

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

#### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **TESIS:**

### **COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO – CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

Presentada por:

**CRISTHIAN MICHAEL AQUINO CARMONA**

Asesor:

**Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**

Cajamarca, Perú

2025

### CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
Cristhian Michael Aquino Carmona  
DNI: 46694948  
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería Civil.
2. Asesor: Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis    Trabajo de investigación    Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título:  
Comparación de la Respuesta Sismorresistente de los Módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, considerando tres propuestas de Reforzamiento Estructural.
6. Fecha de evaluación: **25/09/2025**
7. Software antiplagio:                     TURNITIN                     URKUND (ORIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **20%**
9. Código Documento: **3117:503516482**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 **APROBADO**    PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **26/09/2025**

*Firma y/o Sello  
Emisor Constancia*



Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno  
DNI: 26733060

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by  
**CRISTHIAN MICHAEL AQUINO CARMONA**  
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

ESCUELA DE POSGRADO

CAJAMARCA - PERU

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



Siendo las *10:00* horas, del día 09 de Septiembre de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula 1Q-206 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS, M. CS. MANUEL LINCOLN MINCHÁN PAJARES, M. CS. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **"COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO - CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL"**, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil **AQUINO CARMONA CRISTHIAN MICHAEL**.

Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *...A.P. 100.00.0...* con la calificación de *...1.7... (Diciendo) ... excelente...* la mencionada TESIS; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil, **AQUINO CARMONA CRISTHIAN MICHAEL**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las *11:00* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno**  
Asesor

  
.....  
**Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**M. Cs. Manuel Lincoln Minchán Pajares**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**M. Cs. José Luis Marchena Araujo**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

A mi abuelita Victoria

Por ser la mujer que desempeñó la función de madre desde que fui muy pequeño, brindándome todo lo que pudo estar a su alcance. A ella le debo profundamente lo que soy.

A mis familiares

Por desear siempre lo mejor para mí y con quienes comparto mis deseos de superación.

A la memoria de mi tío Víctor Cusquisiban Sapo

Aunque ya no esté físicamente, su voz vivirá en mis recuerdos. Que Dios lo tenga en su gloria.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por darme la vida y permitirme estar en sus planes; por darme una familia muy cariñosa y mantenerme con salud.

A mi asesor Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno por compartir sus conocimientos, paciencia, apoyo, amistad y hacer posible el desarrollo de la investigación.

Al señor César Albino Idrogo Mires, director de la Institución Educativa Julio Ramón Ribeyro, por brindarme todas las facilidades para el acceso a la información y permisos para el ingreso a los ambientes.

*“Quien no tiene metas, es poco probable que las alcance”*

**Sun Tzu**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	viii
LISTA DE TABLAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS .....	xvi
GLOSARIO .....	xvii
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1    Planteamiento del problema .....	1
1.1.1    Contextualización .....	1
1.1.2    Descripción del problema .....	4
1.1.3    Formulación del problema .....	5
1.2    Justificación e importancia.....	6
1.3    Delimitación de la investigación.....	6
1.4    Limitaciones .....	7
1.5    Objetivos .....	8
1.5.1    Objetivo general .....	8
1.5.2    Objetivos específicos.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1    Antecedentes de la investigación .....	9

2.1.1	Antecedentes internacionales:.....	9
2.1.2	Antecedentes nacionales:.....	9
2.1.3	Antecedentes locales:.....	11
2.2	Marco conceptual .....	12
2.2.1	Sistema estructural.....	12
2.2.2	Mecánica de suelos.....	13
2.2.3	Condiciones geotectónicas.....	16
2.2.4	Relación entre el daño estructural y la deriva .....	17
2.2.5	Reforzamiento estructural.....	18
2.2.6	Reforzamiento con arriostres metálicos.....	18
2.2.7	Pórticos arriostrados concéntricamente.....	19
2.2.8	Reforzamiento con muros estructurales.....	20
2.2.9	Reforzamiento con aletas de concreto armado.....	21
2.3	Definición de términos básicos .....	21
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....		23
3.1	Hipótesis .....	23
3.1.1	Hipótesis general.....	23
3.2	Variables .....	23
3.2.1	Variable dependiente.....	23
3.2.2	Variable independiente .....	23
3.3	Operacionalización de los componentes de las hipótesis .....	23
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO .....		25
4.1	Ubicación geográfica.....	25

4.2	Diseño de la investigación .....	26
4.3	Métodos de investigación .....	31
4.4	Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	32
4.4.1	Población.....	32
4.4.2	Muestra .....	32
4.4.3	Unidad de análisis .....	32
4.5	Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	33
4.6	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	34
4.7	Equipos y materiales de la investigación: .....	34
4.8	Matriz de consistencia metodológica .....	34
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		36
5.1	Presentación de resultados .....	36
5.2	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	49
5.3	Contrastación de hipótesis .....	70
CONCLUSIONES .....		72
RECOMENDACIONES.....		73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		74
APÉNDICES.....		78
ANEXOS.....		95

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Estimación de daños en la infraestructura educativa .....	3
Tabla 2:	Cantidad de docentes y alumnos matriculados.....	4
Tabla 3:	Características de los tipos de reforzamiento estructural .....	7
Tabla 4:	Tipos de modelos estructurales según Hazus – MH 2.1 .....	18
Tabla 5:	Nivel de daño de acuerdo a los límites de derivas planteado por Hazus .....	18
Tabla 6:	Operacionalización de las variables .....	24
Tabla 7:	Usos de los módulos B y C de la I.E. Julio Ramón Ribeyro .....	32
Tabla 8:	Matriz de consistencia metodológica .....	35
Tabla 9:	Periodos de vibración módulo B (sin reforzamiento) .....	36
Tabla 10:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (sin reforzamiento) .....	36
Tabla 11:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (sin reforzamiento) .....	37
Tabla 12:	Cortantes en la base módulo B (sin reforzamiento) .....	37
Tabla 13:	Periodos de vibración módulo C (sin reforzamiento) .....	38
Tabla 14:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (sin reforzamiento) .....	38
Tabla 15:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (sin reforzamiento) .....	38
Tabla 16:	Cortantes en la base módulo C (sin reforzamiento) .....	39
Tabla 17:	Periodos de vibración módulo B (muros estructurales) .....	39
Tabla 18:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (muros estructurales) .....	40
Tabla 19:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (muros estructurales) .....	40
Tabla 20:	Cortantes en la base módulo B (muros estructurales) .....	40
Tabla 21:	Periodos de vibración módulo C (muros estructurales) .....	41
Tabla 22:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (muros estructurales) .....	41

Tabla 23:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (muros estructurales) .....	42
Tabla 24:	Cortantes en la base módulo C (muros estructurales) .....	42
Tabla 25:	Periodos de vibración módulo B (arriostres) .....	43
Tabla 26:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (arriostres) .....	43
Tabla 27:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (arriostres) .....	43
Tabla 28:	Cortantes en la base módulo B (arriostres) .....	44
Tabla 29:	Periodos de vibración módulo C (arriostres) .....	44
Tabla 30:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (arriostres) .....	45
Tabla 31:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (arriostres) .....	45
Tabla 32:	Cortantes en la base módulo C (arriostres) .....	45
Tabla 33:	Periodos de vibración módulo B (aletas de concreto) .....	46
Tabla 34:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (aletas de concreto) .....	46
Tabla 35:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (aletas de concreto) .....	47
Tabla 36:	Cortantes en la base módulo B (aletas de concreto) .....	47
Tabla 37:	Periodos de vibración módulo C (aletas de concreto) .....	48
Tabla 38:	Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (aletas de concreto) .....	48
Tabla 39:	Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (aletas de concreto) .....	48
Tabla 40:	Cortantes en la base módulo C (aletas de concreto) .....	49
Tabla 41:	Resumen de resultados – módulo B .....	60
Tabla 42:	Resumen de resultados – módulo C .....	70
Tabla 43:	Parámetros sísmicos – módulos B y C de la I.E. Julio Ramón Ribeyro .....	78
Tabla 44:	Cálculo de parámetros para espectro .....	78
Tabla 45:	Características de los materiales .....	83

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cinturón de fuego del Pacífico y distribución de volcanes y las principales placas tectónicas .....	2
Figura 2	Detalle del nudo de un pórtico arriostrado con una conexión concéntrica .....	19
Figura 3	Configuraciones típicas para pórticos arriostrados concéntricamente.....	20
Figura 4	Conexión de los segmentos de muro (aletas) con la columna existente .....	21
Figura 5	Ubicación de la I.E. Julio Ramón Ribeyro .....	25
Figura 6	Reforzamiento con inclusión de muros estructurales en el módulo B .....	28
Figura 7	Reforzamiento con inclusión de muros estructurales en el módulo C .....	29
Figura 8	Reforzamiento con inclusión de arriostres metálicos en el módulo B.....	29
Figura 9	Reforzamiento con inclusión de arriostres metálicos en el módulo C.....	30
Figura 10	Reforzamiento con inclusión de aletas de concreto en el módulo B.....	31
Figura 11	Reforzamiento con inclusión de aletas de concreto en el módulo C .....	31
Figura 12	Determinación del nivel de daño – módulo B.....	50
Figura 13	Determinación del nivel de daño – módulo C.....	50
Figura 14	Periodos fundamentales de vibración módulo B .....	52
Figura 15	Derivas de entrepiso en la dirección “X” – análisis estático módulo B.....	53
Figura 16	Derivas de entrepiso en la dirección “Y” – análisis estático módulo B.....	54
Figura 17	Derivas de entrepiso en la dirección “X” – análisis dinámico módulo B.....	55
Figura 18	Derivas de entrepiso en la dirección “Y” – análisis dinámico módulo B.....	56
Figura 19	Fuerza cortante en la base – análisis estático módulo B .....	57
Figura 20	Fuerza cortante en la base (dirección “X”) – análisis dinámico módulo B .....	58
Figura 21	Fuerza cortante en la base (dirección “Y”) – análisis dinámico módulo B .....	59

Figura 22	Periodos fundamentales de vibración módulo C .....	61
Figura 23	Derivas de entrepiso en la dirección "X" – análisis estático módulo C .....	62
Figura 24	Derivas de entrepiso en la dirección "Y" – análisis estático módulo C .....	63
Figura 25	Derivas de entrepiso en la dirección "X" – análisis dinámico módulo C.....	64
Figura 26	Derivas de entrepiso en la dirección "Y" – análisis dinámico módulo C.....	65
Figura 27	Fuerza cortante en la base – análisis estático módulo C .....	67
Figura 28	Fuerza cortante en la base (dirección "X") – análisis dinámico módulo C .....	68
Figura 29	Fuerza cortante en la base (dirección "Y") – análisis dinámico módulo C .....	69
Figura 30	Espectro de diseño sismorresistente .....	79
Figura 31	Vista en planta del módulo B .....	84
Figura 32	Vista en 3D del módulo B .....	84
Figura 33	Vista en planta del módulo C .....	85
Figura 34	Vista en 3D del módulo C .....	85
Figura 35	Vista en planta del módulo B .....	86
Figura 36	Vista en 3D del módulo B .....	86
Figura 37	Vista en planta del módulo C .....	87
Figura 38	Vista en 3D del módulo C .....	87
Figura 39	Vista en 3D del módulo B .....	88
Figura 40	Vista en 3D del módulo C .....	88
Figura 41	Vista en planta del módulo B .....	89
Figura 42	Vista en 3D del módulo B .....	89
Figura 43	Vista en planta del módulo C .....	90
Figura 44	Vista en 3D del módulo C .....	90

Figura 45	Módulo B de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro .....	91
Figura 46	Módulo C de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro .....	92
Figura 47	Toma de medidas de los ambientes (pasadizos) – módulo C .....	92
Figura 48	Toma de medidas de los elementos estructurales (columnas) – módulo B ....	93
Figura 49	Toma de medidas de los elementos estructurales (columnas) – módulo C ....	93
Figura 50	Toma de medidas de los ambientes (pasadizos) – módulo C .....	94
Figura 51	Vista de viga peraltada en el ambiente laboratorio de ciencias – módulo B ...	94
Figura 52	Vista de viga peraltada en ambiente aula – módulo C .....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

CPF: Cinturón de Fuego del Pacífico

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil

ESCALE: Estadística de la Calidad Educativa

UGEL: Unidad de Gestión Educativa Local

C.P.: Centro poblado

I.E.: Institución educativa

CSI: Computers & Structures Inc.

$V_b$ : Fuerza cortante en la base

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

## GLOSARIO

**Concreto:** Es una combinación de “cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (Norma Técnica E.060 – Concreto Armado, 2009, p. 14).

**Demolición:** Es un procedimiento mediante el cual “se elimina de manera planificada una edificación y/u obras de ingeniería” (Norma Técnica G.040 – Definiciones, 2021, p. 10).

**Expediente Técnico de Obra:** Es un conjunto de “documentos que determinan las características y requisitos de la obra. Está comprendido por: planos, especificaciones técnicas y memorias descriptivas y estudios técnicos específicos, cuando se requieran por las características de la obra” (Norma Técnica G.040 – Definiciones, 2021, p. 12).

**Reconstrucción:** Es el proceso de reconstrucción “total o parcial de un edificio preexistente o de una parte de ella con las mismas características de la versión original (Norma Técnica G.040 – Definiciones”, 2021, p. 22).

**Reforzamiento estructural:** Son las actividades o trabajos que se realizan con el propósito de “incrementar o restituir la capacidad de carga en un edificio preexistente; estas cargas pueden ser de gravedad y/o de sismos y/o de viento” (Norma Técnica G.040 – Definiciones, 2021, p. 22).

## RESUMEN

Los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro son edificaciones esenciales y se ubican dentro de la zona sísmica 3, sin embargo, fueron construidos con sistemas estructurales en base a pórticos de concreto armado, incumpliendo lo establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. En ese sentido, la investigación está orientada a realizar un análisis comparativo de las respuestas sismorresistentes de dichos módulos, considerando tres propuestas de reforzamiento estructural (muros estructurales, arriostres metálicos en “X” y aletas de concreto armado). Para tal efecto, se realizó el análisis sísmico según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente mediante el programa Etabs versión educacional; obteniéndose como resultado que, en condiciones actuales (sin reforzamiento), ambos módulos presentan respuestas sismorresistentes inadecuadas porque las derivas de entrepiso superan el límite establecido en la normativa; y al reforzar estructuralmente mediante las tres alternativas propuestas, las respuestas sismorresistentes mejoran; puesto que, los valores de periodos, derivas de entrepiso y cortantes en la base, cumplen con lo establecido en la normativa. Finalmente se concluye que, reforzar los módulos B y C con arriostres metálicos en “X” es la alternativa más adecuada frente al reforzamiento con muros estructurales y aletas de concreto armado. Su principal ventaja radica en que el aumento de peso es mínimo, esto evita que los elementos estructurales (vigas y columnas) y cimentación se vean sometidos a esfuerzos adicionales.

**Palabras clave:** Reforzamiento estructural, respuesta sismorresistente, periodos, derivas, cortante en la base.

## ABSTRACT

Modules B and C of the Julio Ramón Ribeyro Educational Institution are essential buildings and are located within seismic zone 3. However, they were built with structural systems based on reinforced concrete frames, in violation of the provisions of Technical Standard E.030 - Earthquake-Resistant Design. In this regard, the research is aimed at performing a comparative analysis of the earthquake-resistant responses of said modules, considering three structural reinforcement proposals (structural walls, metal "X" braces, and reinforced concrete fins). For this purpose, a seismic analysis was performed according to Technical Standard E.030 - Earthquake-Resistant Design using the educational version of the Etabs program. The result is that, under current conditions (without reinforcement), both modules present inadequate earthquake-resistant responses because the floor drifts exceed the limit established by the regulations; and by structurally reinforcing them using the three proposed alternatives, the earthquake-resistant responses improve. since the values of periods, story drifts and base shears comply with the regulations. Finally, it is concluded that reinforcing modules B and C with "X" metal braces is the most appropriate alternative to reinforcement with structural walls and reinforced concrete fins. Its main advantage lies in the fact that the weight increase is minimal, this prevents the structural elements (beams and columns) and foundation from being subjected to additional stresses.

**Keywords:** Structural reinforcement, earthquake-resistant response, periods, drifts, shear at the base.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

#### 1.1.1 Contextualización

En los últimos años, las edificaciones construidas en países que se encuentran en zonas de alta sismicidad han sido afectadas por sismos de gran magnitud, ocasionando pérdidas humanas y económicas, es por esto que resulta de vital importancia contar con alternativas de reforzamiento, con la finalidad de mejorar la respuesta sismorresistente de dichas edificaciones. (Romero, 2021)

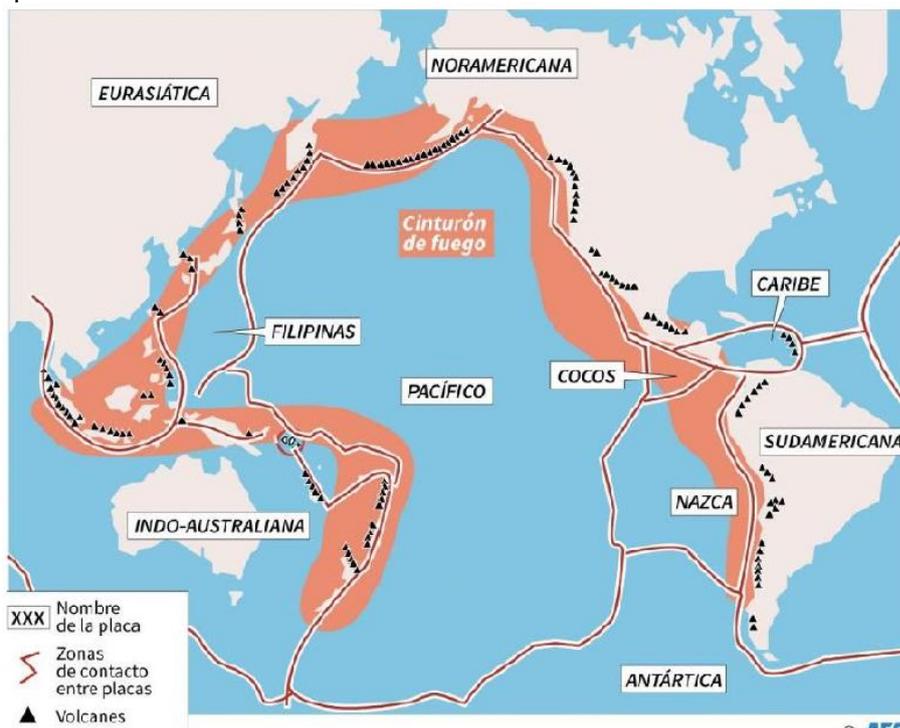
En Colombia, la reducción de la respuesta sismorresistente de las edificaciones construidas en concreto armado, está relacionada directamente con la construcción informal (malas prácticas constructivas), el cambio de uso de los ambientes y la actualización de las normas técnicas, lo cual ha generado que se realice intervenciones de reforzamiento mediante el uso de técnicas de reforzamiento estructural. (Rodríguez, 2020)

Las Instituciones Educativas en el Perú muestran deficiencias en su diseño estructural y no garantizan la seguridad de la población estudiantil, debido a que, en la actualidad, la normativa utilizada en su diseño tiene más de 15 años de antigüedad, por ello es necesario buscar alternativas de reforzamiento estructural ante las nuevas demandas normativas, bajo el principio de que las estructuras no deberían colapsar ni causar daños graves a las personas debido a sismos severos. (Marca y Rojas, 2021)

Los sismos pueden ocasionar graves daños a las edificaciones peruanas antiguas, por ello es necesario plantear métodos de reforzamiento estructural, con la finalidad de mejorar la resistencia, rigidez y capacidad de deformación de la estructura. (Conopuma y Lara, 2020)

El territorio peruano es un país con mucha actividad sísmica, debido a que está situado sobre el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico (ver Figura 1), que es la zona donde el planeta libera más del 80% de la energía acumulada en su interior, a través de la ocurrencia de sismos y erupciones volcánicas. (Tavera, 2020)

**Figura 1**  
Cinturón de fuego del Pacífico y distribución de volcanes y las principales placas tectónicas



Fuente: Tavera (2020)

La sismicidad en el Perú es originada por el proceso de subducción, es decir por la convergencia de placas, que consiste en el choque de una placa con corteza oceánica (placa de Nazca) con una placa con corteza continental (placa Sudamericana); y también es causada por la dinámica de cada una de las unidades tectónicas presentes en el interior del continente. (Tavera et al., 2014)

Durante la actividad sísmica ocurrida en el borde occidental del Perú, en los años 1940 (Lima), 1966 (Lima), 1974 (Lima) y 2007 (Pisco), se habría liberado solamente un 30% de energía total almacenada, la cual se viene acumulando desde el año 1746; así también, al ser el planeta dinámicamente activo, los sismos siguen un

proceso cíclico, lo que significa que los grandes sismos ocurridos volverán a producirse en la misma región. (Tavera, 2017)

El Perú está dividido en cuatro zonas sísmicas, “basada en la propuesta de distribución espacial de sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos, la atenuación de éstos con la distancia epicentral y la información neotectónica”, siendo la zona 4 (costa peruana), donde se produce la mayor actividad sísmica teniendo un factor de zona de 0.45g. (Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, 2019)

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), informó que el sismo ocurrido en Pisco en el año 2007, ocasionó pérdidas económicas al Perú, por un total de S/ 3 977 812 588.00; siendo que, las pérdidas en el sector educativo ascendieron a S/ 302 139 861.00, los cuales representaron un 7.59% del total de pérdidas. (INDECI, 2011)

Al respecto, la estimación de daños a la infraestructura educativa después de la ocurrencia de sismo ocurrido en Pisco en el año 2017, son los que se muestran a continuación:

**Tabla 1**  
Estimación de daños en la infraestructura educativa

Regiones	Aulas sin daño estructural o daño leve	Daños moderados de aulas	Daños graves de aulas	Muros de cerco con daño estructural	Otros ambientes con daños
Huancavelica	110	106	24	953	95
Lima	536	174	355	3 302	214
Ica	1 705	205	214	5 690	84
Ayacucho	226	10	29	4	14
<b>Total</b>	<b>2 577</b>	<b>495</b>	<b>622</b>	<b>9 949</b>	<b>407</b>

Fuente: INDECI (2011)

Como se puede apreciar en la Tabla 1, 622 aulas quedaron con daños graves, situación que ha conllevado a suspender las clases (en Huancavelica, Lima, Ica y

Ayacucho) a un promedio de 41 mil alumnos y 1 200 docentes; siendo que, el cálculo del monto estimado para la rehabilitación y reconstrucción de daños corresponde a S/ 302 139 861.00. (INDECI, 2011)

Finalmente, resulta importante mencionar que, la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), categoriza a las instituciones educativas como “A2: edificaciones esenciales”, puesto que, después de un evento sísmico, éstas deben servir de refugio para todas las personas que han sido vulneradas.

### 1.1.2 Descripción del problema

Según la Unidad de Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE), el colegio Julio Ramón Ribeyro es una institución pública que se encuentra adscrita a la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) de Cajamarca, pertenece al nivel secundario, el género es mixto (varones y damas) y cuenta con una población de más de 500 personas entre alumnos y docentes; a continuación, se muestra la población de los últimos 7 años (2018 – 2024):

**Tabla 2**

Cantidad de docentes y alumnos matriculados

<b>Año</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
Alumnos	391	448	444	456	470	485	493
Docentes	31	30	31	31	31	31	31
<b>Total</b>	<b>422</b>	<b>478</b>	<b>475</b>	<b>487</b>	<b>501</b>	<b>516</b>	<b>524</b>

Fuente: ESCALE (2025)

Los módulos B y C de la Institución Educativa Julio Ramón Ribeyro, los cuales son de 2 y 3 niveles respectivamente, fueron construidos con sistemas estructurales basados en pórticos de concreto armado (columnas y vigas de gran peralte) y albañilería para el cierre de paños.

En tal sentido, los mencionados módulos se encuentran dentro la zona sísmica 3 (debido a que se ubican en la ciudad de Cajamarca) y tienen la categoría A2 (esencial) por ser edificaciones del tipo institución educativa; por lo tanto, los

sistemas estructurales recomendados por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019) son: “sistema dual o muros de concreto armado o albañilería armada o confinada”, para el caso de estructuras de concreto; sin embargo, tal como se ha citado en el párrafo precedente, los sistemas estructurales actuales de dichos módulos son de pórticos de concreto armado, sistemas que no están acorde a lo establecido en la normativa, puesto que, dichos sistemas estructurales no son los más convenientes para este tipo de edificaciones.

Consecuentemente, debido a la cantidad de personas que albergan los módulos de dicha institución educativa y por contar con sistemas estructurales no recomendados por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, resulta fundamental tener que realizar una evaluación de dichas estructuras, y de ser necesario, reforzarlos estructuralmente, con la finalidad de que, ante la ocurrencia de un sismo, la respuesta sismorresistente sea óptima y de esta manera se evite pérdidas de vidas humanas y económicas.

Bajo ese contexto, la investigación propone evaluar el comportamiento sismorresistente de los módulos B y C con la finalidad de verificar la necesidad de reforzarlos estructuralmente, debido a que cuentan con sistemas estructurales no recomendados y principalmente teniendo en cuenta que este tipo de edificaciones son de categoría esencial.

### **1.1.3 Formulación del problema**

¿Cuál es la propuesta de reforzamiento estructural que genera mejor respuesta sismorresistente en los módulos B y C de la I.E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al comparar la inclusión de muros estructurales, arriostres metálicos en “X” y aletas de concreto armado en columnas?

## **1.2 Justificación e importancia**

La Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019, p. 15), establece que las estructuras que se encuentren ubicadas dentro de la zona sísmica 3 y tengan la categoría de esenciales (A2) deben ser proyectadas empleando sistemas estructurales tales como: “dual, muros de concreto armado, albañilería armada o confinada” para el caso de estructuras de concreto y para estructuras de acero pueden ser del tipo “SCBF y EDF”. Los módulos B y C de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro se ubican dentro de la zona sísmica 3 (ciudad de Cajamarca) y son edificaciones esenciales (A2), sin embargo, fueron construidos con sistemas estructurales en base a pórticos de concreto armado, incumpliendo lo establecido por la normativa. En tal sentido, la investigación se realizó con el propósito de encontrar alternativas de reforzamiento estructural para dichos módulos, teniendo como principio que dichas estructuras “no deberían colapsar ni causar daños graves a las personas” que lo habitan.

## **1.3 Delimitación de la investigación**

- El estudio se realizó a los módulos B y C de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro.
- La investigación contempla comparar tres tipos de reforzamiento estructural: inclusión de muros estructurales, arriostres metálicos en “X” y aletas de concreto armado en las columnas, aplicado a edificaciones con categoría A2 (esenciales).
- Los modelamientos estructurales se han realizado con la información del expediente técnico de obra, tales como: planos de arquitectura, de estructuras, de instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias y memorias de cálculo.

- Los muros estructurales tienen un espesor de 30 cm, los arriostres metálicos entre columnas son con arreglo en forma de “X” y las aletas de concreto armado son de 30 cm de espesor, además presentan las siguientes características:

**Tabla 3**  
Características de los tipos de reforzamiento estructural

Estructura	Tipo de reforzamiento	Espesor	Longitud en planta		Material
			Dirección X	Dirección Y	
Módulo B	Muros estructurales	0.30 m	2.40 m	0.00 m	Concreto
	Arriostre metálico	-	-	-	Acero
	Aletas de concreto armado	0.30 m	2.40 m	0.00 m	Concreto
Módulo C	Muros estructurales	0.30 m	3.00 m	2.40 m	Concreto
	Arriostre metálico	-	-	-	Acero
	Aletas de concreto armado	0.30 m	3.00 m	2.40 m	Concreto

- La investigación se ha realizado teniendo en cuenta que la ubicación de los reforzamientos estructurales (módulos B y C), serán conforme a las Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11.
- Durante el desarrollo de la investigación se consideró una base empotrada, es decir, no se tuvo en cuenta la interacción suelo – estructura, ni los efectos en la cimentación de la estructura.

#### 1.4 Limitaciones

- En la investigación no fue posible realizar pruebas de diamantina para la verificación de la resistencia a compresión del concreto ( $f_c$ ), debido a que son procedimientos destructivos y las autoridades no brindaron autorización; tampoco se realizaron ensayos con ultrasonido porque representan costos elevados para la investigación.
- No se realizaron ensayos de esclerometría porque la Norma Técnica Peruana 339.181 establece que para determinar la resistencia a compresión del concreto

(f'c), se requiere establecer una relación entre los números de rebote medidos sobre las estructuras con la resistencia de núcleos extraídos de la misma.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Comparar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, considerando tres tipos de reforzamiento estructural.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar el grado de severidad sísmica de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca.
- Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, sin reforzamiento estructural.
- Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al reforzar mediante la inclusión de muros estructurales.
- Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al reforzar con arriostres metálicos en "X".
- Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al reforzar mediante la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas.
- Comparar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al incluir cada uno de los tipos de reforzamiento estructural.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales:

Rodríguez (2020), en su tesis titulada *“Análisis comparativo de las diferentes metodologías de reforzamiento estructural aplicables a edificaciones construidas en concreto reforzado”*, analizó diferentes metodologías de reforzamiento aplicadas a edificaciones construidas en concreto armado, con el propósito de recuperar y mejorar las condiciones iniciales de dichas estructuras. Concluyendo que, *“la técnica de reforzamiento estructural mas usada en edificaciones de concreto, es la incorporación de muros en concreto reforzado que trabajan en pro de la resistencia de las solicitaciones sísmicas.”*

Aguirre y Bone (2018), en su tesis de grado titulada *“Evaluación sísmica y propuesta de diseño de reforzamiento estructural para el edificio de la Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos de la Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador”*, propuso reforzar un edificio con sistema estructural de pórticos, mediante *braces* de acero (*diagonales rigidizadores*); concluyendo que la utilización de rigidizadores metálicos *“disminuye considerablemente los efectos de torsión.”*

##### 2.1.2 Antecedentes nacionales:

Ale (2024), en su tesis titulada *“Evaluación y reforzamiento estructural del pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Química”*, planteó realizar el reforzamiento de dicho pabellón, el cual tiene 3 niveles y presenta un sistema estructural aporticado; al culminar la investigación concluyó que, en la dirección X, el mencionado pabellón es flexible lateralmente, debido a que no cumple con las derivas máximas permitidas en la Norma Técnica E.030 y *“luego de rigidizar la estructura con la adición de muros estructurales se redujeron las derivas”*.

Clemente y Huaccachi (2024), en su tesis de pregrado titulada *“Propuesta de reforzamiento para mejorar el comportamiento sísmico y estructural del pabellón 1 y 2 del IESPTA del Cusco, 2023”*, plantearon tres propuestas de reforzamiento estructural en edificaciones de categoría A2 (esenciales): encamisado de concreto, inclusión de muros de corte y arriostramiento metálico; culminada la investigación, plantearon las siguientes conclusiones: en el pabellón 1 *“el arriostramiento metálico reduce de manera considerable la distorsión del entrepiso en comparación a los otros métodos de reforzamiento.”* y en el pabellón 2 *“los arriostramientos metálicos en conjunto con los muros de corte controlan de mejor manera los desplazamientos.”*

Marca y Rojas (2021), en su tesis de pregrado titulada *“Análisis comparativo de 2 tipos de refuerzos estructurales para la “Institución Educativa N°4460 - Cesar Cohaila Tamayo” en el Departamento de Tacna”*, analizaron y compararon dos tipos de reforzamiento estructural aplicados a una institución educativa (categoría esencial) y ubicada en la zona sísmica 4 (ciudad de Tacna); la primera alternativa fue la utilización de fibra de carbono (CFRP) y la segunda alternativa fue el encamisado de columnas. Durante el desarrollo de la investigación, establecieron que la institución educativa carecía de rigidez lateral, debido a que los desplazamientos máximos superaban el límite indicado en la normativa; al finalizar dicha investigación, concluyeron que, *“Luego de comparar ambas propuestas de reforzamiento, específicamente en los desplazamientos laterales, se concluyó que la mejor alternativa de reforzamiento es el encamisado de columnas”*.

