

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**DISEÑO DE UN DISIPADOR ENERGÉTICO DE TIPO  
BUCKLING – RESTRAINED BRACES (BRB) PARA  
EDIFICACIONES EN LAS ZONAS SÍSMICAS II Y III DEL  
PERÚ**

**AUTOR:**

**Bach. JHARLIN MANOSALVA LUDEÑA**

**ASESOR: Mg. ERICK STEVINSONN ARELLANOS CARRIÓN**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2023**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



## ANEXO 3-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Jharlin Manosalva Lucena  
DNI N°: 71877460  
Correo electrónico: 74877460@untrm.edu.pe  
Facultad: Ingeniería Civil y Ambiental  
Escuela Profesional: Ingeniería Civil

#### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

#### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Diseño de un dissipador energético de tipo Buckling-Restrained Braces (BRB) para edificaciones en las zonas sísmicas II y III del Perú

#### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Erick Stevenson Arellano Carrion  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 44542645  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0003-4665-7262

#### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_  
DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) \_\_\_\_\_



#### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_fori.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_fori.html)  
5.04 OC - Otras Ciencias Sociales y 5.01.02 - Otras ciencias sociales

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

#### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC. Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación -RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 20, marzo, 2023

Firma del autor 1

\_\_\_\_\_  
Firma del autor 2

Firma del Asesor 1

\_\_\_\_\_  
Firma del Asesor 2

### **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mi inspiradora familia, los siempre me han brindado su cariño y apoyo incondicional, haciéndome saber que, ante las dificultades, todo es posible.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios, a mis queridos padres por apoyarme incondicionalmente, así mismo agradecer a mis hermanos por sus motivaciones que me impulsan y me mantienen en marcha.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA**

Dr. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA  
**RECTOR**

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES  
**VICERRECTOR ACADÉMICO**

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA  
**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Ph.D. RICARDO EDMUNDO CAMPOS RAMOS  
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada \_\_\_\_\_

DISEÑO DE UN DISIPADOR ENERGÉTICO DE TIPO BEB PARA EDIFICACIONES  
EN LAS ZONAS SÍSMICAS II y III DEL PERÚ

del egresado JHARLIN MANOSALVA JUDEÑA

de la Facultad de INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL

de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 28 de FEBRERO de 2023

Firma y nombre completo del Asesor



## **JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



Mg. Jorge Alfredo Hernández Chávarry

**PRESIDENTE**



Mg. Wildor Gosgot Angeles

**SECRETARIO**



Mg. Hugo Bazan Duran

**VOCAL**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

DISEÑO DE UN DISIPADOR ENERGÉTICO DE TIPO BUCKLING-RESTRAINED BRACES (BRB) PARA EDIFICACIONES EN LAS ZONAS SÍSMICAS II Y III DEL PERÚ

presentada por el estudiante ( )/egresado (X) JHARLIN MANOSAWA LUDEÑA

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL

con correo electrónico institucional 7487746061@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 19 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 28 de FEBRERO del 2023

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....



# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 09 de marzo del año 2028, siendo las 17 horas, el aspirante: Jharlín Mamosalva Ludeña, asesorado por Mg. Erick Steinson Ariellano Carrión defiende en sesión pública presencial (X) / a distancia ( ) la Tesis titulada: Diseño de un dissipador energético de tipo Buckling-Restrained Braces (BRB) para edificaciones en las sísmicas II y III del Perú, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:



Presidente: Mg. Jorge Alfredo Hernández Chavarry  
Secretario: Mg. Wildor Gaspar Angulo  
Vocal: Dr. Hugo Basan Duran

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X) por Unanimidad (X)/Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 18:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

## ÍNDICE GENERAL

<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA</b> .....	v
<b>VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS</b> .....	vi
<b>JURADO EVALUADOR DE LA TESIS</b> .....	vii
<b>CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS</b> .....	viii
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xv
<b>RESUMEN</b> .....	xvii
<b>ABSTRAC</b> .....	xviii
<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	19
<b>II MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	21
2.1 Descripción del área de estudio.....	21
2.1.1 Ubicación:.....	21
2.1.1.1 Rodríguez de Mendoza (zona sísmica II).....	21
2.1.1.2 Cajamarca (zona sísmica III).....	22
2.2 Tipo y diseño de la investigación.....	22
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	23
2.3.1 Análisis documental.....	23
2.3.2 Software de modelamiento y análisis estructural.....	24
2.4 Procedimiento:.....	24
2.5 Análisis de las estructuras sin reforzar.....	33

2.5.1	Propiedades mecánicas de los materiales .....	33
2.5.2	Dimensionamiento de los elementos resistentes.....	34
2.5.3	Cargas gravitacionales .....	36
2.5.4	Peligro sísmico.....	37
2.5.5	Zonificación .....	37
2.5.6	Parámetros de sitio.....	37
2.5.7	Periodo fundamental de vibración .....	38
2.5.8	Factor de amplificación sísmica .....	38
2.5.9	Categoría de edificación y factor de uso “U” .....	38
2.5.10	Sistema estructural.....	38
2.5.11	Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( <b>RO</b> ).....	39
2.5.12	Factores de irregularidad .....	39
2.5.13	Espectro de aceleraciones .....	39
2.5.14	Modelamiento estructural de las edificaciones.....	40
2.5.15	Resultados de los análisis sísmicos de las edificaciones .....	41
2.5.15.1	Periodo fundamental de vibración.....	41
2.5.15.2	Factor de amplificación sísmica .....	42
2.5.15.3	Desplazamiento y derivas de entre piso .....	43
2.6	Análisis de las estructuras con la implementación de contravientos convencionales (CC).....	48
2.6.1	Análisis sísmico .....	50
2.6.2	Modelado de las estructuras con la implementación de contravientos convencionales .....	50
2.6.3	Configuración y ubicación de contravientos .....	50
2.6.4	Resultados del análisis sísmico con la implementación de contravientos en las estructuras. ....	50
2.6.4.1	Desplazamientos y distorsiones de entrepiso.....	50

2.7	Análisis de las estructuras con la implementación de buckling restrained braced (BRB)	55
2.7.1	Diseño de Buckling Restrained Braces (BRB)	57
2.7.1.1	Análisis-de-desplazamientos	57
2.7.1.2	Deformación axial máxima del CC-2Z2	57
2.7.1.3	Deformación de fluencia del BRB-1XZ2	57
2.7.1.4	Factor de rigidez (fk) para el BRB-2XZ2	57
2.7.1.5	Geometría del núcleo del BRB	57
2.7.1.6	Rigidez y capacidad de compresión del BRB	58
2.7.1.7	Diseño de la funda o encamisado	58
2.7.1.8	Mortero confinante	59
2.7.1.9	Resumen del diseño de las BRB	59
2.8	Resultados del análisis sísmico de las edificaciones con la implementación de los BRB	60
2.8.1	Desplazamientos y distorsiones de entrepiso	61
<b>III</b>	<b>RESULTADOS</b>	66
3.1	Análisis-de-resultados	66
3.1.1	Resultados de la metodología planteada para el diseño del Buckling-Restrained Braces (BRB)	66
3.1.2	Resultados del análisis sísmico de los edificios con la implementación de BRB	66
<b>IV</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	70
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	72
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	73
<b>VII</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	74
	<b>ANEXOS</b>	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Propiedades mecánicas de los materiales considerados para los elementos estructurales de las estructuras.....	34
<b>Tabla 2.</b> Dimensiones en (cm) de columnas para los edificios de 10 niveles .....	34
<b>Tabla 3.</b> Dimensiones en (cm) de las vigas para los edificios de 10 niveles.....	35
<b>Tabla 4.</b> Espesor de la losa aligerada de los edificios .....	35
<b>Tabla 5.</b> Propiedades de los elementos considerados en los modelamientos .....	36
<b>Tabla 6.</b> Cargas gravitacionales consideradas para el modelamiento y análisis de los edificios	37
<b>Tabla 7.</b> Factores de zona .....	37
<b>Tabla 8.</b> Condiciones geotécnicas de la zona sísmica 2 y 3 .....	38
<b>Tabla 9.</b> Periodos del edificio y relación de masas participantes modales.....	42
<b>Tabla 10.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 2	44
<b>Tabla 11.</b> Distorsiones de entrepiso y desplazamientos - dirección Y de la zona sísmica 2	45
<b>Tabla 12.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 3	46
<b>Tabla 13.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 3	47
<b>Tabla 14.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 2	51
<b>Tabla 15.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 2	51
<b>Tabla 16.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 3	53
<b>Tabla 17.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 3	53
<b>Tabla 18.</b> Área de contravientos convencionales que logran controlar las distorsiones de los edificios de las dos zonas sísmicas.....	55
<b>Tabla 19.</b> Resumen -de- Buckling Restrained Braced (BRB).....	60
<b>Tabla 20.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 2 con implementación de BRB .....	62

<b>Tabla 21.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 2 con implementación de BRB .....	62
<b>Tabla 22.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 3 con implementación de RBB .....	64
<b>Tabla 23.</b> Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 3 con implementación de RBB .....	64
<b>Tabla 24.</b> Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección X del edificio de la zona sísmica 2, con la implementación de BRBs .....	67
<b>Tabla 25.</b> Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección Y del edificio de la zona sísmica 2, con la implementación de BRBs .....	68
<b>Tabla 26.</b> Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección X del edificio de la zona sísmica 3, con la implementación de BRBs .....	68
<b>Tabla 27.</b> Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección Y del edificio de la zona sísmica 3, con la implementación de BRBs .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudio para la zona sísmica II .....	21
<b>Figura 2.</b> Área de estudio para la zona sísmica III.....	22
<b>Figura 3.</b> Diagrama de la metodología para el diseño del BRB.....	25
<b>Figura 4.</b> Arreglos simétricos de los CC en los modelos .....	26
<b>Figura 5.</b> Distorsiones máximas obtenidas de un análisis sísmico sin y con CC .....	26
<b>Figura 6.</b> Procedimiento de cálculo de las propiedades del BRB .....	28
<b>Figura 7.</b> Dimensiones del BRB .....	30
<b>Figura 8.</b> Secciones del núcleo débil del BRB.....	30
<b>Figura 9.</b> Encamisado del BRB.....	32
<b>Figura 10.</b> Secuencia de obtención de resultados con la implementación de BRBs a las estructuras	33
<b>Figura 11.</b> Espectro de diseño para la zona sísmica 2 .....	39
<b>Figura 12.</b> Espectro de diseño para la zona sísmica 3 .....	40
<b>Figura 13.</b> Modelo del proyecto residencial de 10 niveles.....	41
<b>Figura 14.</b> Variación de deformaciones del edificio sin reforzar .....	43
Ejes A y D.....	43
<b>Figura 15.</b> Comportamiento sísmico de toda la estructura.....	44
<b>Figura 16.</b> Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 2	45
<b>Figura 17.</b> Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2 ..	46
<b>Figura 18.</b> Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 3	47
<b>Figura 19.</b> Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 3 ..	48
<b>Figura 20.</b> Implementación de CC en las estructuras modeladas.....	49
<b>Figura 21.</b> Implementación de CC en los ejes A, D,1 y 6 de las estructuras .....	49
<b>Figura 22.</b> Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de CC.....	52
<b>Figura 23.</b> Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de CC.....	52
<b>Figura 24.</b> Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 3 con la implementación de CC.....	54
<b>Figura 25.</b> Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 3 con la implementación de CC.....	54

<b>Figura 26.</b>	Implementación de BRB en los edificios de 10 niveles .....	56
<b>Figura 27.</b>	Implementación de BRB en los pórticos de los ejes A, D, 1 y 6 de los edificios	56
<b>Figura 28.</b>	Geometría del núcleo del BRB-2XZ2 .....	58
<b>Figura 29.</b>	Disposición de BRBs en la dirección X del edificio de la zona sísmica 2	61
<b>Figura 30.</b>	Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de BRB. ....	63
<b>Figura 31.</b>	Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de BRB .....	63
<b>Figura 32.</b>	Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 3 con la implementación de BRB. ....	65
<b>Figura 33.</b>	Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de BRB .....	65



## RESUMEN

En el país se cuenta con una Norma para protección sísmica de las estructuras a base de aisladores, aplicable solamente a clínicas y hospitales, es por ello que en esta investigación se vio la necesidad de plantear una metodología de diseño de un dispositivo para disipar la energía sísmica en edificios residenciales. Por ello, el objetivo de la investigación fue, diseñar disipadores de energía de tipo BRB para su uso en edificaciones de las zonas sísmica II y III del Perú. Inicialmente utilizando un análisis documental se recopiló distintas consideraciones de normas internacionales y nacionales vigentes que permitan diseñar estructuras sismorresistentes, la información obtenida se procesó en el software ETABS v9, donde se modeló y sometió las estructuras a cargas sísmicas para obtener resultados de daño sísmico, posteriormente se diseñó los Buckling-Restrained Braces (BRB) los mismos que fueron implementados en las estructuras iniciales. Los resultados demuestran que la metodología planteada genera información útil para una evaluación preliminar y rápida de estructuras, sin embargo, el método basado en el control de distorsiones, donde se implementa inicialmente contraenteos convencionales para controlar las derivas de entrepiso, y después utilizar la sección de estas riostras para el diseño propio del disipador del tipo BRB, es más recomendable para edificios de forma regular con sistema aporticado. En la zona sísmica II el edificio con la implementación de BRB se logró disminuir las distorsiones de entrepiso en un promedio de 25 % en la dirección X mientras que en la dirección Y se redujo en un promedio de 31%, por otro lado, en la zona sísmica III en el edificio equipado con BRB se redujo las distorsiones en un promedio de 46% en la dirección X y 59% en la dirección Y.

**Palabras claves:** Buckling-Restrained Braces, sistema de aporticado, análisis dinámico, fusible estructural, diseño sísmico, arriostramiento.

## ABSTRAC

In the country there is a Standard for seismic protection of structures based on insulators, applicable only to clinics and hospitals, which is why this investigation saw the need to propose a design methodology for a device to dissipate energy. seismic in residential buildings. Therefore, the objective of the research was to design BRB type energy dissipators for use in buildings in seismic zones II and III of Peru. Initially, using a documentary analysis, different considerations of current international and national standards were compiled that allow the design of seismic-resistant structures, the information obtained was processed in the ETABS v9 software, where the structures were modeled and subjected to seismic loads to obtain results of seismic damage, later Buckling-Restrained Braces (BRB) were designed, the same ones that were implemented in the initial structures. The results show that the proposed methodology generates useful information for a preliminary and rapid evaluation of structures, however, the method based on distortion control, where conventional bracing is initially implemented to control interstory drifts, and then using the section of these braces for the design of the BRB type heatsink, it is more recommendable for regular shaped buildings with a frame system. In seismic zone II, the building with the implementation of BRB managed to reduce the mezzanine distortions by an average of 25% in the X direction, while in the Y direction it was reduced by an average of 31%, on the other hand, in the seismic zone III in the building equipped with BRB distortions were reduced by an average of 46% in the X direction and 59% in the Y direction.

**Keywords:** Buckling-Restrained Braces, frame system, dynamic analysis, structural fuse, seismic design method, bracing.

## I INTRODUCCIÓN

De acuerdo a Lizárraga (2017), en el Perú a lo largo de su historia ha tenido sismos considerables en múltiples ocasiones, siendo los más graves el de Ancash en mayo de 1970; Piura y Tumbes en diciembre de 1970; Lima en octubre de 1974; las regiones de Amazonas, San Martín, Cajamarca en mayo de 1990; San Martín abril de 1991; ciudades de Nasca, Pisco y Palpa en noviembre de 1996; regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna en junio de 2001; Pisco en 2007; Loreto en 2011; Loreto en mayo 2019 (Correo, 2021). Por lo tanto, es necesario diseñar edificaciones que aseguren un nivel de seguridad que cumpla con los parámetros de la normatividad vigente con el fin de garantizar el beneficio de los usuarios.

La innovación en ingeniería sísmica puede entenderse a partir de la propuesta de sistemas estructurales que puedan controlar acertadamente el nivel de daño en las estructuras mediante las limitaciones de las deformaciones durante las excitaciones sísmica (Karami et al., 2021). En la actualidad, se cuentan con estructuras a base de pórticos de concreto y los contravientos han tenido una prosperidad increíble (Castaldo et al., 2021). Sin embargo, esto no suele ser suficiente puesto que se busca consumir demandas sísmicas por medio de la rigidez de los elementos estructurales dándoles mayores secciones, existiendo otras formas de cumplir con dichas demandas. Por ejemplo, mediante elementos de disipación de energía como los Buckling-Restrained Braces (Li et al., 2019), sin embargo, el problema radica en que estos tipos de sistemas y tecnologías son poco conocidos en el país (Sun et al., 2020).

Las diversas investigaciones y publicaciones que existen sobre los Buckling-Restrained Braces (BRB), mencionan que estos arrojan importantes ahorros en cuanto a costos se refiere de las edificaciones sismorresistentes tanto de concreto armado como de acero, sin embargo, al día de hoy no se conoce un método de diseño sencillo y eficaz de este dispositivo en el país, para poder fabricar a escala industrial (Oviedo-Amezquita et al., 2021). La necesidad de emplear los BRB en edificaciones como fusibles estructurales, es proteger a las edificaciones de solicitaciones sísmicas, a su vez permiten que las estructuras absorban energía sísmica en menor cantidad de, generando una disminución de las deformaciones de las estructuras (Wang et al., 2021).

Si bien es cierto en el Perú el objeto de la Norma Técnica E.030 (2018) es establecer las Condiciones mínimas para el diseño sísmico de edificios, y de la misma manera la NT E.031 (2019), Determina las condiciones mínimas para el diseño y construcción de edificaciones con aislamiento sísmico, así como las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento de los equipos del sistema de aislamiento sísmico, estas no consideran los sistemas de control pasivo; como disipadores histeréticos de energía sísmica, representando un atraso en cuanto tecnologías sismorresistentes en el país. El proceso de desarrollo del Perú es complejo, por ello el gobierno ha implementado políticas conservadoras y ha decidido exigir a partir del 2014 el uso de sistemas de protección sísmica solamente para clínicas de categoría II y III; además, la proyección de hospitales ubicados en las dos zonas de mayor sismicidad en el Perú, con el fin de garantizar el funcionamiento posterior a movimientos telúricos (García & Vidal, 2020)

En tal sentido, el problema que en la actualidad afronta el país es que se conoce la vulnerabilidad de las edificaciones, y, aun así, se siguen cometiendo los mismos errores al querer construir estructuras que impliquen bajos costos, esperando que no sufran ninguna tragedia, antes bien, la economía y la necesidad del país nos lleva a tener que hacer este tipo de investigación.

Por los argumentos expuestos, el objetivo principal de esta investigación fue el diseño de un disipador energético del tipo BRB para edificaciones en las zonas sísmicas II y III del Perú. Para ello, se planteó una metodología funcional para el diseño del BRB y funcionamiento eficiente como fusible estructural en edificaciones con marcos de concreto armado. Para lograr el diseño del BRB se empezó por modelar las estructuras y definir las propiedades mecánicas para cada edificio, definición de los elementos resistentes, parámetros de sismo, cargas gravitacionales y espectro de aceleraciones, para finalmente hacer un análisis convencional de las estructuras sin reforzar. Posterior a ello se implementó contravientos convencionales (CC) en las estructuras ya modeladas, como parte de la metodología del diseño del BRB, realizando también un segundo análisis sísmico de los edificios ya reforzados con CC. En el siguiente paso se realizó el diseño de los BRB siguiendo la metodología planteada, y así mismo se analizó los edificios con la implementación de estos. Por último, se presenta los resultados de toda esta investigación.

## II MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción del área de estudio

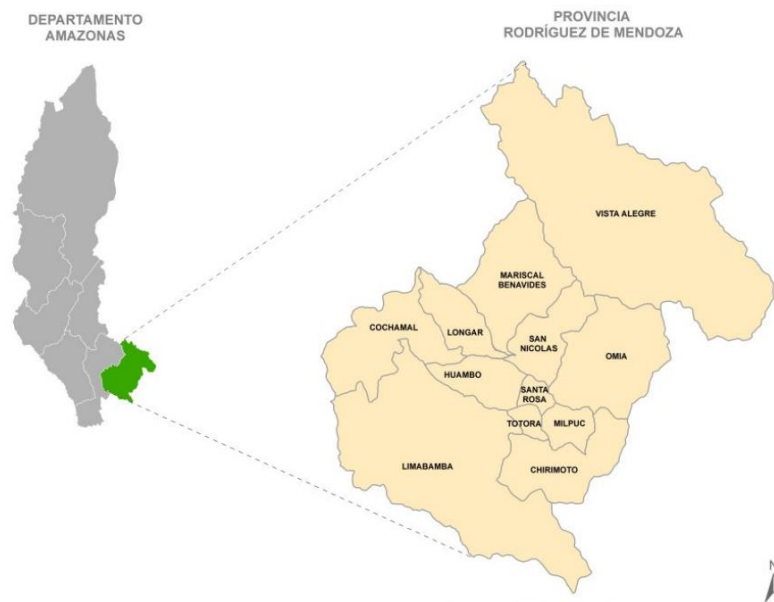
Las áreas de estudio fueron elegidas en base a información disponible sobre estudio de mecánica de suelos (EMS), de proyectos importantes situados en las zonas sísmicas II y III del Perú; Estos proyectos son:

- Creación del Complejo Deportivo Qhapac Ñan de la ciudad de Cajamarca
- Mejoramiento de los servicios de salud del hospital María Auxiliadora – Rodríguez de Mendoza.

#### 2.1.1 Ubicación:

##### 2.1.1.1 Rodríguez de Mendoza (zona sísmica II)

La ciudad de San Nicolas de la provincia de Rodríguez de Mendoza mostrada en la Imagen 1, forma parte de la región Amazonas, y según la zonificación sísmica de la Norma E.030, se encuentra en una zona de tipo II, y conforme al EMS con fines de cimentación del proyecto “Mejoramiento de los servicios de salud del hospital María Auxiliadora”, los resultados geofísicos de dicho estudio muestran que los parámetros geotécnicos corresponden a un perfil tipo S2, con valores de periodo  $T_p = 0.60$  seg,  $T_L = 2.00$  seg y un factor de suelo de  $S = 1.20$  (Hurtado, 2021).



**Figura 1.** Área de estudio para la zona sísmica II  
Fuente: Fernández (2013)

### 2.1.1.2 Cajamarca (zona sísmica III)

La ciudad de Cajamarca se encuentra en la parte norte del país mostrado en la Figura 2, según la Norma E.030, en una zona sísmica de tipo III y de acuerdo al EMS con fines de cimentación del proyecto “Creación del Complejo Deportivo Qhapac Ñan de la ciudad de Cajamarca” esta área presenta un suelo de perfil tipo S3, con periodo predominante de  $T_p=0.9$  seg,  $T_L = 1.60$  seg y factor de suelo  $S=1.40$  (Hurtado, 2008).



**Figura 2.** Área de estudio para la zona sísmica III  
Fuente: Hurtado (2008)

## 2.2 Tipo y diseño de la investigación

El proyecto de investigación es de tipo aplicada, puesto que se planteó diseñar un disipador energético del tipo BRB con base en variables estructurales, con la finalidad de aplicar y mejorar el comportamiento de las estructuras frente a solicitaciones sísmicas. Según CRAI (2021) la investigación aplicada tiene como propósito la aplicación o utilización de conocimientos concretos desde una o varias áreas especializadas en su campo de acción.

Asimismo, la propuesta de investigación es cuantitativa, porque se evaluó el comportamiento estructural de las edificaciones modeladas a partir de requerimientos y parámetros mínimos

establecidos en las normas para el diseño y aplicación de una tecnología que permitirá controlar la respuesta de las estructuras frente a sismos. Según Velasco (2016) las investigaciones cuantitativas se enfocan en medir información en base a las variables de estudio con el propósito de consolidar un conocimiento utilizando herramientas de análisis matemático para predecir, explicar y describir fenómenos a través de datos numéricos.

El proyecto es de nivel descriptivo propositivo porque se realizó un análisis del comportamiento de las estructuras con los disipadores energéticos, y a su vez se propuso su aplicación en las zonas sísmicas más vulnerables del país. En ese sentido, Echenique (2017) indica que una investigación descriptiva busca especificar o describir características o propiedades del fenómeno a analizar; a su vez también indican que el alcance propositivo busca generar conocimiento.

Finalmente, la propuesta de investigación se circunscribe como de tipo no experimental debido a que no se manipularon variables, solamente se modelaron de forma matemática las características que son inherentes a la estructura a reforzar mediante el diseño de un disipador energético. Al respecto, Mata Solís (2019) menciona que en las investigaciones no experimentales el autor no puede manipular las variables, limitándose a observar el fenómeno en su contexto ordinario.

## **2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

### **2.3.1 Análisis documental**

Se utilizó la técnica documental, debido a que, para el procesamiento de la información de la investigación, se recopiló distintas consideraciones de las normas nacionales vigentes tales como la E.020, E.060, E.030, la guía de diseño sismorresistente (ALACERO), para el análisis y diseño del BRB, así como también se utilizó la normativa internacional ASCE/SEI 41-13. La técnica documental según Carrasco et al. 2017) implica identificar, recopilar y analizar documentos sobre los hechos o circunstancias que se investigan; en este caso los documentos que suelen considerarse como fuentes pueden ser proyectos de trabajo, leyes, normas, contratos, correspondencia, informes, memorias, diarios, dibujos, películas, fotografías y apuntes de personas implicadas, etc.

