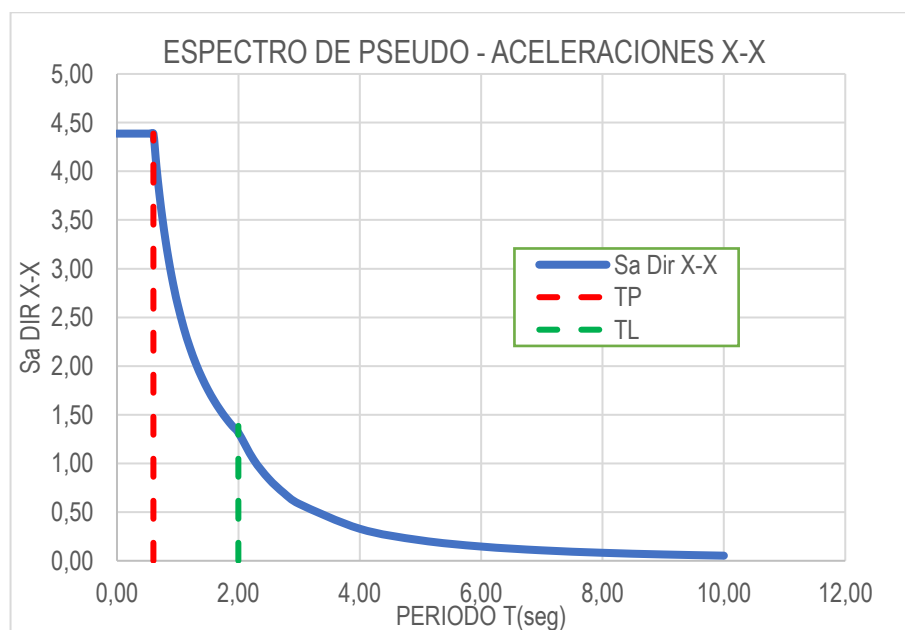
**Ilustración 40:** Espectro Inelástica de Pseudo-aceleraciones para el eje X.

Tabla 14

ZUCS/R (g) vs T (periodo) en la dirección Y.

C	T	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	5.85
2.50	0.02	5.85
2.50	0.04	5.85
2.50	0.06	5.85
2.50	0.08	5.85
2.50	0.10	5.85
2.50	0.50	5.85
2.00	0.75	4.68
1.50	1.00	3.51
1.00	1.50	2.34
0.75	2.00	1.75
0.33	3.00	0.78
0.19	4.00	0.44
0.12	5.00	0.28
0.03	10.00	0.07

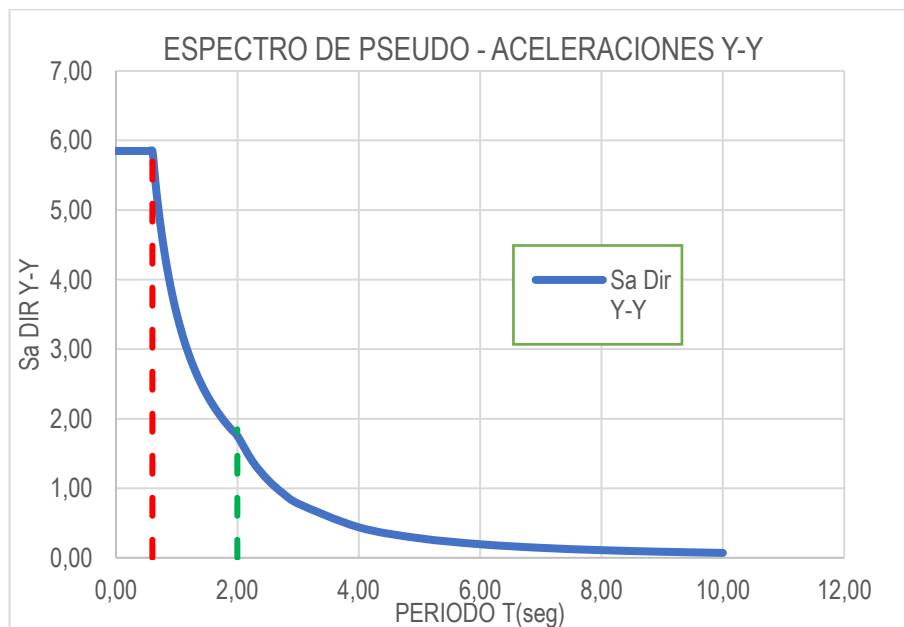


Ilustración 41: Espectro Inelástica de Pseudo-aceleraciones para el eje Y.

5.3.3. Casos de carga dinámica

Es importado el espectro al software ETABS v19.1.0 para el tratamiento de la misma, siguiendo el procedimiento del manual en español de CSI Latinoamérica.

5.3.4. Control de derivas de entrepiso

Las tablas 15 y 16 muestran las distorsiones dinámicas entre pisos X e Y, respectivamente; los desplazamientos son a partir de los centros de masa de los diafragmas y fueron producidos con el programa Etabs V19.1.0; el valor R se multiplicó por 0,85 para obtener la distorsión inelástica de la distorsión elástica.

Se muestra que las derivas inelásticas X e Y superan el umbral establecido por la NTE E0.30.

Tabla 15

Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje X

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elástico Promedio Acumulado (cm)	Desplazamiento Elástico Promedio (cm)	Desplazamiento Inelástico αR (cm)	Deriva Inelástica de entrepiso	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	1.3917	0.1292	0.3295	0.0011	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	1.2625	0.2049	0.5225	0.0017	
Story3	974.00	300.00	1.0576	0.2626	0.6696	0.0022	
Story2	674.00	300.00	0.7950	0.3018	0.7696	0.0026	
Story1	374.00	374.00	0.4932	0.4932	1.2577	0.0034	
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Se ha observado que el análisis dinámico espectral modal es mucho más riguroso que el análisis de la historia del tiempo; sin embargo, debido a que el objetivo de esta tesis es incluir amortiguadores sísmicos con fluidos viscosos, el análisis de la historia del tiempo será más práctico.

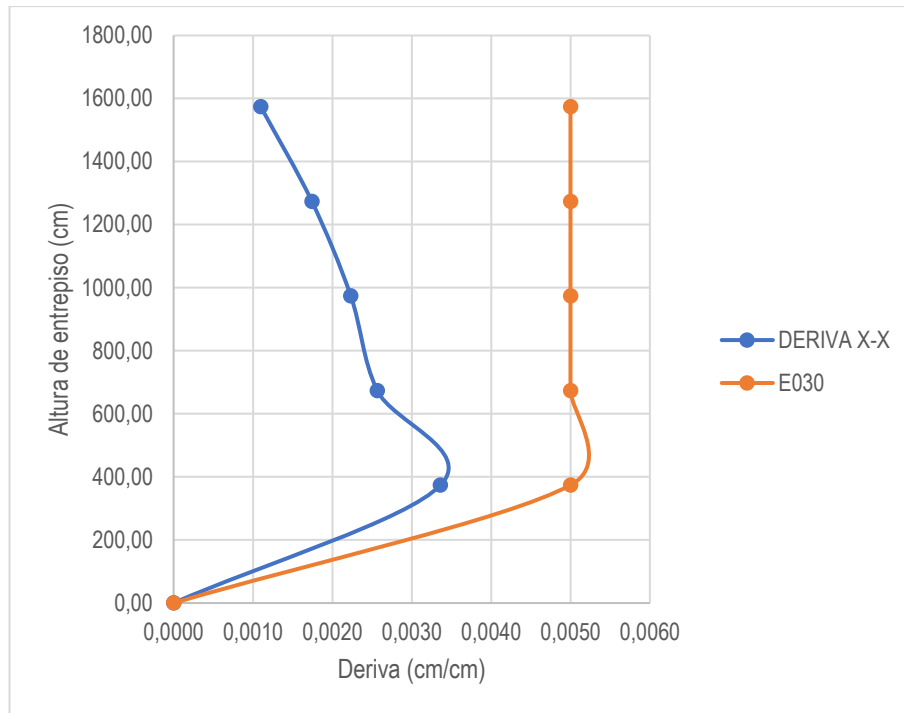


Ilustración 42: Distorsión dinámica inelástica en entrepiso en el eje X vs Distorsión de entrepiso reglamentario

Tabla 16

Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje Y

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio Acumulado (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio (cm)	Desplazamiento o Inelástico αR (cm)	Deriva Inelástica de entrepiso	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	5.7849	0.5476	1.3964	0.0047	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	5.2373	0.9974	2.5434	0.0085	No cumple
Story3	974.00	300.00	4.2399	1.0685	2.7247	0.0091	No cumple
Story2	674.00	300.00	3.1714	1.2255	3.1250	0.0104	No cumple
Story1	374.00	374.00	1.9459	1.9459	4.9620	0.0133	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

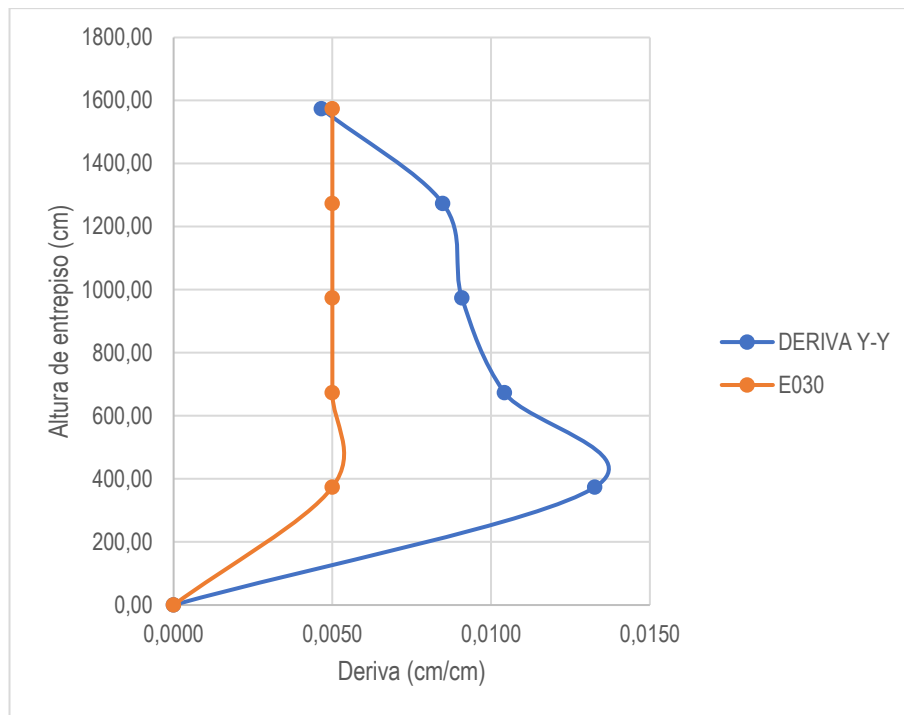


Ilustración 43: Distorsión dinámica inelástica de entrepiso eje Y vs Deriva de entrepiso del reglamento

Se ha observado que el análisis dinámico espectral modal es significativamente más riguroso que el análisis de la historia del tiempo; sin embargo, debido a que el objetivo de esta tesis es la inclusión de amortiguadores sísmicos con fluidos viscosos, un análisis dinámico de Tiempo-Historia será más práctico.

Tabla 17

Limites Reglamentarios para la Distorsión de entrepiso

Material predominante	Δ/H
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios con concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: (RNE E.030.2019, Art. 32)

A continuación, arreglaremos las distorsiones entre pisos instalando dispositivos que disipan energía del fluido viscoso a lo largo del eje Y. A partir de ese momento, utilizaremos el análisis de historial de tiempo dinámico para determinar qué sucede.

5.4. Análisis Dinámico Tiempo-Historia

5.4.1. Registros sísmicos a usar

Esta tesis emplea tres registros sísmicos separados (Sismo Lima 1966, Chimbote 1970 y Huaraz 2020)

5.4.2. Parámetros del espectro del reglamento.

En la Tabla 6 se observan los parámetros sísmicos calculados del análisis estático, que se utilizarán en el análisis dinámico.

Parámetros	Valor
Z	0.35
S2	1.15
T _P (s)	0.60
T _L (s)	2.00
C	2.50
U	1.00
Rox	1
Roy	1

5.4.3. Datos de los registros sísmicos

5.4.3.1. Sismo Lima 1966.

A. Dirección E-W

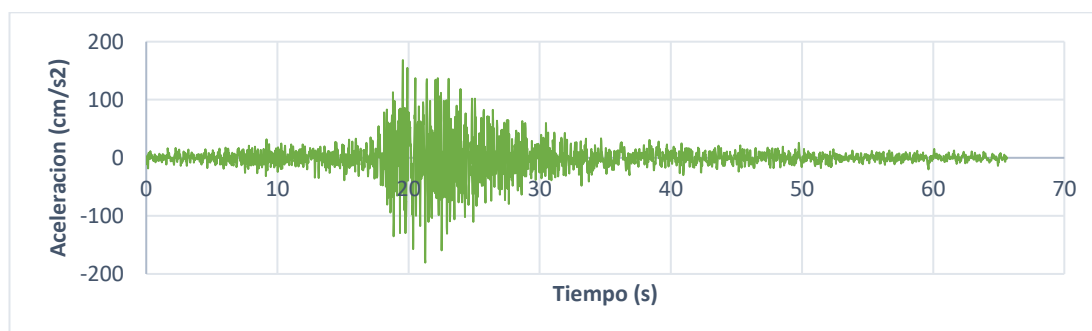


Ilustración 44: Registro de aceleración E-W

Realizamos el escalamiento a la máxima probable del reglamento E.030. Usando datos de la tabla 6.

$$Z = 0.35$$

$$U = 1$$

$$C = 2.5$$

$$\begin{aligned}
 S &= 1.15 \\
 R &= 1 \\
 F &= 0.4025 \\
 g &= 981 \text{ cm/s}^2 \\
 A_{\text{max}} &= -180.5601 \text{ cm/s}^2 \\
 Z' &= A_{\text{max}}/g \\
 Z' &= 0.184057 \\
 F_e &= Z/Z' \\
 F_e &= 1.90158
 \end{aligned}$$

Entonces realizamos la multiplicación de del registro por “Fe” y obtenemos lo siguiente.

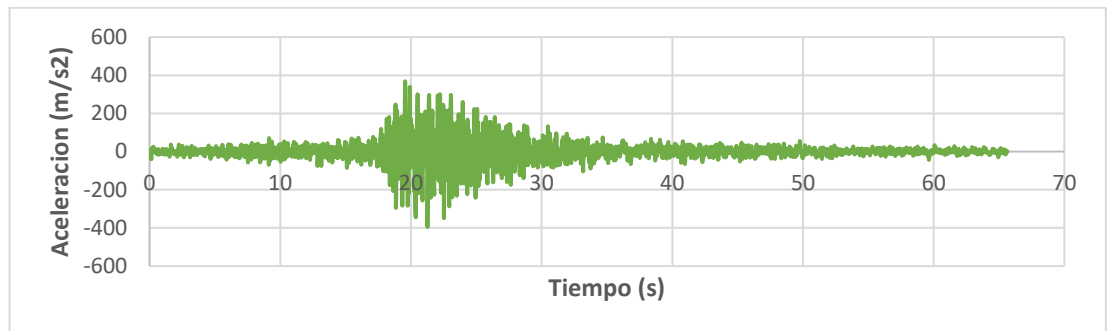


Ilustración 45: Registro de aceleración E-W (Escalado)

B. Dirección N-S

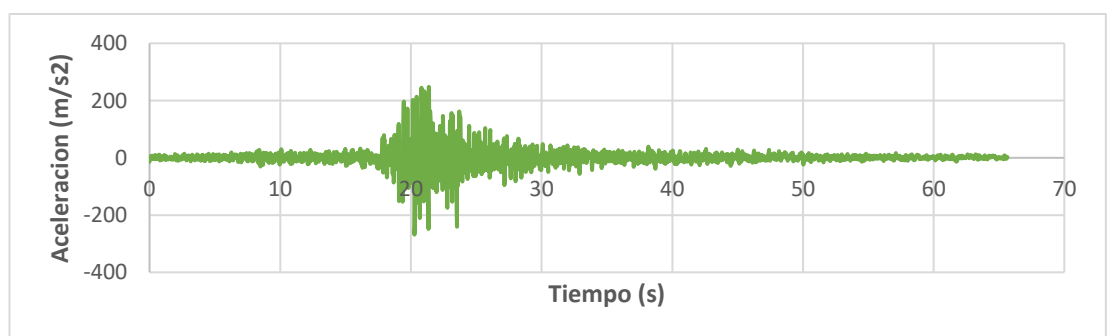


Ilustración 46: Registro de aceleración N-S

$$\begin{aligned}
 Z &= 0.35 \\
 U &= 1 \\
 C &= 2.5 \\
 S &= 1.15
 \end{aligned}$$

$$R= 1$$

$$F=0.4025$$

$$g=981\text{cm/s}^2$$

$$A_{\text{max}}= -268.2363\text{cm/s}^2$$

$$Z'=A_{\text{max}}/g$$

$$Z'= 0.273431$$

$$F_e=Z/Z'$$

$$F_e= 1.28003$$

Entonces realizamos la multiplicación de del registro por “Fe” y obtenemos lo siguiente.

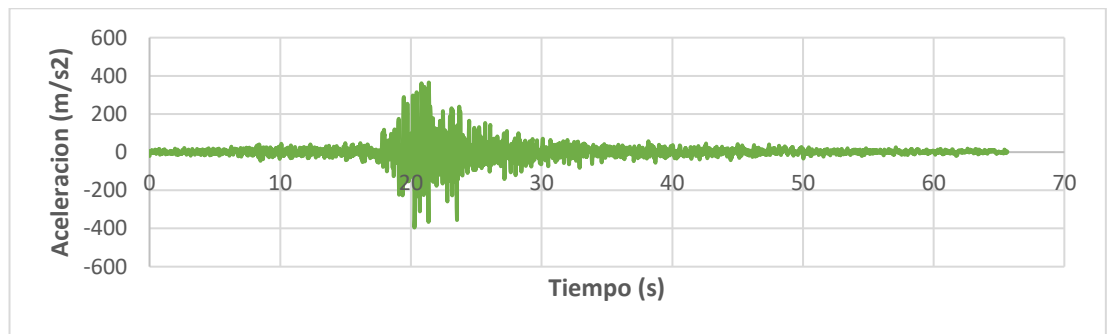


Ilustración 47: Registro de aceleración N-S (Escalado)

5.4.3.2. Sismo Chimbote 1970.

C. Dirección E-W

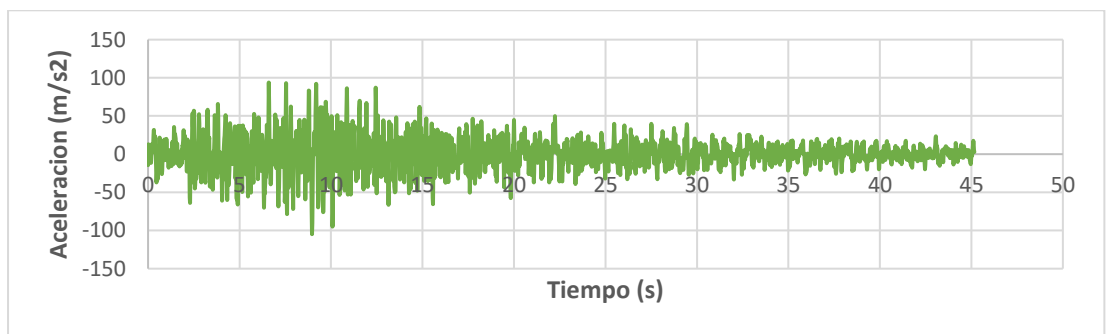


Ilustración 48: Registro de aceleración E-W

Realizamos el escalamiento a la máxima probable del reglamento E.030.

Usando datos de la tabla 6.

$$Z= 0.35$$

$$U= 1$$

$$\begin{aligned}
 C &= 2.5 \\
 S &= 1.15 \\
 R &= 1 \\
 F &= 0.4025 \\
 g &= 981 \text{ cm/s}^2 \\
 A_{\text{max}} &= -104.818 \text{ cm/s}^2 \\
 Z' &= A_{\text{max}}/g \\
 Z' &= 0.106848 \\
 Fe &= Z/Z' \\
 Fe &= 3.27568
 \end{aligned}$$

Entonces realizamos la multiplicación de del registro por “Fe” y obtenemos lo siguiente.

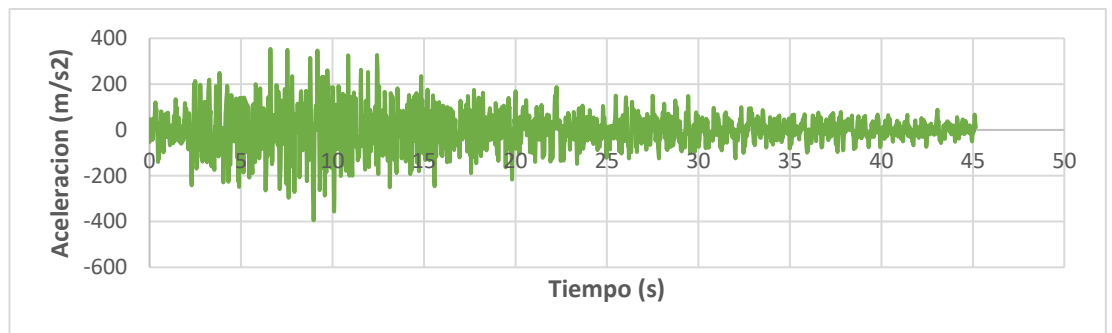


Ilustración 49: Registro de aceleración E-W (Escalado)

D. Dirección N-S

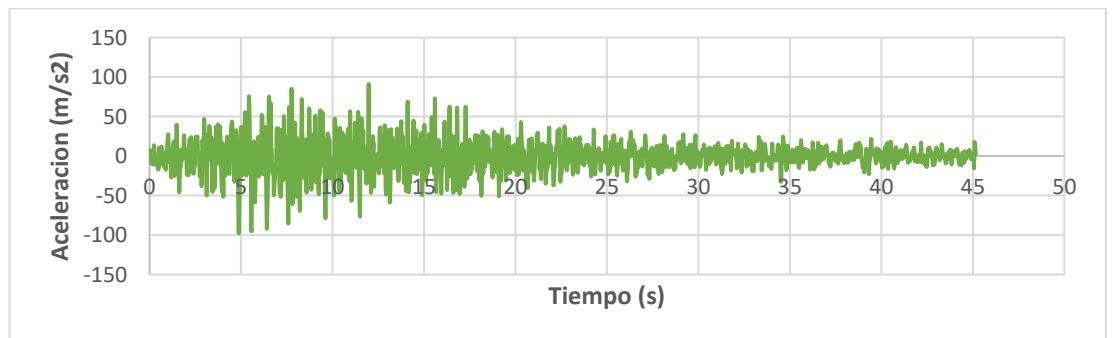


Ilustración 50: Registro de aceleración N-S

$$\begin{aligned}
 Z &= 0.35 \\
 U &= 1 \\
 C &= 2.5
 \end{aligned}$$

$$S= 1.15$$

$$R= 1$$

$$F=0.4025$$

$$g=981\text{cm/s}^2$$

$$A_{\text{max}}= -97.8109 \text{ cm/s}^2$$

$$Z'=A_{\text{max}}/g$$

$$Z'= 0.099705$$

$$F_e=Z/Z'$$

$$F_e= 3.51034$$

Entonces realizamos la multiplicación de del registro por “Fe” y obtenemos lo siguiente.

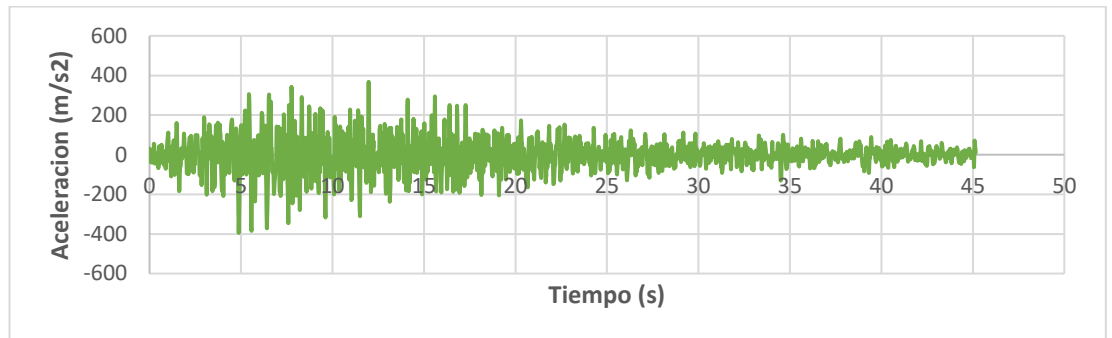


Ilustración 51: Registro de aceleración N-S (Escalado)

5.4.3.3. Sismo Huaraz 2020.

E. Dirección E-W

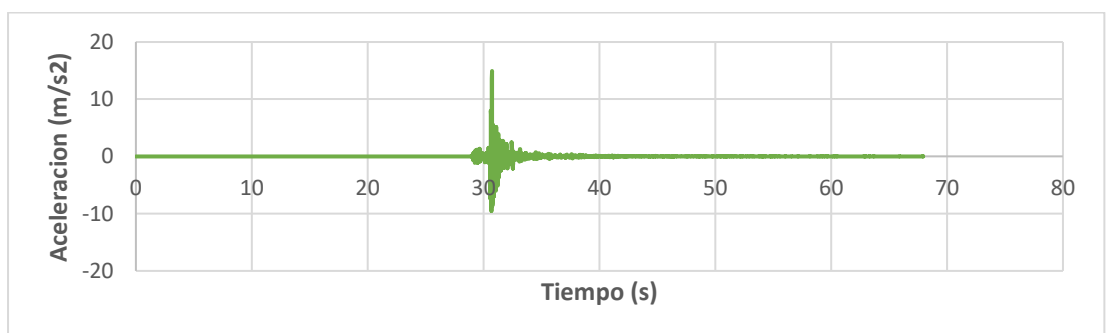


Ilustración 52: Registro de aceleración E-W

Realizamos el escalamiento a la máxima probable del reglamento E.030. Usando datos de la tabla 6.

$$Z= 0.35$$

$$\begin{aligned}
 U &= 1 \\
 C &= 2.5 \\
 S &= 1.15 \\
 R &= 1 \\
 F &= 0.4025 \\
 g &= 981 \text{ cm/s}^2 \\
 A_{\text{max}} &= 14.89454341 \text{ cm/s}^2 \\
 Z' &= A_{\text{max}}/g \\
 Z' &= 0.015183 \\
 Fe &= Z/Z' \\
 Fe &= 23.05207
 \end{aligned}$$

Entonces realizamos la multiplicación de del registro por “Fe” y obtenemos lo siguiente.

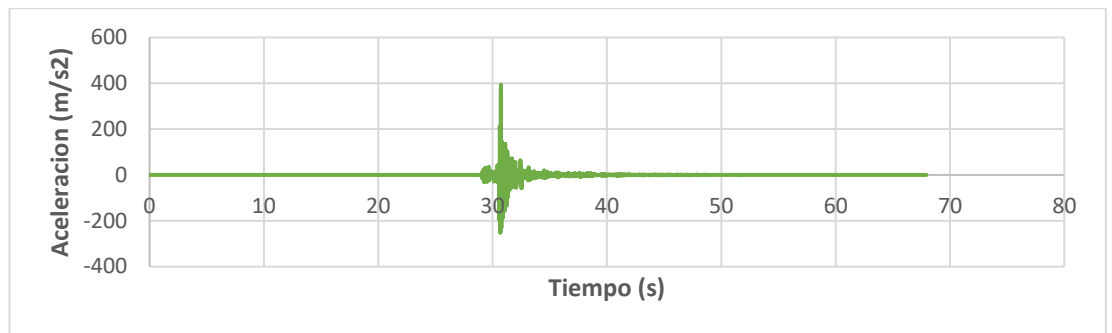


Ilustración 53: Registro de aceleración E-W (Escalado)

F. Dirección N-S

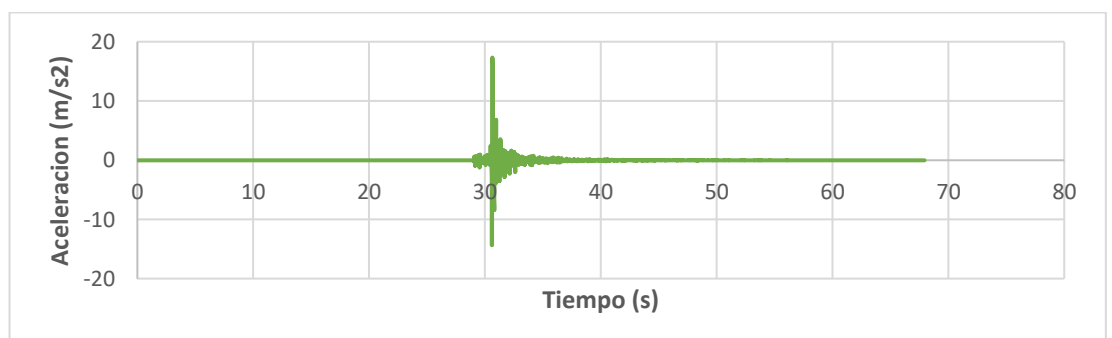


Ilustración 54: Registro de aceleración N-S

$$\begin{aligned}
 Z &= 0.35 \\
 U &= 1
 \end{aligned}$$

$$C = 2.5$$

$$S = 1.15$$

$$R = 1$$

$$F = 0.4025$$

$$g = 981 \text{ cm/s}^2$$

$$A_{\text{max}} = 17.33422348 \text{ cm/s}^2$$

$$Z' = A_{\text{max}}/g$$

$$Z' = 0.017670$$

$$F_e = Z/Z'$$

$$F_e = 19.80764$$

Entonces realizamos la multiplicación de del registro por “Fe” y obtenemos lo siguiente.

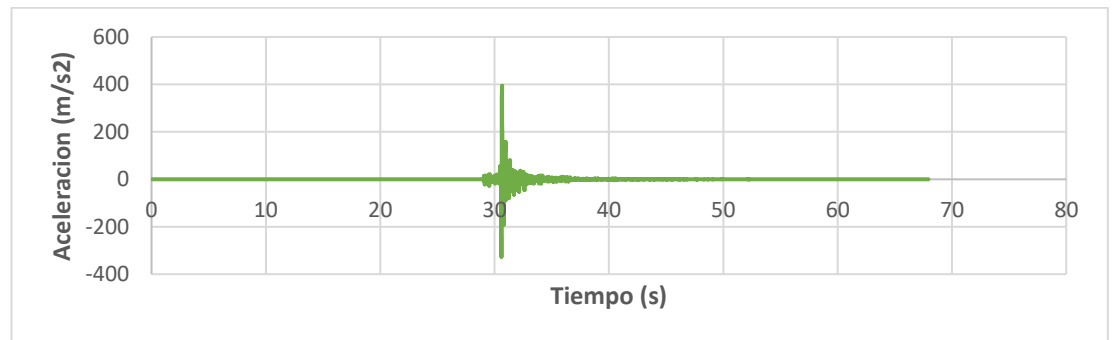


Ilustración 55: Registro de aceleración N-S (Escalado)

5.4.4. Sismo de diseño

El terremoto de Chimbote de 1970 fue elegido como base para esta tesis debido a su proximidad a la región de investigación y su notable impacto en la respuesta sísmica del edificio.

5.4.5. Verificación de derivas

Tabla 18

Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje X

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio Acumulado (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio (cm)	Desplazamiento o Inelástico αR (cm)	Deriva Inelástica de entrepiso	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	4.0935	0.3459	0.3459	0.0012	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	3.7476	0.5749	0.5749	0.0019	Si cumple
Story3	974.00	300.00	3.1727	0.7617	0.7617	0.0025	Si cumple
Story2	674.00	300.00	2.4110	0.9147	0.9147	0.0030	Si cumple

Story1	374.00	374.00	1.4963	1.4963	1.4963	0.0040	Si cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

Tabla 19

Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje Y

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elástico Promedio Acumulado (cm)	Desplazamiento Elástico Promedio (cm)	Desplazamiento Inelástico αR (cm)	Deriva Inelástica de entrepiso	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	10.3548	0.7901	0.7901	0.0026	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	9.5647	1.5983	1.5983	0.0053	No cumple
Story3	974.00	300.00	7.9664	1.7892	1.7892	0.0060	No cumple
Story2	674.00	300.00	6.1772	2.2558	2.2558	0.0075	No cumple
Story1	374.00	374.00	3.9214	3.9214	3.9214	0.0105	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

CAPITULO VI:

DISIPADORES SISMICOS DE ENERGIA CON FLUIDO VISCOSO

En un segundo paso, se agregan disipadores de energía al interior del edificio en la Av. Luzuriaga-Huaraz (Mz. A Lt. 04) para aumentar el amortiguamiento del sistema y mejorar el desempeño de la estructura. Además, la inelasticidad de las partes estructurales disminuirá la necesidad de disipación de energía, protegiendo el edificio contra el colapso durante un acontecimiento sísmico.

6.1. Amortiguamiento objetivo

El estudio actual utilizó una desviación objetivo de 0,005, que establece un límite de distorsión modesto para estructuras de hormigón armado de altura media. De la tabla del manual técnico Metodología de Estimación de Pérdidas Multirriesgo-HAZUS:

Tabla 20

Valores promedios de Daño Estructural Conforme vs Tipo de Edificación.

Propiedades de la Edificación			Distorsión limite Conforme con el estado de daño			
Edificación	Tipo	Altura (m)	Leve	Moderado	Extenso	Completo
Pórticos de acero a momento	Bajo	7.20	0.0060	0.0104	0.0235	0.06
	Medio	18.00	0.0040	0.0069	0.0157	0.04
	Alto	46.80	0.0030	0.0052	0.0118	0.03
Pórticos de acero arriostrados	Bajo	7.20	0.0050	0.0087	0.0233	0.06
	Medio	18.00	0.0033	0.0058	0.0156	0.04

Pórticos de concreto armado	Alto	46.80	0.0025	0.0043	0.0117	0.03
	Bajo	6.00	0.0050	0.0087	0.0233	0.06
	Medio	15.00	0.0033	0.0058	0.0156	0.04
Muros de concreto armado	Alto	36.00	0.0025	0.0043	0.0117	0.03
	Bajo	6.00	0.0040	0.0084	0.0232	0.06
	Medio	15.00	0.0027	0.005	0.0154	0.04
	Alto	36.00	0.0020	0.0042	0.0116	0.03

Fuente: Multi-Hazard Loss Estimation Methodology – HAZUS

Para estructuras de mampostería **0.005** este valor es recomendado Conforme con la tabla 20 y Conforme con el tipo de edificación donde se busca una distorsión de tipo moderado y la altura de nuestra edificación 15.74m que se encuentra a tipo de edificación con altura medio.

6.1.1. Factor de respuesta “B”

Conecta los puntos de la deriva máxima permitida y la deriva deseada en ambas direcciones:

$$B = \frac{D_{MAX}}{D_{OBJETIVO}} \quad (Ec. 15)$$

Donde:

D_{MAX} : Deriva máxima que se obtuvo del análisis dinámico espectral de la dirección Y.

$D_{OBJETIVO}$: Deriva objetivo: 0.005

Reemplazando

$$B = \frac{0.0105}{0.005}$$

$$B=2.0970$$

6.1.2. Amortiguamiento efectivo “ B_{eff} ”

Se calcula para cada dirección despejando la siguiente expresión:

$$B = \frac{2.34 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})} \quad (Ec. 16)$$

Donde:

B_0 : Amortiguamiento inherente de la estructura (5.00%).

B_{eff} : Amortiguamiento efectivo de la estructura

Se obtiene:

$$2.0970 = \frac{2.31 - 0.41 \ln (5\%)}{2.31 - 0.41 \ln (B_{eff})}$$

$$B_{eff}=41.05\%$$

6.1.3. Amortiguamiento inherente “B_h”

Esta ecuación se utiliza para determinar del amortiguamiento ofrecido por los disipadores de energía.

$$B_h = B_{eff} - B_0 \quad (Ec. 17)$$

Donde:

B_0 : Amortiguamiento inherente de la estructura (5.00%).

B_{eff} : Amortiguamiento efectivo de la estructura

Reemplazando:

$$B_h = 41.05\% - 5.00\%$$

$$B_{eff}=36.05\%$$

6.1.4. Elección del amortiguamiento inherente.

Dado que un disipador de energía con fluidos viscosos debe construirse teniendo en cuenta un amortiguamiento viscoso (BH) entre 20 y 40 % para el cálculo, se selecciona un valor de 36,05 % como amortiguamiento inherente en la dirección del análisis.

6.2. Cálculo de las propiedades del disipador con fluido viscoso

6.2.1. Rigidez del brazo metálico

Esta expresión se utiliza para conocer la rigidez del brazo metálico que sujeta el aparato al edificio:

$$K = \frac{EA}{L} \quad (Ec. 18)$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del acero.

L : Longitud del brazo metálico

A : Área de la sección del brazo metálico

Se emplea un perfil metálico HSS 7,50 x 0,25 con las siguientes características como disipador de energía para fluidos viscosos, sin embargo, también se utiliza a menudo un perfil metálico PiPE STD.