Arana (2018), en su tesis de pregrado denominada *“Propuesta de reforzamiento estructural para devolverle la funcionabilidad al Pabellón P-3 de la Institución Educativa Santa Fortunata en el distrito de Moquegua”*, planteó dos alternativas de reforzamiento estructural aplicado a una edificación de la categoría esencial (institución educativa) y sistema estructural aporticado; al culminar su investigación

concluyó que, la inclusión de muros estructurales *“mantienen las derivas de entrepiso dentro de un margen de seguridad aceptable”*, permitiendo un sistema estructural *“más eficiente y funcional”*.

Gameros (2015), en su tesis denominada *“Análisis comparativo de tres tipos de refuerzo estructural para pabellones de aulas de locales escolares de dos pisos y tres aulas por piso”*, comparó tres tipos de reforzamiento estructural aplicado a edificaciones con categoría de esenciales (instituciones educativas), bajo los lineamientos del proyecto de Norma Técnica E.030 de 2014; los tipos de reforzamiento empleado fueron: aletas de concreto armado, cierre de paños con albañilería y la inclusión de arriostres laterales entre columnas; culminada la investigación, concluyó: con la primera alternativa se logró tener un adecuado comportamiento, pues *“las aletas incorporadas absorben gran parte del cortante sísmico”*, además este método fue aceptado porque *“no afecta la ventilación e iluminación como si sucede con el cierre de paños y además no requiere personal muy capacitado como en el de arriostres laterales metálicos”*; en la segunda alternativa se tiene que *“es una alternativa económica, las derivas de entrepiso cumplen con la normativa y la construcción no necesita mano de obra calificada”*; finalmente la tercera alternativa resulta ser satisfactoria pese a la utilización de perfiles pequeños y no generará modificaciones arquitectónicas considerables porque los arriostres metálicos serán instalados en la parte posterior de los pabellones.

### **2.1.3 Antecedentes locales:**

Díaz (2022), en su tesis titulada *“Comparación de la respuesta estructural de la I.E. Santa Rafaela María – Chota, considerando tres tipos de refuerzo estructural”*, comparó la respuesta estructural de dos pabellones de la institución educativa Santa Rafaela María, ubicada en la ciudad de Chota, conforme a la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente de 2018; dicha institución es una edificación

esencial y además los pabellones fueron diseñados con el código de diseño sismorresistente del año 1977. Bajo ese contexto, comparó tres alternativas de reforzamiento: arriostres laterales entre columnas, cierre de paños de albañilería y la colocación de aletas de concreto; como resultado de la investigación *“Se concluye que el reforzamiento más adecuado para los pabellones en estudio, es el refuerzo con aletas de concreto en las columnas, por ser más viable y tener una mejor respuesta en comparación con los otros dos.”*

Cabanillas (2018), en su investigación denominada *“Comportamiento estructural del edificio de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca con diferentes tipos de arriostres, 2017”*, determinó el comportamiento estructural de una edificación de categoría esencial (institución educativa), la cual se ubica en la zona sísmica 3 (ciudad de Cajamarca), al incorporar arriostres metálicos con arreglos en: “X”, “V”, “V invertida” y “K”; al culminar la investigación concluyó que, los arriostres metálicos con arreglo en “V” aportan mejor comportamiento estructural, sin embargo, no fue suficiente para *“Controlar la distorsiones del primer entrepiso en la dirección X”*.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Sistema estructural**

“Toda edificación deberá contar con un sistema estructural capaz de transmitir al sistema suelo-cimentación los efectos combinados de las fuerzas laterales de inercia generadas durante el sismo y de las fuerzas gravitacionales” (Norma Técnica Complementaria para el Diseño por Sismo, 2023, p. 21).

#### **2.2.1.1. Sistema de pórticos**

Este tipo de sistema estructural tiene la principal característica de que “por lo menos el 80% del cortante basal es ejercido sobre las columnas de los pórticos” (Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, 2019, p.14).

### **2.2.1.2. Sistema dual**

En este sistema estructural las fuerzas ocasionadas por sismo son contrarrestadas por una combinación de pórticos y muros estructurales. El cortante basal tomado por los muros es mayor que 20% y menor que el 70% (Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, 2019, p. 14).

### **2.2.1.3. Muros estructurales de concreto armado**

La particularidad de este tipo de sistema estructural es que las solicitaciones sísmicas son contrarrestadas principalmente por muros estructurales donde “por lo menos el 70% de la cortante basal” recae sobre éstos. (Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, 2019, p. 14).

“Los muros estructurales deben nacer en el primer nivel de la edificación y tener continuidad hasta el último nivel, con la finalidad de aportar elevada rigidez en su plano (Norma Técnica Complementaria para el Diseño por Sismo, 2023, p. 21).

## **2.2.2 Mecánica de suelos**

### **a) Origen del suelo**

Según Braja (2012), los suelos que se encuentran en la superficie de la tierra están formados por el intemperismo de varias rocas, estos son:

#### **Intemperismo mecánico**

Proceso mediante el cual las rocas se descomponen en piezas cada vez más pequeñas por las fuerzas físicas sin ningún cambio en su composición química (Braja, 2012, p. 64).

#### **Intemperismo químico**

Es un proceso de descomposición o alteración mineral en el que los minerales originales se transforman en algo completamente diferente (Braja, 2012, p. 65).

## **b) Sistemas de clasificación de suelos**

Según Braja (2012), los principales sistemas de clasificación de suelo son el sistema de la “*American Association of State Highway and Transportation Officials*” (AASHTO) y el “*Sistema unificado de clasificación de suelos*”, los cuales se describen:

### **Sistema de la AASHTO**

Empleado principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera, en este sistema los suelos se pueden clasificar según ocho grupos principales, A-1 a A-8, con base en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad (Braja, 2012, p. 18).

Los suelos listados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son materiales de grano fino. La turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos se clasifican en el grupo A-8 y se identifican mediante una inspección visual (Braja, 2012, p. 18).

### **Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System)**

Sistema propuesto originalmente por A. Casagrande en 1942 y posteriormente lo revisó y adoptó el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers (Braja, 2012, p. 19).

En este sistema, a efectos de identificación, se utilizan los símbolos siguientes: grava (G), arena (S), limo (M), arcilla (C), limos orgánicos y arcilla (O), turba y suelos altamente orgánicos (Pt), alta plasticidad (H), baja plasticidad (L), bien graduado (W) y mal graduado (P) (Braja, 2012, p. 20).

### **c) Principales tipos de suelos**

Los suelos se dividen en dos amplios grupos, los orgánicos y los inorgánicos, el primero se debe a la descomposición física y/o química de las rocas y el segundo se forma debido a que la cantidad de materia orgánica es más alta con relación a la cantidad de suelo inorgánico (Crespo, 2017). En ese sentido, los tipos de suelos más comunes, se describen a continuación:

#### **Gravas**

Este material, se encuentra en depresiones de terrenos rellenados por la conducción de ríos, lo cual provoca desgaste de sus aristas y, por tanto, que tenga una estructura redondeada. Las gravas “son acumulaciones sueltas de rocas fragmentadas con más de dos milímetros de diámetro” (Crespo, 2017, p. 21).

#### **Arenas**

Tienen un origen similar a las gravas; sin embargo, “es el material de grano fino procedente de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, el tamaño de sus partículas varía entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro” (Crespo, 2017, p. 22).

#### **Arcillas**

Son partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm, cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. En general, las arcillas son plásticas, se contraen al secarse, son compresibles y al aplicárseles carga en su superficie se comprimen lentamente (Crespo, 2017, p. 22).

## **Suelos Cohesivos y suelos no cohesivos**

Los suelos cohesivos tienen la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava (Crespo, 2017, p. 26).

### **2.2.3 Condiciones geotectónicas**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), los tipos de perfiles de suelo son:

#### **a) Perfil tipo S0: Roca Dura**

Le corresponden rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte mayor que 1500 m/s. Las mediciones corresponden al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas (p. 9).

#### **b) Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos**

A este tipo le corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimenta sobre: b.1) Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 5 Kg/cm<sup>2</sup>, b.2) Arena muy densa o grava arenosa densa, con promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar mayor que 50 y b.3) Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada mayor que 1 Kg/cm<sup>2</sup> (p. 9).

#### **c) Perfil tipo S2: Suelos intermedios**

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los

casos en los que se cimenta sobre: c.1) Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa y c.2) Suelo cohesivo compacto (p. 10).

**d) Perfil tipo S3: Suelos blandos**

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte, menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimenta sobre: d.1) Arena media a fina, o grava arenosa, d.2) Suelo cohesivo blando y d.3) Cualquier perfil que no corresponda al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad mayor que 20, contenido de humedad mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada menor que 0.25 Kg/cm<sup>2</sup> (p. 10).

**e) Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales**

A este tipo le corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Solo es necesario considerar un perfil S4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine (p. 10).

**2.2.4 Relación entre el daño estructural y la deriva**

Durante los eventos sísmicos, las edificaciones pueden sufrir daños estructurales, los cuales están directamente relacionados con los desplazamientos laterales, debido a ello, resulta importante controlar dichos desplazamientos, los cuales van a depender principalmente de la rigidez lateral de las edificaciones (Briceño y Ordoñez, 2018).

A través de la distorsión de entrepiso (deriva) calculada mediante análisis estático y dinámico se puede estimar el nivel de daño estructural de las edificaciones durante un evento sísmico (Briceño y Ordoñez, 2018).

La clasificación de la edificación será mediante la siguiente tabla:

**Tabla 4**

Tipos de modelos estructurales según Hazus – MH 2.1

Tipo de edificio	Descripción	Altura	
		Nombre	Pisos
C1L	Estructuras de concreto armado (pórticos)	Bajos	1-3
C1M		Medianos	4-7
C1H		Altos	8

Fuente: (Briceño y Ordoñez, 2018)

El nivel de daño según los valores límite de deriva se estimará mediante la siguiente tabla:

**Tabla 5**

Nivel de daño de acuerdo a los límites de derivas planteado por Hazus

Niveles de daño	Niveles de diseño			
	Pre – norma	Bajo	Moderado	Alto
Leve	0.0040	0.0050	0.0050	0.0050
Moderado	0.0064	0.0080	0.0087	0.0100
Extenso	0.0160	0.0200	0.0233	0.0300
Completo	0.0400	0.0500	0.0600	0.0800

Fuente: (Briceño y Ordoñez, 2018)

### 2.2.5 Reforzamiento estructural

La acción de reforzar implica otorgar a la edificación una combinación óptima de rigidez, resistencia y ductilidad, que asegure un buen desempeño ante sollicitaciones sísmicas. (Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, 2019)

Así también, la Norma Técnica G.040 Definiciones (2021, p. 22), establece que: “el reforzamiento estructural está referido a la obra que se ejecuta con la finalidad de incrementar o restituir la capacidad de carga en un edificio preexistente; estas cargas pueden ser de gravedad y/o de sismos y/o de viento”.

### 2.2.6 Reforzamiento con arriostres metálicos.

Esta alternativa de reforzamiento consiste en la colocación de riostras o barras diagonales de acero para disipar energía, es por esto que se puede utilizar para rehabilitar estructuras aporricadas existentes de concreto armado, la cual presenta ventajas estructurales y constructivas porque permite fabricar los componentes

metálicos en un taller y luego transportarlos e instalarlos en la obra (Crisafulli, 2018).

La Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación de Edificios Existentes del Estado Mexicano (2023, p. 219), establece que “Esta técnica de reforzamiento radica en la instalación de elementos de acero, aplicado en edificios existentes con insuficiente resistencia y/o rigidez lateral, con la finalidad de incrementar la rigidez y resistencia laterales”.

### **2.2.7 Pórticos arriostrados concéntricamente.**

Según Crisafulli (2018), se denominan pórticos arriostrados debido a la presencia de barras diagonales o riostras, las cuales modifican significativamente el comportamiento estructural del pórtico y son concéntricos porque las riostras son diseñadas con la finalidad de evitar las excentricidades, es decir, los ejes de las barras diagonales que llegan al nudo deben cortarse en un punto, tal como se muestra en la siguiente imagen:

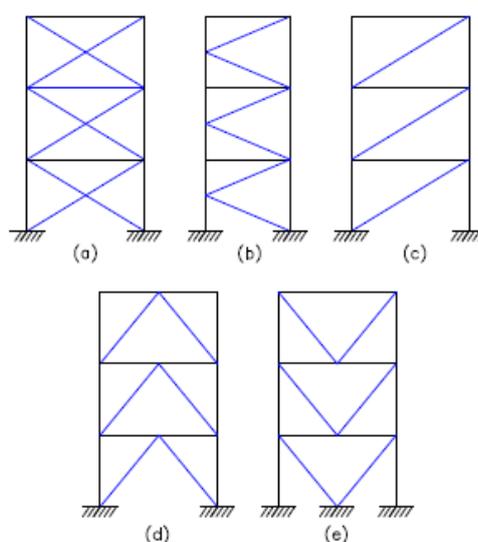
**Figura 2**  
Detalle del nudo de un pórtico arriostrado con una conexión concéntrica



**Fuente:** Crisafulli (2018).

Las barras diagonales o riostras pueden ser instaladas de diferentes formas (ver Figura 3). La elección de la configuración más conveniente se realiza teniendo en cuenta las condiciones estructurales, funcionales y estéticas. Estos tipos de configuración estructural se caracterizan por aportar una elevada rigidez lateral, permitiendo un apropiado control de los desplazamientos laterales (Crisafulli, 2018).

**Figura 3**  
Configuraciones típicas para pórticos arriostrados concéntricamente



Fuente: Crisafulli (2018).

### 2.2.8 Reforzamiento con muros estructurales.

Esta alternativa de reforzamiento estructural consiste en la incorporación de muros de concreto armado en la dirección X y dirección Y, para lo cual, la Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación de Edificios Existentes del Estado Mexicano (2023, p. 214), indica que “se deberán instalar de modo que no alteren significativamente el funcionamiento del edificio y que no induzcan excentricidades en planta o cambios bruscos de rigidez y resistencia en la altura de la estructura”.

Asimismo, la Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación de Edificios Existentes del Estado Mexicano (2023, p. 214), establece que las

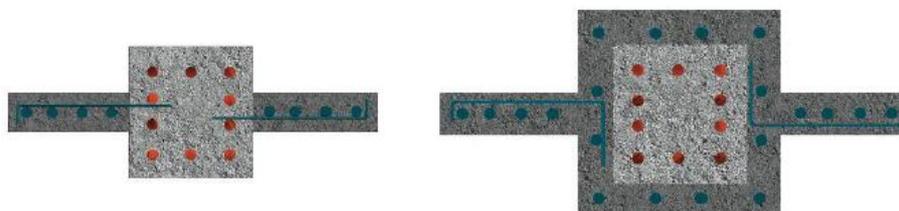
edificaciones que se pueden reforzar con la inclusión de muros de concreto armado, serán aquellas “que tengan una insuficiente rigidez y/o resistencia lateral”, debido a que con esta inclusión se puede “incrementar la resistencia y rigidez lateral”, así como “reducir excentricidades”.

### 2.2.9 Reforzamiento con aletas de concreto armado.

Para la utilización de esta técnica, la Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación de Edificios Existentes del Estado Mexicano (2023, p. 214), indica que “se deberá diseñar y construir un mecanismo de transmisión de esfuerzos entre el nuevo muro (aletas) y la estructura existente mediante anclas o conectores”. Se deberán instalar de modo que no alteren significativamente el funcionamiento del edificio y que no induzcan excentricidades en planta o cambios bruscos de rigidez y resistencia en la altura de la estructura.

**Figura 4**

Conexión de los segmentos de muro (aletas) con la columna existente



**Fuente:** Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación Estructural de Edificios Existentes (2023).

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Aletas de concreto armado:** “Técnica por la cual se deberá diseñar y construir un mecanismo de transmisión de esfuerzos entre el nuevo muro (aletas) y la estructura existente mediante anclas o conectores” (Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación de Edificios Existentes, 2023, p. 214).
- **Arriostre metálico:** “Son barras diagonales de acero cuya función es incrementar la rigidez y resistencia lateral de la estructura existente” (Norma

Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación de Edificios Existentes, 2023, p. 219).

- **Muro estructural:** Elemento estructural vertical empleado para resistir cargas axiales de gravedad y cargas perpendiculares a su plano, proveniente de empujes laterales (Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, 2019).
  
- **Reforzamiento estructural:** “Incremento de la capacidad para resistir cargas de una estructura, de un sistema, de un componente o de un elemento estructural o del suelo de cimentación” (Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Cimentaciones, 2023).
  
- **Respuesta sismorresistente:** Capacidad de la estructura para disipar eficazmente la energía producida por el movimiento de la tierra.

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

El reforzamiento estructural mediante muros estructurales genera mejor respuesta sismorresistente en los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, en comparación con los reforzamientos con arriostres metálicos en “X” o la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas.

#### **3.2 Variables**

##### **3.2.1 Variable dependiente**

Respuesta sismorresistente con reforzamiento

##### **3.2.2 Variable independiente**

Tipo de reforzamiento estructural

#### **3.3 Operacionalización de los componentes de las hipótesis**

**Tabla 6**

Operacionalización de las variables

**Título:** COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO-CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.

Definición operacional de las variables/categorías					
Hipótesis	Definición conceptual	Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de datos
El reforzamiento estructural mediante muros estructurales genera mejor respuesta sismorresistente en los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, en comparación con los reforzamientos con arriostres metálicos en "X" o la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas.	<b>Respuesta sismorresistente:</b> Capacidad de la estructura para disipar de manera eficiente la energía producida por el movimiento del terreno.	<b>Variable dependiente</b> Respuesta Sismorresistente con reforzamiento	Derivas de entrepiso Periodos  Cortante Basal	m/m Segundos  $\bar{I}_n$	Modelamiento estructural  Expediente técnico
		<b>Variable independiente</b> Tipo de reforzamiento estructural	R. 1: inclusión de muros estructurales	m <sup>3</sup>	
			R. 2: arriostres metálicos en "X"	Arreglo en "X"	
	<b>Reforzamiento estructural:</b> Incremento de la capacidad sismorresistente original y mejoramiento de la estructuración.		R. 3: inclusión de aletas de concreto armado en las columnas	m <sup>3</sup>	

## CAPÍTULO IV

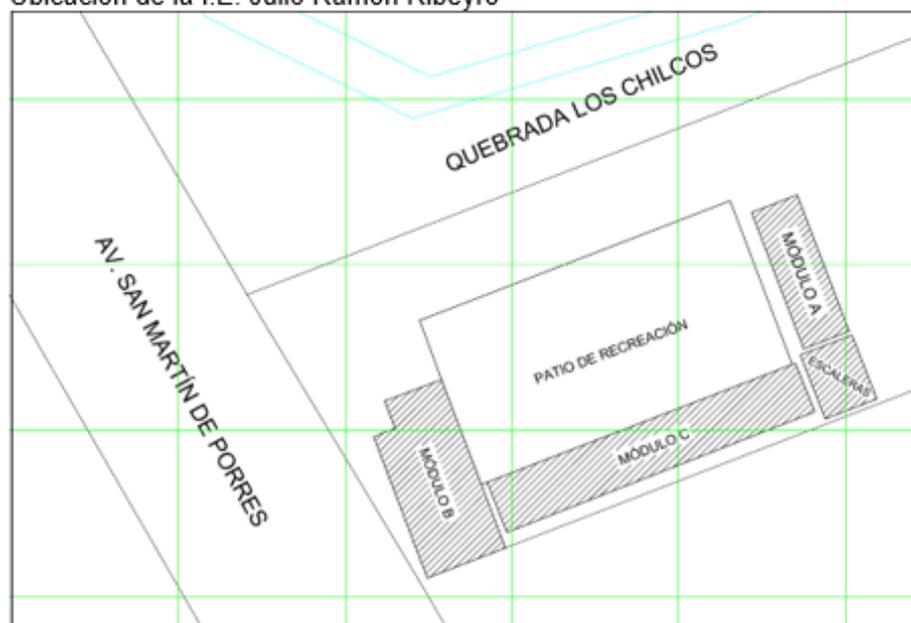
### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1 Ubicación geográfica

La institución educativa Julio Ramón Ribeyro, se encuentra bajo el ámbito de la UGEL de Cajamarca y se ubica en:

**Departamento** : Cajamarca  
**Provincia** : Cajamarca  
**Distrito** : Cajamarca  
**Centro poblado** : La Paccha  
**Latitud** : -7.186634  
**Longitud** : -78.48935

**Figura 5**  
Ubicación de la I.E. Julio Ramón Ribeyro



**Clima:** En Cajamarca se distinguen dos estaciones durante el año, las cuales son:

- **Estación de lluvias intensas**, está dada entre los meses de diciembre a marzo.
  
- **Estación seca**, está dada entre los meses de mayo a septiembre, en los que se percibe intenso sol y clima templado durante el día; y bajas temperaturas por las noches.

**Temperatura:** La temperatura media anual en Cajamarca oscila entre los 6°C (mínimo) y 21°C (máximo).

#### **4.2 Diseño de la investigación**

La investigación es descriptiva o no experimental puesto que se realizó un análisis sismorresistente a través del programa Etabs, con la finalidad de encontrar y recomendar el tipo de reforzamiento que mejore la respuesta sismorresistente de los módulos B y C.

Asimismo, es correlacional porque el estudio tiene dos variables, las cuales han sido analizadas a fin de establecer la vinculación que existe entre ellas.

El trabajo de investigación, se desarrolló en cinco etapas, las cuales se describen a continuación:

##### **Primera etapa: Exploración preliminar**

- Revisión de planos, especificaciones técnicas y memoria de cálculo del proyecto en estudio, a fin de verificar el tipo de sistema estructural empleado, así como otros parámetros.

**Planos:** se revisó las especialidades de Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Sanitarias.

**Especificaciones técnicas:** revisión de la resistencia del concreto en elementos estructurales.

**Memoria de cálculo:** revisión del análisis sísmico, a fin de verificar los parámetros sísmicos empleados (factor de zona y uso, parámetros de sitio, sistema estructural y coeficiente de reducción).

### **Segunda etapa: Inspección de campo**

- Inspección física, para verificar y corroborar el uso de los ambientes de los módulos y el sistema estructural empleado.
- Levantamiento de información relevante, se corroboró las medidas reales con las medidas descritas en los planos.

### **Tercera etapa: Características de los materiales**

- Tipos de materiales de los elementos estructurales.  
La resistencia a la compresión del concreto ( $f_c$ ) fue tomada según lo establecido en el expediente técnico.

### **Cuarta etapa: Evaluación sismorresistente**

- Análisis sísmico según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), de los módulos B y C en condiciones iniciales (sin reforzamiento estructural), mediante el programa Etabs.
- Evaluación del grado de severidad sísmica o nivel de daño de los módulos B y C, a fin de determinar si el daño es leve, moderado, extenso o completo y justificar la necesidad de reforzamiento estructural.
- Revisión de los requerimientos mínimos establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019) y normativa vigente complementaria.

### **Quinta etapa: Reforzamiento estructural**

La ubicación de los reforzamientos se planteó teniendo en cuenta la simetría tanto en la distribución de masas como rigideces (artículo 7 de la E.030) y la reducción de la excentricidad accidental (numeral 28.5 y 29.5 de la E.030), con la finalidad de asegurar la regularidad estructural de los módulos.

Asimismo, las propuestas de reforzamiento estructural no modifican sustancialmente la arquitectura, es decir, no se han cerrado vanos; además, la instalación se realizó en la parte exterior de los módulos y otras consideraciones que se detallan a continuación:

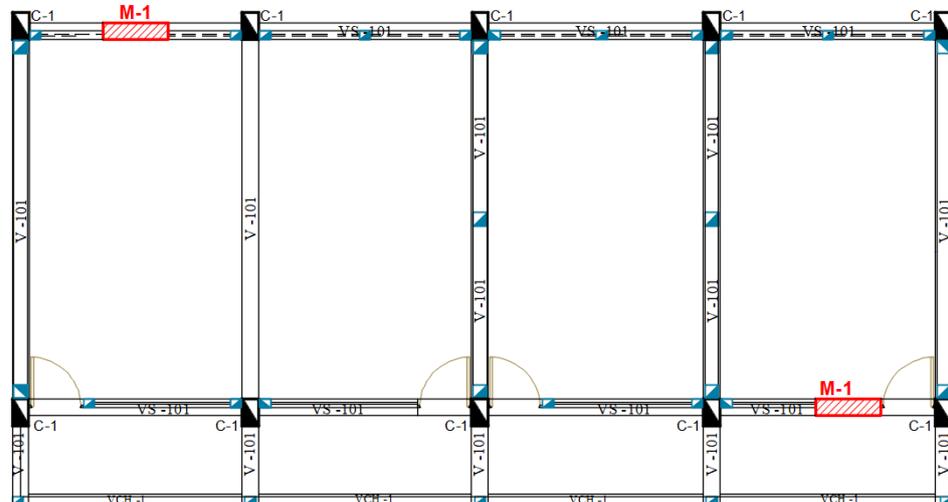
➤ **Reforzamiento 1:** inclusión de muros estructurales.

Consiste en la inclusión de muros de concreto armado de 30 centímetros de espesor, los cuales han sido distribuidos en la dirección X y dirección Y.

Esta propuesta se diseñó sin cerrar vanos (puertas y ventanas), de tal manera que no se afectó sustancialmente la iluminación y ventilación; además, se ha tenido en cuenta que su ubicación en planta sea simétrica a fin de no generar excentricidades accidentales y asegurar la regularidad estructural de los módulos, tal como se detalla a continuación:

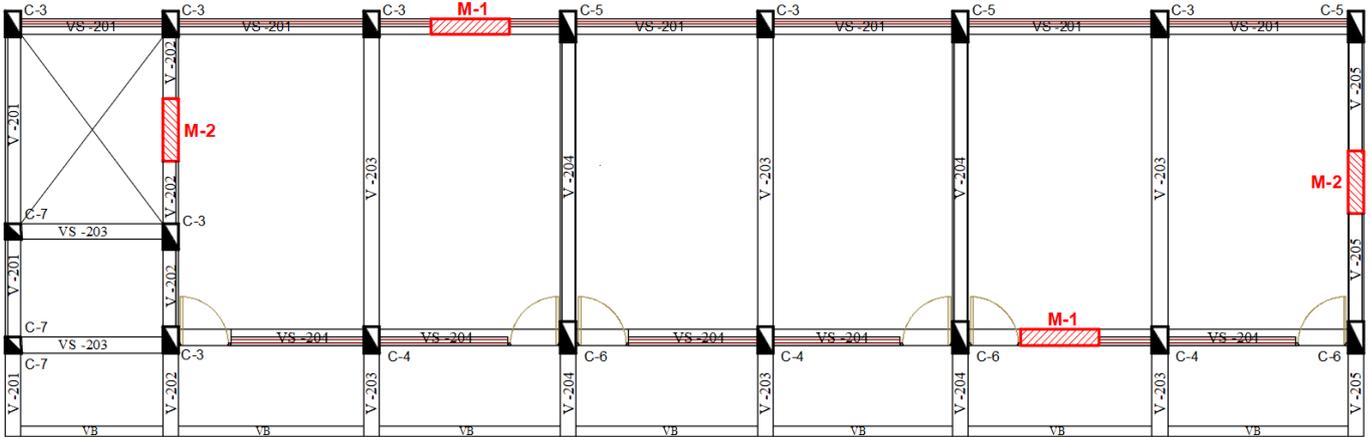
**Figura 6**

Reforzamiento con inclusión de muros estructurales en el módulo B



**Figura 7**

Reforzamiento con inclusión de muros estructurales en el módulo C



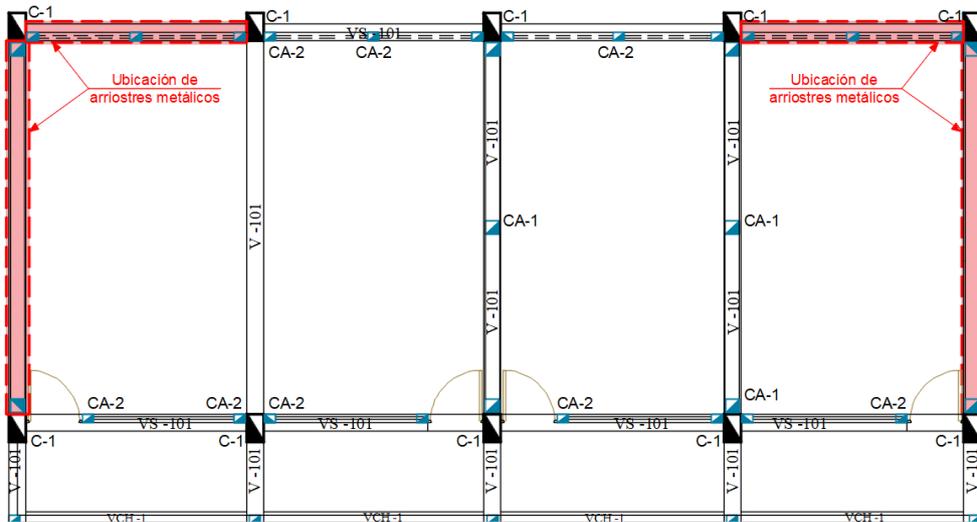
➤ **Reforzamiento 2:** arriostres laterales entre columnas.

Los arriostres serán con arreglo en “X” entre columnas, los cuales han sido distribuidos en la dirección X y dirección Y.

El planteamiento de esta propuesta no afecta sustancialmente los vanos (puertas y ventanas); además, su instalación se realizó en la parte exterior de los módulos y su ubicación en planta es simétrica para no generar excentricidades accidentales y asegurar regularidad estructural, tal como se detalla a continuación:

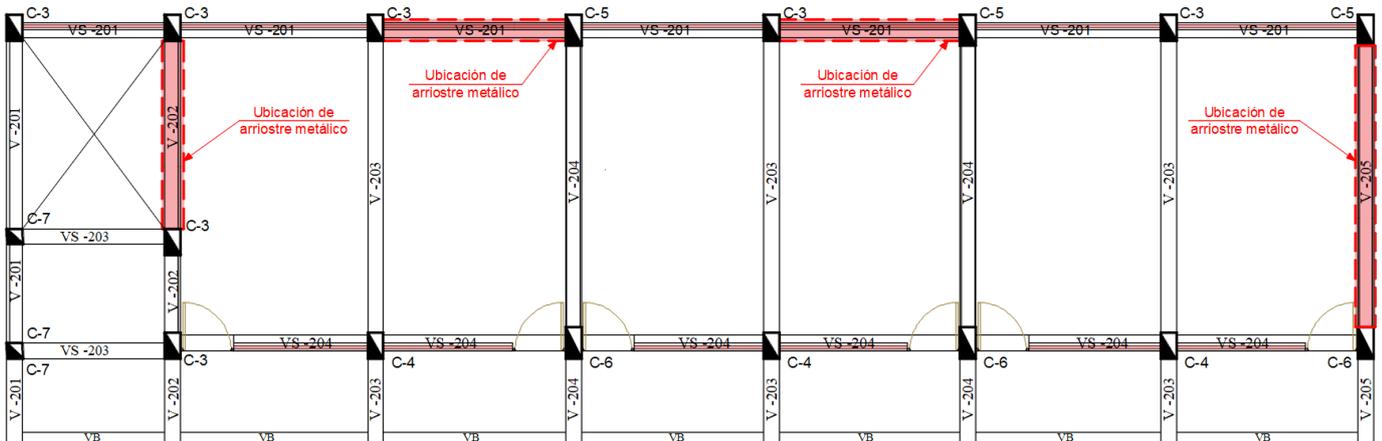
**Figura 8**

Reforzamiento con inclusión de arriostres metálicos en el módulo B



**Figura 9**

Reforzamiento con inclusión de arriostres metálicos en el módulo C



➤ **Reforzamiento 3:** aletas de concreto armado en las columnas.