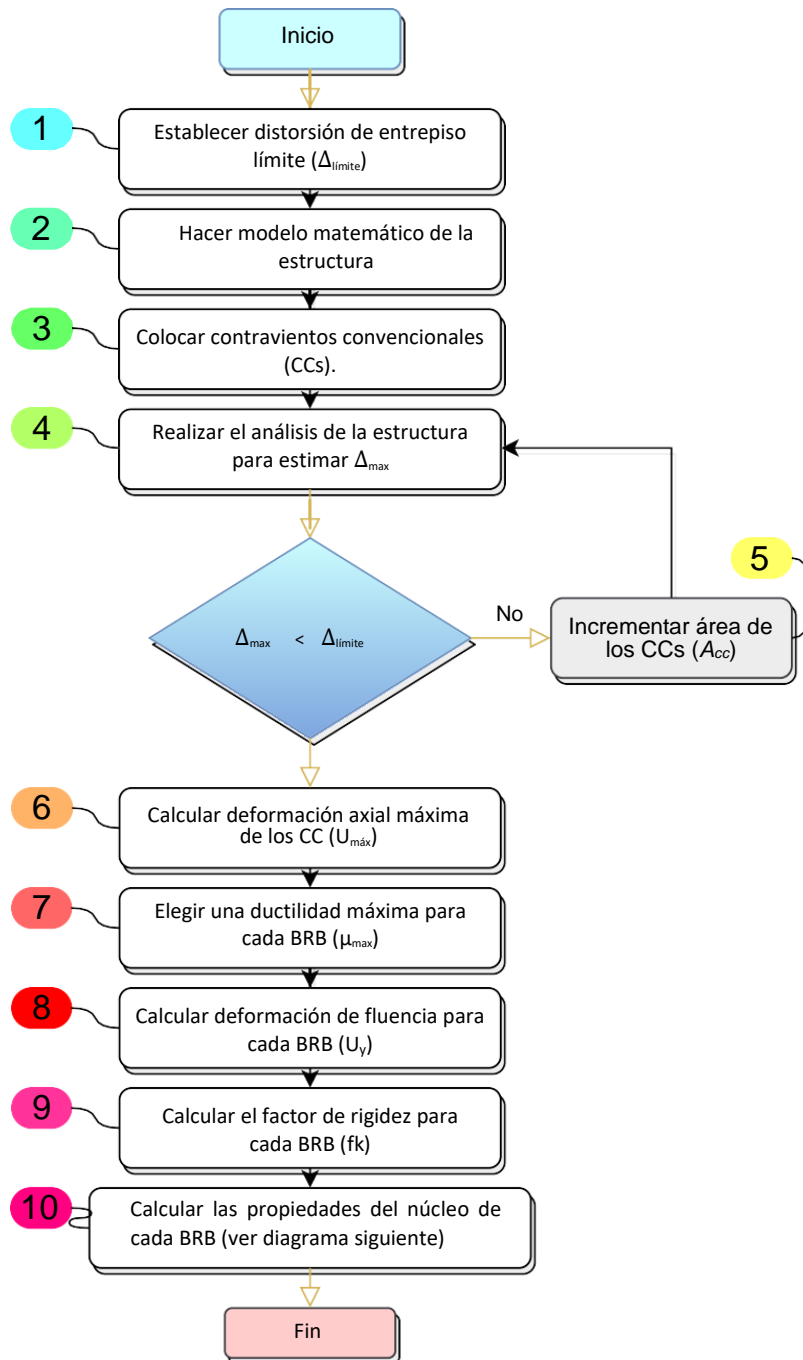
### **2.3.2 Software de modelamiento y análisis estructural**

El software de análisis estructural ETABS v19.0, utilizado en esta investigación, permite simulaciones sísmicas las cuales pueden realizarse ingresando datos sísmicos para evaluar la idoneidad de los edificios para la construcción, ya que deben cumplir con ciertos parámetros, como los definidos en las normas técnicas para el diseño sísmico, el software analiza los límites de deformación que dependen de los materiales utilizados y el diseño. En tal sentido en esta investigación, mediante algunas consideraciones iniciales nos permitió definir ciertas propiedades de los elementos estructurales basados en los reglamentos nacionales, hacer modelos 3D, asignar cargas y restricciones a los elementos, realizar análisis y obtener resultados mediante figuras y tablas del comportamiento de las estructuras. Según Carigliano (2015) los softwares de análisis estructural nos brindan acceso rápido a los modelos, propiedades e informes, brinda una única interfaz que permite modelar, analizar, cambiar el tamaño, refinar y generar informes. El Generador de informes del proyecto incluye un análisis tabular de la información de definición del modelo de índice y los resultados del tamaño, además que estos se pueden exportar a documentos Word y XML.

### **2.4 Procedimiento:**

- ✚ Planteamiento de una metodología funcional para el diseño del Buckling-Restrained Braces y funcionamiento eficiente como fusible estructural en edificaciones con marcos de concreto armado, la Figura 3 muestra el diagrama de la metodología para el diseño del BRB.



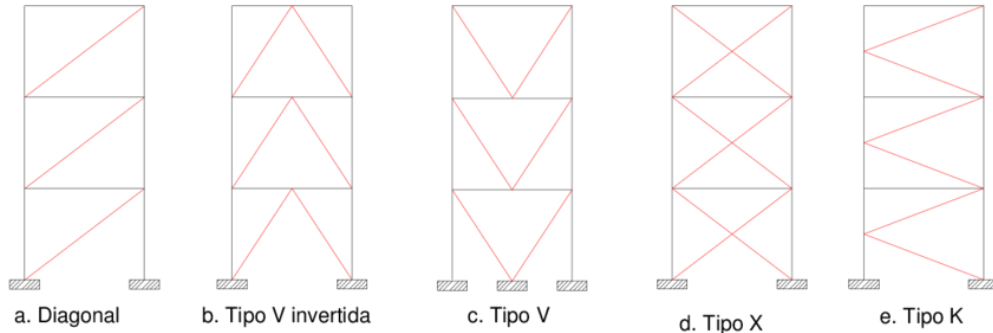


**Figura 3.**Diagrama de la metodología para el diseño del BRB  
Fuente: Guerrero et al. (2016)

A partir de del diagrama anterior a continuación se describe la metodología más a detalle.

- 1) Se debe seleccionar para las estructuras, en base a su sistema estructural la distorsión permisible máxima ( $\Delta_{max}$ ); todo esto se realiza de acuerdo a la norma técnica E.030, en capítulo V “Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad”, artículo 32 “Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles” específicamente en la tabla 11 de dicho reglamento.

- 2) Por medio del programa ETABS V19, programa de análisis estructural se debe modelar la edificación.
- 3) Una vez modelado la edificación se debe colocar contravientos convencionales (CC), recomendado siempre colocarlos de manera simétrica con la finalidad de evitar los problemas de torción, se debe optar por una de las opciones mostradas en la Figura 4.



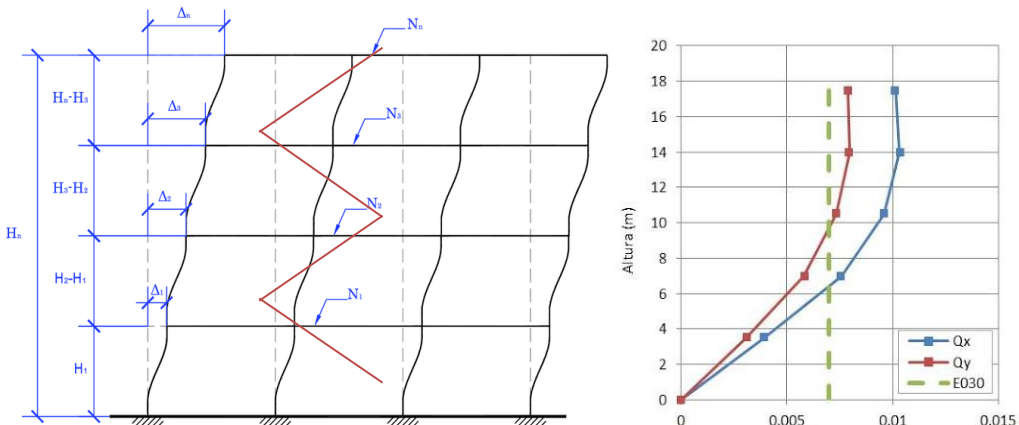
**Figura 4.** Arreglos simétricos de los CC en los modelos  
Fuente: Domínguez (2014)

- 4) En el programa empleado se debe verificar que las distorsiones del edificio o las de entrepiso ( $\Delta_{max.}$ ) se encuentren dentro del rango permitido por la norma E.030.

$$\Delta_{max} \leq \Delta_{limite} \dots \dots \dots \text{ecuación 1}$$

- En caso de cumplirse la ecuación anterior se debe pasar a al paso 6.
- En caso de no cumplirse la ecuación anterior se debe pasar al paso 5.

- 5) De no cumplirse la ecuación 1, en este paso se debe aumentar el área requerida de los CC, ver Figura 5; o caso contrario colocar más de estos en las distintas crujías, realizado lo anterior se debe pasar al paso 4 para comprobar la ecuación 1.



**Figura 5.** Distorsiones máximas obtenidas de un análisis sísmico sin y con CC  
Fuente: Capcha (2017); Vielma et al. (2011)

Mediante la ecuación 2 se puede observar la relación que existe entre el desplazamiento del edificio con las distorsiones de entrepiso.

$$\omega_{\max} = \Delta_{\text{limite}} \cdot h_i \dots \dots \dots \text{ecuación 2}$$

Siendo:

- $\omega_{\max}$ : Máximo desplazamiento absoluto elástico
- $\Delta_{\text{limite}}$ : Distorsión de entrepiso máximo permitido
- $h_i$ : Altura de entrepiso de cada nivel

6) Luego de obtener el área de contravientos convencionales ( $A_{cc}$ ) adecuados, se debe calcular las deformaciones axiales máximas ( $U_{\max}$ ) de los CC en base a la ecuación 2 de la manera como se muestra en la ecuación 3.

$$U_{\max} = \omega_{\max} \cdot \cos \alpha) \dots \dots \dots \text{ecuación 3}$$

Siendo:

- $U_{\max}$ : Deformación axial máxima del CC
- $\omega_{\max}$ : Máximo desplazamiento absoluto elástico
- $\alpha$ : Ángulo de la crujía donde se colocará el CC

7) Se debe elegir una ductilidad máxima ( $\mu_{\max}$ ) para cada BRB, siendo lo recomendable tomar un valor en rango de 5 a 7 tomando en cuenta las recomendaciones de Rodríguez (2019).

8) En esta etapa, mediante la ecuación 4, ya se puede calcular la deformación de fluencia para cada BRB

$$U_y = \frac{U_{\max}}{\mu_{\max}} \dots \dots \dots \text{ecuación 4}$$

Siendo:

- $U_y$ : Deformación de fluencia del BRB
- $U_{\max}$ : Deformación axial máxima del CC
- $\mu_{\max}$ : Ductilidad del núcleo del BRB

9) Mediante la ecuación 5, se debe calcular el factor de rigidez ( $f_k$ ) para cada BRB

$$f_k = \frac{f_{ye}}{E} * \frac{L_w}{u_y} \dots \dots \dots \text{ecuación 5}$$

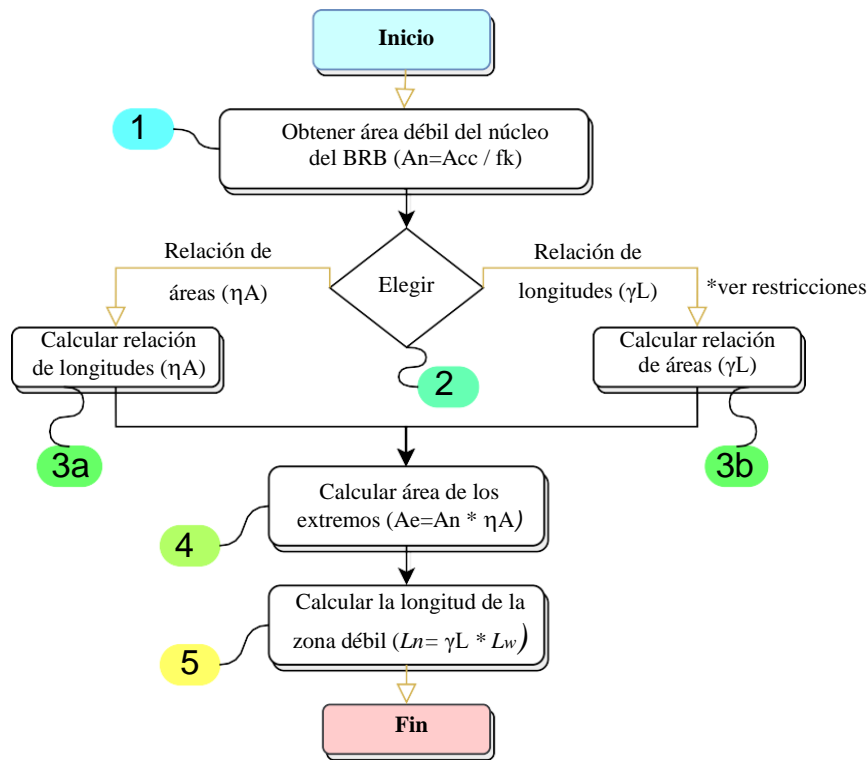
$$f_{ye} = 1.1 f_y \dots \dots \dots \text{ecuación 6}$$

Siendo:

- $f_y$ : Resistencia esperada del acero
- $L_w$ : Longitud total del BRB (de nodo a nodo)
- $E$ : Módulo de elasticidad del acero
- $U_y$ : Deformación de fluencia del BRB
- $f_y$ : Fluencia del acero

la ecuación 6 será utilizada en caso no se pueda obtener información de la fluencia del material por parte de fabricante y en el caso de que se tenga certeza de fluencia entonces ya no será necesario utilizar el factor 1.1.

**10)** En este paso se deben calcular las propiedades de los núcleos de cada BRB los mismos que serán calculados según el procedimiento mostrado en la Figura 6.



**Figura 6.** Procedimiento de cálculo de las propiedades del BRB  
Fuente: Luis & Ricardo (2020); León (2015)

**1.** Para poder obtener todas las propiedades del núcleo del BRB se debe empezar por calcular el área débil del núcleo del mismo mediante la ecuación 7.

$$A_n = \frac{Acc}{f_k} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad \text{ecuación 7}$$

Siendo:

- An: Área del núcleo del BRB
- Acc: Área transversal del CC
- fk: Factor de rigidez obtenido de las propiedades del BRB

2. Para cada BRB se puede optar por elegir la relación de áreas ( $\eta_A$ ) o la relación de longitudes ( $\gamma_L$ ).

3.a. En caso de elegir la relación de áreas ( $\eta_A$ ), se tiene que encontrar el valor de la relación de longitudes ( $\gamma_L$ ), mediante la ecuación ec.8, es recomendable usar valores para ( $\eta_A$ ) entre 1.5 a 3.

$$\gamma_L = \frac{\eta_A}{f_k(\eta_A - 1) + 1} \dots \dots \dots \text{ecuación 8}$$

Siendo:

- $\gamma_L$ : Relación de longitudes (longitud del núcleo-longitud total del BRB)
- $\eta_A$ : Relación de áreas (área del núcleo con el área de un extremo del BRB)
- fk: Factor de rigidez obtenido de las propiedades del BRB

3.b. Por otra parte, si es que se opta por el valor de la relación de longitudes ( $\gamma_L$ ), se tiene que encontrar el valor de la relación de áreas ( $\eta_A$ ), mediante la ecuación 9.

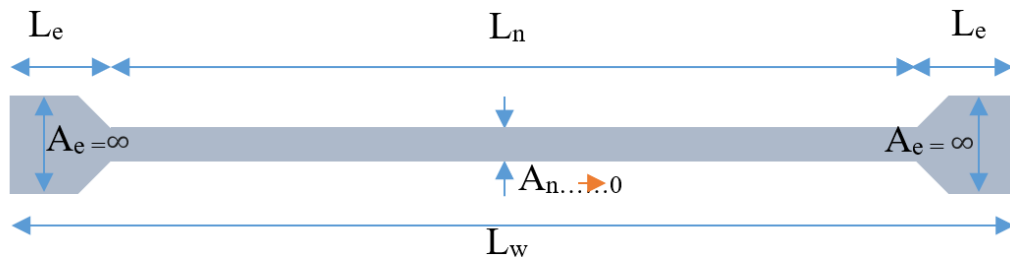
$$\eta_A = \frac{\gamma_L - 1}{f_k * \gamma_L - 1} \text{ solo si } \gamma_L > \frac{1}{f_k} \dots \dots \dots \text{ecuación 9}$$

Para usar esta expresión, es importante tener en cuenta que la siguiente desigualdad es limitada: si empleamos una relación de longitudes mejor a lo plantado matemáticamente, se obtiene un área negativa, cosa que no es físicamente posible.

$$\gamma_L = \frac{L_n}{L_w}; \gamma_L > \frac{1}{f_k} \dots \dots \dots \text{ecuación 10}$$

Se muestra a continuación el motivo de la limitación de la ecuación 10, esto sucede con el siguiente enfoque:

- Suponga que una de las secciones de los lados tiene un área muy grande, o tendiera al infinita, entonces el área del núcleo tiende a ser "0" (un valor muy pequeño), lo que es físicamente no posible ver Figura 7.



**Figura 7.** Dimensiones del BRB  
Fuente: Luis & Ricardo (2020)

- Se mencionó anteriormente que las limitaciones físicas están determinadas por el diseño de los elementos principales. Por otro lado, podemos ver que nuestro BRB siempre está matemáticamente limitado por la ecuación 8. Por ejemplo, en la figura 4, cuando  $f_k = 2$ , hay un límite para el valor de la relación de longitud.

4. Para obtener el área transversal de la parte final del BRB, se debe usar la ecuación ec.11.

$$A_e = A_n * \eta_A \dots \dots \dots \text{ecuación 11}$$

Siendo:

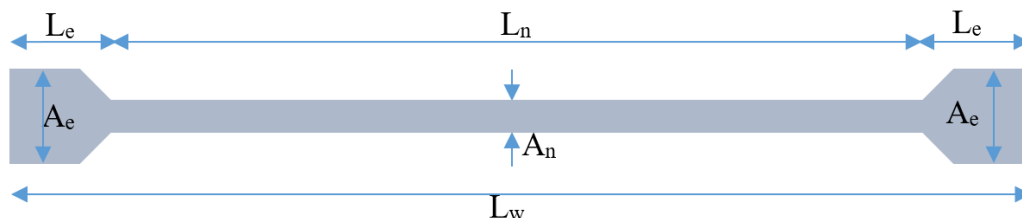
- $A_n$ : Área del núcleo del BRB
- $A_e$ : Área transversal del extremo del BRB
- $\eta_A$ : Relación de áreas (área del núcleo con el área de un extremo del BRB)

5. Finalmente, la sección de la región débil se debe calcular utilizando la ecuación 12. ver la Figura 8 para tener mayor referencia.

$$L_n = \gamma_L * L_w \dots \dots \dots \text{ecuación 12}$$

Siendo:

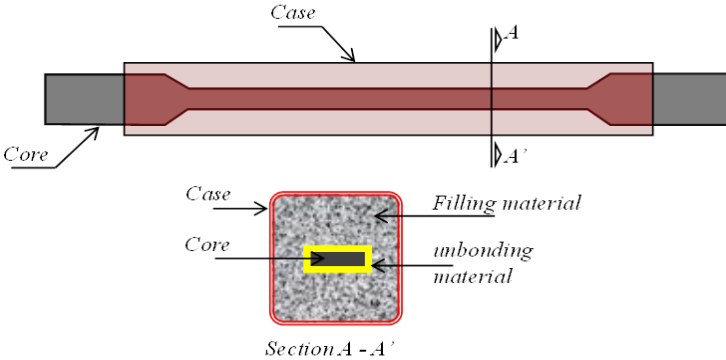
- $L_n$ : Longitud total del área del núcleo del BRB
- $\gamma_L$ : Relación de longitudes (longitud del núcleo-longitud total del BRB)
- $L_w$ : Longitud total del BRB (de nodo a nodo)



**Figura 8.** Secciones del núcleo débil del BRB  
Fuente: Luis & Ricardo (2020)



fabricante). En esta investigación la tubería estructural elegida para los análisis es Acero ASTM-A500 que tiene como esfuerzo de fluencia 39015.14 psi (269 MPa).



**Figura 9.** Encamisado del BRB  
Fuente: Bobadilla et al. (2020)

- 6. Elección del mortero confinante
- 7. El objetivo de diseño del medio de presión de confinamiento es asegurar que su resistencia a la compresión no sea menor que el límite elástico o la carga del núcleo. (Tsai, 2004).

En su investigación Cancelado (2012), empleo como mortero confinante SikaGrout 200 de Sika la cual tiene una resistencia a la compresión de 70 Mpa aproximadamente, y un módulo de elasticidad (Ec) de 213283.843 kg/cm2. La rigidez del mortero de encapsulado debe ser suficiente para soportar la capacidad de compresión de la BRB. (Wei, 2008).

La carga de falla del mortero confinante se puede calcular con las siguientes ecuaciones.

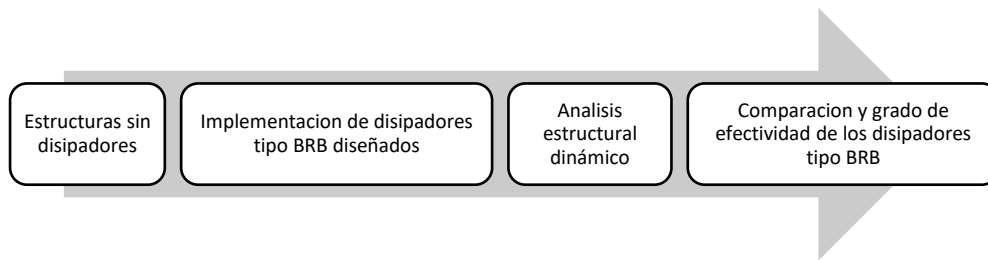
$$P_{cr} = 2 * \sqrt{\beta * E_i * I_i} \dots \dots \dots \text{ecuación 17}$$

$$\beta = \frac{f_y^2 * A_y^2}{4 * E_i * I_i} \dots \dots \dots \text{ecuación 18}$$

- Siendo:
- $P_{cr}$ : Carga de falla del mortero confinante.
  - $\beta$ : módulo de rigidez de los resortes que presentan el medio confinante.
  - $E_i$ : Modulo de elasticidad del acero, de acuerdo a la recomendación de se debe usar el módulo tangente  $E_t=6000 \text{ Mpa} = 61182.97 \text{ kg/cm}^2$
  - $I_i$ : Inercia del núcleo sobre el eje débil.
  - $A_n$ : Área del núcleo del acero
  - $f_y$ : Esfuerzo de fluencia del acero.



- ✚ Análisis del comportamiento del Buckling-Restrained Braces en edificaciones de 10 niveles en las zonas sísmicas II y III del Perú.



**Figura 10.** Secuencia de obtención de resultados con la implementación de BRBs a las estructuras

Fuente: interpretado de (Apaza, 2017)

En análisis estructural de las edificaciones con la implementación de los BRBs, se utilizó el software ETABS V19 siguiendo los pasos de la Figura 10 con la finalidad de obtener resultados permisibles por las normas técnicas sismorresistentes.

## 2.5 Análisis de las estructuras sin reforzar

Para el primer objetivo específico se utilizó estadística descriptiva para analizar los resultados a través de tablas y figuras de representación de datos. Para el segundo objetivo específico se utilizó estadística inferencial para poder contrastar la hipótesis. Mediante el software ETABS V19, una vez definido y diseñado el BRB de acuerdo a los criterios de las normativas vigentes, se realizará un análisis modal espectral de acuerdo a las disposiciones que se encuentren indicadas en la normativa ASCE/SEI 41-13. Los resultados obtenidos de la investigación serán sistematizados mediante tablas y graficas con la finalidad de proponer lineamientos técnicos sobre disipadores de energía sísmica en el Perú.

Según la metodología detallada en el capítulo anterior las estructuras de los edificios fueron modeladas considerando en principio la información de los planos de arquitectura de un proyecto residencial.

### 2.5.1 Propiedades mecánicas de los materiales

A continuación, en la Tabla 1, Las propiedades mecánicas del material en cuestión se indican para los elementos estructurales de los edificios de ambas zonas sísmicas, de la misma manera las propiedades mecánicas.

**Tabla 1.** Propiedades mecánicas de los materiales considerados para los elementos estructurales de las estructuras

<b>Propiedades mecánicas de los materiales: (Concreto)</b>	
Peso específico:	$\gamma_c = 2400 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad:	$E_c = 252671.328 \text{ Kg/cm}^2$
Resistencia a la compresión del concreto:	$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de corte:	$G_c = 105279.72 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Poisson:	$M_p = 0.2$
Fluencia del acero	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

### 2.5.2 Dimensionamiento de los elementos resistentes

Las Especificaciones geométricas para todos los elementos estructurales duraderos de las estructuras con los que fue realizado los modelamientos y análisis respectivos fueron obtenidas mediante predimensionamientos según las normas peruanas E020, E030, E060, la Guía de diseño sismorresistente sobre construcciones de acero – ALACERO, la ASCE/SEI 41-13, normativa internacional y el libro de Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado de Antonio Blanco Blasco, estas especificaciones geométricas se muestran a continuación.

En la Tabla 2 se aprecia las dimensiones de las columnas para los edificios de acuerdo al predimensionamiento realizado siguiendo las indicaciones de las normas vigentes y libros de autores reconocidos.

**Tabla 2.** Dimensiones en (cm) de columnas para los edificios de 10 niveles

Ejes	Tipo de columna	Area tributaria	PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS POR GRAVEDAD									TIPOS	
			$\gamma t$	n	Pg	b x D	si b=D (cm)	b (cm) (mínimo)	D (cm) (calculado)	b x D	Verifica		
1-A	C1 esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1
1-B	C2 Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
1-C	C3 Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
1-D	C4 esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1
2-A	C5 Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
2-B	C6 Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
2-C	C7 Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
2-D	C8 Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
3-A	C9 Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
3-B	C10 Interior	13.67	1.10	0.30	201085.70	2633.27	51.32	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
3-C	C11 Interior	9.75	1.10	0.30	143422.50	1878.15	43.34	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
3-D	C12 esquinera	5.76	1.50	0.20	84729.60	2269.54	47.64	55	45	2475.00	OK !!!	55x45	C4
4-A	C13 Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
4-B	C14 Interior	13.67	1.10	0.30	201085.70	2633.27	51.32	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
4-C	C15 Interior	9.75	1.10	0.30	143422.50	1878.15	43.34	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
4-D	C16 esquinera	5.76	1.50	0.20	84729.60	2269.54	47.64	55	45	2475.00	OK !!!	55x45	C4
5-A	C17 Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
5-B	C18 Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
5-C	C19 Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
5-D	C20 Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
6-A	C21 esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1
6-B	C22 Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C3
6-C	C23 Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
6-D	C24 Esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1

En la Tabla 3 se presenta las dimensiones obtenidas de igual manera de un predimensionamiento, teniendo en cuenta las guías de las normas vigentes y el plano estructural planteado.

**Tabla 3.** Dimensiones en (cm) de las vigas para los edificios de 10 niveles

EJE	TIPO	LUZ LIBRE Ln(m)	ANCHO TRIBUT L(m)	PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS							TIPOS	
				H(cm)=Ln/11	H(cm) Ln/(4/RAIZ(W U))	b(cm)=L/20	b (cm) (mínimo)	H (cm) (calculado)	b x H	Verifica		
1 - 1	P	4.24	1.84	38.55	38.95	9.20	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1
2 - 2	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1
3 - 3	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1
4 - 4	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1
5 - 5	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1
6 - 6	P	4.24	1.84	38.55	38.95	9.20	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1
A - A	S	3.67	2.12	33.36	33.71	10.60	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1
B - B	S	3.67	3.89	33.36	33.71	19.45	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1
C - C	S	3.67	3.89	33.36	33.71	19.45	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1
D - D	S	3.67	2.12	33.36	33.71	10.60	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1

En la Tabla 4 se justifica el espesor de losa aligerada del cual estará conformado los dos edificios, el cual dicho espesor se calculó teniendo en cuenta la luz más desfavorable entre pórticos secundarios de las estructuras.