Tabla 21

Dimensiones HSS 7.50x0.25

Dext (in)	Dint (in)	Espesor (in)	Área (in ²)	Inercia (in ⁴)
7.5	7.25	0.25	5.32	19.69

Donde:

$$E = 29000 \text{ ksi} = 2.04 \times 10^7 \text{ Tonnef/m}^2$$

$$A = 5.32 \text{ in}^2$$

L: Con la longitud mínima de los disipadores de energía (31 pulgadas o 0,79 metros), las siguientes imágenes muestran la longitud del brazo de metal que debe emplearse.

6.2.2. Ubicación de los disipadores

La Figura 56 muestra las coordenadas Y de los sumideros que experimentan los fluidos viscosos.

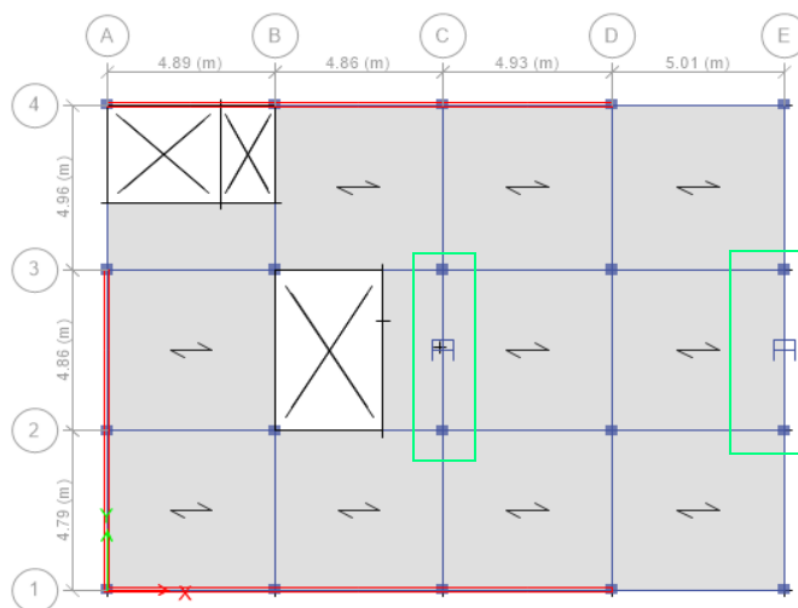


Ilustración 56: Ubicación de disipadores en la dirección Y-Y

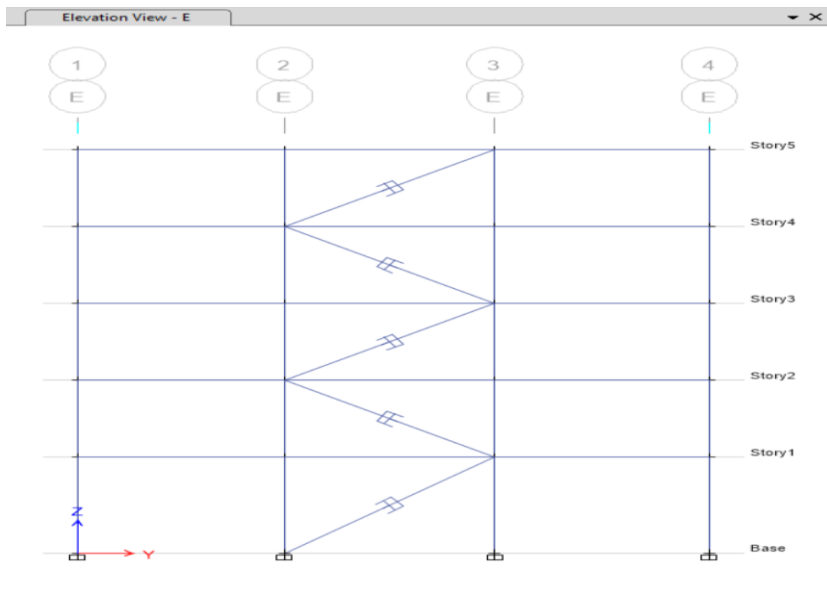


Ilustración 57: Disposición de los disipadores en elevación eje C y E

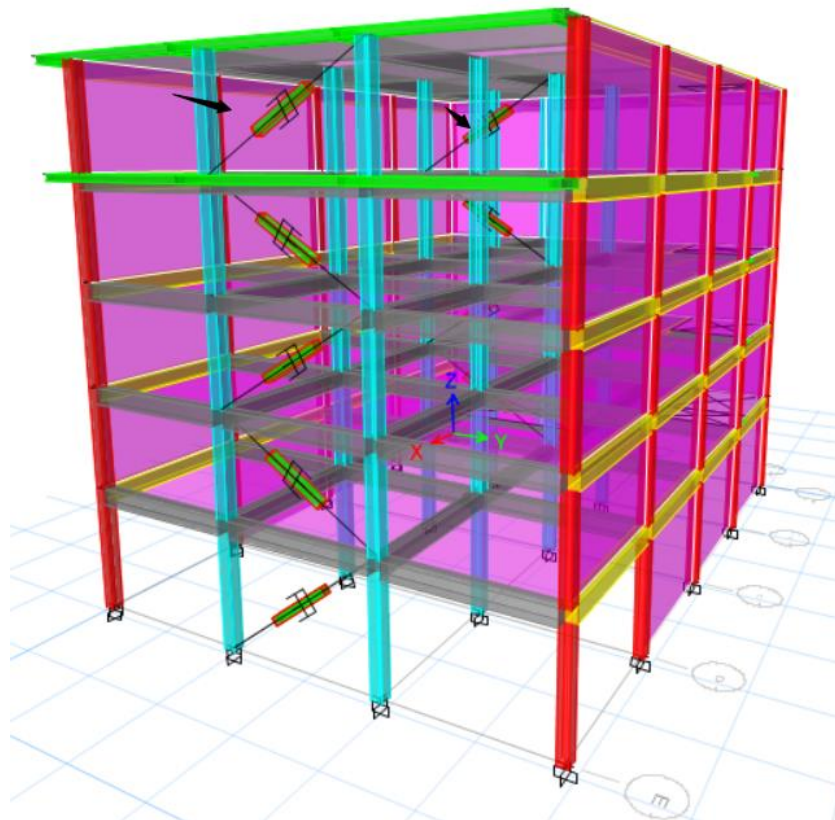


Ilustración 58: Vista en 3D del arreglo de los disipadores con fluido viscoso

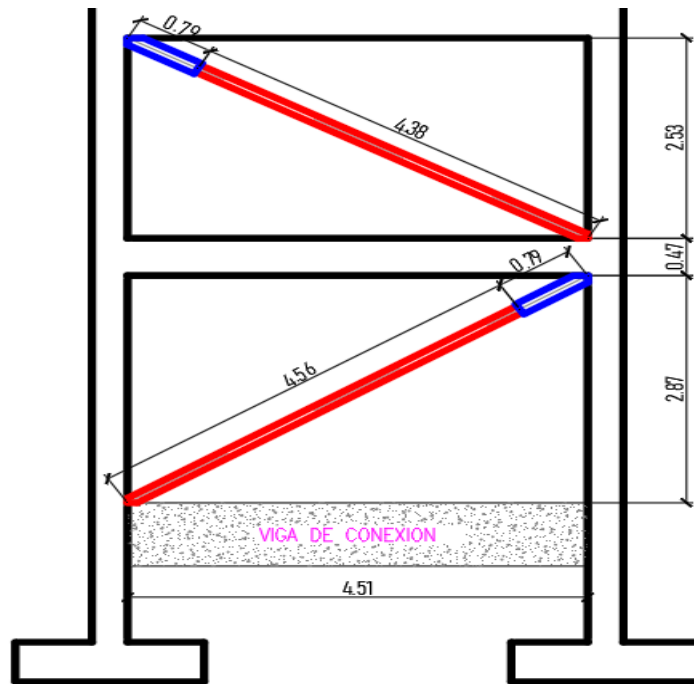


Ilustración 59: Longitud del brazo metálico de los dispositivos

Usando la ecuación (18) tenemos:

$$K = \frac{EA}{L}$$

$$L_1 = 4.97 \text{ m}$$

Por lo tanto:

La rigidez del brazo metálico será:

$$K_1 = 14648.42003 \text{ Tonnes/m}$$

6.2.3. Cálculo del coeficiente de amortiguamiento

Se usará la siguiente expresión:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H 2\pi A^{1-\alpha} W^{2-\alpha} (\sum m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha}(\theta_i))} \quad (\text{Ec. 19})$$

Donde:

A : Amplitud del desplazamiento del último nivel (D_{max}/B_x)

C_j : Coeficiente de amortiguamiento del disipador j

B_H : Amortiguamiento viscoso del disipador de energía

\emptyset_{rj} : Desplazamiento relativo normalizado del primer modo α : Exponente de velocidad

λ : Parámetro lambda obtenido de FEMA 274

ω : Frecuencia angular

θ_j : Angulo de inclinación del disipador j

\emptyset_i : Desplazamiento modal en el nivel i (el que corresponde al primer modo de vibración)

Cálculos:

A. B_H : Amortiguamiento viscoso del disipador de energía

$$B_{HY}=36.05\%$$

B. w : Frecuencia angular

Tabla 22

Periodos y frecuencias

Caso	Modo	Periodo	Frecuencia
Modal	1	0.688	1.453
Modal	2	0.361	2.770
Modal	3	0.284	3.521
Modal	4	0.222	4.505
Modal	5	0.126	7.937
Modal	6	0.119	8.403
Modal	7	0.096	10.417
Modal	8	0.095	10.526
Modal	9	0.094	10.638
Modal	10	0.093	10.753
Modal	11	0.093	10.753
Modal	12	0.093	10.753
Modal	13	0.092	10.870
Modal	14	0.092	10.870
Modal	15	0.091	10.989

$$T=0.284\text{seg}$$

$$w = \frac{2\pi}{T} \tag{Ec. 20}$$

$$w=22.1239 \text{ rad/seg.}$$

C. A: Amplitud del desplazamiento del ultimo nivel (D_{max}/B_x)

$$A = \frac{D_{max}}{B_y} \quad (Ec. 21)$$

$$A = \frac{0.0105}{2.0969}$$

$$A=0.005$$

D. ϕ_i y ϕ_{rj} : Desplazamiento Relativo entre Ambos Extremos del Disipador j en la dirección.

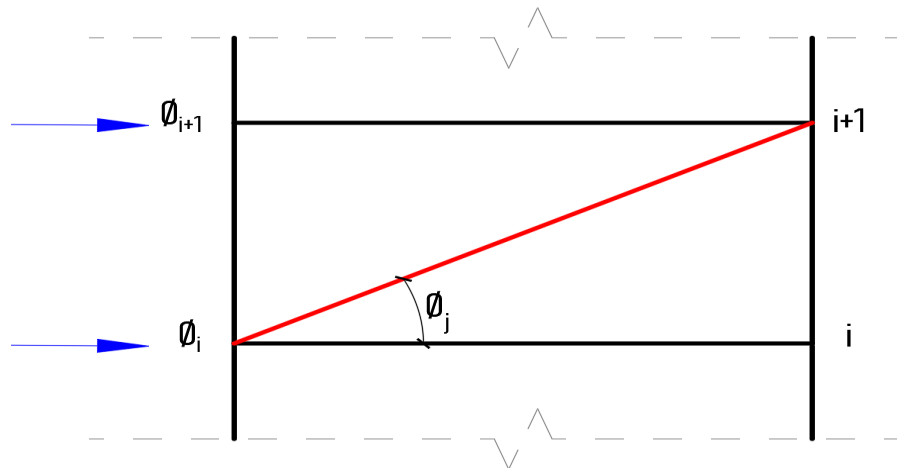


Ilustración 60: Desplazamientos modales y desplazamientos relativos

$$\phi_{rj} = \phi_{i+1} - \phi_i \quad (Ec. 22)$$

Tabla 23

desplazamientos relativos (ϕ_{rj}) y Desplazamiento modal (ϕ_i) en el eje X

H (Altura de entrespiso "m")	NIVEL	ϕ_i : Desplazamiento TH	ϕ_{i+1} :	ϕ_{rj} :
15.74	Story5	0.10034700	-	-
12.74	Story4	0.09268500	0.10034700	0.00766200
9.74	Story3	0.07966400	0.09268500	0.01302100
6.74	Story2	0.06177200	0.07966400	0.01789200
3.74	Story1	0.03921400	0.06177200	0.02255800
0.00	Base	0.00000000	0.03921400	0.03921400

E. λ y α : Parámetros y exponentes

Tabla 24

Estimación de λ respecto del exponente de velocidad α

Exponente α	Parámetro λ
0.25	3.70
0.50	3.50
0.75	3.30
1.00	3.10
1.25	3.00
1.50	2.90
1.75	2.80
2.00	2.70

Fuente: FEMA 274

F. Cálculos para determinar “C”

Tabla 25

Cálculos para “C” (i)

H (Altura de entrecapiso "m")	Nivel	Masas (Tonnel*S ² /m)	θ	Cos (θ)	α	$\sum_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha}(\theta_i)$
15.74	Story5	23.29437	31.68636769	0.85093611	0.5	0.000526452
12.74	Story4	25.28726	31.68636769	0.85093611	0.5	0.001166304
9.74	Story3	24.26583	31.68636769	0.85093611	0.5	0.001878598
6.74	Story2	24.26583	31.68636769	0.85093611	0.5	0.002659477
3.74	Story1	24.49321	37.5799851	0.79250273	0.5	0.005478515
0.00	Base				$\Sigma=$	1.17093E-02

Tabla 26

Cálculos para C (ii)

H (Altura de entrecapiso "m")	Nivel	U1 Modo 01 (m)	$m_i \theta_i^2$
15.74	Story5	3.20E-05	2.34563E-01
12.74	Story4	2.90E-05	2.17230E-01
9.74	Story3	2.30E-05	1.54000E-01
6.74	Story2	1.70E-05	9.25931E-02
3.74	Story1	1.00E-05	3.76641E-02
0.00	Base	$\Sigma=$	7.36050E-01

Reemplazando valores tenemos en la ecuación (19):

$$C_j = \frac{0.3605x2 * \pi * 0.005^{1-0.50} 22.1239^{2-0.5} (0.736050)}{3.5(0.0117093)}$$

$$C_j=299.35 \text{Tonfef.seg/m}$$

G. Valores para ingresar al software ETABS v19.1.0

Para una cantidad de 02 disipadores usamos los siguientes datos:

$$K=14,648.420 \text{ Tonfef/m}$$

$$C=149.675 \text{ Tonfef.seg/m}$$

$$\alpha=0.500$$

Realizando las iteraciones respectivas se necesita un disipador sísmico con las siguientes características:

$$K=14,648.420 \text{ Tonfef/m}$$

$$C=100.00 \text{ Tonfef.seg/m}$$

$$\alpha=0.500$$

6.3. Respuesta estructural incluido disipadores.

6.3.1. Distorsión de entrepiso con disipadores de energía

Conforme con las tablas adjuntas se aprecia las distorsiones dinámicas entre pisos a lo largo de los ejes X e Y causadas por los disipadores de energía instalados en la estructura.

Tabla 27

Control de distorsión dinámica de entrepiso del eje X con disipadores de energía

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio Acumulado (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio (cm)	Desplazamiento o Inelástico αR (cm)	Deriva Inelástica de entrepiso	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	3.8099	0.3791	0.3791	0.0013	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	3.4308	0.5994	0.5994	0.0020	Si cumple
Story3	974.00	300.00	2.8314	0.7477	0.7477	0.0025	Si cumple
Story2	674.00	300.00	2.0837	0.8164	0.8164	0.0027	Si cumple
Story1	374.00	374.00	1.2673	1.2673	1.2673	0.0034	Si cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

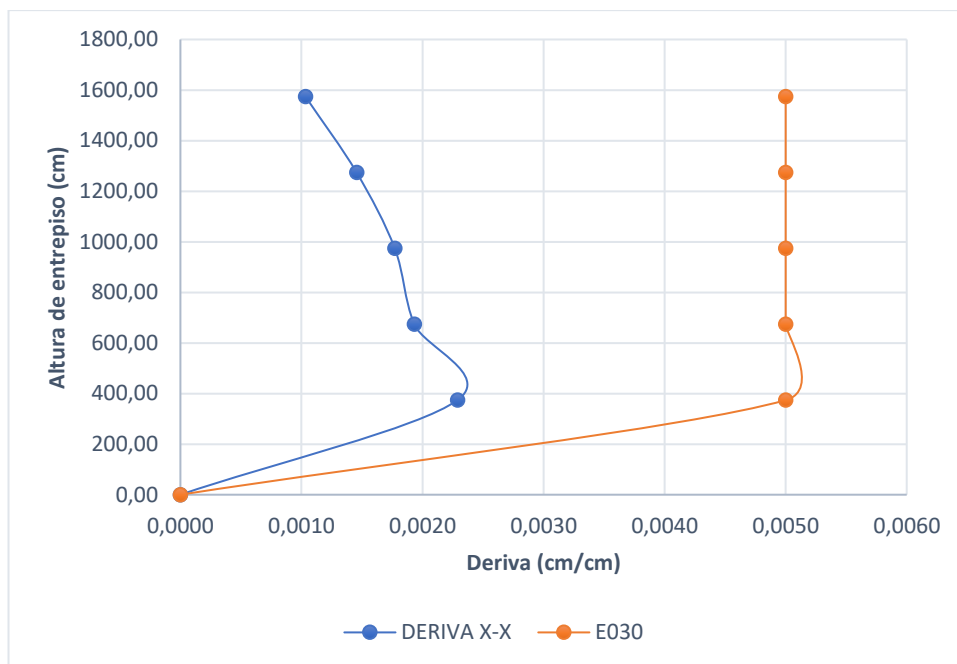


Ilustración 61: Deriva de la norma E0.30 vs distorsión dinámica inelástica del eje X usando disipadores de energía

Tabla 28

Control de distorsión dinámica de entrepiso en el eje Y con disipadores de energía

Nivel	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio Acumulado (cm)	Desplazamiento o Elástico Promedio (cm)	Desplazamiento o Inelástico αR (cm)	Deriva Inelástica de entrepiso	Verificación de deriva
Story5	1574.00	300.00	4.4811	0.3715	0.3715	0.0012	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	4.1096	0.6867	0.6867	0.0023	Si cumple
Story3	974.00	300.00	3.4229	0.7800	0.7800	0.0026	Si cumple
Story2	674.00	300.00	2.6429	1.0330	1.0330	0.0034	Si cumple
Story1	374.00	374.00	1.6099	1.6099	1.6099	0.0043	Si cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

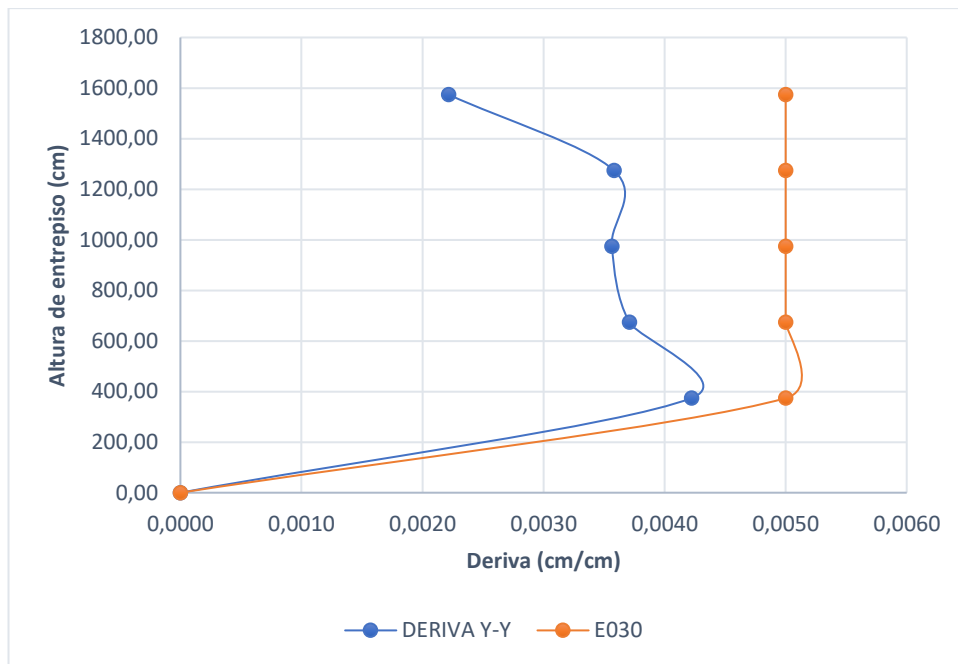


Ilustración 62: Deriva de la norma E030 vs distorsión del eje Y dinámico inelástico con disipadores de energía

6.4. Diseño de los Dispositivos Sísmicos

6.4.1. Agrupamiento de dispositivos por niveles

Los mayores esfuerzos axiales ejercidos sobre los disipadores de energía durante el estudio dinámico se muestran Conforme con la Figura 63.

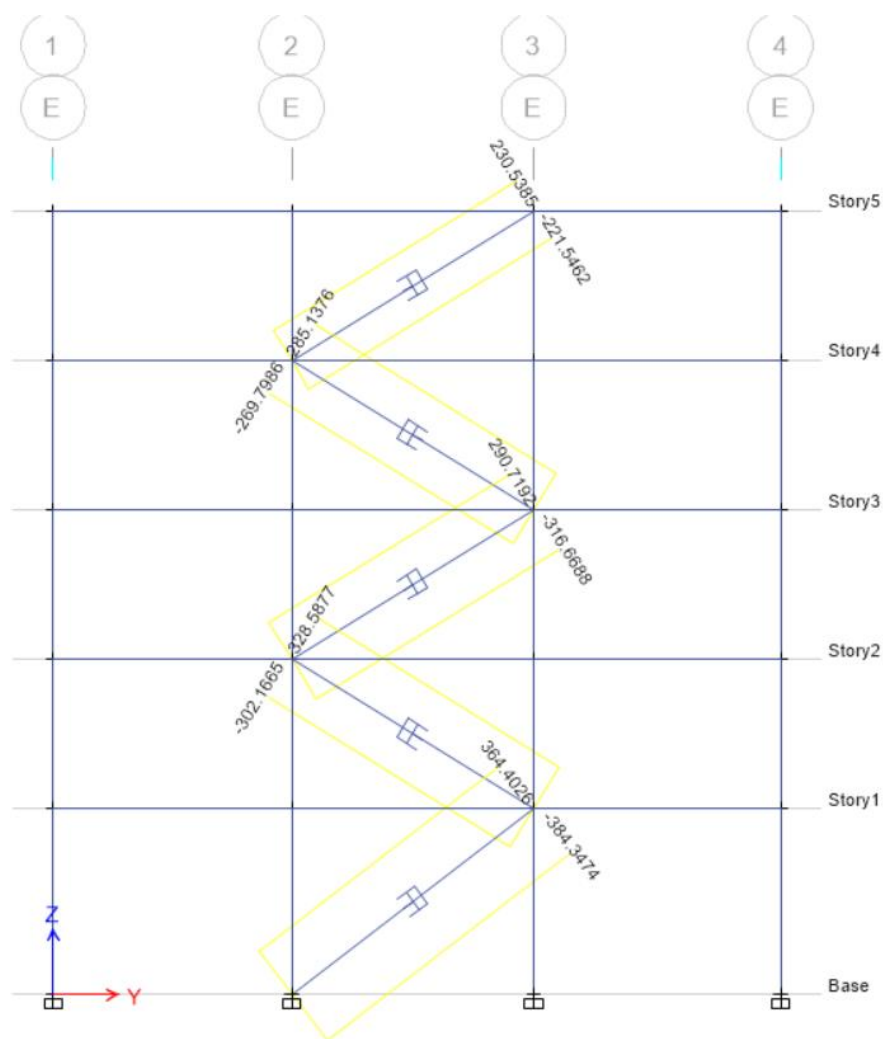


Ilustración 63: Disipadores de energía en el eje E con sus fuerzas internas respectivas.

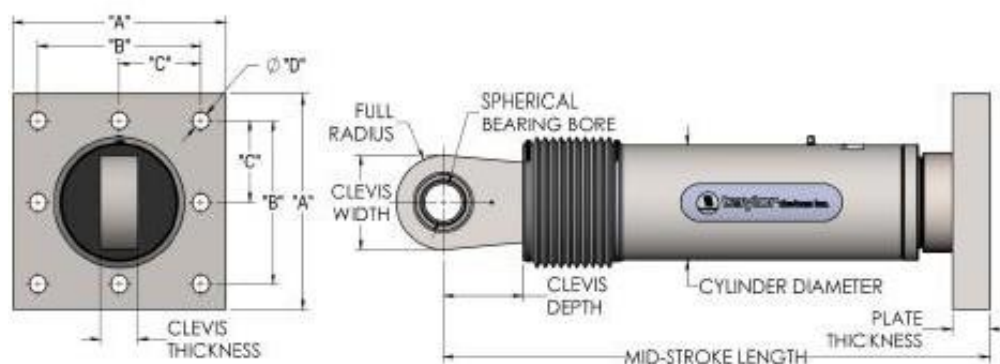
Tabla 29

Resumen de disipadores y las fuerzas actuantes (kN)

Disipador	Tracción (kN)	Compresión (kN)
D1	364.4026	384.3474
D2	328.5877	302.1665
D3	290.7192	316.6688
D4	285.1376	279.7986
D5	230.5385	221.5462

6.4.2. Selección de disipadores de energía

Taylor Devices Inc., el productor líder de disipadores con fluidos viscosos, produjo los disipadores de energía utilizados en el estudio. La Figura 64 muestra las dimensiones proporcionadas por el fabricante para los distintos grados de fuerza.



FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)	"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)	"D" (mm)	PLATE THICKNESS (mm)
250	17120	38.10	787	±75	43	100	83	33	114	44	178±3	127±.25	†	20.6±.25	38±.76
500	17130	50.80	997	±100	55	127	102	44	150	98	282±3	203±.25	†	31.8±.25	38±.76
750	17140	57.15	1016	±100	59	155	129	50	184	168	343±3	254±.25	127±.25	28.7±.25	61±.76
1000	17150	69.85	1048	±100	71	185	150	61	210	254	419±3	318±.25	159±.25	31.8±.25	76±1.5
1500	17160	76.20	1105	±100	77	205	162	67	241	306	432±3	330±.25	165±.25	34.9±.25	76±1.5
2000	17170	88.90	1346	±125	91	230	191	78	286	500	457±3	343±.25	171.5±.25	38.1±.25	102±1.5
3000	17180	101.60	1441	±125	117	290	203	89	350	800	508±3	406±.25	203±.25	41.4±.25	102±1.5
4000	17190	127.00	1645	±125	142	325	273	111	425	1088	**	**	**	**	**
6500	17200	152.40	1752	±125	154	350	305	121	515	1930	**	**	**	**	**
8000	17210	177.80	1867	±125	178	415	317	135	565	2625	**	**	**	**	**

Ilustración 64: Propiedades de los Dispositivos y las Dimensiones de Placa Base

Fuente: Taylor Devices Inc.

Los detalles del disipador con fluido viscoso elegido, un tipo 500KN de Taylor Devices, se proporcionan en las tablas 30 y 31.

Tabla 30

Dimensión del Disipador Seleccionado

Fuerza(kN)	Numero de modelo- Taylor Devices	Diámetro de agujero esférico (mm)	Longitud media del brazo (mm)	Movimiento (mm)	Espesor de horquilla (mm)
500	17130	50.8	997	± 100	55

Ancho máximo de horquilla (mm)	Profundidad de horquilla (mm)	Espesor de rodamiento (mm)	Diámetro máximo del cilindro (mm)	Peso (kg)
127	102	44	150	98

Tabla 31

Dimensión de la Placa Base del dissipador seleccionado.

Fuerza (kN)	"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)	"D" (mm)	Espesor de la placa (mm)
500	282 ± 3	203 ± 0.25	-	31.8 ± 0.25	38 ± 0.76

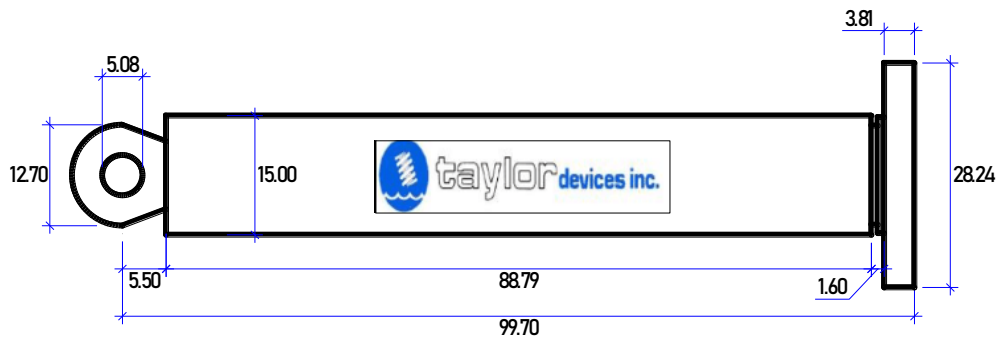


Ilustración 65: Dimensiones de los dissipadores seleccionados 17130

Fuente: Taylor Devices Inc.

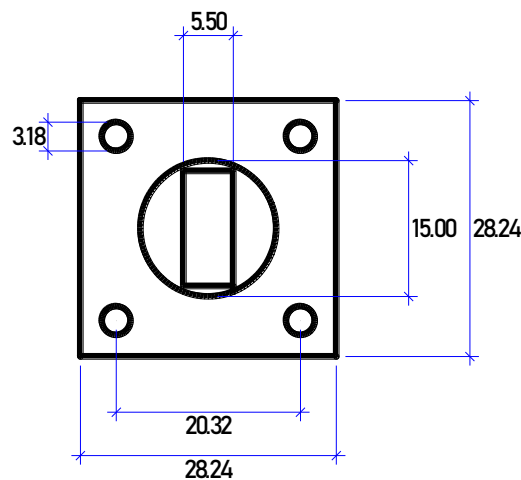


Ilustración 66: Dimensión de la placa base del dissipador seleccionado 17130

Fuente: Taylor Devices Inc.

6.4.3. Cálculo de elementos estructurales de acero

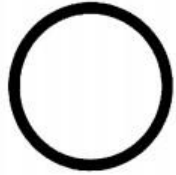
Como los niveles no tienen todos la misma anchura y altura, es importante diseñar los Compuestos del primer y tercer nivel utilizando la máxima carga axial, y el diseño tiene en cuenta la forma de distribuirse de manera diagonal de los dissipadores en el eje E entre los ejes 2 y 3.

6.4.3.1. Cálculo del brazo metálico

Se probará el brazo metálico de los disipadores, un perfil HSS 7.50x0.25, para ver si tiene la resistencia para operar a la fuerza máxima estimada.

Tabla 32

Propiedades Geométricas del Perfil HSS 7.50x0.25

Table 1-13 (continued) Round HSS Dimensions and Properties										 HSS9.625- HSS6.875	
Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>	Nominal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion		
									<i>J</i>	<i>C</i>	
	in.	lb/ft	in. ²		in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³	
HSS7.50x0.500	0.465	37.42	10.3	16.1	63.9	17.0	2.49	23.0	128	34.1	
×0.375	0.349	28.56	7.84	21.5	50.2	13.4	2.53	17.9	100	26.8	
×0.312	0.291	23.97	6.59	25.8	42.9	11.4	2.55	15.1	85.8	22.9	
×0.250	0.233	19.38	5.32	32.2	35.2	9.37	2.57	12.3	70.3	18.7	
×0.188	0.174	14.70	4.00	43.1	26.9	7.17	2.59	9.34	53.8	14.3	

Fuente: Steel Construction Manual AISC 13th, 2005

Tabla 33

Características especificadas en el diseño

Perfil	Área del perfil metálico <i>A</i> (m ²)	Radio del perfil metálico <i>r</i> (m)	Módulo de elasticidad <i>E</i> (Tonnesf/m ²)	Esfuerzo de fluencia <i>Fy</i> (Tonnesf/m ²)	Resistencia en tensión <i>Fu</i> (Tonnesf/m ²)
HSS 7.50x0.25	0.006645	0.06325	20400000	24620.75	35172.5

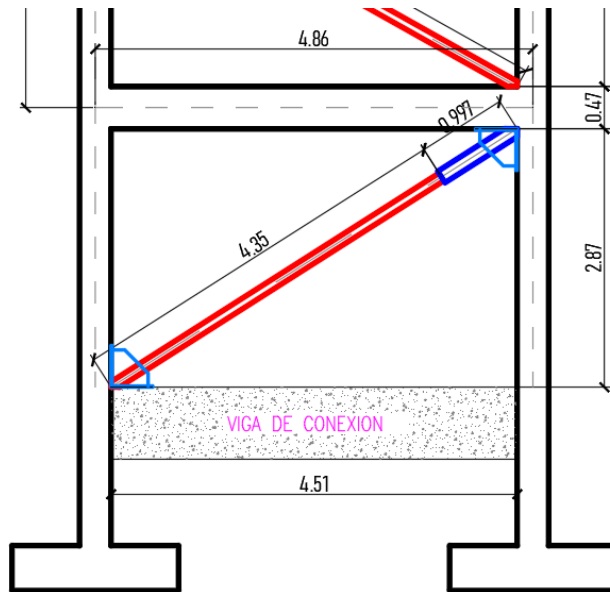


Ilustración 67: Disipador típico

Fuerza axial a compresión actuante: 384.3474 KN=39.18 tonnef

Fuerza axial a tracción actuante: 364.4026 KN=37.15 tonnef

Luego:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

$F_e =$ 34167.62 Tonnef/m²

$$F_{cr} = (0.658^{f_y/f_e}) * f_y$$

$f_y/f_e =$ 0.720587113

$F_{cr} =$ 18210.30416 Tonnef/m²

$$\phi P_n = \phi * F_r * A$$

$\phi =$ 0.9

$\phi P_n =$ 56.25 Tonnef

39.18 < 56.25 OK

$$\phi T_n = \phi * F_y * A$$

$\phi =$ 0.9

$\phi T_n =$ 76.05 Tonnef

37.15 < 76.05 OK

6.4.3.2. Cálculo de la conexión Brazo Metálico-Dispositivo

Como se aprecia conforme con la Figura 68, la placa base para disipador 17130 tiene estas dimensiones:

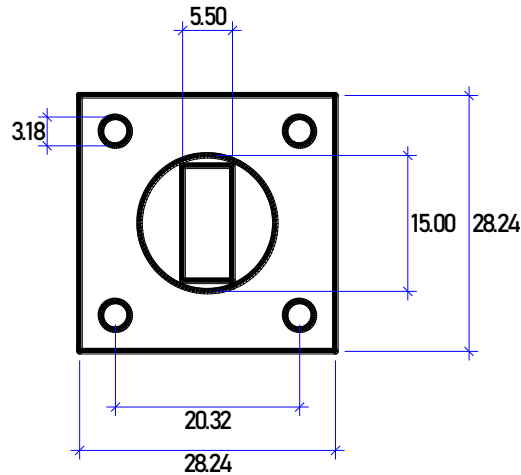


Ilustración 68: Dimensiones de placas base de disipadores 17130

$$db + 1/8" = dh \quad (Ec. 23)$$

Donde:

dh : Diámetro del agujero

db : Diámetro del perno

Usando ecuación (23).

$$db + 1/8" = dh$$

Luego:

$$db = dh - 1/8" = 1.25" - 1/8" = 1.125"$$

El diámetro del perno a utilizar es 1.125" o 1 1/8"

El siguiente paso es determinar el número, tamaño y material de los pernos, tuercas y arandelas necesarios para realizar las conexiones, tomando como referencia los códigos ASTM, AISC y RCSC.

A. Tipo de perno a usar

Los pernos que cumplen con los requisitos de las reglas ASTM A325 y A490 se consideran sujetadores de gran resistencia; Los pernos hechos Conforme con el estándar anterior incluyen una resistencia a la tracción minimizada en 120 KSI y están disponibles en diámetros que van desde media pulgada hasta una pulgada. De manera similar, la resistencia mínima para tamaños entre 1 1/8" y 1 1/2" es de 105 KSI.

Según su composición metálica, estos tornillos se clasifican en una de dos categorías:

- ✓ Grupo 3: Es el resistente a la corrosión.
- ✓ Grupo 1: Es el más usual, se da uso en altas temperaturas.

El estudio empleará pernos A325-Grupo 1 y luego verificará si son lo suficientemente fuertes para soportar las cargas aplicadas sobre ellos.