Consiste en la inclusión de aletas de concreto en las columnas, es decir, se instaló muros de 30 centímetros de espesor, adosados a las columnas de los pórticos mediante dowels y pegamento epóxico, dicha instalación se asemeja a “aletas” en las columnas, los cuales han sido distribuidos en la dirección X y dirección Y.

Esta propuesta no afecta sustancialmente los vanos (puertas y ventanas); además, su ubicación en planta es simétrica para no generar excentricidades accidentales y asegurar regularidad estructural, tal como se muestra a continuación:

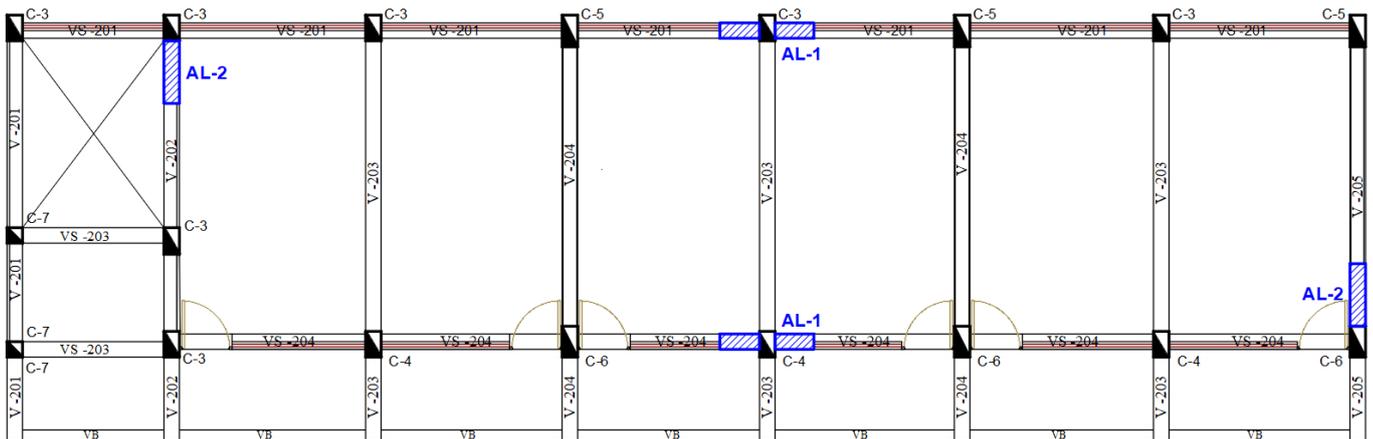
**Figura 10**

Reforzamiento con inclusión de aletas de concreto en el módulo B



**Figura 11**

Reforzamiento con inclusión de aletas de concreto en el módulo C



### 4.3 Métodos de investigación

En la investigación se ha empleado el método hipotético deductivo, puesto que se tiene como punto de partida la hipótesis de que al reforzar los módulos B y C con muros estructurales se tendrá mejor respuesta sismorresistente, conllevando a una solución tentativa al problema de investigación. Posteriormente se han planteado deducciones a partir de los resultados obtenidos de la comparación de los tres tipos de reforzamiento estructural y el análisis de su comportamiento.

#### 4.4 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

##### 4.4.1 Población

La población está constituida por el módulo A, módulo B y módulo C de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro.

##### 4.4.2 Muestra

La muestra está compuesta por los módulos B y C de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro, la técnica de muestreo utilizada es no probabilística, tal como se describe a continuación:

**Tabla 7**

Usos de los módulos B y C de la I.E. Julio Ramón Ribeyro

MÓDULO	NÚMERO DE PISOS	USOS
B	2	Primer nivel: 1 laboratorio, 1 sala de profesores y 1 dirección. Segundo nivel: 2 aulas
C	3	Primer nivel: 3 aulas Segundo nivel: 3 aulas Tercer nivel: 1 aula y 1 biblioteca

El módulo B tiene 2 pisos, en el primer piso se encuentra el laboratorio de ciencias, la sala de profesores y la dirección; asimismo, el segundo piso cuenta con las secciones A y B del quinto grado de secundaria.

El módulo C tiene 3 pisos, el primer piso cuenta con 3 aulas de nivel secundario (sección C del quinto grado y sección B y C del primer grado); el segundo piso cuenta con 3 aulas de nivel secundario (sección A del primer grado, sección B y C del tercer grado) y el tercer piso cuenta con un aula y una biblioteca.

##### 4.4.3 Unidad de análisis

Respuesta sismorresistente del módulo B y módulo C de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro considerando cada una de las tres propuestas de reforzamiento estructural.

#### **4.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

##### **Técnicas:**

- Análisis de los resultados del modelamiento estructural de los módulos B y C en Etabs, para determinar el nivel de severidad sísmica.
- A través de la observación directa se pudo identificar la cantidad de pisos o niveles, el tipo de sistema estructural empleado, características de los materiales, el uso de los ambientes y el estado actual de los módulos B y C.
- Mediante la inspección documental se recopiló información fotográfica, normativa y técnica.

##### **Instrumentos:**

- Panel fotográfico del acta de visita de inspección.
- Expediente técnico.

##### **Procedimiento de recopilación de información:**

- Se realizó una visita de inspección física a los módulos B y C, con la finalidad de obtener medidas, verificar el uso de los ambientes y estado actual de la infraestructura, para luego comparar dicha información con el expediente técnico alcanzado por el director de la institución educativa.
- Con la información obtenida de los planos de estructuras y especificaciones técnicas se realizó el modelamiento estructural de los módulos B y C, que para este caso se realizaron 4 modelos estructurales (modelo sin reforzamiento y los modelos incluyendo muros estructurales, aletas de concreto y arriostres metálicos).

- Se realizó la evaluación derivas de entrepiso de los módulos B y C, utilizando el cociente de demanda/capacidad.
- Con los resultados obtenidos de los 4 modelamientos estructurales mediante el programa Etabs, se comparó derivas, cortante basal y periodos de vibración, logrando determinarse la mejor respuesta sismorresistente de los módulos B y C.

#### **4.6 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

**Procesamiento de la información:** para determinar el comportamiento sismorresistente de los módulos B y C, se utilizó el programa de cálculo Etabs de la Compañía Computers & Structures Inc. (CSI); además, se complementó con el programa Autocad de la Compañía Autodesk y con el software Microsoft Excel.

#### **4.7 Equipos y materiales de la investigación:**

**Equipos:** computadora portátil, impresora y cámara fotográfica.

#### **4.8 Matriz de consistencia metodológica**

**Tabla 8**

Matriz de consistencia metodológica

**Título:** COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO-CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
¿Cuál es la propuesta de reforzamiento estructural que genera mejor respuesta sismorresistente en los módulos B y C de la I.E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al comparar la inclusión de muros estructurales, arriostres metálicos en "X" y aletas de concreto armado en columnas?	<b>Objetivo general:</b> Comparar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, considerando tres tipos de reforzamiento estructural.	El reforzamiento estructural mediante muros estructurales genera mejor respuesta sismorresistente en los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, en comparación con los reforzamientos con arriostres metálicos en "X" o la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas.	<b>Variable dependiente</b> Respuesta Sismorresistente con reforzamiento	Derivas de entrepiso	m/m	Modelamiento estructural Expediente técnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración preliminar: de revisión de expediente técnico y la Norma Técnica E.030.</li> <li>• Inspección de campo: inspección física y levantamiento de información.</li> <li>• Características de los materiales: expediente técnico.</li> <li>• Evaluación sismorresistente: análisis sísmico según la Norma Técnica E.030.</li> </ul>	<p><b>Población:</b> Edificaciones existentes que conforman la institución educativa Julio Ramón Ribeyro.</p> <p><b>Muestra:</b> Módulo B y módulo C</p>
	<b>Objetivos específicos:</b> Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, sin reforzamiento estructural.		R. 1: inclusión de muros estructurales	m <sup>3</sup>				
	Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al reforzar mediante la inclusión de muros estructurales.		R. 2: arriostres metálicos en "X"	Arreglo en "X"				
	Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al reforzar con arriostres metálicos en "X".		<b>Variable independiente</b> Tipo de reforzamiento estructural					
	Determinar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al reforzar mediante la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas.		R. 3: inclusión de aletas de concreto armado en las columnas	m <sup>3</sup>				
Comparar la respuesta sismorresistente de los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, al incluir cada uno de los tipos de reforzamiento estructural.								

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Presentación de resultados

##### A. Resultados del modelamiento estructural de los módulos B y C sin reforzamiento estructural:

###### Edificio módulo B:

###### ➤ Periodo fundamental de vibración:

El periodo fundamental de vibración del módulo B es de 0.383 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 9**  
Periodos de vibración módulo B (sin reforzamiento)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.383
Modal	2	0.285
Modal	3	0.266
Modal	4	0.139
Modal	5	0.095
Modal	6	0.088

###### ➤ Derivas de entrepiso:

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se detallan a continuación:

###### - Análisis estático:

**Tabla 10**  
Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (sin reforzamiento)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{\text{Limite}} < D$
Piso 01	Desp X	1.136	0.700	¡No cumple!
Piso 01	Desp Y	0.602	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** La deriva de entrepiso en la dirección X es de 1.136%, la cual excede el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 11**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (sin reforzamiento)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{Límite} < D$
Piso 01	Desp din X máx.	1.104	0.700	¡No cumple!
Piso 01	Desp. din Y máx.	0.637	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** La deriva de entrepiso en la dirección X es de 1.104%, la cual excede el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

De las tablas previamente mostradas, se aprecia que, luego del análisis estático y dinámico, la edificación es flexible lateralmente en la dirección X.

➤ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 12**

Cortantes en la base módulo B (sin reforzamiento)

Dirección	$V_{din}$ (Tn)	$V_{est}$ (Tn)	$0.80^* V_{est}$ (Tn)	Condición
XX	50.47	52.29	41.83	¡Cumple!
YY	46.89	52.29	41.83	¡Cumple!

De la tabla anterior, se aprecia que dicha condición cumple para ambas direcciones.

**Edificio módulo C:**

➤ **Periodo fundamental de vibración:**

El periodo fundamental de vibración del módulo C es de 0.463 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

Periodos de vibración módulo C (sin reforzamiento)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.463
Modal	2	0.379
Modal	3	0.324
Modal	4	0.151
Modal	5	0.114
Modal	6	0.112
Modal	7	0.104
Modal	8	0.072
Modal	9	0.067

➤ **Derivas de entrepiso:**

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se muestran en las siguientes tablas:

- **Análisis estático:**

**Tabla 14**

Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (sin reforzamiento)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	D <sub>Límite</sub> < D
Piso 02	Desp X	1.155	0.700	¡No cumple!
Piso 02	Desp Y	1.046	0.700	¡No cumple!
Piso 01	Desp X	1.183	0.700	¡No cumple!
Piso 01	Desp Y	0.832	0.700	¡No cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y, exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 15**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (sin reforzamiento)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	D <sub>Límite</sub> < D
Piso 02	Desp din X máx.	1.052	0.700	¡No cumple!
Piso 02	Desp din Y máx.	1.098	0.700	¡No cumple!
Piso 01	Desp din X máx.	1.091	0.700	¡No cumple!
Piso 01	Desp din Y máx.	0.891	0.700	¡No cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y, exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

De las tablas previamente mostradas, se aprecia que, luego del análisis estático y dinámico, la edificación es flexible lateralmente en la dirección X y dirección Y.

➤ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 16**

Cortantes en la base módulo C (sin reforzamiento)

Dirección	$V_{dín}$ (Tn)	$V_{est}$ (Tn)	$0.80^* V_{est}$ (Tn)	Condición
XX	119.50	130.76	104.61	¡Cumple!
YY	103.04	130.76	104.61	¡No cumple!

Como se puede apreciar en la tabla precedente, en la dirección Y no cumple la condición establecida.

**B. Resultados del modelamiento estructural de los módulos B y C con la inclusión de muros estructurales:**

**Edificio módulo B:**

➤ **Periodo fundamental de vibración:**

El periodo fundamental de vibración del módulo B es de 0.283 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 17**

Periodos de vibración módulo B (muros estructurales)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.283
Modal	2	0.205
Modal	3	0.171
Modal	4	0.091
Modal	5	0.066
Modal	6	0.054

➤ **Derivas de entrepiso:**

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se muestran en las siguientes tablas:

- **Análisis estático:**

**Tabla 18**

Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (muros estructurales)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	D <sub>Límite</sub> < D
Piso 01	Desp X	0.201	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.609	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 19**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (muros estructurales)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	D <sub>Límite</sub> < D
Piso 01	Desp din X máx.	0.175	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp. din Y máx.	0.602	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

➤ **Fuerza cortante en la base (V<sub>b</sub>):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 20**

Cortantes en la base módulo B (muros estructurales)

Dirección	V <sub>din</sub> (Tn)	V <sub>est</sub> (Tn)	0.80* V <sub>est</sub> (Tn)	Condición
XX	44.47	53.13	42.50	¡Cumple!
YY	50.05	53.13	42.50	¡Cumple!

Como se puede apreciar en la tabla anterior, al reforzar la edificación, el valor del cortante dinámico es menor que el 80% del cortante estático en ambas direcciones.

### Edificio módulo C:

#### ➤ Periodo fundamental de vibración:

El periodo fundamental de vibración del módulo C es de 0.273 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 21**  
Periodos de vibración módulo C  
(muros estructurales)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.273
Modal	2	0.248
Modal	3	0.191
Modal	4	0.081
Modal	5	0.078
Modal	6	0.06
Modal	7	0.043
Modal	8	0.04
Modal	9	0.036

#### ➤ Derivas de entrepiso:

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se muestran en las siguientes tablas:

#### - Análisis estático:

**Tabla 22**  
Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (muros estructurales)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{Límite} < D$
Piso 02	Desp X	0.486	0.700	¡Cumple!
Piso 02	Desp Y	0.412	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp X	0.315	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.288	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 23**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (muros estructurales)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{Límite} < D$
Piso 02	Desp X	0.425	0.700	¡Cumple!
Piso 02	Desp Y	0.357	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp X	0.273	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.252	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

➤ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 24**

Cortantes en la base módulo C (muros estructurales)

Dirección	$V_{din}$ (Tn)	$V_{est}$ (Tn)	$0.80^* V_{est}$ (Tn)	Condición
XX	114.58	135.11	108.08	¡Cumple!
YY	115.93	135.11	108.08	¡Cumple!

Como se puede apreciar en la tabla anterior, al reforzar la edificación, el valor del cortante dinámico es menor que el 80% del cortante estático en ambas direcciones.

**C. Resultados del modelamiento estructural de los módulos B y C con la inclusión de arriostres metálicos en “X”:**

**Edificio módulo B:**

➤ **Periodo fundamental de vibración:**

El periodo fundamental de vibración del módulo B es de 0.213 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 25**

Periodos de vibración módulo B  
(arriostres)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.213
Modal	2	0.161
Modal	3	0.117
Modal	4	0.082
Modal	5	0.061
Modal	6	0.045

➤ **Derivas de entrepiso:**

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se muestran en las siguientes tablas:

- **Análisis estático:**

**Tabla 26**

Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (arriostres)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{\text{Límite}} < D$
Piso 01	Desp X	0.359	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.201	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 27**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (arriostres)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{\text{Límite}} < D$
Piso 01	Desp din X máx.	0.353	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp. din Y máx.	0.200	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

➤ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de

las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 28**

Cortantes en la base módulo B (arriostres)

Dirección	V <sub>din</sub> (Tn)	V <sub>est</sub> (Tn)	0.80* V <sub>est</sub> (Tn)	Condición
XX	47.35	52.79	42.23	¡Cumple!
YY	50.96	52.79	42.23	¡Cumple!

Como se puede apreciar en la tabla anterior, al reforzar la edificación, el valor del cortante dinámico es menor que el 80% del cortante estático en ambas direcciones.

**Edificio módulo C:**

➤ **Periodo fundamental de vibración:**

El periodo fundamental de vibración del módulo C es de 0.297 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 29**

Periodos de vibración módulo C (arriostres)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.297
Modal	2	0.262
Modal	3	0.199
Modal	4	0.097
Modal	5	0.086
Modal	6	0.073
Modal	7	0.065
Modal	8	0.059
Modal	9	0.047

➤ **Derivas de entrepiso:**

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se muestran en las siguientes tablas:

- **Análisis estático:**

**Tabla 30**

Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (arriostres)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{\text{Límite}} < D$
Piso 02	Desp X	0.481	0.700	¡Cumple!
Piso 02	Desp Y	0.401	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp X	0.486	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.365	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 31**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (arriostres)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{\text{Límite}} < D$
Piso 02	Desp X	0.442	0.700	¡Cumple!
Piso 02	Desp Y	0.383	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp X	0.446	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.357	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

➤ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 32**

Cortantes en la base módulo C (arriostres)

Dirección	$V_{\text{dín}} \text{ (Tn)}$	$V_{\text{est}} \text{ (Tn)}$	$0.80 * V_{\text{est}} \text{ (Tn)}$	Condición
XX	114.96	131.56	105.25	¡Cumple!
YY	117.62	131.56	105.25	¡Cumple!

Como se puede apreciar en la tabla anterior, al reforzar la edificación, el valor del cortante dinámico es menor que el 80% del cortante estático en ambas direcciones.

**D. Resultados del modelamiento estructural de los módulos B y C con la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas:**

**Edificio módulo B:**

➤ **Periodo fundamental de vibración:**

El periodo fundamental de vibración del módulo B es de 0.274 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 33**  
Periodos de vibración módulo B (aletas de concreto)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.274
Modal	2	0.223
Modal	3	0.202
Modal	4	0.089
Modal	5	0.072
Modal	6	0.062

➤ **Derivas de entrepiso:**

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se muestran en las siguientes tablas:

- **Análisis estático:**

**Tabla 34**  
Derivas de entrepiso – análisis estático módulo B (aletas de concreto)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{Límite} < D$
Piso 01	Desp X	0.286	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.562	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 35**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo B (aletas de concreto)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{\text{Límite}} < D$
Piso 01	Desp din X máx.	0.242	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp. din Y máx.	0.570	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

➤ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 36**

Cortantes en la base módulo B (aletas de concreto)

Dirección	$V_{\text{dín}}$ (Tn)	$V_{\text{est}}$ (Tn)	$0.80 * V_{\text{est}}$ (Tn)	Condición
XX	43.48	53.77	43.01	¡Cumple!
YY	50.07	53.77	43.01	¡Cumple!

Como se puede apreciar en la tabla anterior, al reforzar la edificación, el valor del cortante dinámico es menor que el 80% del cortante estático en ambas direcciones.

**Edificio módulo C:**

➤ **Periodo fundamental de vibración:**

El periodo fundamental de vibración del módulo C es de 0.300 segundos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 37**

Periodos de vibración módulo C  
(aletas de concreto)

Case	Mode	Periodo (seg.)
Modal	1	0.300
Modal	2	0.291
Modal	3	0.235
Modal	4	0.084
Modal	5	0.083
Modal	6	0.065
Modal	7	0.047
Modal	8	0.046
Modal	9	0.038

➤ **Derivas de entrepiso:**

Las derivas de entrepiso para el análisis estático y dinámico en ambas direcciones, son las que se muestran en las siguientes tablas:

- **Análisis estático:**

**Tabla 38**

Derivas de entrepiso – análisis estático módulo C (aletas de concreto)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{Límite} < D$
Piso 02	Desp X	0.571	0.700	¡Cumple!
Piso 02	Desp Y	0.622	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp X	0.386	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.405	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

- **Análisis dinámico:**

**Tabla 39**

Derivas de entrepiso – análisis dinámico módulo C (aletas de concreto)

Piso	Caso de carga	Deriva (%)	Deriva límite (%)	$D_{Límite} < D$
Piso 02	Desp X	0.503	0.700	¡Cumple!
Piso 02	Desp Y	0.585	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp X	0.332	0.700	¡Cumple!
Piso 01	Desp Y	0.376	0.700	¡Cumple!

**Comentario:** Las derivas de entrepiso en la dirección X y dirección Y no exceden el valor máximo de 0.700%, establecido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

➤ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

Según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019), la fuerza cortante dinámica en el primer entrepiso de la edificación, en cada una de las direcciones consideradas en el análisis sismorresistente, no puede ser menor que el 80% cortante estático.

**Tabla 40**

Cortantes en la base módulo C (aletas de concreto)

Dirección	$V_{din}$ (Tn)	$V_{est}$ (Tn)	$0.80 * V_{est}$ (Tn)	Condición
XX	114.15	135.87	108.69	¡Cumple!
YY	113.29	135.87	108.69	¡Cumple!

Como se puede apreciar en la tabla anterior, al reforzar la edificación, el valor del cortante dinámico es menor que el 80% del cortante estático en ambas direcciones.

## 5.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados

Con los resultados obtenidos de los modelamientos estructurales en el programa Etabs versión educacional, se determinó el grado de severidad sísmica o nivel de daño de los módulos B y C, tal como se muestra a continuación:

### Edificio módulo B:

Nivel de diseño: alto, debido a que según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente del 2019, el módulo B se encuentra en la zona sísmica 3 (Cajamarca) de alta sismicidad.

Asimismo, realizado el análisis estático y dinámico, el módulo B es flexible lateralmente en la dirección X, puesto que presenta derivas máximas de entrepiso de 0.0114 para análisis estático y 0.0110 para análisis dinámico; por tanto, el daño se encuentra entre los **niveles de moderado y extenso**, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 12**

Determinación del nivel de daño – módulo B

Niveles de daño	Niveles de diseño			
	Pre – norma	Bajo	Moderado	Alto
Leve	0.0040	0.0050	0.0050	0.0050
Moderado	0.0064	0.0080	0.0087	0.0100
Extenso	0.0160	0.0200	0.0233	0.0300
Completo	0.0400	0.0500	0.0600	0.0800

**Edificio módulo C:**

Nivel de diseño: alto, debido a que según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente del 2019, el módulo C se encuentra en la zona sísmica 3 (Cajamarca) de alta sismicidad.

Asimismo, realizado el análisis estático y dinámico, el módulo C es flexible lateralmente en ambas direcciones, puesto que, mediante análisis estático presenta derivas máximas de entrepiso de 0.0118 en la dirección X y de 0.0105 en la dirección Y, asimismo, mediante análisis dinámico presenta derivas máximas de entrepiso de 0.0109 en la dirección X y de 0.0110 en la dirección Y; por tanto, el daño se encuentra entre los **niveles de moderado y extenso**, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 13**

Determinación del nivel de daño – módulo C

Niveles de daño	Niveles de diseño			
	Pre – norma	Bajo	Moderado	Alto
Leve	0.0040	0.0050	0.0050	0.0050
Moderado	0.0064	0.0080	0.0087	0.0100
Extenso	0.0160	0.0200	0.0233	0.0300
Completo	0.0400	0.0500	0.0600	0.0800

Al respecto, del análisis efectuado mediante los modelamientos estructurales, se determinó que los módulos B y C son flexibles lateralmente, es decir, carecen de rigidez lateral debido a que las derivas de entrepiso exceden a lo señalado en la normativa (0.007), ocasionando que el nivel de daño se encuentre entre los niveles de moderado a extenso, siendo necesario plantear reforzamientos estructurales.

Incluir reforzamiento estructural en los modelos estructurales de los módulos B y C permitirá reducir los valores de las derivas de entrepiso, puesto que dichos módulos se van a rigidizar.

En tal sentido, se realizaron los modelamientos estructurales en el programa Etabs versión educacional, teniendo como base los módulos B y C sin reforzamiento estructural, para luego comparar la respuesta sismorresistente al reforzar estructuralmente mediante la inclusión de muros estructurales, arriostres metálicos con arreglo en "X" y aletas de concreto; para tal efecto, se ha realizado un análisis según la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, los resultados se muestran a continuación:

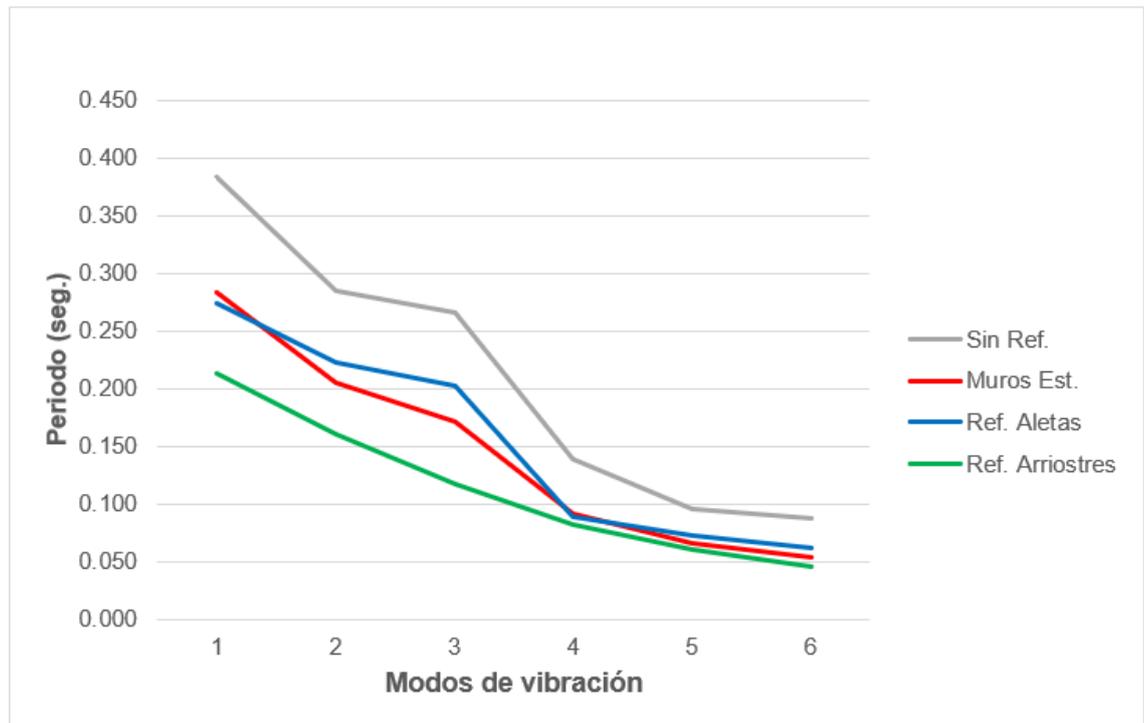
#### **Edificio módulo B:**

##### ✓ **Periodo fundamental de vibración:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 9, 17, 25 y 33** se ha obtenido la gráfica de la **Figura 14**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, el periodo fundamental de vibración disminuye, tal como se muestra a continuación:

**Figura 14**

Periodos fundamentales de vibración módulo B



- Al reforzar incluyendo muros estructurales, en el primer modo de vibración, el periodo fundamental de vibración disminuye en 26.11%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, en el primer modo de vibración, el periodo fundamental de vibración disminuye en 44.39%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, en el primer modo de vibración, el periodo fundamental de vibración disminuye en 28.46%.

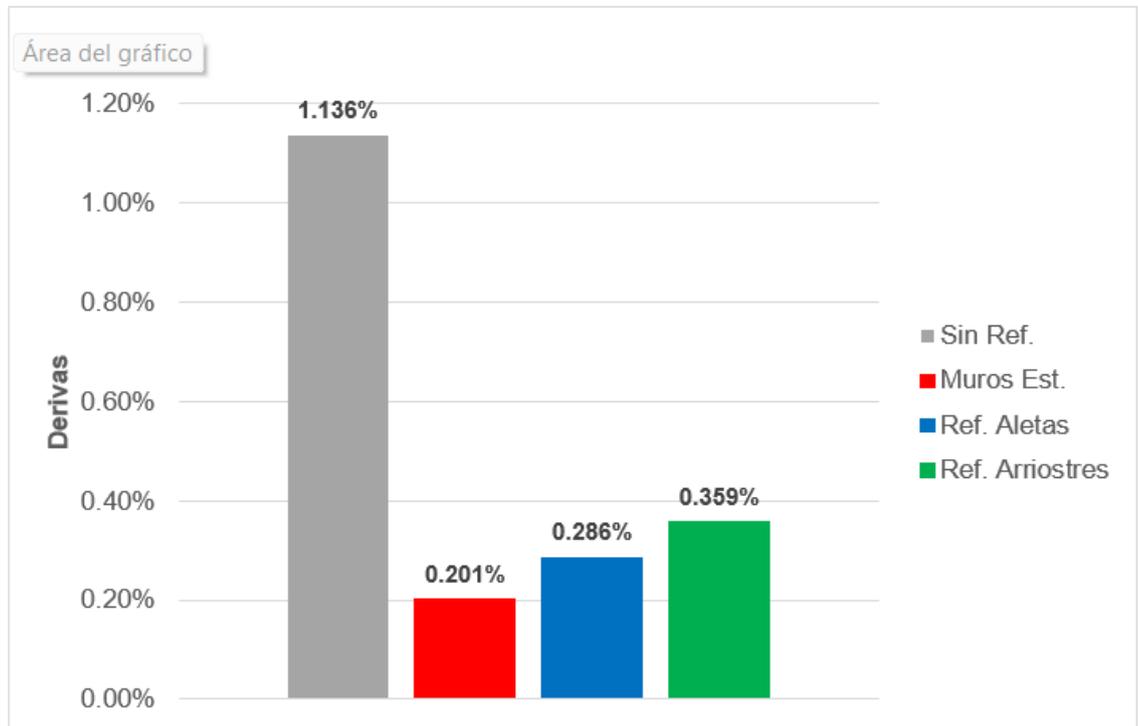
✓ **Derivas de entrepiso:**

**Análisis estático:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 10, 18, 26 y 34** se ha obtenido los gráficos de barras de la **Figura 15 y Figura 16**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en las derivas de entrepiso en la dirección “X” y dirección “Y”, conforme se muestra a continuación:

**Figura 15**

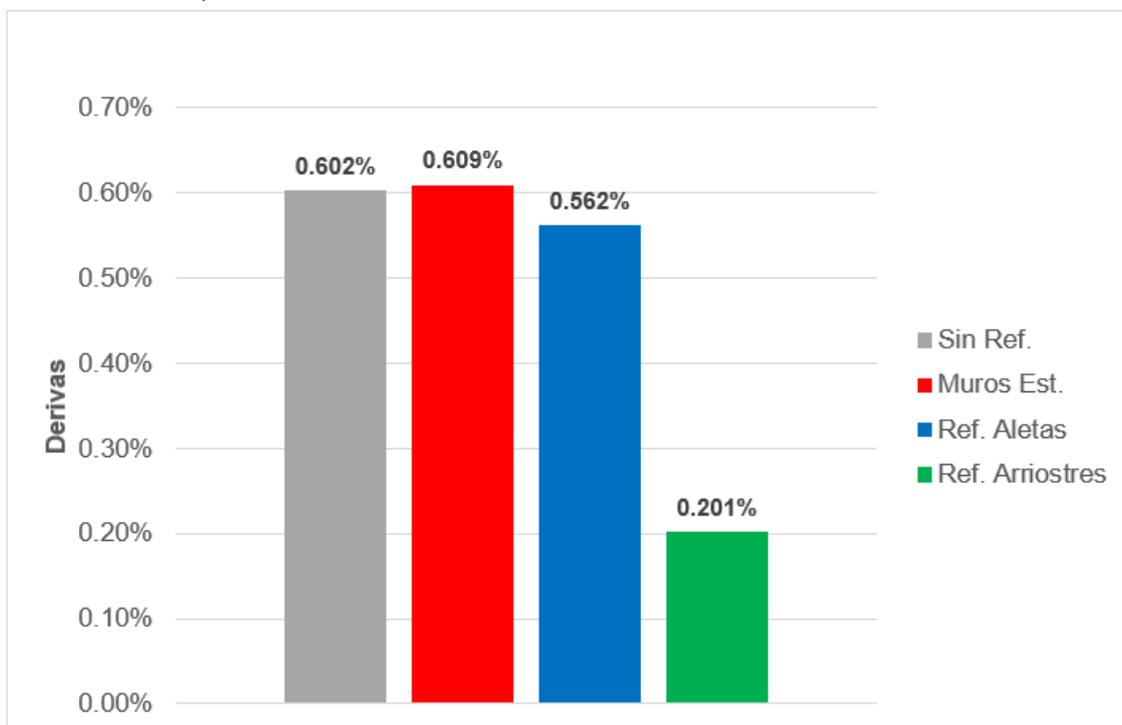
Derivas de entrepiso en la dirección "X" – análisis estático módulo B



- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 82.31%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 68.40%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 74.82%.