**Tabla 4.** Espesor de la losa aligerada de los edificios

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA ( $h \geq L_n/25$ )		
Luz libre del portico secundario más desfavorable:	$L_n =$	3.67 m
Espesor de losa:	$h =$	0.15 m
Espesor de losa definitivo.	$h \text{ def.} =$	0.20 m

En la Tabla 5 se detalla las propiedades de los elementos (columnas, vigas, muros, y losas) consideradas para el modelamiento de los edificios en el software ETABS v19.

**Tabla 5.** Propiedades de los elementos considerados en los modelamientos

<b>Propiedades de secciones de elementos estructurales</b>	
<b>COLUMNAS</b>	
Nombre:	V-n
Base:	b cm
Altura:	D cm
Recubrimiento + Estribo + varilla/2:	4.75 cm
Rigidez a Flexión:	0.70EcI <sub>g</sub>
Rigidez a Corte:	0.40EcA <sub>w</sub>
Rigidez Axial:	1.0EcA <sub>g</sub>
<b>VIGAS</b>	
Nombre:	C-n
Base:	b cm
Altura:	H cm
Recubrimiento + Estribo + varilla/2:	5.75 cm
Rigidez a Flexión:	0.50EcI <sub>g</sub>
Rigidez a Corte:	0.40EcA <sub>w</sub>
Rigidez Axial:	1.0EcA <sub>g</sub>
<b>MUROS ESTRUCTURALES</b>	
Identificador:	M-n
Espesor:	e cm
Recubrimiento + Estribo + varilla/2:	6.06 cm
Rigidez a Flexión:	0.50EcI <sub>g</sub>
Rigidez a Corte:	0.40EcA <sub>w</sub>
Rigidez Axial:	1.0EcA <sub>g</sub>
<b>LOSAS</b>	
Identificador:	Alig. 1dir & L- maciza
Espesor:	20 cm & 20 cm
Recubrimiento:	2.5 cm

### 2.5.3 Cargas gravitacionales

En el modelamiento y análisis de las estructuras fue considerado como carga muerta al peso propio de los elementos que conformaban las estructuras y estimado por el software ETABS V19, adicional a ello también fueron considerados como cargas muertas a los acabados y tabiquería, pero como cargas muertas distribuidas en las áreas de las losas.

Por otra parte, la carga viva fue considerado también como carga distribuida en las losas, teniendo 2 tipos de sobrecargas (sobrecarga de entre piso y sobrecarga de techos), ambos tipos de cargas se detallan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Cargas gravitacionales consideradas para el modelamiento y análisis de los edificios

<b>Tipo de carga</b>	<b>Nombre</b>	<b>Patrón</b>	<b>Valor kg/m<sup>2</sup></b>
Muerta	Scp-cm	Super Dead	410
Viva entre piso	Scv-entre piso	Reducible Live	200
Viva Techo	Scv techo	Roof Live	100

#### 2.5.4 Peligro sísmico

De acuerdo a la norma peruana de sismo resistencia vigente E.030 actualizada en el 2018, los parámetros que fueron considerados para el análisis de las edificaciones fueron:

#### 2.5.5 Zonificación

Según las zonificaciones establecidas por la norma E.030 de sismo resistencia, y las ubicaciones de los proyectos elegidos para este estudio de investigación, los valores de los factores son los mostrados en la tabla 7.

<b>Tabla 7.</b> Factores de zona	
<b>Zona</b>	<b>z</b>
2	0.25
3	0.35

#### 2.5.6 Parámetros de sitio

Según el EME del proyecto “Mejoramiento de los servicios de salud del hospital María Auxiliadora” desarrollado en la zona sísmica 2, los resultados geofísicos de dicho estudio muestran que los parámetros geotécnicos corresponden a un perfil tipo S2, con valores de periodo  $T_p = 0.60$  seg,  $T_1 = 2.00$  seg y un factor de suelo de  $S = 1.20$  (Hurtado, 2021); mientras que en el EMS del proyecto “Creación del Complejo Deportivo Qhapac Ñan de la ciudad de Cajamarca”, esta área presenta un suelo de perfil tipo S3, con periodo predominante de  $T_p = 0.9$  seg. y factor de suelo  $S = 1.4$  (Jorge Elías Alva Hurtado, 2008) en la Tabla 8 se resume las condiciones geotécnicas de las dos zonas sísmicas en estudio.

**Tabla 8.** Condiciones geotécnicas de la zona sísmica 2 y 3

(Z&T) /S	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
2	1.20	-
3	-	1.40
T <sub>p</sub>	0.6	0.9
T <sub>s</sub>	2.0	1.6

### 2.5.7 Periodo fundamental de vibración

El periodo fundamental de vibración del edificio se calculó de acuerdo a la normativa sismorresistente E.030 mediante la siguiente ecuación.

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

### 2.5.8 Factor de amplificación sísmica

Para el cálculo del factor de amplificación sísmica (C) en cada dirección se tiene en cuenta la expresión dada en el numeral 14 de la E.030.

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

$$T_p < T < T_1 \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_1 \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_1}{T^2}\right)$$

### 2.5.9 Categoría de edificación y factor de uso “U”

Según la clasificación de la norma E.030 sobre la categorización de las edificaciones, la categoría a las que pertenecen los proyectos residenciales de este trabajo de investigación son edificaciones comunes del Tipo “C”, por tanto, el factor “U” para ambas edificaciones de las zonas sísmicas 2 y 3 en estudio es igual a 1.0.

$$U = 1.0$$

### 2.5.10 Sistema estructural

La configuración estructural para ambas edificaciones son de tipo aporticado, esto debido a que el enfoque de esta investigación es diseñar un BRB para poder implementarlo en dichos marcos de concreto armado, los cuales permitan disipar la energía sísmica de una mejor manera.

### 2.5.11 Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ )

Para cada dirección de las edificaciones, el factor de reducción de las fuerzas sísmicas fue analizado, resultando como sistema estructural de las edificaciones Pórticos de concreto armado.

$$R = 8$$

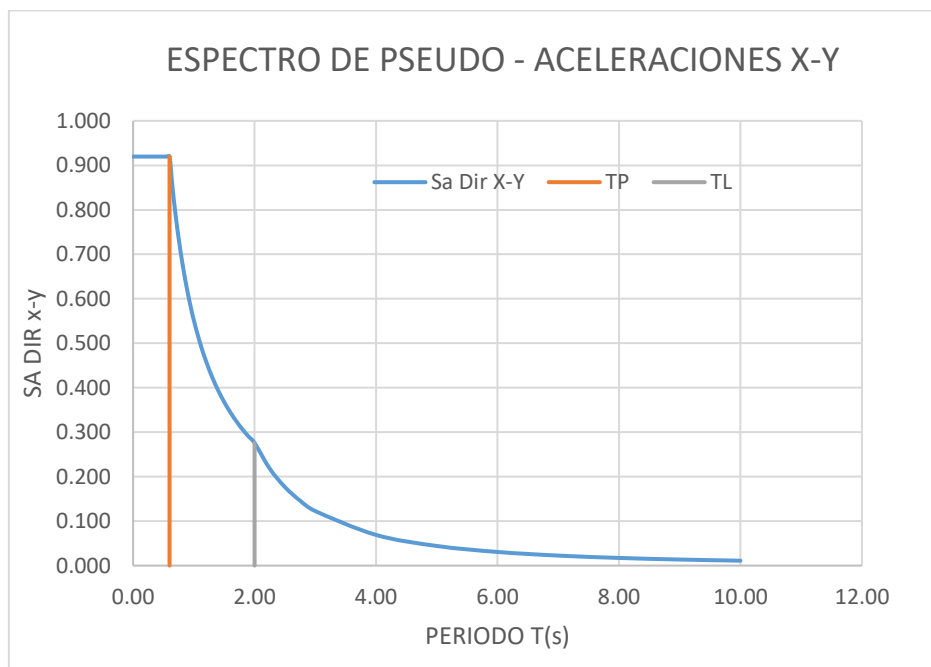
### 2.5.12 Factores de irregularidad

A partir de las distribuciones de los elementos estructurales en los planos de ambas edificaciones, se verificó que las estructuras son regulares tanto en planta como en altura, considerando, por consiguiente.

$$I_p = 1 \quad I_a = 1$$

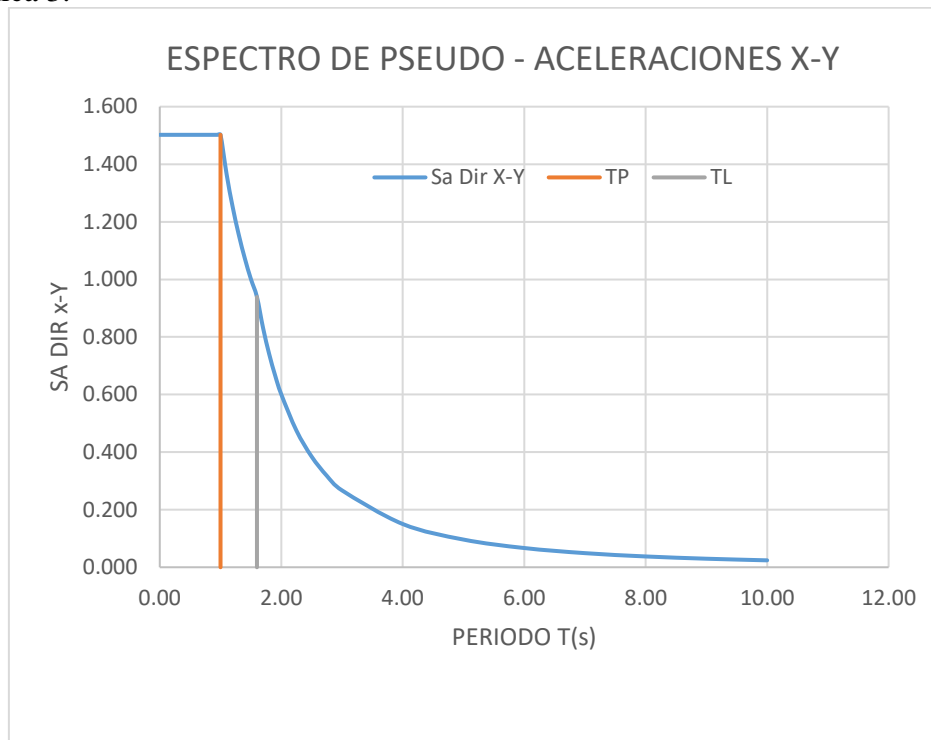
### 2.5.13 Espectro de aceleraciones

El cálculo del espectro de aceleraciones fue realizado teniendo en cuenta la normativa vigente, con el fin de hacer el análisis sísmico espectral de las edificaciones. En la Figura 11 se presenta el espectro de aceleraciones para la zona sísmica 2.



**Figura 11.** Espectro de diseño para la zona sísmica 2

En la Figura 12 se muestra el espectro de diseño para el edificio de 10 niveles analizado para la zona sísmica 3.

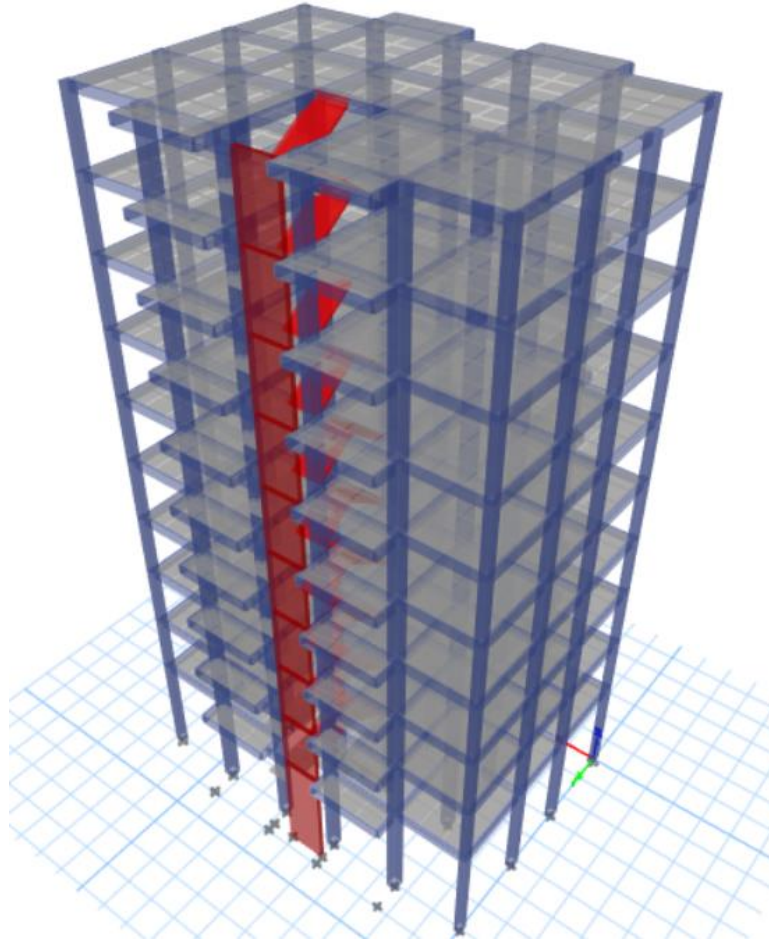


**Figura 12.** Espectro de diseño para la zona sísmica 3

#### 2.5.14 Modelamiento estructural de las edificaciones

El proyecto residencial para la zona sísmica 2 y la zona sísmica 3 fue el mismo, con la finalidad de obtener resultados comparativos en base a una única muestra, este proyecto fue modelado mediante el software ETABS v19. cuyos elementos estructurales fueron diseñados teniendo en cuenta las indicaciones y recomendaciones del manual del mismo software, donde las vigas y columnas fueron modeladas como elementos “Frame”, los muros estructurales como elementos “Wall”, mientras que las losas fueron modeladas como elementos tipo “Shell-Thin y Ribbed”. En la Figura 13 se muestra el modelo tridimensional del edificio residencial en el software antes mencionado.





**Figura 13.** Modelo del proyecto residencial de 10 niveles

## **2.5.15 Resultados de los análisis sísmicos de las edificaciones**

### **2.5.15.1 Periodo fundamental de vibración**

Posterior al modelado de la edificación, asignación de cargas correspondientes y designado los diafragmas rígidos, se ejecutó el análisis y se obtuvo el periodo fundamental de la misma, mostrados en la Tabla 9, tanto para la dirección “X” y “Y”, siendo estos valores de 1.775 seg. y 1.758 seg. Respectivamente; el periodo fundamental de vibración será el mismo para ambas edificaciones tanto de la zona sísmica 2 y la zona sísmica 3, puesto que el proyecto es el mismo para ambos casos.

**Tabla 9.** Periodos del edificio y relación de masas participantes modales

Case	Mode	Period seg	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal	1	<b>1.775</b>	<b>0.457</b>	0.2481	0.248	0.457
Modal	2	<b>1.758</b>	0.2474	<b>0.4142</b>	0.496	0.872
Modal	3	1.273	0.3409	0.0007	0.837	0.872
Modal	4	0.566	0.0343	0.0339	0.871	0.906
Modal	5	0.561	0.0191	0.0559	0.89	0.962
Modal	6	0.382	0.0562	0.0001	0.946	0.962
Modal	7	0.313	0.0116	1.30E-03	0.958	0.964
Modal	8	0.308	0.0006	0.0218	0.958	0.985
Modal	9	0.205	0.0035	0.0002	0.962	0.986
Modal	10	0.2	0.0000	0.008	0.962	0.994
Modal	11	0.195	0.0182	0.0002	0.98	0.994
Modal	12	0.146	0.0014	3.52E-05	0.981	0.994

### 2.5.15.2 Factor de amplificación sísmica

De los valores obtenidos del EMS para esta zona sísmica 2 y la aplicación de del Artículo 14 de la E.030, el valor de los periodos “Tx” y “Ty”, son mayores que Tp y menores que Tl, según se menciona en la tabla N° 3 de la E.030, por tanto, el valor del factor de amplificación sísmica para esta zona es.

$$\text{si } T_p < T < T_l, \text{ entonces } C = 2.5 * \frac{T_p}{T}$$

$$T_x = 1.775 \text{ seg}, T_y = 1.758 \text{ seg.}$$

$$C_x = 2.5 * \frac{0.6}{1.775} = 0.853242$$

$$C_y = 2.5 * \frac{0.6}{1.758} = 0.845070$$

De igual forma, según los EMS para zona sísmica 3 y el Artículo 14 de la E.030, el valor de los periodos “Tx” y “Ty”, para este caso son mayores que Tp según se menciona en la tabla N° 3 de la E.030, en ese sentido el factor de amplificación sísmica para esta zona es.

$$\text{si } T < T_p, \text{ entonces } C = 2.5$$

$$T_x = 1.775 \text{ seg}, T_y = 1.758 \text{ seg.}$$

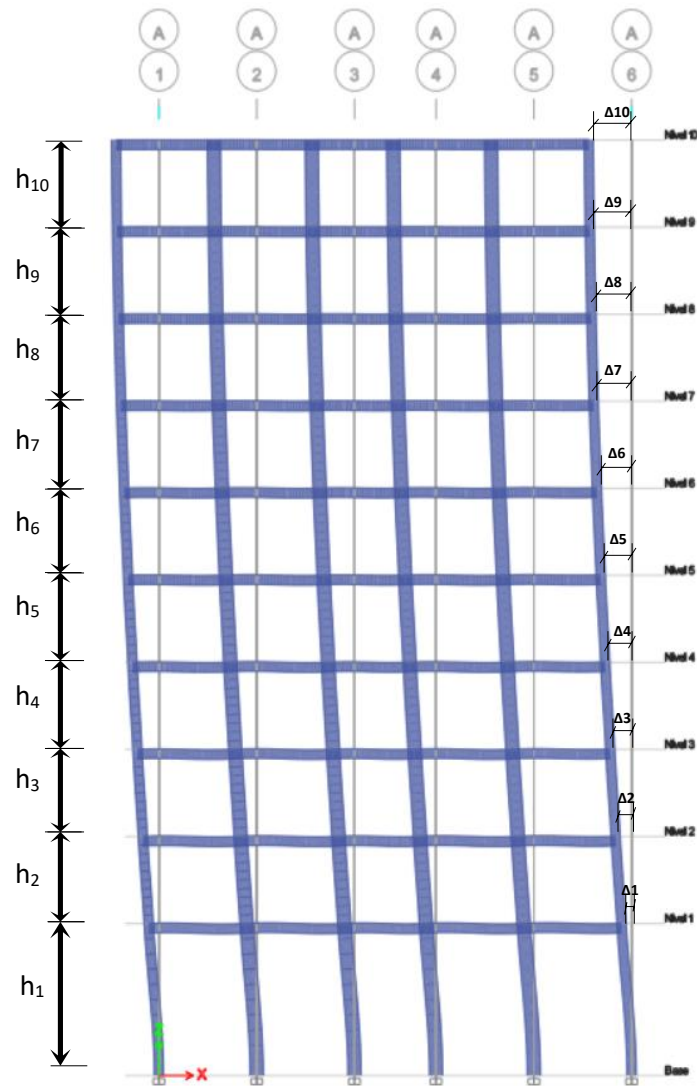
$$C_x = 2.5 * \frac{0.9}{1.775} = 1.267605$$

$$C_y = 2.5 * \frac{0.9}{1.758} = 1.279863$$

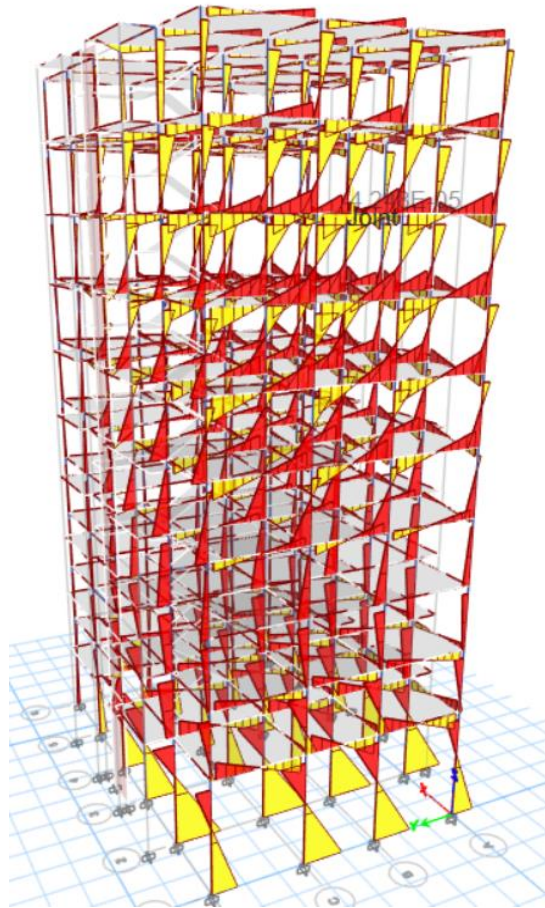
### 2.5.15.3 Desplazamiento y derivas de entre piso

A continuación, se muestran mediante tablas y gráficos los desplazamientos y las distorsiones de entre piso de las edificaciones analizadas de forma tradicional sin refuerzo Figura 14 y Figura 15, tanto para la dirección X e Y en la que actúe el sismo.

En la tabla 10 Y la tabla 11 se detalla los desplazamientos absolutos, distorsiones inelásticas de entre piso obtenidas del análisis así mismo se indica la distorsión máxima permisible de acuerdo al sistema estructural del proyecto y según la normativa sismorresistente vigente.



**Figura 14.** Variación de deformaciones del edificio sin reforzar Ejes A y D



**Figura 15.** Comportamiento sísmico de toda la estructura

En la tabla 10 se detalla las distorsiones de entrepiso y los desplazamientos en la dirección X del proyecto residencial de la zona sísmica 2, apreciándose que según la distorsión límite establecida en la norma E.030 solamente se cumple para los cuatro primeros niveles de la edificación.

**Tabla 10.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 2

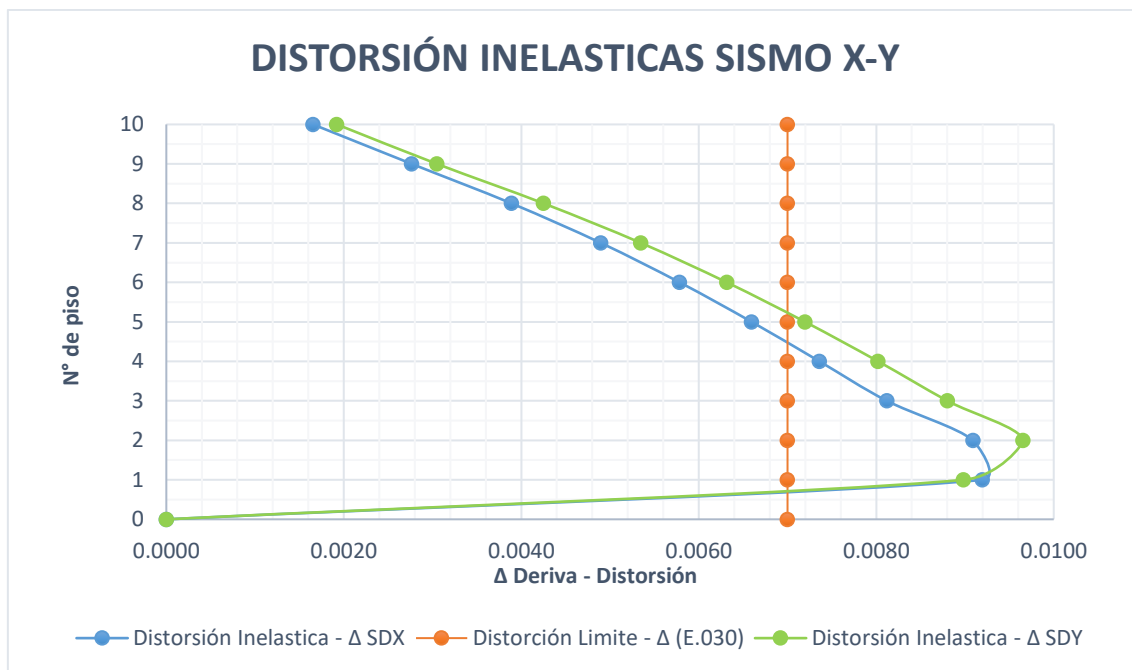
Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diafragma	Desplazamiento absoluto elástico - $\omega$ SDX (mm)	Distorsión elástica SDX	Distorsión Inelástica - $\Delta$ SDX	Distorsión Límite - $\Delta$ (E.030)	Verificación
Nivel 10	33.85	Diaph Z2-X	34.7600	0.000276	0.0017	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z2-X	33.8920	0.000461	0.0028	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z2-X	32.4400	0.000648	0.0039	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z2-X	30.3980	0.000816	0.0049	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z2-X	27.8280	0.000964	0.0058	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z2-X	24.7910	0.001099	0.0066	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z2-X	21.3280	0.001227	0.0074	0.007	No Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z2-X	17.4640	0.001353	0.0081	0.007	No Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z2-X	13.2010	0.001515	0.0091	0.007	No Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z2-X	8.4280	0.001532	0.0092	0.007	No Cumple

En la tabla 11 El desplazamiento y la distorsión de la historia se representan en la dirección Y, no cumpliendo con la distorsión máxima permisible según la norma E.030 en los primeros cinco niveles de la edificación.