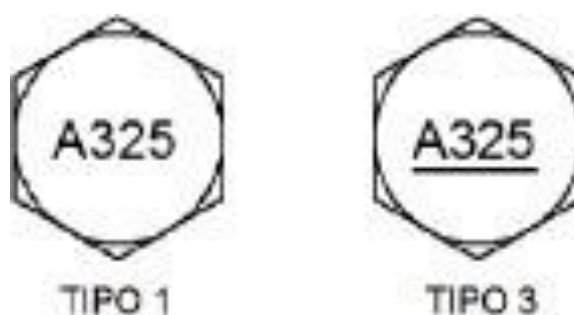


Ilustración 69: División de los pernos A325- grupo 1 y grupo 3

Fuente: Huerta, 2017

B. Longitud de los pernos, tuercas y arandelas

Normalizadas y regidas por el código RCSC, las siguientes son las dimensiones de los tornillos y tuercas de gran resistencia:

Tabla 34

Dimensiones estándares de pernos y tuercas de gran resistencia

Diámetro nominal del perno db, in.	Dimensiones de pernos estructurales de cabeza Hexagonal pesada			Dimensiones de tuercas Hexagonales pesadas	
	Ancho mediante de cara plana f, plg.	Altura H1, plg.	Longitud roscada T, plg.	Ancho mediante de cara plana W, plg.	Altura H2, plg.
1/2	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1 1/16	25/64	1 1/4	1 1/16	39/64
3/4	1 1/4	15/32	1 3/8	1 1/4	47/64
7/8	1 7/16	35/64	1 1/2	1 7/16	55/64
1	1 5/8	39/64	1 3/4	1 5/8	63/64
1 1/8	1 13/16	11/16	2	1 13/16	1 7/64
1 1/4	2	25/32	2	2	1 7/32
1 3/8	2 3/16	27/32	2 1/4	2 3/16	1 11/32
1 1/2	2 3/8	15/16	2 1/4	2 3/8	1 15/32

Fuente: Garzón, C. 2011.

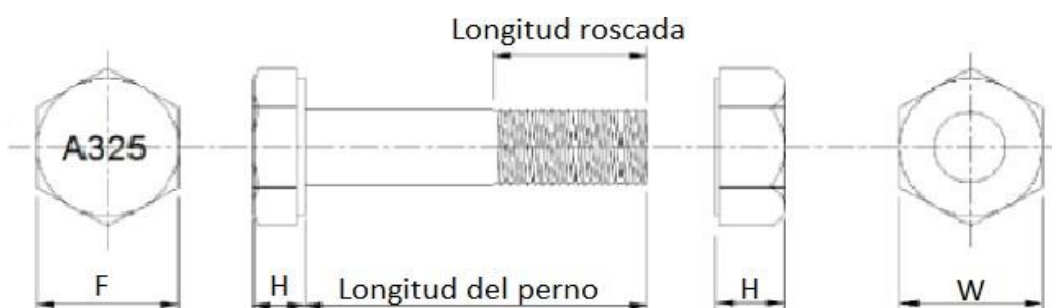


Ilustración 70: Detalle de dimensiones de pernos de elevada resistencia

Fuente: Huerta, 2017

Tabla 35

Dimensiones del perno de 1 1/8"

Und	Dimensiones del perno estructural			Dimensiones de la tuerca		
	Diámetro nominal del perno	Ancho mediante de la cara plana (F)	Altura (H1)	Longitud roscada (T)	Ancho mediante la cara plana (W)	Altura(H2)
in	1 1/8	1 13/16	11/16	2	1 13/16	1 7/64
cm	2.857	4.6	1.746	5.08	4.6	2.818

Fuente: Huerta, L. 2017.

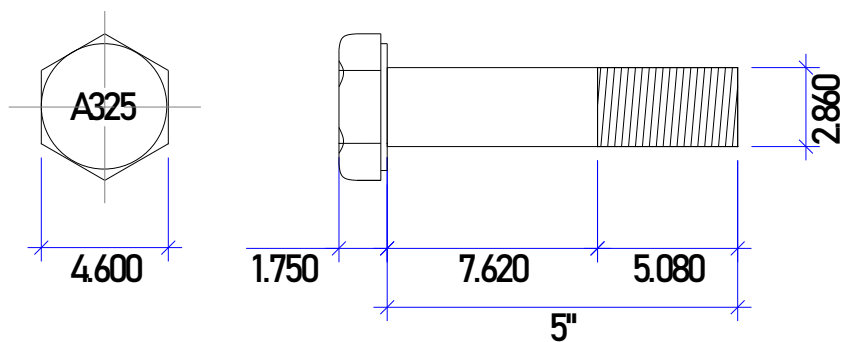


Ilustración 71: Detalle del perno de 1 1/8" en cm.

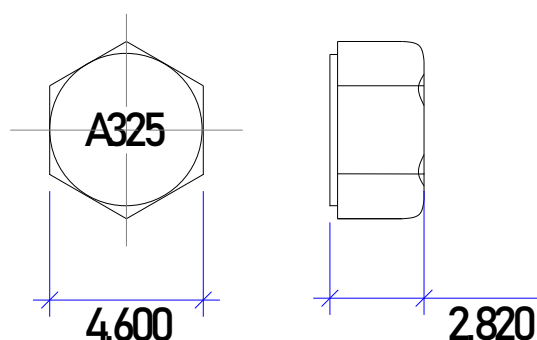
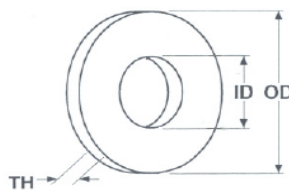


Ilustración 72: Detalle de la tuerca a emplear (cm)

La siguiente tabla detalla las dimensiones estándar del tipo de arandela requerida para usar con pernos de gran resistencia, según lo especificado por la norma ASTM F436.

Tabla 36

Dimensiones estándares de las arandelas (in)



Size	OD	ID	Thickness	
	Nominal	Nominal	Min.	Max.
1/4	.625	.281	.051	.080
5/16	.688	.344	.051	.080
3/8	.813	.406	.051	.080
7/16	.922	.469	.051	.080
1/2	1.063	.531	.097	.177
9/16	1.188	.625	.110	.177
5/8	1.313	.688	.122	.177
3/4	1.468	.813	.122	.177
7/8	1.750	.938	.136	.177
1	2.000	1.063	.136	.177
1 1/8	2.250	1.188	.136	.177
1 1/4	2.500	1.375	.136	.177
1 3/8	2.750	1.500	.136	.177

Fuente: ASTM F436. 2015

Las dimensiones de la arandela son:

Tabla 37

Dimensiones de la arandela para un perno de 1 1/8"

Und	Diámetro nominal del perno	Diámetro exterior (B)	Diámetro interior (A)	Espesor máximo (C máx.)
in	1 1/8	2.25	1.188	0.177
cm	2.857	5.715	3.017	0.449

Fuente: Huerta, L. 2017.

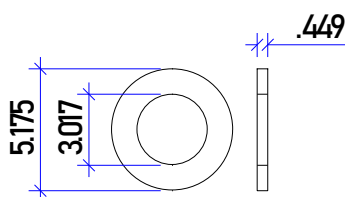


Ilustración 73: Dimensiones de la arandela empleada.

La siguiente tabla se utilizará para determinar la longitud adecuada del perno:

Tabla 38

Incremento adicional al Grip Conforme al diámetro del perno.

Diámetro nominal del perno db, plg.	Para determinar la longitud requerida, añadir al Grip, plg.
1/2	11/16
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
1 3/8	1 3/4
1 1/2	1 7/8

Fuente: Huerta, 2017

El esquema de conexión brazo disipador - metálico es como se observa:

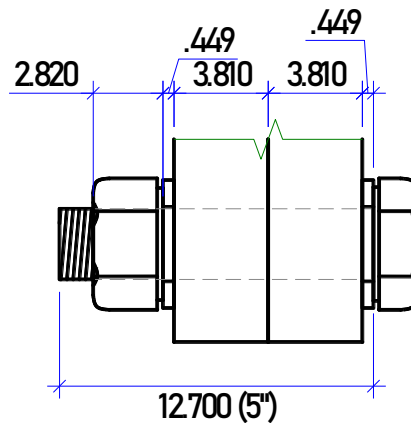


Ilustración 74: Esquema para determinar la longitud del perno

$$\text{Long. Perno} = 2(\text{arandela}) + \text{Planc.} + \text{Grip} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$\text{Long. Perno} = 2(0.449\text{cm}) + 2(3.81\text{cm}) + 3.81\text{cm}$$

$$\text{Long. Perno} = 12.33\text{cm} \text{ ó } 4.85''$$

Luego, se toma el valor comercial:

$$\text{Long. Perno} = 12.70\text{cm} \text{ ó } 5''$$

Finalmente, las medidas del perno serán como se muestra Conforme con la Figura 60.

Los pernos A325 de diámetro 1 1/8" tiene una resistencia a la tracción de al menos 105ksi, entonces la resistencia de diseño de cada uno de ellos es:

$$\phi T_n = \phi * A_b * F_u \quad (\text{Ec. 25})$$

Reemplazando valores en la ecuación 25 tenemos.

$$\phi T_n = 0.75 * (1.125\text{in})^2 * 105 \text{ kip/in}^2$$

$$\phi T_n = 99.67 \text{ kip} = 45.21 \text{ tonnef}$$

Dado que la conexión brazo-fregadero metálico experimenta únicamente esfuerzos axiales y ningún cortante, solo se ensaya la resistencia a las fuerzas de tracción:

$$\phi T_n \geq T_u \quad (\text{Ec. 26})$$

$$\phi T_n = 4\text{pernos} * 45.21 \text{ tonnef/perno} = 180.84 \text{ tonnef}$$

$$180.84\text{tonnef} \geq 37.15\text{tonnef} \quad \mathbf{OK}$$

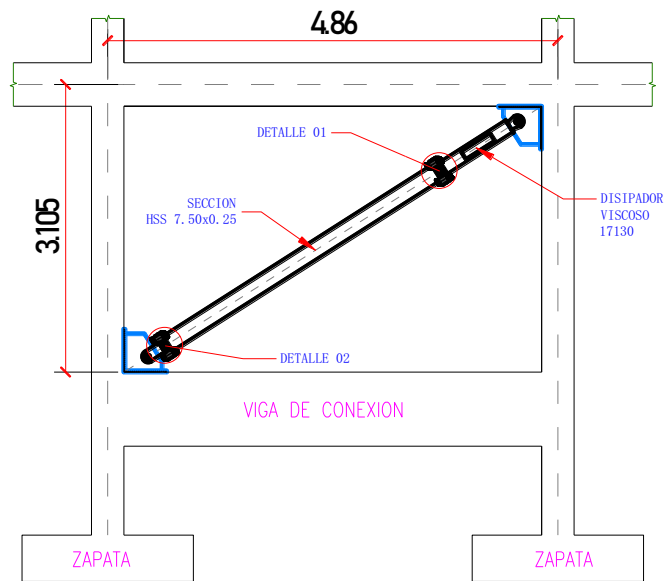


Ilustración 75: Disposición diagonal de los dispositivos

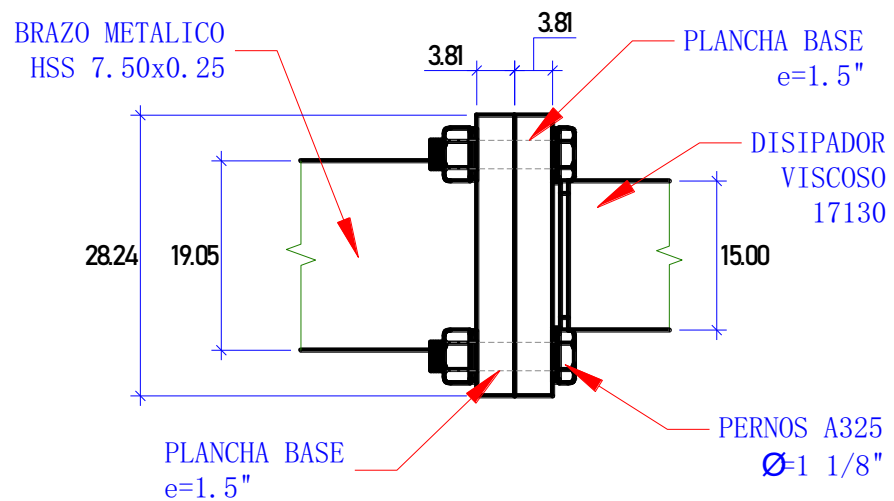


Ilustración 76: Detalle 1 conexión brazo metálico (HSS 7.50x0.25)- Disipador con fluido viscoso Taylor 17130

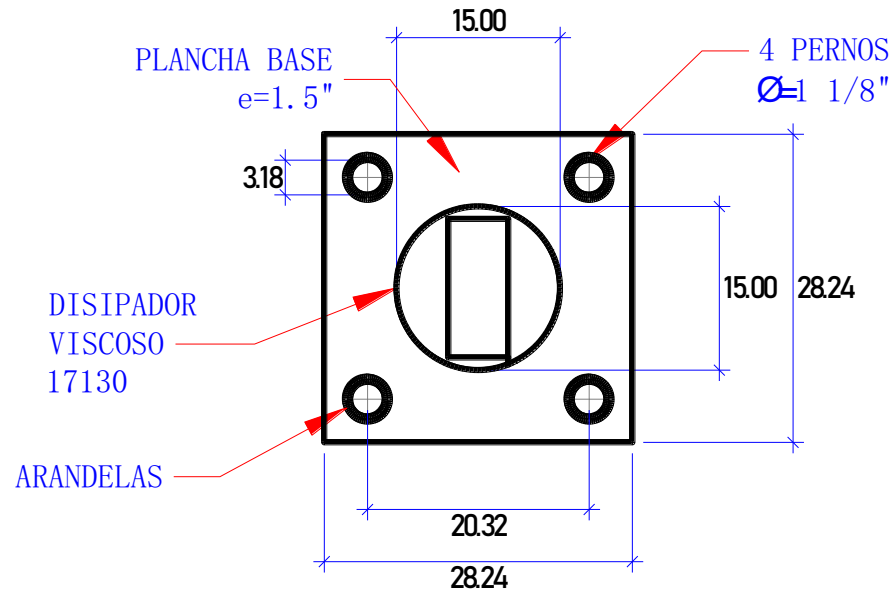


Ilustración 77: Detalle de la unión placa base- disipador de energía

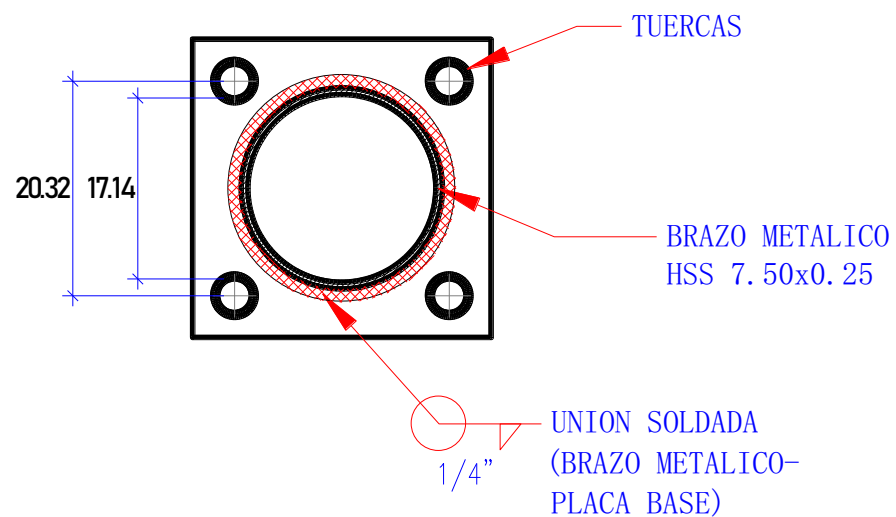


Ilustración 78: Detalle de la unión brazo metálico- Placa base

La placa base del brazo metálico se puede reutilizar ya que las fuerzas que genera son las mismas. Además, la configuración de pernos para la barra de conexión del brazo de metal es la misma que en la Figura 79.

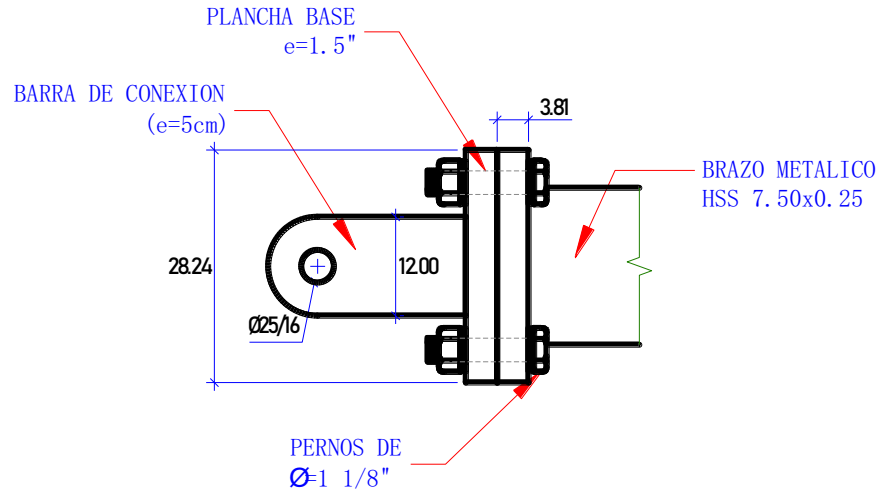


Ilustración 79: Detalle 2 Conexión brazo metálico HSS 7.50x0.25- Barra de conexión.

6.4.3.3. Cálculo del perno de conexión

Las tensiones de cizallamiento altas necesitan un perno con un diámetro grande (1,5"), por lo que investigamos el uso de un perno A490 para sujetar la barra de conexión a los soportes.

Conforme con la Figura 80 se aprecia el esquema general de esta conexión. Conforme con la Figura 81 está claro que se prestó mucha atención a las medidas necesarias para establecer la longitud del perno, ya que esas dimensiones se muestran claramente.

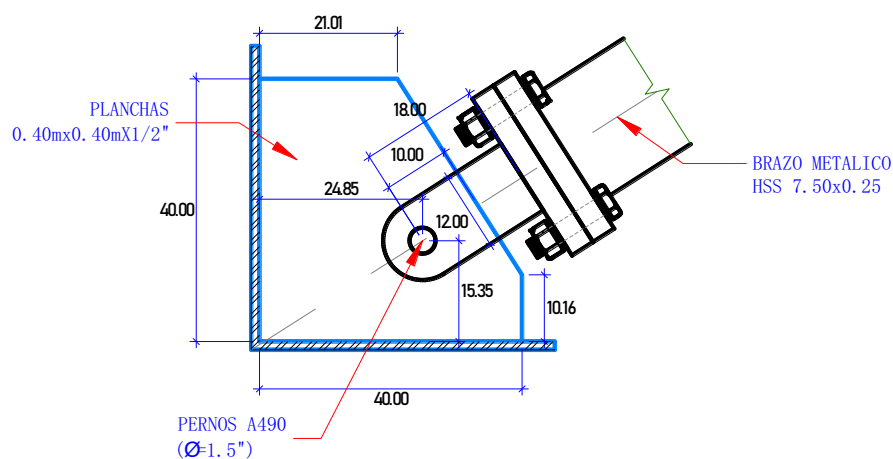


Ilustración 80: Detalle de la conexión inferior Long. Perno

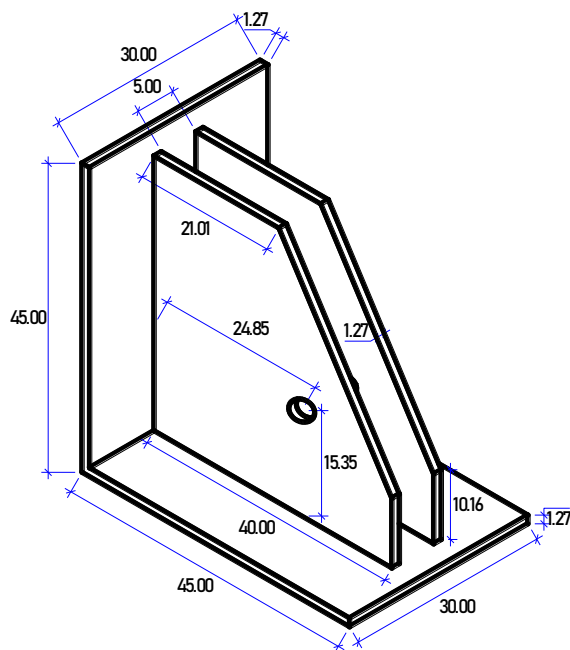


Ilustración 81: Detalle de las cartelas metálicas (cm)

Tabla 39

Dimensiones del perno de 1 1/2"

Und	Diámetro nominal del perno	Dimensiones del perno estructural			Dimensiones de la tuerca	
		Ancho mediante la cara plana (F)	Altura (H1)	Longitud roscada (T)	Ancho mediante la cara plana (W)	Altura (H2)
in	1 ½	2.3/8	15/16	2 ¼	2 3/8	1 15/32
cm	3.81	6.03	2.381	5.73	6.04	3.731

Fuente: Huerta, 2017

Tabla 40

Dimensiones de la arandela para un perno de 1 1/2"

Und	Diámetro nominal del perno	Diámetro exterior (B)	Diámetro interior (A)	Espesor máximo (C máx.)
in	1 ½	3.00	1.625	0.177
cm	3.81	7.62	4.128	0.449

Fuente: Huerta, 2017

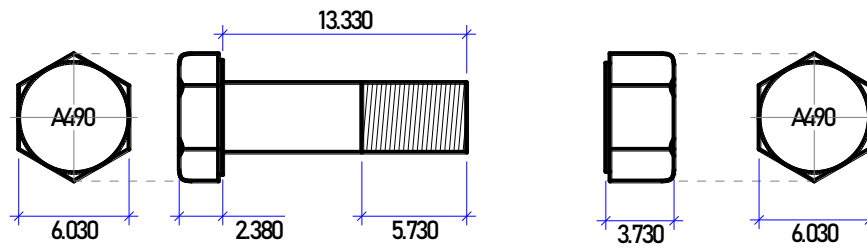


Ilustración 82: Detalle de las dimensiones del perno de 1 1/2"

Verificación por corte:

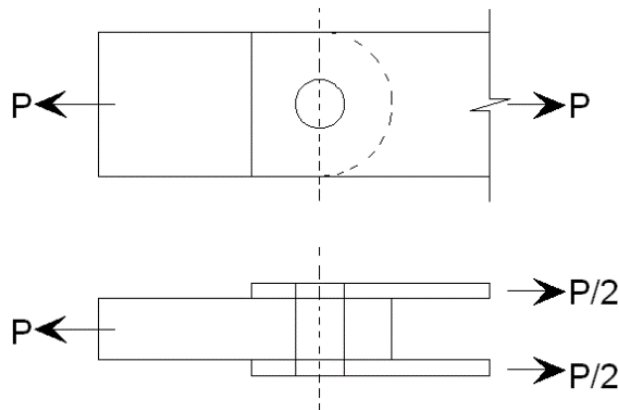


Ilustración 83: Fuerza a la que es sometido el perno (Cortante doble)

Fuente: Huerta, L. 2017.

Esta fórmula describe el esfuerzo cortante máximo que se puede aplicar a un perno estructural:

$$\phi R_n = \phi m F_v ; \phi P_n = \phi R_n A_b n \quad (Ec. 27)$$

Donde:

ϕR_n : Esfuerzo máximo de corte

ϕ : 0.75

m : Numero de planos

F_v : 0.50 F_u (falla en la parte lisa)

F_v : 0.40 F_u (falla en la parte en rosca)

A_b : Área neta transversal del perno a la altura del plano de corte

ϕP_n : Fuerza cortante máxima

n : Numero de pernos

Cuando el perno experimenta cortante simple, "m" es igual a 1, y cuando la conexión experimenta cortante simple y doble, "m" es igual a 2.

El punto de falla más probable en el diseño es la parte roscada del perno. Esto significa que asumimos un $F_v = 0.4 F_u$, porque el F_u de un tornillo A490 es 150Ksi.

El valor de ϕP_n será ser mayor a la carga actuante P_u , que como ya se indicó es igual a 39.18tonnef.

El esfuerzo máximo de corte será:

$$\phi R_n = \phi m F_v$$

$$\phi R_n = (0.75) (2) (0.4 * 150)$$

$$\phi R_n = 90 \text{ Ksi}$$

La fuerza cortante máxima es:

$$\phi P_n = \phi R_n A_b n$$

$$\phi P_n = 90 \frac{\text{Kip}}{\text{in}^2} \left(\frac{\pi * (1.5\text{in})^2}{4} \right) * (1)$$

$$\phi P_n = 159.04 \text{ Kip} = 72.142\text{tonnef}$$

$$\phi P_n = 72.142\text{tonnef} > 39.18\text{tonnef} \text{ OK}$$

Una vez que se conocieron las dimensiones exactas del perno, se pudo construir la barra de conexión para proporcionar un comportamiento suficiente ante el corte.

6.4.3.4. Cálculo de la barra de conexión

La siguiente imagen te da una idea de las dimensiones del elemento metálico.

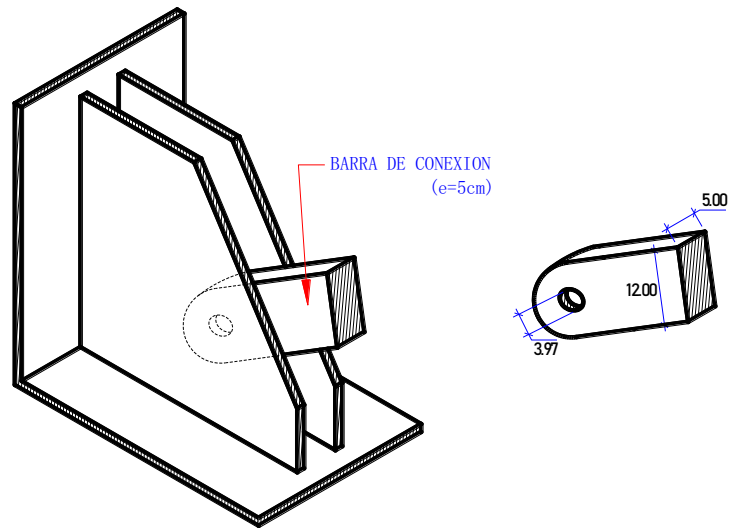


Ilustración 84: Dimensiones de la barra de conexión (cm).

Dado que la barra de conexión es un elemento sometido a tensión, su área bruta de elasticidad y su área neta de fractura deben probarse en circunstancias reales. Las fórmulas para las áreas requeridas de los siguientes elementos deben proporcionar el área máxima para este componente:

Para conocer la fluencia del área bruta

$$A_{g \text{ req}} \geq \frac{Pu}{\phi F_y} \quad (\text{Ec. 28})$$

Donde:

F_y : Esfuerzo de fluencia 36Ksi (Acero A36)

A_g : Área bruta requerida de la sección

ϕ : Factor de resistencia igual a 0.90

Para verificar la fractura del área neta

$$A_{g \text{ req}} \geq \frac{Pu}{u\phi F_u} + A_h \quad (\text{Ec. 29})$$

Donde:

ϕ : Factor de resistencia igual a 0.75

A_h : Área del agujero

A_{greq} : Área bruta requerida de la sección

F_u : Esfuerzo mínimo de ruptura en tensión 58Ksi (Acero A36)

μ : Porcentaje de la sección que trabaja para absorber esfuerzos

Empleando las ecuaciones 28 y 29 tenemos.

$$A_{greq} \geq \frac{P_u}{\phi F_y}$$

El valor de $P_u=39.18$ tonnef o 86.375Kip

$$A_{greq} \geq \frac{86.447Kip}{0.9(36Ksi)}$$

$$A_{greq} \geq 2.6659 \text{ in}^2$$

$$A_{greq} \geq 17.199 \text{ cm}^2$$

$$A_{greq} \geq \frac{P_u}{\phi F_u} + A_h$$

*El diametro del agujero (dh) = ϕ_{perno} + *Agujero Std**

El diametro del agujero (dh) = 1.5"+1/16"

El diametro del agujero (dh) = 1.56"

Espesor del elemento = 5cm ó 1.968in

Se obtiene:

Área del agujero = (1.968) (1.56) = 3.07in²

$$A_{greq} \geq 5.056 \text{ in}^2$$

$$A_{greq} \geq 32.617 \text{ cm}^2$$

El área bruta requerida será igual al mayor valor que se obtuvo, es decir:

$$A_{greq} \geq 32.617 \text{ cm}^2$$

El área bruta que tiene la barra de conexión es:

$$A_g = (5\text{cm}) (12\text{cm})$$

$$A_g = 60\text{cm}^2$$

$$A_g(60\text{cm}^2) > A_{greq}(32.617\text{cm}^2) \quad \text{OK}$$

A continuación, se debe verificar la distancia mínima requerida del perno desde los bordes.

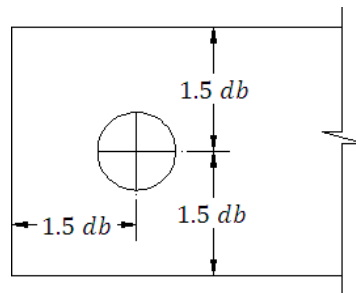


Ilustración 85: Espaciamiento mínimo de un perno con respecto a los bordes

Fuente: Huerta, 2017

En este escenario el perno obtiene un diámetro de 1.5" o 3.81cm; la distancia mínima en relación a los bordes debe ser por lo cual $1.5 (3.81\text{cm}) = 5.715\text{cm}$

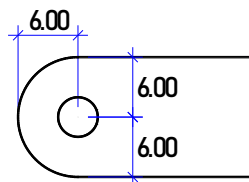


Ilustración 86: Espaciamiento del perno de conexión empleado con respecto a los bordes

Como se aprecia en la imagen 72 el espaciamiento que hay es de $6.00\text{cm} > 5.715\text{cm}$ (ok), se comprueba esta condición.

6.4.3.5. Determinación de los pernos para anclaje

Los pernos de anclaje se diseñaron de acuerdo con los criterios establecidos en el apéndice D de la norma ACI 318-08.

Como puede verse en las imágenes a continuación, esta especificación permite instalar pernos de anclaje antes o después de verter el hormigón.

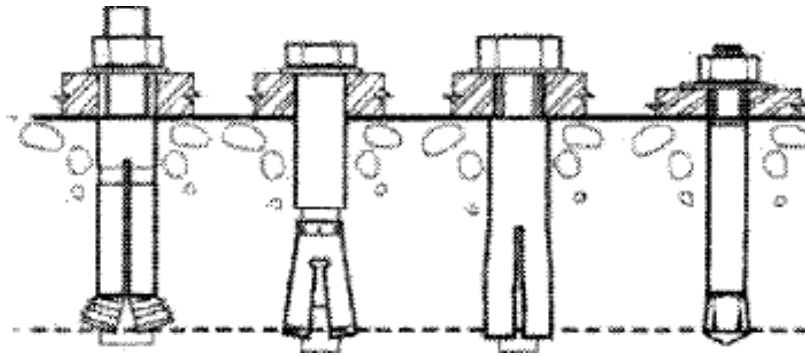


Ilustración 87: Colocación de anclajes previa instalación del concreto

Fuente: Huerta, 2017

Se deben cumplir los siguientes criterios en cuanto a la resistencia de los anclajes:

$$\emptyset Nn \geq Nua \quad (Ec. 30)$$

$$\emptyset Vn \geq Vua \quad (Ec. 31)$$

Donde:

$\emptyset Nn$: Resistencia en el diseño en tracción de un anclaje o grupo de anclajes

$\emptyset Vn$: Resistencia en el diseño en corte de un anclaje o grupo de anclajes

La ecuación D-3 de dicho código se utiliza para calcular la resistencia nominal "Nn" de un solo anclaje o grupo de anclajes bajo tensión.

$$Nn = n * Ase * futa \quad (Ec. 32)$$

Donde:

n : Numero de anclajes en el grupo

Ase : Área transversal efectiva del anclaje en tracción

$futa$: Resistencia especificada a la tracción del acero dl perno de anclaje

Además:

El valor de Ase se calcula con la siguiente expresión:

$$Ase = \frac{M}{4} \left(da - \frac{0.9743}{nt} \right)^2 \quad (Ec. 33)$$

Donde:

nt : Numero de hilos por mm

da : Diámetro exterior del anclaje

Este número a menudo se incluye en las especificaciones técnicas del perno, que se pueden obtener del fabricante.

En relación al valor de f_{uta} , este no deberá ser mayor que el menor de:

860MPa

$1.9(f_{ya})$, donde f_{ya} , f_{uta} , A_{se} estos no pueden asumirse, sino que deben determinarse a partir de los datos técnicos del perno de anclaje.

Para este proyecto se escogieron pernos de expansión Trubolt, producidos por ITW Red Head en Estados Unidos y distribuidos en Perú por CDV Representaciones; fueron elegidos porque tenían acceso a ciertos datos técnicos que facilitaban el proceso de diseño.

Puede ver los requisitos técnicos establecidos por el fabricante para la construcción de estos anclajes en la Tabla 41.

Tabla 41

Especificaciones técnicas para el diseño

TRUBOLT WEDGE ANCHOR DESIGN INFORMATION ^{1,2,3}			Nominal Anchor Diameter									
DESIGN INFORMATION	Symbol	Units	1/4		3/8		1/2		5/8		3/4	
Anchor O.D.	d_o	in	0.250		0.375		0.500		0.625		0.750	
Effective embedment	h_{ef}	in	1-1/2	2	1-3/4	2-5/8	1-7/8	3-3/8	2-1/2	4	3-1/2	4-3/4
Minimum member thickness	h_{min}	in	4	4	4	5	5	6	5	8	6	8
Critical edge distance	c_{ac}	in	3		2-5/8	5-1/4	3-3/4	6-3/4	5	8	7	9
Minimum edge distance	c_{min}	in	1-3/4	1-1/2	2-1/4	2	3-3/4	3-3/4	4-1/4	3-1/4	3-3/4	3-1/2
Minimum anchor spacing	s_{min}	in	1-3/4	1-1/2	2-1/4	2	3-3/4	3-3/4	4-1/4	3-1/4	3-3/4	3-1/2
Min. Specified Yield Strength	f_y	lb/in ²	55,000									
Min. Specified Ultimate Strength	f_{uta}	lb/in ²	75,000									
Effective area	A_{se}	in ²	0.032		0.078		0.142		0.226		0.334	

Trubolt®
Wedge Anchors

Fuente: Huerta, 2017

Los factores " ϕ " que indican una pérdida de resistencia están disponibles a través de los códigos ACI 355.2 y ACI 318 - Apéndice D, o pueden ser proporcionados por el fabricante. La información proporcionada por ITW Red Head incluye:

Tabla 42

Factores de reducción de la resistencia

Tipo de resistencia	Factor de resistencia
Strength reduction factor ϕ for tensión, Steel failure modes	0.75
Strength reduction factor ϕ for shear, Steel failure modes	0.65

Los esfuerzos de tracción y cortante que se ejercen sobre los pernos de anclaje durante un sismo requieren que estos sean de construcción robusta (producto del trabajo realizado en los disipadores de energía). El diseño se basó en las tablas 39 y 40 para los valores de A_{se} , f_{ya} y ϕ , y se ensambló con pernos de 5/8".

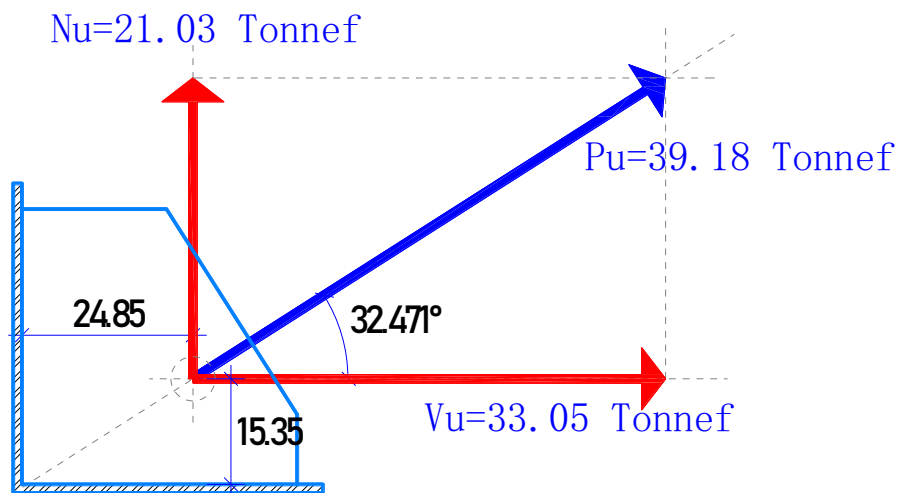


Ilustración 88: Fuerza de tracción (N_u) y corte (V_u) producto de la acción del disipador de energía

A. Verificación de la resistencia a la tracción

$$N_n = n * A_{se} * f_{uta} \quad (Ec. 34)$$

f_{uta} , es el menor entre:

$$860\text{MPa} = 124732.422 \text{ psi}$$

$$f_{ya} = 55000 \text{ psi}$$

$$1.9(f_{ya}) = 1.9(55000 \text{ psi}) = 104500 \text{ psi}$$

Por lo tanto, el valor de *futa* será 104500 psi, luego:

$$Nn = 10 * 0.226in^2 * 104500 lb/in^2$$

$$Nn = 236170 lb = 107.22 tonnef$$

$$\emptyset Nn = 0.75(107.22 tn) = 80.42tonnef$$

$$\emptyset Nn(80.42tonnef) \geq Nua(21.03tonnef) \quad \mathbf{OK}$$

B. Verificación de la resistencia al corte

La ecuación D-20 del código ACI-318-08 se puede utilizar para calcular la resistencia nominal V_n de un solo anclaje o una serie de anclajes sometidos a cargas de corte.

$$V_n = n * 0.6 * A_{se} * f_{uta} \quad (Ec. 35)$$

$$V_n = 10 * 0.6 * 0.226in^2 * 104500 lb/in^2$$

$$V_n = 141702 lb = 64.33 tonnef$$


$$\emptyset V_n = 0.65(64.33tn) = 41.82tonnef$$

$$\emptyset V_n(41.82tonnef) \geq V_{ua}(33.05tonnef) \quad \mathbf{OK}$$

Las longitudes estándar de los pernos se especifican en la Tabla 101, y las dimensiones de los pernos para varios diámetros se muestran en las Tablas 41 y 42. Tenga en cuenta que se utiliza un código de identificación basado en letras (A, B, C, etc.) para realizar un seguimiento de cada longitud (las dos tablas que siguen).