**Figura 16**

Derivas de entrepiso en la dirección "Y" – análisis estático módulo B



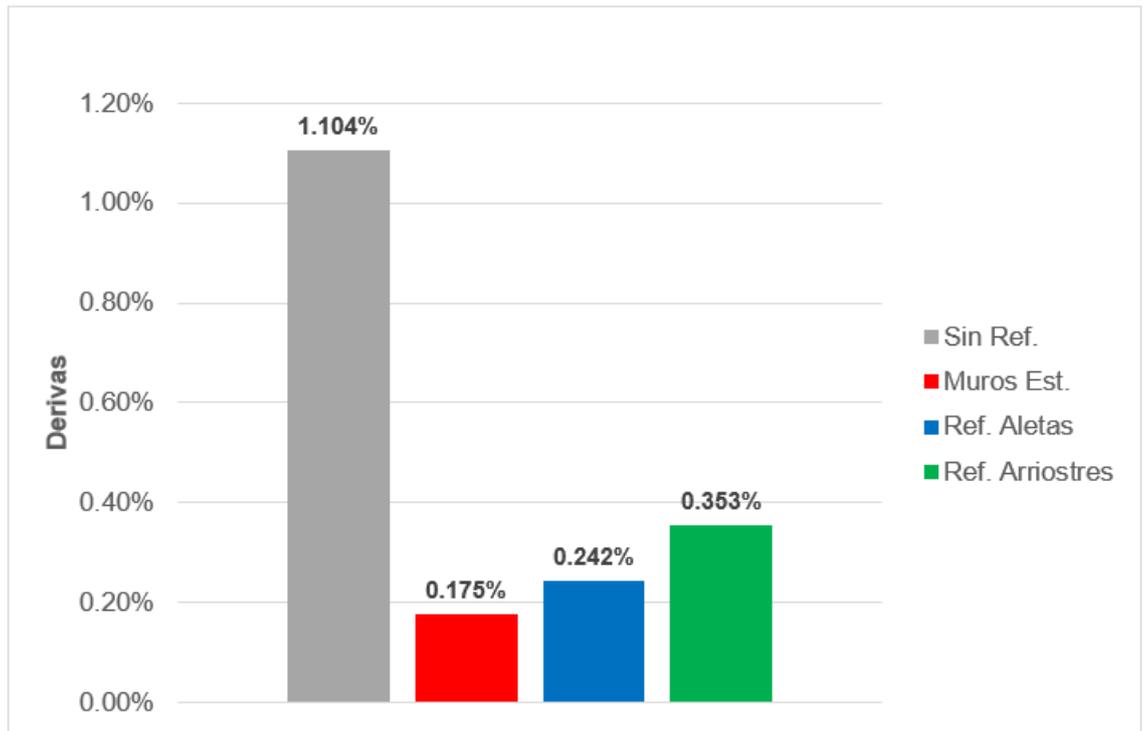
- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección "Y" aumenta en 1.16%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la deriva de entrepiso en la dirección "Y" disminuye en 66.61%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección "Y" disminuye en 6.64%.

#### **Análisis dinámico:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 11, 19, 27 y 35** se ha obtenido los gráficos de barras de la **Figura 17 y Figura 18**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en las derivas de entrepiso en la dirección "X" y dirección "Y", tal como se muestra a continuación:

**Figura 17**

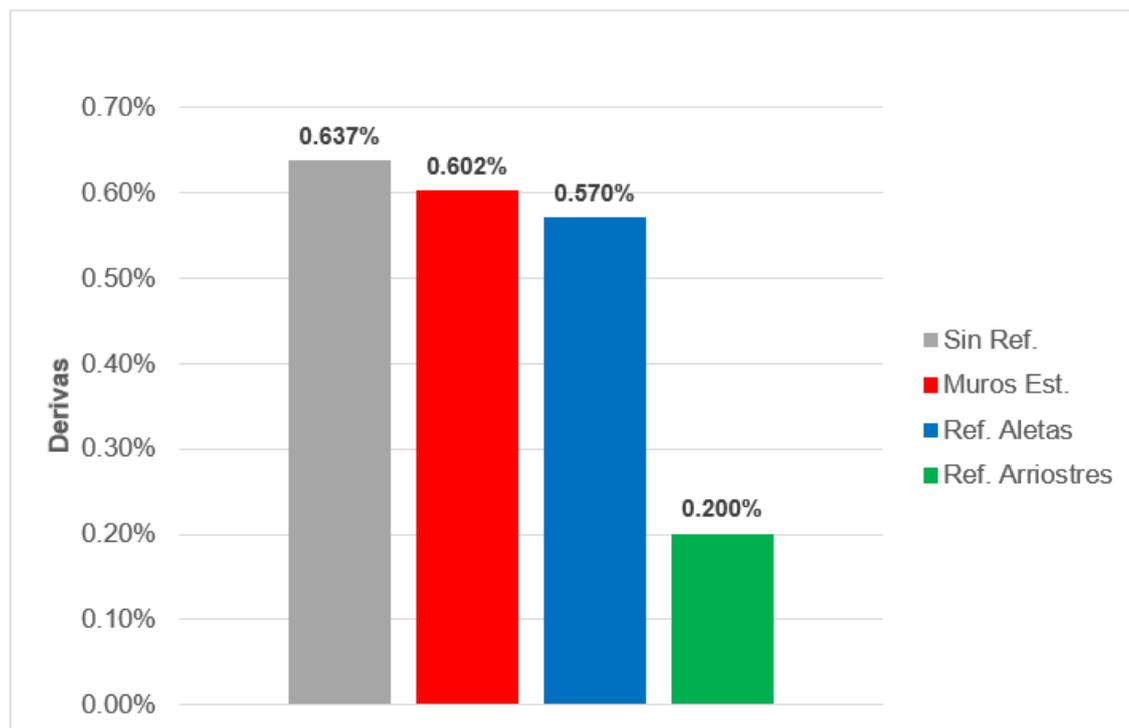
Derivas de entrepiso en la dirección "X" – análisis dinámico módulo B



- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 84.15%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 68.03%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 78.08%.

**Figura 18**

Derivas de entrepiso en la dirección “Y” – análisis dinámico módulo B



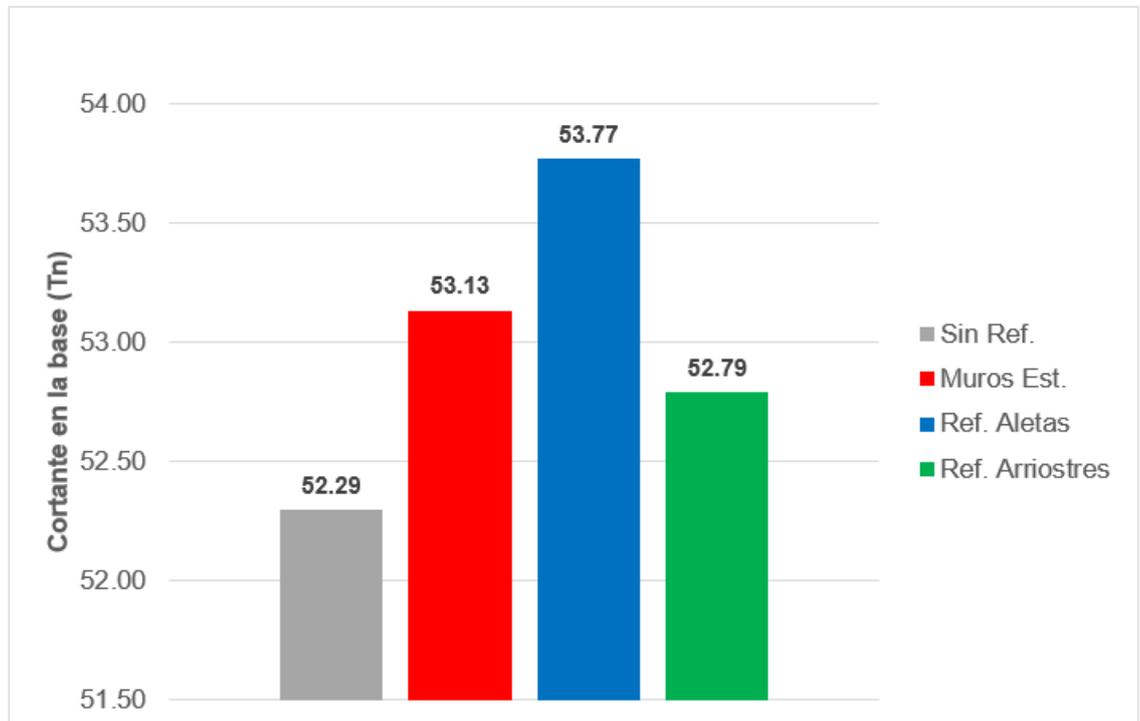
- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 5.49%.
  - Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 68.60%.
  - Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 10.52%.
- ✓ **Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):**

**Análisis estático:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 12, 20, 28 y 36** se ha obtenido el gráfico de barras de la **Figura 19**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en la fuerza cortante estática en la base, tal como se muestra a continuación:

**Figura 19**

Fuerza cortante en la base – análisis estático módulo B



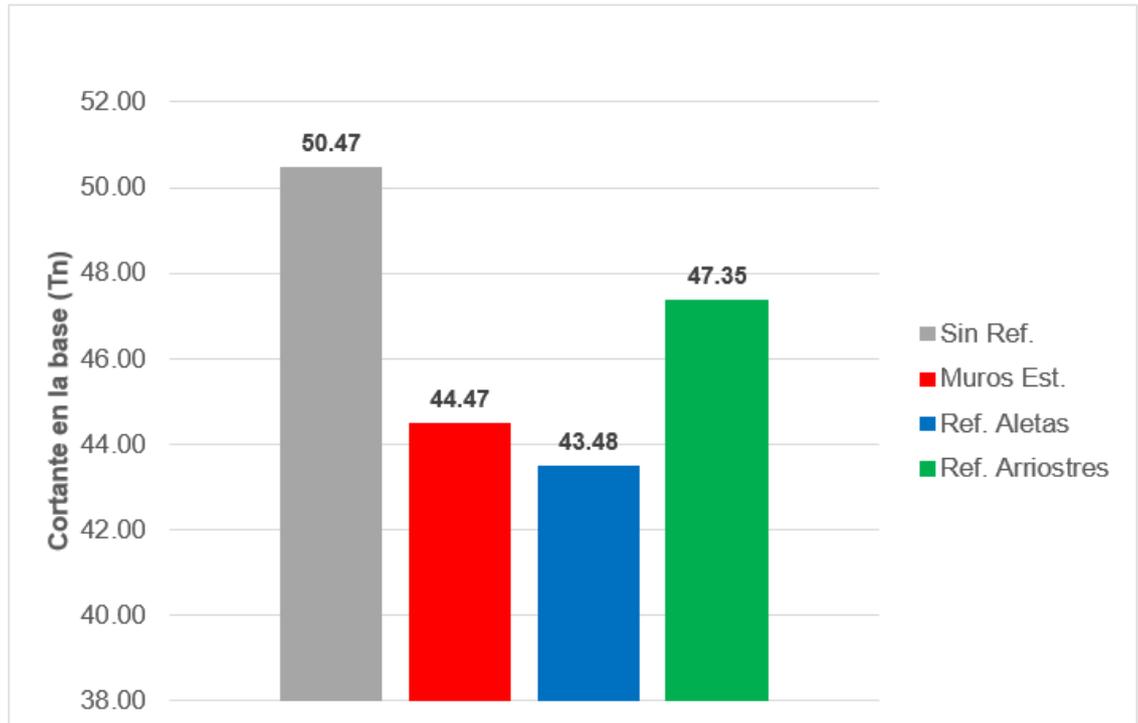
- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la fuerza cortante estática en la base aumenta en 1.61% (ambas direcciones).
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, la fuerza cortante estática en la base aumenta en 0.96% (ambas direcciones).
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la fuerza cortante estática en la base aumenta en 2.83% (ambas direcciones).

**Análisis dinámico:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 12, 20, 28 y 36** se ha obtenido los gráficos de barras de la **Figura 20 y Figura 21**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en la fuerza cortante dinámica en la base en la dirección “X” y dirección “Y”, tal como se muestra a continuación:

**Figura 20**

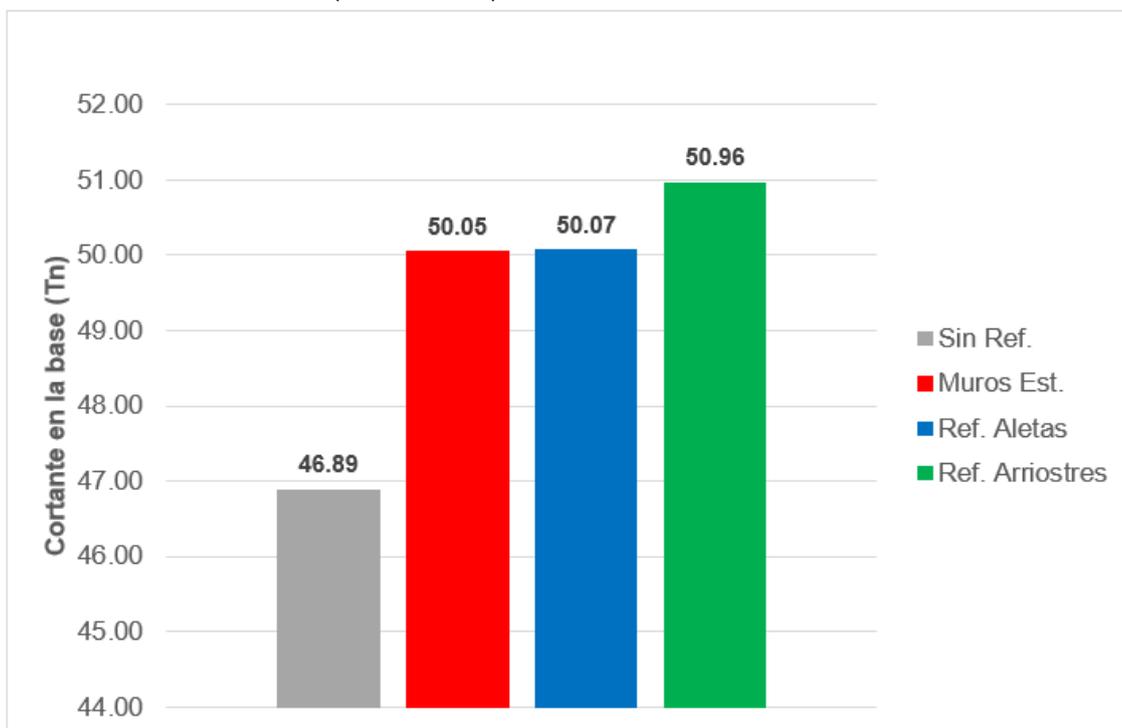
Fuerza cortante en la base (dirección "X") – análisis dinámico módulo B



- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "X", disminuye en 11.89%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "X", disminuye en 6.18%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "X", disminuye en 13.85%.

**Figura 21**

Fuerza cortante en la base (dirección "Y") – análisis dinámico módulo B



- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "Y", aumenta en 6.74%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "Y", aumenta en 8.68%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "Y", aumenta en 6.78%.

Finalmente, en la **Tabla 41** se advierte que, el reforzamiento del módulo B mediante arriostres metálicos en "X" entre columnas, permite: una disminución del 44.39% en el periodo de vibración (menor valor a comparación con lo calculado con los otros dos tipos de reforzamiento), derivas de entrepiso uniformes en ambas direcciones y la fuerza cortante en la base aumentó un 0.96% con respecto al modelo sin reforzamiento, es decir, el peso de la edificación tuvo una variación mínima.

**Tabla 41**

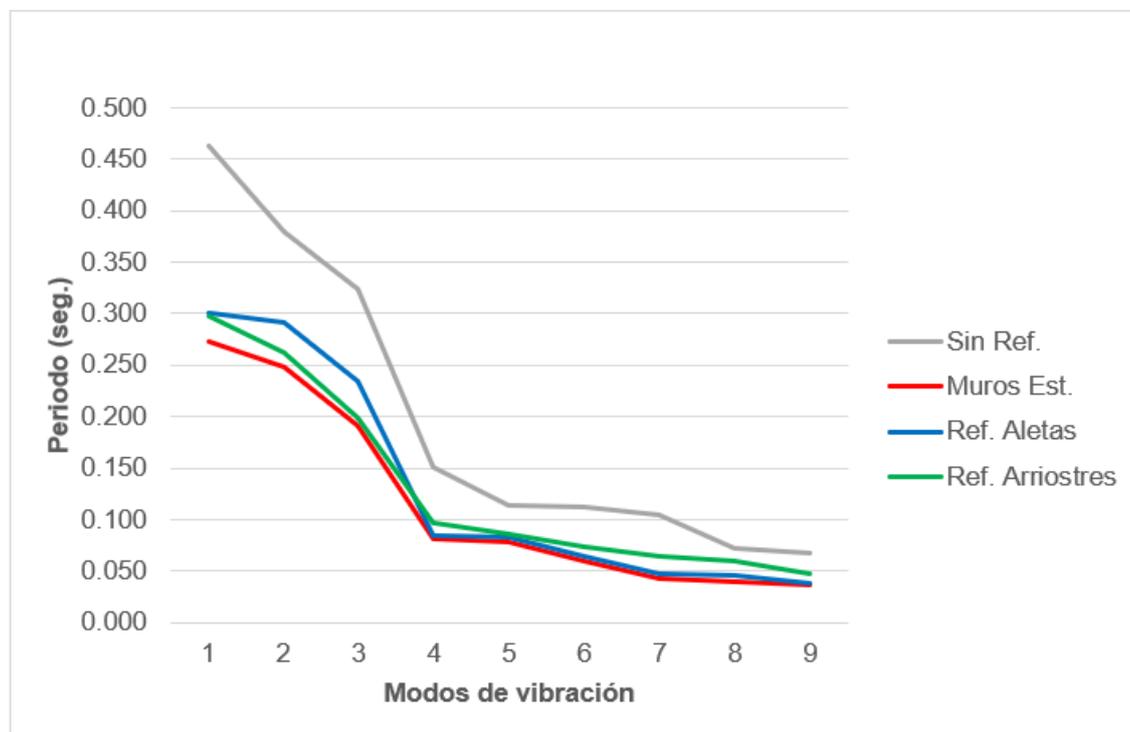
Resumen de resultados – módulo B

Dimensión		Tipo de reforzamiento			
		Sin reforzamiento	Muros estructurales	Arriostres metálicos en "X"	Aletas de concreto
Periodos (seg.)		0.383	0.283	0.213	0.274
Derivas máximas (%)	Dir. "X" (estático)	1.136	0.201	0.359	0.286
	Dir. "Y" (estático)	0.602	0.609	0.201	0.562
	Dir. "X" (dinámico)	1.104	0.175	0.353	0.242
	Dir. "Y" (dinámico)	0.637	0.602	0.200	0.570
	Cortante estático (Tn)	52.29	53.13	52.79	53.77
Cortante dinámico (Tn)	Dir. "X"	50.47	44.47	47.35	43.48
	Dir. "Y"	46.89	50.05	50.96	50.07

**Edificio módulo C:**✓ **Periodo fundamental de vibración:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 13, 21, 29 y 37** se ha obtenido la gráfica de la **Figura 22**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, el periodo fundamental de vibración disminuye, tal como se muestra a continuación:

**Figura 22**  
Periodos fundamentales de vibración módulo C



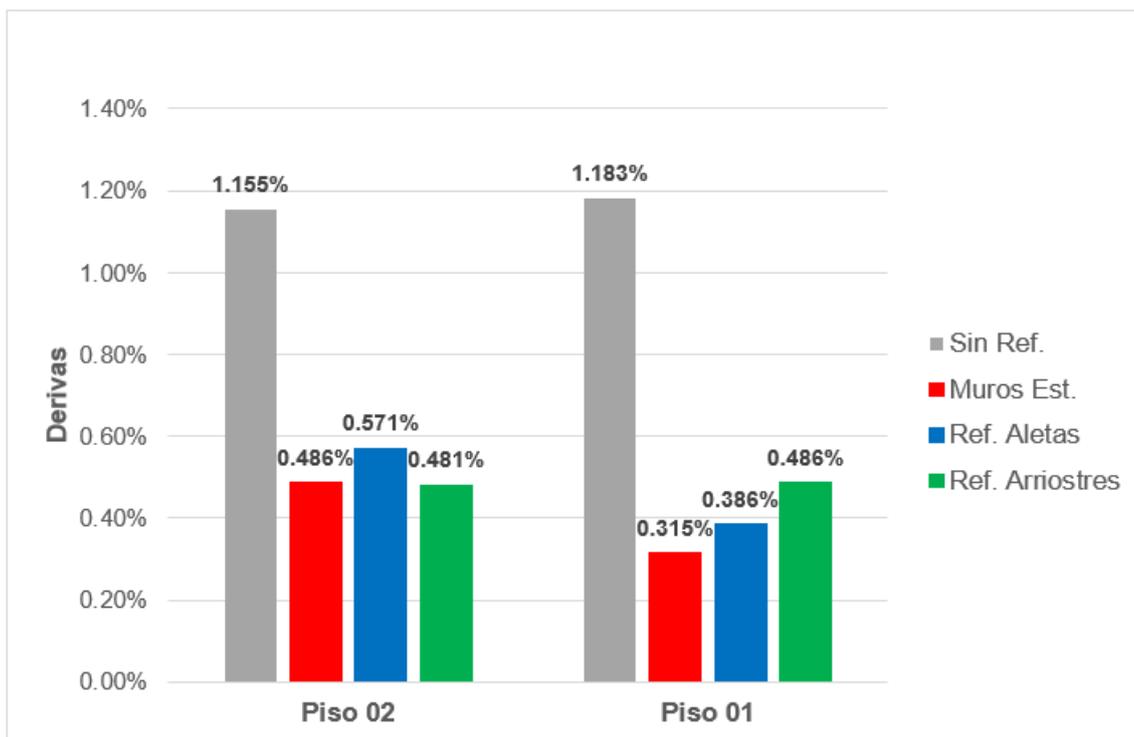
- Al reforzar incluyendo muros estructurales, en el primer modo de vibración, el periodo fundamental de vibración disminuye en 41.04%.
  - Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", en el primer modo de vibración, el periodo fundamental de vibración disminuye en 35.85%.
  - Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, en el primer modo de vibración, el periodo fundamental de vibración disminuye en 35.21%.
- ✓ **Derivas de entrepiso:**

**Análisis estático:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 14, 22, 30 y 38** se ha obtenido los gráficos de barras de la **Figura 23 y Figura 24**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en las derivas de entrepiso en la dirección "X" y dirección "Y", tal como se muestra a continuación:

**Figura 23**

Derivas de entrepiso en la dirección "X" – análisis estático módulo C



**Primer piso:**

- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 73.37%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 58.92%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 67.37%.

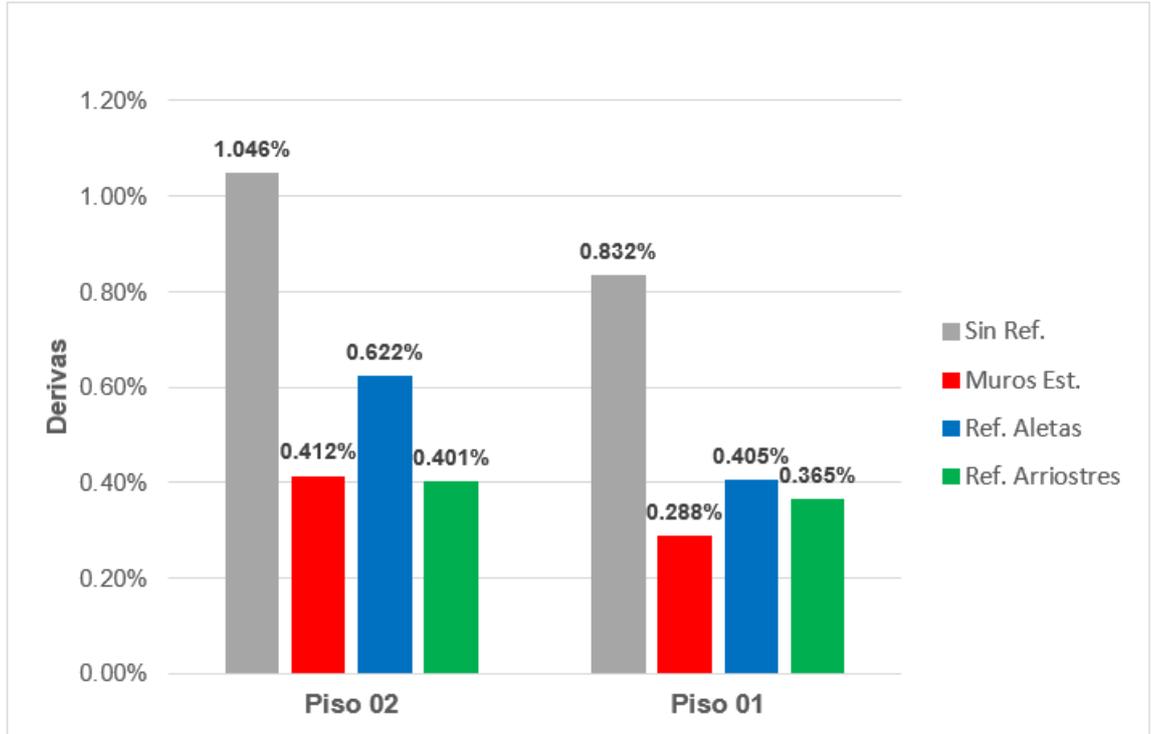
**Segundo piso:**

- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 57.92%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 58.35%.

- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección "X" disminuye en 50.56%.

**Figura 24**

Derivas de entrepiso en la dirección "Y" – análisis estático módulo C



**Primer piso:**

- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección "Y" disminuye en 65.38%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la deriva de entrepiso en la dirección "Y" disminuye en 56.13%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección "Y" disminuye en 51.32%.

**Segundo piso:**

- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección "Y" disminuye en 60.61%.

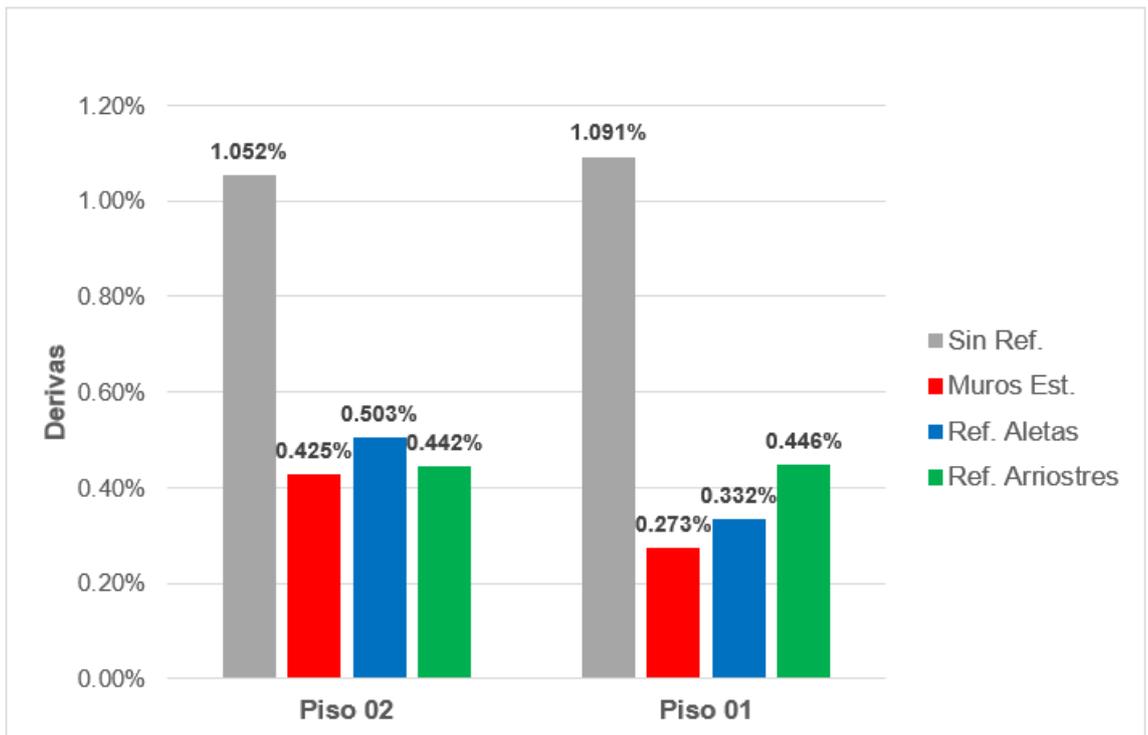
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 61.66%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 40.54%.

**Análisis dinámico:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 15, 23, 31 y 39** se ha obtenido los gráficos de barras de la **Figura 25 y Figura 26**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en las derivas de entrepiso en la dirección “X” y dirección “Y”, tal como se muestra a continuación:

**Figura 25**

Derivas de entrepiso en la dirección “X” – análisis dinámico módulo C



**Primer piso:**

- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección “X” disminuye en 74.98%.

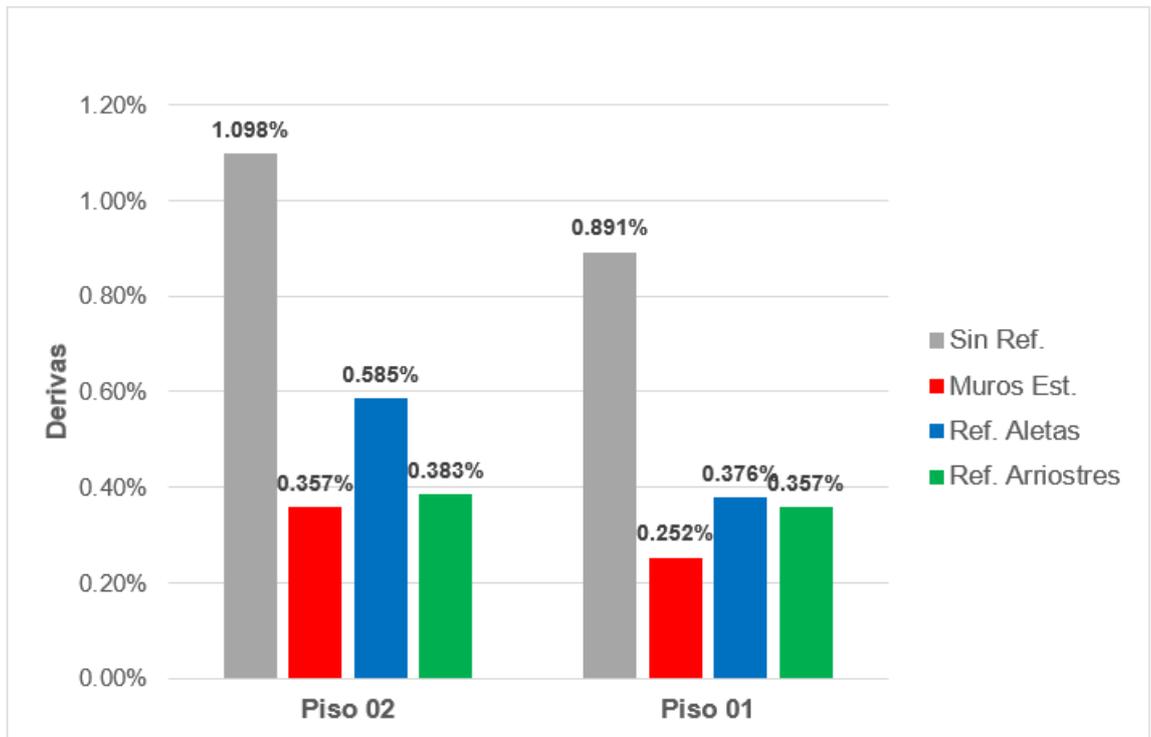
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, la deriva de entrepiso en la dirección “X” disminuye en 59.12%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección “X” disminuye en 69.57%.