**Tabla 11.** Distorsiones de entrepiso y desplazamientos - dirección Y de la zona sísmica 2

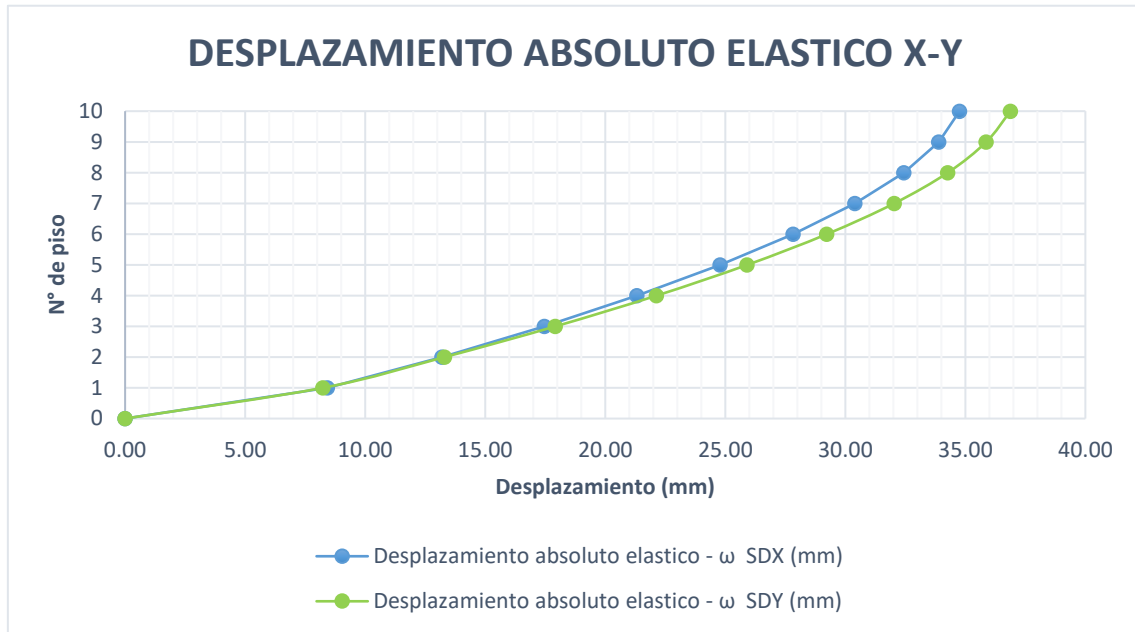
Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diaphragma	Desplazamiento absoluto elástico - $\omega$ SDY (mm)	Distorsión elástica SDY	Distorsión Inelástica - $\Delta$ SDY	Distorsión Limite - $\Delta$ (E.030)	Verificación
Nivel 10	33.85	Diaph Z2-Y	36.8800	0.000320	0.0019	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z2-Y	35.8710	0.000508	0.0030	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z2-Y	34.2700	0.000709	0.0043	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z2-Y	32.0380	0.000891	0.0053	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z2-Y	29.2310	0.001053	0.0063	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z2-Y	25.9150	0.001200	0.0072	0.007	No Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z2-Y	22.1360	0.001337	0.0080	0.007	No Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z2-Y	17.9250	0.001467	0.0088	0.007	No Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z2-Y	13.3040	0.001609	0.0097	0.007	No Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z2-Y	8.2350	0.001497	0.0090	0.007	No Cumple

De forma gráfica las distorsiones de entrepiso producto de un análisis sísmico del edificio de 10 niveles en la zona sísmica 2 se muestran en la Figura 16, teniendo mayores distorsiones en la dirección Y.



**Figura 16.** Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 2

Los desplazamientos del edificio de la zona sísmica 2 son mostrados en la Figura 17, notándose que en el análisis de la estructura sin reforzar los mayores desplazamientos se presentan en la dirección Y



**Figura 17.** Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2

En la Tabla 12 se presentan las distorsiones de entrepiso y los desplazamientos en la dirección X de la edificación modelada para la zona sísmica 3, logrando apreciarse que, según la distorsión máxima permisible por el reglamento, de acuerdo al material predominante, no cumple para los ocho primeros niveles.

**Tabla 12.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 3

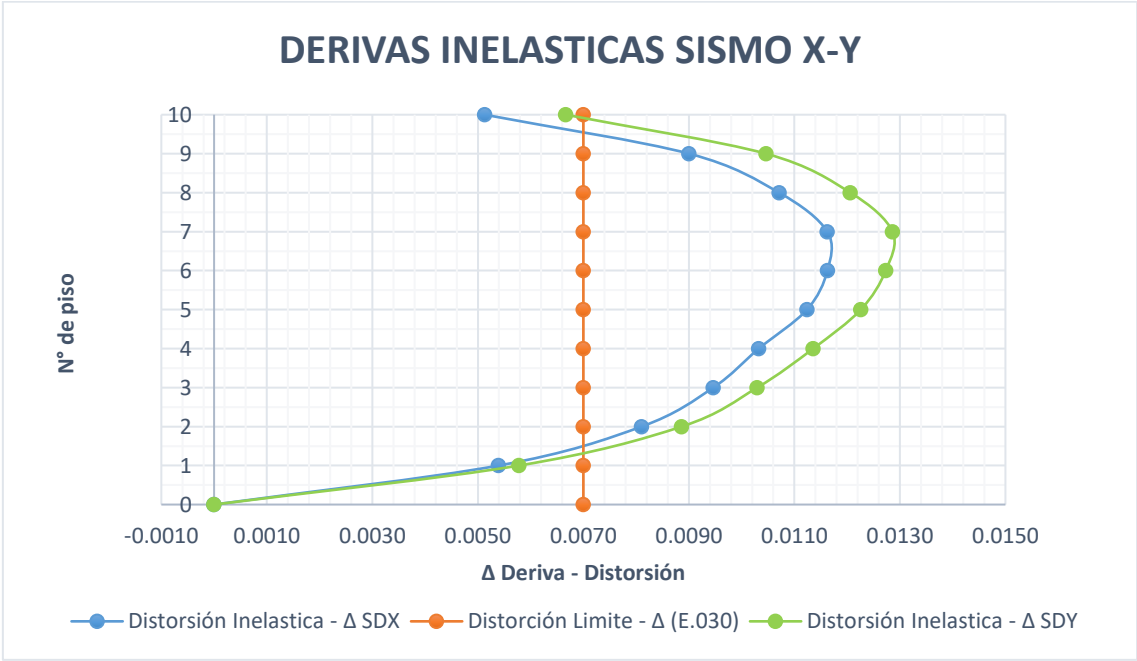
Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diafragma	Desplazamiento absoluto elástico - ω SDX (mm)	Distorsión elástica SDX	Distorsión Inelástica - Δ SDX	Distorsión Limite - Δ (E.030)	Verificación
Nivel 10	33.85	Diaph Z3-X	50.7350	0.000855	0.0051	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z3-X	48.0420	0.001501	0.0090	0.007	No Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z3-X	43.3150	0.001785	0.0107	0.007	No Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z3-X	37.6920	0.001937	0.0116	0.007	No Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z3-X	31.5900	0.001938	0.0116	0.007	No Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z3-X	25.4860	0.001873	0.0112	0.007	No Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z3-X	19.5860	0.001721	0.0103	0.007	No Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z3-X	14.1650	0.001577	0.0095	0.007	No Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z3-X	9.1970	0.001350	0.0081	0.007	No Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z3-X	4.9430	0.000899	0.0054	0.007	Cumple

De la misma manera en la Tabla 13 se puede apreciar los desplazamientos y distorsiones en la dirección Y de la edificación analizada para la zona sísmica 3, donde con la estructuración y diseño convencional sobrepasa las distorsiones máximas permisibles según el reglamento donde el límite aceptable es de 0.007.

**Tabla 13.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 3

Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diaphragma	Desplazamiento absoluto elástico - $\omega$ SDY (mm)	Distorsión elástica SDY	Distorsión Inelástica - $\Delta$ SDY	Distorsión Limite - $\Delta$ (E.030)	Verificación
Nivel 10	33.85	Diaph Z3-Y	56.5100	0.001111	0.0067	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z3-Y	53.0110	0.001743	0.0105	0.007	No Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z3-Y	47.5190	0.002010	0.0121	0.007	No Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z3-Y	41.1870	0.002143	0.0129	0.007	No Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z3-Y	34.4360	0.002122	0.0127	0.007	No Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z3-Y	27.7520	0.002043	0.0123	0.007	No Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z3-Y	21.3160	0.001893	0.0114	0.007	No Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z3-Y	15.3540	0.001716	0.0103	0.007	No Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z3-Y	9.9490	0.001477	0.0089	0.007	No Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z3-Y	5.2960	0.000963	0.0058	0.007	Cumple

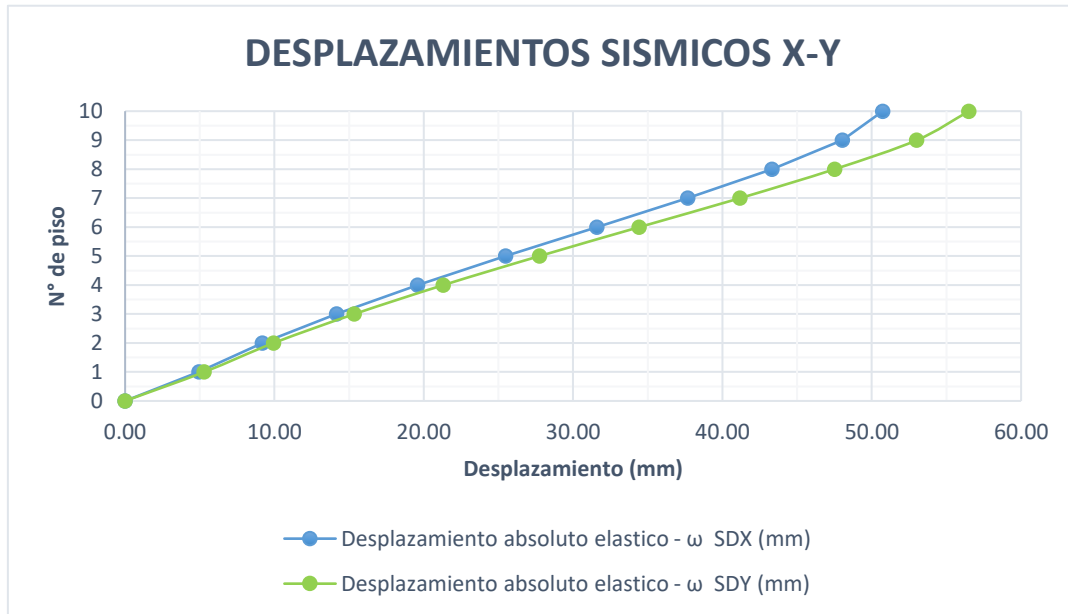
De forma gráfica las distorsiones de entrepiso producto de un análisis sísmico del edificio de 10 niveles en la zona sísmica 3 se muestran en la Figura 18, teniendo mayores distorsiones en la dirección Y.



**Figura 18.** Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 3



Los desplazamientos de la edificación de la zona sísmica 3 son mostrados en la Figura 19, notándose que en el análisis de la estructura sin reforzar los mayores desplazamientos se presentan en la dirección Y



**Figura 19.** Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 3

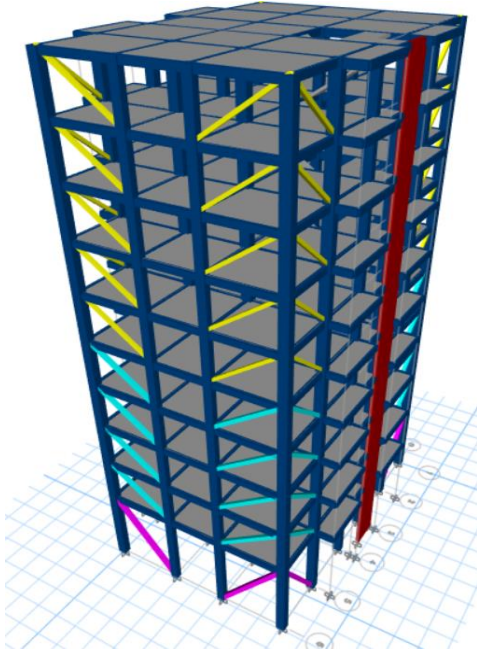
Los resultados del análisis sísmico de las zonas 2 y 3 muestran que las estructuras no cumplen en ciertos niveles con las distorsiones de entrepiso máximas que estipula la norma sismorresistente E.030 para el material que predomina según el sistema estructural elegido en este trabajo de investigación, apreciándose además según los valores de las tablas y gráficos anteriores que una edificación de 10 niveles ubicado en la zona 3 es más vulnerable y presentará desplazamientos y distorsiones de entrepiso mayores en comparación a un edificio de 10 niveles en la zona sísmica 2, frente a la ocurrencia de un sismo.

## 2.6 Análisis de las estructuras con la implementación de contravientos convencionales (CC)

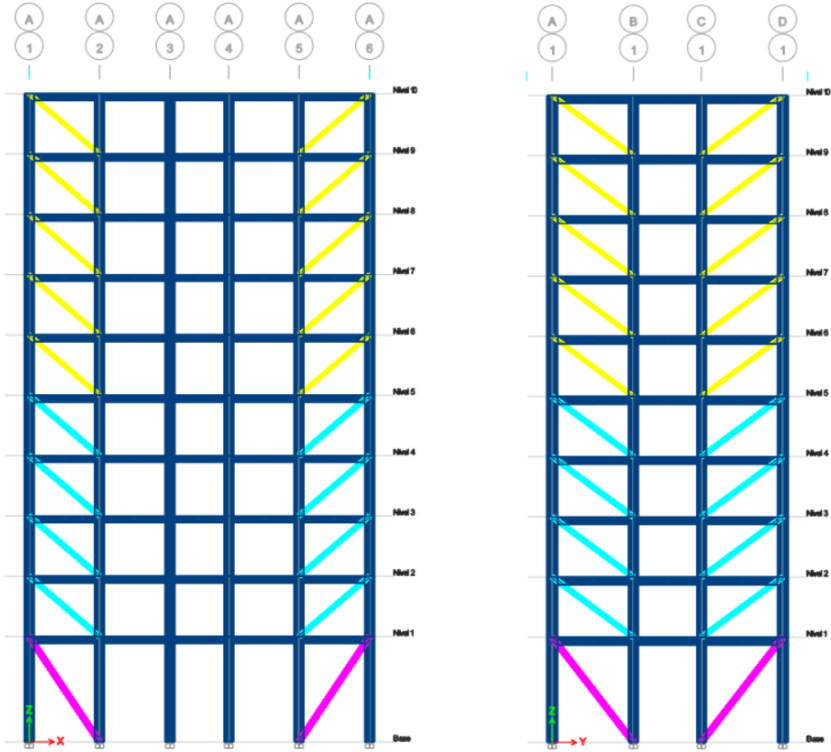
Según la metodología propuesta anteriormente se implementó contravientos convencionales en ambas estructuras modeladas anteriormente ver Figura 20 y Figura 21, tanto de la zona sísmica 2 y zona sísmica 3, con la finalidad es controlar el desplazamiento lateral de la estructura y, por tanto, la deformación del sándwich, que supera los límites permisibles.



Esta realización se hizo para utilizar las áreas donde se instalaron los soportes y para controlar el desplazamiento y la deformación de los entrepisos, cuya área permite partir del diseño de BRB según el método propuesto (Guerrero, Ji, Teran-Gilmore, et al., 2016).



**Figura 20.** Implementación de CC en las estructuras modeladas



**Figura 21.** Implementación de CC en los ejes A, D,1 y 6 de las estructuras

### **2.6.1 Análisis sísmico**

El análisis sísmico de ambas estructuras utilizó arriostramiento convencional para controlar las deformaciones y consideró los mismos parámetros sísmicos utilizados en el análisis original sin reforzar las estructuras.

### **2.6.2 Modelado de las estructuras con la implementación de contravientos convencionales**

Teniendo como base los modelados preliminares realizados en el software ETAVS v19, de los proyectos de ambas zonas sísmicas, se realizó la implementación de contravientos convencionales metálicos de secciones cuadradas tipo HSS, los mismos que se modelaron como elementos “frame” con la diferencia de haberles quitado la capacidad de resistir los momentos en los extremos de estos.

### **2.6.3 Configuración y ubicación de contravientos**

De acuerdo a las recomendaciones de Domínguez. (2014), se determinó la ubicación de los contravientos, probándose las potenciales configuraciones y ubicaciones que estos que se requería, siendo considerado para el análisis final en una disposición diagonal simple en las esquinas de los dos proyectos.

### **2.6.4 Resultados del análisis sísmico con la implementación de contravientos en las estructuras.**

#### **2.6.4.1 Desplazamientos y distorsiones de entrepiso**

En la Tabla 14 se presentan las distorsiones de entrepiso y los desplazamientos en la dirección X de la estructura de la zona sísmica 2, con la implementación de contravientos convencionales, de la misma manera se muestra la distorsión límite permisible.

**Tabla 14.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 2

Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diafragma	Desplazamiento	Distorsión	Distorsión	Distorsión	Verificación
			absoluto elastico - $\omega$ SDX (mm)	elastica SDX	Inelastica - $\Delta$ SDX	Limite - $\Delta$ (E.030)	
Nivel 10	33.85	Diaph Z2-X	28.5180	0.000537	0.0032	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z2-X	26.8270	0.000679	0.0041	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z2-X	24.6890	0.000797	0.0048	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z2-X	22.1790	0.000895	0.0054	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z2-X	19.3590	0.000966	0.0058	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z2-X	16.3150	0.000990	0.0059	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z2-X	13.1980	0.001009	0.0061	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z2-X	10.0200	0.001007	0.0060	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z2-X	6.8480	0.000971	0.0058	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z2-X	3.7890	0.000689	0.0041	0.007	Cumple

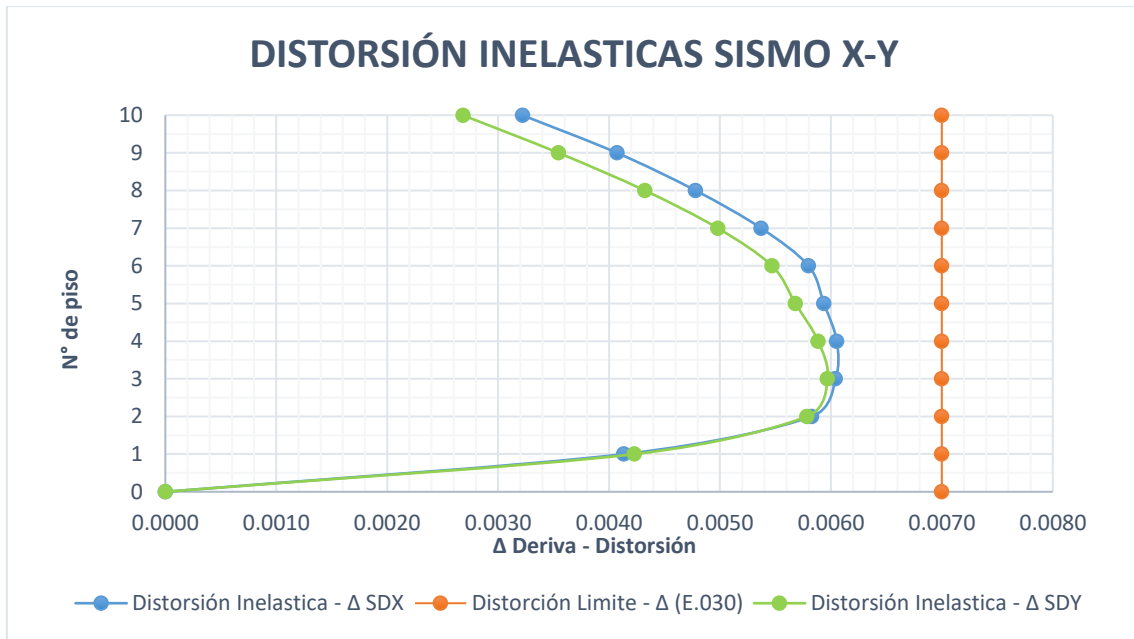
De la misma manera en la Tabla 15 se puede apreciar los desplazamientos y distorsiones en la dirección Y de la edificación analizada para la zona sísmica 2, donde con la implementación de CC en la estructura convencional se logra controlar las distorsiones de entre piso, obteniendo valores por debajo de lo permitido por la norma.

**Tabla 15.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 2

Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diafragma	Desplazamiento	Distorsión	Distorsión	Distorsión	Verificación
			absoluto elastico - $\omega$ SDY (mm)	elastica SDY	Inelastica - $\Delta$ SDY	Limite - $\Delta$ (E.030)	
Nivel 10	33.85	Diaph Z2-Y	27.1450	0.000447	0.0027	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z2-Y	25.7360	0.000591	0.0035	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z2-Y	23.8750	0.000721	0.0043	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z2-Y	21.6050	0.000830	0.0050	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z2-Y	18.9900	0.000911	0.0055	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z2-Y	16.1190	0.000947	0.0057	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z2-Y	13.1370	0.000981	0.0059	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z2-Y	10.0470	0.000995	0.0060	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z2-Y	6.9130	0.000964	0.0058	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z2-Y	3.8760	0.000705	0.0042	0.007	Cumple

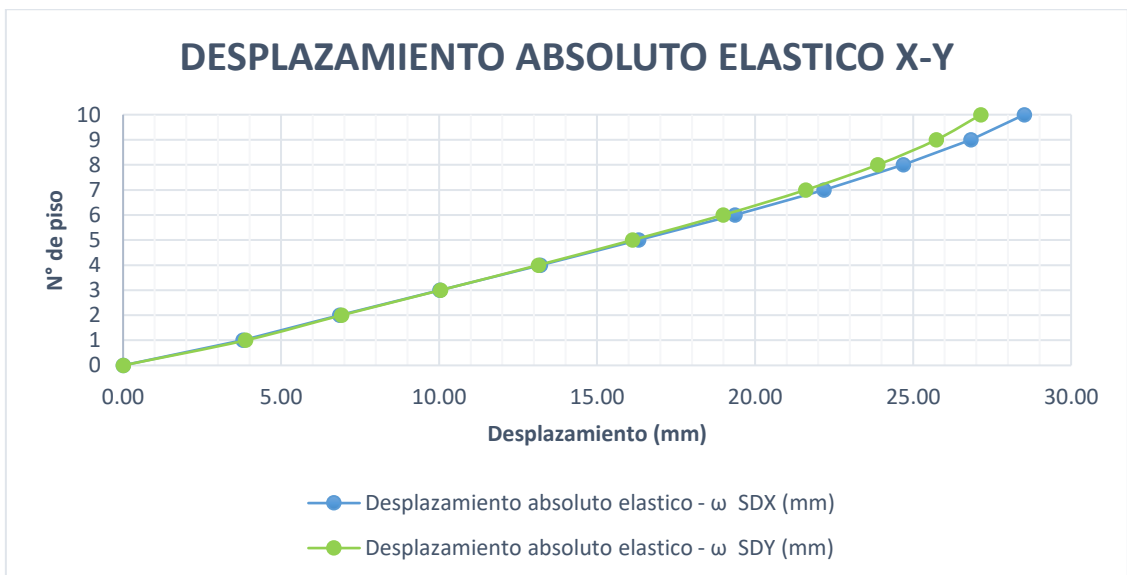
Los valores obtenidos del análisis sísmico de la estructura de la zona sísmica 2 que se muestra en la figura se representan gráficamente en la siguiente figura.

En la Figura 22 se aprecia las distorsiones de forma gráfica, resultado del análisis del edificio con la implementación de CC, logrando notarse además que las mayores distorsiones de entrepiso para este caso se encuentran en la dirección X.



**Figura 22.** Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de CC

En la Figura 23 se presenta los desplazamientos del edificio posterior al análisis sísmico con la implementación de CC, logrado notarse que los desplazamientos están estrechamente relacionados con las distorsiones de entrepiso, existiendo para este caso mayores desplazamientos de la estructura en la dirección X.



**Figura 23.** Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de CC

De igual forma se realizó el análisis sísmico de la estructura para la zona sísmica 3, con la adición de contravientos convencionales con la misma configuración y disposición que la empleada para la estructura de la zona sísmica 2. Los resultados obtenidos en desplazamientos y distorsiones de entrepiso, del análisis en la dirección X y Y, se muestra en las tablas y graficas siguientes.

En la Tabla 16 se presentan los desplazamientos y distorsiones de entrepiso en la dirección X de la estructura de la zona sísmica 3, con la implementación de contravientos convencionales, de la misma manera se muestra la distorsión limite permisible.

**Tabla 16.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 3

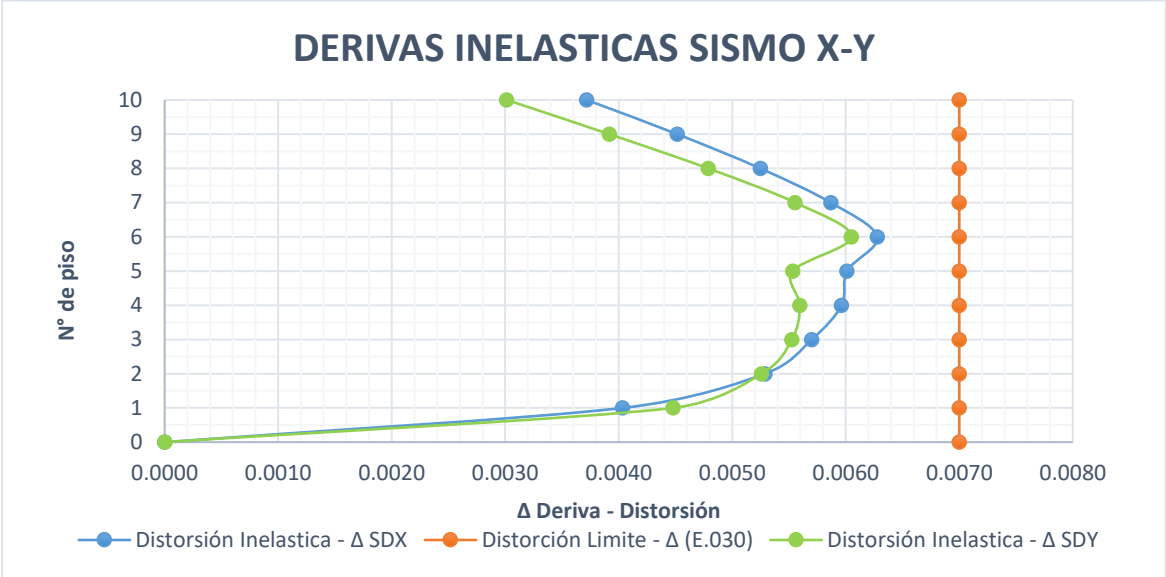
Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diafragma	Desplazamiento	Distorsión	Distorsión	Distorsión	Verificación
			absoluto elastico - $\omega$ SDX (mm)	elastica SDX	Inelastica - $\Delta$ SDX	Limite - $\Delta$ (E.030)	
Nivel 10	33.85	Diaph Z3-X	29.2080	0.000620	0.0037	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z3-X	27.2560	0.000753	0.0045	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z3-X	24.8850	0.000875	0.0052	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z3-X	22.1300	0.000978	0.0059	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z3-X	19.0490	0.001046	0.0063	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z3-X	15.7530	0.001002	0.0060	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z3-X	12.5970	0.000994	0.0060	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z3-X	9.4660	0.000950	0.0057	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z3-X	6.4730	0.000881	0.0053	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z3-X	3.6970	0.000672	0.0040	0.007	Cumple

De la misma manera en la Tabla 17 se puede apreciar los desplazamientos y distorsiones en la dirección Y de la edificación analizada para la zona sísmica 3, donde con la implementación de CC en la estructura convencional se logra controlar las distorsiones de entre piso, obteniendo valores por debajo de lo permitido por la norma.