Tabla 43

Dimensiones de los pernos de anclaje por cada diámetro



TRUBOLT WEDGE INSTALLATION INFORMATION												
	Symbol	Units	Nominal Anchor Diameter (in.)									
			1/4		3/8		1/2		5/8		3/4	
Anchor outer diameter	d_o	in	0.25		0.375		0.5		0.625		0.750	
Nominal carbide bit diameter	d_{bit}	in	1/4		3/8		1/2		5/8		3/4	
Effective embedment depth	h_{ef}	in	1-1/2	2	1-3/4	2-5/8	1-7/8	3-3/8	2-1/2	4	3-1/2	4-3/4
Min hole depth	h_o	in	2	2-1/2	2-1/2	3-3/8	2-3/4	4-1/4	3-3/4	5-1/4	4-3/4	6
Min slab thickness	h_{min}	in	4		4	5	5	6	5	8	6	8
Installation torque	T_{inst}	ft-lb	4		25		55		90		110	
Min hole diameter in fixture	d_h	in	5/16		7/16		9/16		11/16		13/16	

Fuente: Huerta, 2017

Tabla 44

Longitud estandarizada de los pernos de anclaje

LENGTH ID MARKING ON ANCHOR HEAD		UNITS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Length of anchor, l_{anch} (inches)	From	inches (mm)	1 1/2 (38.1)	2 (50.8)	2 1/2 (63.5)	3 (76.2)	3 1/2 (88.9)	4 (101.6)	4 1/2 (114.3)	5 (127.0)	5 1/2 (139.7)	6 (152.4)
	Up to, but not including	inches (mm)	2 (50.8)	2 1/2 (63.5)	3 (76.2)	3 1/2 (88.9)	4 (101.6)	4 1/2 (114.3)	5 (127.0)	5 1/2 (139.7)	6 (152.4)	6 1/2 (165.1)

Fuente: Huerta, 2017

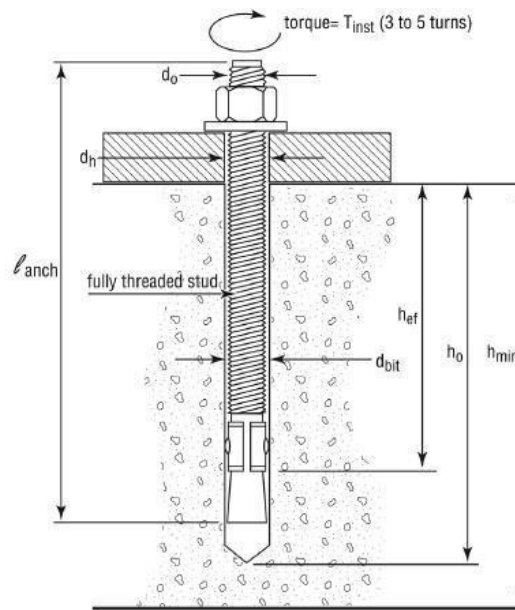


Ilustración 89: Nomenclatura para determinar las dimensiones de los pernos de anclaje.

Fuente: Huerta, 2017

Así, el dimensionamiento del perno de anclaje de 5/8" son las siguientes:

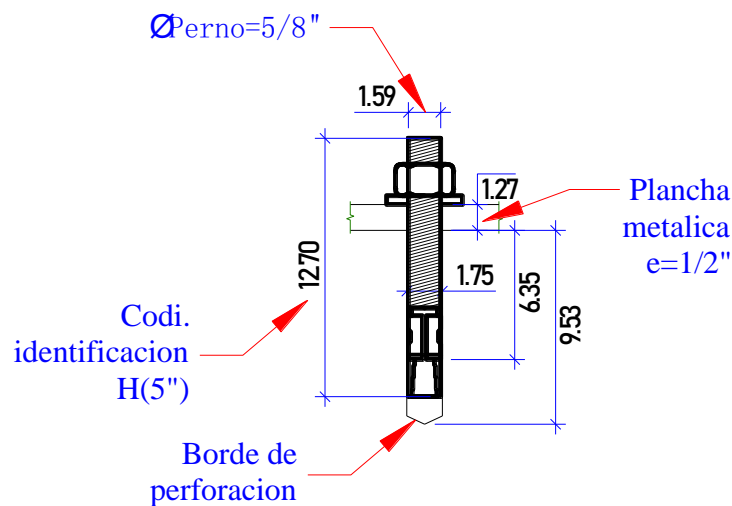


Ilustración 90: Dimensiones finales del perno de 5/8" (cm)

El diámetro de las agujas (d_h) es igual a 11/16", como se muestra en las Imágenes 91 y 92, que representan las vistas plana e isométrica de la rejilla metálica (1.746cm).

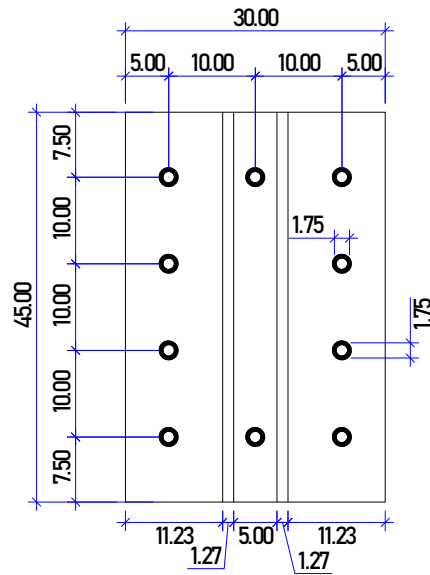


Ilustración 91: Plancha metálica sobre de la cual irán los pernos de anclaje (Vista en planta)

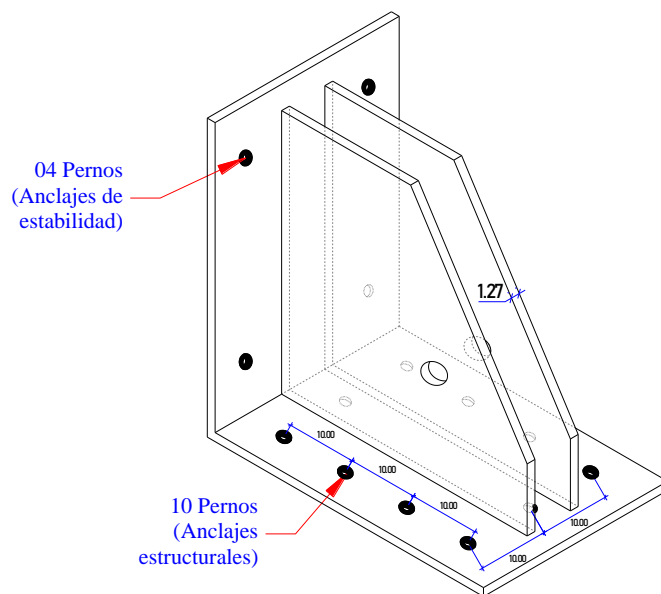


Ilustración 92: Plancha metálica sobre la cual irán los pernos de anclaje (Vista isométrica)

Por último, se debe verificar que la distancia S entre centros de pernos sea:

$$S \geq 6db, \text{ para pernos post - instalados}$$

$$S \geq 6(5/8\text{in})$$

$$S \geq 3.75\text{in} \text{ ó } 9.53\text{cm}$$

El espaciamiento que se tomó en cuenta es de 10cm (ver Imágenes 91 y 92) por lo que se cumple la condición.

6.4.3.6. Detalle definitivo

El detallado final: conexión metálica – estructura de concreto se observa en las siguientes imágenes:

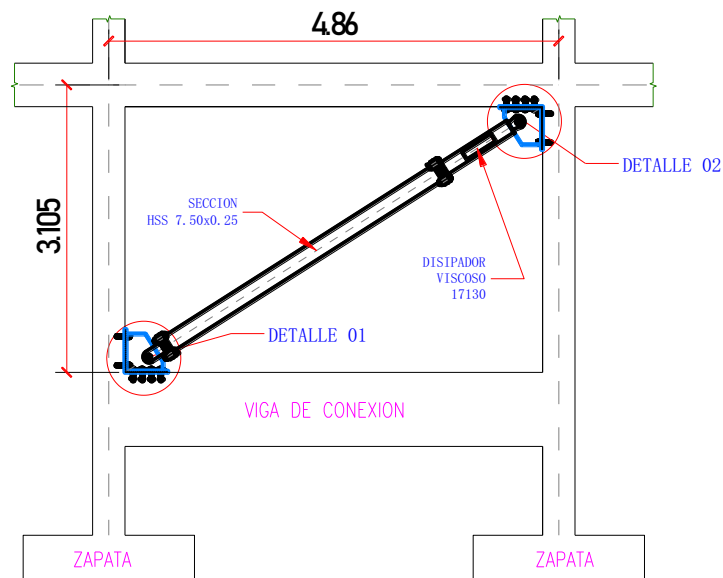


Ilustración 93: Disposición diagonal (Disipadores del 1er nivel)

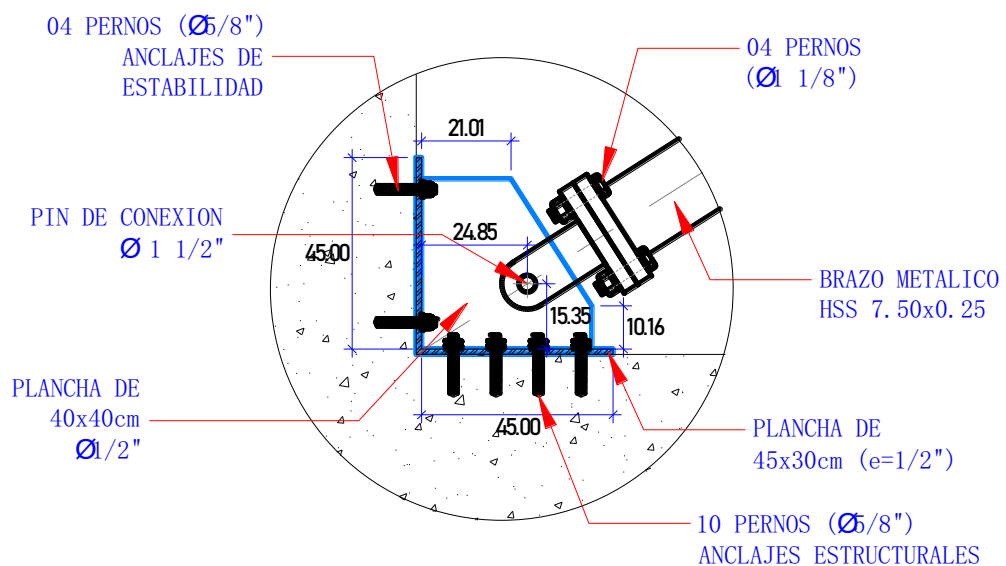


Ilustración 94: Detalle 1 (Conexión brazo metálico – Cartela - Estructura de concreto)

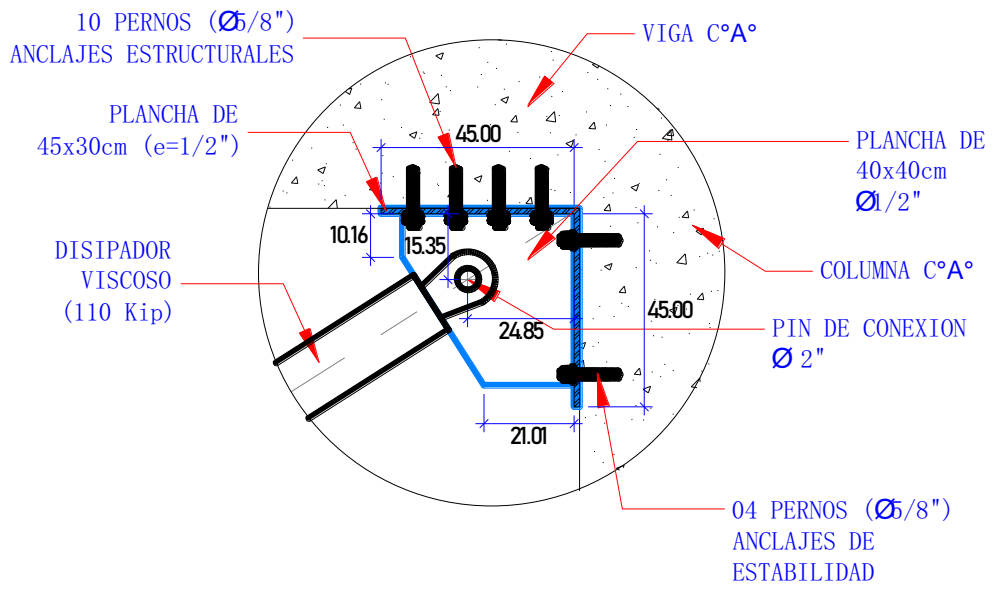


Ilustración 95: Detalle 2 (Conexión: Disipador – Cartela – Estructura de concreto)

CAPITULO VII:

ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la investigación comparando el edificio con y sin disipadores de energía en términos de desplazamientos, derivas, aceleraciones, etc.

7.1. desplazamiento de los centros de masa

Los disipadores de energía viscosos, como se muestra en las Tablas 45 y 46, pueden reducir los desplazamientos hasta en un 16,04 % en la dirección X-X y en un 53,82 % en la dirección Y-Y, y la mayor reducción se produce en el primer nivel.

Tabla 45

Porcentaje de reducción de los desplazamientos máximos en los C.M. de cada piso X-X

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	0.00
Story1	1.4963	1.2563	16.04%
Story2	2.4110	2.0685	14.21%
Story3	3.1727	2.8145	11.29%
Story4	3.7476	3.4161	8.85%
Story5	4.0935	3.7951	7.29%

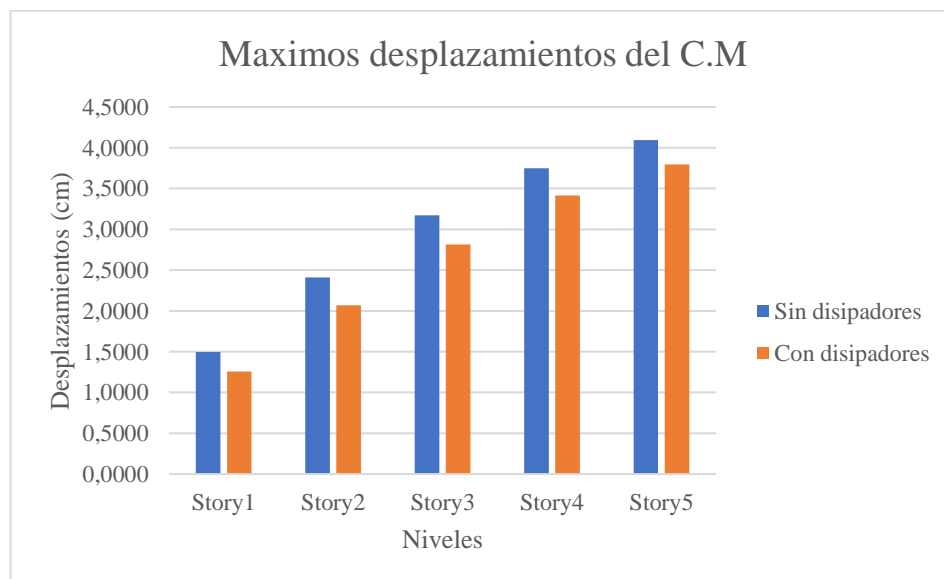
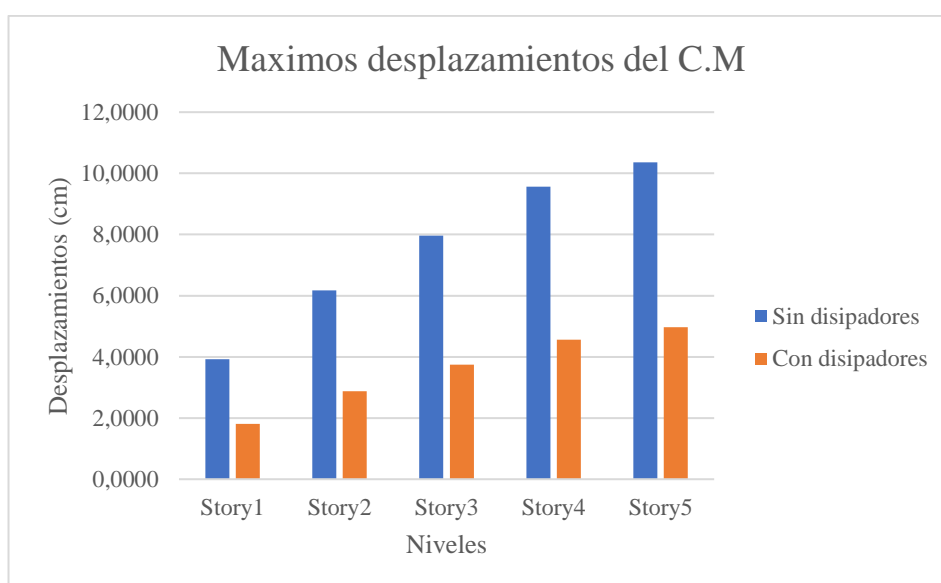


Ilustración 96: Desplazamientos máximos del C.M. en cada nivel, dirección X-X

Tabla 46*Porcentaje de reducción de los desplazamientos máximos en los C.M. de cada piso*

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	
Story1	3.9214	1.8109	53.82%
Story2	6.1772	2.8727	53.50%
Story3	7.9664	3.7458	52.98%
Story4	9.5647	4.5582	52.34%
Story5	10.3548	4.9670	52.03%

**Ilustración 97:** Desplazamientos máximos del C.M. en cada nivel, dirección Y-Y

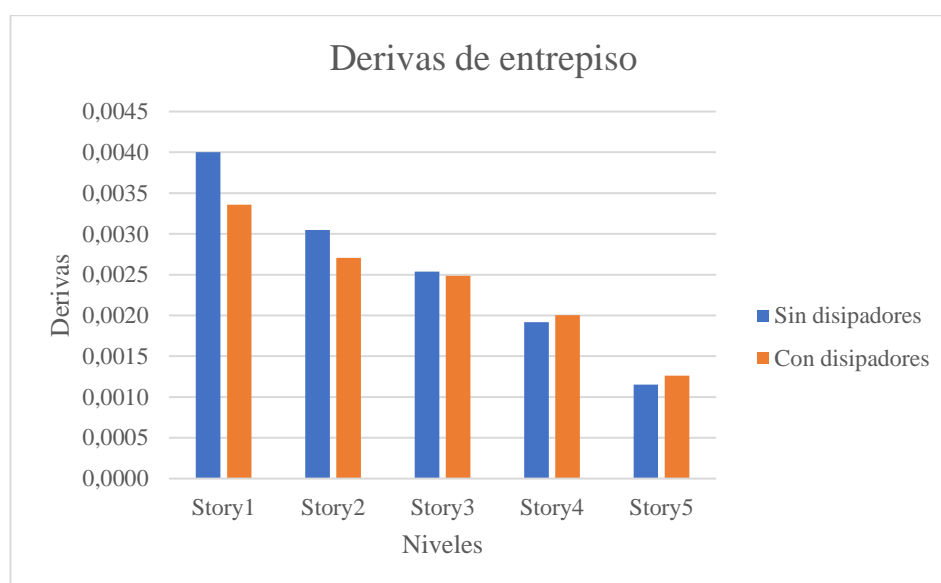
7.2. Derivas de entrepiso

Como se muestra en la Tabla 47 y la Figura 98, las derivas entre pisos se redujeron hasta en un 16,04 % a lo largo del eje X y hasta en un 53,82 % a lo largo del eje Y; la mayor deriva de la estructura en el eje Y sin disipadores de energía es de 0,0105, mientras que la misma deriva se reduce a 0,0048 con disipadores de energía viscosos, cifra inferior a la deriva predicha (0,0050) estimada para el diseño de disipadores de energía.

Tabla 47

Porcentaje de reducción de las derivas de entrepiso en el eje X-X.

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	0.00
Story1	0.0040	0.0034	16.04%
Story2	0.0030	0.0027	11.21%
Story3	0.0025	0.0025	2.06%
Story4	0.0019	0.0020	-4.64%
Story5	0.0012	0.0013	-9.57%

**Ilustración 98:** Derivas de entrepiso, en la dirección X-X**Tabla 48**

Porcentaje de reducción de las derivas de entrepiso en el eje Y-Y.

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	
Story1	0.0105	0.0048	53.82%
Story2	0.0075	0.0035	52.93%
Story3	0.0060	0.0029	51.20%
Story4	0.0053	0.0027	49.17%
Story5	0.0026	0.0014	48.26%

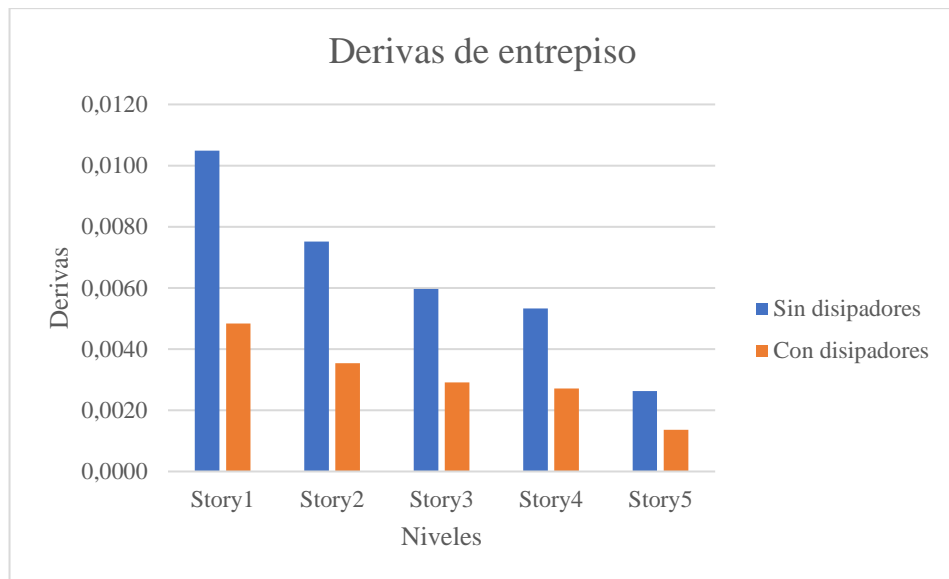


Ilustración 99: Derivas de entrepiso, en la dirección Y-Y

7.3. Esfuerzos máximos en los elementos estructurales

Al calcular las fuerzas internas (fuerza axial, fuerza cortante y momento de flexión) en una de las columnas de apoyo a lo largo de cada eje de aplicación de los disipadores de energía con fluido viscoso, se deben considerar varios factores. Cabe señalar que estas fuerzas aún no están reducidas por $R_x=2.25$ y $R_y=1.69$, pero que solo se desea mostrar las variaciones porcentuales, entonces no será necesario realizar la reducción.

7.3.1. Evaluación de fuerzas axiales

Tabla 49

Porcentaje de Variación de las Fuerzas axiales en la Columna eje 1-A

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	0.00
Story1	329.1482	169.7098	48.44%
Story2	150.0897	84.1160	43.96%
Story3	93.7313	48.2047	48.57%
Story4	41.2348	18.2279	55.79%
Story5	7.7574	2.7975	63.94%

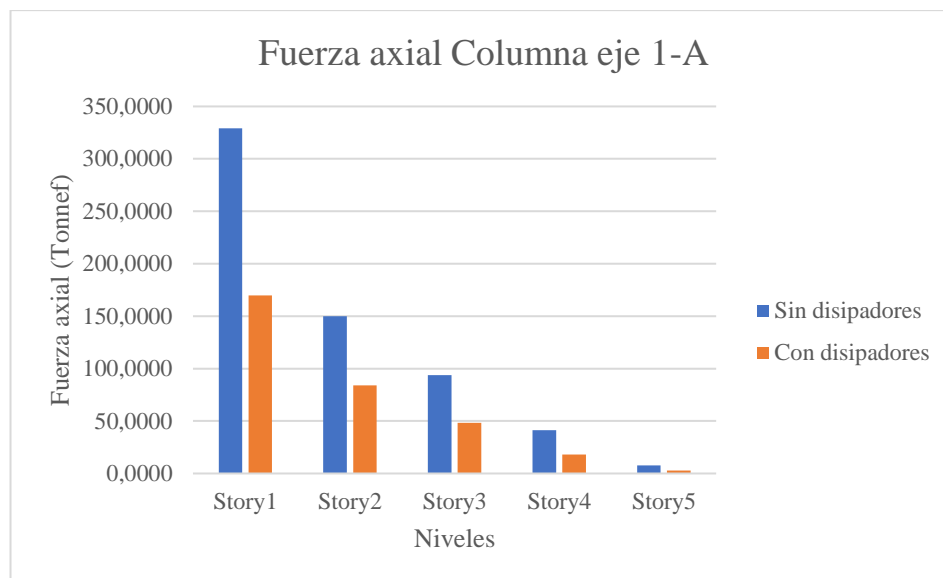


Ilustración 100: Reducción de Fuerzas Axiales en la Columna

7.3.2. Evaluación de fuerzas Cortantes

Tabla 50

Porcentaje de Reducción de las Fuerzas Cortantes en la Columna eje local 2-2

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	
Story1	22.4044	19.9452	10.98%
Story2	6.5447	7.0074	-7.07%
Story3	6.4876	6.7492	-4.03%
Story4	4.5443	4.3997	3.18%
Story5	1.7372	1.3834	20.37%

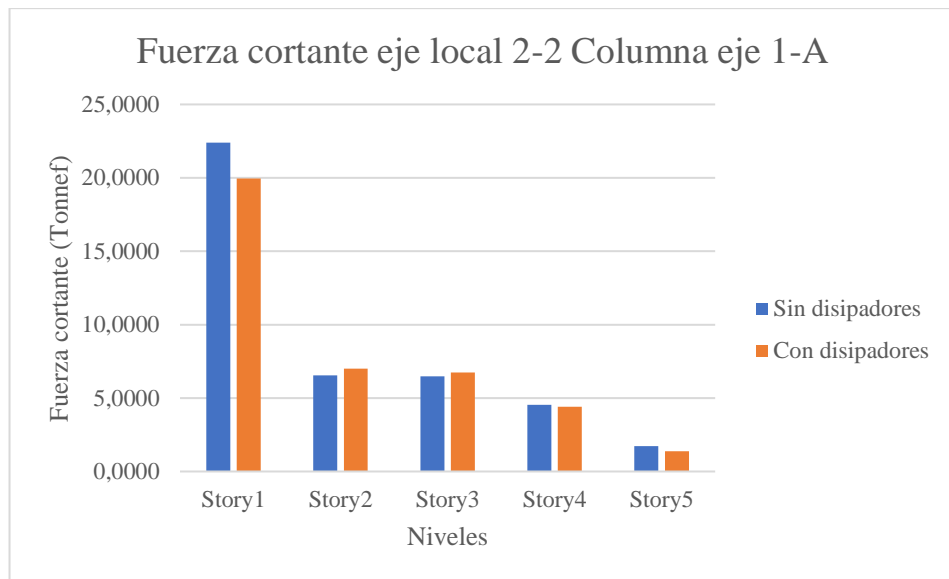


Ilustración 101: Reducción de Fuerzas Cortantes

Tabla 51

Porcentaje de Variación de las Fuerzas Cortantes en la Columna eje local 3-3

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	
Story1	24.3501	12.9473	46.83%
Story2	6.8531	3.9935	41.73%
Story3	6.3817	3.5422	44.49%
Story4	4.0117	1.8427	54.07%
Story5	1.2086	1.3901	-15.02%

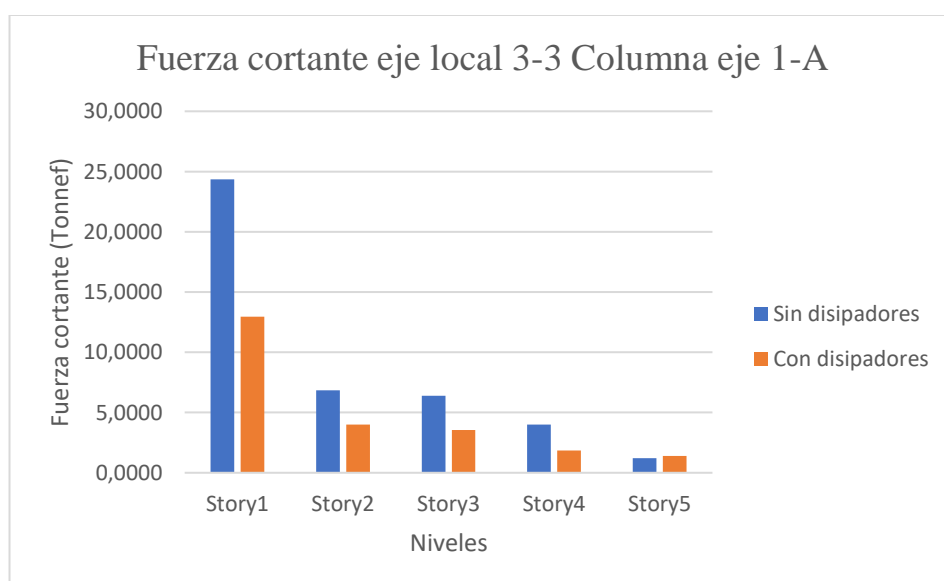


Ilustración 102: Reducción de Fuerzas Cortantes

7.3.3. Evaluación de momentos flectores

Tabla 52

Porcentaje de Variación del Momento Flector en la Columna eje local 2-2

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	
Story1	18.9695	10.0645	46.94%
Story2	4.2451	2.4507	42.27%
Story3	4.2286	2.3228	45.07%
Story4	2.5829	1.1344	56.08%
Story5	0.9750	1.0315	-5.79%

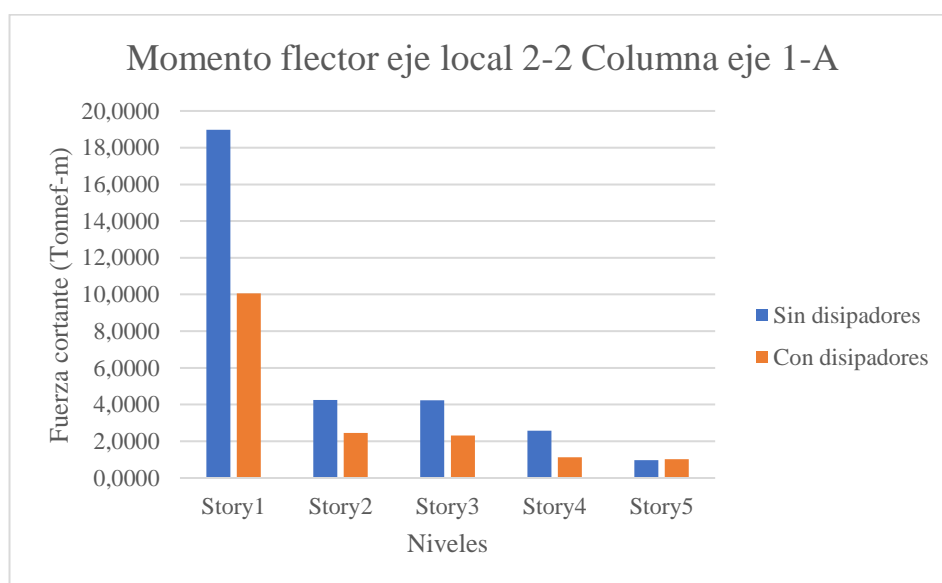


Ilustración 103: Reducción del Momento Flector en la Columna

Tabla 53

Porcentaje de Variación del Momento Flector en la Columna eje local 3-3

NIVEL	Sin disipadores	Con disipadores	% de Reducción
Base	0.0000	0.0000	
Story1	18.9146	16.8819	10.75%
Story2	4.4263	4.7110	-6.43%
Story3	4.6289	4.7932	-3.55%
Story4	3.1423	2.9954	4.67%
Story5	1.0377	0.6692	35.51%

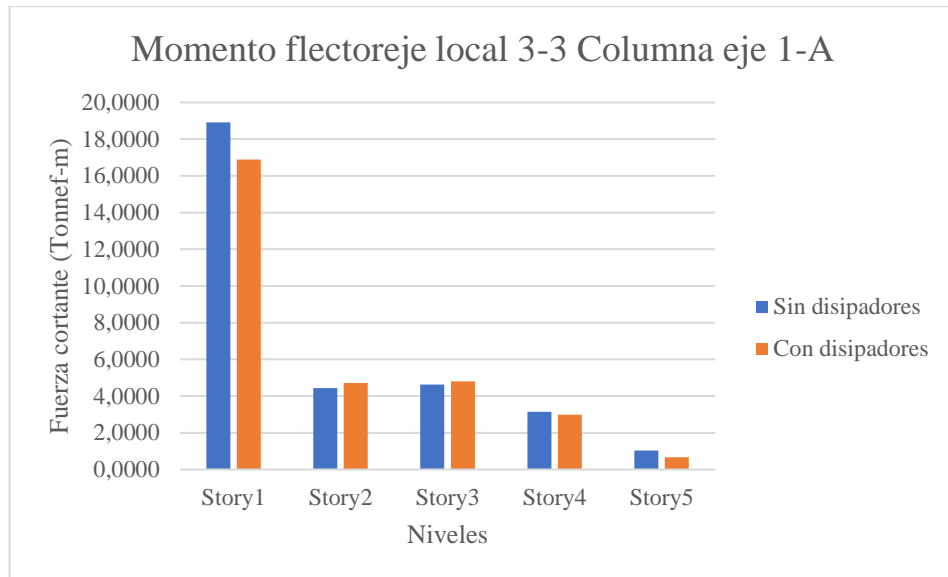


Ilustración 104: Reducción del Momento Flector en la Columna

7.3.4. Periodos de vibración y modos de la estructura

Una comparación de los tiempos de vida de la estructura con y sin disipadores con fluido viscoso se puede ver en las Tablas 54 y 55, respectivamente, se observa una variación significativa solamente en el primer modo de vibración.

Tabla 54

Periodos de Vibración de la Estructura sin Disipadores de Energía

Case	Modo	Periodo
Modal	1	0.688
Modal	2	0.361
Modal	3	0.284
Modal	4	0.222
Modal	5	0.126
Modal	6	0.119
Modal	7	0.096
Modal	8	0.095
Modal	9	0.094
Modal	10	0.093
Modal	11	0.093
Modal	12	0.093
Modal	13	0.092
Modal	14	0.092
Modal	15	0.091

Tabla 55

Periodos de Vibración de la Estructura con Disipadores de Energía

Case	Modo	Periodo
Modal	1	0.529
Modal	2	0.361
Modal	3	0.278
Modal	4	0.171
Modal	5	0.119
Modal	6	0.100
Modal	7	0.094
Modal	8	0.094
Modal	9	0.093
Modal	10	0.093
Modal	11	0.093
Modal	12	0.093
Modal	13	0.092
Modal	14	0.091
Modal	15	0.090

7.3.5. Energía del sistema

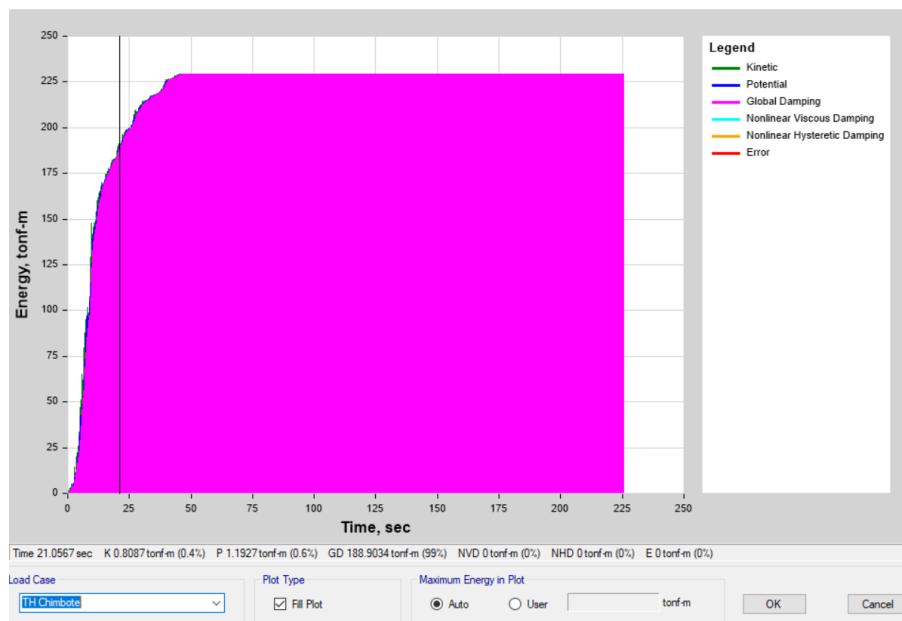


Ilustración 105: Energía del sistema sin disipadores

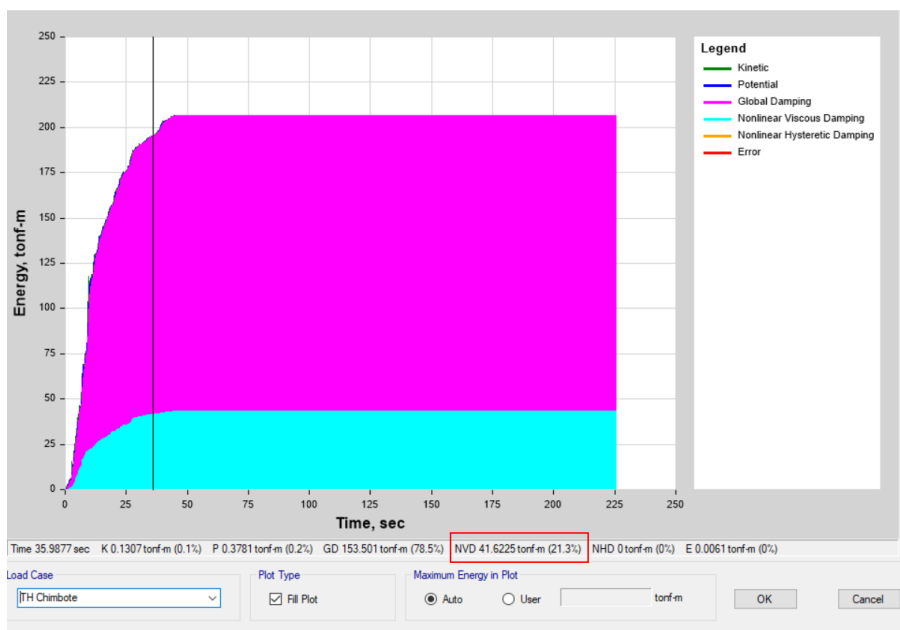


Ilustración 106: Energía del sistema con disipadores

En las imágenes 105 y 106 se muestran la energía del sistema, donde se puede verificar que los disipadores sísmicos toman hasta el 21.30% de la energía acumulada.