**Segundo piso:**

- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección “X” disminuye en 59.60%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, la deriva de entrepiso en la dirección “X” disminuye en 57.98%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección “X” disminuye en 52.19%.

**Figura 26**

Derivas de entrepiso en la dirección “Y” – análisis dinámico módulo C



**Primer piso:**

- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 71.72%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 59.93%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 57.80%.

**Segundo piso:**

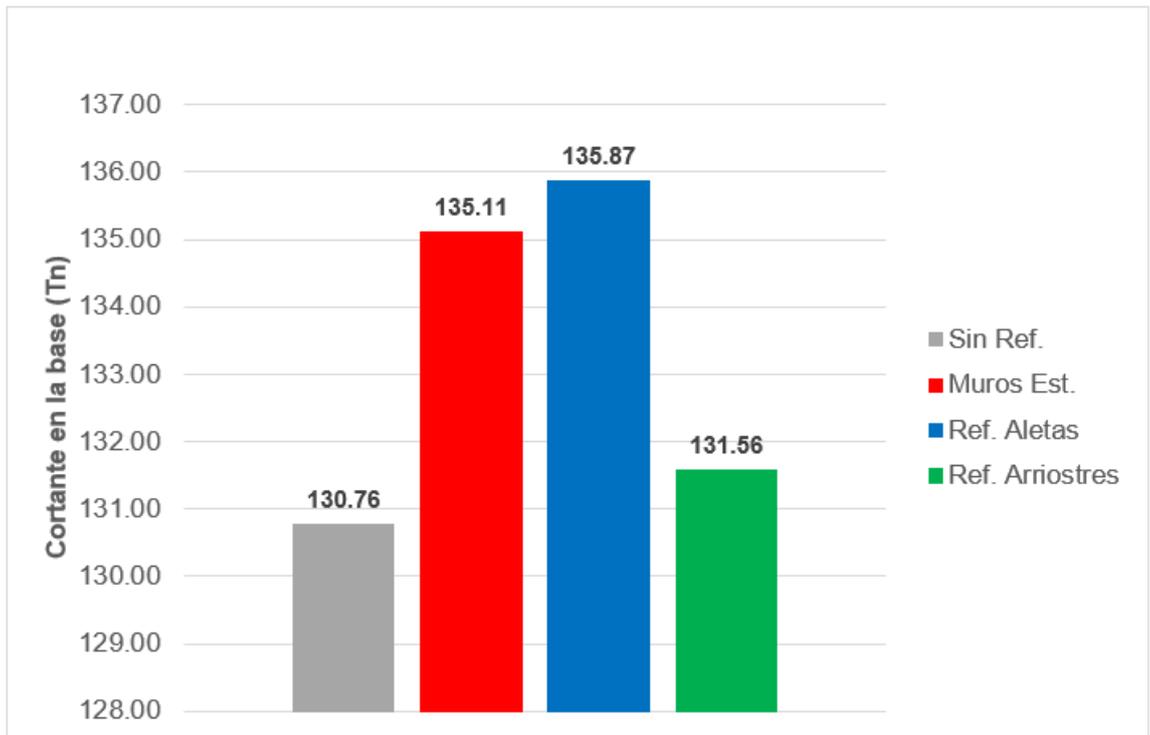
- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 67.49%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en “X”, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 65.12%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la deriva de entrepiso en la dirección “Y” disminuye en 46.72%.

**✓ Fuerza cortante en la base ( $V_b$ ):****Análisis estático:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 16, 24, 32 y 40** se ha obtenido el gráfico de barras de la **Figura 27**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en la fuerza cortante estática en la base, tal como se muestra a continuación:

**Figura 27**

Fuerza cortante en la base – análisis estático módulo C



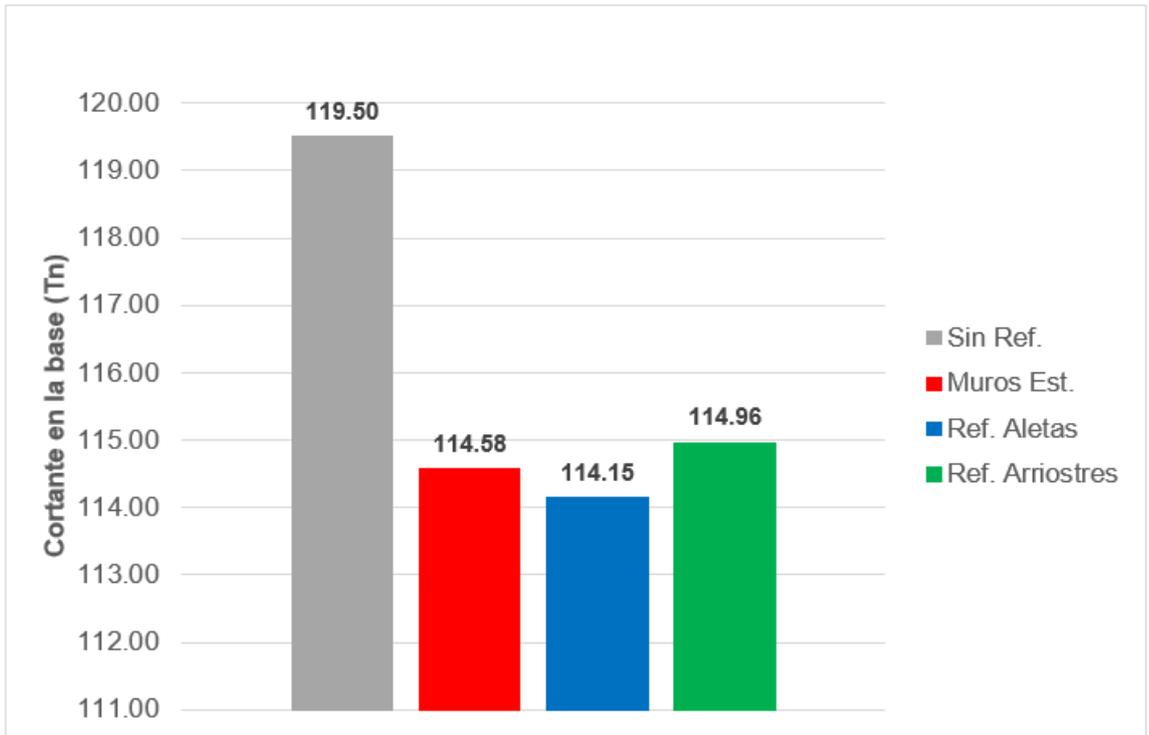
- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la fuerza cortante estática en la base aumenta en 3.33% (ambas direcciones).
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la fuerza cortante estática en la base aumenta en 0.61% (ambas direcciones).
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la fuerza cortante estática en la base aumenta en 3.91% (ambas direcciones).

**Análisis dinámico:**

De los resultados mostrados en las **Tablas 16, 24, 32 y 40** se ha obtenido el gráfico de barras de la **Figura 28 y Figura 29**, en la cual se observa que, al reforzar mediante las 3 alternativas de reforzamiento estructural, existe variación en la fuerza cortante dinámica en la base en la dirección "X" y dirección "Y", tal como se muestra a continuación:

**Figura 28**

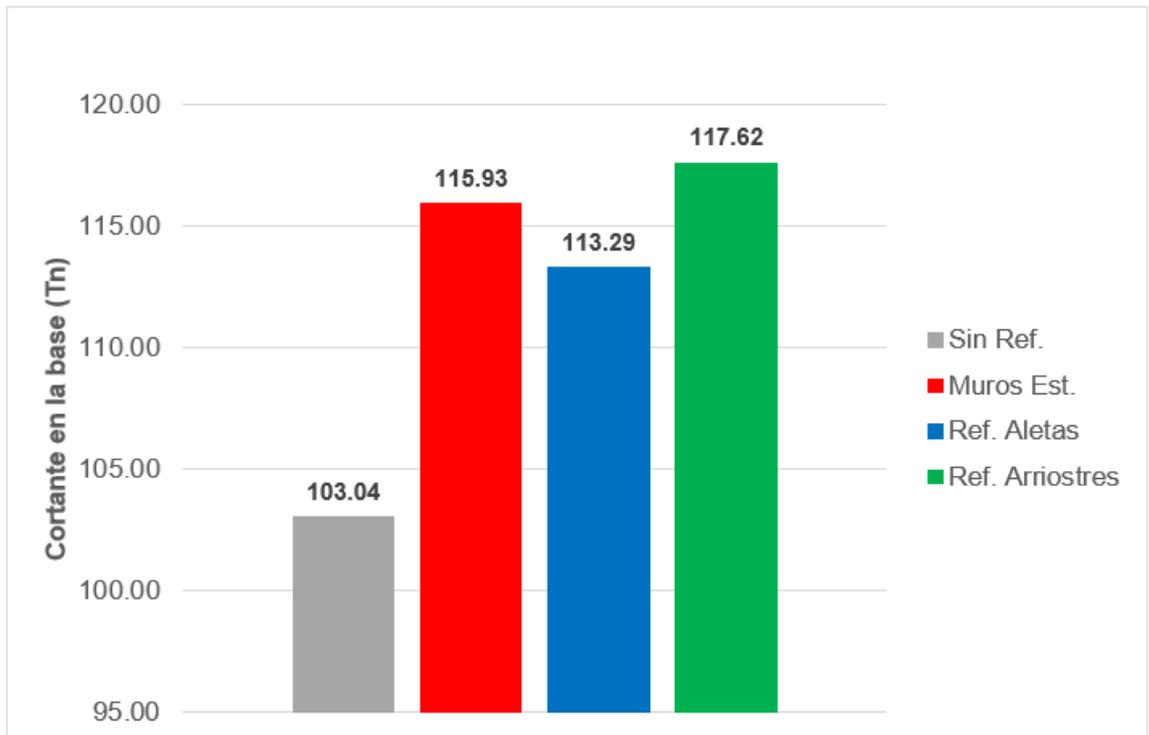
Fuerza cortante en la base (dirección "X") – análisis dinámico módulo C



- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "X", disminuye en 4.12%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "X", disminuye en 3.80%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "X", disminuye en 4.48%.

**Figura 29**

Fuerza cortante en la base (dirección "Y") – análisis dinámico módulo C



- Al reforzar incluyendo muros estructurales, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "Y", aumenta en 12.51%.
- Al reforzar incluyendo arriostres metálicos en "X", la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "Y", aumenta en 14.15%.
- Al reforzar incluyendo aletas de concreto armado, la fuerza cortante dinámica en la base, en la dirección "Y", aumenta en 9.95%.

Finalmente, en la **Tabla 42** se advierte que, el reforzamiento mediante arriostres metálicos en "X" entre columnas, permite: una disminución del 35.85% en el periodo de vibración, derivas de entrepiso uniformes en ambas direcciones y la fuerza cortante en la base aumentó un 0.61% con respecto al modelo sin reforzamiento, es decir, el peso de la edificación tuvo una variación mínima.

**Tabla 42**

Resumen de resultados – módulo C

Dimensión		Tipo de reforzamiento			
		Sin reforzamiento	Muros estructurales	Arriostres metálicos en "X"	Aletas de concreto
Periodos (seg.)		0.463	0.273	0.297	0.300
Derivas máximas (%)	Dir. "X" (estático)	1.155	0.486	0.481	0.571
	Dir. "Y" (estático)	1.046	0.412	0.401	0.622
	Dir. "X" (dinámico)	1.052	0.425	0.442	0.503
	Dir. "Y" (dinámico)	1.098	0.357	0.383	0.585
	Cortante estático (Tn)	130.76	135.11	131.56	135.87
Cortante dinámico (Tn)	Dir. "X"	119.50	114.58	114.96	114.15
	Dir. "Y"	103.04	115.93	117.62	113.29

### 5.3 Contrastación de hipótesis

Luego del análisis sismorresistente realizado a los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, los resultados muestran que, al reforzar estructuralmente mediante la inclusión de muros estructurales, arriostres metálicos en "X" y la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas, la respuesta sismorresistente de los módulos B y C mejora; puesto que, los valores de periodos, derivas de entrepiso y cortante en la base, cumplen con lo establecido en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

Sin embargo, en el módulo B, al reforzar mediante arriostres metálicos en "X", existe un aumento de la fuerza cortante en la base de 0.96%; es decir, el peso de la edificación tuvo un leve aumento, siendo es el más favorable en relación a los otros dos tipos de reforzamiento, lo cual significa que los elementos estructurales (vigas y columnas) y cimentación no se verán afectados considerablemente.

De igual manera, en el módulo C, al reforzar mediante arriostres metálicos en "X", existe un aumento de la fuerza cortante en la base de 0.61%; es decir, el peso de la edificación tuvo un leve aumento, siendo es el más favorable en relación a los

otros dos tipos de reforzamiento, lo cual significa que los elementos estructurales (vigas y columnas) y cimentación no se verán afectados considerablemente.

De otro lado, al reforzar mediante arriostres metálicos en “X”, no se modificará sustancialmente la arquitectura (iluminación, ventilación y funcionalidad) del módulo B y módulo C, puesto que no se disminuirán las dimensiones de los vanos y la instalación será en la parte exterior de los módulos.

Bajo ese contexto, el reforzamiento con arriostres metálicos en “X” genera mejor respuesta sismorresistente en los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, en comparación con el reforzamiento de incluir muros estructurales o la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas. Su principal ventaja radica en que el aumento de peso es mínimo, lo cual significa que los elementos estructurales (vigas y columnas) y cimentación no se verán afectados considerablemente.

## CONCLUSIONES

- El reforzamiento estructural mediante muros estructurales no genera mejor respuesta sismorresistente en los módulos B y C de la I. E. Julio Ramón Ribeyro – Cajamarca, en comparación con los reforzamientos con arriostres metálicos en “X” o la inclusión de aletas de concreto armado en las columnas.
- Los módulos B y C presentan respuestas sismorresistentes inadecuadas, debido a que las derivas de entrepiso superan el límite máximo establecido en la normativa, es decir, carecen de rigidez lateral, ocasionando que el nivel de daño se encuentre entre los niveles de moderado a extenso, siendo necesario reforzar dichos módulos.
- Reforzar los módulos B y C mediante muros estructurales, arriostres metálicos en “X” y aletas de concreto armado en las columnas, permite que las respuestas sismorresistentes mejoren, debido al aumento de sus rigideces laterales; sin embargo, reforzar con muros estructurales y aletas de concreto incrementa el peso de ambos módulos, ocasionando que los elementos estructurales (vigas y columnas) y cimentación se vean sometidos a esfuerzos adicionales.
- Reforzar los módulos B y C con arriostres metálicos en “X” es la alternativa más adecuada frente al reforzamiento con muros estructurales y aletas de concreto armado. Su principal ventaja radica en que el aumento de peso es mínimo, lo cual significa que los elementos estructurales (vigas y columnas) y cimentación no se verán afectados considerablemente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones que impliquen la comparación de reforzamientos estructurales en edificaciones esenciales mediante arriostres metálicos con arreglo en “V”, en “V” invertida y en “K”.
- Se recomienda realizar estudios de reforzamiento estructural teniendo en cuenta la subestructura de las edificaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre J. y Bone J. (2018). Evaluación sísmica y propuesta de diseño de reforzamiento estructural para el edificio de la Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos de la Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador. (*Tesis de grado*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ale F. (2024). Evaluación y reforzamiento estructural del pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Química. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Arana J. (2018). Propuesta de reforzamiento estructural para devolverle la funcionalidad al Pabellón P-3 de la Institución Educativa Santa Fortunata en el distrito de Moquegua. (*Tesis de grado*). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua.
- Beltran U. (2023). Análisis, revisión y reforzamiento del sistema estructural mixto de la I.E.I. N° 43 en la localidad de Ayaviri-Melgar-Puno, 2021. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Blanco J. (2005). Las Estructuras de los Centros Educativos (Colegios) en el Siglo XX en el Perú Diversos Proyectos de Reforzamiento y Ejemplos de Estructuración de Edificaciones de la Universidad Católica del Perú. (*Tesis Magistral*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Braja M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc., Séptima Edición.
- Briceño O. y Ordoñez R. (2018). Comparación del desempeño sísmico del pabellón “C” de la I.E. N° 88047- Augusto Salazar Bondy, considerando los parámetros indicados en la Norma Técnica E.030-2006 y la actualizada E.030-2016. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.

- Cabanillas F. (2018). Comportamiento estructural del edificio de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca con diferentes tipos de arriostres, 2017. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Clemente S. y Huaccachi J. (2024). Propuesta de reforzamiento para mejorar el comportamiento sísmico y estructural del pabellón 1 y 2 del IESPTA del Cusco, 2023. (*Tesis de grado*). Universidad Continental, Cusco.
- Crespo C. (2017). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Fondo Editorial Limusa, Sexta Edición.
- Conopuma J. y Lara C. (2020). Mejora del desempeño sísmico de la escuela de Psicología de la Universidad Nacional San Agustín empleando el encamisado de columnas. (*Tesis de grado*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Crisafulli F. (2018). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero*. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Asociación Latinoamericana del Acero.
- Díaz C. (2022). Comparación de la respuesta estructural de la I.E. Santa Rafaela María – Chota, considerando tres tipos de refuerzo estructural. (*Tesis Magistral*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Estrada F. (2018). Estudio comparativo de dos alternativas para la ampliación de un nivel de un módulo de aulas existente. (*Tesis Magistral*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Gameros S. (2015). Análisis comparativo de tres tipos de refuerzo estructural para pabellones de aulas de locales escolares de dos pisos y tres aulas por piso. (*Tesis de grado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- INDECI. (2011). *Impacto socioeconómico y ambiental del sismo del 15 de agosto de 2007*. Instituto Nacional de Defensa Civil, Lima.

- Marca J. y Rojas E. (2021). Análisis comparativo de 2 tipos de refuerzos estructurales para la “Institución Educativa N°4460 - Cesar Cohaila Tamayo” en el Departamento de Tacna. (*Tesis de grado*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2023). *Norma Técnica Complementaria para el Diseño por Sismo*. México: Secretaría de Obras y Servicios.
- Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2023). *Norma Técnica Complementaria para el Diseño y Construcción de Cimentaciones*. México: Secretaría de Obras y Servicios.
- Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2023). *Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación de Edificios Existentes*. México: Secretaría de Obras y Servicios.
- Rochel R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Rodríguez, E. (2020). Análisis comparativo de las diferentes metodologías de reforzamiento estructural aplicables a edificaciones construidas en concreto reforzado. (*Tesis de grado*). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Romero, S. (2021). Estrategias para la instalación de disipadores de energía metálicos en edificios de pórticos de hormigón armado rellenos con muros de albañilería. (*Tesis Magistral*). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2009). *Norma Técnica E.060 – Concreto Armado*. Perú: El Peruano.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2019). *Norma Técnica E.030 – Diseño sismorresistente*. Perú: El Peruano.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2021). *Norma Técnica G.040 – Definiciones*. Perú:  
El Peruano

Rosales C. (2023). Comparación de la respuesta sísmica entre las propuestas de reforzamiento de concreto armado mediante encamisado de vigas y columnas o mediante la inclusión de muros de corte, para los pabellones escolares de la I.E. San Fernando. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Tavera H. (2020). *Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú*. Instituto Geofísico del Perú, Lima.

Tavera H. (2017). *Actualización del escenario por sismo, tsunami y exposición en la Región Central del Perú*. Instituto Geofísico del Perú, Lima.

Tavera H., Bernal I., Condori C., Ordaz M., Zevallos A. y Ishizawa O. (2014). *Evaluación del Peligro Sísmico en Perú*. Instituto Geofísico del Perú, Lima.

## APÉNDICES

### Apéndice 1: Procedimiento de obtención de resultados

#### A. Parámetros sísmicos:

Los módulos B y C de la institución Julio Ramón Ribeyro pertenecen a un colegio público de nivel secundario y se ubica en la Ciudad de Cajamarca; los parámetros sísmicos han sido determinados de acuerdo a la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019) y se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 43**

Parámetros sísmicos – módulos B y C de la I.E. Julio Ramón Ribeyro

Parámetro	Valor	Descripción
Z	0.35	La Ciudad de Cajamarca se encuentra en la zona sísmica 3 (artículo 10 de la E.030-2019).
U	1.50	Las instituciones educativas se encuentran dentro de la categoría de edificaciones esenciales A2 (artículo 15 de la E.030-2019).
S	1.20	Perfil de suelo tipo S3: suelo blando (artículo 13 de la E.030-2019).
R <sub>x</sub>	8.00	Sistema estructural: pórticos de concreto armado (artículo 18 de la E.030-2019).
R <sub>y</sub>	8.00	
T <sub>p</sub>	1.00	Perfil de suelo tipo S3: suelo blando (artículo 13 de la E.030-2019).
T <sub>L</sub>	1.60	E.030-2019).

#### B. Espectro de diseño sismorresistente:

El espectro de diseño sismorresistente ha sido determinado de acuerdo a la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (2019) y se muestra a continuación:

**Tabla 44**

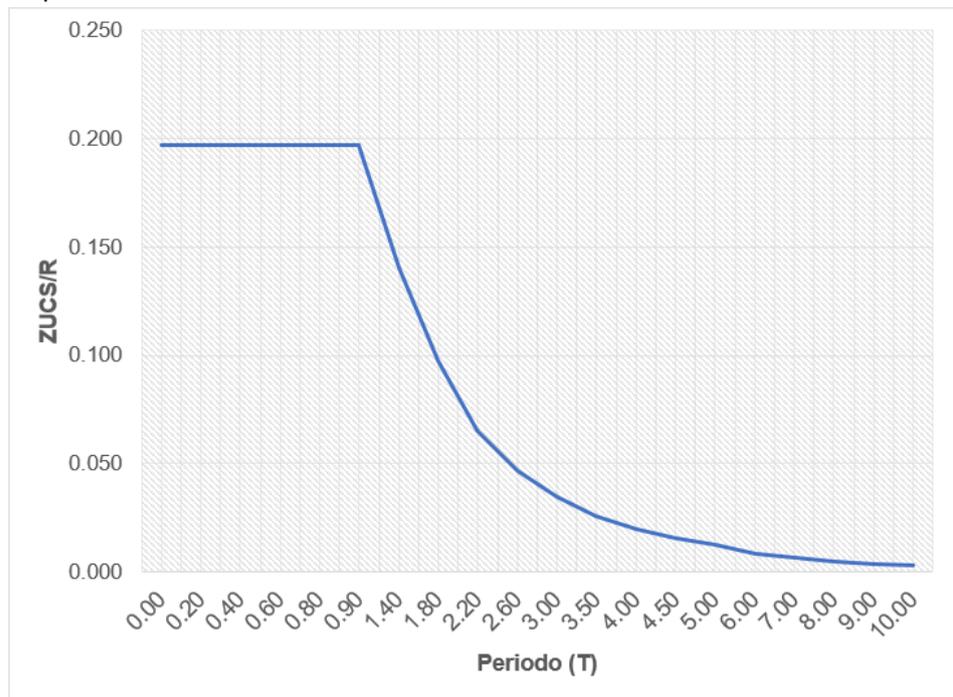
Cálculo de parámetros para espectro

T	C	ZUCS/R
0.00	2.50	0.19688
0.20	2.50	0.19688
0.40	2.50	0.19688
0.60	2.50	0.19688
0.80	2.50	0.19688
0.90	2.50	0.19688
1.40	1.79	0.14063
1.80	1.23	0.09722
2.20	0.83	0.06508
2.60	0.59	0.04660
3.00	0.44	0.03500
3.50	0.33	0.02571
4.00	0.25	0.01969

**Tabla 44**  
Cálculo de parámetros para espectro

<b>T</b>	<b>C</b>	<b>ZUCS/R</b>
4.50	0.20	0.01556
5.00	0.16	0.01260
6.00	0.11	0.00875
7.00	0.08	0.00643
8.00	0.06	0.00492
9.00	0.05	0.00389
10.00	0.04	0.00315

**Figura 30**  
Espectro de diseño sismorresistente



**C. Medrado de cargas:**

**Módulo B:**

➤ **Cargas sobre vigas en techo del primer nivel:**

Peso específico de la albañilería = 1.80 Tn/m<sup>3</sup>

- **Carga de la tabiquería en la VCH-1 y V-101 (pasadizo):**

Altura de muro (parapeto) = 1.10 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga sobre VCH-1 y V-101 = 1.8\*1.10\*0.13 = 0.26 Tn/m.**

- **Carga de la tabiquería en la VS-101 (ventana baja):**

Altura de muro (alféizar) = 1.20 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga sobre la VS-101 =  $1.8 \times 1.20 \times 0.13 = 0.28$  Tn/m.**

**- Carga de la tabiquería en la VS-101 (ventana alta):**

Altura de muro (alféizar) = 2.10 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga sobre la VS-101 =  $1.8 \times 2.10 \times 0.13 = 0.49$  Tn/m.**

**- Carga de la tabiquería en la V-101 (muros de división):**

Altura de muro (alféizar) = 2.94 m. (promedio de 3 alturas)

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga sobre la VS-101 =  $1.8 \times 2.94 \times 0.13 = 0.69$  Tn/m.**

➤ **Cargas muertas y vivas en las losas:**

**- Carga muerta:**

Para acabados = 0.10 Tn/m<sup>2</sup>

Para ladrillos = 0.090 Tn/m<sup>2</sup>

**CM = 0.19 Tn/m<sup>2</sup>**

**- Cargas vivas:**

Para aulas = 0.25 Tn/m<sup>2</sup>

Para pasadizos = 0.40 Tn/m<sup>2</sup>

➤ **Cargas muertas y vivas en techo a dos aguas:**

**- Carga muerta:**

Para acabados = 0.100 Tn/m<sup>2</sup>

Para teja andina = 0.015 Tn/m<sup>2</sup>

Para ladrillos = 0.090 Tn/m<sup>2</sup>

**CM = 0.21 Tn/m<sup>2</sup>**

**- Carga viva:**

**Teja andina = 0.05 Tn/m<sup>2</sup>** (numeral 7.1 del artículo 7 de la E.020).

### **Módulo C:**

#### ➤ **Cargas en las vigas (techo del primer nivel):**

Peso específico de la albañilería =  $1.80 \text{ Tn/m}^3$

##### **- Carga de la tabiquería en la VS-101:**

Altura de muro = 1.50 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga sobre VS-101 =  $1.8*1.50*0.13 = 0.35 \text{ Tn/m}$ .**

##### **- Carga de la tabiquería en la VS-104:**

Altura de muro = 1.50 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga sobre VS-104 =  $1.8*1.50*0.13 = 0.35 \text{ Tn/m}$ .**

##### **- Carga de la tabiquería en la Viga de Borde (VB) (pasadizo):**

Altura de muro (parapeto) = 1.10 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga en la Viga de Borde (VB) (pasadizo) =  $1.8*1.10*0.13 = 0.26 \text{ Tn/m}$ .**

##### **- Carga de la tabiquería en las vigas V-101, V-102, V104 y V105 (muros divisorios):**

Altura de muro = 2.60 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga en las vigas V-101, V-102, V104 y V105 (muros divisorios) =  $1.8*2.60*0.13 = 0.61 \text{ Tn/m}$ .**

#### ➤ **Cargas en las vigas de techo (segundo nivel):**

##### **- Carga de la tabiquería en la VS-201:**

Altura de muro = 1.50 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga en la VS-201 =  $1.8*1.50*0.13 = 0.35 \text{ Tn/m}$ .**

- **Carga de la tabiquería en la VS-204:**

Altura de muro = 1.50 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga en la VS-204 =  $1.8 \cdot 1.50 \cdot 0.13 = 0.35$  Tn/m.**

- **Carga de la tabiquería en la Viga de Borde (VB) (pasadizo):**

Altura de muro = 1.10 m.

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga en la Viga de Borde (VB) (pasadizo) =  $1.8 \cdot 1.10 \cdot 0.13 = 0.26$  Tn/m.**

- **Carga de la tabiquería en las vigas V-201, V-202, V204 (eje D) y V105**

**(muros divisorios de ambientes):**

Altura de muro = 3.10 m. (calculada con el promedio de 3 alturas)

Espesor de muro = 0.13 m.