**Tabla 17.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 3

Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diafragma	Desplazamiento	Distorsión	Distorsión	Distorsión	Verificación
			absoluto elastico - $\omega$ SDY (mm)	elastica SDY	Inelastica - $\Delta$ SDY	Limite - $\Delta$ (E.030)	
Nivel 10	33.85	Diaph Z3-Y	27.8540	0.000502	0.0030	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z3-Y	26.2720	0.000653	0.0039	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z3-Y	24.2150	0.000798	0.0048	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z3-Y	21.7010	0.000926	0.0056	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z3-Y	18.7850	0.001008	0.0060	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z3-Y	15.6090	0.000922	0.0055	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z3-Y	12.7040	0.000933	0.0056	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z3-Y	9.7660	0.000921	0.0055	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z3-Y	6.8650	0.000876	0.0053	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z3-Y	4.1050	0.000746	0.0045	0.007	Cumple

En la Figura 24 se presenta de forma gráfica, resultado del análisis del edificio de 10 niveles de la zona sísmica 3 con la implementación de CC, logrando notarse además que las mayores distorsiones de entrepiso para este caso se encuentran en la dirección X.



**Figura 24.** Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 3 con la implementación de CC

En la Figura 25 se presenta los desplazamientos del edificio de la zona sísmica 3 posterior al análisis sísmico con la implementación de CC, existiendo para este caso mayores desplazamientos de la estructura en la dirección X.



**Figura 25.** Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 3 con la implementación de CC

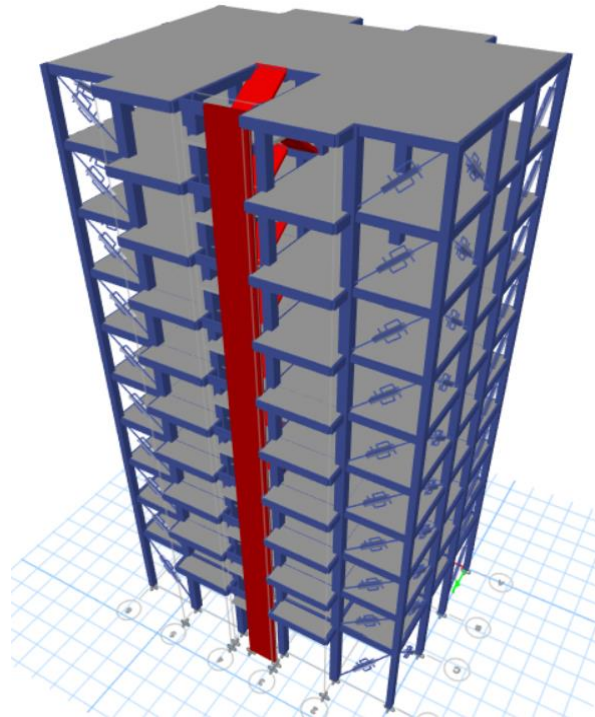
Mediante la implementación de los contravientos convencionales en las estructuras de ambas zonas sísmicas se logró controlar los desplazamientos laterales de estas y obtener distorsiones de entrepiso inferiores al límite aceptable según la norma vigente de sismorresistencia. Se obtuvo valores aceptables con la implementación de tres tipos de contravientos convencionales para cada estructura de las dos zonas sísmicas en estudio, siendo las de mayores áreas los contravientos de la zona sísmica 3, según se muestra en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Área de contravientos convencionales que logran controlar las distorsiones de los edificios de las dos zonas sísmicas

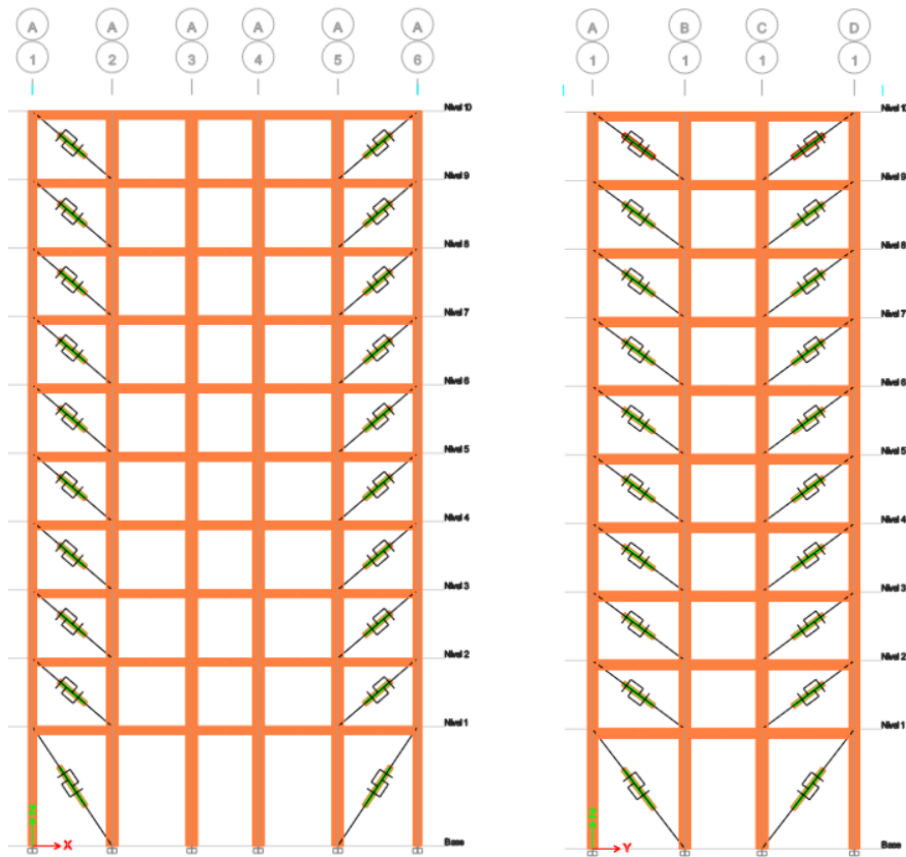
Zona sísmica	Nombre	Área (cm <sup>2</sup> )
Zona 2	CC-1Z2	69.84
	CC-2Z2	35.04
	CC-3Z2	29.04
Zona 3	CC-1Z3	217.74
	CC-1Z3	122.58
	CC-1Z3	96.67

## 2.7 Análisis de las estructuras con la implementación de buckling restrained braced (BRB)

La implementación de BRBs en las 2 estructuras, se realizó teniendo en cuenta la misma configuración y disposición que los contravientos detallados en el capítulo anterior. A continuación, se describirá los cálculos para el diseño de los BRB, se muestra con mayor detalle los cálculos para la riostra BRB-2XZ2, presentándose en la parte final de este capítulo una tabla resumen de las características de todos los BRB que lograron controlar las estructuras según la zona sísmica de la estructura. De la misma manera posterior al diseño de los BRB se implementó en las estructuras y se ejecutó el análisis correspondiente para verificar la efectividad y el cumplimiento de los valores límites según la normativa sismorresistente vigente. La distribución y configuración de los BRB diseñados en las estructuras fue de la manera como se muestra en la Figura 26 y Figura 27.



**Figura 26.** Implementación de BRB en los edificios de 10 niveles



**Figura 27.** Implementación de BRB en los pórticos de los ejes A, D, 1 y 6 de los edificios



## 2.7.1 Diseño de Buckling Restrained Braces (BRB)

### 2.7.1.1 Análisis de desplazamientos

En el capítulo anterior fue modelado las estructuras para las dos zonas sísmicas en estudio, con la implementación de (CC) con la finalidad de poder lograr tener desplazamientos y distorsiones de entrepiso que cumplan el límite según la normativa.

### 2.7.1.2 Deformación axial máxima del CC-2Z2

$$U_{\text{máx.}} = 0.0285 \cdot \cos(36.61^\circ) = 0.0229 \text{ m}$$

### 2.5.3.1.1 Ductilidad del núcleo del BRB ( $\mu_{\text{máx}}$ )

Tomando en cuenta las recomendaciones de Rodríguez (2019), los BRB tendrán una ductilidad máxima  $\mu_{\text{máx}} = 6$

### 2.7.1.3 Deformación de fluencia del BRB-1XZ2

$$U_y = \frac{0.0229}{6} = 0.0038 \text{ m}$$

### 2.7.1.4 Factor de rigidez ( $f_k$ ) para el BRB-2XZ2

$$f_{ye} = 1.1 \cdot 2530 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 2783 \text{ kg/cm}^2$$
$$f_k = \frac{2783 \text{ kg/cm}^2}{2100000} \cdot \frac{4.84}{0.0038} = 1.69$$

### 2.7.1.5 Geometría del núcleo del BRB

- Área débil del núcleo del BRB-2XZ2

$$A_n = \frac{35.04 \text{ m}}{1.69} = 20.73 \text{ cm}^2$$

- Se optó por la relación de áreas ( $\eta_A$ ), por lo cual se calculó la relación de longitudes ( $\gamma_L$ ) mediante la ecuación ec.8, y tomando como valor de ( $\eta_A$ ) = 1.5.

$$\gamma_L = \frac{1.5}{1.69 \cdot (1.5 - 1) + 1} = 0.813$$

- El área transversal de los extremos del BRB, fue calculado utilizando la ecuación 11.

$$A_e = 20.73 \cdot 1.5 = 31.10 \text{ cm}^2$$

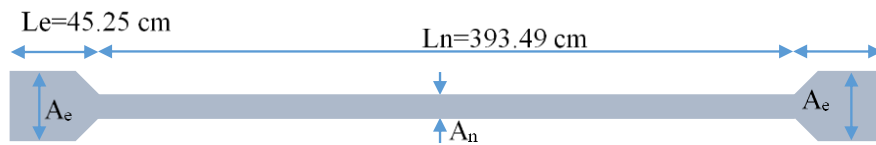
- La longitud de la región débil se calculó utilizando la ecuación 12.

$$L_n = 0.813 * 4.84 * 100 = 393.49 \text{ cm}$$

- La longitud de los extremos del BRB será.

$$L_e = \frac{484 \text{ cm} - 393.49 \text{ cm}}{2} = 45.25 \text{ cm}$$

- En la Figura 25 se aprecia las partes del BRB que fueron calculadas



**Figura 28.** Geometría del núcleo del BRB-2XZ2

Una vez completado el cálculo de las longitudes y áreas del BRB, se propone colocar las secciones de 1" de espesor y 8.16 cm de ancho para el núcleo débil ( $A_n$ ), y para los extremos ( $A_e$ ) una longitud de 45.25 cm y un área de 4.82 plg<sup>2</sup> cumpliendo con lo necesario según los cálculos obtenidos anteriormente.

### 2.7.1.6 Rigidez y capacidad de compresión del BRB

Utilizando la ecuación ec.13 se calculó la rigidez y la capacidad de compresión máxima del BRB.

$$K_{brb} = 1.69 * \frac{20.73 \text{ cm}^2 * 2100000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{484 \text{ cm}} = 152005.723 \text{ kg/cm}$$

$$P_{ye} = 2783 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 20.73 \text{ cm}^2 = 57691.59 \text{ kg}$$

### 2.7.1.7 Diseño de la funda o encamisado

Para la elección de la funda o encamisado del BRB se calculó la inercia necesaria, mediante la ecuación ec.16, considerando un factor de seguridad  $F_s=2$ , un valor de  $K=2$  (conexión pernada)

y un espaciamiento entre el mortero de relleno y la zona de transición (a=2 cm) en ambos extremos.

$$I_{sc} = \frac{57691.59 \text{ kg} * (2 * (484 \text{ cm} - 2 * 2\text{cm}))^2}{2100000 \text{ kg/cm}^2 * \pi^2} * 2 = 2565.27 \text{ cm}^4$$

Después de haber calculado la inercia que se necesita, se buscó un perfil de acero el cual tenga como inercia un valor ligeramente superior a la calculada necesaria. Siendo el perfil tubular cuadrado de tipo HSS 12"x12"x5/16", el que cumplía y en el cual las dimensiones del núcleo débil se encuentran embebido en el mortero de relleno.

### 2.7.1.8 Mortero confinante

Mediante la utilización de la ecuación ec.17 se calculó la carga de falla del mortero confinante.

$$\beta = \frac{(2530 \text{ kg/cm}^2)^2 * (20.73 \text{ cm}^2)^2}{4 * 61182.97 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 2.57 \text{ cm}^4} = 4373.38 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cr} = 2 * \sqrt{4373.38 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 2100000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 2.57 \text{ cm}^4} = 307266.22 \text{ kg}$$

$$F_s = 2 * \frac{P_{cr} (\text{mortero})}{P_{ey} (\text{nucleo})} = \frac{307266.22 \text{ kg}}{57691.59 \text{ kg}} = 5.3260$$

De los cálculos realizados se puede verificar que la resistencia a la compresión del mortero confinante seleccionado para el diseño cumple con las condiciones que se planteó con el fin de evitar el pandeo local en alguna sección del núcleo débil.

### 2.7.1.9 Resumen del diseño de las BRB

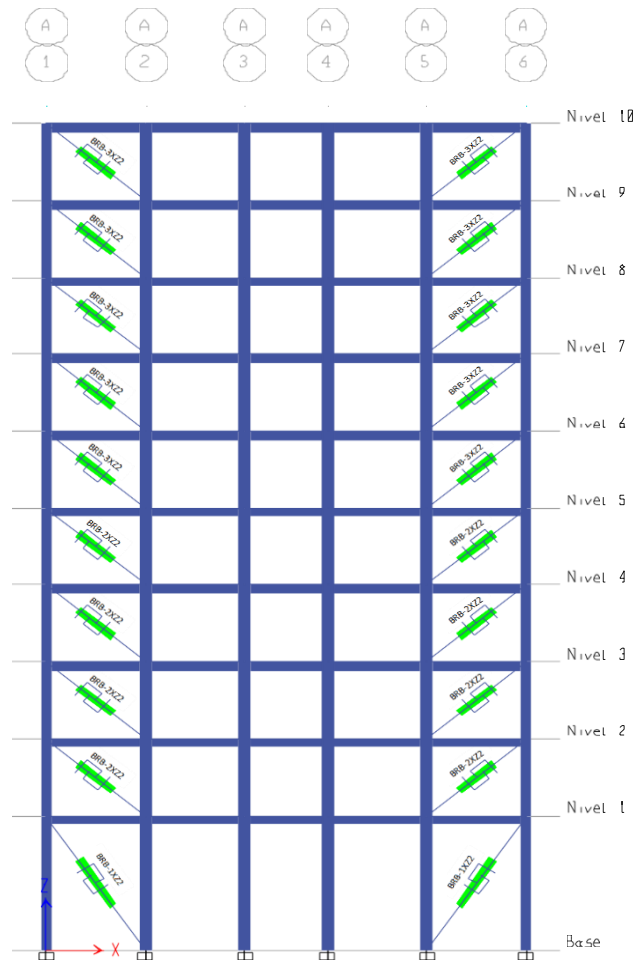
Se diseñó los BRB para los edificios de las dos zonas sísmicas, en diseñaron en total 12 BRBs, de las cuales en la dirección X de cada edificio se diseñó 3 tipos de BRB, y de la misma forma en la dirección Y. Todos los BRB diseñadas son resumidas en la Tabla 19, cabe mencionar que todas estos BRB fueron diseñados considerando el máximo desplazamiento de entrepiso de los edificios, los cuales mediante cuadros presentados en los anexos de esta investigación se presentan los cálculos que se realizaron para el diseño de cada Rostro Restringida al Pandeo.

**Tabla 19.** Resumen de Buckling Restrained Braced (BRB)

BRB	Longitud Núcleo Débil	Sección Núcleo Débil		Longitud Núcleo Extremo	Área del Núcleo Extremo	Sección de Funda	Mortero Confinante	Superficie Aislante
	Ln (cm)	t (pulg)	b (mm)	Le (mm)	Ae (pulg <sup>2</sup> )			
BRB-1XZ2	3759	1"	82	1459	12.24			
BRB-2XZ2	3935	1"	78	452	12.24			
BRB-3XZ2	3841	1"	64	499	9.63			
BRB-1YZ2	3907	1"	82	1503	12.54			
BRB-2YZ2	4035	1"	72	630	10.67			
BRB-3YZ2	4035	1"	60	630	8.84	HSS 12" x 12" x 5/16"	Mortero Sika Grout 200	Cinta antiaderente, Neopreno y grasa comun
BRB-1XZ3	3783	1 1/4"	211	1417	39.57			
BRB-2XZ3	3885	1 1/4"	223	473	41.84			
BRB-3XZ3	3885	1"	220	473	33			
BRB-1YZ3	3971	1 1/4"	211	1503	39.08			
BRB-2YZ3	4086	1 1/4"	206	604	38.3			
BRB-3YZ3	3962	1"	190	659	28.55			

## 2.8 Resultados del análisis sísmico de las edificaciones con la implementación de los BRB

Luego de haber diseñado todos los BRB, y tomando como base el modelamiento de las edificaciones con los contravientos convencionales se implementó los BRB diseñados con las mismas disposiciones para luego realizar el análisis sísmico correspondiente. En la Figura 29 se aprecian las disposiciones de implementación de los BRB en los edificios.



**Figura 29.** Disposición de BRBs en la dirección X del edificio de la zona sísmica 2

### 2.8.1 Desplazamientos y distorsiones de entrepiso

En las tablas y gráficos siguientes se presentan las distorsiones de entrepiso y los desplazamientos, posterior al análisis de las edificaciones para las dos zonas sísmicas con la implementación de BRB según la dirección X e Y en la que actúe el sismo.

En la Tabla 20 se presenta los desplazamientos, además de las distorsiones de entrepiso del edificio de la zona sísmica 2 en la dirección X, posterior a un análisis sísmico con la implementación de los BRB diseñados anteriormente, logrando notarse que la mayor distorsión se presenta en los niveles 3 y 4, pero encontrándose por debajo del límite que permite la norma vigente.

**Tabla 20.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 2 con implementación de BRB

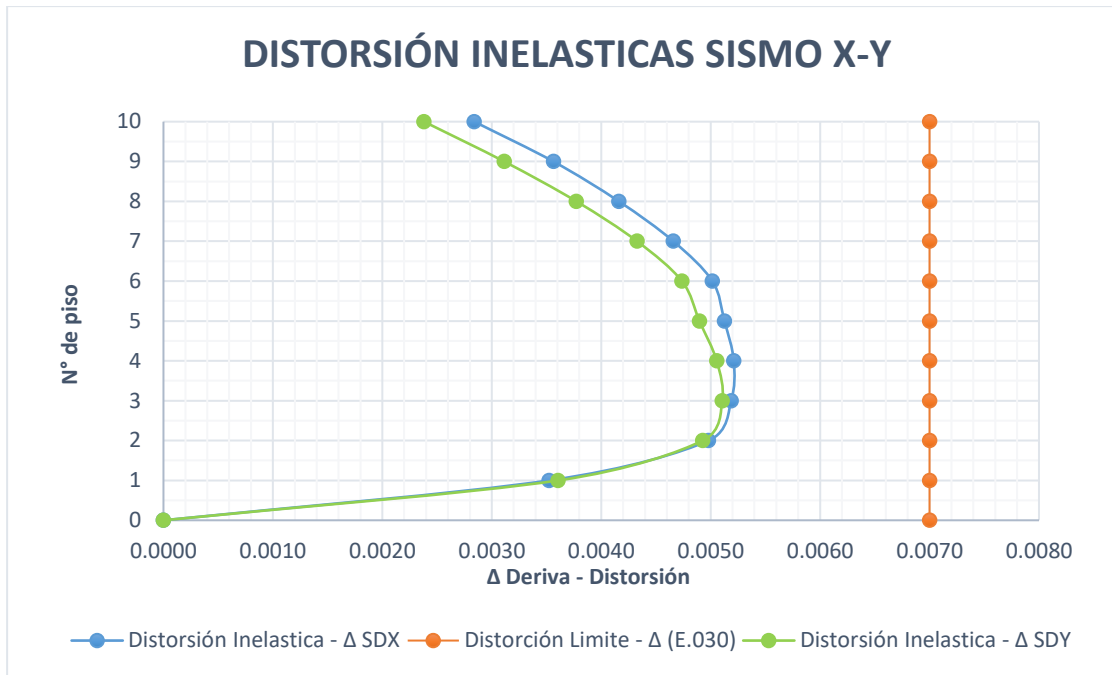
Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diaphragma	Desplazamiento absoluto elástico - $\omega$ SDX (mm)	Distorsión elástica SDX	Distorsión Inelástica - $\Delta$ SDX	Distorsión Limite - $\Delta$ (E.030)	Verificación
Nivel 10	33.85	Diaph Z2-X	24.6210	0.000473	0.0028	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z2-X	23.1300	0.000594	0.0036	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z2-X	21.2590	0.000694	0.0042	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z2-X	19.0740	0.000777	0.0047	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z2-X	16.6280	0.000836	0.0050	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z2-X	13.9950	0.000854	0.0051	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z2-X	11.3040	0.000869	0.0052	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z2-X	8.5680	0.000864	0.0052	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z2-X	5.8450	0.000830	0.0050	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z2-X	3.2300	0.000587	0.0035	0.007	Cumple

En la Tabla 21 se muestra las distorsiones y los desplazamientos del análisis con la implementación de los BRB en la dirección Y del edificio de la zona sísmica 2, apreciándose que en todos los niveles las distorsiones también se cumplen con el límite permisible por la normativa vigente.

**Tabla 21.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 2 con implementación de BRB

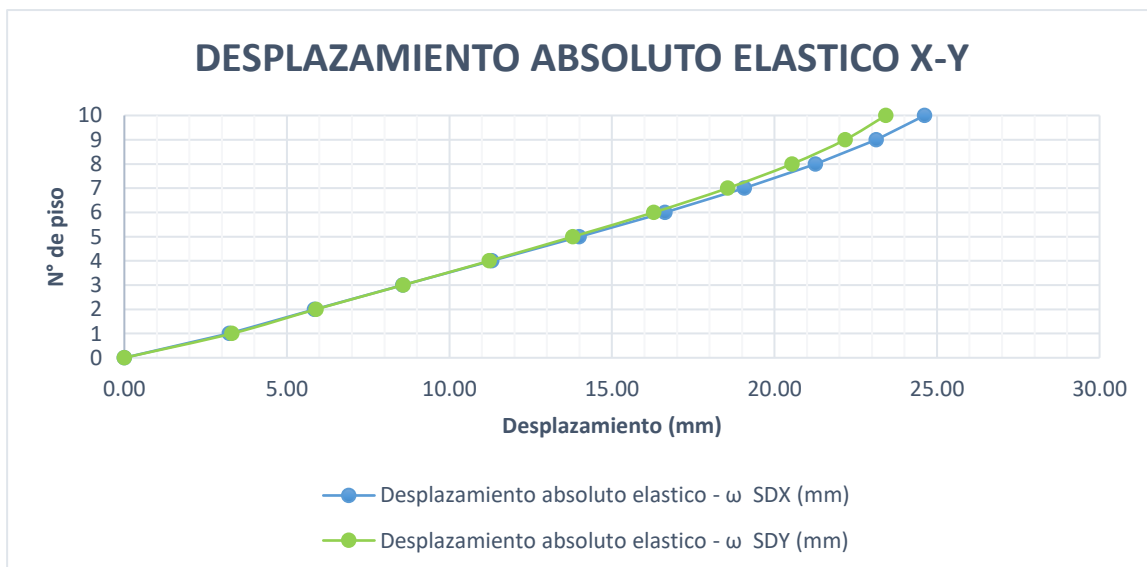
Nivel	Alturas acumuladas en (m)	Diaphragma	Desplazamiento absoluto elástico - $\omega$ SDY (mm)	Distorsión elástica SDY	Distorsión Inelástica - $\Delta$ SDY	Distorsión Limite - $\Delta$ (E.030)	Verificación
Nivel 10	33.85	Diaph Z2-Y	23.4230	0.000397	0.0024	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z2-Y	22.1730	0.000519	0.0031	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z2-Y	20.5380	0.000629	0.0038	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z2-Y	18.5570	0.000721	0.0043	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z2-Y	16.2850	0.000790	0.0047	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z2-Y	13.7980	0.000816	0.0049	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z2-Y	11.2270	0.000843	0.0051	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z2-Y	8.5730	0.000851	0.0051	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z2-Y	5.8930	0.000821	0.0049	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z2-Y	3.3060	0.000601	0.0036	0.007	Cumple

En la Figura 30 se aprecia las distorsiones en ambas direcciones X e Y del edificio de la zona sísmica 2 con la implementación de los BRB, logrando apreciarse que las mayores distorsiones se presentan en la dirección X pero se encuentran por debajo del valor límite permitido por la norma para este tipo de sistema estructural.



**Figura 30.** Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de BRB.

En Figura 31 se aprecia el desplazamiento por cada nivel de la edificación de la zona sísmica 2 resultado del análisis con la implementación de los BRB, Logrando notarse que los mayores desplazamientos de la estructura se presentan en la dirección X.



**Figura 31.** Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de BRB

De la misma manera que para el edificio de la zona sísmica 2 se realizó el análisis con la implementación de BRB en el edificio de la zona sísmica 3, en la Tabla 22, se muestra las distorsiones y los desplazamientos del análisis con la implementación de los BRB en la dirección X del edificio de la zona sísmica 3, apreciándose que en todos los niveles las distorsiones cumplen con el límite permisible por la normativa.