7.3.6. Piso blando

Tabla 56

Análisis de irregularidad Piso Blando X-X (Sin disipadores)

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I		Verificación de Irregularidad	
		(Ki /Ki+1)	Caso II (Ki /xKi+3)	Caso I	Caso II
Story5	28,682.77	-	-	-	-
Story4	35,719.67	1.25	-	Regular	-
Story3	36,845.72	1.03	-	Regular	Regular
Story2	35,824.42	0.97	1.06	Regular	Regular
Story1	23,523.45	0.66	0.65	Irregular	Irregular
0	0.00	-	-	-	-

Tabla 57*Análisis de irregularidad Piso Blando Y-Y (Sin disipadores)*

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (Ki /Ki+1)	Caso II (Ki /xKi+3)	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
Story5	7,920.51	-	-	-	-
Story4	7,713.27	0.97	-	Regular	-
Story3	8,619.62	1.12	-	Regular	Regular
Story2	7,860.53	0.91	0.97	Regular	Regular
Story1	5,788.31	0.74	0.72	Regular	Irregular
0	0.00	-	-	-	-

Tabla 58*Análisis de irregularidad Piso Blando X-X (Con disipadores)*

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (Ki /Ki+1)	Caso II (Ki /xKi+3)	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
Story5	26,155.27	-	-	-	-
Story4	34,237.39	1.31	-	Regular	-
Story3	37,510.86	1.10	-	Regular	Regular
Story2	40,113.32	1.07	1.23	Regular	Regular
Story1	27,758.33	0.69	0.74	Irregular	Irregular
0	0.00	-	-	-	-

Tabla 59*Análisis de irregularidad Piso Blando Y-Y (Con disipadores)*

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (Ki /Ki+1)	Caso II (Ki /xKi+3)	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
Story5	8,859.53	-	-	-	-
Story4	9,105.14	1.03	-	Regular	-
Story3	10,937.70	1.20	-	Regular	Regular
Story2	10,196.83	0.93	1.06	Regular	Regular
Story1	6,751.03	0.66	0.67	Irregular	Irregular
0	0.00	-	-	-	-

Tabla 60*Porcentaje de variación X-X*

Sin disipadores		Con disipadores		Verificación Caso I	Verificación Caso II
-	-	-	-	-	-
1.25	-	1.31	-	4.86%	-
1.03	-	1.10	-	5.85%	-
0.97	1.06	1.07	1.23	9.08%	15.80%
0.66	0.65	0.69	0.74	5.11%	14.34%

Se observa un ligero crecimiento hasta un 9.08% para el caso I en el segundo nivel y hasta 15.80% para el caso II, de la cual se concluye que con la inclusion de disipadores sismicos no se puede contrarrestar el problema de piso blando, pero se puede lograr el control en funcion de derivas dependiendo del sistema estructural.

Tabla 61*Porcentaje de variación Y-Y*

Sin disipadores		Con disipadores		Verificación Caso I	Verificación Caso II
-	-	-	-	-	-
0.97	-	1.03	-	5.24%	-
1.12	-	1.20	-	6.97%	-
0.91	0.97	0.93	1.06	2.18%	8.86%
0.74	0.72	0.66	0.67	-11.22%	-6.69%

Se observa un ligero decremento hasta un 11.22% para el caso I en el segundo nivel y hasta 6.69% para el caso II, de la cual se concluye que con la inclusion de disipadores sismicos no se puede contrarrestar el problema de piso blando, pero se puede lograr el control en funcion de derivas dependiendo del sistema estructural.

7.3.7. Comportamiento histerético del disipador sísmico

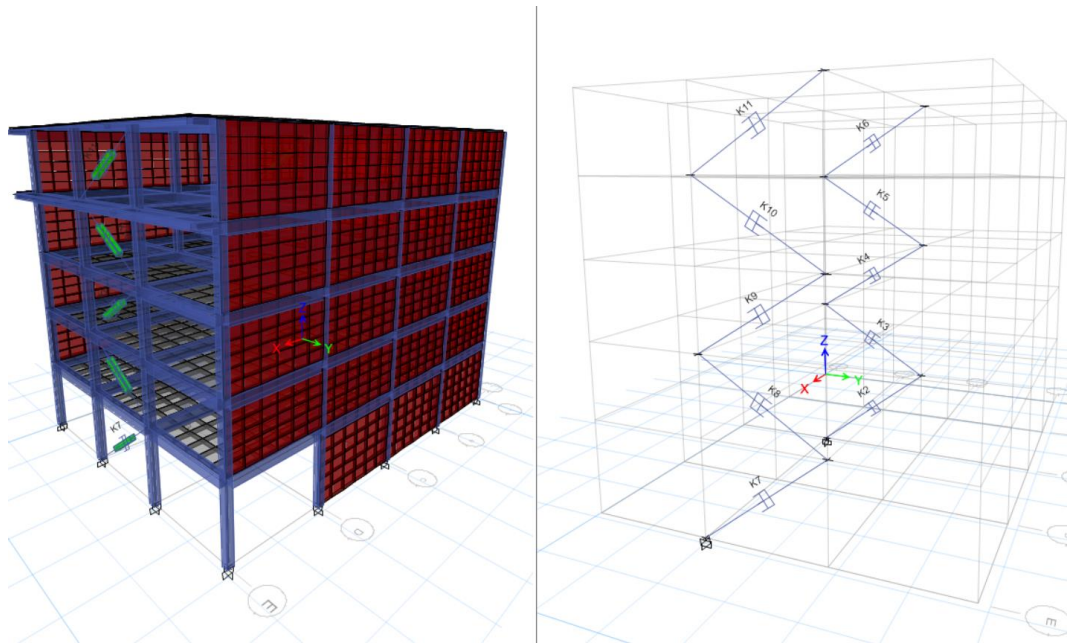


Ilustración 107: Ubicación y descripción de disipadores

Según recomendación del Dr. Genner Villarreal, para el buen funcionamiento del disipador sísmico con fluido viscoso se debe tener una deformación máxima de 5cm en la curva histerética del elemento tipo Link.

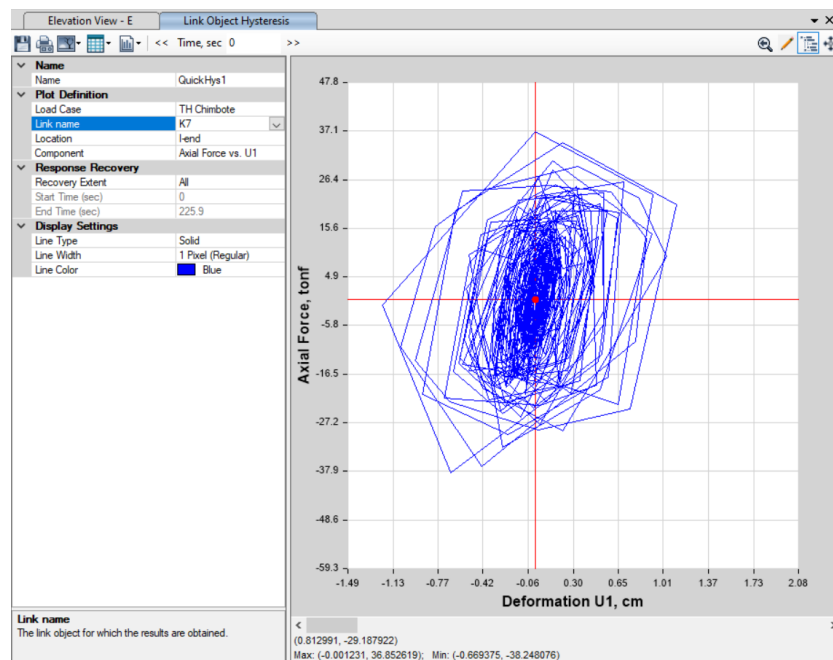


Ilustración 108: Curva histéresis del disipador K7 (máxima deformación -1.22cm)

CAPITULO VIII:

CONTRASTACION DE HIPOTESIS

Se verifica la hipótesis “El comportamiento estructural de las edificaciones de la avenida Luzuriaga-Huaraz, es más eficiente cuando se adiciona el disipador sísmico con fluido viscoso. Realizando una respuesta a la hipótesis planteada se define **como no valida** ya que aun cuando se realiza la inclusión de los disipadores sísmicos no se puede contrarrestar el problema de piso blando, pero se logra una respuesta que tiene un mejor comportamiento estructural como se verifica en la disminución de las derivas de entrepisos, fuerzas cortantes, momentos flectores, Disipación de energía, periodo de vibración en el primer modo, etc. A comparación de la estructura en su estado actual.

- ✓ Al incorporar disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz se aumenta la rigidez lateral de la estructura, pero no contrarresta el inconveniente de piso blando en el primer nivel como se muestra en las tablas 58 y 59 ya que en la dirección X y Y del primer nivel existe una rigidez lateral inferior al 70% del entrepiso inmediato superior (Caso I) e inferior al 80% de los tres entrepisos superiores adyacentes (Caso II).
- ✓ Los disipadores sísmicos con fluido viscoso al ser incorporados en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz toman hasta el 21.30% de la energía sísmica como se muestra en la ilustración 106, se comprueba que no ha sido necesario superar el 25.00% de disipación de energía para lograr el comportamiento aceptable de la estructura.
- ✓ Al incorporar disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz se reduce hasta en un 53.82% las distorsiones de entrepiso de la estructura tal como se muestra en la tabla 46.
- ✓ Al incorporar disipadores sísmicos con fluido viscoso en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz se reduce el periodo del primer modo de vibración hasta un 23.11% del periodo de vibración de la estructura como se muestran en las tablas 52 y 53, obteniendo un valor cercano a lo propuesto en la hipótesis.

CONCLUSIONES

1. Comportamiento de la edificación en su estado actual (sin la incorporación de los disipadores sísmicos con fluido viscoso).

- ✓ La edificación presenta un sistema estructural mixto una combinación entre pórticos y muros de mampostería, para este caso se usó un coeficiente reducción sísmica $R=3$ en los ejes X y Y.
- ✓ La edificación presunta irregularidad en planta y altura en ambas direcciones de análisis ($I_p=I_a=0.75$).
- ✓ El peso sísmico de la edificación es de $P=1392.63$ Tonnef. Y la cortante basal de 830.01 Tonnef en ambas direcciones.
- ✓ Las derivas inelásticas estáticas superan al máximo reglamentario (0.005 para sistemas compuestos de mampostería) en ambas direcciones de análisis 0.0071 en X y 0.0305 en dirección Y.
- ✓ Las derivas inelásticas del análisis modal espectral en la dirección X si cumple con el requisito del reglamento, pero en la dirección Y se presenta un valor de 0.0133 misma que supera el límite máximo de la norma E0.30 (0.005 para sistemas compuestos de mampostería).
- ✓ El periodo en el modo 01 tiene un valor de $T=0.688$ seg.
- ✓ Las rotulas plásticas toman hasta 225.00 Tonnef-m de la energía del sistema, esta representa casi el 100% de la energía de la estructura.
- ✓ La rigidez lateral (Caso I) del primer nivel en la dirección X presenta un valor del 66% comparado con el segundo nivel, de este modo se verifica que es menor al mínimo reglamentario (70%).
- ✓ La rigidez lateral (Caso II) del primer nivel en la dirección X presenta un valor del 65% con respecto al promedio los tres niveles adyacentes superiores, de este modo se verifica que es menor al mínimo reglamentario (80%).
- ✓ La rigidez lateral (Caso I) del primer nivel en la dirección Y presenta un valor del 74% comparado con el segundo nivel, de este modo se verifica que es mayor al mínimo reglamentario (70%).
- ✓ La rigidez lateral (Caso II) del primer nivel en la dirección Y presenta un valor del 72% con respecto al promedio los tres niveles adyacentes superiores, de este modo se verifica que es menor al mínimo reglamentario (80%).

- ✓ El desplazamiento máximo acumulado de entrepiso en la dirección X presenta un valor de 4.0935cm y 10.3548cm en la dirección Y.
- ✓ Las derivas inelásticas del análisis dinámico Tiempo Historia en la dirección X si cumple con el requisito del reglamento, pero en la dirección Y se presenta un valor de 0.0105 misma que supera el límite máximo de la norma E0.30 (0.005 para sistemas compuestos de mampostería).

2. Comportamiento de la edificación incluido el reforzamiento (con la incorporación de los disipadores sísmicos con fluido viscoso).

- ✓ El periodo en el modo 01 tiene un valor de $T=0.529$ seg.
- ✓ Los disipadores sísmicos toman hasta 41.6225Tonnesf-m de la energía del sistema, esta representa el 21.30% de la energía del sistema.
- ✓ La rigidez lateral (Caso I) del primer nivel en la dirección X presenta un valor del 69% comparado con el segundo nivel, de este modo se verifica que es menor al mínimo reglamentario (70%).
- ✓ La rigidez lateral (Caso II) del primer nivel en la dirección X presenta un valor del 74% con respecto al promedio los tres niveles adyacentes superiores, de este modo se verifica que es menor al mínimo reglamentario (80%).
- ✓ La rigidez lateral (Caso I) del primer nivel en la dirección Y presenta un valor del 66% comparado con el segundo nivel, de este modo se verifica que es mayor al mínimo reglamentario (70%).
- ✓ La rigidez lateral (Caso II) del primer nivel en la dirección Y presenta un valor del 67% con respecto al promedio los tres niveles adyacentes superiores, de este modo se verifica que es menor al mínimo reglamentario (80%).
- ✓ De los 04 ítems anteriores se concluye que con la inclusión de disipadores sísmicos no se puede contrarrestar el problema de piso blando en las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.
- ✓ El desplazamiento máximo acumulado de entrepiso en la dirección X presenta un valor de 3.7951cm y 4.9670cm en la dirección Y.
- ✓ Las derivas inelásticas del análisis dinámico Tiempo Historia en ambas direcciones cumplen con el requisito del reglamento, obteniéndose derivas máximas de 0.0034 y 0.0048 en la dirección X y Y respectivamente, de esta manera se está logrando un buen comportamiento estructural de las edificaciones de la Av. Luzuriaga-Huaraz.

- ✓ Finalmente se concluye que con la incorporación de disipadores sísmicos con fluido viscoso se logra un comportamiento estructural óptimo de las edificaciones en la Av. Luzuriaga ya que estas se presentan el problema de piso blando, esta incorporación hace que los elementos estructurales desarrollen esfuerzos en el rango inelástico de manera dúctil, sin llegar al colapso.

3. Resultados del diseño estructural de los elementos metálicos de los disipadores sísmicos con fluido viscoso.

- ✓ Luego de varias iteraciones y salvaguardando la configuración arquitectónica de la edificación se logra que la mejor alternativa para la ubicación de los dispositivos en la dirección Y, en los ejes C y F en todos los niveles.
- ✓ El amortiguamiento máximo objetivo es 0.005 (para lograr un nivel de daño moderado, como indica la metodología HAZUS).
- ✓ La rigidez de brazo metálico utilizado es $K=14,648.42\text{Tonnef/m}$.
- ✓ El coeficiente de amortiguamiento calculado después de varias iteraciones es $C=100.00\text{Tonnef.seg/m}$.
- ✓ En el primer nivel del eje E se presenta las máximas fuerzas Axiales 364.40KN y 384.35KN para tracción y compresión respectivamente.
- ✓ De acuerdo a los requerimientos de las fuerzas axiales el disipador con fluido viscoso elegido para nuestro diseño es 16130 (tipo 500KN) fabricados por la corporación Taylor Devices Inc.
- ✓ Para trabajar con la fuerza máxima axial el perfil HSS 7.50x0.25 ha sido seleccionado como brazo metálico de los disipadores ($\emptyset Pn=56.25tn$ y $\emptyset Tn=76.05tn$).
- ✓ Las soldaduras y conexiones han sido calculados de acuerdo a los procedimientos de diseño en estructuras metálicas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda colocar los dispositivos de protección sísmica salvaguardando la configuración arquitectónica de las edificaciones de la Av. Luzuriaga Huaraz.
- ✓ Se recomienda realizar las evaluaciones estructurales usando registros almacenados en la base de datos del colegio de ingenieros del Perú-sede Huaraz y obtener resultados más próximos a la realidad.
- ✓ La carga axial de las columnas conectadas a los dispositivos aumenta de manera considerable, por lo que deberá verificarse si es necesario realizar un reforzamiento adicional en estos elementos.
- ✓ Al iniciar la propuesta de reforzamiento definir un objetivo de desempeño verificando la importancia de las edificaciones, esto servirá para controlar los costos exagerados que pueden generar este tipo de protección sísmica.
- ✓ Analizar la necesidad de reforzamiento estructural con los sistemas actuales de protección sísmica a otras edificaciones de gran importancia en nuestra localidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aiken, I. (1993). Ensayos de Sistemas de Disipación de Energía Pasiva. *Sage Journals*.
- American Institute of Steel Construction Inc. (2005). *Steel Construction Manual AISC 13th*. Chicago, USA.
- Arancibia, F. (13 de mayo de 2007). *Ingenieria y Construccion*. Obtenido de <https://facingyconst.blogspot.com/2007/05/sistema-de-proteccion-sismica-estudio.html>
- Arriagada, J. (2005). Aislación Sísmica de un Edificio de Oficinas de Siete Pisos. (Análisis Comparativo de Comportamiento y Costos con un Edificio Tradicional). (*Tesis presentada para optar al título de Ingeniero Civil en Obras Civiles*). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Bonilla, L. (2012). Teoría del Aislamiento Sísmico para Edificaciones. (*Tesis para obtener título de ingeniero civil*). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Boza, Z., & Galan, D. (2013). Diseño de un Edificio Aporticado con Disipadores en Arreglo Chevron. (*Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Chacon, R., & José, R. (2014). Analisis de Edificacion de 04 Pisos con Disipadores de Fluido Viscoso. (*Tesis para obtener título de ingeniero civil*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Corzo, K. (2005). Diseño de un modelo estructural con el programa ETABS. *Trabajo de Graduacion*. Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Farzad, N., & James, K. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures from Theory to Practice*. USA: John Wiley; Sons INC.
- Federal Emergency Management Agency FEMA. (1997). *Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings- NEHRP. FEMA 273-274*. Washington, D.C.: FEMA.
- Gomez, D., & Marulanda, J. (2007, 13 de diciembre). SISTEMAS DE CONTROL PARA LA PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS CIVILES SOMETIDAS A CARGAS DINÁMICAS. *Revistas UNAL*, 3. Obtenido de

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/1742/11580#:~:text=Control%20pasivo%3A%20Un%20sistema%20de,al%20movimiento%20de%20la%20estructura.>

Huerta, L. (2017). Analisis Comparativo del Comportamiento Estructural del CPU-Unasam con Disipadores de Energia de Fluido Viscoso. (*Tesis para optar el titulo de ingeniero civil*). Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz.

Hwang, J.-S. (s.f.). *Seismic Design of Structures with Viscous Dampers*. Taiwan.

Kitamura, H., & Teramoto. (1991). *Takayuki and Kobori, Tohru. Advanced technology in response control of high-rise buildings*. Los Angeles, USA.

Ministerio de Vivienda. (2006, 23 de mayo). *Norma Tecnica Peruana E.020 Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Diario oficial El Peruano. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe>

Ministerio de vivienda. (2019, 11 de febrero). *Norma tecnica E.030 Diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Diario oficial el Peruano. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe>

Ochoa, J., & Romero, M. (2013). Disipadores de energía como alternativa en el proyecto de edificaciones aporticadas de acero en zonas de alto riesgo sísmico. *Tesis de Pregrado*. Universidad Rafael Urdaneta, Caracas, Venezuela.

Oviedo, R. (2008). Dispositivos Pasivos de Disipación de Energía para Diseño Sismorresistente de Estructuras. (*Tesis para obtener grado de Maestría*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Palomino, G. (2018). Verificación de la Reducción de Daños en edificios con Disipadores Sismicos a travez del Analisis no Lineal Estatico. (*Tesis para obtener el titulo de ingeniero civil*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

SEAOC. (1995). Recommended Lateral Force Requirements and Commentary. *Structural Engineers Association of California*.

Segovia, J. (2016). Diseño de Disipadores de energia Metalicos para una Edificacion de Baja Altura de Concreto Armado. *Titulo para Optar Grado de Magister en Ingenieria Civil*. Pontificia Universidad Catolica del Peru, Lima.

SIRVE- *Seismic Protection Technologies*. (s.f.). Obtenido de [Http. Sirve.cl](http://sirve.cl).

Taylor, D. (s.f.). Seismic Dampers for the Torre Mayor Project. *Taylor Devices inc.*

Vargas, C. (19 de junio de 2015). *Tecnología Antisísmica*. Obtenido de <https://antisismos.blogspot.com/2015/06/5.html>



ANEXOS

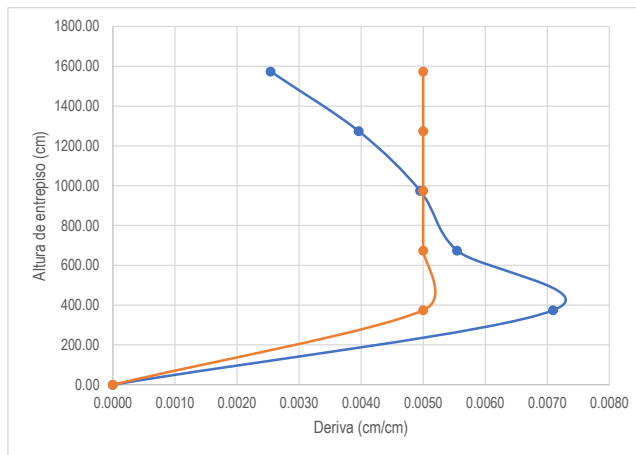


ANALISIS ESTATICO O FUERZAS EQUIVALENTES-SIN DISIPADORES/ VERIFICACION DE DERIVAS

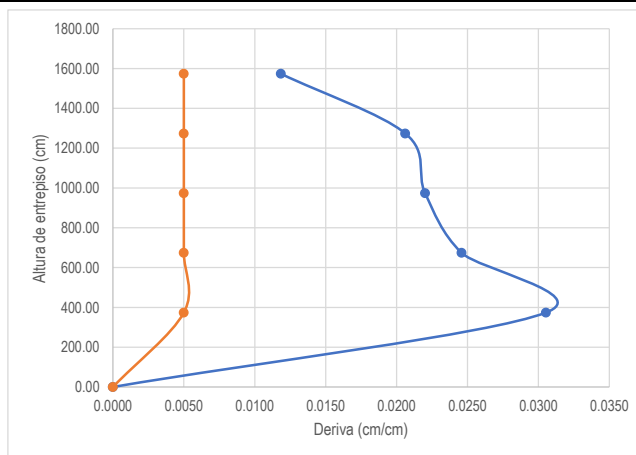
RXX=	3.00	LIMITES DE DISTORSION				
RYY=	3.00	Dirección X-X		Dirección Y-Y		
α_{XX} =	0.85	Regular	Material Predominante	Albañilería	Material Predominante	Albañilería
α_{YY} =	0.85	Regular	($\Delta i / h_{ei}$) máx	0.005	($\Delta i / h_{ei}$) máx	0.005

A) DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS MAXIMAS

DIRECCION X-X							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo αR (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	3.0402	0.2988	0.7619	0.0025	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	2.7414	0.4659	1.1880	0.0040	Si cumple
Story3	974.00	300.00	2.2755	0.5825	1.4854	0.0050	Si cumple
Story2	674.00	300.00	1.6930	0.6524	1.6636	0.0055	No cumple
Story1	374.00	374.00	1.0406	1.0406	2.6535	0.0071	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple



DIRECCION Y-Y							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo αR (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	13.7767	1.3922	3.5501	0.0118	No cumple
Story4	1274.00	300.00	12.3845	2.4252	6.1843	0.0206	No cumple
Story3	974.00	300.00	9.9593	2.5893	6.6027	0.0220	No cumple
Story2	674.00	300.00	7.3700	2.8916	7.3736	0.0246	No cumple
Story1	374.00	374.00	4.4784	4.4784	11.4199	0.0305	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple



ANÁLISIS ESTÁTICO O DE FUERZA EQUIVALENTES-SIN DISIPADORES/ PISO BLANDO

la 0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección X-X

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i /K _{i+1})	Caso II (K _i / \bar{x} K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	28,914.93	-	-	-	-
4	37,918.48	1.31	-	REGULAR	-
3	41,883.44	1.10	-	REGULAR	REGULAR
2	44,664.42	1.07	1.23	REGULAR	REGULAR
1	30,667.07	0.69	0.74	IRREGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

la 0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección Y-Y

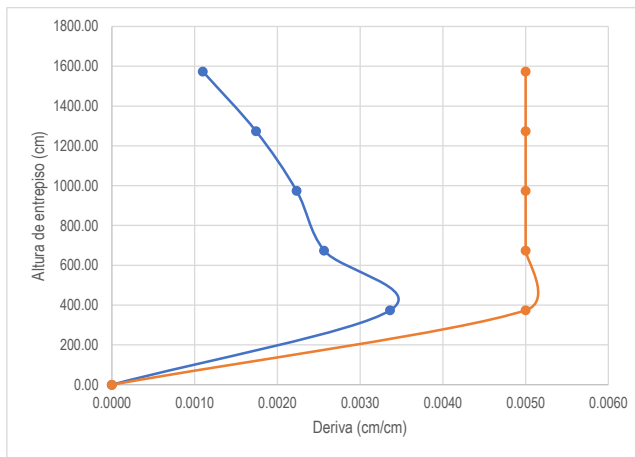
Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i /K _{i+1})	Caso II (K _i / \bar{x} K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	6,205.85	-	-	-	-
4	7,284.44	1.17	-	REGULAR	-
3	9,422.28	1.29	-	REGULAR	REGULAR
2	10,077.14	1.07	1.32	REGULAR	REGULAR
1	7,125.79	0.71	0.80	REGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

ANALISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL-SIN DISIPADORES/ VERIFICACION DE DERIVAS

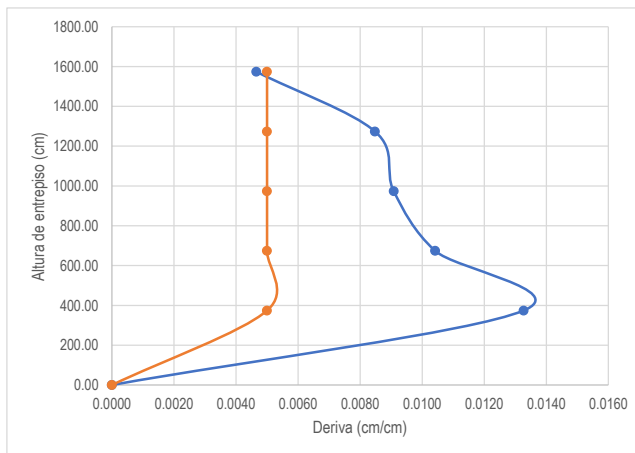
RXX=	3.00	LIMITES DE DISTORSION				
RYY=	3.00	Dirección X-X		Dirección Y-Y		
α_{XX} =	0.85	Regular	Material Predominante	Albañilería	Material Predominante	Albañilería
α_{YY} =	0.85	Regular	($\Delta i / hei$) máx	0.005	($\Delta i / hei$) máx	0.005

A) DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS MAXIMAS

DIRECCION X-X							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo αR (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	1.3917	0.1292	0.3295	0.0011	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	1.2625	0.2049	0.5225	0.0017	Si cumple
Story3	974.00	300.00	1.0576	0.2626	0.6696	0.0022	Si cumple
Story2	674.00	300.00	0.7950	0.3018	0.7696	0.0026	Si cumple
Story1	374.00	374.00	0.4932	0.4932	1.2577	0.0034	Si cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple



DIRECCION Y-Y							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo αR (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	5.7849	0.5476	1.3964	0.0047	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	5.2373	0.9974	2.5434	0.0085	No cumple
Story3	974.00	300.00	4.2399	1.0685	2.7247	0.0091	No cumple
Story2	674.00	300.00	3.1714	1.2255	3.1250	0.0104	No cumple
Story1	374.00	374.00	1.9459	1.9459	4.9620	0.0133	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple



ANÁLISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL-SIN DISIPADORES/ PISO BLANDO

Ia

0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección X-X

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i /K _{i+1})	Caso II (K _i /x̄K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	31,327.51	-	-	-	-
4	41,624.26	1.33	-	REGULAR	-
3	45,917.21	1.10	-	REGULAR	REGULAR
2	48,925.90	1.07	1.23	REGULAR	REGULAR
1	33,632.85	0.69	0.74	IRREGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

Ia

0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección Y-Y

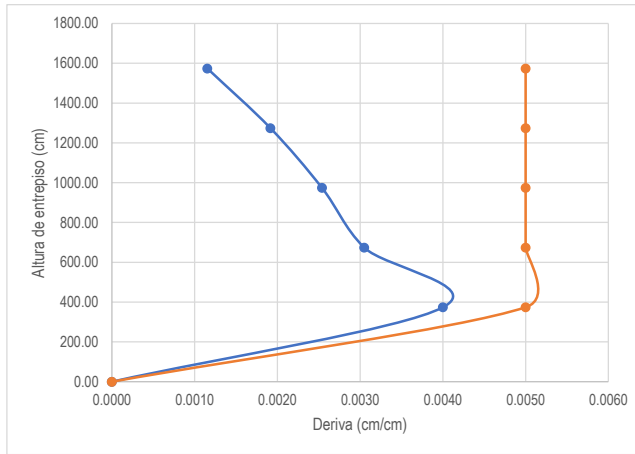
Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i /K _{i+1})	Caso II (K _i /x̄ K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	5,860.82	-	-	-	-
4	6,649.94	1.13	-	REGULAR	-
3	8,704.86	1.31	-	REGULAR	REGULAR
2	9,274.32	1.07	1.31	REGULAR	REGULAR
1	6,564.63	0.71	0.80	REGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA-SIN DISIPADORES/ DERIVAS

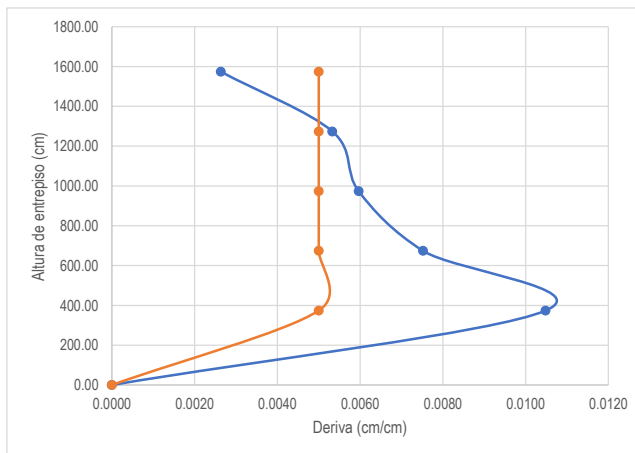
		LIMITES DE DISTORSION			
		Dirección X-X		Dirección Y-Y	
RXX=	1.00				
RYY=	1.00				
α_{XX} =	1	Regular	Material Predominante	Albañilería	Material Predominante
α_{YY} =	1	Regular	($\Delta i / h_{ei}$) máx	0.005	($\Delta i / h_{ei}$) máx
				0.005	0.005

A) DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS MAXIMAS

DIRECCION X-X							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo αR (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	4.0935	0.3459	0.3459	0.0012	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	3.7476	0.5749	0.5749	0.0019	Si cumple
Story3	974.00	300.00	3.1727	0.7617	0.7617	0.0025	Si cumple
Story2	674.00	300.00	2.4110	0.9147	0.9147	0.0030	Si cumple
Story1	374.00	374.00	1.4963	1.4963	1.4963	0.0040	Si cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple



DIRECCION Y-Y							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo αR (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	10.3548	0.7901	0.7901	0.0026	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	9.5647	1.5983	1.5983	0.0053	No cumple
Story3	974.00	300.00	7.9664	1.7892	1.7892	0.0060	No cumple
Story2	674.00	300.00	6.1772	2.2558	2.2558	0.0075	No cumple
Story1	374.00	374.00	3.9214	3.9214	3.9214	0.0105	No cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple

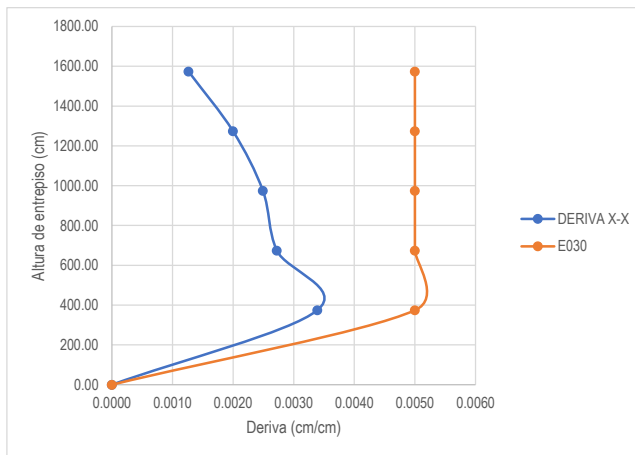


ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA-CON DISIPADORES/ DERIVAS

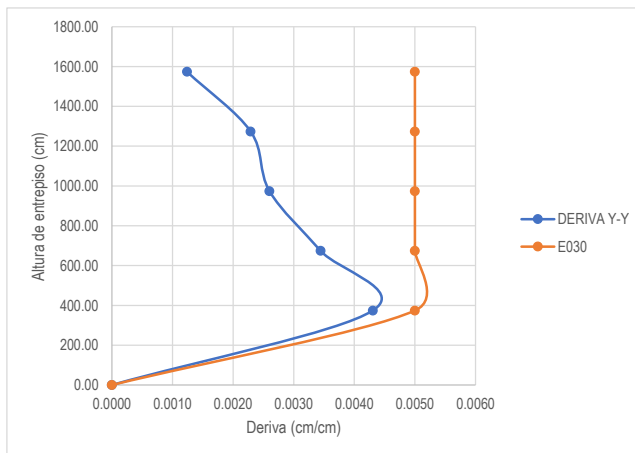
		LIMITE DE DISTORSION			
		DIRECCION X-X		DIRECCION Y-Y	
RXX=	1.00				
RYY=	1.00				
α_{XX} =	1	Regular	Material Predominante	Albañilería	Material Predominante
α_{YY} =	1	Regular	($\Delta i / h_{ei}$) máx	0.005	($\Delta i / h_{ei}$) máx
					0.005

A) DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS MAXIMAS

DIRECCION X-X							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo α_R (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	3.8099	0.3791	0.3791	0.0013	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	3.4308	0.5994	0.5994	0.0020	Si cumple
Story3	974.00	300.00	2.8314	0.7477	0.7477	0.0025	Si cumple
Story2	674.00	300.00	2.0837	0.8164	0.8164	0.0027	Si cumple
Story1	374.00	374.00	1.2673	1.2673	1.2673	0.0034	Si cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple



DIRECCION Y-Y							
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo Acumulado (cm)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm)	Desplazamiento Inelastico Maximo α_R (cm)	Deriva Inelastica de entrepiso	Verificacion de deriva
Story5	1574.00	300.00	4.4811	0.3715	0.3715	0.0012	Si cumple
Story4	1274.00	300.00	4.1096	0.6867	0.6867	0.0023	Si cumple
Story3	974.00	300.00	3.4229	0.7800	0.7800	0.0026	Si cumple
Story2	674.00	300.00	2.6429	1.0330	1.0330	0.0034	Si cumple
Story1	374.00	374.00	1.6099	1.6099	1.6099	0.004305	Si cumple
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	Si cumple



ANÁLISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA-SIN DISIPADORES/ PISO BLANDO

la

0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección X

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i / K _{i+1})	Caso II (K _i / \bar{x} K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	28,682.77	-	-	-	-
4	35,719.67	1.25	-	REGULAR	-
3	36,845.72	1.03	-	REGULAR	REGULAR
2	35,824.42	0.97	1.06	REGULAR	REGULAR
1	23,523.45	0.66	0.65	IRREGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

la

0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección Y

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i / K _{i+1})	Caso II (K _i / \bar{x} K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	7,920.51	-	-	-	-
4	7,713.27	0.97	-	REGULAR	-
3	8,619.62	1.12	-	REGULAR	REGULAR
2	7,860.53	0.91	0.97	REGULAR	REGULAR
1	5,788.31	0.74	0.72	REGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

ANÁLISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA-SIN DISIPADORES/ PISO BLANDO

Ia

0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección X

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i /K _{i+1})	Caso II (K _i / \sum K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	26,155.27	-	-	-	-
4	34,237.39	1.31	-	REGULAR	-
3	37,510.86	1.10	-	REGULAR	REGULAR
2	40,113.32	1.07	1.23	REGULAR	REGULAR
1	27,758.33	0.69	0.74	IRREGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

Ia

0.75

Análisis de la Irregularidad de Rigidez o Piso Blando en la Dirección Y

Nivel	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Caso I (K _i /K _{i+1})	Caso II (K _i / \sum K _{i+3})	Verificación de Irregularidad	
				Caso I	Caso II
5	8,859.53	-	-	-	-
4	9,105.14	1.03	-	REGULAR	-
3	10,937.70	1.20	-	REGULAR	REGULAR
2	10,196.83	0.93	1.06	REGULAR	REGULAR
1	6,751.03	0.66	0.67	IRREGULAR	IRREGULAR
0	0.00	-	-	-	-

ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA-SIN DISIPADORES/ IRREGULARIDAD TORSIONAL

A) DIRECCION XX

DIRECCION X-X						
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Centro de Masa (cm) (A)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm) (B)	B/A	Condicion
Story5	1574.00	300.00	2.3665	2.7137	1.15	No aplica
Story4	1274.00	300.00	2.1090	2.4037	1.14	No aplica
Story3	974.00	300.00	1.7368	1.9669	1.13	No aplica
Story2	674.00	300.00	1.2793	1.4356	1.12	No aplica
Story1	374.00	374.00	0.7746	0.8560	1.11	No aplica
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000		

B) DIRECCION YY

DIRECCION Y-Y						
NIVEL	Altura Entrepiso Acumulada (cm)	Altura Entrepiso (cm)	Desplazamiento Centro de Masa (cm) (A)	Desplazamiento Elastico Maximo (cm) (B)	B/A	Condicion
Story5	1574.00	300.00	3.7936	5.8375	1.54	Existe Irregularidad Torsional
Story4	1274.00	300.00	3.3240	5.1493	1.55	Existe Irregularidad Torsional
Story3	974.00	300.00	2.6275	4.0312	1.53	Existe Irregularidad Torsional
Story2	674.00	300.00	1.8949	2.9102	1.54	Existe Irregularidad Torsional
Story1	374.00	374.00	1.1221	1.7249	1.54	Existe Irregularidad Torsional
Base	0.00	0.00	0.0000	0.0000		

DISIPADORES DE ENERGIA VISCOSOS-DIRECCION Y-Y

Elab. Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

1) DATOS DEL ANALISIS

Dobjetivo=	0.005	Relacion daño deriva según metodología Hazus
Dmax=	0.01049	Deriva máxima obtenida del analisis dinamico TH con sismo de diseño

2) AMORTIGUAMIENTO VISCOSO

B=	Dmax/Dobjetivo	Factor de reduccion de respuesta (B)
B=	2.0970	

βH=	5.00	Amortiguamiento inherente a la estructura (5%)
-----	------	--

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{inh})}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{effx})}$$

B=	2.0969	Amortiguamiento efectivo (%)
βeffy=	41.05	

βHy=βeffy-βH= 36.05 Amortiguamiento viscoso (%)

3) CALCULO DE LA RIGIDEZ DE BRAZO METALICO

Ldisipador=	0.99	m	Longitud minima de los disipadores de energia (31pulg)
Vano en X=	4.86	m	
Altura de Piso=	3.11	m	
E=	20400000	Tn/m ²	Modulo de elasticidad del acero
A=	5.32	in ²	HSS7.5x0.25
A=	0.003432251	m ²	
L=	4.779896013		Longitud de Brazo Metalico

K=AE/L=	14648.42003	Tn/m
---------	-------------	------

4) CALCULO DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO

$$\sum C_j = \frac{\beta_H * 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} * (\sum m_i \phi_i^2)}{\lambda * (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha}(\theta_i))}$$

βH: Amortiguamiento Viscoso de la Estructura

A: Amplitud de Desplazamiento del Modo Fundamental
(Desplazamiento modal de la losa del último nivel)

ω: Frecuencia Angular

mi: Masa del nivel i

ϕi: Desplazamiento del nivel i (con nuestro sismo de diseño)

λ: Parametro lambda

ϕrj: Desplzamiento Relativo entre Ambos Extremos del Disipador j en la direccion horizontal (con nuestro sismo de diseño)

α: Exponente alfa

θj: Angulo de inclinacion del disipador j

α=	0.5	Exponente alfa
λ=	3.5	Parametro lambda

Periodo		
T=	0.284	seg.

Frecuencia Angular		
ω=	22.1239	rad./seg

Masa por pisos de la Estructura		
H (Altura de entrepiso "m")	Nivel	MASAS (Tn*S^2/m)
15.74	Story5	23.29437
12.74	Story4	25.28726
9.74	Story3	24.26583
6.74	Story2	24.26583
3.74	Story1	24.49321
0.00	Base	0

H (Altura de entrepiso "m")	NIVEL	ϕ_i : Desplazamiento TH	ϕ_{i+1} :	ϕ_{rj} :
15.74	Story5	0.10034700	-	-
12.74	Story4	0.09268500	0.10034700	0.00766200
9.74	Story3	0.07966400	0.09268500	0.01302100
6.74	Story2	0.06177200	0.07966400	0.01789200
3.74	Story1	0.03921400	0.06177200	0.02255800
0.00	Base	0.00000000	0.03921400	0.03921400

H (Altura de entrepiso "m")	NIVEL	MASAS (Tn*S^2/m)	θ	Cos(θ)	α	$\phi_{rj}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha}(\theta_i)$
15.74	Story5	23.29437	31.68636769	0.85093611	0.5	0.000526452
12.74	Story4	25.28726	31.68636769	0.85093611	0.5	0.001166304
9.74	Story3	24.26583	31.68636769	0.85093611	0.5	0.001878598
6.74	Story2	24.26583	31.68636769	0.85093611	0.5	0.002659477
3.74	Story1	24.49321	37.5799851	0.79250273	0.5	0.005478515
0.00					$\Sigma=$	1.17093E-02

H (Altura de entrepiso "m")	NIVEL	U1 Modo 01 (m)	$m_i \phi_i^2$
15.74	Story5	3.20E-05	2.34563E-01
12.74	Story4	2.90E-05	2.17230E-01
9.74	Story3	2.30E-05	1.54000E-01
6.74	Story2	1.70E-05	9.25931E-02
3.74	Story1	1.00E-05	3.76641E-02
0.00		$\Sigma=$	7.36050E-01

Ax= 0.0050 Usando Taylor

$$\sum C_j = \frac{\beta_H * 2\pi A^{1-\alpha} w^{2-\alpha} * (\sum m_i \phi_i^2)}{\lambda * (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha}(\theta_i))}$$

$\beta_H =$	36.05%	Tn*seg/m
$C_j =$	299.35	

Numero de disipadores por nivel en direccion Y 2

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$C_j =$	149.6753	Tn*seg/m	Coefficiente de amortiguamiento de disipador
---------	----------	----------	--

5) VALORES PARA INGRESAR AL PROGRAMA ETABS. V19 o SAP2000

$K =$	14648.420	Tn/m	Rigidez del brazo metalico
$C =$	149.675	Tn*seg/m	Coefficiente de amortiguamiento del disipador
$\alpha =$	0.500		Exponente alfa

6) VALORES DE DISEÑO

$K =$	14648.420	Tn/m	Rigidez del brazo metalico
$C =$	100.000	Tn*seg/m	Coefficiente de amortiguamiento del disipador
$\alpha =$	0.500		Exponente alfa

ANALISIS ESTÁTICO E030-2019

Elaborado por: Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

Huaraz-Ancash-2023

SISMO EN DIRECCION X-X

Zona	(Z)=	Z3	0.35
Categoría	(U)=	C (edificaciones comunes)	1
Tp	(Tp)=	Parámetro de Sitio	0.6
TL	(TL)=	Parámetro de Sitio	2
T	(T)=	Periodo de la Estructura	0.119
Ro	(Ro)=	Albañilería Armada o Confinada	3

S	(S)=	Suelos Intermedios	S2
Ip	(Ip)=	Irregularidad Torsional	0.75
Ia	(Ia)=	Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0.75

R	(R)=	Coefficiente de Reduccion Sismica	1.6875
----------	------	-----------------------------------	--------

C	(C)=	Factor de Amplificacion Sismica	2.5
----------	------	---------------------------------	-----



RESUMEN XX	
Z	0.35
U	1
C	2.50
S	1.15
R	1.6875

X-X

ZUCS/R=	0.596
---------	-------

C/R > 0.11 **OK**

k= 1 si: $T < 0.5 \text{seg}$
 $k = (0.75 + 0.5 * T)$

P= 1392.63 Tonnesf
 Vx= 830.01 Tonnesf

De donde:

k=	1
----	---

ANALISIS ESTÁTICO E030-2019

Elaborado por: Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

Huaraz-Ancash-2023

SISMO EN DIRECCION Y-Y

Zona	(Z)=	Z3	0.35
Categoría	(U)=	C (edificaciones comunes)	1
Tp	(Tp)=	Parámetro de Sitio	0.6
TL	(TL)=	Parámetro de Sitio	2
T	(T)=	Periodo de la Estructura	0.284
Ro	(Ro)=	Albañilería Armada o Confinada	3

S	(S)=	Suelos Intermedios	S2
Ip	(Ip)=	Irregularidad Torsional	0.75
Ia	(Ia)=	Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0.75

R	(R)=	Coefficiente de Reduccion Sismica	1.6875
----------	------	-----------------------------------	--------

C	(C)=	Factor de Amplificacion Sismica	2.5
----------	------	---------------------------------	-----



RESUMEN YY	
Z	0.35
U	1
C	2.50
S	1.15
R	1.6875

Y-Y

ZUCS/R=	0.596
---------	-------

C/R > 0.11 **OK**

k= 1 si: $T < 0.5 \text{seg}$
 $k = (0.75 + 0.5 * T)$

P= 1392.63 Tonnesf
 Vy= 830.01 Tonnesf

De donde:

k=	1
----	---

CALCULO ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES (NORMA E030-2018/R.M. 043-2019-VIVIENDA)*Elab. Bach. Elindo Maik Espada Cristobal**HUARAZ-2022*

Tabla N°01

FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z
	ZONA 3	0.35

Tabla N°03 y N°04

FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	TP	TL
	S2	Suelos Intermedios	1.15	0.6	2

Tabla N°05

FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES
	"C" Edificaciones Comunes	1.0	Revisar Tabla N°06 E030-2018

Tabla N°07

FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL	RO
	DIR X-X	Albañilería Armada o Confinada	3
	DIR Y-Y	Albañilería Armada o Confinada	3

CALCULO ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES (NORMA E030-2018/R.M. 043-2019-VIVIENDA)

Elab. Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

HUARAZ-2022

Tabla N°08

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA			la Dir X-X	la Dir Y-Y
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	<input checked="" type="checkbox"/> Dir X-X	<input checked="" type="checkbox"/> Dir Y-Y	0.75	0.75
Irregularidades de Resistencia - Piso Debil	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Discontinuidad Extrema en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N°10	Se toma el valor más crítico		0.75	0.75

Tabla N°09

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA			la Dir X-X	la Dir Y-Y
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input checked="" type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad de Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> Dir X-X	<input type="checkbox"/> Dir Y-Y	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N°10	Se toma el valor más crítico		1.00	0.75

CALCULO ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES (NORMA E030-2018/R.M. 043-2019-VIVIENDA)

Elab. Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

HUARAZ-2022

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

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

la: Factor de Irregularidad en altura

lp: Factor de Irregularidad en planta

Ro: Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

g: Aceleración de gravedad

T: Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico

Tp: Periodo que define la plataforma del factor "C"

TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor "C" con desplazamiento constante

C: Factor de amplificación sísmica

CALCULO ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES (NORMA E030-2018/R.M. 043-2019-VIVIENDA)

Elab. Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

HUARAZ-2022

RESUMEN

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	Ro	3	3
U	1.00	la	0.75	0.75
S	1.15	lp	1.00	0.75
TP	0.60	R	2.25	1.69
TL	2.00	g	9.81 m/s ²	

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

$$T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L$$

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

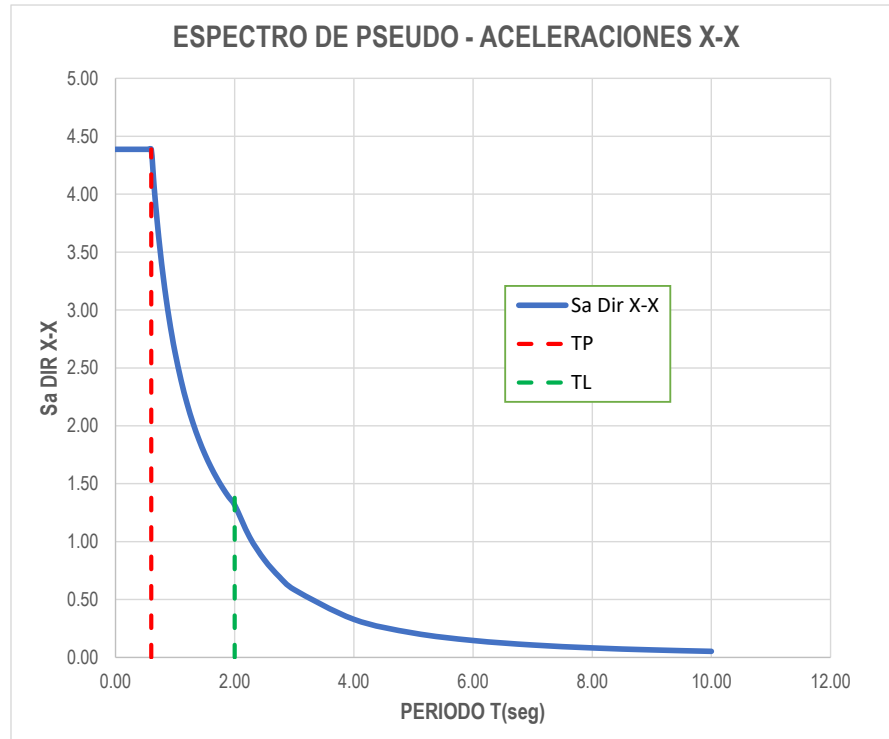
$$T > T_L$$

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

CALCULO ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES (NORMA E030-2018/R.M. 043-2019-VIVIENDA)

Elab. Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

HUARAZ-2022

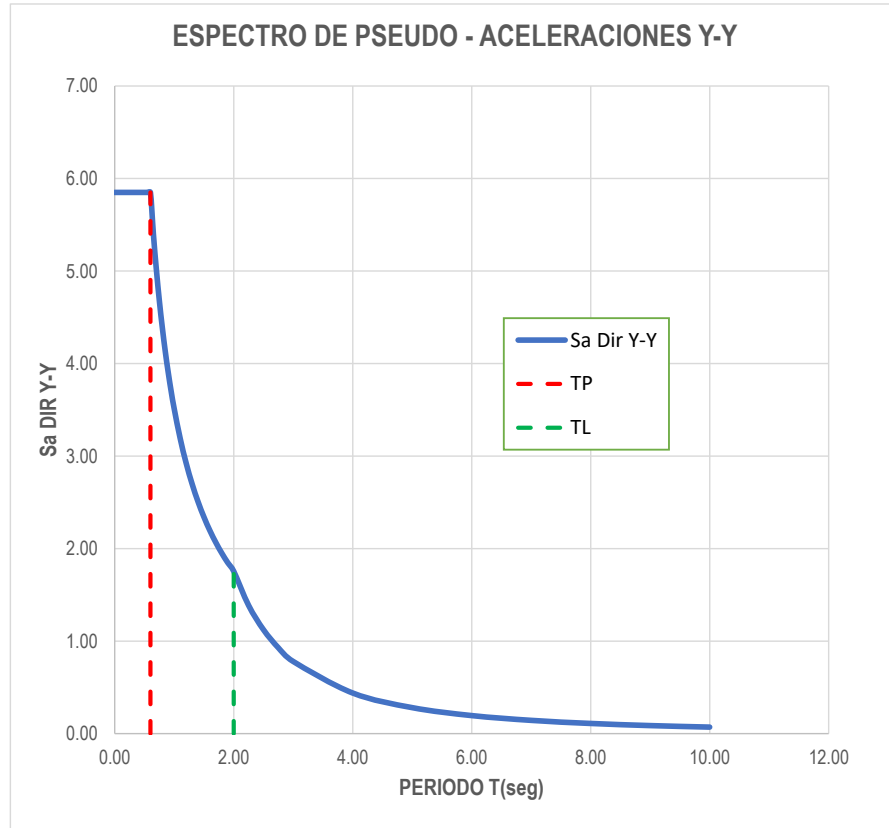


C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	4.39	5.85
2.50	0.02	4.39	5.85
2.50	0.04	4.39	5.85
2.50	0.06	4.39	5.85
2.50	0.08	4.39	5.85
2.50	0.10	4.39	5.85
2.50	0.12	4.39	5.85
2.50	0.14	4.39	5.85
2.50	0.16	4.39	5.85
2.50	0.18	4.39	5.85
2.50	0.20	4.39	5.85
2.50	0.25	4.39	5.85
2.50	0.30	4.39	5.85
2.50	0.35	4.39	5.85
2.50	0.40	4.39	5.85
2.50	0.45	4.39	5.85
2.50	0.50	4.39	5.85
2.50	0.55	4.39	5.85
2.50	0.60	4.39	5.85
2.31	0.65	4.05	5.40
2.14	0.70	3.76	5.01
2.00	0.75	3.51	4.68

CALCULO ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES (NORMA E030-2018/R.M. 043-2019-VIVIENDA)

Elab. Bach. Elindo Maik Espada Cristobal

HUARAZ-2022



1.88	0.80	3.29	4.39
1.76	0.85	3.10	4.13
1.67	0.90	2.92	3.90
1.58	0.95	2.77	3.69
1.50	1.00	2.63	3.51
1.36	1.10	2.39	3.19
1.25	1.20	2.19	2.92
1.15	1.30	2.02	2.70
1.07	1.40	1.88	2.51
1.00	1.50	1.75	2.34
0.94	1.60	1.65	2.19
0.88	1.70	1.55	2.06
0.83	1.80	1.46	1.95
0.79	1.90	1.39	1.85
0.75	2.00	1.32	1.75
0.59	2.25	1.04	1.39
0.48	2.50	0.84	1.12
0.40	2.75	0.70	0.93
0.33	3.00	0.58	0.78
0.19	4.00	0.33	0.44
0.12	5.00	0.21	0.28
0.08	6.00	0.15	0.19
0.06	7.00	0.11	0.14
0.05	8.00	0.08	0.11
0.04	9.00	0.06	0.09
0.03	10.00	0.05	0.07

DISEÑO DEL BRAZO METALICO

Pefil	Area del perfil metalico A	Radio del perfil metalico	Modulo de elasticidad E (Tn/m2)	Esfuerzo de fluencia fy (Tn/m2)	Resistencia en tension Fu (Tn/m2)
x0.25	5.32	2.57			
HSS7.50	0.00343225	0.065278	20400000	24620.75	35172.5

A= 0.00343225 m²

Compresion Traccion

Fult= 384.3474 364.4026 KN

Fult= 39.18 37.15 Ton

E= 20400000

L= 5.011 m

r= 0.065278

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

Fe= 34167.62 Tn/m²

$$F_{cr} = (0.658 \frac{f_y}{f_e}) * f_y$$

fy/fe= 0.72058711

Fcr= 18210.3042 Tn/m²

COMPRESION

$$\phi P_n = \phi * F_r * A$$

φ= 0.9

φPn= 56.2521045 Tonnef

OK

TRACCION

$$\phi T_n = \phi * F_y * A$$

φ= 0.9

φTn= 76.0541389 Tonnef

OK

DISEÑO DEL BRAZO METALICO

FLUENCIA DE AREA BRUTA

Pu=	39.18	Tonnef
Pu=	86.38	Kip
Fy=	36.00	Ksi
Ø=	0.90	

Ag req=	2.67	in2
Ag req=	17.20	cm2

PARA VERIFICAR LA FRACTURA DEL AREA NETA

Pu=	39.18	Tonnef
Pu=	86.38	Kip
Fu=	58.00	Ksi
Ø=	0.75	
u=	1.00	
Ah=	3.07	in2
Ag req=	5.06	in2
Ag req=	32.62	cm2

DISEÑO PERNO DE ANCLAJE

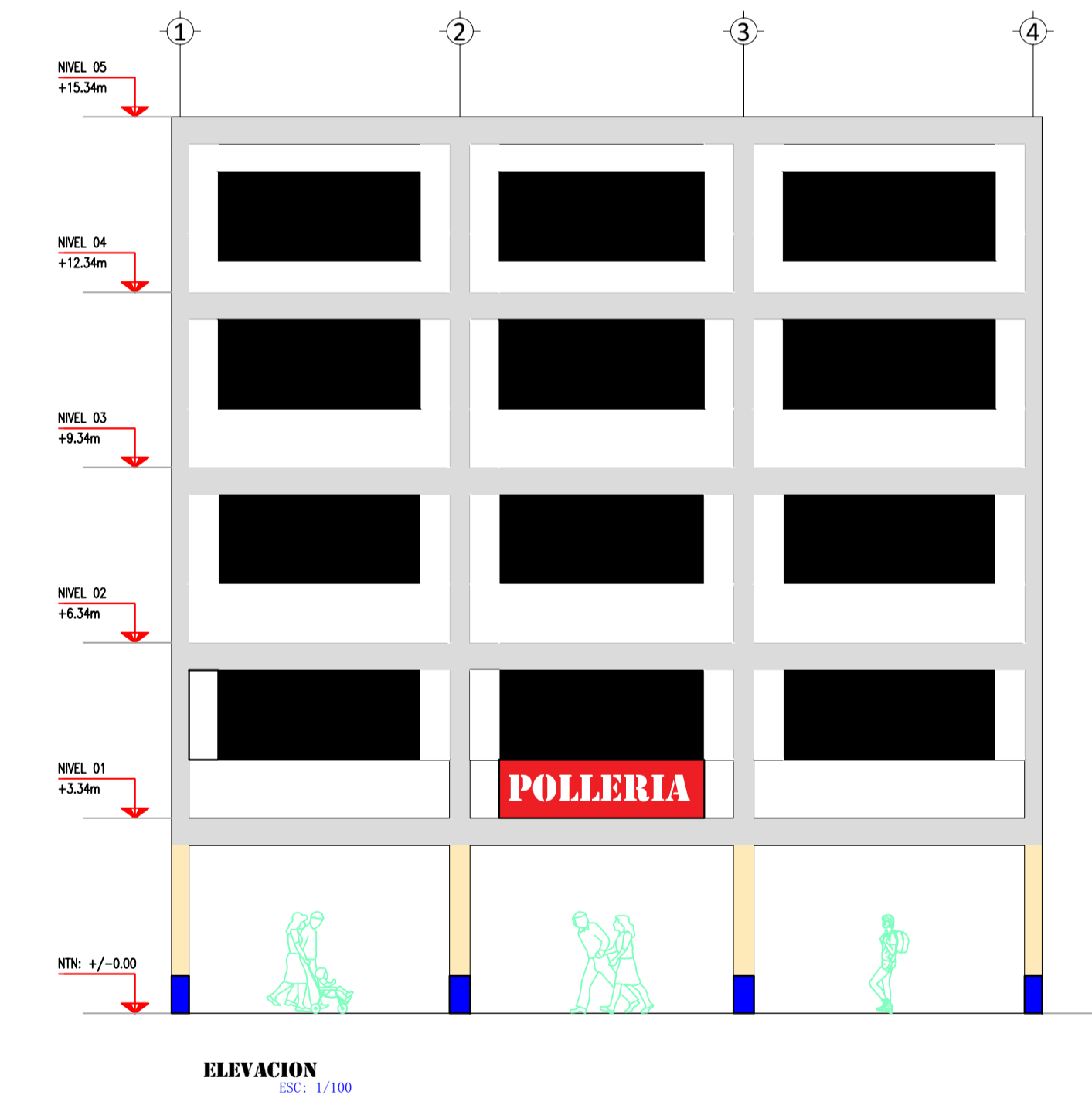
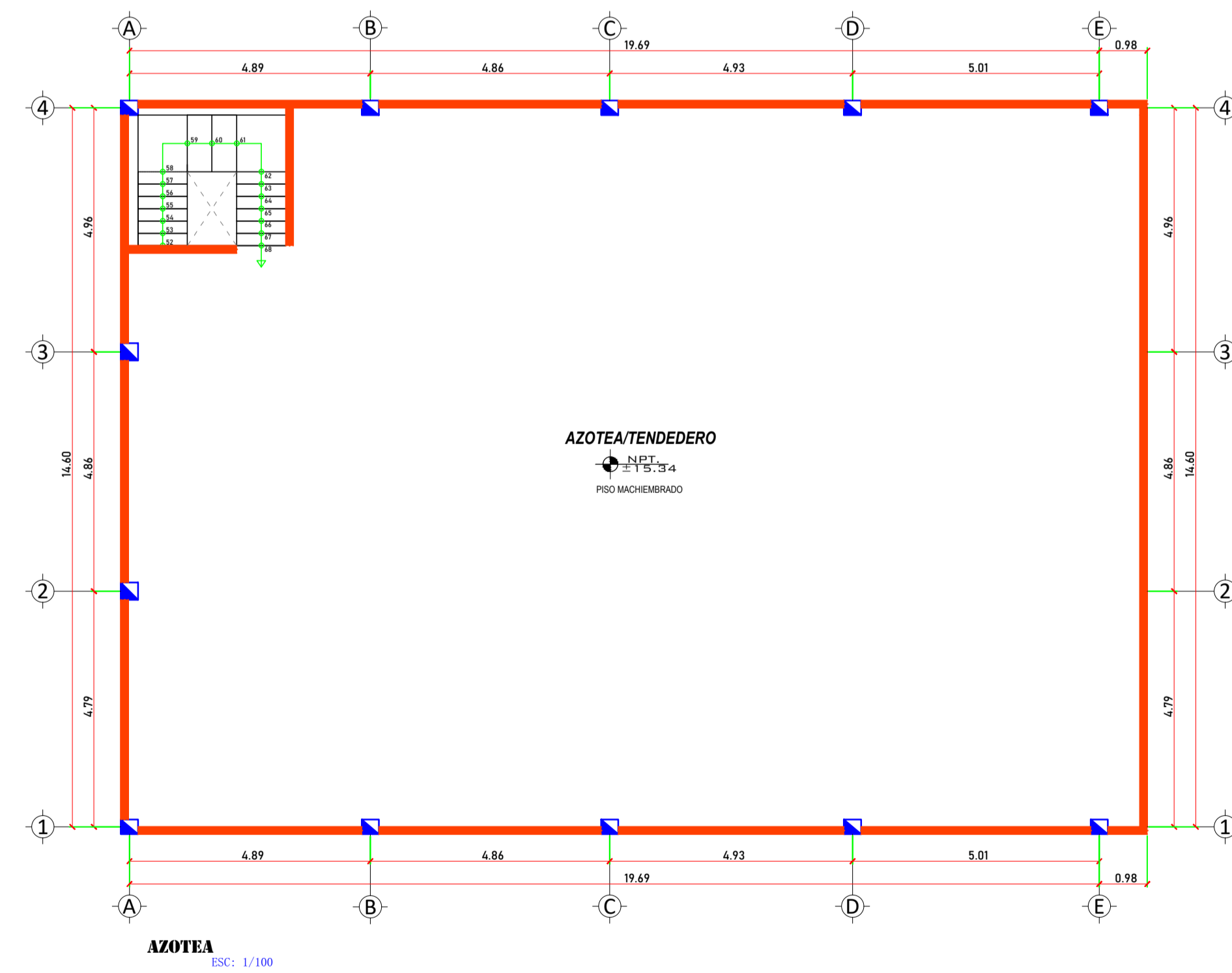
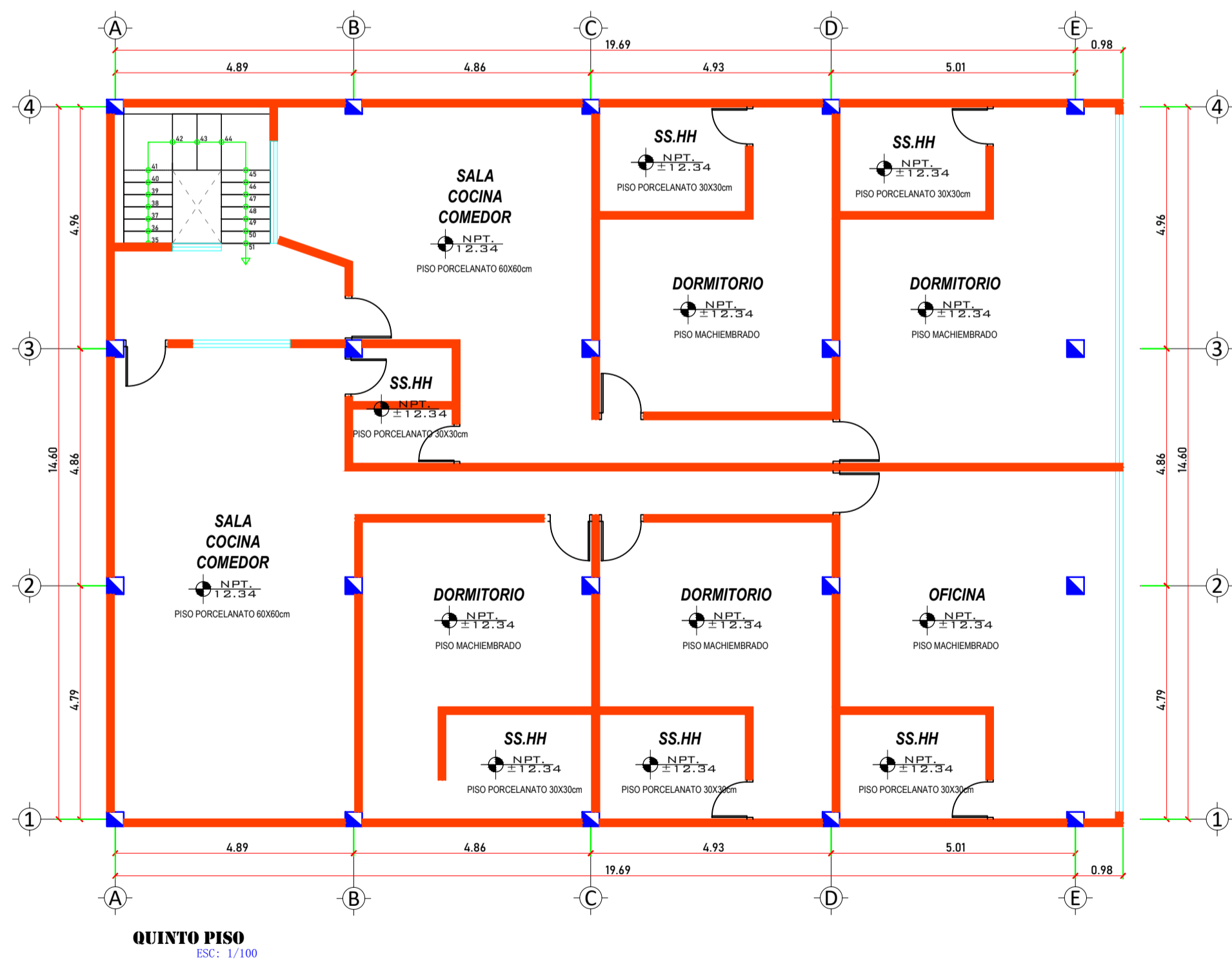
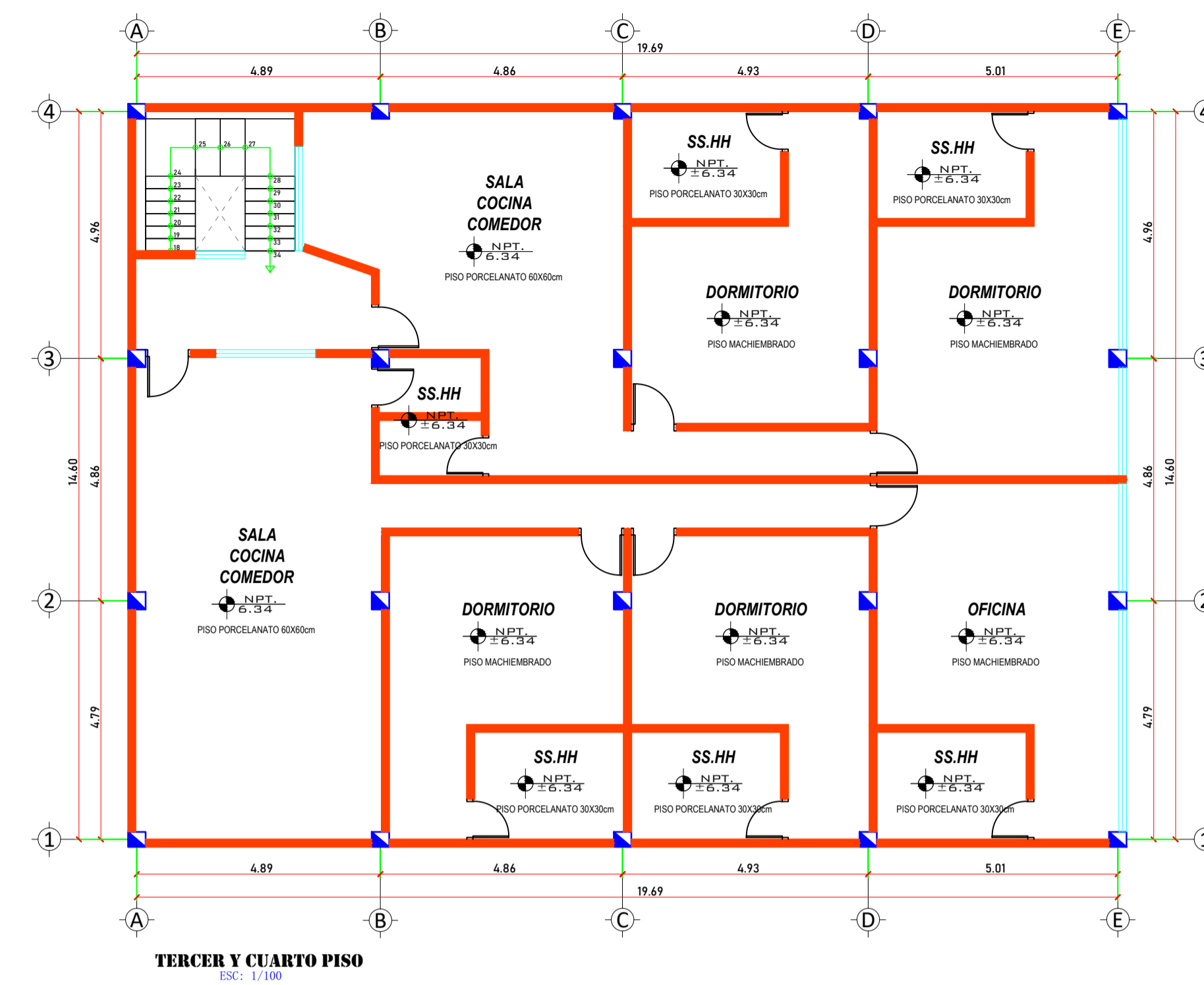
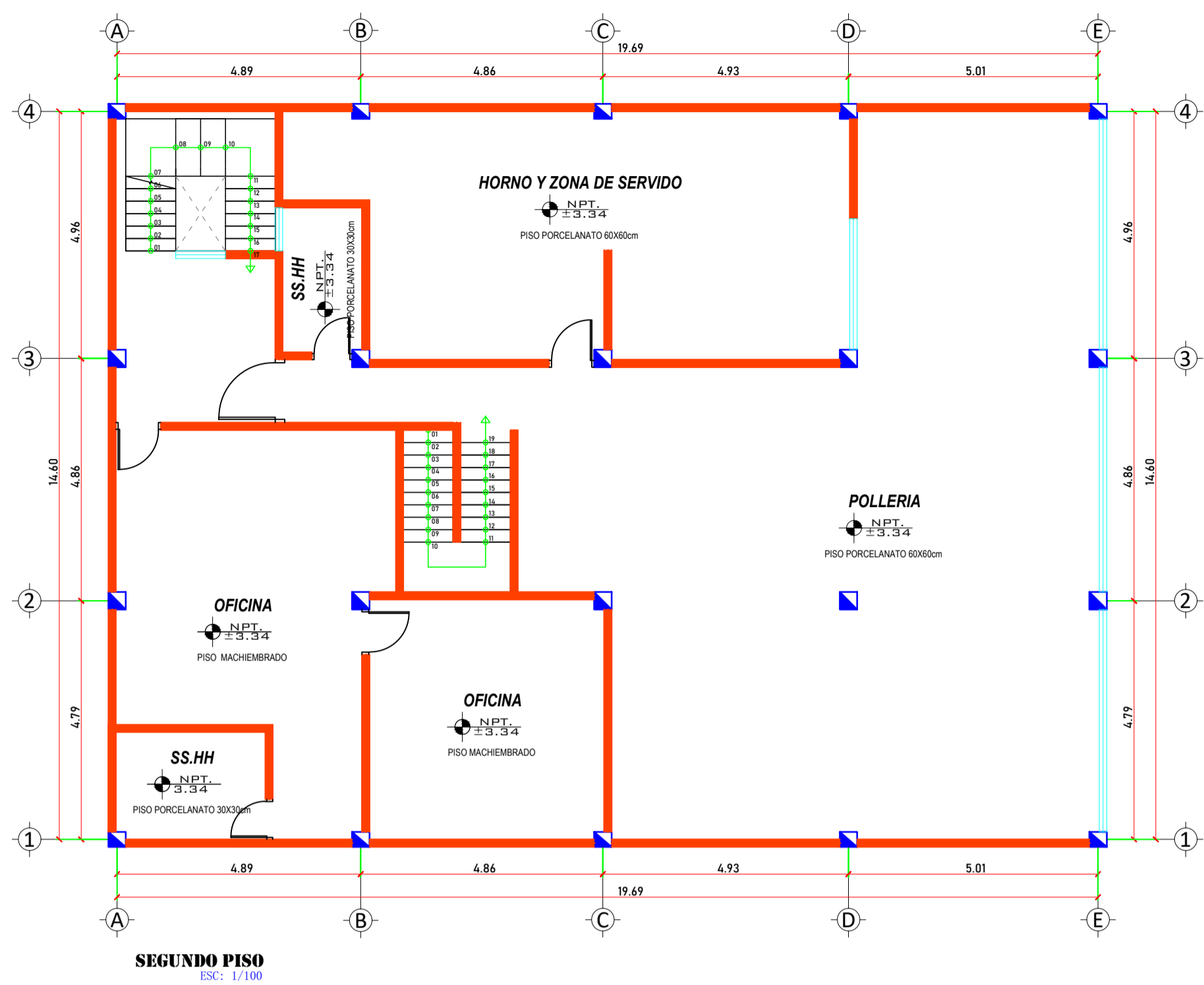
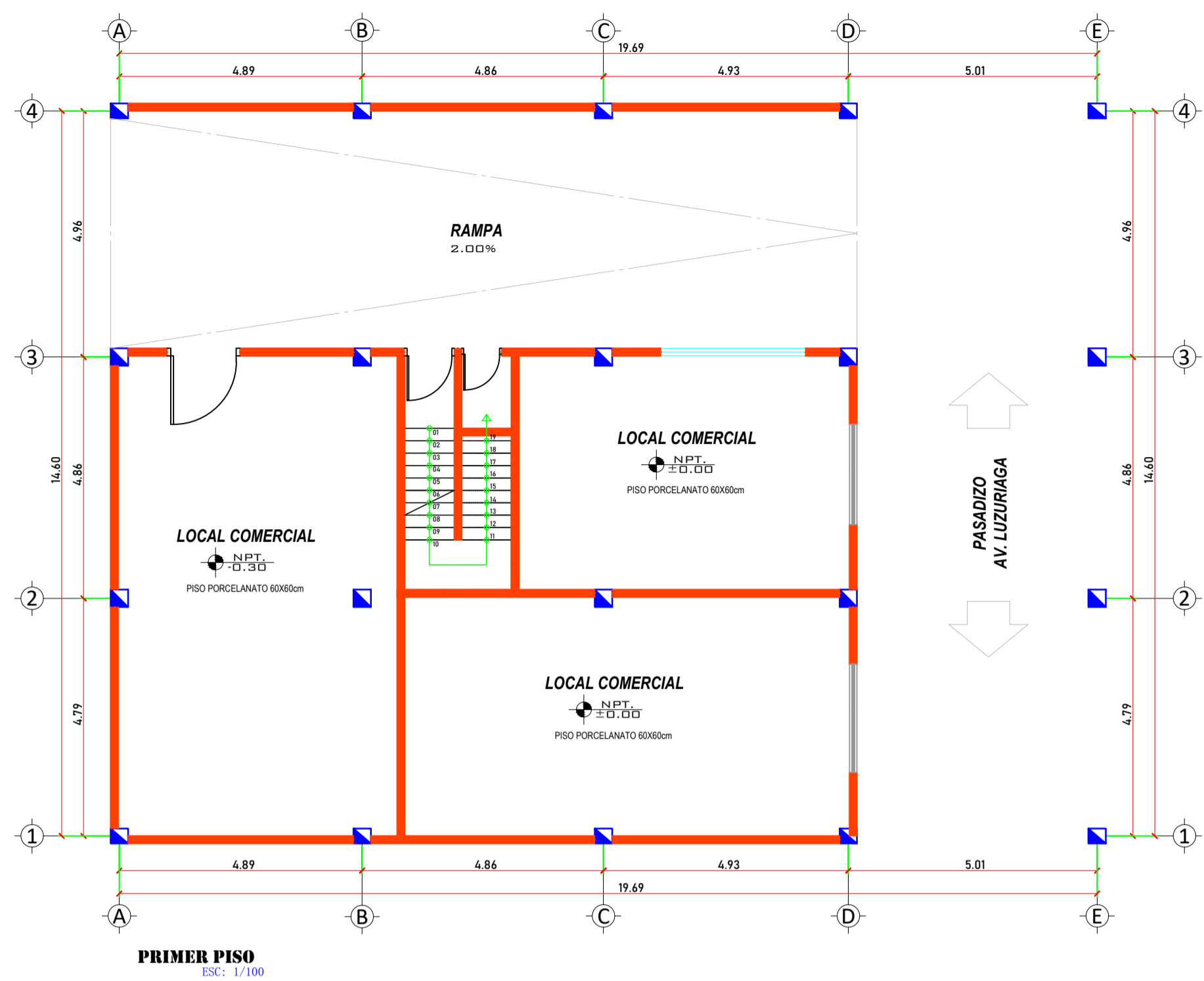
Nu=	21.03	Tonnes	OK
Vu=	33.05	Tonnes	OK