**Carga en las vigas V-201, V-202, V204 (eje D) y V105 (muros divisorios de ambientes) =  $1.8 \cdot 3.10 \cdot 0.13 = 0.73$  Tn/m.**

➤ **Cargas muertas y vivas en losas:**

- **Carga muerta:**

Para acabados = 0.10 Tn/m<sup>2</sup>

Para ladrillos = 0.090 Tn/m<sup>2</sup>

**CM = 0.19 Tn/m<sup>2</sup>**

- **Cargas vivas:**

Para aulas = 0.25 Tn/m<sup>2</sup>

Para biblioteca = 0.30 Tn/m<sup>2</sup>

Para pasadizos = 0.40 Tn/m<sup>2</sup>

➤ **Cargas muertas y vivas en techo a dos aguas:**

- **Carga muerta:**

Para acabados = 0.100 Tn/m<sup>2</sup>

Para teja andina = 0.015 Tn/m<sup>2</sup>

Para ladrillos = 0.090 Tn/m<sup>2</sup>

**CM = 0.21 Tn/m<sup>2</sup>**

- **Carga viva:**

**Teja andina = 0.05 Tn/m<sup>2</sup>** (numeral 7.1 del artículo 7 de la E.020).

#### **D. Características de los materiales:**

Para el modelamiento estructural de los módulos B y C, se requiere tener definidos las principales características de los materiales, que para el presente estudio son: el concreto, acero de refuerzo o corrugado y el acero estructural, dichas características se muestran a continuación:

**Tabla 45**

Características de los materiales

<b>Concreto armado:</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Peso unitario	2400.00	Kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a compresión	210.00	Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	217370.65	Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson	0.15	-
<b>Acero de refuerzo o corrugado:</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Esfuerzo de fluencia $f_y$	4200.00	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario	7850.00	Kg/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad	2100000.00	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Acero estructural:</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Esfuerzo de fluencia $f_y$	2530.00	Kg/cm <sup>2</sup>
Densidad específica	7850.00	Kg/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad	2100000.00	Kg/cm <sup>2</sup>
$F_u$	4080.00	Kg/cm <sup>2</sup>
Relación de Poisson	0.30	-

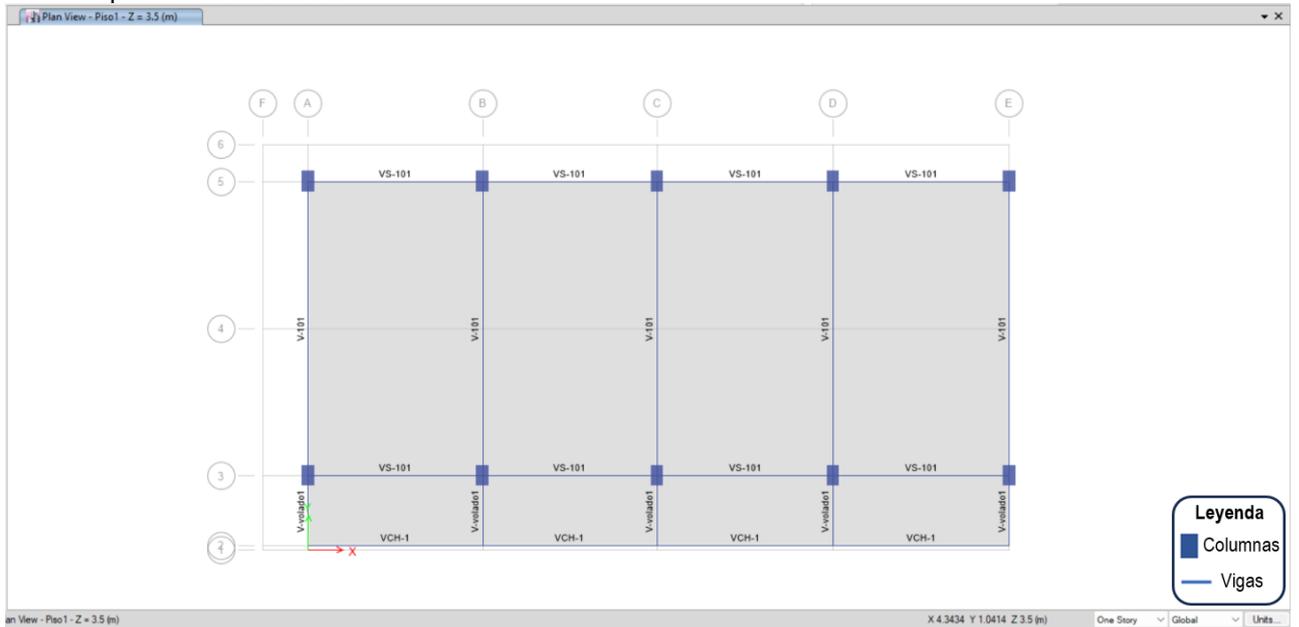
#### **E. Modelamiento estructural de los módulos B y C sin reforzamiento estructural:**

Para el modelamiento estructural de los módulos B y C se ha utilizado el programa Etabs versión educacional, tal como se muestra a continuación:

## Módulo B:

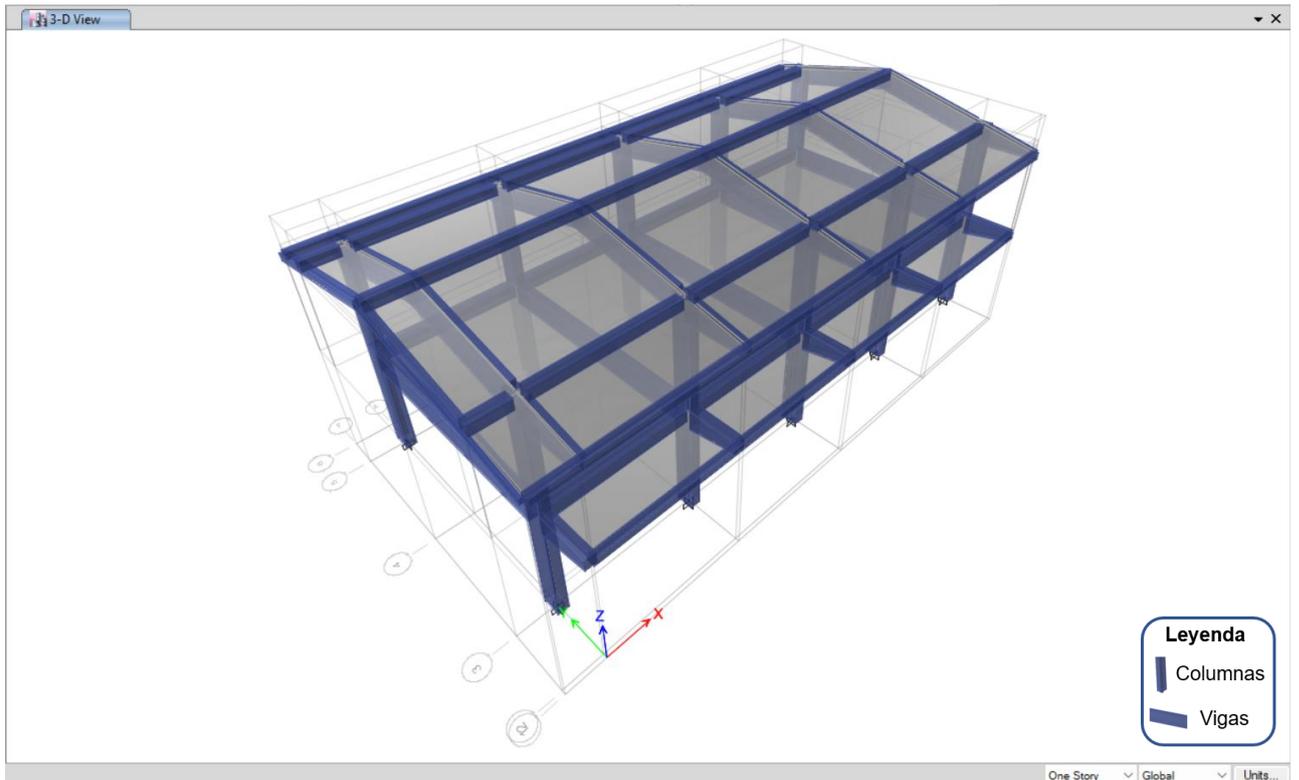
**Figura 31**

Vista en planta del módulo B



**Figura 32**

Vista en 3D del módulo B

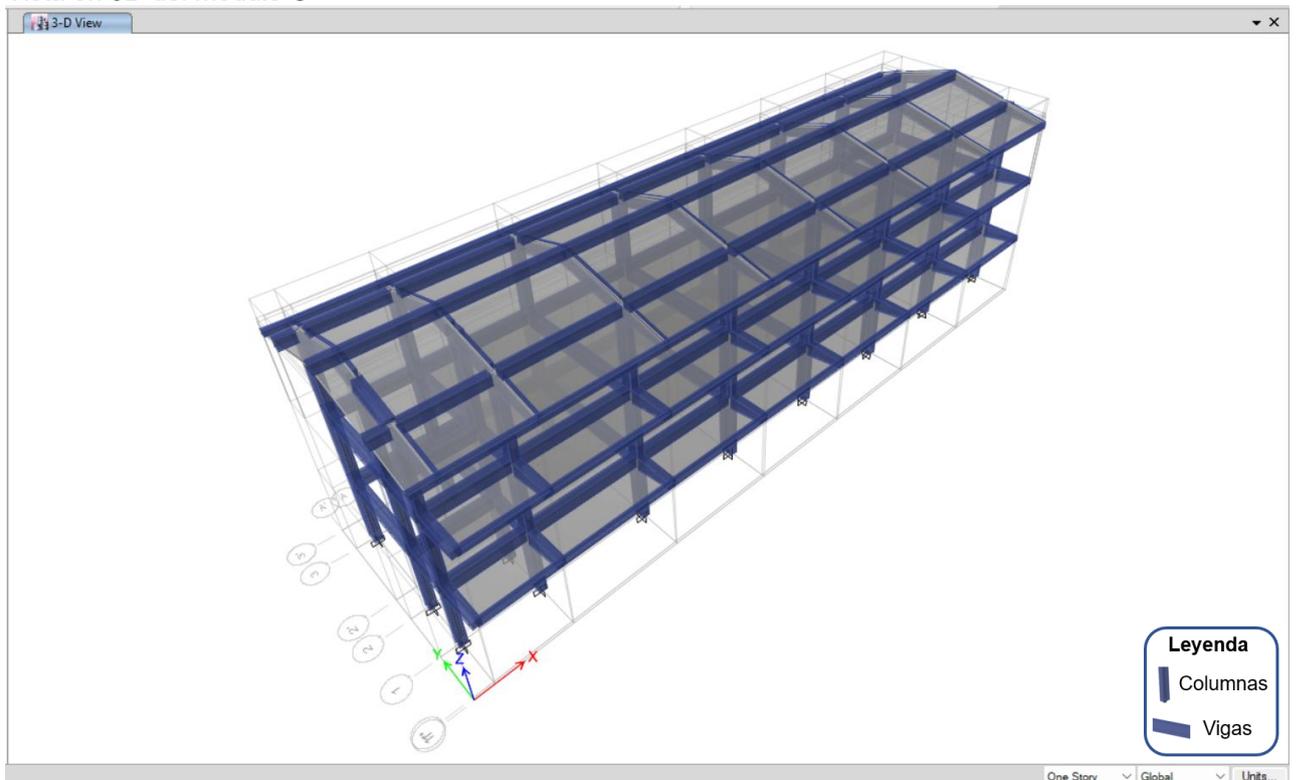


## Módulo C:

**Figura 33**  
Vista en planta del módulo C



**Figura 34**  
Vista en 3D del módulo C



**F. Modelamiento estructural de los módulos B y C incluyendo muros estructurales:**

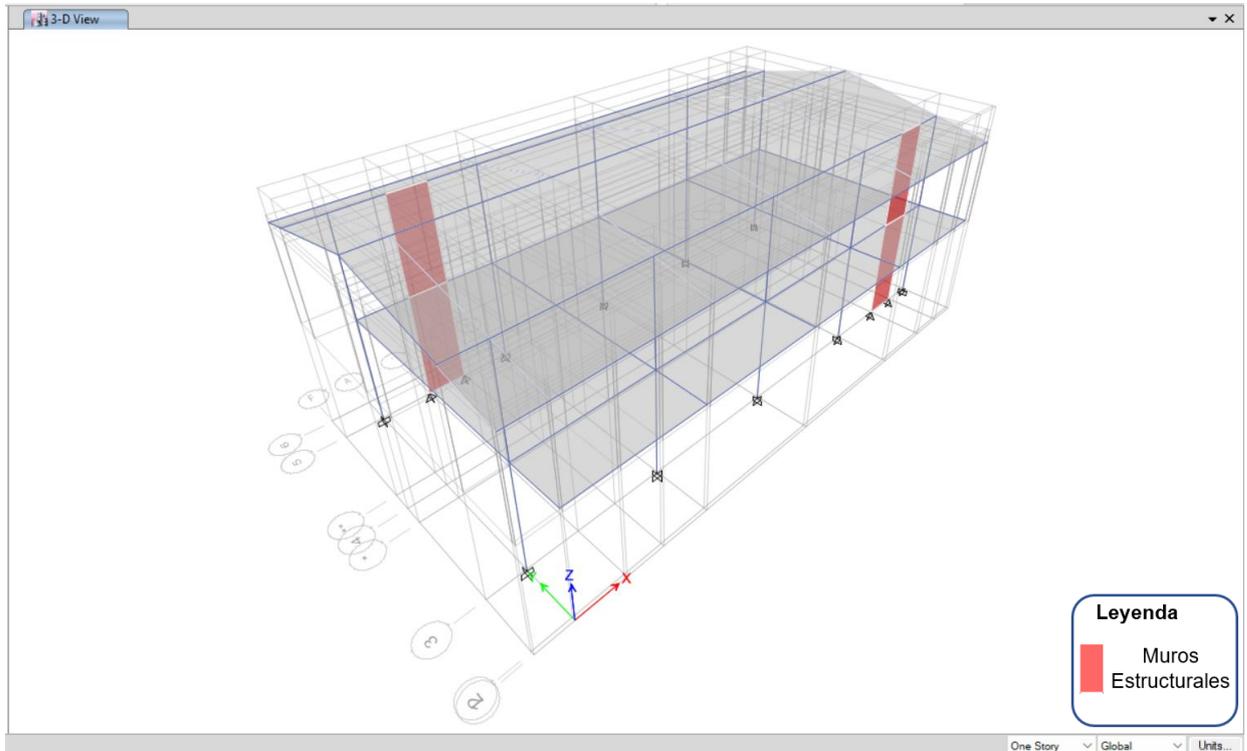
**Figura 35**

Vista en planta del módulo B

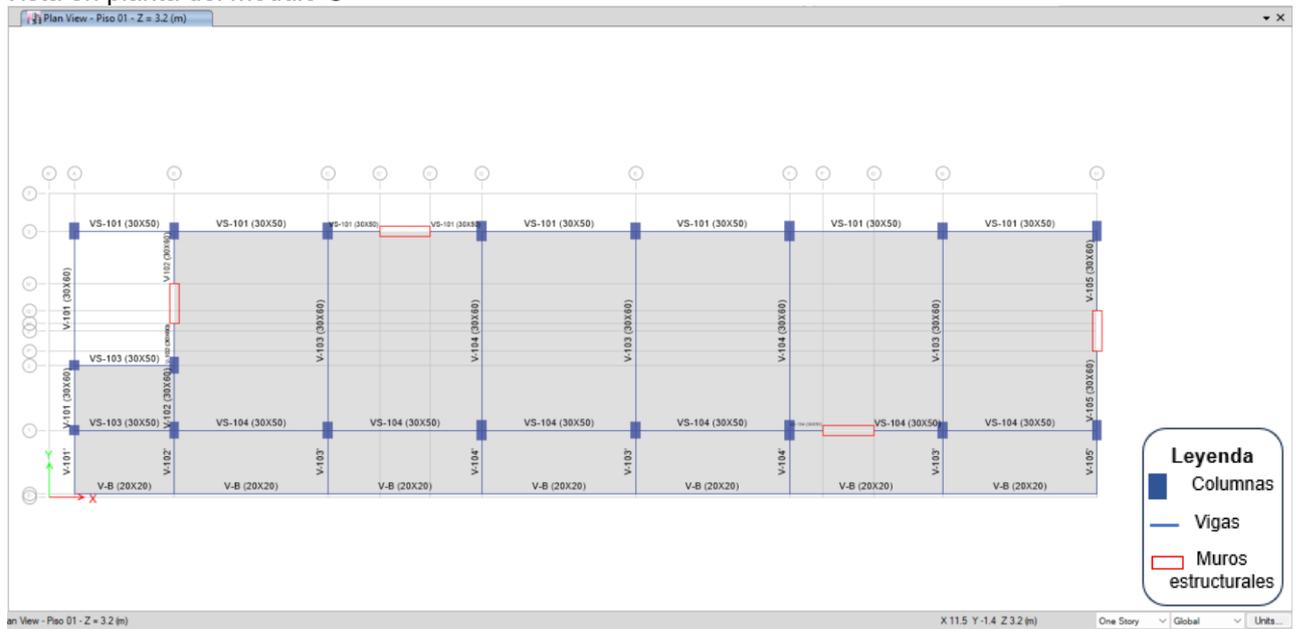


**Figura 36**

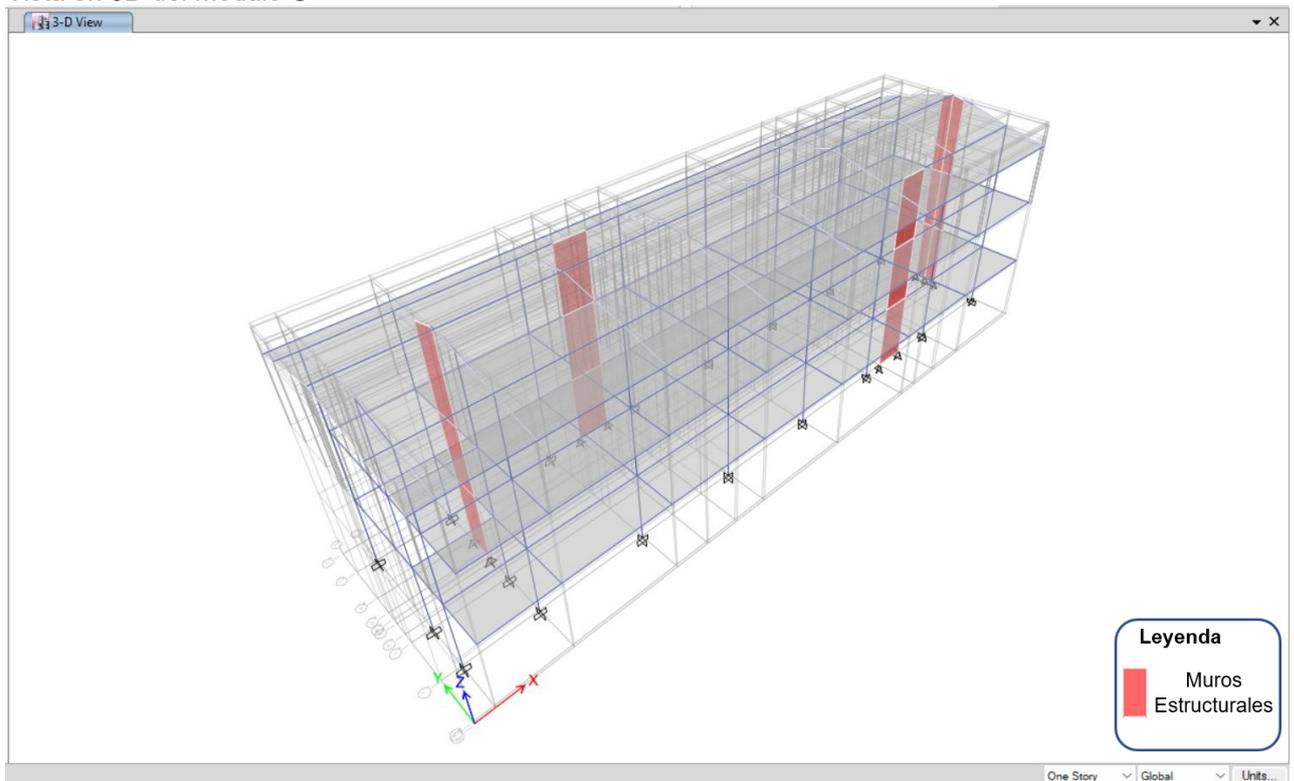
Vista en 3D del módulo B



**Figura 37**  
Vista en planta del módulo C



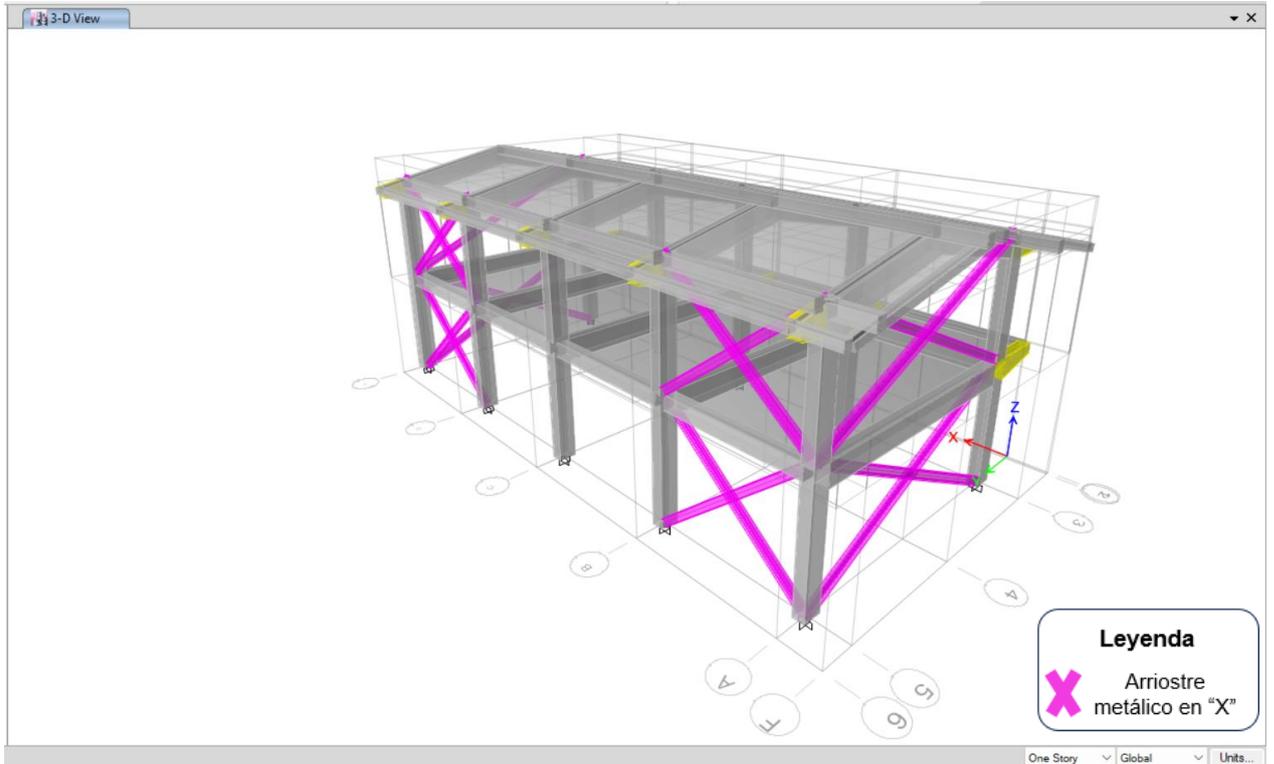
**Figura 38**  
Vista en 3D del módulo C



## G. Modelamiento estructural de los módulos B y C incluyendo arriostres metálicos:

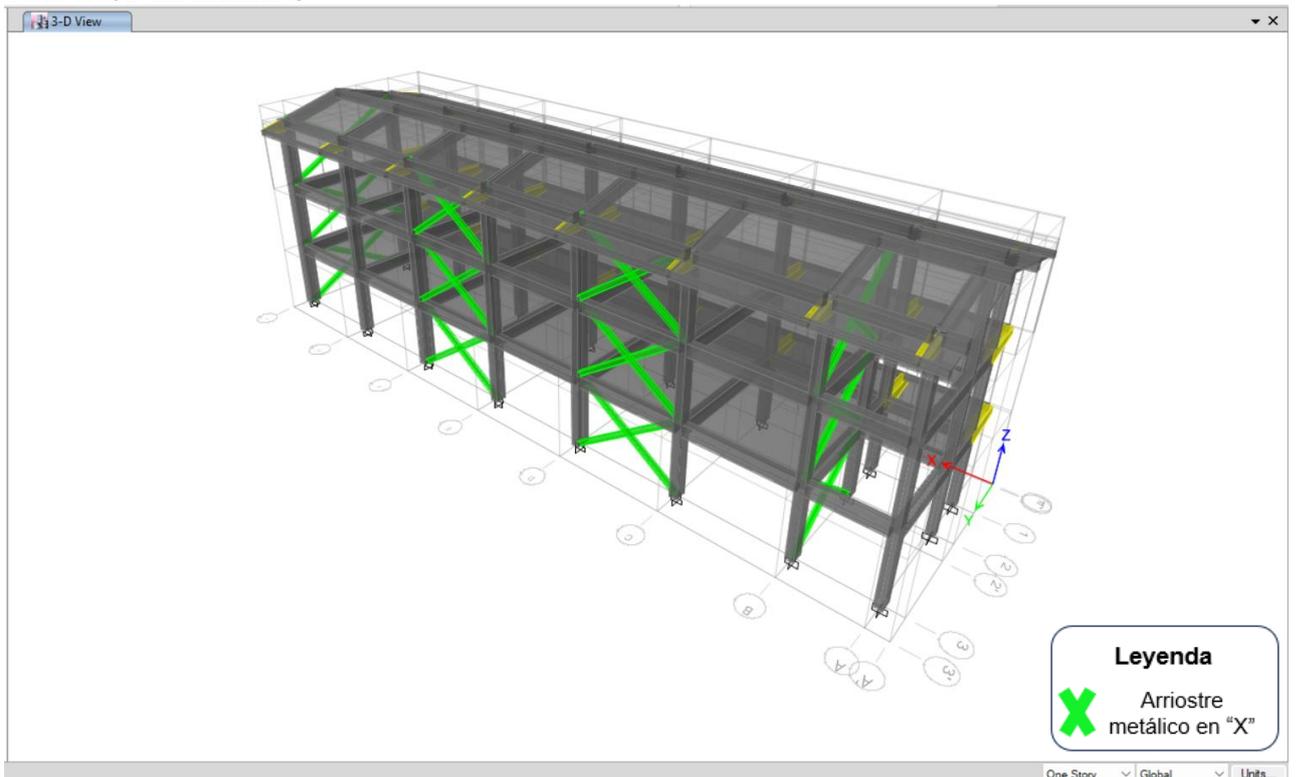
**Figura 39**

Vista en 3D del módulo B



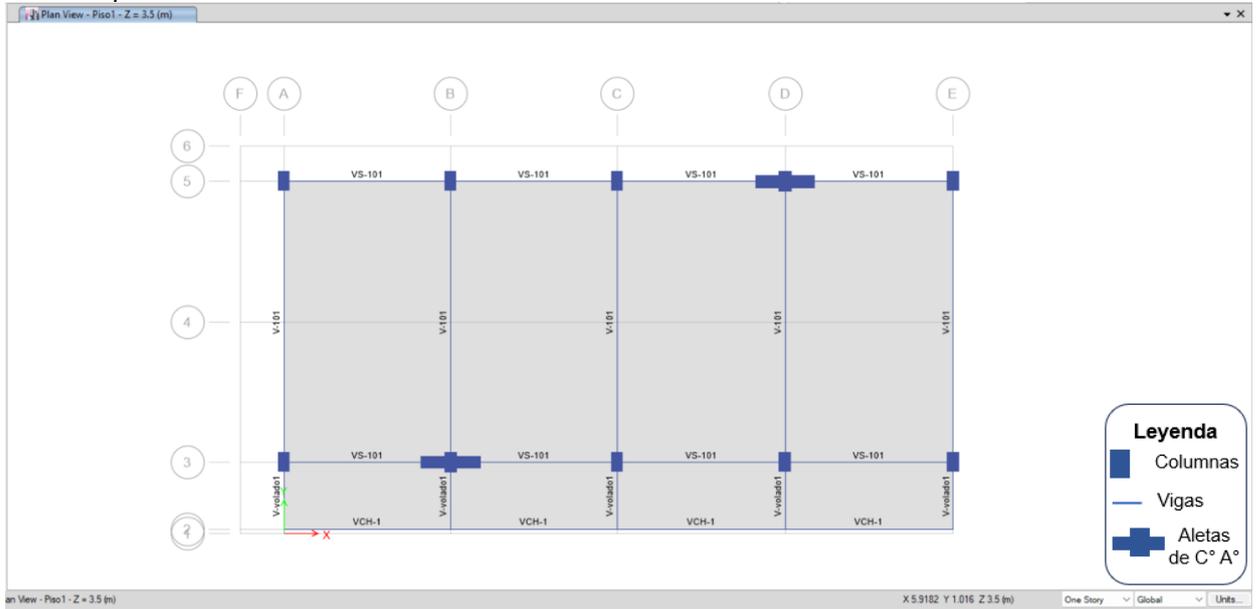
**Figura 40**

Vista en 3D del módulo C

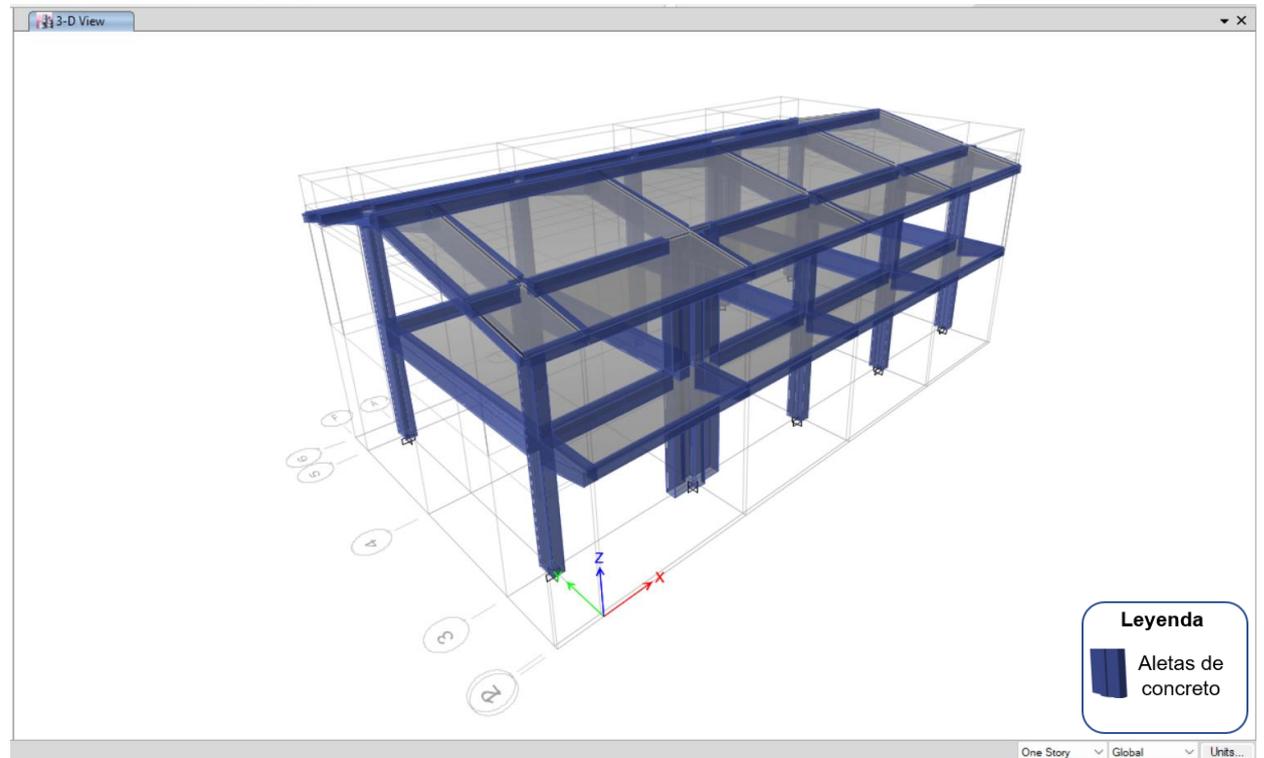


## H. Modelamiento estructural de los módulos B y C incluyendo aletas de concreto armado:

**Figura 41**  
Vista en planta del módulo B



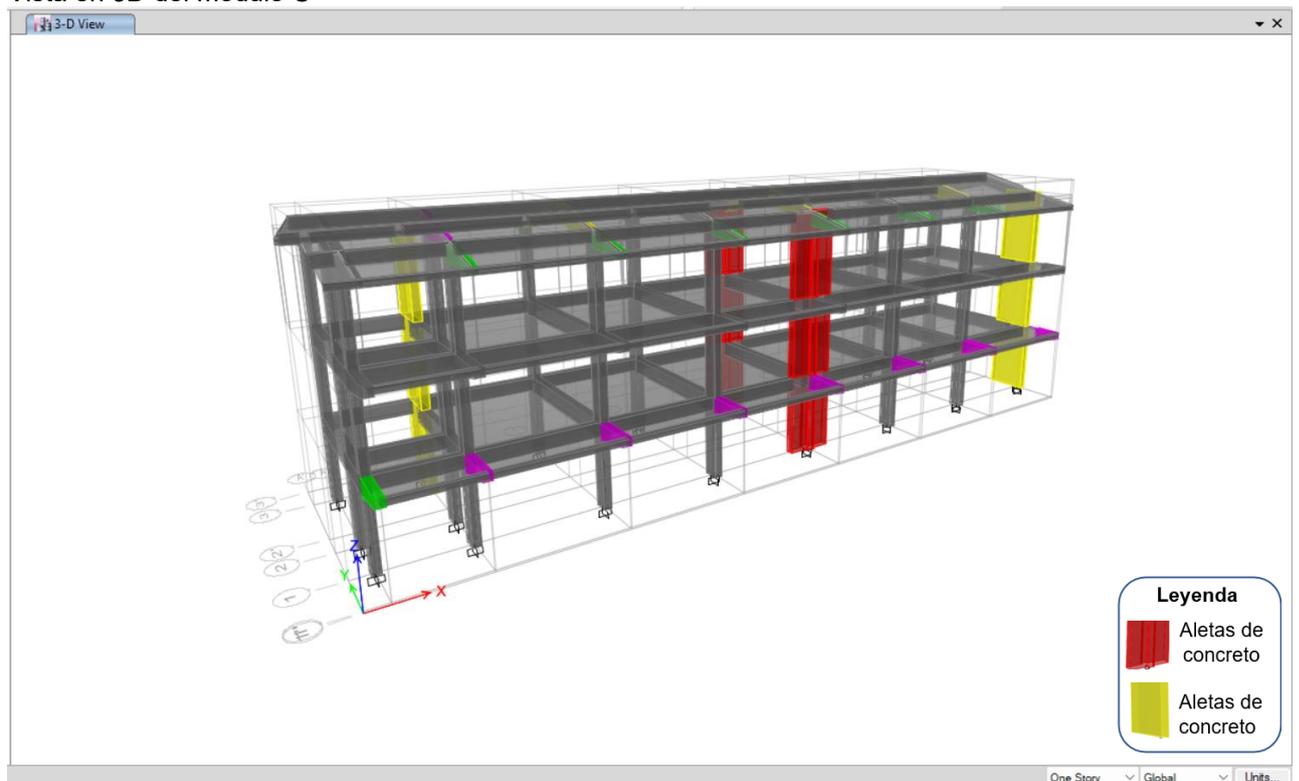
**Figura 42**  
Vista en 3D del módulo B



**Figura 43**  
Vista en planta del módulo C



**Figura 44**  
Vista en 3D del módulo C



## Apéndice 2: Visita de inspección

En la institución educativa Julio Ramón Ribeyro, se realizó una verificación a nivel de inspección física de los módulos B y C, constatándose lo siguiente:

### Cantidad de pisos y uso de los ambientes:

- ✓ El módulo B tiene 2 pisos, en el primer piso se encuentra el laboratorio de ciencias, la sala de profesores y la dirección; asimismo, el segundo piso cuenta con las secciones A y B del quinto grado de secundaria.
- ✓ El módulo C tiene 3 pisos, el primer piso cuenta con 3 aulas de nivel secundario (sección C del quinto grado y sección B y C del primer grado); el segundo piso cuenta con 3 aulas de nivel secundario (sección A del primer grado, sección B y C del tercer grado) y el tercer piso cuenta con un aula y una biblioteca.