**Tabla 22.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección X de la zona sísmica 3 con implementación de RBB

Nivel	Alturas		Desplazamiento absoluto elástico - $\omega$ SDX (mm)	Distorsión elástica SDX	Distorsión Inelástica - $\Delta$ SDX	Distorsión Límite - $\Delta$ (E.030)	Verificación
	acumuladas en (m)	Diafragma					
Nivel 10	33.85	Diaph Z3-X	25.8790	0.000562	0.0034	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z3-X	24.1090	0.000660	0.0040	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z3-X	22.0300	0.000747	0.0045	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z3-X	19.6760	0.000820	0.0049	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z3-X	17.0920	0.000875	0.0053	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z3-X	14.3350	0.000912	0.0055	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z3-X	11.4630	0.000914	0.0055	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z3-X	8.5850	0.000881	0.0053	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z3-X	5.8110	0.000823	0.0049	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z3-X	3.2200	0.000585	0.0035	0.007	Cumple

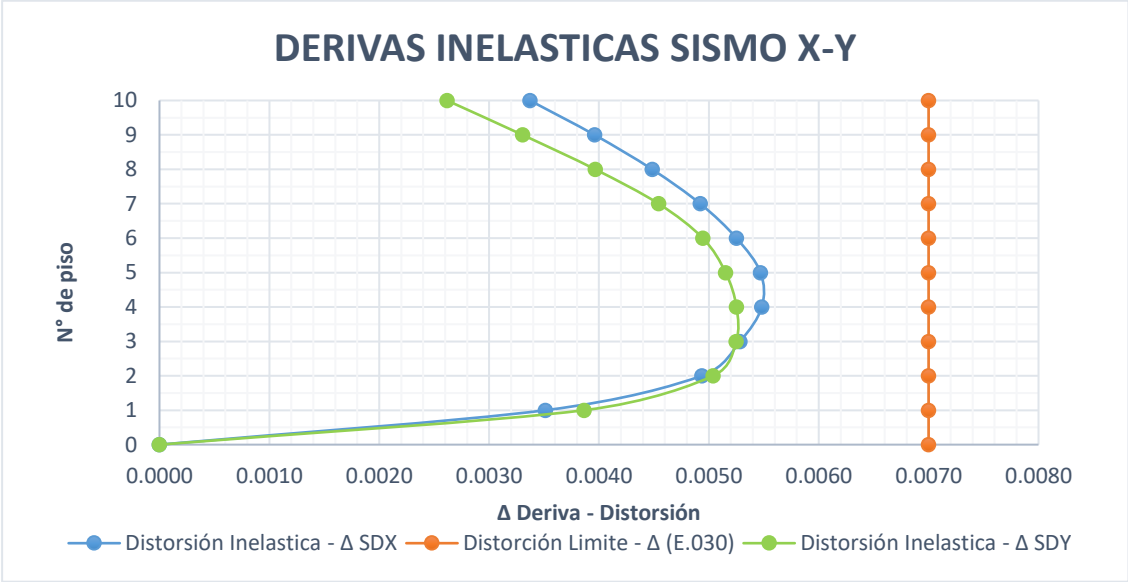
En la Tabla 23 se muestra las distorsiones y los desplazamientos del análisis con la implementación de los BRB en la dirección Y del edificio de la zona sísmica 3, apreciándose que en todos los niveles las distorsiones también se cumplen con el límite permisible por la normativa vigente.

**Tabla 23.** Desplazamientos y distorsiones de entrepiso - dirección Y de la zona sísmica 3 con implementación de RBB

Nivel	Alturas		Desplazamiento absoluto elástico - $\omega$ SDY (mm)	Distorsión elástica SDY	Distorsión Inelástica - $\Delta$ SDY	Distorsión Límite - $\Delta$ (E.030)	Verificación
	acumuladas en (m)	Diafragma					
Nivel 10	33.85	Diaph Z3-Y	24.5770	0.000436	0.0026	0.007	Cumple
Nivel 9	30.7	Diaph Z3-Y	23.2030	0.000551	0.0033	0.007	Cumple
Nivel 8	27.55	Diaph Z3-Y	21.4680	0.000661	0.0040	0.007	Cumple
Nivel 7	24.4	Diaph Z3-Y	19.3860	0.000757	0.0045	0.007	Cumple
Nivel 6	21.25	Diaph Z3-Y	17.0010	0.000824	0.0049	0.007	Cumple
Nivel 5	18.1	Diaph Z3-Y	14.4050	0.000859	0.0052	0.007	Cumple
Nivel 4	14.95	Diaph Z3-Y	11.7000	0.000875	0.0053	0.007	Cumple
Nivel 3	11.8	Diaph Z3-Y	8.9430	0.000875	0.0052	0.007	Cumple
Nivel 2	8.65	Diaph Z3-Y	6.1880	0.000840	0.0050	0.007	Cumple
Nivel 1	5.5	Diaph Z3-Y	3.5420	0.000644	0.0039	0.007	Cumple



En la Figura 32 se presenta las distorsiones de entrepiso del edificio de la zona sísmica 3 posterior al análisis sísmico con la implementación de BRB, existiendo para este caso mayores distorsiones de la estructura en la dirección X.



**Figura 32.** Distorsiones inelásticas analizadas de la estructura en la zona sísmica 3 con la implementación de BRB.

En la Figura 33 se presenta los desplazamientos del edificio posterior al análisis sísmico con la implementación de BRB, logrado notarse que los desplazamientos están estrechamente relacionados con las distorsiones de entrepiso.



**Figura 33.** Desplazamiento absoluto elástico de la estructura en la zona sísmica 2 con la implementación de BRB

### **III RESULTADOS**

Luego de culminado el proceso de análisis de las edificaciones en ambas zonas sísmicas, se determinan los valores de desplazamiento y deformación de las edificaciones, y el proceso de diseño del Buckling Restrained Braces, se analizan las edificaciones y se realiza el BRB. implementado con el objetivo de verificar si la estructura armada cumple con los requisitos de los códigos sísmicos vigentes.

#### **3.1 Análisis de resultados**

##### **3.1.1 Resultados de la metodología planteada para el diseño del Buckling-Restrained Braces (BRB)**

En la Tabla 10 y Tabla 11 se evidencia que las distorsiones de entrepiso del edificio de 10 niveles de la zona sísmica 2, sin la implementación de BRB, los cuales no cumplen con el límite establecido en la norma E.030 (2018), en la dirección X para los cuatro primeros niveles de la super estructura, mientras que en la dirección Y no cumple con la distorsión límite en los cinco primeros niveles teniendo como valores máximos de distorsión de 0.0092 m/m. De igual manera en el edificio de la zona sísmica III las distorsiones obtenidas del análisis convencional sobrepasan el límite permisible obteniendo la distorsión máxima de 0.0097 m/m como se muestran en las tablas 12 y tabla 13 Por consecuente para el diseño de BRB siguiendo la metodología planteada, se ha logrado controlar los desplazamientos y distorsiones de los edificios a través de un análisis sísmico espectral utilizado contravientos convencionales en las esquinas de las superestructuras cuyas áreas y distorsiones máximas del análisis mencionado sirvieron para el diseño de los BRB.

Por cada edificio se diseñaron seis BRB, de los cuales por cada dirección sísmica X e Y se logró controlar las distorsiones de entrepiso con tres tipos de BRB. Obteniéndose diseños con mayores dimensiones para el edificio de la zona sísmica i.

##### **3.1.2 Resultados del análisis sísmico de los edificios con la implementación de BRB**

En la Tabla 15 y Tabla 16 se puede evidenciar que las distorsiones de entrepiso del edificio de la zona sísmica 2 en todos los niveles de la superestructura, tanto en la dirección X e Y, luego del análisis sísmico cumplen con la distorsión límite de la norma E.030-2018. Obteniéndose

distorsiones máximas de 0.0052 m/m y 0.0051 m/m en la dirección sísmica X e Y respectivamente.

En la Tabla 17 y Tabla 18 de igual forma se presenta las distorsiones de entrepiso del edificio de 10 niveles de la zona sísmica 3 en todos los niveles, tanto en la dirección X e Y, luego del análisis sísmico se cumple con la distorsión límite de la norma sismorresistente vigente. Obteniéndose distorsiones máximas de 0.0055 m/m en la dirección sísmica X, y 0.0053 m/m en la dirección sísmica Y.

Además, se comparó los resultados del análisis sísmico de los edificios sin la implementación de BRBs y con los resultados del análisis sísmico con implementación de BRB, apreciándose los resultados de dichas comparaciones en porcentajes en las tablas siguientes.

En la Tabla 24 se muestra los resultados de la comparación de análisis sísmico en la dirección X del edificio de la zona sísmica 2, sin la implementación de BRBs y con la implementación de BRBs.

**Tabla 24.** Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección X del edificio de la zona sísmica 2, con la implementación de BRBs

Nivel	Distorsión inelástica Sin Implementación de BRB (m) - $\Delta$ SDX	Distorsión inelástica Con Implementación de BRB (m) - $\Delta$ SDX	Reduccion de Distorsiones de entrepiso (m)	Porcentaje de reducción (%)
Nivel 10	0.0017	0.0028	-0.0012	-11.87%
Nivel 9	0.0028	0.0036	-0.0008	-7.98%
Nivel 8	0.0039	0.0042	-0.0003	-2.72%
Nivel 7	0.0049	0.0047	0.0002	2.36%
Nivel 6	0.0058	0.0050	0.0008	7.70%
Nivel 5	0.0066	0.0051	0.0015	14.70%
Nivel 4	0.0074	0.0052	0.0021	21.49%
Nivel 3	0.0081	0.0052	0.0029	29.33%
Nivel 2	0.0091	0.0050	0.0041	41.10%
Nivel 1	0.0092	0.0035	0.0057	56.71%

De igual manera en la Tabla 25 se muestra los resultados de la comparación de análisis sísmico en la dirección Y del edificio de la zona sísmica 2, sin y con la implementación de BRBs.

**Tabla 25.** Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección Y del edificio de la zona sísmica 2, con la implementación de BRBs

Nivel	Distorción inelástica Sin Implementación de BRB (m) - $\Delta$ SDY	Distorción inelástica Con Implementación de BRB (m) - $\Delta$ SDY	Reduccion de Distorsiones de entrepiso (m)	Porcentaje de reducción (%)
Nivel 10	0.0019	0.0024	-0.0005	-4.59%
Nivel 9	0.0030	0.0031	-0.0001	-0.65%
Nivel 8	0.0043	0.0038	0.0005	4.78%
Nivel 7	0.0053	0.0043	0.0010	10.19%
Nivel 6	0.0063	0.0047	0.0016	15.79%
Nivel 5	0.0072	0.0049	0.0023	23.01%
Nivel 4	0.0080	0.0051	0.0030	29.66%
Nivel 3	0.0088	0.0051	0.0037	36.97%
Nivel 2	0.0097	0.0049	0.0047	47.28%
Nivel 1	0.0090	0.0036	0.0054	53.77%

En la Tabla 26 se muestra los porcentajes de reducción de las distorsiones de entrepiso en la dirección X del edificio de diez niveles de la zona sísmica 3, sin y con la implementación de BRBs.

**Tabla 26.** Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección X del edificio de la zona sísmica 3, con la implementación de BRBs

Nivel	Distorción inelástica Sin Implementación de BRB (m) - $\Delta$ SDX	Distorción inelástica Con Implementación de BRB (m) - $\Delta$ SDX	Reduccion de Distorsiones de entrepiso (m)	Porcentaje de reducción (%)
Nivel 10	0.0051	0.0034	0.0018	17.58%
Nivel 9	0.0090	0.0040	0.0050	50.44%
Nivel 8	0.0107	0.0045	0.0062	62.27%
Nivel 7	0.0116	0.0049	0.0067	67.01%
Nivel 6	0.0116	0.0053	0.0064	63.75%
Nivel 5	0.0112	0.0055	0.0058	57.68%
Nivel 4	0.0103	0.0055	0.0048	48.44%
Nivel 3	0.0095	0.0053	0.0042	41.79%
Nivel 2	0.0081	0.0049	0.0032	31.68%
Nivel 1	0.0054	0.0035	0.0019	18.80%

De igual manera la Tabla 27 muestra los porcentajes de reducción de las distorsiones de entrepiso en la dirección Y del edificio de diez niveles de la zona sísmica 3, sin y con la implementación de BRBs.

**Tabla 27.** Porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso en la dirección Y del edificio de la zona sísmica 3, con la implementación de BRBs

<b>Nivel</b>	<b>Distorsión inelástica Sin Implementación de BRB (m) - <math>\Delta</math> SDY</b>	<b>Distorsión inelástica Con Implementación de BRB (m) - <math>\Delta</math> SDY</b>	<b>Reduccion de Distorsiones de entrepiso (m)</b>	<b>Porcentaje de reducción (%)</b>
Nivel 10	0.0067	0.0026	0.0040	40.48%
Nivel 9	0.0105	0.0033	0.0072	71.56%
Nivel 8	0.0121	0.0040	0.0081	80.95%
Nivel 7	0.0129	0.0045	0.0083	83.16%
Nivel 6	0.0127	0.0049	0.0078	77.87%
Nivel 5	0.0123	0.0052	0.0071	71.07%
Nivel 4	0.0114	0.0053	0.0061	61.05%
Nivel 3	0.0103	0.0052	0.0050	50.48%
Nivel 2	0.0089	0.0050	0.0038	38.23%
Nivel 1	0.0058	0.0039	0.0019	19.13%

Ver en el siguiente enlace el comportamiento de las estructuras sin y con refuerzo de disipadores de energía sísmica del tipo Buckling-Restrained Braces (BRB)

<https://youtu.be/iVSf3oCQGFQ>

#### **IV DISCUSIÓN**

El Perú forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, haciéndolo altamente vulnerable a eventos sísmicos, y según los últimos reportes de sismos de IGP (2023) más fuertes; 2019 La Libertad sismo de magnitud 8, 2021 Amazonas sismo de magnitud 7.5, Puno 2022 sismo de magnitud 7.2 y en Piura 2023 un sismo de magnitud 4.7 han resaltado la importancia de diseñar estructuras con óptimo desempeño. Esto se logra disminuyendo el efecto de cargas sobre las estructuras mejorando la resistencia, rigidez y ductilidad de las mismas.

Zhou et al.(2021) recomienda el uso de sistemas de protección pasivos, de los cuales según Dong et al. (2021) los más recomendables son los disipadores de energía por fluencia de metales, debido a que brindan rigidez lateral, resistencia y ductilidad, en ese sentido el principal aporte teórico de la presente investigación fue determinar cómo se realiza el diseño preliminar de disipadores de energía del tipo BRB implementado en dos edificación de concreto armado para la zona sísmica II y III, utilizando las distorsiones de entrepiso obtenidas de los análisis dinámicos modales espectrales realizados.

Este sistema de reforzamiento con disipadores de energía del tipo BRB se ha ejecutado en proyectos a nivel internacional, Corona (2019) demostró su buen desempeño sísmico en México, de igual manera Li et al. (2021) en China, Mashhadiali et al. (2021) e Irán y Lin et al. (2019), cuyos resultados ha promovido su implementación en sus respectivas normas de su país. Debido a que en el nuestro no han sido popularizados los estudios con respecto a este sistema reforzamiento, y que la NTP E.031 únicamente considera los sistemas de control sísmico activos para edificaciones hospitalarias, la presente investigación según aportes de los investigadores anteriores, se demostró su aplicación en edificaciones residenciales de las zonas sísmicas II y III del Perú.

Por consiguiente con la metodología planteada en esta investigación en el diseño de los edificios de manera convencional, se obtuvo distorsiones máximas de 0.0092 m/m en la zona II y de 0.0097 m/m en la zona III, sin embargo según la NTP E.030 (2018), la distorsión máxima no debe superar los 0.007 m/m. Por otro lado, si comparamos los resultados encontrados en otros estudios como la de 0.0079 m/m de Garcia & Vidal (2020), 0.0077 m/m Corona (2019) y 0.0096 m/m de Belisario et al. (2021); igualmente no cumplían con el límite normativo. Estos valores obtenidos difieren uno del otro puesto que las condiciones y zonas en

estudio son diferentes para cada caso y superan el límite normativo debido a los elementos resistentes de las estructuras soportan cargas de gravedad y no cargas sísmicas.

Implementando CC en pórticos libres de las estructuras se logró reducir las distorsiones de entre piso y estar por debajo del límite normativo, sin embargo Guerrero et al. (2016) no tubo buenos resultados utilizando la metodología para edificios con sistema de muros portantes. Así mismo en esta investigación se obtuvo buenos resultados con la utilización de acero tradicional y las especificaciones nacionales en el diseño de los BRBs, sin embargo Sun et al., (2019), logró resultados más óptimos aplicando el mismo método, utilizando elementos de fibra de vidrio recomendando los de tipo FW GFRP para BRB cortos y de tipo WP GFRP puede extenderse para BRB más largos.

En la segunda parte de esta investigación se logró controlar los desplazamientos y distorsiones de entrepiso de los edificios con la implementación de los BRB, reduciendo dichas distorsiones hasta un máximo de 56.71 % en la dirección X y hasta un máximo de 53.77% en la dirección Y del edificio de la Zona sísmica 2, los resultados de ambas direcciones difieren puesto que la luz libre de los pórticos son distintas y por consiguiente el ángulo ( $\alpha$ ) que forme el BRB será distinto; no obstante es una reducción significativa de las distorsiones en ambas direcciones, pero sin embargo no se superó a los resultados obtenidos por Guerrero et al. (2016), de 62.2% y Luis & Ricardo (2020) que obtuvieron 62.3%, en edificaciones regulares simétricas con sistemas aporticado.

Así mismo se logró reducir en un máximo de 67.01% en la dirección X y en un máximo de 83.16% en la dirección Y en el edificio de la Zona sísmica 3; donde la diferencia de estos resultados se debe a la longitud del BRB en cada dirección. Si comparamos con los estudios comparativos de Ballinas et al. (2021) sobre BRBs y CC, obtuvieron reducciones de hasta 77% utilizando configuración de los BRB en forma de V invertida, mientras que Murillo et al. (2019) lograron reducir las distorsiones hasta un 71% con una configuración tipo X.

Este estudio concuerda finalmete con los resultados de Qing et al. (2021) y Santos (2021), en que las estructuras implementadas con BRBs, bajo solicitaciones sísmicas se encuentran estrechamente relacionadas con el ( $\alpha$ ), y que la eficiencia de estos depende de su configuración y mejora a medida que aumentan los marcos reforzados.

## V CONCLUSIONES

- ✚ El método propuesto da cuenta del concepto de dispositivos de protección estructural, ya que los factores de ductilidad de los pórticos y las BRB pueden estimarse al inicio del proceso de diseño, a partir de las propiedades geométricas y mecánicas de sus elementos, logrando apreciarse que los BRB reducen considerablemente la sección de los elementos resistentes de las estructuras. Por tanto, se acuerdo al primer objetivo planteado se puede concluir que la metodología para el diseño de un BRB es práctica y funcional en estructuras con sistema aporticado resultando posible diseñar estas resilientes con BRBs sin usar otros tipos de sistemas de control sísmico costosos o especializado.
- ✚ El refuerzo de los edificios de concreto armado con sistema aporticado implementando disipadores energéticos del tipo BRB afecta significativamente la mejora de la respuesta estructural de los edificios al impacto sísmico, puesto que a partir de los modelamientos de las estructuras realizadas en el software ETABS v19.0, el diseño de BRBs y su implementación en los edificios, se logró reducir las distorsiones de entrepiso en un porcentaje considerable. Por tanto, de lo mencionado líneas arriba se puede concluir que el sistema de reforzamiento permite controlar las distorsiones de entrepiso de forma tal que se cumpla con los límites máximos permisibles especificados en la norma sísmica vigente E0.30 (2018), teniendo así edificios más seguros y menos costosos.



## VI RECOMENDACIONES

- ✚ Para poder aprovechar los beneficios que presentan los BRB, se deben aplicar en edificaciones aporticadas, y que sólo tengan el 10% de muros estructurales como máximo, los cuales nos darán mejores resultados.
- ✚ En trabajos futuros también deberán abarcar el desarrollo de detalles constructivos de conexiones a momento viga-columna con los BRB, usando materiales y tecnología local con miras a llevar a cabo las fases experimentales del plan de investigación propuesto.

## VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ballinas, E., Guerrero, H., Terán-Gilmore, A., & Alberto Escobar, J. (2021). Seismic response comparison of an existing hospital structure rehabilitated with BRBs or conventional braces. *Engineering Structures*, 243, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112666>
- Belisario, A., Alberto, C., Quispe, H., & Franklyn, E. (2021). *Análisis y diseño estructural de un edificio de 5 niveles de acero estructural con riostras de pandeo restringido*.
- Corona, V. R. (2019). *Diseño de disipadores de energía sísmica del tipo contraventeos restringidos al pandeo (CRP)* [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO]. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/disen-de-disipadores-de-energia-sismica-del-tipo-contraventeos-restringidos-al-pandeo-crp-3514320?c=LZqODG&d=true&q=\\*&i=2&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/disen-de-disipadores-de-energia-sismica-del-tipo-contraventeos-restringidos-al-pandeo-crp-3514320?c=LZqODG&d=true&q=*&i=2&v=1&t=search_0&as=0)
- Domínguez, E. A. G. (2014). Influencia de Contraventeos Concéntricos en Cruz o Chevrón en el Comportamiento no Lineal de Marcos Dúctiles de Concreto Reforzado. *Revista de Ingeniería Sísmica No. 91 1-30*, 30(91), 1–30. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n91/0185-092X-ris-91-00001.pdf>
- Dong, W., Li, M., Lee, C. L., & MacRae, G. (2021). Numerical modelling of glulam frames with buckling restrained braces. *Engineering Structures*, 239(March), 112338. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112338>
- García, J. L. E., & Vidal, J. R. V. (2020). *Reforzamiento Estructural de una Edificación de concreto armado Implementando Disipadores de fluencia-Lima-Perú* [Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3733>
- Guerrero, H., Ji, T., & Escobar, J. A. (2016). *Experimental Studies of a Steel Framed model with and Without Restricted Straps*. 52(95), 33–52.
- Guerrero, H., Ji, T., Teran-Gilmore, A., & Escobar, J. A. (2016). A method for preliminary seismic design and assessment of low-rise structures protected with buckling-restrained braces. *Engineering Structures*, 123, 141–154. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.05.015>
- Li, B., Wang, J., Duan, M., Guo, L., & Wang, B. (2021). Cyclic experimental and numerical analytical investigation of precast concrete frames with buckling-restrained braces considering various assembling connections. *Structures*, 34(August), 1135–1153.

<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.08.022>

- Lin, P. C., Takeuchi, T., & Matsui, R. (2019). Optimal design of multiple damped-outrigger system incorporating buckling-restrained braces. *Engineering Structures*, 194(April), 441–457. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.05.078>
- Mashhadiali, N., Saadati, S., Mohajerani, S. A. M., & Ebadi, P. (2021). Hybrid braced frame with buckling-restrained and strong braces to mitigate soft story. *Journal of Constructional Steel Research*, 181, 106610. <https://doi.org/10.1016/J.JCSR.2021.106610>
- Murillo Manrique, M. F., Palomares Orihuela, R. J., Salguero, R. C., & Rivas León, J. H. (2019). Análisis del comportamiento sísmico entre arriostre concéntrico y de Pandeo Restringido del pabellón central del Hospital de Lima este Vitarte distrito de Ate. *Nº*, 15, 169–177.
- NTP E.030, (Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismoresistente). (2018). Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismoresistente. In *Regamento Nacional De Edificaciones* (p. 79).
- Qing, Y., Wang, C. L., Zhou, Z., & Zeng, B. (2021). Seismic responses of multistory buildings with self-centering buckling-restrained braces: Influence of the pretension force. *Engineering Structures*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112249>
- Santos, D. D. (2021). *Optimization And Effectiveness of The Placement of Energy Dissipators In Rc Frame Structures*. april, 1–9. [https://assets.researchsquare.com/files/rs-194995/v1\\_stamped.pdf](https://assets.researchsquare.com/files/rs-194995/v1_stamped.pdf)
- Sun, H., Jia, M., Zhang, S., & Wang, Y. (2019). Study of buckling-restrained braces with concrete infilled GFRP tubes. *Thin-Walled Structures*, 136, 16–33. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2018.10.040>
- Zhou, Y., Shao, H., Cao, Y., & Lui, E. M. (2021). Application of buckling-restrained braces to earthquake-resistant design of buildings: A review. *Engineering Structures*, 246(August), 112991. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112991>

# ANEXOS

Anexo N°1: Operacionalización de variables

Variables	Tipo	Dimensión	Indicadores	Unidades de medida	Instrumento
Desempeño estructural convencional	Variable independiente	Análisis estático y análisis modal espectral	Distorsiones	%	
			Aceleración	g	
			Cortante	kgf	
			Periodo	t	
Número de pisos de las edificaciones	Variable independiente		10 pisos	m	
Zonificación sísmica	Variable independiente	Aceleración máxima horizontal	Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub> , Z <sub>3</sub> , Z <sub>4</sub>	Factor: 0.10, 0,25; 0,35; 0,45 • Roca dura • Roca o suelos muy rígidos	ETABS V18.1 Normas E.020, E.060, E.030, E.090
Condiciones geotécnicas	Variable independiente	Perfiles del suelo	Perfil tipo: S0, S1, S2, S3, S4	• Suelos intermedios • Suelos blandos • Condiciones excepcionales	
Categoría y factor de uso	Variable independiente	Clasificación de las estructuras	A, B, C, D	Factor: 1,5; 1,3; 1,0	
Disipador energético del tipo BRB	Variable dependiente	Análisis estructural con CC	Área Requerida de Contraventeos Convencionales	cm <sup>2</sup>	ETABS v19, guía de diseño sismorresistente (ALACERO)
			Desplazamiento de Entrepiso Máximo Permitido	cm	
		Altura de Entrepiso	cm		
		Distorsiones de Entrepiso	mm		
		Ángulo de inclinación del BRB	°		
		Diseño del BRB	Deformación Axial Máxima	cm	
		Deformación de Fluencia	cm		
		Resistencia nominal del acero	kg/cm <sup>2</sup>	y	
Resistencia esperada del acero	kg/cm <sup>2</sup>	normativa internacional ASCE/SEI			
Módulo de elasticidad de acero	kg/cm <sup>2</sup>				

Anexo N°2: Diseño de BRB – 1XZ2

<b>Diseño de BRB-1XZ2</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0174	m
1.01	Maximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0285	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	52.37	
1.01	Ductilidad del nucleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del BRB	U <sub>y</sub>	0.0026	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	3.37	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	6.61	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	20.720	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	69.84	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.5687	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	31.08	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	375.91	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	145.91	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	221813.979	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	58517.8253	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	3071.396	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	58517.8253	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	155833.156	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	3.071	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	3764.997	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	82	mm

Anexo N°3: Diseño de BRB – 2XZ2

<b>Diseño de BRB-2XZ2</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0229	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0285	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	36.61	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0038	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	1.69	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	4.84	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	20.73	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	35.04	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.8130	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	31.10	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	393.49	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	45.22	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	152005.723	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	57691.59	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	2565.270	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	57691.59	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	307266.22	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.97	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	2.570	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	4373.389	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	78	mm

Anexo N°4: Diseño de BRB – 3XZ2

<b>Diseño de BRB-3XZ2</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0216	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0285	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	36.61	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0036	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	1.78	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	4.84	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	16.341	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	29.04	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.7943	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	24.51	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	384.14	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	49.90	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	126092.077	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	45477.1845	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	2536.578	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	45477.1845	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	121105.888	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	2.537	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	2753.360	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	64	mm