VERIFICACION A LA TRACCION

fy=	55000	lb/in2
fy=	379.21165	Mpa
	860	Mpa
	124732.68	psi
1.9fy=	104500	psi
Futa=	104500	psi (lb/in2)
n=	10	
Æ=	5/8	Diametro de perno
Ø=	0.75	Factor por traccion
Ase=	0.226	in2
Nn=	236170	lb
Nn=	107.22	Tonnes
ØNn=	80.42	Tonnes
OK		

VERIFICACION POR CORTE

Futa=	104500	psi (lb/in2)
Ase=	0.226	
n=	10	
Ø=	0.65	Factor por corte
Vn=	141702	lb
Vn=	64.33	Tonnes
ØVn=	41.82	Tonnes
OK		



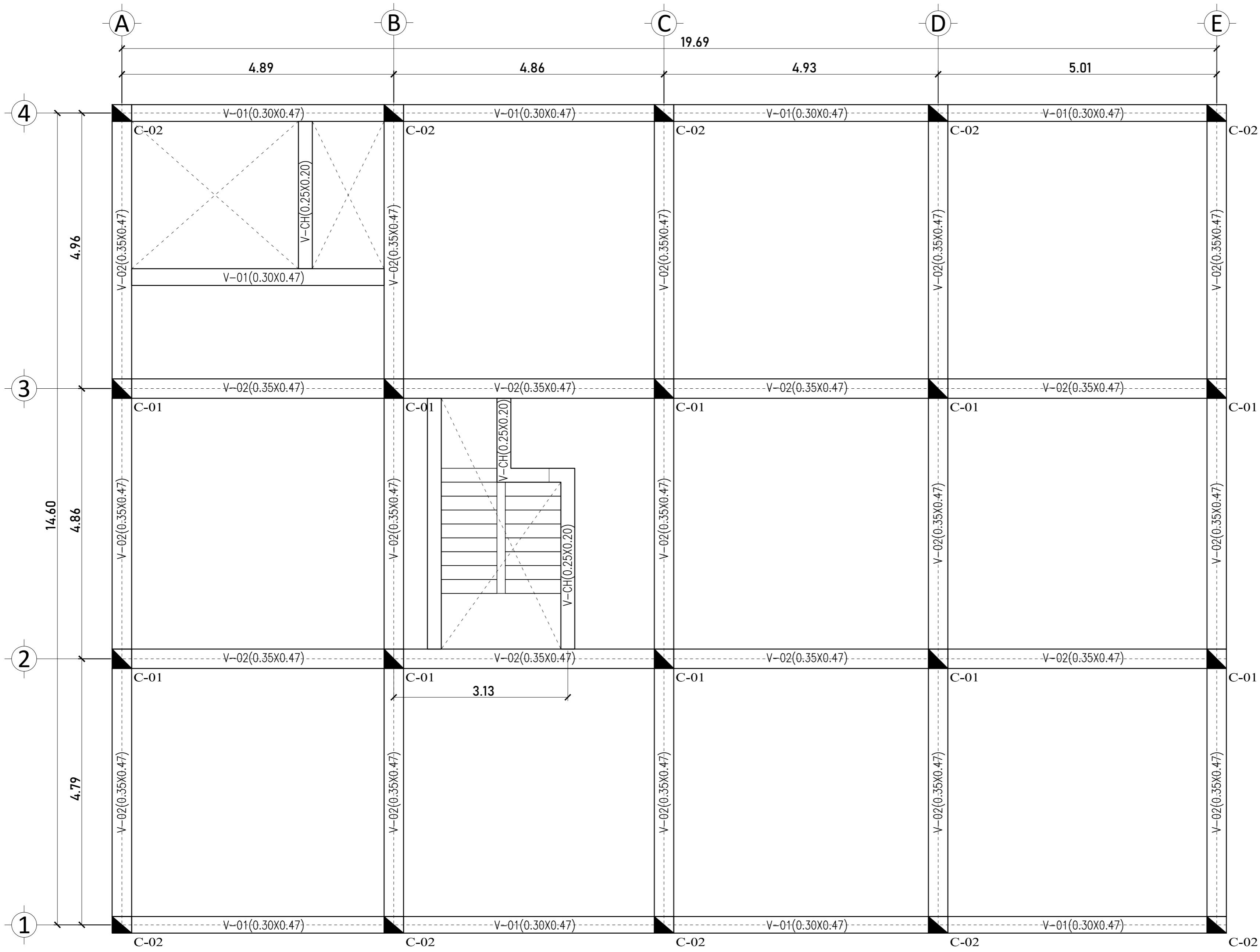


UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

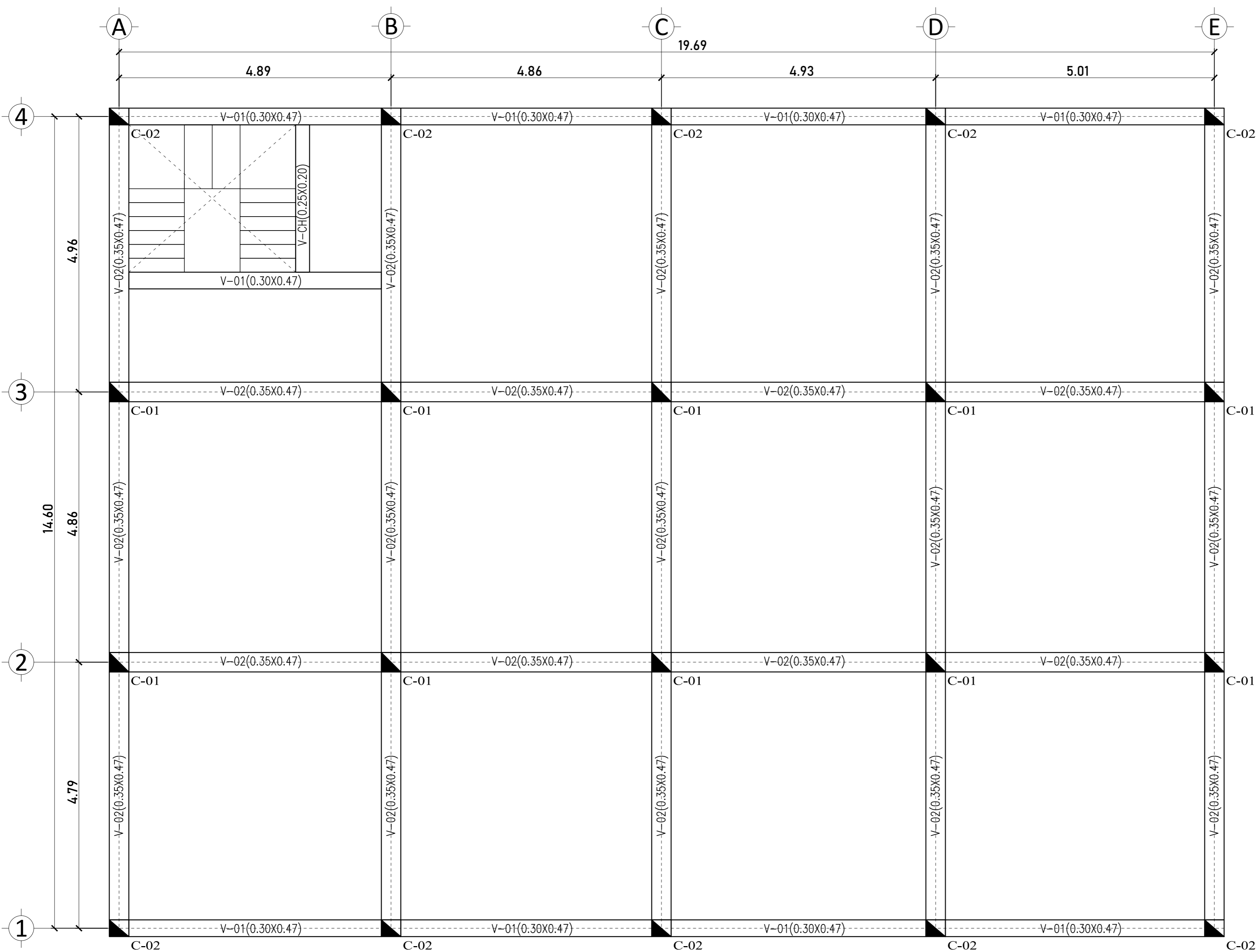
PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOZO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-HUARAZ FRENTE A LOS PROBLEMAS DE PISO BLANDO 2021"

PLANO: **ARQUITECTURA**

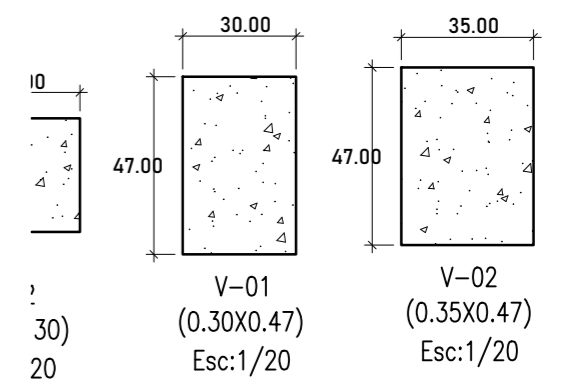
DIRECCION: AV. LUZURIAGA	DISTRITO: HUARAZ	PLANO: A-01
PROVINCIA: HUARAZ	REGION: ANCASH	
TESISTA: BACH. ELINDO MAIK ESPADA CRISTOBAL	ESCALA: INDICADA	FECHA: MARZO 2023



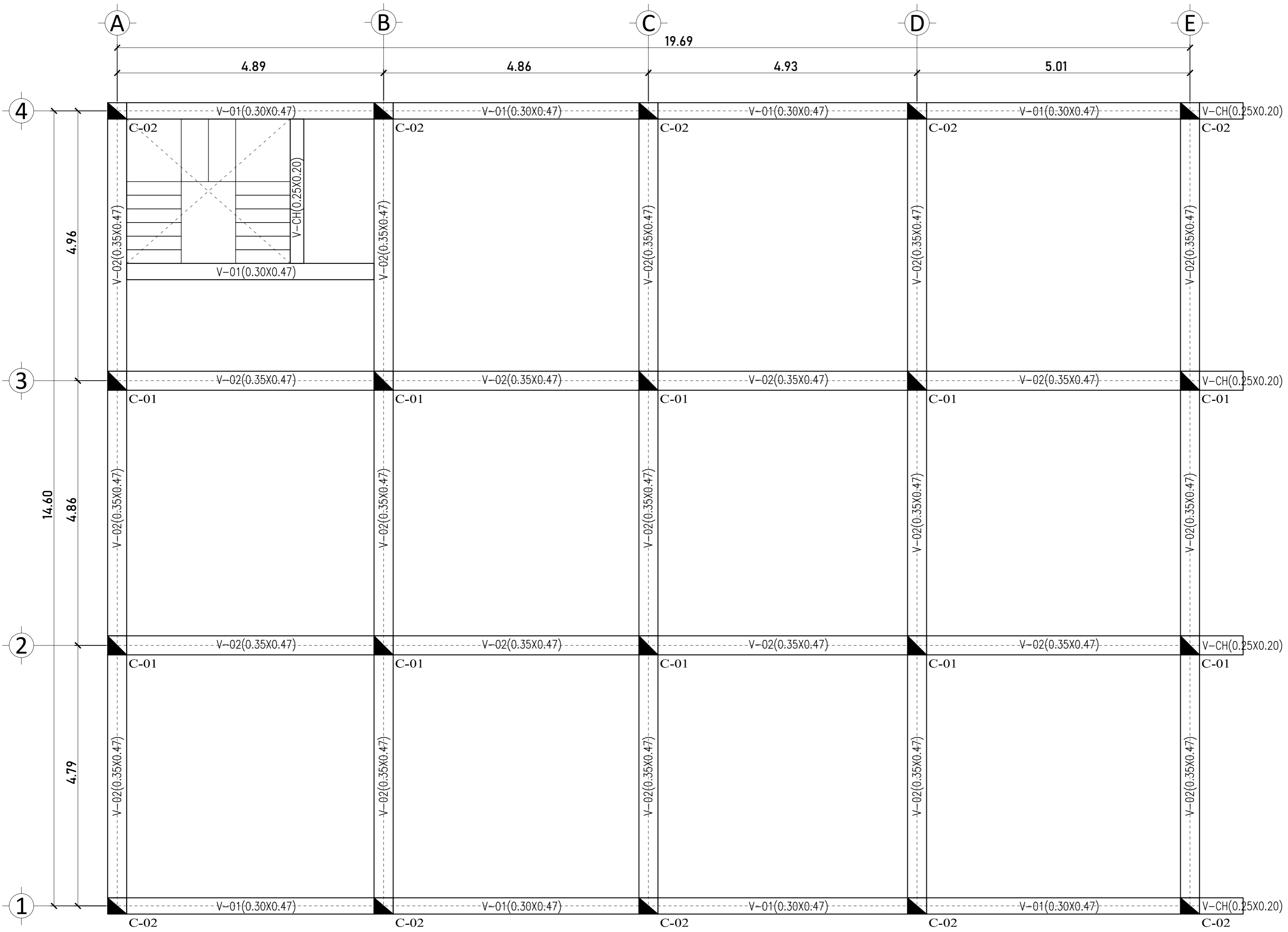
PLANTA NIVEL 01
ESC: 1/50



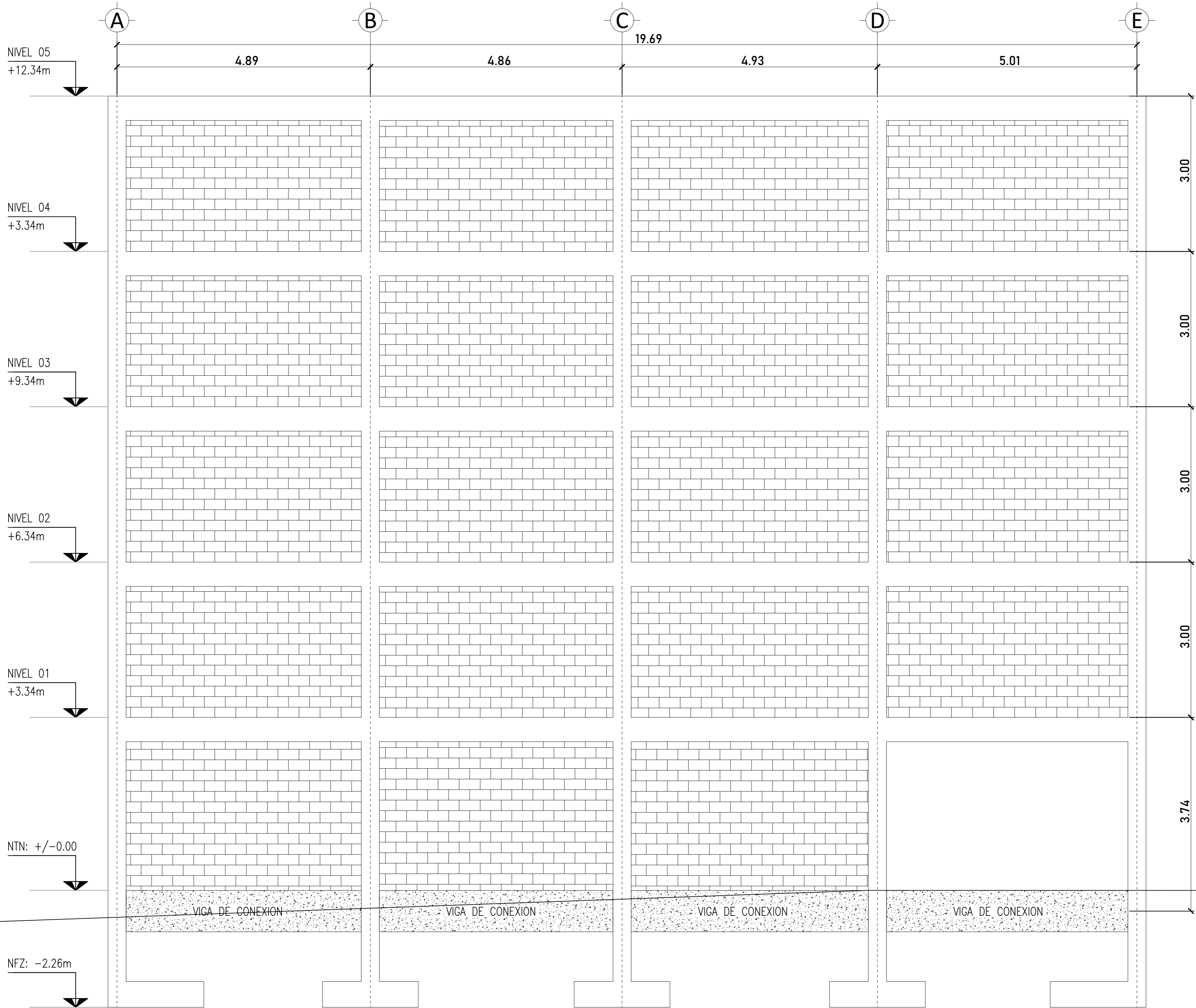
PLANTA NIVEL 02 Y 03
ESC: 1/50




UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	PRODUCTOR TESIS: "PROYECTO DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOZO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURAGA-HUARAZ FRENTE A LOS PROBLEMAS DE PISO DEBANDEREE"	
	DIRECCION: AV. LUZURAGA PROVINCIA: HUARAZ TESSIA: BACH. LINDOMAR ESPADA CRISTOBAL	DISTRITO: HUARAZ REGION: ANCASH ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2023
ESTRUCTURAS		
PLANO: E-01		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



PLANTA NIVEL 04 Y 05
ESC: 1/50



PORTICO EJES 01 Y 04
ESC: 1/50



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO
ANTUNEZ DE MAYOLO**

PROYECTO DE TESIS: "PROYECTO DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOZO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-HUARAZ PARA EVITAR LOS PROBLEMAS DE PISO EN EL NIVEL 02"

ESTRUCTURAS

PLANO: **E-02**

REGION: HUANUCO

PROVINCIA: HUANUCO

DISTRITO: HUANUCO

DIRECCION: AV. LUZURIAGA

REGION: ANCAHUA

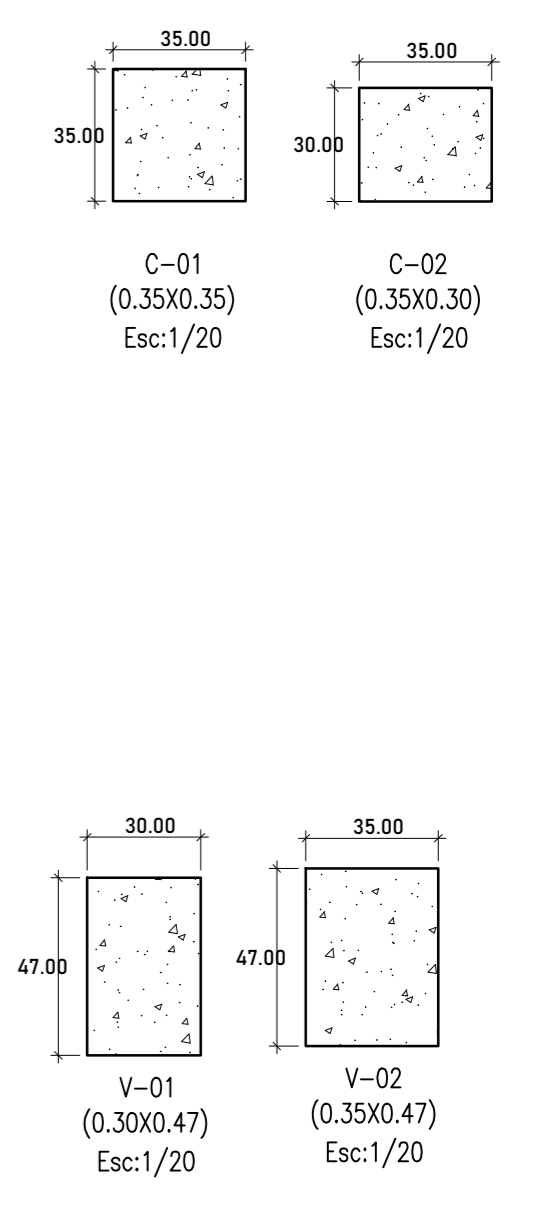
PROVINCIA: HUANUCO

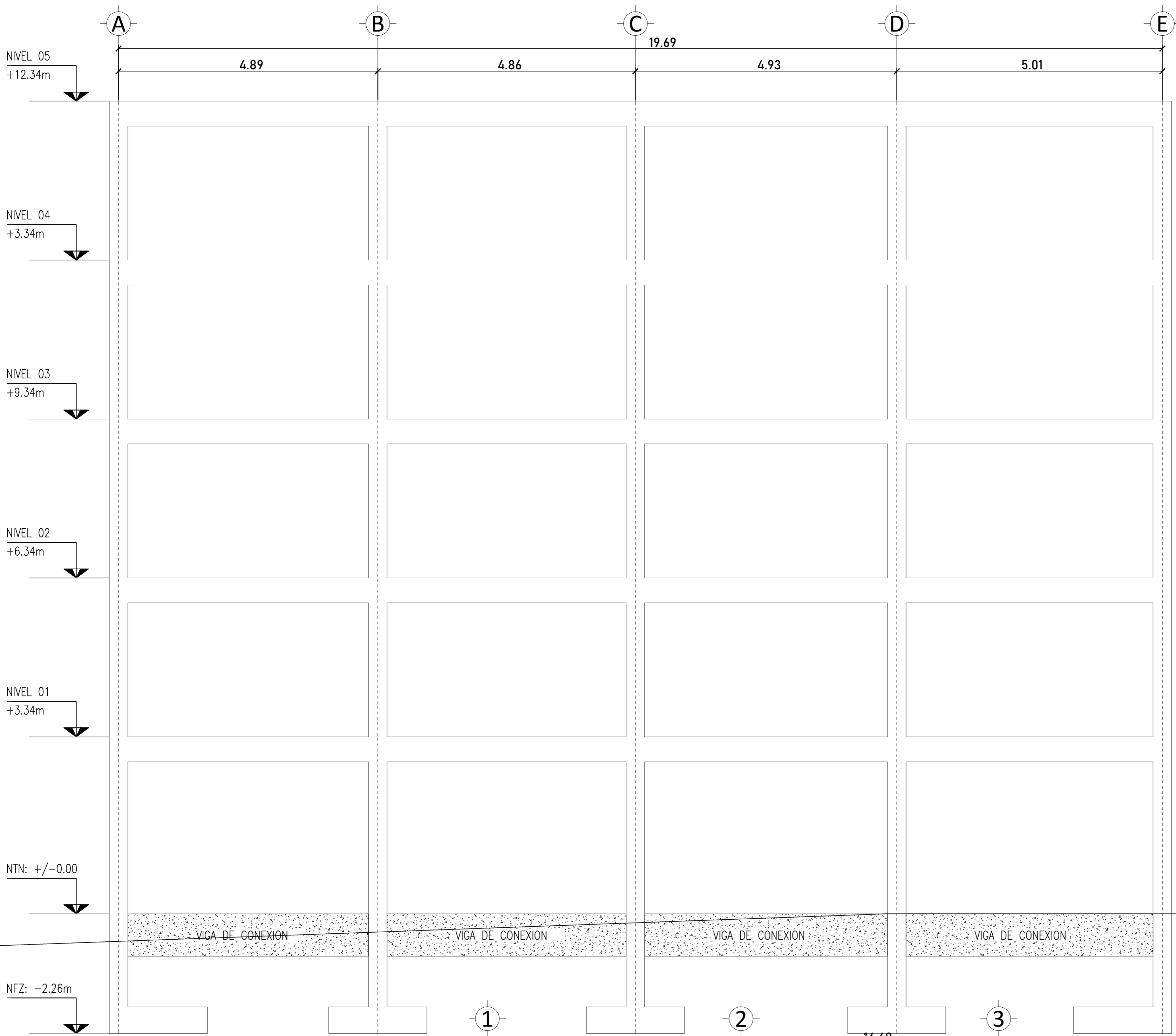
DISTRITO: ANCAHUA

DIRECCION: AV. LUZURIAGA

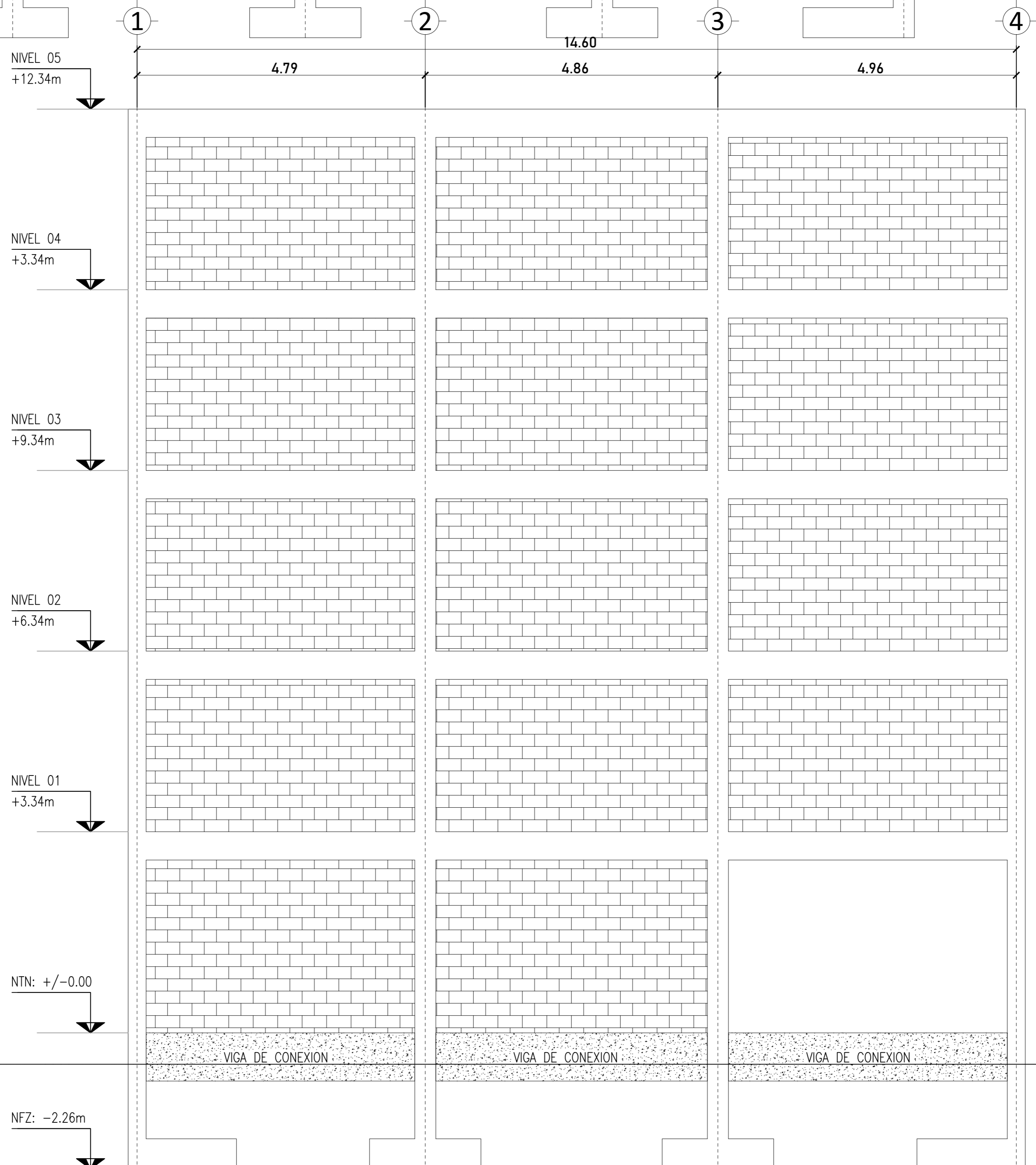
INDICADA

FECHA: MARZO 2023

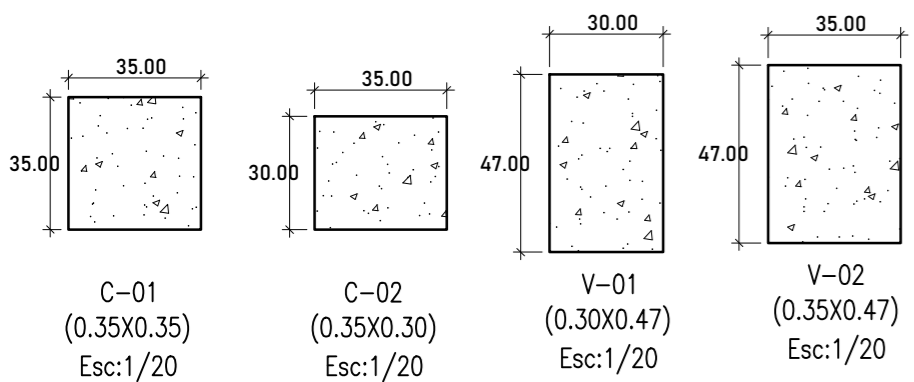




PORTICO EJES 02 Y 03
ESC: 1/50



PORTICO EJE A
ESC: 1/50



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOZO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-HUARAZ PARA EVITAR LOS PROBLEMAS DE PISO EN EL EDIFICIO 501-EDIFICIO 502"