### Sistemas estructurales:

- ✓ Módulo B: Pórticos de concreto armado (columnas y vigas de gran peralte)
- ✓ Módulo C: Pórticos de concreto armado (columnas y vigas de gran peralte)

Finalmente se registró algunas tomas fotográficas, las cuales se muestran a continuación:

**Figura 45**  
Módulo B de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro



**Figura 46**  
Módulo C de la institución educativa Julio Ramón Ribeyro



**Figura 47**  
Toma de medidas de los ambientes (pasadizos) – módulo C



**Figura 48**

Toma de medidas de los elementos estructurales (columnas) – módulo B



**Figura 49**

Toma de medidas de los elementos estructurales (columnas) – módulo C



**Figura 50**  
Toma de medidas de los ambientes (pasadizos) – módulo C

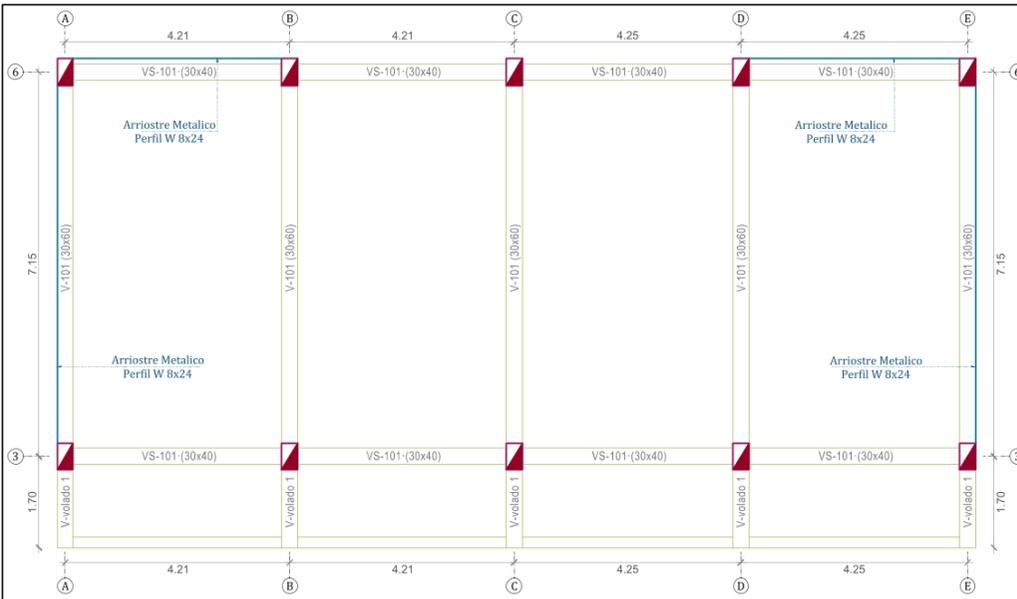


**Figura 51**  
Vista de viga peraltada en el ambiente laboratorio de ciencias – módulo B

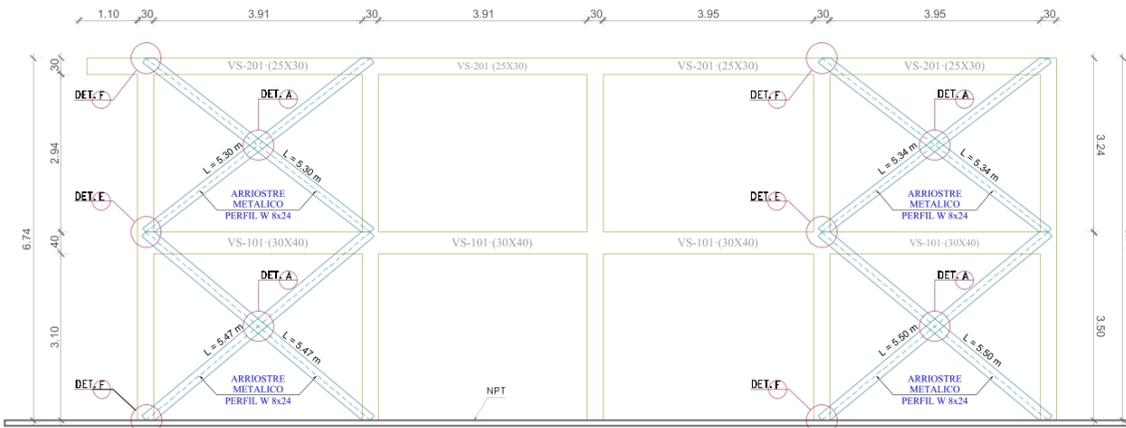


**Figura 52**  
Vista de viga peraltada en ambiente aula – módulo C

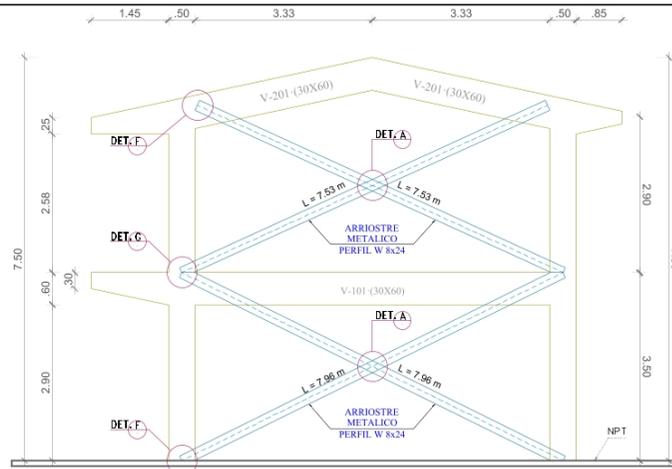




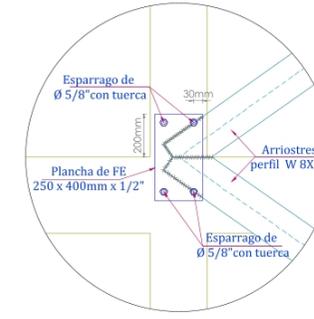
PLANTA NIVEL 1°, 2° (EXISTENTE) - MÓDULO B  
(Escala: 1/100)



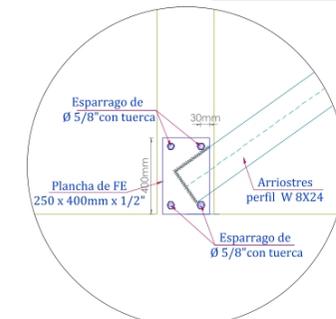
ELEVACION DE ARRIOSTRES (EJE 6-6)  
(Escala: 1/100)



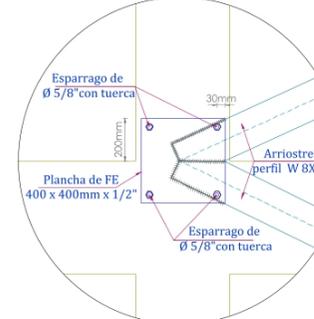
ELEVACION DE ARRIOSTRES (EJE A-A y EJE E-E)  
(Escala: 1/100)



DETALLE - E: ANCLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



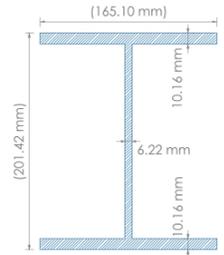
DETALLE - F: ANCLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



DETALLE - G: ANCLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)

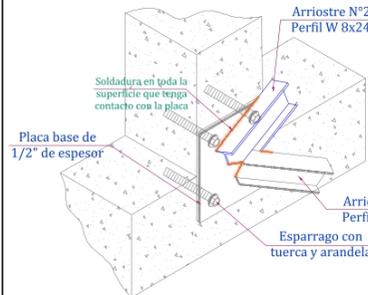
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- PERFIL METALICO DE ALA ANCHA:**  
 -Los Arriostres metalicos consistirán perfiles H de acero estructural ASTM A-36 ( $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $F_u = 4080 \text{ Kg/cm}^2$ )  
 -La placa de continuidad que une el cruce de arriostres será de Acero Estructural A-36, Irón soldadas en todo su perímetro.
- PERNOS:**  
 -Los Pernos de Fijación consistirán en Esparragos de 5/8" de 15cm de longitud, de los cuales 10cm deben ir embebidos en la columna de concreto.  
 -Para la fijación de los esparragos se utilizará un adhesivo epóxico a base de resinas (Sikadur-31 HMG)
- PLACA BASE:**  
 -La placa consistirá en una plancha de Acero Estructural A-36 de 1/2" de espesor, con las dimensiones en planta que se indican en los detalles.
- SOLDADURA:**  
 -Electrodo de 1/8" tipo E7018-S de bajo contenido de Hidrógeno (Supercito)  
 -Los elementos a unir son a base de Soldadura Eléctrica de dimensión variable y una altura mínimo de filete de 5mm  
 -No se deberá soldar en exceso
- OTROS:**  
 -La pintura será un sistema Epóxico, arenado comercial (SSPC-SP6)  
 -Verificar las dimensiones in situ para la fabricación de las armaduras y empalmes respectivos.

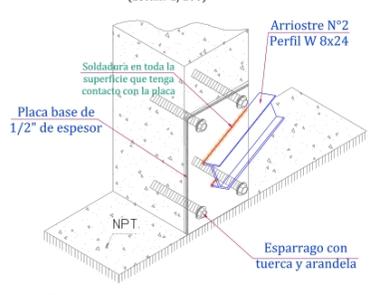


PERFIL W 8x24  
(Escala: 1/50)

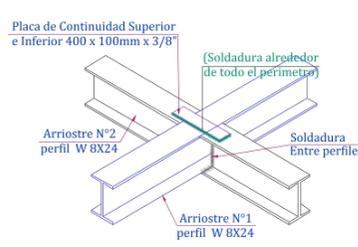
**Importante:**  
 Este documento a sido elaborado en base a la información contenida en el Plano A-01 (Arquitectura-Plantas) de enero de 2009, el cual forma parte del expediente técnico de la obra "Mejoramiento de la Institución Educativa Julio Ramón Ribeyro-Centro Poblado La Pachca", aprobado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.



DETALLES E y G (ANCLAJE TIPICO): VISTA 3D  
(Escala 1/75)



DETALLE F (ANCLAJE DE ARRIOSTRE): VISTA 3D  
(Escala 1/75)

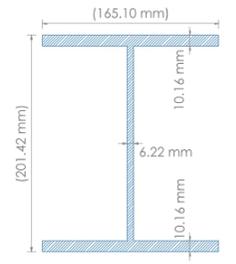


DETALLE - A: UNION EN ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)

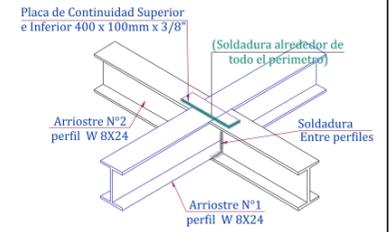
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> ESCUELA DE POSGRADO		
<b>UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS</b>		
<b>Tesis:</b> "COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO-CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL"		
<b>Presentado por:</b> Bach. Christian Michael Aquino Carmona		<b>LAMINA N°:</b>
<b>Asesor:</b> Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno	<b>Región:</b> Cajamarca	R-1
<b>Plano:</b> Propuesta de reforzamiento - módulo B	<b>Provincia:</b> Cajamarca	
<b>Escala:</b> Indicada	<b>Fecha:</b> Enero 2025	
		<b>Distrito:</b> Cajamarca



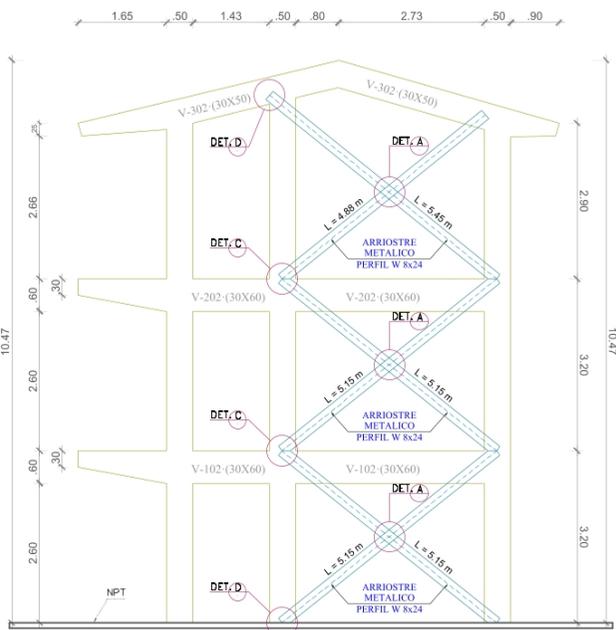
PLANTA NIVEL 1º, 2º y 3º (EXISTENTE) - MÓDULO C  
(Escala: 1/100)



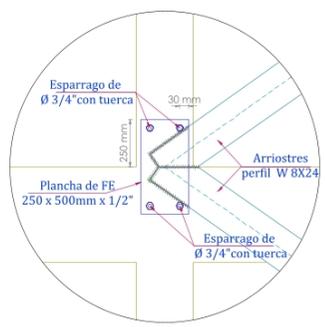
PERFIL W 8x24  
(Escala: 1/50)



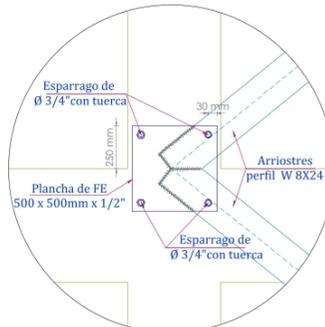
DETALLE - A: UNION EN ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



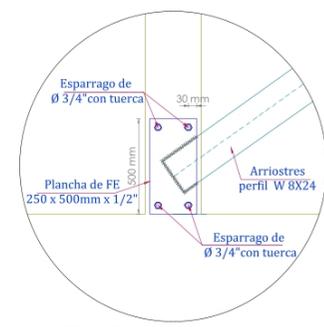
ELEVACION DE ARRIOSTRES (EJE B-B)  
(Escala: 1/100)



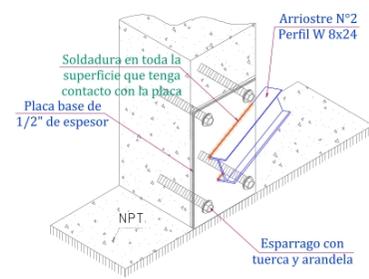
DETALLE - B: ANCLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



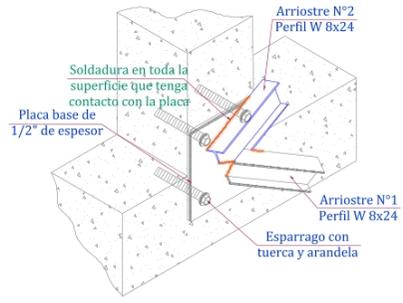
DETALLE - C: ANCLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



DETALLE - D: ANCLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



DETALLE D (ANCLAJE DE ARRIOSTRE): VISTA 3D  
(Escala 1/75)



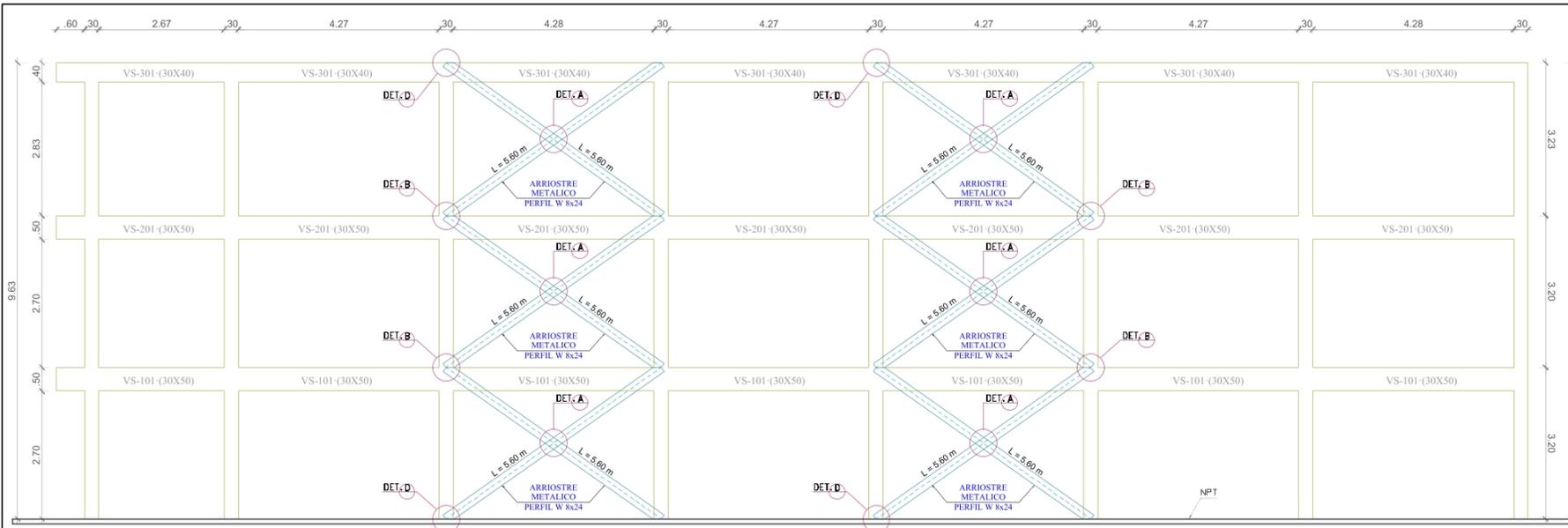
DETALLES B y C (ANCLAJE TÍPICO): VISTA 3D  
(Escala 1/75)

**Importante:**  
Este documento a sido elaborado en base a la información contenida en el Plano A-01 (Distribución, Elevación y Cortes segunda planta) de enero de 2010, el cual forma parte del expediente técnico de la obra "Mejoramiento de la Institución Educativa Julio Ramón Ribeyro-Centro Poblado la Paccha", aprobado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

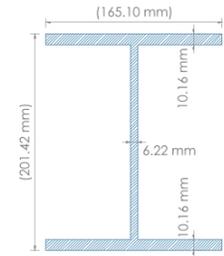
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- PERFIL METALICO DE ALA ANCHA:**  
- Los Arriostres metalicos consistirán perfiles H de acero estructural ASTM A-36 ( $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $F_u = 4080 \text{ Kg/cm}^2$ )  
- La placa de continuidad que une el cruce de arriostres será de Acero Estructural A-36, Irón soldadas en todo su perimetro.
- PERNOS:**  
- Los Pernos de Fijación consistirán en Esparragos de 5/8" de 15cm de longitud, de los cuales 10cm deben ir embebidos en la columna de concreto.  
- Para la fijación de los esparragos se utilizará un adhesivo epóxico a base de resinas (Sikadur-31 HMG)
- PLACA BASE:**  
- La placa consistirá en una placa de Acero Estructural A-36 de 1/2" de espesor, con las dimensiones en planta que se indican en los detalles.
- SOLDADURA:**  
- Electrodo de 1/8" tipo E7018-S de bajo contenido de Hidrógeno (Supercito)  
- Los elementos a unir son a base de Soldadura Eléctrica de dimensión variable y una altura mínimo de filete de 5mm  
- No se deberá soldar en exceso
- OTROS:**  
- La pintura será un sistema Epóxico, arenado comercial (SSPC-SP6)  
- Verificar las dimensiones in situ para la fabricación de las armaduras y empalmes respectivos.

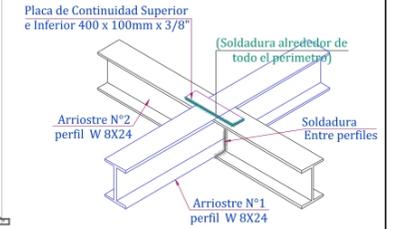
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>ESCUELA DE POSGRADO</b>		
<b>UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS</b>		
<b>Tesis:</b> "COMPARACION DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO-CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL"		
<b>Presentado por:</b> Bach. Christian Michael Aquino Carmona		<b>LAMINA N°:</b>
<b>Asesor:</b> Dr. Miguel Angel Mosquera Moreno	<b>Región:</b> Cajamarca	<b>R-2</b>
<b>Plano:</b> Propuesta de reforzamiento - módulo C	<b>Provincia:</b> Cajamarca	
<b>Escala:</b> Indicada	<b>Fecha:</b> Enero 2025	
		<b>Distrito:</b> Cajamarca



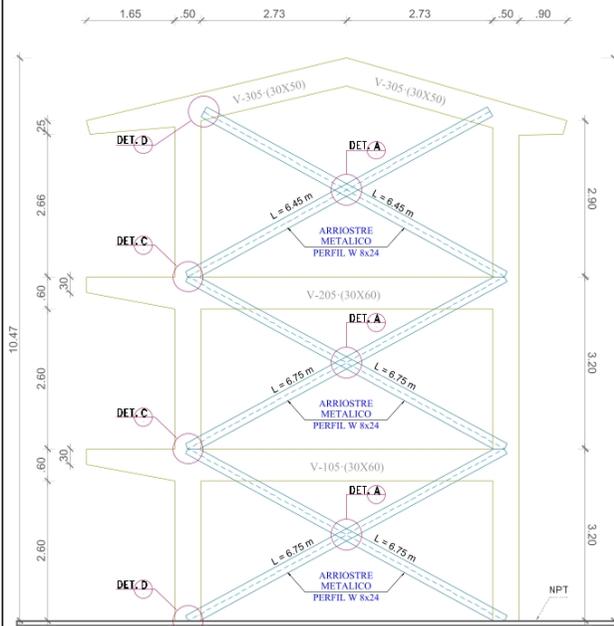
ELEVACION DE ARRIOSTRES (EJE 3-3)  
(Escala: 1/100)



PERFIL W 8x24  
(Escala: 1/50)



DETALLE - A: UNION EN ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



ELEVACION DE ARRIOSTRES (EJE H-H)  
(Escala: 1/100)



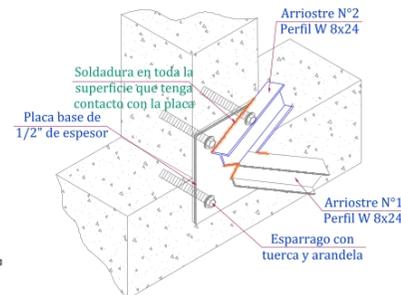
DETALLE - B: ANLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



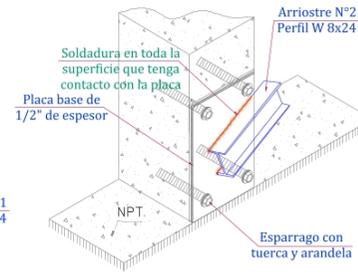
DETALLE - C: ANLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



DETALLE - D: ANLAJE DE ARRIOSTRES  
(Escala 1/50)



DETALLES B y C (ANLAJE TIPICO): VISTA 3D  
(Escala 1/75)



DETALLE D (ANLAJE DE ARRIOSTRE): VISTA 3D  
(Escala 1/75)

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

##### PERFIL METALICO DE ALA ANCHA:

- Los Arriostres metalicos consistirán perfiles H de acero estructural ASTM A-36 ( $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $F_u = 4080 \text{ Kg/cm}^2$ )
- La placa de continuidad que une el cruce de arriostres será de Acero Estructural A-36, irán soldadas en todo su perímetro.

##### PERNOS:

- Los Pernos de Fijación consistirán en Esparragos de 5/8" de 15cm de longitud, de los cuales 10cm deben ir embebidos en la columna de concreto.
- Para la fijación de los esparragos se utilizará un adhesivo epóxico a base de resinas (Sikadur-31 HMG)

##### PLACA BASE:

- La placa consistirá en una plancha de Acero Estructural A-36 de 1/2" de espesor, con las dimensiones en planta que se indican en los detalles.

##### SOLDADURA:

- Electrodo de 1/8" tipo E7018-S de bajo contenido de Hidrógeno (Supercito)
- Los elementos a unir son a base de Soldadura Eléctrica de dimensión variable y una altura mínima de filete de 5mm
- No se deberá soldar en exceso

##### OTROS:

- La pintura será un sistema Epóxico, arenado comercial (SSPC-SP6)
- Verificar las dimensiones in situ para la fabricación de las armaduras y empalmes respectivos.

#### Importante:

Este documento a sido elaborado en base a la información contenida en el Plano A-01 (Distribución, Elevación y Cortes segunda planta) de enero de 2010, el cual forma parte del expediente técnico de la obra "Mejoramiento de la Institución Educativa Julio Ramón Ribeyro-Centro Poblado la Pachá", aprobado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.



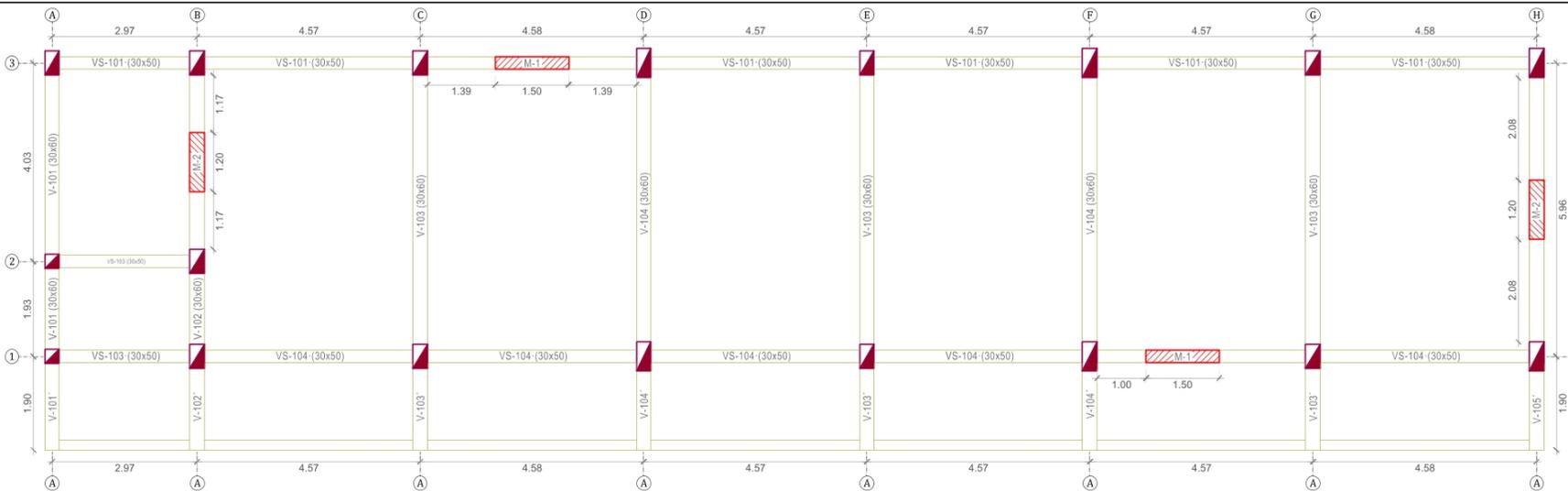
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
ESCUELA DE POSGRADO



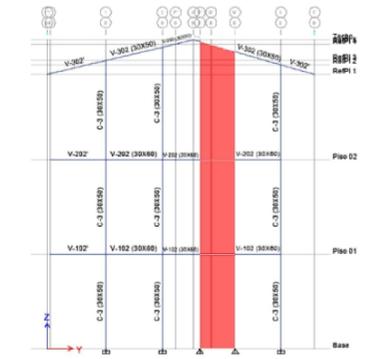
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS

Tesis: "COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO-CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL"			
Presentado por:	Bach. Christian Michael Aquino Carmona	LÁMINA N°:	
Asesor:	Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno	Región:	Cajamarca
Plano:	Propuesta de reforzamiento - módulo C	Provincia:	Cajamarca
Escala:	Indicada	Fecha:	Enero 2025
		Distrito:	Cajamarca

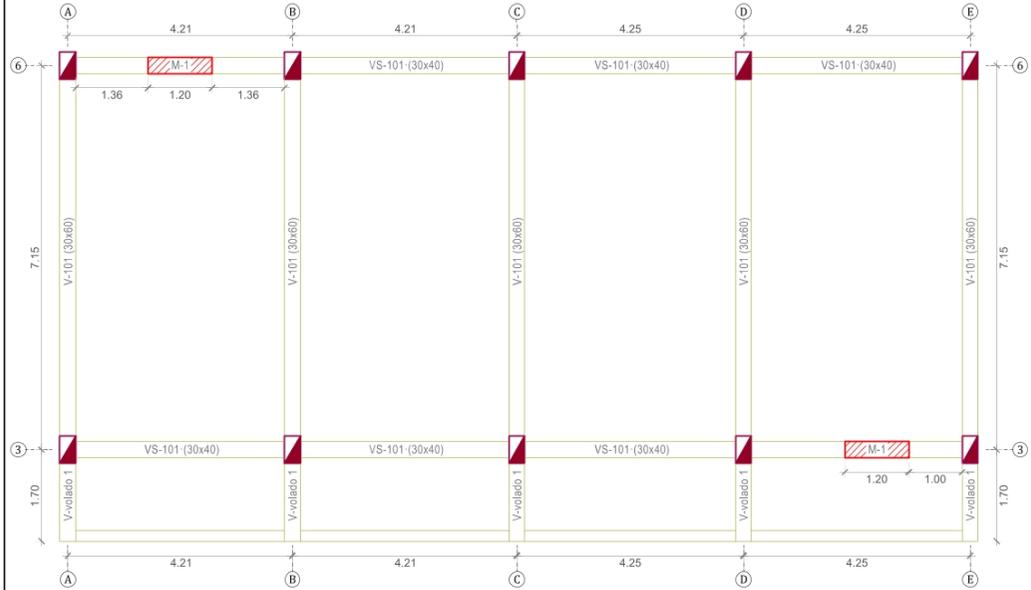
R-3



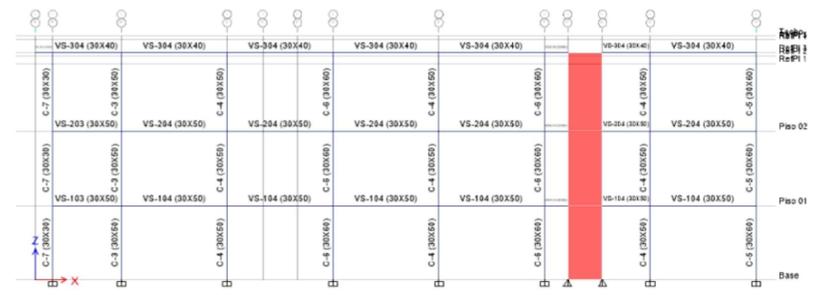
PLANTA NIVEL 1°, 2° y 3°(EXISTENTE) - MÓDULO C  
(Escala: 1/100)