Anexo N°5: Diseño de BRB – 1YZ2

<b>Diseño de BRB-1YZ2</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0166	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0271	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	56.29	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0028	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	3.33	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	6.94	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	20.96	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	69.84	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.5627	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	31.44	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	390.74	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	150.32	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	211191.143	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	58335.4198	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	3367.801	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	58335.4198	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	155347.41	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	3.368	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	3412.261	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	82	mm

Anexo N°6: Diseño de BRB – 2YZ2

<b>Diseño de BRB-2YZ2</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0218	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0271	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	40.64	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0036	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	1.93	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	5.28	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	18.18	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	35.04	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.7638	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	27.27	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	403.47	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	63.01	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	139309.429	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	50592.0275	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	3116.103	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	50592.0275	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	134726.731	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	3.116	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	2773.808	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	72	mm

Anexo N°7: Diseño de BRB – 3YZ2

<b>Diseño de BRB-3YZ2</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0218	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0271	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	40.64	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0036	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	1.93	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	5.28	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	15.07	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	29.04	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.7638	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	22.60	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	403.47	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	63.01	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	115455.075	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	41929.0091	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	2582.524	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	41929.0091	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	111657.086	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	2.583	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	2298.841	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	60	mm

Anexo N°8: Diseño de BRB – 1XZ3

<b>Diseño de BRB-1XZ3</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0162	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0292	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	52.37	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0027	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	3.24	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	6.61	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	67.14	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	217.7415	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.5722	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	100.71	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	378.33	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	141.69	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	691553.673	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	186856.372	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	10106.417	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	186856.372	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	497599.118	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	10.106	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	11666.556	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1 1/4	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	211	mm

Anexo N°9: Diseño de BRB – 2XZ3

<b>Diseño de BRB-2XZ3</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0222	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0292	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	36.61	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0037	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	1.74	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	4.84	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	70.65	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	122.5804	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.8032	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	105.97	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	388.46	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	47.33	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	532245.773	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	196607.802	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	11216.703	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	196607.802	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	523567.206	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	11.217	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	11637.518	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1 1/4	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	223	mm

Anexo N°10: Diseño de BRB – 3XZ3

<b>Diseño de BRB-3XZ3</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0222	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0292	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	36.61	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0037	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	1.74	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	4.84	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	55.71	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	96.6724	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.8032	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	83.57	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	388.46	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	47.33	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	419752.883	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	155053.728	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	8845.995	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	155053.728	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	412908.575	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	8.846	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	9177.868	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	220	mm

Anexo N°11: Diseño de BRB – 1YZ3

<b>Diseño de BRB-1YZ3</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0170	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0279	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	56.29	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0028	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	3.25	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	6.94	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	67.06	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	217.74	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.5718	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	100.59	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	397.06	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	150.32	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	658434.654	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	186623.802	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	11128.870	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	186623.802	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	496979.782	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	11.129	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	10568.347	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1 1/4	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	211	mm

Anexo N°12: Diseño de BRB – 2YZ3

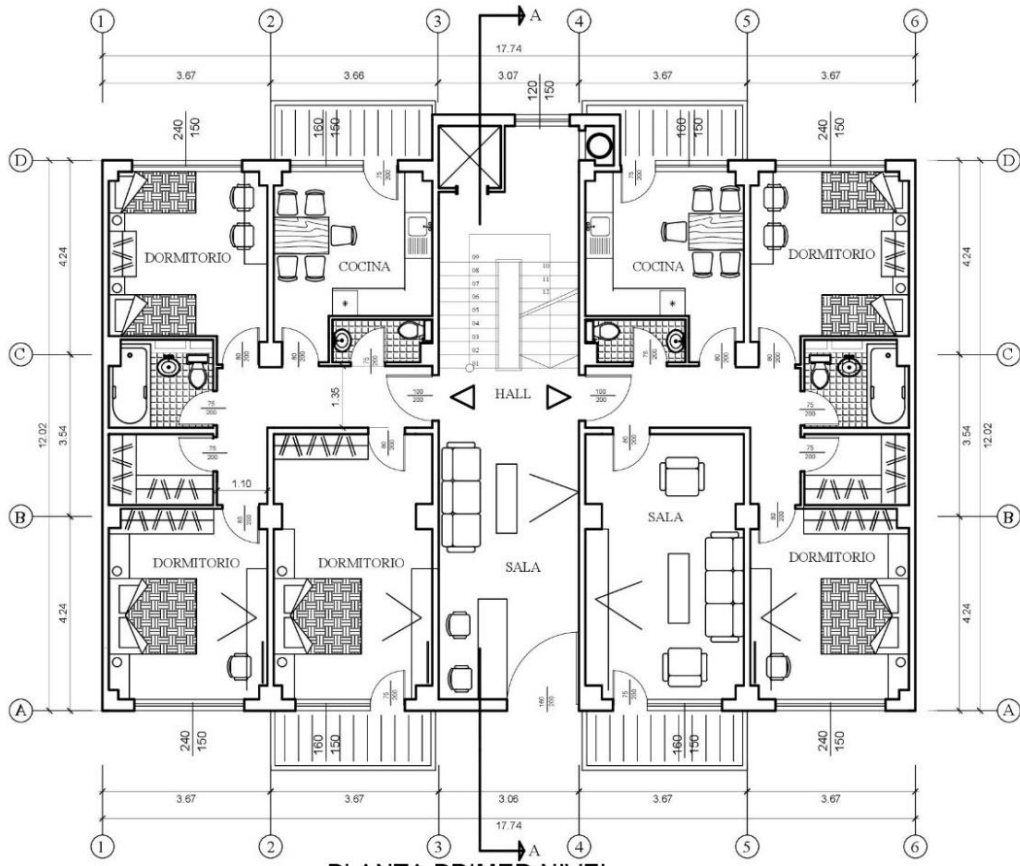
<b>Diseño de BRB-2YZ3</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0224	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0279	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	40.64	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0037	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	1.88	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	5.28	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	65.26	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	122.58	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.7735	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	97.88	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	408.57	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	60.43	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	487346.048	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	181608.741	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	11473.450	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	181608.741	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	483624.658	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	11.473	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	9707.414	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1 1/4	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	206	mm



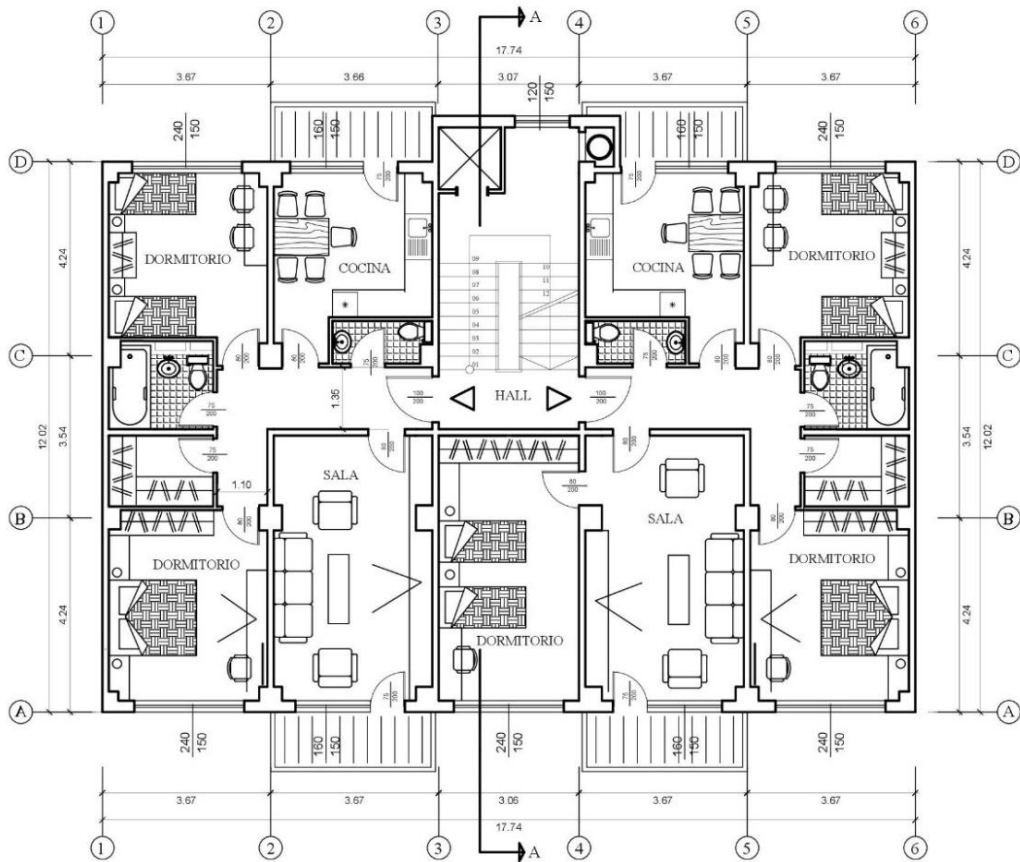
Anexo N°13: Diseño de BRB – 3YZ3

<b>Diseño de BRB-3YZ3</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
<b>1.00</b>	<b>Análisis de desplazamiento</b>			
1.01	Deformación axial máxima del CC	U <sub>max</sub>	0.0212	m
1.01	Máximo desplazamiento absoluto elástico	ω <sub>max</sub>	0.0279	m
1.01	Ángulo de crujía donde se colocara el CC	α	40.64	
1.01	Ductilidad del núcleo del BRB	μ <sub>max</sub>	6	
1.01	Deformación de fluencia del	U <sub>y</sub>	0.0035	m
1.01	Factor de rigidez del BRB	f <sub>k</sub>	2.00	
1.01	Fluencia del acero	f <sub>y</sub>	2530	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Resistencia esperada del acero	f <sub>ye</sub>	2783	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Módulo de elasticidad del acero	E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
1.01	Longitud total del BRB	L <sub>w</sub>	5.28	m
<b>2.00</b>	<b>Núcleo del BRB</b>			
2.10	Área débil del núcleo del BRB	A <sub>n</sub>	48.34	cm <sup>2</sup>
2.20	Área transversal del CC	A <sub>cc</sub>	96.67	cm <sup>2</sup>
2.30	Relación de longitudes	γ <sub>L</sub>	0.7500	
2.40	Relación de áreas	η <sub>A</sub>	1.5	
2.50	Área transversal del extremo del BRB	A <sub>e</sub>	72.51	cm <sup>2</sup>
2.60	Longitud de la zona débil del núcleo	L <sub>n</sub>	396.15	cm
2.70	Longitud del extremo del BRB	L <sub>e</sub>	65.92	cm
<b>3.00</b>	<b>Rigidez y capacidad de compresión del BRB</b>			
3.10	Rigidez del BRB	K <sub>brb</sub>	384373.16	kg/cm
3.20	Resistencia a la compresión del BRB	P <sub>ye</sub>	134530.22	kg
<b>4.00</b>	<b>Diseño de la funda o encamisado</b>			
4.10	Inercia de la camisa del BRB	I <sub>sc</sub>	7985.336	cm <sup>4</sup>
4.20	Resistencia a la compresión máxima del BRB	P <sub>crit</sub>	134530.22	kg
4.30	Espaciamiento entre la zona de transición y el mortero	a	2	cm
4.40	Factor de longitud efectiva	K	2	
4.50	Factor de seguridad	F <sub>s</sub>	2	
<b>5.00</b>	<b>Mortero de relleno</b>			
5.10	SikaGrout 200			
5.20	Resistencia a la compresión del mortero	f <sub>m</sub>	70	Mpa
5.30	Módulo de elasticidad del mortero	E <sub>c</sub>	213283.843	kg/cm <sup>2</sup>
5.40	Carga de falla del mortero	P <sub>cr</sub>	381408.091	kg
5.50	Modulo de elasticidad tangente del acero	E <sub>t</sub>	61182.9728	kg/cm <sup>2</sup>
5.60	Inercia del núcleo sobre el eje débil	I <sub>i</sub>	7.99	cm <sup>4</sup>
5.70	Módulo de rigidez de los resortes	β	7649.217	kg/cm <sup>2</sup>
5.80	Espesor de la platina del núcleo	t	1	pulg
5.90	Ancho de la platina de núcleo	b	190	mm

**PLANO DE PLANTA TIPICA 1ER A 10MO  
NIVEL**

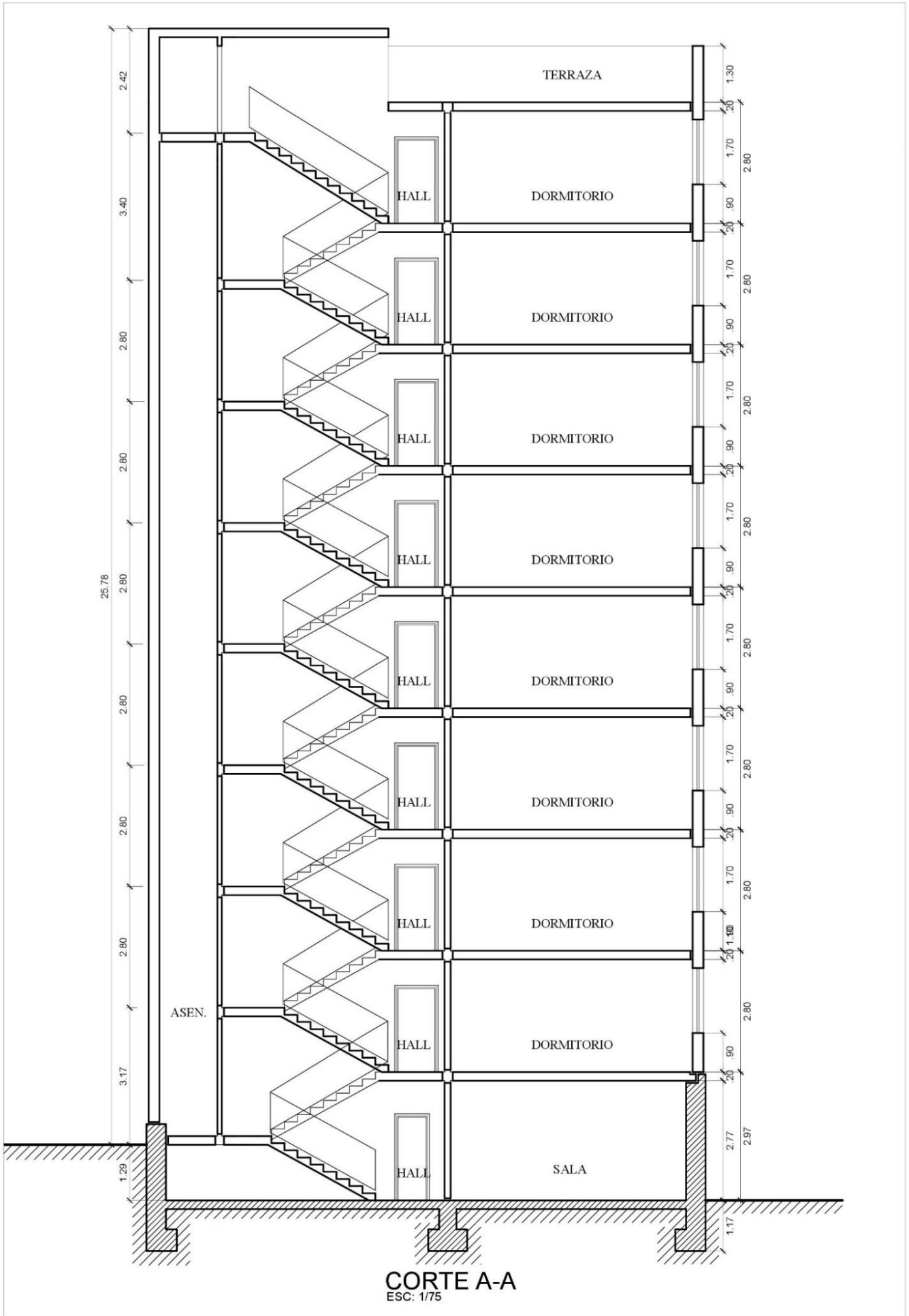


**PLANTA PRIMER NIVEL**  
 ESC. 1/100

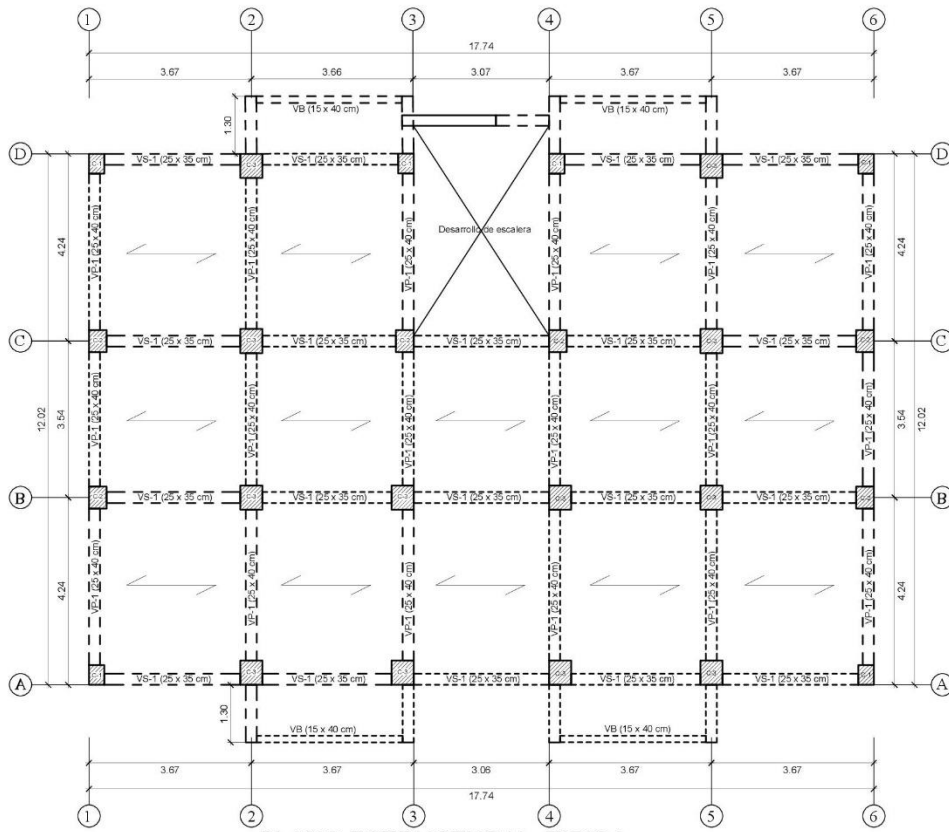


**PLANTA TIPICA 1ER a 10MO NIVEL**  
 ESC. 1/100

## **PLANO DE CORTE A-A**



## **PLANO ESTRUTURAL - TIPICA**



PLANO ESTRUCTURAL -TIPICA  
ESC: 1/100

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS POR GRAVEDAD														
g	Tip	Area	γt	n	Pg	b x D	si b=D	b (cm)	D (cm)	b x D	Verifica	TIPOS		
Edif	de columna	tributaria				(cm)	(cm)	(mínimo)	(calculado)					
1-A	C1	esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1
1-B	C2	Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
1-C	C3	Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
1-D	C4	esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1
2-A	C5	Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
2-B	C6	Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
2-C	C7	Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
2-D	C8	Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
3-A	C9	Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
3-B	C10	Interior	13.67	1.10	0.30	201985.70	2633.27	51.32	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
3-C	C11	Interior	9.75	1.10	0.30	143422.50	1878.15	43.34	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
3-D	C12	esquinera	5.76	1.50	0.20	84729.60	2269.54	47.64	55	45	2475.00	OK !!!	55x45	C4
4-A	C13	Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
4-B	C14	Interior	13.67	1.10	0.30	201985.70	2633.27	51.32	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
4-C	C15	Interior	9.75	1.10	0.30	143422.50	1878.15	43.34	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
4-D	C16	esquinera	5.76	1.50	0.20	84729.60	2269.54	47.64	55	45	2475.00	OK !!!	55x45	C4
5-A	C17	Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
5-B	C18	Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
5-C	C19	Interior	13.69	1.10	0.30	201379.90	2637.12	51.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
5-D	C20	Lateral	9.65	1.25	0.25	141951.50	2534.85	50.35	55	50	2750.00	OK !!!	55x50	C3
6-A	C21	esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1
6-B	C22	Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
6-C	C23	Lateral	7.14	1.25	0.25	105029.40	1875.53	43.31	50	40	2000.00	OK !!!	50x40	C2
6-D	C24	Esquinera	3.89	1.50	0.20	57221.90	1532.73	39.15	45	35	1575.00	OK !!!	45x35	C1

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS														
EJE	TIP O	LUZ LIBRE Ln(m)	ANCHO TRIBUTU L(m)	H(cm)=Ln/11	H(cm) Ln/(4*RAIZ(W U))	b(cm)=L/20	b(cm) (mínimo)	H (cm) (calculado)	b x H	Verifica	TIPOS			
1 - 1	P	4.24	1.84	38.55	38.95	9.20	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1		
2 - 2	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1		
3 - 3	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1		
4 - 4	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1		
5 - 5	P	4.24	3.52	38.55	38.95	17.60	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1		
6 - 6	P	4.24	1.84	38.55	38.95	9.20	25	40	1000.00	OK !!!	25x40	VP-1		
A - A	S	3.67	2.12	33.36	33.71	10.60	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1		
B - B	S	3.67	3.89	33.36	33.71	19.45	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1		
C - C	S	3.67	3.89	33.36	33.71	19.45	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1		
D - D	S	3.67	2.12	33.36	33.71	10.60	25	35	875.00	OK !!!	25x35	VS-1		

**Propiedades mecánicas de los materiales: (Concreto)**

Peso específico:	$\gamma_c = 2400 \text{ Kg/cm}^3$
Módulo de elasticidad:	$E_c = 252671.328 \text{ Kg/cm}^2$
Resistencia a la compresión del concreto:	$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de corte:	$G_c = 105279.72 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Poisson:	$M_p = 0.2$
Fluencia del acero:	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

**Propiedades de secciones de elementos estructurales**  
**COLUMNAS**

Nombre: V-n  
Base: b cm  
Altura: D cm  
Recubrimiento + Estribo + varilla/2: 4.75 cm  
Rigidez a Flexión:  $0.70EcI_g$   
Rigidez a Corte:  $0.40EcAw$   
Rigidez Axial:  $1.0EcAg$

**VIGAS**

Nombre: C-n  
Base: b cm  
Altura: H cm  
Recubrimiento + Estribo + varilla/2: 5.75 cm  
Rigidez a Flexión:  $0.50EcI_g$   
Rigidez a Corte:  $0.40EcAw$   
Rigidez Axial:  $1.0EcAg$

**MUROS ESTRUCTURALES**

Identificador: M-n  
Espesor: e cm  
Recubrimiento + Estribo + varilla/2: 6.06 cm  
Rigidez a Flexión:  $0.50EcI_g$   
Rigidez a Corte:  $0.40EcAw$   
Rigidez Axial:  $1.0EcAg$

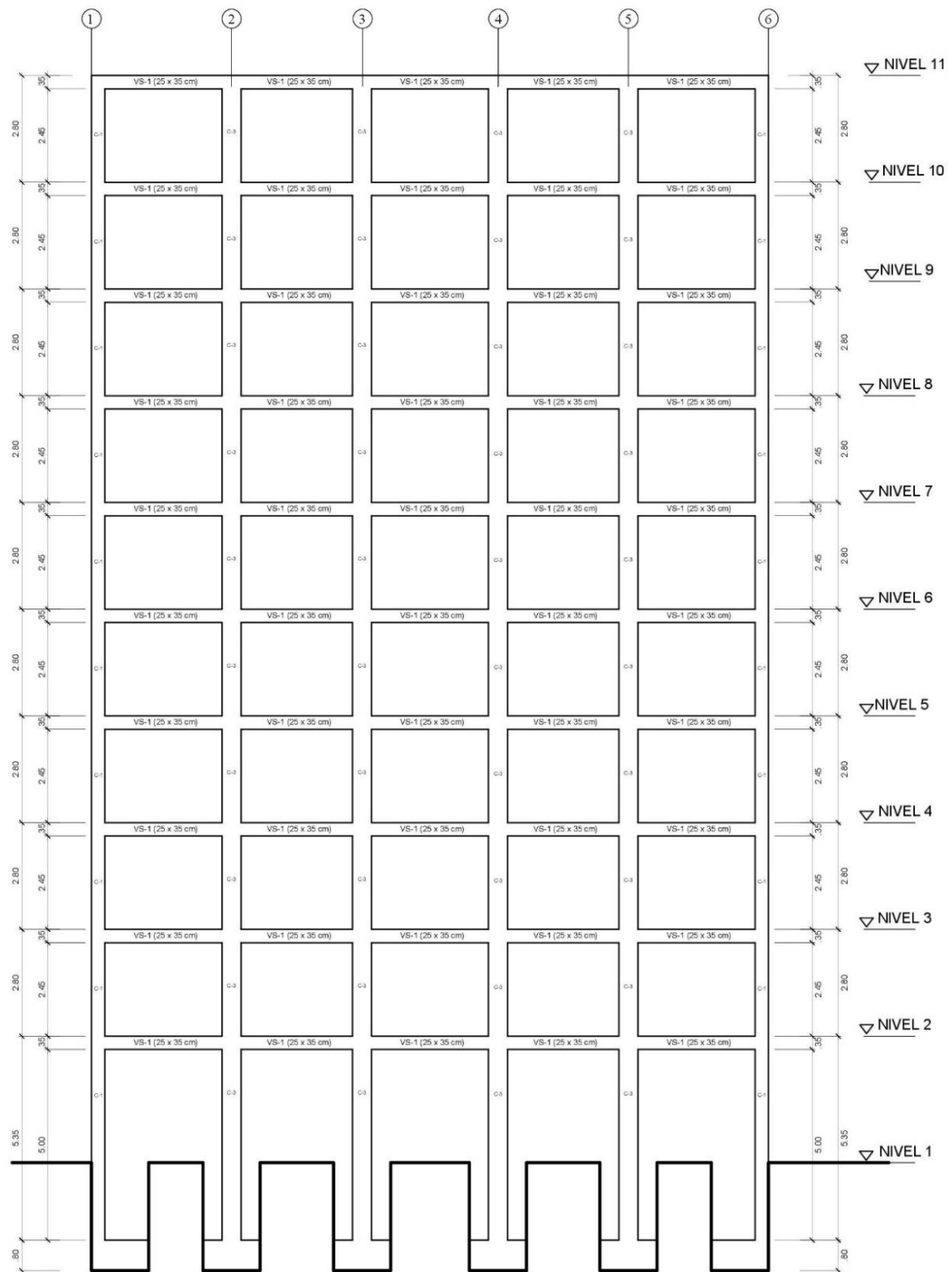
**LOSAS**

Identificador: Alig. I dir & L- maciza  
Espesor: 20 cm & 20 cm  
Recubrimiento: 2.5 cm