PLANO: **E-03**

ESTRUCTURAS

DIRECCION: AV. LUZURIAGA
DISTRITO: HUARAZ
PROVINCIA: HUARAZ
REGION: ANCAASH

INDICADA
ISCALAS
INDICADA
CRISTOBAL

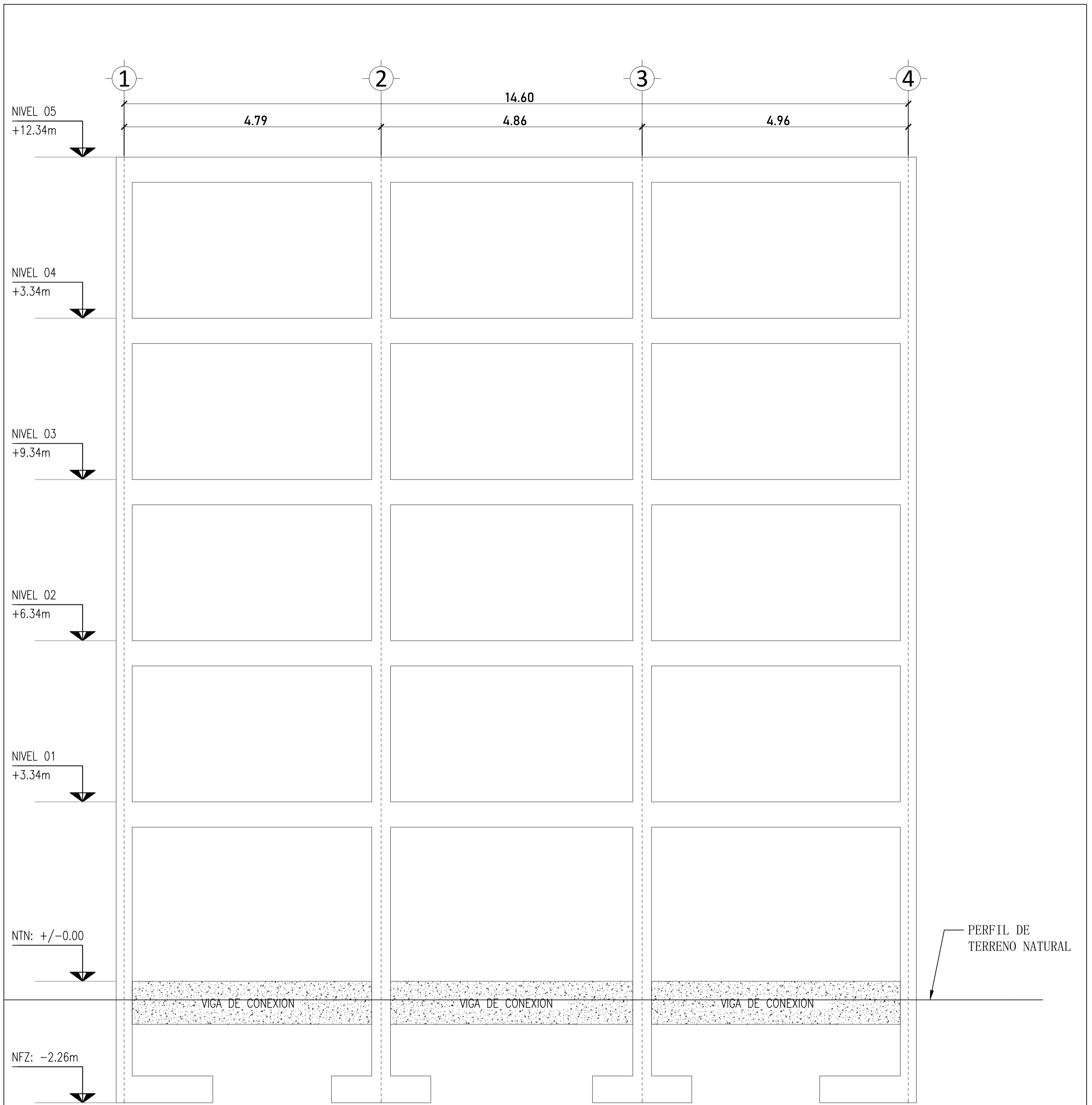
FECHA: MARZO 2023



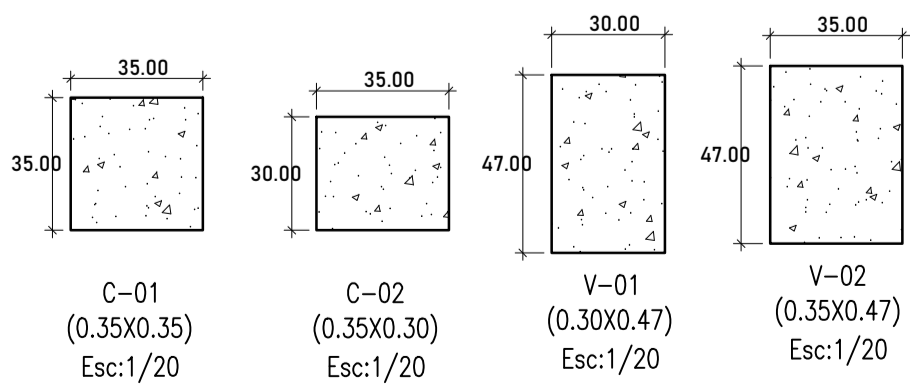
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PERFIL DE TERRENO NATURAL

PERFIL DE TERRENO NATURAL



PORTICO EJE B, C, D Y D
ESC: 1/50

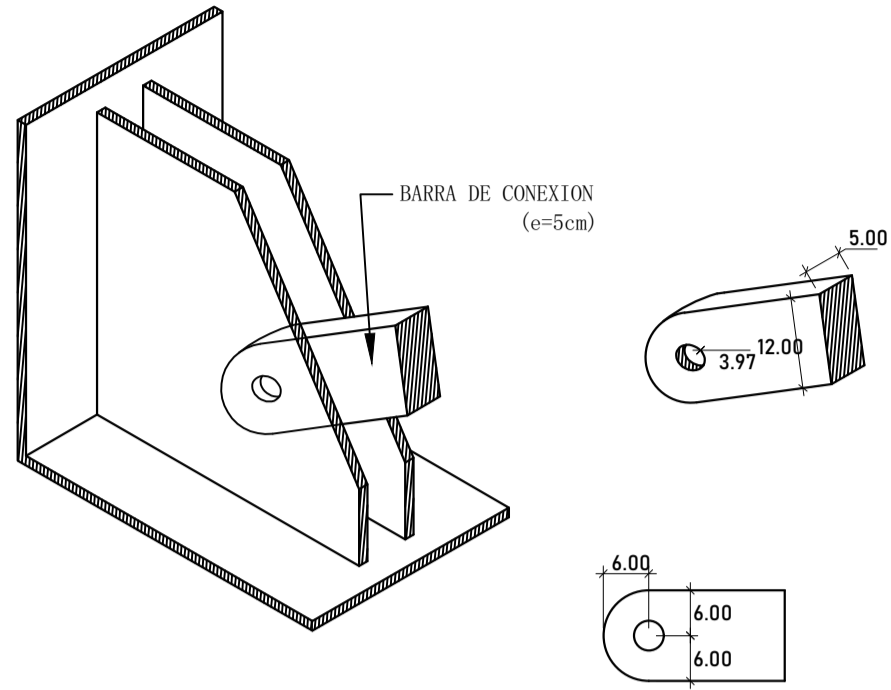
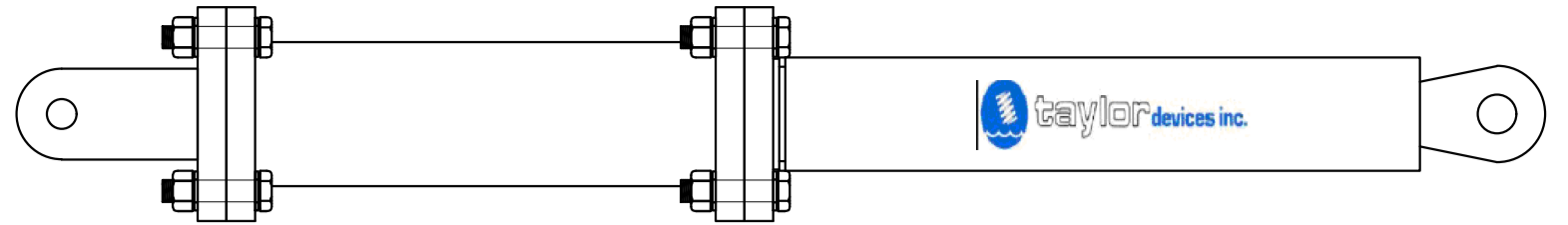
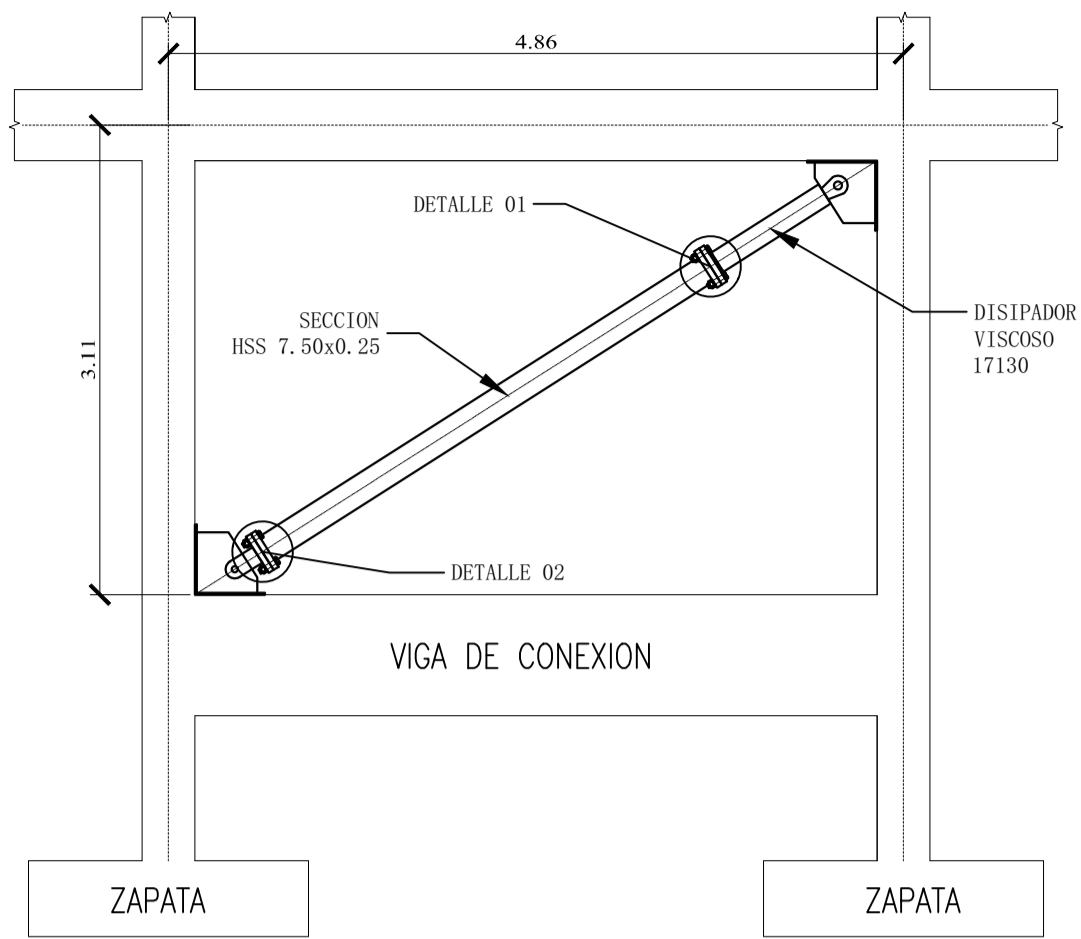


UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

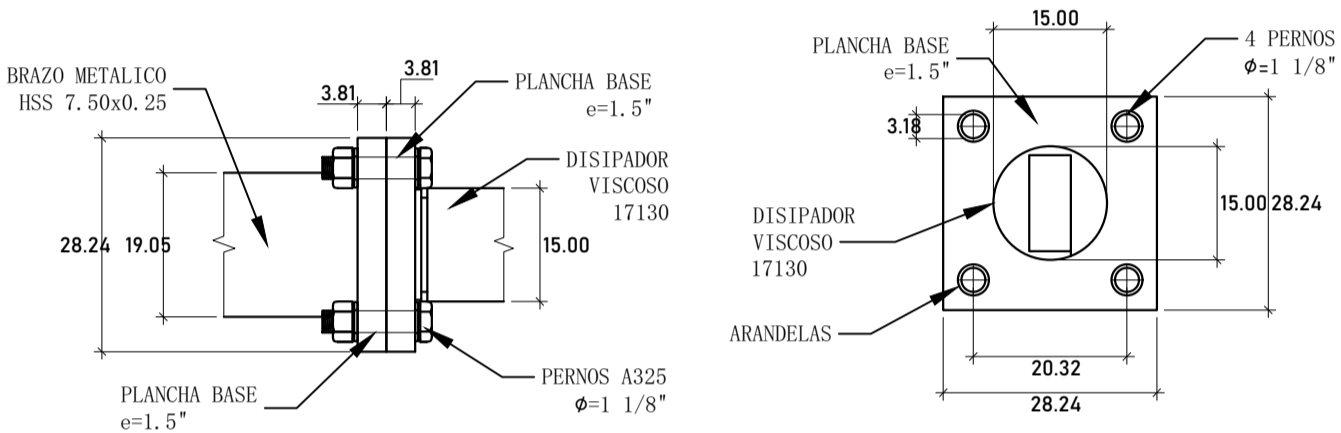
PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOSO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-HUARAZ FRENTE A LOS PROBLEMAS DE PISO BLANDO-2021"

PLANO: **ESTRUCTURAS**

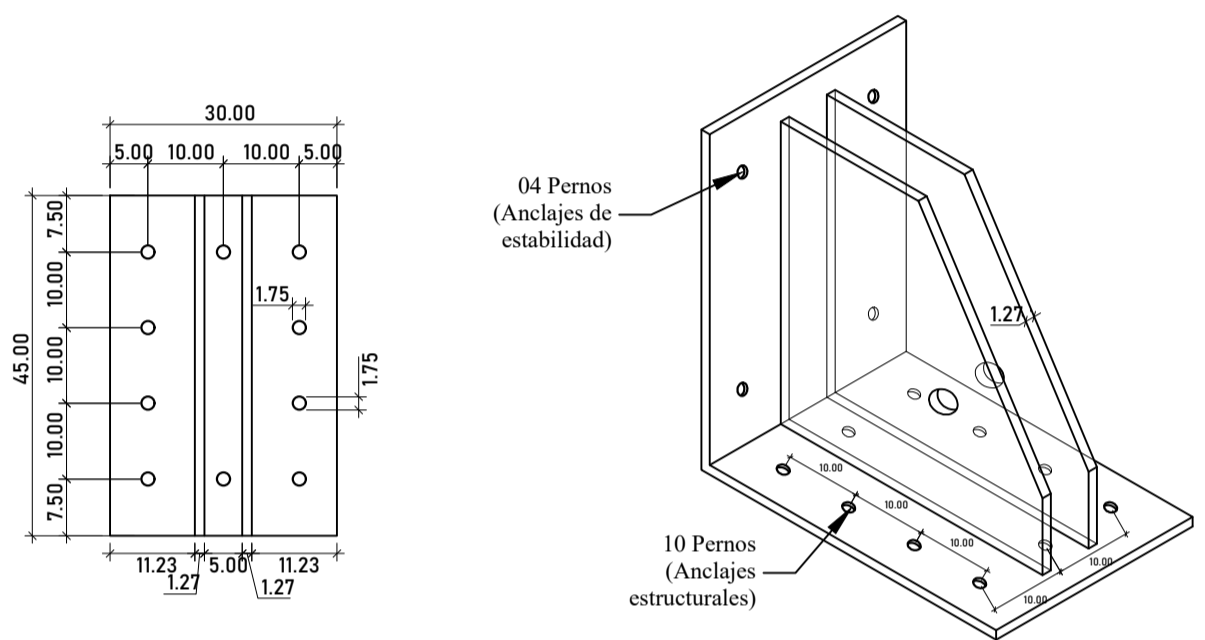
DIRECCION: AV. LUZURIAGA	DISTRITO: HUARAZ	PLANO: E-04
PROVINCIA: HUARAZ	REGION: ANCASH	
TESISTA: BACH. ELINDO MAIK ESPADA CRISTOBAL	ESCALA: INDICADA	
	FECHA: MARZO 2023	



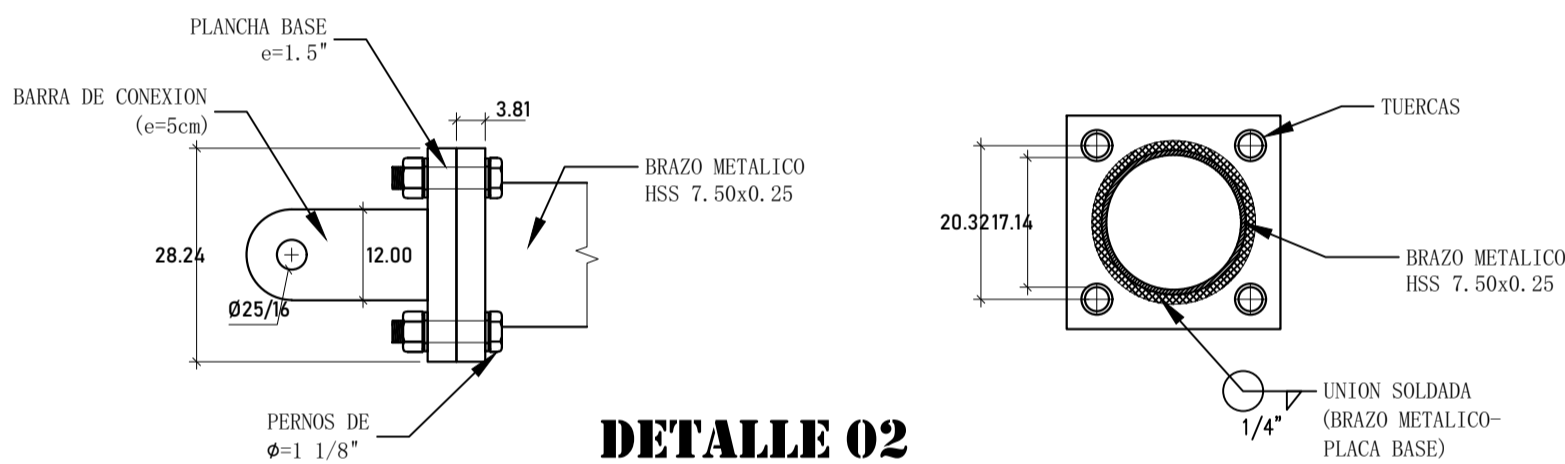
ISOMETRIA BARRA DE CONEX. TRAN.
ESC: 1/10



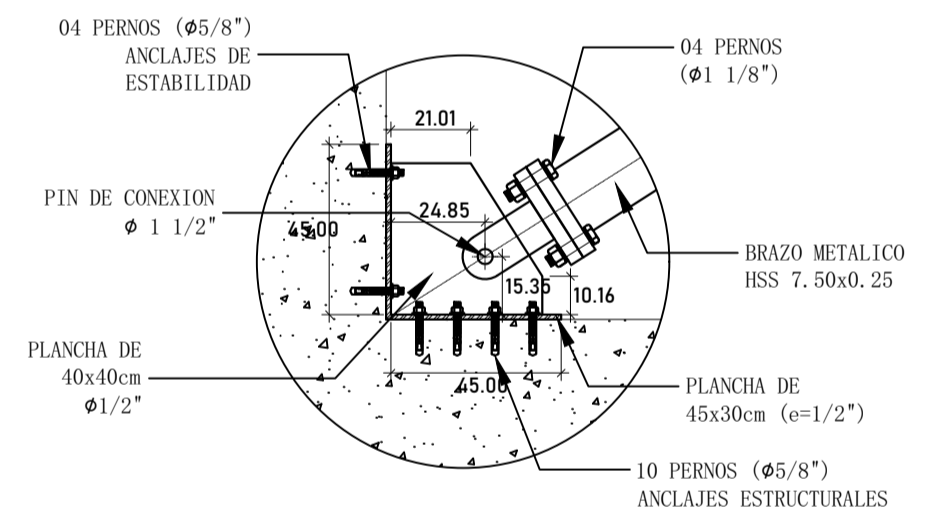
DETALLE 01
ESC: 1/10



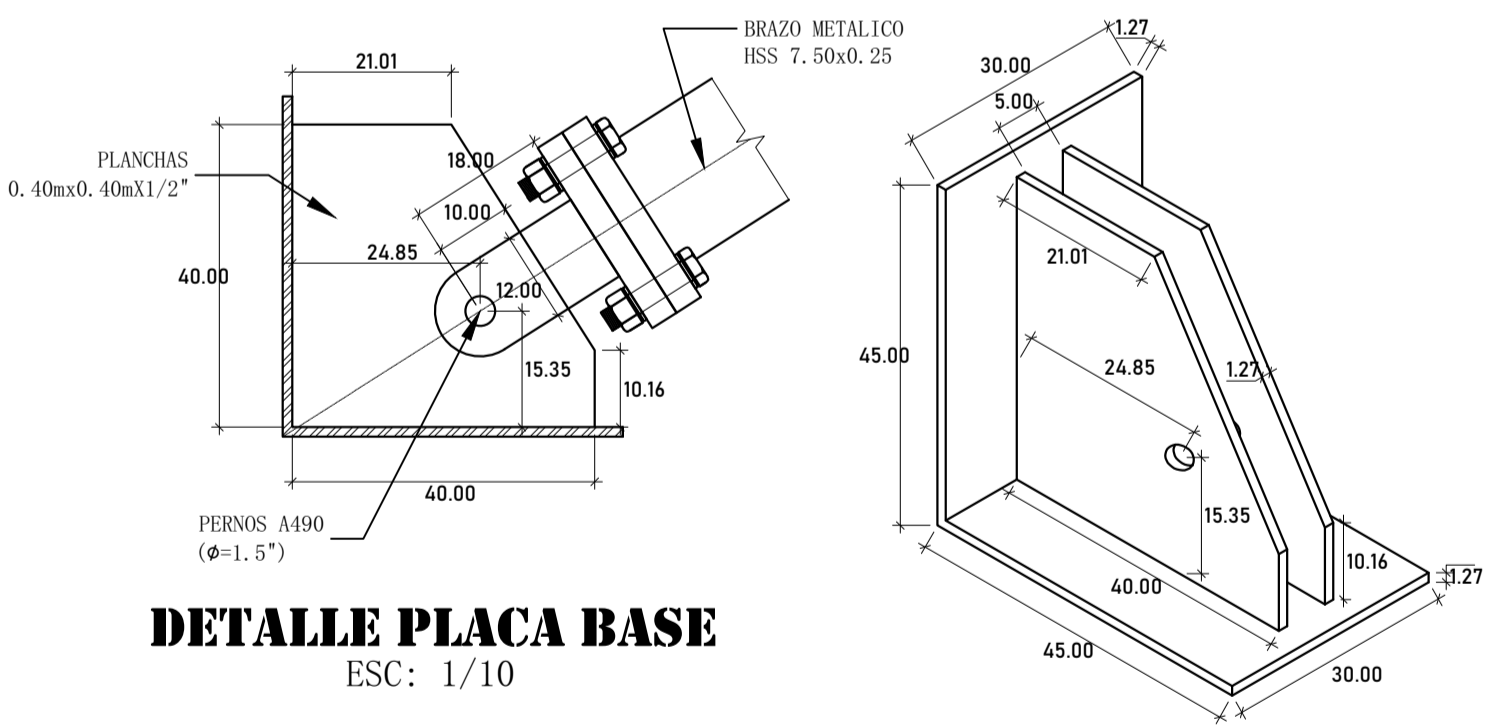
DETALLE DE CONEXION CONCRETO
ESC: 1/10



DETALLE 02
ESC: 1/10

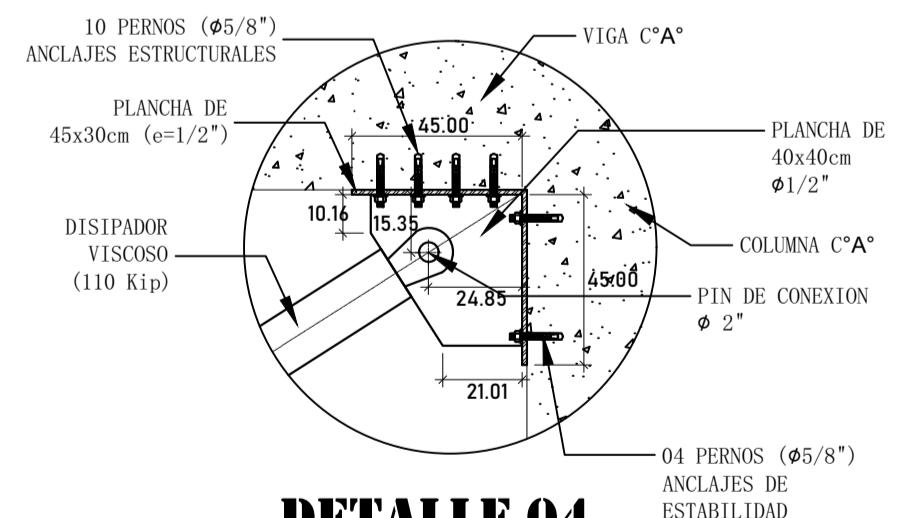


DETALLE 03
ESC: 1/20

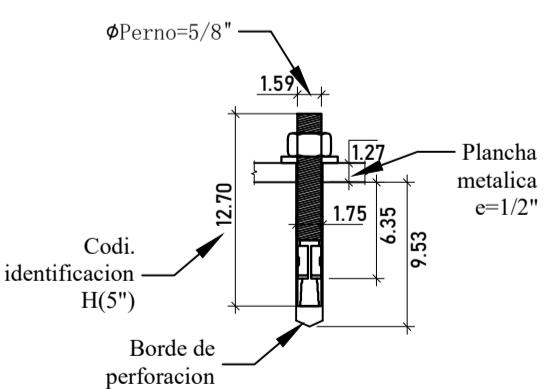


DETALLE PLACA BASE
ESC: 1/10

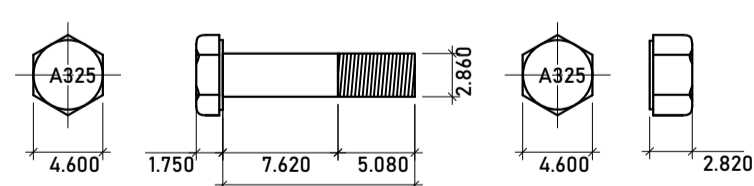
ISOMETRIA PLACA BASE
ESC: 1/10



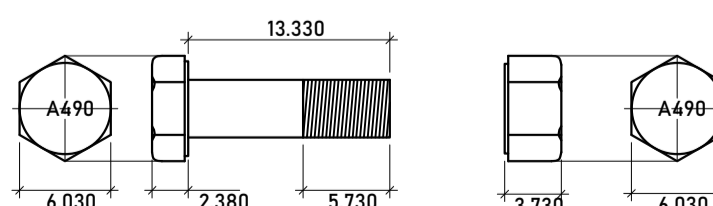
DETALLE 04
ESC: 1/20



PERNO DE ANCLAJE
ESC: 1/5



CONEXION HSS CON DISIPADOR
ESC: 1/5



PERNO PLACA BASE TRANS.
ESC: 1/5

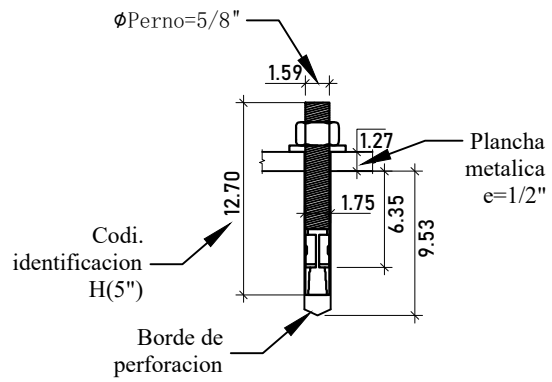
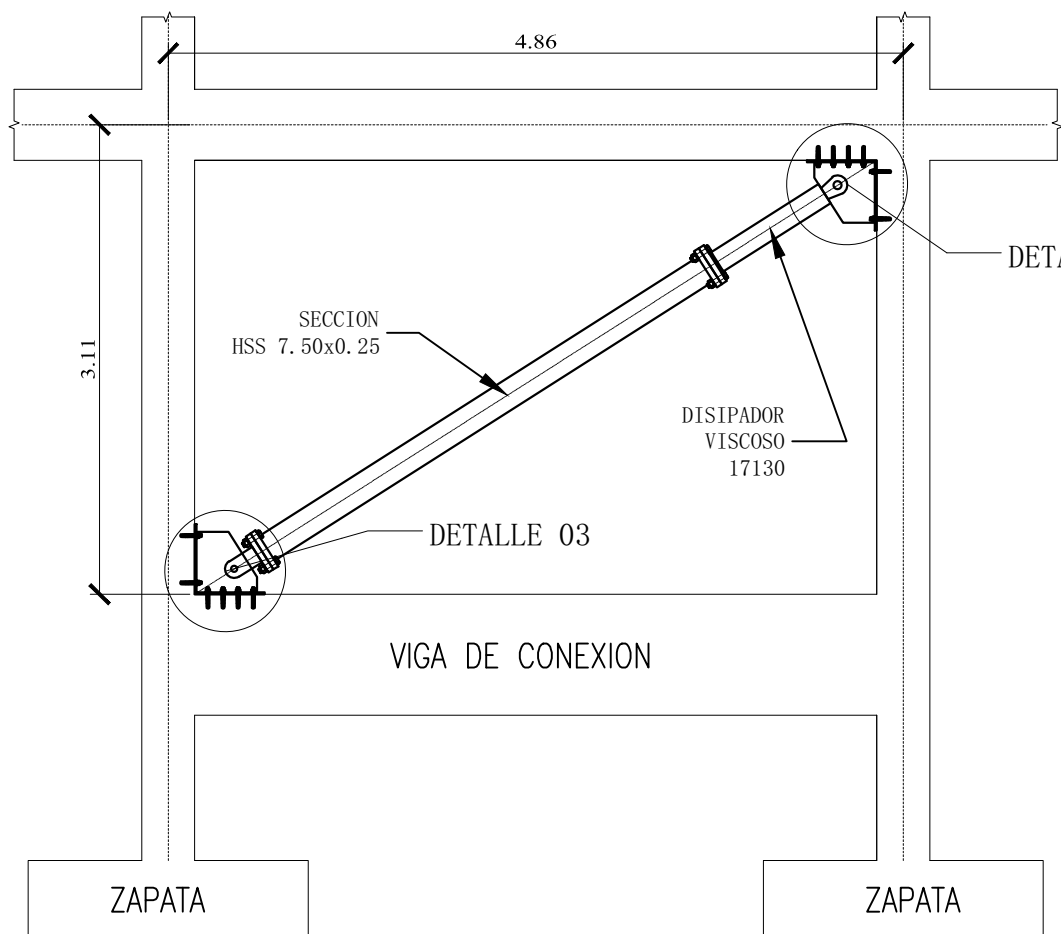


UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOSO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-HUARAZ FRENTE A LOS PROBLEMAS DE PISO BLANDO-2021"

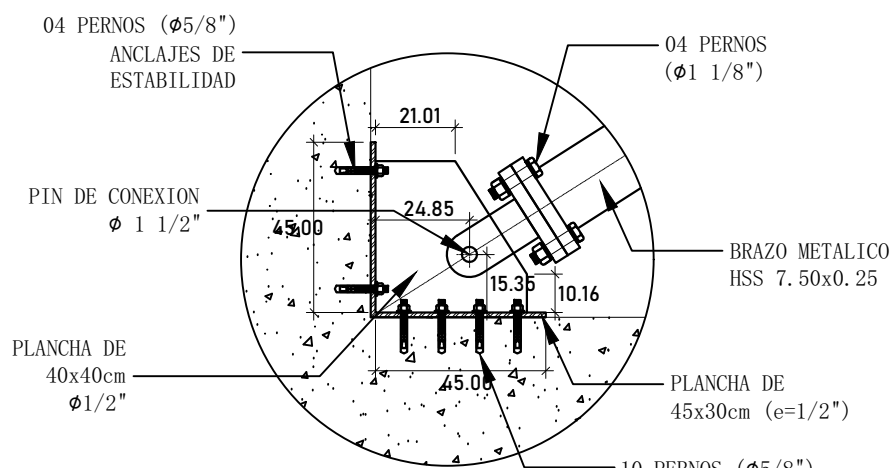
PLANO: **ESTRUCTURAS-DET. CONEXIONES**

DIRECCION: AV. LUZURIAGA	DISTRITO: HUARAZ	PLANO: E-05
PROVINCIA: HUARAZ	REGION: ANCASH	
TESISTA: BACH. ELINDO MAIK ESPADA CRISTOBAL	ESCALA: INDICADA	E-05
	FECHA: MARZO 2023	



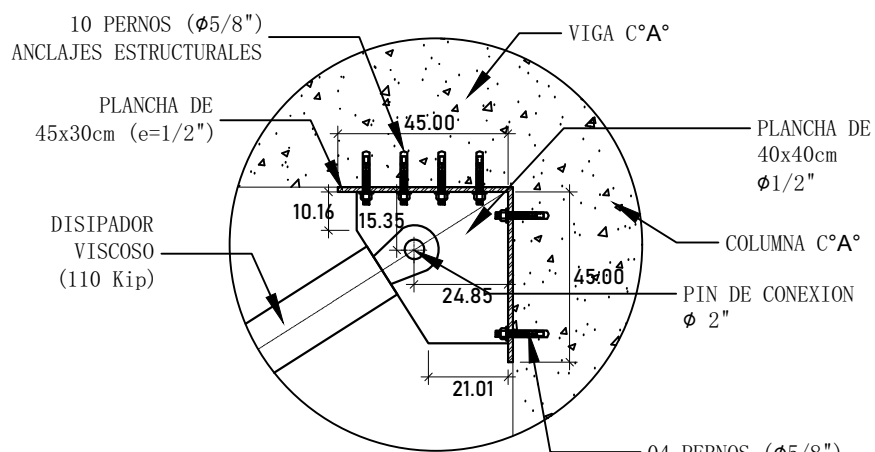
PERNO DE ANCLAJE

ESC: 1/5



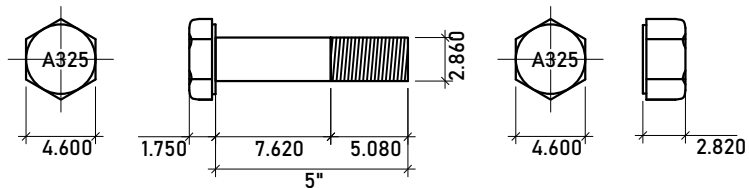
DETALLE 03

ESC: 1/20



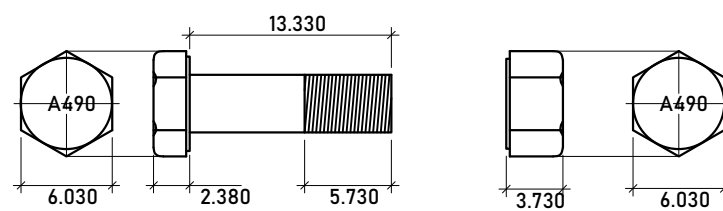
DETALLE 04

ESC: 1/20



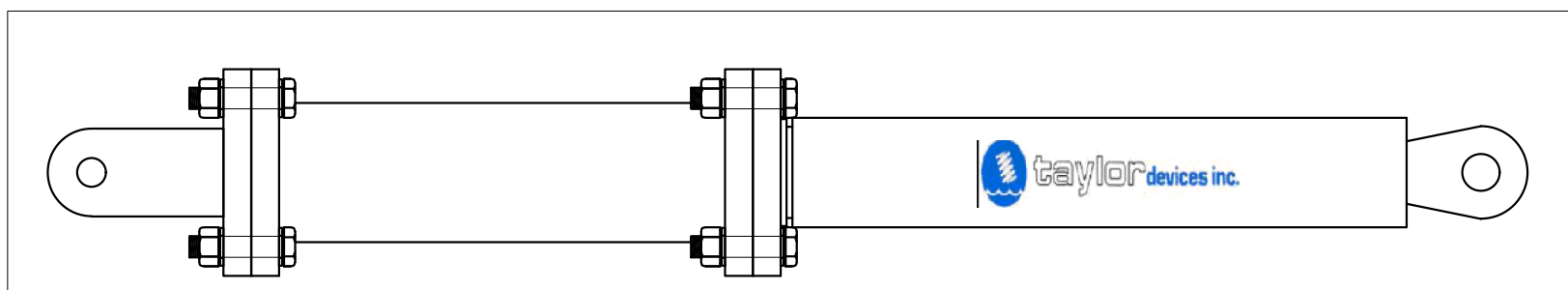
CONEXION HSS CON DISIPADOR

ESC: 1/5



PERNO PLACA BASE TRANS.

ESC: 1/5



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CON DISIPADOR SISMICO DE FLUIDO VISCOSO EN LAS EDIFICACIONES DE LA AV. LUZURIAGA-HUARAZ FRENTE A LOS PROBLEMAS DE PISO BLANDO-2021"

PLANO: **ESTRUCTURAS-DET. CONEXIONES**

DIRECCION: AV. LUZURIAGA	DISTRITO: HUARAZ	PLANO: E-06
PROVINCIA: HUARAZ	REGION: ANCASH	
TESISTA: BACH. ELINDO MAIK ESPADA CRISTOBAL	ESCALA: INDICADA	
	FECHA: MARZO 2023	