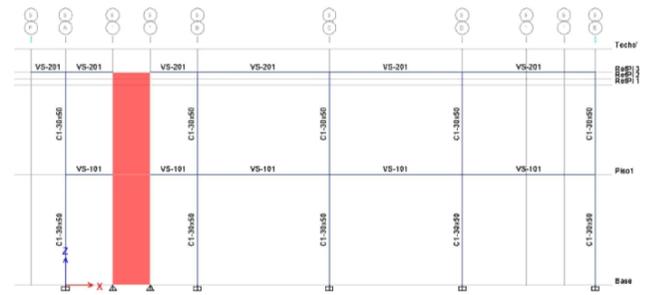
UBICACIÓN DE MURO ESTRUCTURAL  
(EJE H-H - MÓDULO C)



PLANTA NIVEL 1°, 2° (EXISTENTE) - MÓDULO B  
(Escala: 1/100)



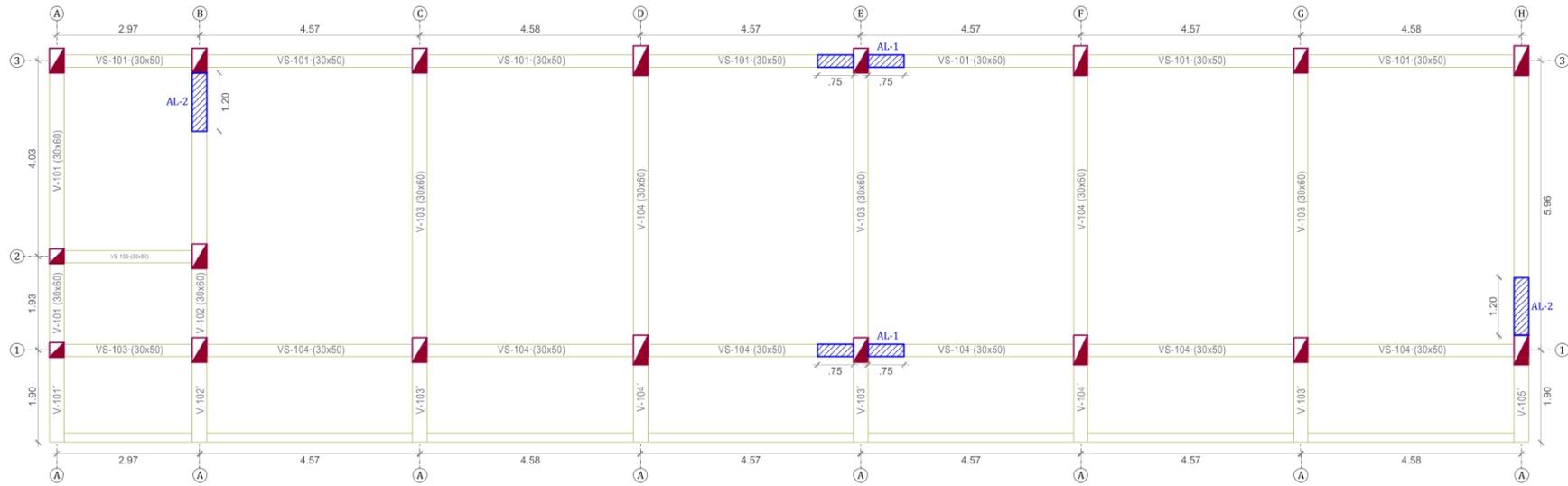
UBICACIÓN DE MURO ESTRUCTURAL  
(EJE I-1 - MÓDULO C)



UBICACIÓN DE MURO ESTRUCTURAL  
(EJE 6-6 - MÓDULO B)

**Importante:**  
Este documento a sido elaborado en base a la informacion contenida en el Plano A-01 (Arquitectura-Plantas) de enero de 2009 y el Plano A-01 (Distribucion, Elevacion y Cortes segunda planta) de enero de 2010, los cuales forman parte del expediente tecnico de la obra "Mejoramiento de la Institucion Educativa Julio Ramon Ribeyro-Centro Poblado la Paccha", aprobado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

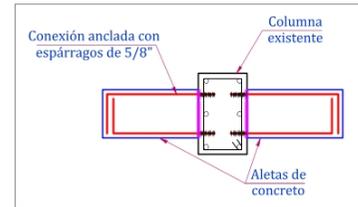
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>ESCUELA DE POSGRADO</b>		
<b>UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS</b>		
<b>Tesis:</b> "COMPARACION DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO-CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL"		
<b>Presentado por:</b> Bach. Crithian Michael Aquino Carmona		<b>LÁMINA N°:</b>
<b>Asesor:</b> Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno	<b>Región:</b> Cajamarca	R-4
<b>Plano:</b> Propuesta de reforzamiento con muros estructurales	<b>Provincia:</b> Cajamarca	
<b>Escala:</b> Indicada	<b>Fecha:</b> Enero 2025	
		<b>Distrito:</b> Cajamarca



PLANTA NIVEL 1°, 2° y 3° (EXISTENTE) - MÓDULO C  
(Escala: 1/100)



PLANTA NIVEL 1°, 2° (EXISTENTE) - MÓDULO B  
(Escala: 1/100)



DETALLE - CONEXIÓN DE ALETAS  
(Escala 1/50)

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**ALETA DE CONCRETO ARMADO:**

-Concreto de  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

-Para la unión de concreto nuevo con antiguo se utilizará un epóxico de adherencia (Sikadur 32).

**PERNOS:**

-Los Pernos de conexión consistirán en Espárragos de 5/8", mínimo de 10cm de longitud.

-Para la fijación de los espárragos se utilizará un adhesivo epóxico a base de resinas (Sikadur-31 HMC)

**Importante:**

Este documento a sido elaborado en base a la información contenida en el Plano A-01 (Arquitectura-Plantas) de enero de 2009 y el Plano A-01 (Distribución, Elevación y Cortes segunda planta) de enero de 2010, los cuales forman parte del expediente técnico de la obra "Mejoramiento de la Institución Educativa Julio Ramón Ribeyro-Centro Poblado la Paccha", aprobado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**

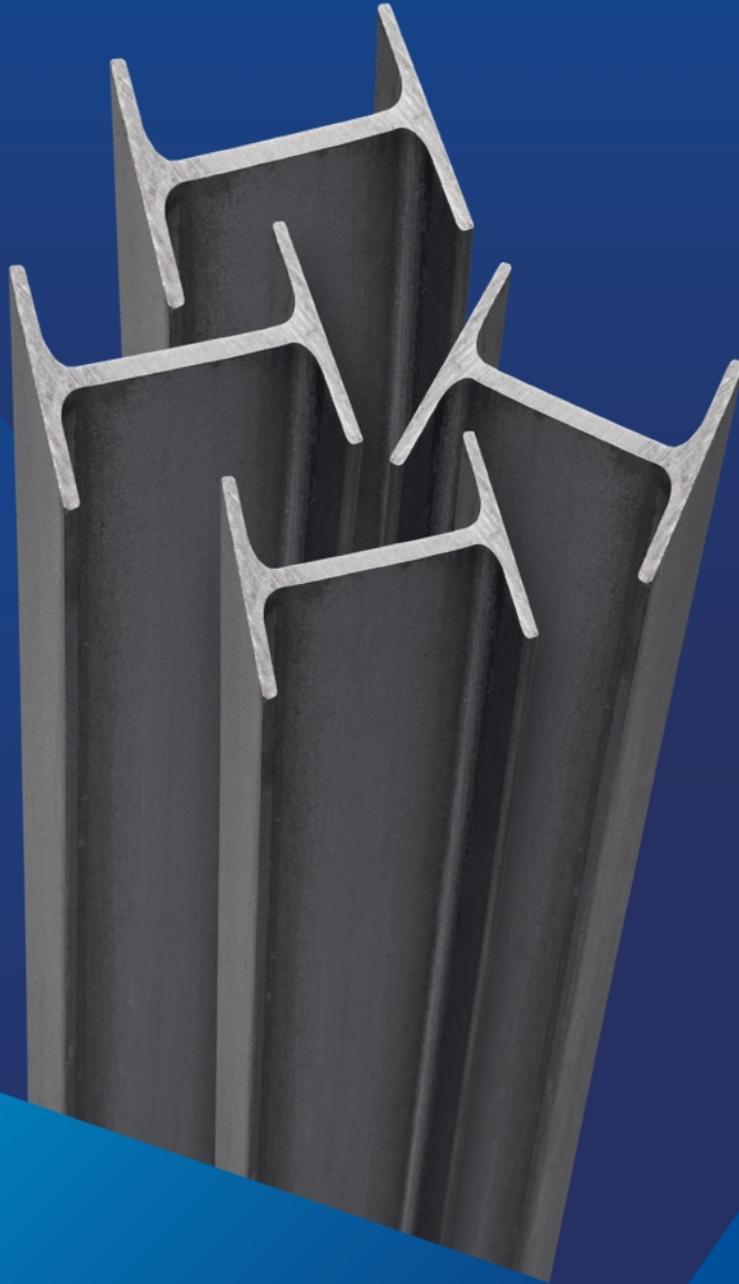


**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

<b>Tesis:</b> "COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE LOS MÓDULOS B Y C DE LA I. E. JULIO RAMÓN RIBEYRO-CAJAMARCA, CONSIDERANDO TRES PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL"			
<b>Presentado por:</b> Bach. Crisithian Michael Aquino Carmona		<b>LÁMINA N°:</b>	
<b>Asesor:</b> Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno	<b>Región:</b> Cajamarca		<b>R-5</b>
<b>Plano:</b> Propuesta de reforzamiento con aletas de concreto	<b>Provincia:</b> Cajamarca		
<b>Escala:</b> Indicada	<b>Fecha:</b> Enero 2025	<b>Distrito:</b> Cajamarca	

# Vigas H Alas Anchas WF

ESTÁNDAR AMERICANO



**ACEROS  
AREQUIPA**

**LA *SEGURIDAD*  
DE UN *FIERRAZO***

\*Imágenes referenciales.

# Vigas H Alas Anchas WF

## ESTÁNDAR AMERICANO

### DENOMINACIÓN:

VIGAS H ALAS ANCHAS (WF).

### DESCRIPCIÓN:

Producto laminado en caliente con sección en forma de "H" (con alas paralelas), de calidad estructural en cumplimiento con las normas ASTM A36, ASTM A572 Grado 50 o la ASTM A992. Asimismo, pueden presentarse en calidad dual.

### USOS:

En la fabricación de estructuras metálicas, edificios, puentes grúas, estructuras en general, cerchas, etc.

### NORMAS TÉCNICAS:

- Composición Química y Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M, ASTM A572/A572M, ASTM A992/A992M.
- Tolerancia Dimensional: ASTM A6 /A6M.

### PRESENTACIÓN:

Se comercializan en barras de 20, 30 y 40 pies. Otras longitudes a pedido.

### DIMENSIONES ESTÁNDAR:

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgada	ALA (b) pulgada	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
4"	13.00	4.16	4.06	8.76	7.11
6"	9.00	5.90	3.94	5.46	4.32
6"	12.00	6.03	4.00	7.11	5.84
6"	16.00	6.28	4.03	10.29	6.60
6"	15.00	5.99	5.99	6.60	5.84
6"	20.00	6.20	6.02	9.27	6.60
6"	25.00	6.38	6.08	11.56	8.13
8"	10.00	7.89	3.94	5.21	4.32
8"	13.00	7.99	4.00	6.48	5.84
8"	15.00	8.11	4.02	8.00	6.22
8"	18.00	8.14	5.25	8.38	5.84
8"	21.00	8.28	5.27	10.16	6.35
8"	24.00	7.93	6.50	10.16	6.22
8"	28.00	8.06	6.54	11.81	7.24
8"	31.00	8.00	8.00	11.05	7.24
8"	35.00	8.12	8.02	12.57	7.87
8"	40.00	8.25	8.07	14.22	9.14
8"	48.00	8.50	8.11	17.40	10.16
8"	58.00	8.75	8.22	20.57	12.95
8"	67.00	9.00	8.28	23.75	14.48
10"	12.00	9.87	3.96	5.33	4.83
10"	15.00	9.99	4.00	6.86	5.84
10"	17.00	10.11	4.01	8.38	6.10

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgada	ALA (b) pulgada	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
10"	19.00	10.24	4.02	10.03	6.35
10"	22.00	10.17	5.75	9.14	6.10
10"	26.00	10.33	5.77	11.18	6.60
10"	30.00	10.47	5.81	12.95	7.62
10"	33.00	9.73	7.96	11.05	7.37
10"	39.00	9.92	7.99	13.46	8.00
10"	45.00	10.10	8.02	15.75	8.89
10"	49.00	9.98	10.00	14.22	8.64
10"	54.00	10.09	10.03	15.62	9.40
10"	60.00	10.22	10.08	17.27	10.67
10"	68.00	10.40	10.13	19.56	11.94
10"	77.00	10.40	10.19	22.10	13.46
10"	88.00	10.84	10.27	25.15	15.37
10"	100.00	11.10	10.34	28.45	17.27
12"	14.00	11.91	3.97	5.72	5.08
12"	16.00	11.99	3.99	6.73	5.59
12"	19.00	12.16	4.01	8.89	5.97
12"	22.00	12.31	4.03	10.80	6.60
12"	26.00	12.22	6.49	9.65	5.84
12"	30.00	12.34	6.52	11.18	6.60
12"	35.00	12.50	6.56	13.21	7.62
12"	40.00	11.94	8.01	13.08	7.49
12"	45.00	12.06	8.05	14.61	8.51
12"	50.00	12.19	8.08	16.26	9.40
12"	53.00	12.06	10.00	14.61	8.76
12"	58.00	12.19	10.01	16.26	9.14
12"	65.00	12.12	12.00	15.37	9.91
12"	72.00	12.25	12.04	17.02	10.92
12"	79.00	12.38	12.08	18.67	11.94
12"	87.00	12.53	12.13	20.57	13.08
12"	96.00	12.71	12.16	22.86	13.97
12"	106.00	12.89	12.22	25.15	15.49
12"	120.00	13.12	12.32	28.07	18.03
12"	136.00	13.41	12.40	31.75	20.07
12"	152.00	13.71	12.48	35.56	22.10
14"	22.00	13.74	5.00	8.51	5.84
14"	26.00	13.91	5.03	10.67	6.48
14"	30.00	13.84	6.73	9.78	6.86
14"	34.00	13.98	6.75	11.56	7.24
14"	38.00	14.10	6.77	13.08	7.87
14"	43.00	13.66	8.00	13.46	7.75
14"	48.00	13.79	8.03	15.11	8.64
14"	53.00	13.92	8.06	16.76	9.40
14"	61.00	13.89	10.00	16.38	9.53
14"	68.00	14.04	10.04	18.29	10.54
14"	74.00	14.17	10.07	19.94	11.43
14"	82.00	14.31	10.13	21.72	12.95
14"	90.00	14.02	14.52	21.72	11.18

QCQA01-F243/01/SEP 20

Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.

# Vigas H Alas Anchas WF

## ESTÁNDAR AMERICANO

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgada	ALA (b) pulgada	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
14"	99.00	14.16	14.57	19.81	12.32
14"	109.00	14.32	14.61	21.84	13.34
14"	120.00	14.48	14.67	23.88	14.99
14"	132.00	14.66	14.73	26.16	16.38
14"	145.00	14.78	15.50	27.69	17.27
14"	159.00	14.98	15.57	30.23	18.92
14"	176.00	15.22	15.65	33.27	21.08
14"	193.00	15.48	15.71	36.58	22.61
16"	26.00	15.69	5.50	8.76	6.35
16"	31.00	15.88	5.53	11.18	6.99
16"	36.00	15.86	6.99	10.92	7.49
16"	40.00	16.01	7.00	12.83	7.75
16"	45.00	16.13	7.04	14.35	8.76
16"	50.00	16.26	7.07	16.00	9.65
16"	57.00	16.43	7.12	18.16	10.92
16"	67.00	16.33	10.24	16.89	10.03
16"	77.00	16.52	10.30	19.30	11.56
16"	89.00	16.75	10.37	22.23	13.34
16"	100.00	16.97	10.43	25.02	14.86
18"	35.00	17.70	6.00	10.80	7.62
18"	40.00	17.90	6.02	13.34	8.00
18"	46.00	18.06	6.06	15.37	9.14
18"	50.00	17.99	7.50	14.48	9.02
18"	55.00	18.11	7.53	16.00	9.91
18"	60.00	18.24	7.56	17.65	10.54
18"	65.00	18.35	7.59	19.05	11.43
18"	71.00	18.47	7.64	20.57	12.57
18"	76.00	18.21	11.04	17.27	10.80
18"	86.00	18.39	11.09	19.56	12.19
18"	97.00	18.59	11.15	22.10	13.59
18"	106.00	18.73	11.20	23.88	14.99
18"	130.00	19.25	11.16	30.48	17.02
18"	158.00	19.72	11.30	36.58	20.57
21"	44.00	20.66	6.50	11.43	8.89
21"	50.00	20.83	6.53	13.59	9.65
21"	55.00	20.80	8.22	13.26	9.53
21"	57.00	21.06	6.56	16.51	10.29
21"	62.00	20.99	8.24	15.62	10.16
21"	68.00	21.13	8.27	17.40	10.92
21"	73.00	21.24	8.30	18.80	11.56
21"	83.00	21.43	8.36	21.21	13.08
21"	93.00	21.62	8.42	23.62	14.73
21"	101.00	21.36	12.29	20.32	12.70
21"	111.00	21.51	12.34	22.23	13.97
21"	122.00	21.68	12.39	24.38	15.24
21"	132.00	21.83	12.44	26.29	16.51
21"	147.00	22.06	12.51	29.21	18.29
21"	166.00	22.48	12.42	34.54	19.05

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgada	ALA (b) pulgada	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
21"	201.00	23.03	12.58	41.40	23.11
24"	55.00	23.57	7.01	12.83	10.03
24"	62.00	23.74	7.04	14.99	10.92
24"	68.00	23.73	8.97	14.86	10.54
24"	76.00	23.92	8.99	17.27	11.18
24"	84.00	24.10	9.02	19.56	11.94
24"	94.00	24.31	9.07	22.23	13.08
24"	104.00	24.06	12.75	19.05	12.70
24"	117.00	24.26	12.80	21.59	13.97
24"	131.00	24.48	12.86	24.38	15.37
24"	146.00	24.74	12.90	27.69	16.51
24"	162.00	25.00	12.96	30.99	17.91
24"	176.00	25.24	12.89	34.04	19.05
24"	192.00	25.47	12.95	37.08	20.57
24"	250.00	26.34	13.19	48.01	26.42
27"	84.00	26.71	9.96	16.26	11.68
27"	94.00	26.92	9.99	18.92	12.45
27"	102.00	27.09	10.02	21.08	13.08
27"	114.00	27.29	10.07	23.62	14.48
27"	129.00	27.63	10.01	27.94	15.49
27"	161.00	27.59	14.02	27.43	16.76
27"	235.00	28.66	14.19	40.89	23.11
27"	307.00	29.61	14.45	53.09	29.46
30"	90.00	29.53	10.40	15.49	11.94
30"	99.00	29.65	10.45	17.02	13.21
30"	108.00	29.83	10.48	19.30	13.84
30"	116.00	30.01	10.50	21.59	14.35
30"	124.00	30.17	10.52	23.62	14.86
30"	132.00	30.31	10.55	25.40	15.62
30"	148.00	30.67	10.48	29.97	16.51
33"	118.00	32.86	11.48	18.80	13.97
33"	152.00	33.49	11.57	26.80	16.13
33"	169.00	33.82	11.50	30.99	17.02
36"	150.00	35.85	11.98	23.88	15.88
36"	160.00	36.01	12.00	25.91	16.51
36"	194.00	36.49	12.12	32.00	19.43
36"	232.00	37.12	12.12	39.88	22.10

QCQA01-F243/01/SEP 20

Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.

# Vigas H Alas Anchas WF

## ESTÁNDAR AMERICANO

### PROPIEDADES MECÁNICAS:

NORMA TÉCNICA	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA MPa ≥	CARGA DE ROTURA MPa ≥	ELONGACIÓN % ≥
ASTM A 36/A 36M		250	400 - 550	21 (2") 20 (8")
ASTM A 572/A 572M	50	345	450 min	21 (2") 16 (8")
ASTM A 992/A 992M		345	450 - 550	21 (2") 18 (8")

( ) Tamaño de probeta.

### TOLERANCIAS:

De acuerdo al ASTM A 6/A 6M.

### LONGITUD ESTÁNDAR:

30 pies y 40 pies.

QCQA01-F243/01/SEP 20



ISO 9001  
ISO 14001  
ISO 45001

CERTIFICATE N° 57219  
CERTIFICATE N° 57220  
CERTIFICATE N° 57221

#### PERÚ

LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N.° 425, piso 17, Magdalena del Mar.

Tel. (51-01) 517 1800.

PISCO: Panamericana Sur, Km. 241, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

AREQUIPA: Variante de Uchumayo Km 5.5, Cerro Colorado, Arequipa.

Tel. (51-01) 517 1800.

#### BOLIVIA

LA PAZ: Calle E - Lote 14, manzano A-08, Urbanización Cervecería Boliviana Nacional - Bellavista Viacha.

Tel. (591) 75555819/77641658.

SANTA CRUZ: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, lote 4 - Warnes.

Tel. (591) 75555819/77641656.

COCHABAMBA: Calle Tte. Monasterios S/N Zona la Maica - Cochabamba.

Tel. (591) 75555819/69417963. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

#### COLOMBIA

CALI: Cra. 25, N.° 13-117, Yumbo, Parcelación Industrial la Y, Valle del Cauca-Colombia.

Tel. (57) 324 4214893.

E-mail: contactocolombia@acerosamerica.com

#### CHILE

ANTOFAGASTA: Ruta A-26 KM 2.4, El Salar. Tel.: (56) 939249279.

E-mail: contacto@acerosamerica.com

Encuétranos en: | [www.acerosarequipa.com](http://www.acerosarequipa.com)



## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

## Sikadur®-31 Hi-Mod Gel

## ADHESIVO EPOXICO

## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un material tixotrópico de dos componentes a base resinas epóxicas y cargas inactivas, exento de solventes.

## USOS

Sikadur®-31 Hi-Mod Gel debe ser utilizado sólo por profesionales expertos.

- Unión de elementos de concreto, fibrocemento, acero, fierro, aluminio, mármol, piedra, madera, vidrio, cerámica, piezas de resinas poliéster o epóxicas.
- Relleno rígido de juntas de poco espesor.
- Anclaje de fierros, pernos, soportes, tirantes y maquinarias.
- Como sello rígido de juntas invisibles, entre láminas de fibro-cemento.
- Reparación de aristas y caras del concreto a la vista.
- Refuerzo de elementos de concreto mediante pegado de placas de acero.

## CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Altas resistencias mecánicas, a la abrasión y al impacto.
- Gracias a su consistencia permite trabajar sobre superficies verticales o sobre la cabeza.
- Buena adherencia incluso en superficies húmedas.
- Resistencia química excepcional contra el agua, aceite, gasolina, soluciones salinas, ácidos y álcalis diluidos, así como contra las aguas residuales.
- Excelente adherencia sobre elementos endurecidos, como fibro-cemento, láminas de yeso, mampostería, concreto, madera, acero, etc.
- Sin efecto nocivo sobre los materiales que constituyen las piezas unidas.
- No contiene componentes volátiles.
- Fácil de dosificar (relación de sus componentes en volumen (A:B = 1:1).

## CERTIFICADOS / NORMAS

Sikadur®-31 Hi-Mod-Gel cumple la norma ASTM C-881: Standard Especification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

USGBC VALORACIÓN LEED

Sikadur®-31 Hi Mod Gel cumple con los requerimientos LEED.

Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.

Contenido de VOC < 70 g/L (menos agua)

## INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

## Empaques

- Juego x 1 Kg.
- Juego x 5 Kg.

## Vida Útil

2 año

## Condiciones de Almacenamiento

El producto debe de ser almacenado en su envase original cerrado en un lugar fresco y bajo techo, con una temperatura entre 5°C y 25°C. Acondicione el material a 18°C - 30°C antes de usar.

## Color

Mezcla pastosa (A+B) color gris

## INFORMACIÓN TÉCNICA

<b>Resistencia a la Compresión</b>	<b>Tiempo</b>	<b>5°C</b>	<b>23°C</b>	<b>32°C</b>	(ASTM D-695)
	<b>2 horas</b>	-	-	370	
	<b>4 horas</b>	-	430	430	
	<b>8 horas</b>	-	620	620	
	<b>16 horas</b>	240	620	620	
	<b>1 día</b>	430	620	740	
	<b>3 días</b>	620	620	740	
	<b>7 días</b>	680	740	740	
	<b>14 días</b>	680	740	800	
	<b>Resistencia a Flexión</b>	42 MPa			
<b>Resistencia a la Tensión</b>	3,0 – 3,5 MPa				
<b>Módulo de Elasticidad</b>	4.3x10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>				
<b>Resistencia a la Adherencia</b>	2 días curado seco	150 kg/cm		(ASTM C-882)	
	2 días curado húmedo	160 kg/cm			
	14 días curado húmedo	200 kg/cm			
<b>Contracción</b>	Endurece sin retracción.				
<b>Temperatura de Servicio</b>	-20°C a +60°C.				
<b>Absorción de Agua</b>	0.07%, a 24 horas (ASTM D-570)				

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

<b>Proporción de la Mezcla</b>	En peso: A : B = 1 : 1,18 En volumen: A : B = 1 : 1
<b>Consumo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>El consumo aproximado es de 1.7 kg/m<sup>2</sup> en 1 mm de espesor.</li><li>Respetar proporción en peso A : B = 1 : 1,18 y en volumen A : B = 1 : 1</li></ul>
<b>Espesor de Capa</b>	Espesor máximo por capa 25mm.
<b>Temperatura del Producto</b>	Entre 20°C a 30°C al momento de la colocación.
<b>Duración de la Mezcla</b>	50 minutos.
<b>Producto Aplicado Listo para su Uso</b>	Normalmente el anclaje se pone en servicio a las 24 horas, a 20°C.

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la ficha de datos de seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad. En caso de emergencia llamar al CITUC a los siguientes fonos: 26353800 por intoxicaciones ó 22473600 por emergencias químicas.

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

### PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

#### Concreto:

Al momento de aplicar Sikadur®-31 Hi-Mod-Gel, el concreto debe tener por lo menos 28 días de edad, encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. Debe estar firme y sano con respecto a sus resistencias mecánicas. Para una adecuada limpieza es recomendable el uso de chorro de arena y otros métodos mecánicos tales como pulidora, gratas de acero, un tratamiento enérgico con escobilla de acero y otros.

#### Metales:

Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pintura, entre otros. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto utilizar métodos térmicos o físico - químicos. La temperatura ambiente y la superficie debe ser mayor a 5°C.

### PERFORACIONES

#### Profundidad

Cuando la resistencia del concreto sea igual o superior a 225 kg/cm<sup>2</sup> o los pernos tengan cabeza, gancho o estrías, la profundidad deberá ser por lo menos 10 veces al diámetro del perno. Cuando la resistencia sea inferior a 225 kg/cm<sup>2</sup> o se usen pernos lisos, la profundidad deberá ser por lo menos 15 veces el diámetro del perno.

Diámetro de la Perforación: El diámetro de la perforación debe tener un mínimo de 6 mm y un máximo de 36 mm mayor que el perno.

#### PREPARACIÓN DE LA PERFORACIÓN

Cuando se perfora en seco, la perforación debe limpiarse cuidadosamente con aire comprimido exento de aceite. Cuando se perfora en húmedo, la perforación debe limpiarse cuidadosamente y secarse al máximo.

### COLOCACIÓN DEL PERNO

Preparación del perno: Los pernos se limpiarán y lijrán en toda la superficie empotrada y se colocarán exentos de grasa.

Colocación del perno: Rellenar la perforación con Sikadur®-31 Hi-Mod-Gel hasta un cierto nivel e introducir el perno moviéndolo suavemente para asegurar un relleno correcto. También puede aplicarse el producto directamente sobre el perno e introducirlo en la perforación.

#### ACELERACIÓN DEL FRAGUADO

- Calentar los pernos hasta un máximo de 80°C al momento de la colocación. Si esta operación se hace a fuego directo, se recomienda aplicar el calor en la parte del perno que quede afuera de la perforación.

## MEZCLADO

Mezclar totalmente los envases de las partes A y B en un tercer recipiente limpio y seco, y revolver en forma manual o mecánica durante 3 a 5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla de color uniforme.

En el caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se puede subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en Datos Técnicos.

## LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS

Las herramientas y los instrumentos deben ser limpiados inmediatamente después del empleo con diluyente piroxilina.

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

Sika Perú  
Habilitación Industrial  
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6  
Lurín, Lima  
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto  
Sikadur®-31 Hi-Mod Gel  
Marzo 2022, Versión 01.02  
020204030010000054

Sikadur-31Hi-ModGel-es-PE-(03-2022)-1-2.pdf



# SUPERCITO 7018S

## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Buenas características de soldadura, adecuado para pasadas de raíz y soldadura en plano, las soldaduras son de calidad radiográfica.
- Muy bajo contenido de hidrógeno difusible, alta resistencia al impacto hasta - 50°C.
- Rendimiento 120%.
- Corriente de soldadura CC y CA.

## CLASIFICACIÓN

AWS A5.1 E7018-1 H4  
EN ISO 2560-A E 42 5 B 32 H5

## TIPO DE CORRIENTE

DC, AC

## POSICIONES DE SOLDADURA

Todas las posiciones, excepto la vertical descendente

## HOMOLOGACIONES

ABS	LR	BV	TÜV	DB
+	+	+	+	+

## COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO), TÍPICA, METAL DEPOSITADO

C	Mn	Si	P	S
0.05	1.2	0.4	≤0.020	≤0.015

## PROPIEDADES MECÁNICAS, TÍPICAS, METAL DEPOSITADO

Condición*		Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento (%)	Impacto ISO-V (J) -47/-50°C
AWS A5.1	AW	≥400	≥490	≥22	no especificado
EN ISO 2560-A	AW	≥420	500-640	≥20	≥47
Valores típicos	AW	485	560	28	150

\* AW = Recién soldado

## CORRIENTE DE SALIDA

Diámetro x Longitud (mm)	Corriente de soldadura (A)
2,5 x 350	65-95
3,2 x 350	100-135
3,2 x 450	85-135
4,0 x 450	110-210
5,0 x 450	170-240

## DIÁMETROS/EMPAQUETADO

Diámetro x Longitud (mm)	Empaquetado	Electrodos / paquete	Peso neto/paquete (kg)	Referencia del producto
2,5 x 350	VPMD	90	1.9	W000258282
	CBOX	195	4.2	W000258277
3,2 x 350	VPMD	54	1.9	W000258283
	CBOX	119	4.2	W000258278
3,2 x 450	VPMD	54	2.4	W000258284
	CBOX	117	5.3	W000258279
4,0 x 450	VPMD	40	2.7	W000258285
	CBOX	85	5.7	W000258280

### RESULTADOS DE PRUEBAS

Los resultados de las pruebas de las propiedades mecánicas, la composición del metal depositado o del electrodo y los niveles de hidrógeno difusible se obtuvieron a partir de una soldadura producida y probada de acuerdo con las normas prescritas, y no deben asumirse como los resultados esperados en una aplicación o soldadura particular. Los resultados reales variarán dependiendo de muchos factores que incluyen, aunque no limitado a ellos, el procedimiento de soldadura, la composición química y la temperatura de la chapa, el diseño de soldadura y los métodos de fabricación. Antes de proceder con la aplicación prevista, los usuarios deben confirmar mediante pruebas de cualificación, o otros medios apropiados, si los consumibles o los procedimientos de soldadura son adecuados.

Las hojas de datos de seguridad (SDS) están disponibles aquí:



Posibilidad de modificaciones: Esta información es precisa y se adecua a los conocimientos de los que dispone la empresa en el momento de la impresión. Por favor, consulte [www.lincolnelectric.eu](http://www.lincolnelectric.eu) para cualquier información actualizada.