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA (h = Lw/25)			
Lu: libre de porteo secundario más desfibrarbe:	l <sub>a</sub> =	3.67 m	
l: espesor de losa:	h =	0.15 m	
l: espesor de losa definitivo:	h <sub>def</sub> =	0.20 m	

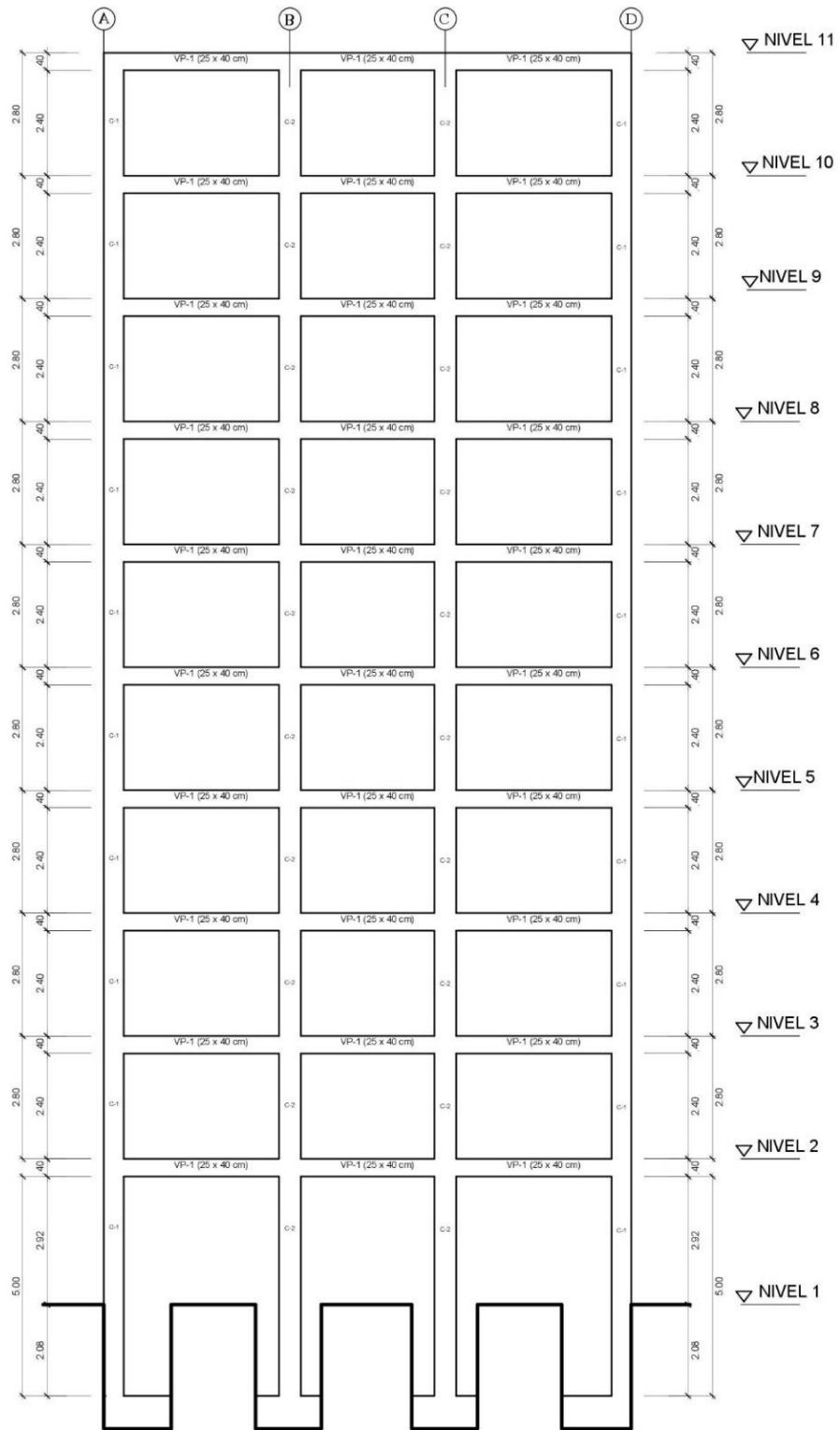
## **PLANO DE PORTICOS DE LOS EJES A-A y D-D**





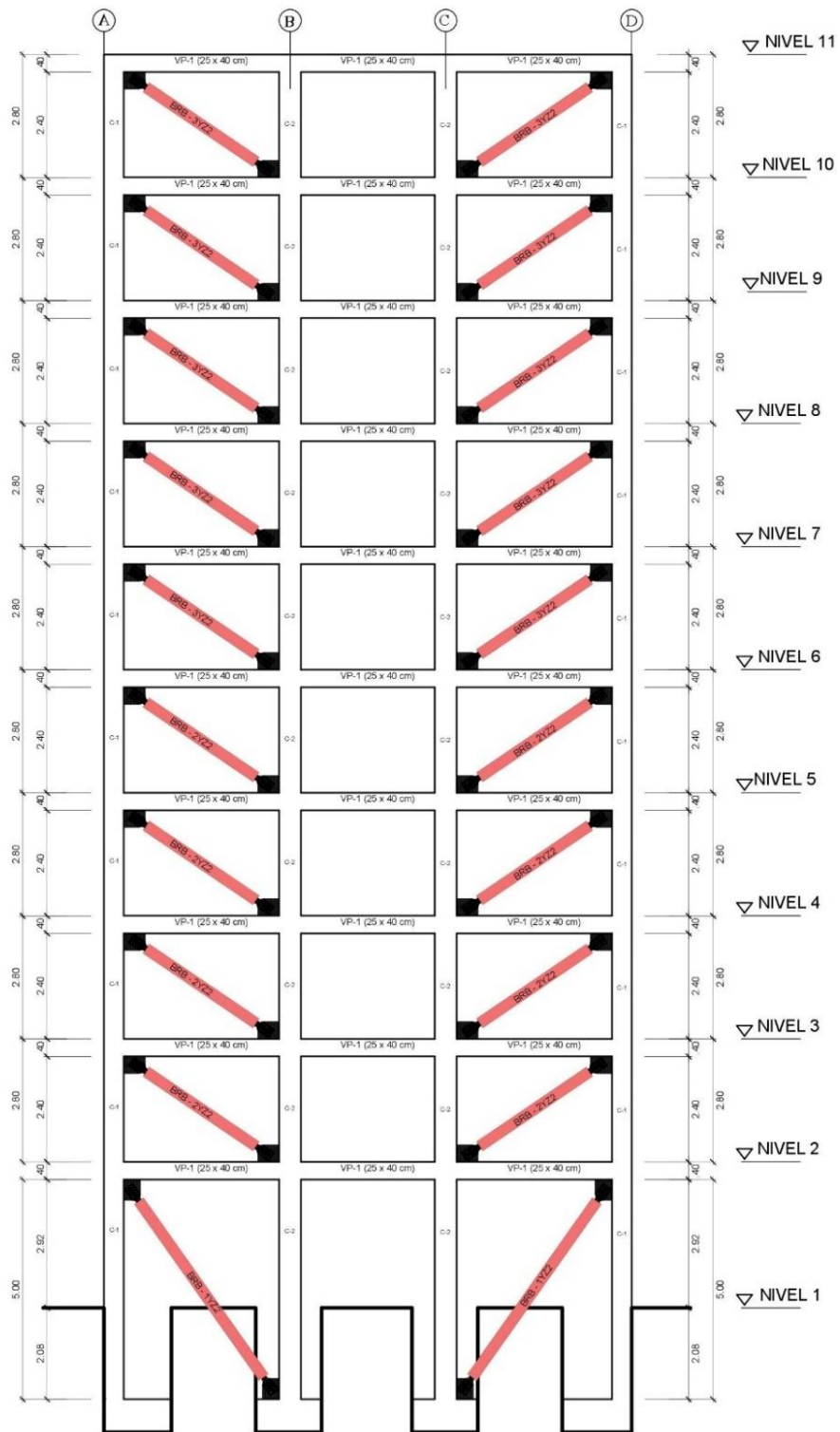
PORTICOS DE LOS EJES A-A y D-D  
 ESC: 1/100

## **PLANO DE PORTICOS DE LOS EJES 1-1 y 6-6**



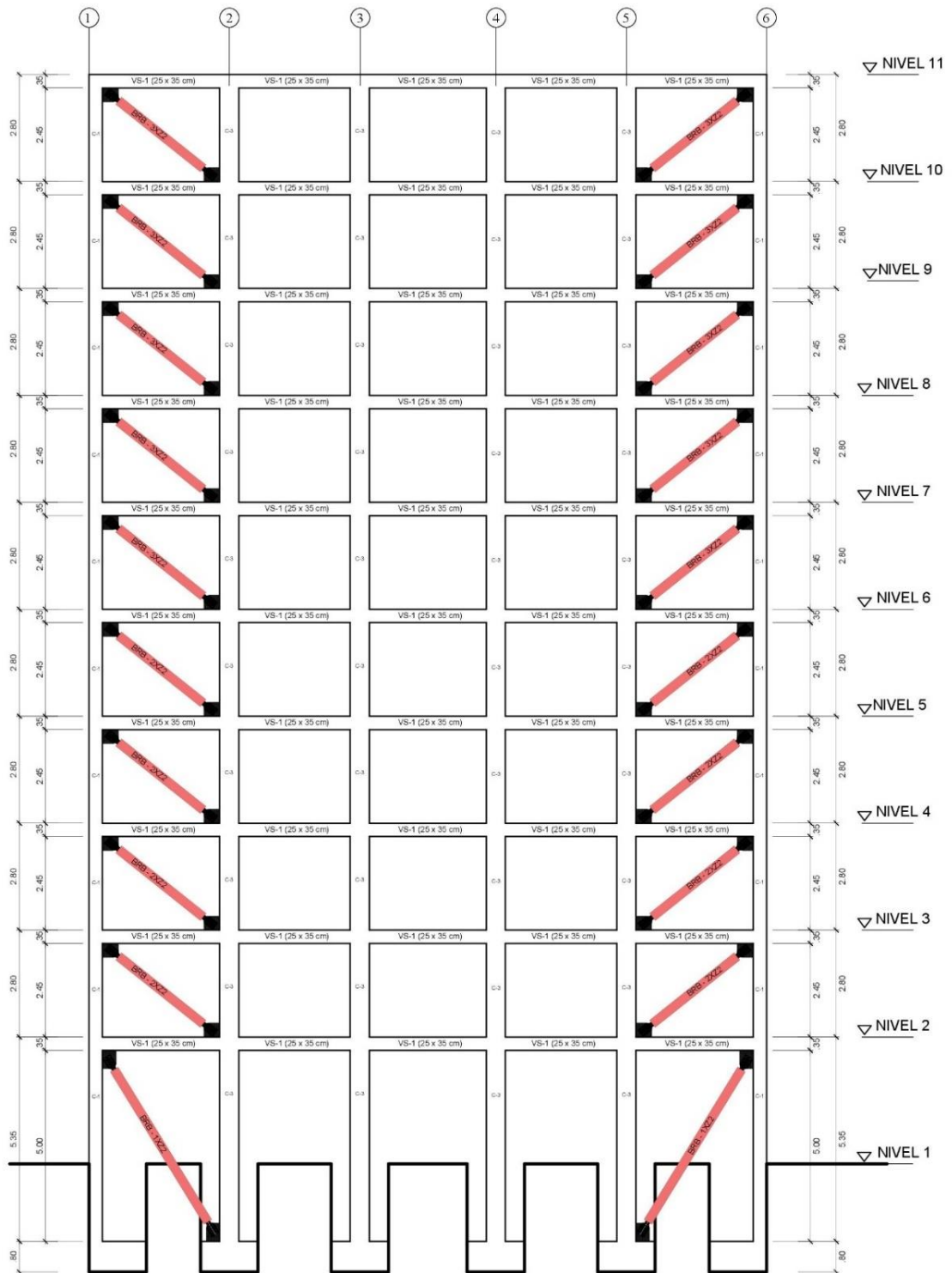
PORTICOS DE LOS EJES 1-1 y 6-6  
 ESC. 1/100

**PLANO DEL EDIFICIO DE ZONA SISIMICA II  
PORTICOS DE LOS EJES 1-1 y 6-6  
IMPLEMENTADOS CON BRB**



EDIFICIO DE ZONA SISMICA II  
 PORTICOS DE LOS EJES 1-1 y 6-6 IMPLEMENTADOS CON BRB  
 ESC: 1/100

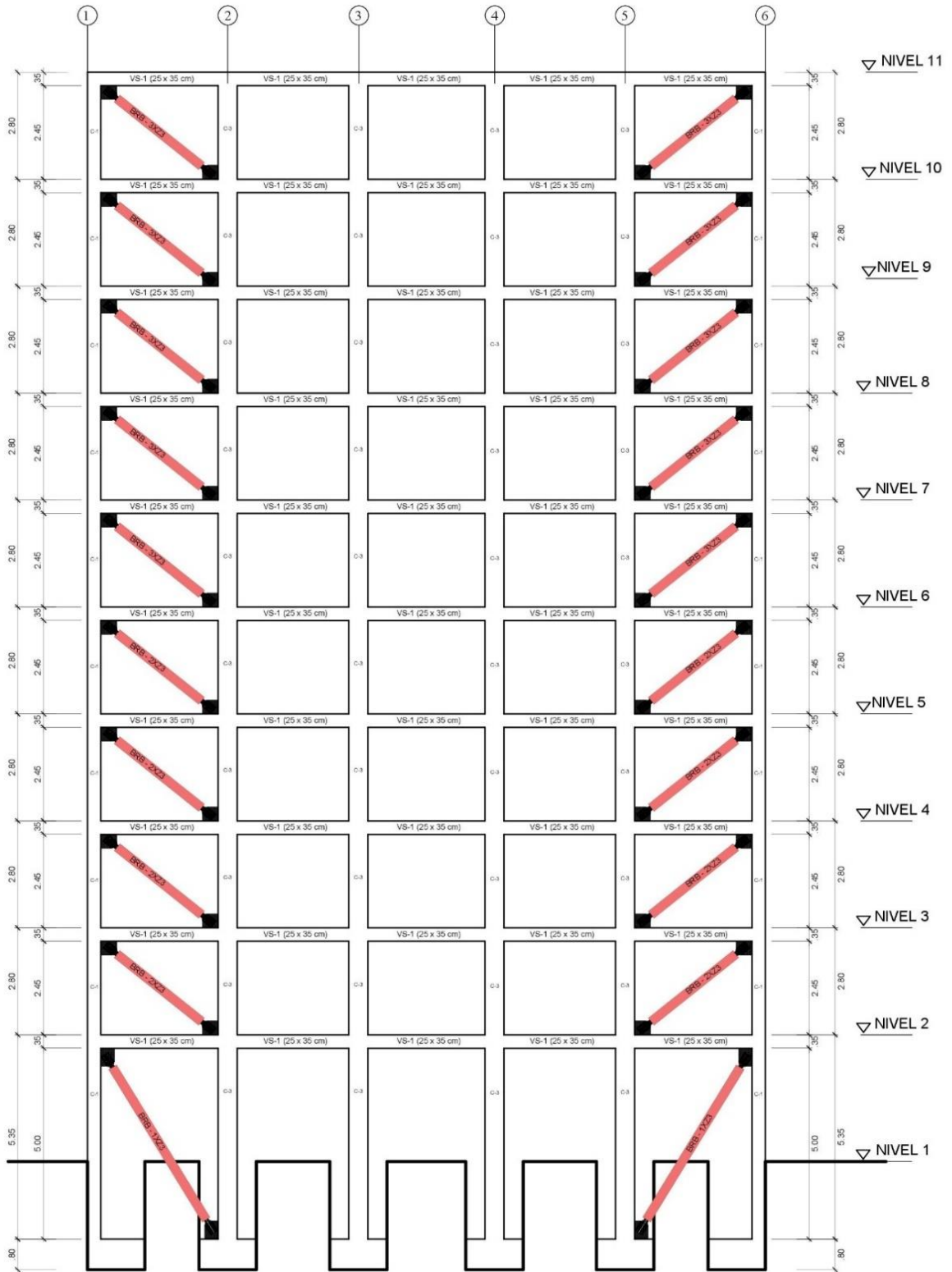
**PLANO DEL EDIFICIO DE ZONA SISIMICA II  
PORTICOS DE LOS EJES A-A y D-D  
IMPLEMENTADOS CON BRB**



EDIFICIO DE ZONA SISMICA II  
 PORTICOS DE LOS EJES A-A y D-D IMPLEMENTADOS CON BRB  
 ESC. 1/100

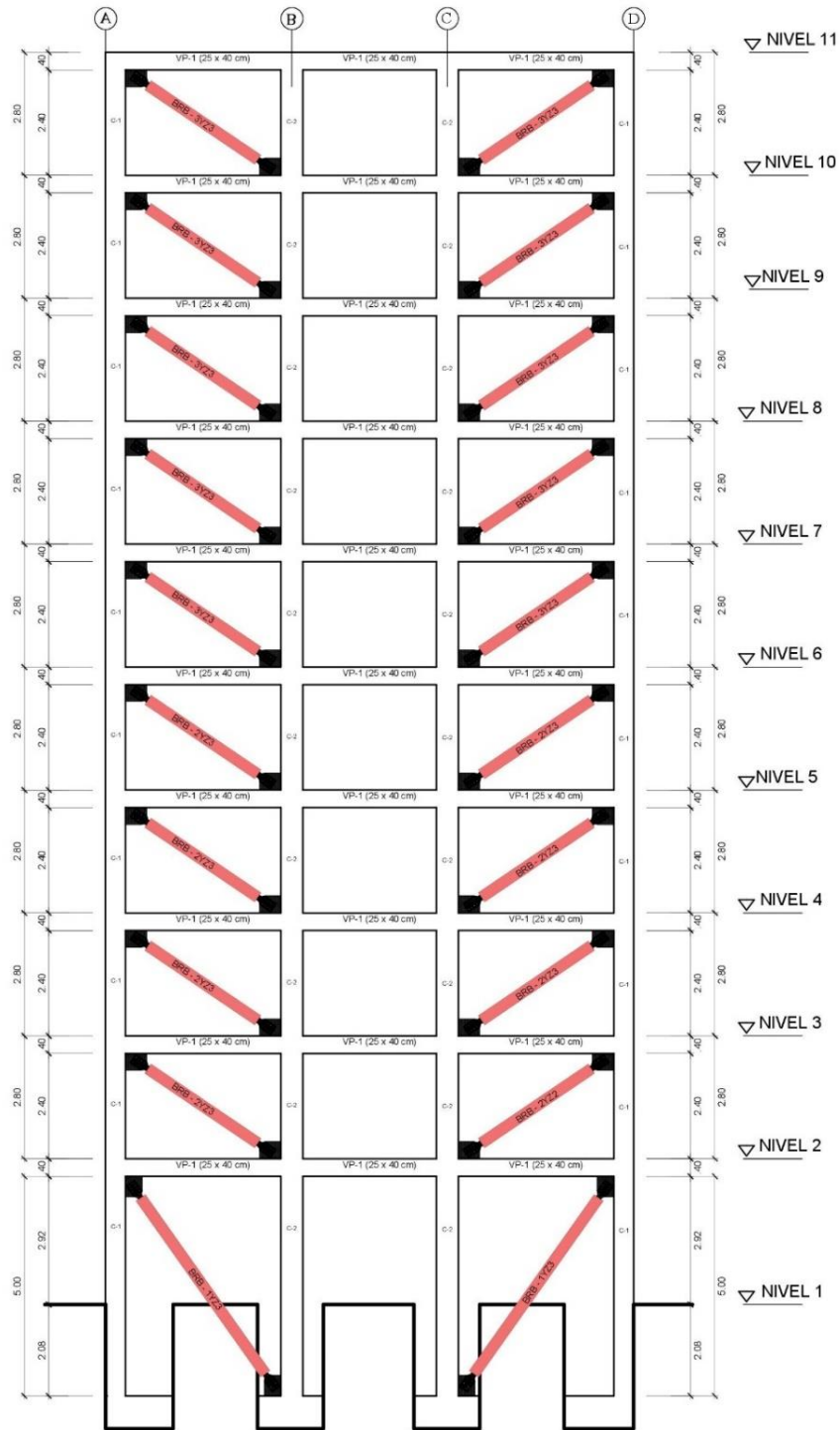
**PLANO DEL EDIFICIO DE ZONA SISIMICA III**  
**PORTICOS DE LOS EJES A-A y D-D**  
**IMPLEMENTADOS CON BRB**





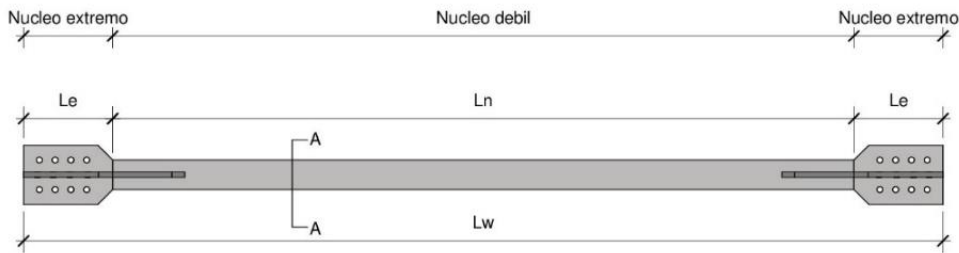
EDIFICIO DE ZONA SISMICA III  
 PORTICOS DE LOS EJES A-A y D-D IMPLEMENTADOS CON BRB  
 ESC: 1/100

**PLANO DEL EDIFICIO DE ZONA SISIMICA III**  
**PORTICOS DE LOS EJES 1-1 y 6-6**  
**IMPLEMENTADOS CON BRB**



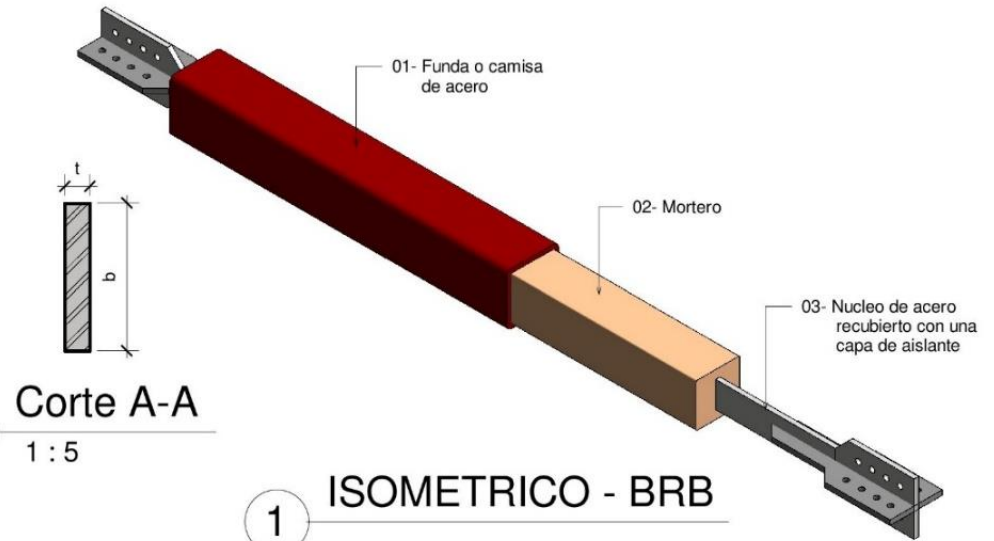
EDIFICIO DE ZONA SISMICA III  
 PORTICOS DE LOS EJES 1-1 y 6-6 IMPLEMENTADOS CON BRB  
 ESC: 1/100

**PLANO DE DISEÑO DE LOS BUCKLING  
RESTRAINED BRACES**



## 2 Dimensiones del BRB

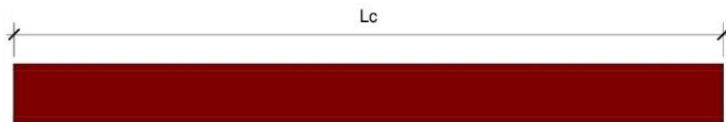
1 : 25



## 3 Corte A-A

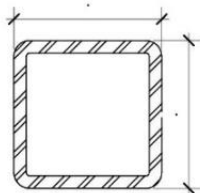
1 : 5

## 1 ISOMETRICO - BRB



## 4 Longitud de camisa

1 : 25



## 5 Perfil HSS 12"x12"x5/16"

1 : 10

## BUCKLING RESTRAINED BRACES

BRB	Longitud Núcleo Débil	Sección Núcleo Débil		Longitud Núcleo Extremo	Área del Núcleo Extremo	Seccion de Funda	Mortero Confinante	Superficie Aislante
	Ln (cm)	t (pulg)	b (mm)	Le (mm)	Ae (pulg <sup>2</sup> )			
BRB-1XZ2	3759	1"	82	1459	12.24	HSS 12" x 12" x 5/16"	Mortero Sika Grout 200	Cinta antiaderente, Neopreno y grasa comun
BRB-2XZ2	3935	1"	78	452	12.24			
BRB-3XZ2	3841	1"	64	499	9.63			
BRB-1YZ2	3907	1"	82	1503	12.54			
BRB-2YZ2	4035	1"	72	630	10.67			
BRB-3YZ2	4035	1"	60	630	8.84			
BRB-1XZ3	3783	1 1/4"	211	1417	39.57			
BRB-2XZ3	3885	1 1/4"	223	473	41.84			
BRB-3XZ3	3885	1"	220	473	33			
BRB-1YZ3	3971	1 1/4"	211	1503	39.08			
BRB-2YZ3	4086	1 1/4"	206	604	38.3			
BRB-3YZ3	3962	1"	190	659	28.55			



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS

7487746061@untram.edu.pe

### TESIS

DISEÑO DE UN DISIPADOR  
ENERGÉTICO DE TIPO BUCKLING-  
RESTRAINED BRACES (BRB)  
PARA EDIFICACIONES EN LAS  
ZONAS SÍMICAS II Y III DEL PERÚ

PROYECTO: EDIFICIO RESIDENCIAL  
DE 10 NIVELES PARA LAS ZONAS  
SISMICAS II Y III DEL PERÚ

PLANO: PLANO DE DISEÑO DE LOS  
BUCKLING RESTRAINED BRACES

Autor: BACH. JHARLIN MANOSALVA LUDEÑA

Numero de Proyecto: 0001

Fecha: 17/12/2022

Revisado por:  
Ing. Emanuel Tafur Revilla  
Mg. Erick Stevinson Arellano Carrión

BRB-2XZ2

Escala: Como se indica