

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA Y SECCIÓN DE LAS RIOSTRAS SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO DE ACERO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO”, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.

Tesis presentada por los Bachilleres:

Medrano Zúñiga, Paolo César

Vargas Yuca, Ana Lucia

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

MSc. Bustamante Mora, Boris

André

Arequipa- Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA CIVIL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 22 de Mayo del 2023

Dictamen: 005435-C-EPIC-2023

Visto el borrador del expediente 005435, presentado por:

2015202132 - VARGAS YUCA ANA LUCIA

2015801711 - MEDRANO ZUÑIGA PAOLO CESAR

Titulado:

**?ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA Y SECCIÓN DE LAS
RIOSTRAS SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE
ARRIOSTRAMIENTO DE ACERO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO?, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**42839424 - ROSAS ESPINOZA JORGE
DICTAMINADOR**



**29412437 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO
DICTAMINADOR**



**71256920 - TORRES ALMIRON JENIFFER CARLA
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional.

A mi hermana, por ser un ejemplo de perseverancia y fuente de motivación.

A mi abuela, que, desde el cielo, sé que se alegra por cada paso que doy.

A mi buen amigo y compañero de tesis, por el gran trabajo en equipo.

Vargas Yuca Ana Lucia

A mi abuelo, que desde el cielo me ilumina y me protege.

A mi madre y hermana, por acompañarme en cada paso importante de mi vida.

*A mi compañera de tesis, por su inteligencia, gran dedicación y apoyo para cumplir mis
sueños.*

Medrano Zúñiga Paolo César

AGRADECIMIENTOS

*A Dios y a la virgen María, por la vida, nuestros padres y seres queridos.
A nuestros padres y hermanas, por su apoyo, compañía y palabras de aliento.
Al Ingeniero Boris Bustamante, por sus enseñanzas, paciencia y confianza.*



“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad”.

Albert Einstein

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la configuración geométrica y sección de las riostras de acero sobre la respuesta sísmica para definir el sistema de arriostramiento óptimo en estructuras aporricadas de concreto armado.

La metodología empleada es de tipo no experimental transeccional, de nivel descriptivo correlacional y de diseño muestral no probabilístico.

La técnica empleada implicó un diseño paramétrico y los instrumentos utilizados fueron hojas de cálculo y un software de análisis estructural.

Para el diseño paramétrico de los pórticos, la población se constituyó por nueve pórticos de concreto armado arriostrados concéntricamente con riostras de acero, en dos configuraciones distintas (arriostramiento en X y arriostramiento en V invertida) y con luz y dimensión de columnas variables. Para el diseño paramétrico de las riostras, la población se constituyó por un conjunto de secciones tubulares HSS con un rango de espesores de 3 a 16 milímetros, las secciones tubulares circulares con un rango de diámetros de 3 a 9.625 pulgadas, y las secciones tubulares cuadradas con un rango de longitudes de 3 a 9.5 pulgadas.

La investigación concluye que la respuesta sísmica en pórticos arriostrados es influenciada por la configuración del arriostramiento y las dimensiones de los elementos resistentes a fuerzas laterales, definiendo que el sistema de arriostramiento óptimo presenta una configuración de tipo V invertida y una sección de riostra tubular circular.

Palabras clave:

Pórticos arriostrados concéntricamente, configuración de arriostramiento, sección de riostras tubulares.

ABSTRACT

This research aims to determine the influence of the geometric configuration and section of steel braces on the seismic response to define the optimal bracing system in reinforced concrete framed structures.

The methodology used is non-experimental, cross-sectional, descriptive, correlational and non-probabilistic sampling.

The technique used involved a parametric design and the instruments used were spreadsheets and structural analysis software.

For the parametric design of the frames, the population consisted of nine reinforced concrete frames with steel braces, in two different configurations (X bracing and inverted V bracing) and with frame length and variable dimension of columns. For the parametric design of the braces, the population consisted of a set of HSS tubular sections with a range of thicknesses from 3 to 16 millimeters, circular tubular sections with a range of diameters from 3 to 9,625 inches, and square tubular sections with a range of lengths from 3 to 9.5 inches.

The research concludes that the seismic response in braced frames is influenced by the bracing configuration, the dimensions of the elements resistant to lateral forces, defining that the optimal bracing system has an inverted type V configuration and a circular tubular brace section.

Keywords:

Concentrically braced frames, bracing configuration, tubular bracing section.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

1.	CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1.	Problema de Investigación	1
1.1.1.	Identificación del Problema	1
1.1.2.	Problema General.....	2
1.1.3.	Problemas Específicos	2
1.2.	Justificación.....	2
1.2.1.	Justificación Técnica.....	2
1.2.2.	Justificación Social	2
1.2.3.	Justificación Ambiental	3
1.2.4.	Justificación Político/Institucional.....	3
1.2.5.	Justificación Ética	3
1.2.6.	Justificación Tecnológica.....	3
1.3.	Aporte.....	3
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	Objetivo General.....	4
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	4
1.5.	Hipótesis.....	4
1.6.	Alcance y delimitación.....	4
1.6.1.	Delimitación del estudio	5
1.7.	Limitantes.....	6
2.	CAPITULO II: METODOLOGÍA PROPUESTA	8
2.1.	Metodología de Investigación	8
2.1.1.	Diseño de la Investigación	8
2.1.2.	Tipo de Investigación.....	8
2.1.3.	Método de Investigación.....	8
2.1.4.	Población de estudio	8
2.1.5.	Diseño muestral	9
2.1.6.	Técnicas de recolección de datos.....	9
2.1.7.	Instrumentos.....	9

2.2.	Esquema Conceptual	9
2.3.	Esquema Metodológico.....	12
2.4.	Cronograma de actividades	14
2.5.	Presupuesto de Investigación	14
2.6.	Variables.....	15
2.6.1.	Variable Independiente	15
2.6.2.	Variable Dependiente.....	15
3.	CAPITULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO	16
3.1.	Estado del Arte	16
3.1.1.	Investigaciones Precedentes.....	16
3.2.	Marco Legal	18
3.2.1.	Normas Peruanas	18
3.2.2.	Normas Americanas.....	18
3.3.	Marco teórico	18
3.3.1.	Diseño Paramétrico.....	18
3.3.2.	Sistema de Muros de Concreto Armado	23
3.3.3.	Sistema de Pórticos de Concreto Armado	24
3.3.4.	Sistema de Pórticos de Concreto Armado Arriostrado Concéntricamente	25
3.3.5.	Disposiciones generales para el análisis estructural sismorresistente.....	31
4.	CAPITULO IV: ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE CONFIGURACION GEOMÉTRICA DE LAS RIOSTRAS SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA DE UN PÓRTICO ARRIOSTRADO CONCÉNTRICAMENTE.....	37
4.1.	Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente.....	37
4.1.1.	Definición de las condiciones iniciales y parámetros	37
4.1.2.	Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración X	40
4.1.3.	Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración V invertida.....	48
4.2.	Análisis de la influencia de la configuración geométrica de las riostras en la respuesta sísmica para la optimización del sistema de arriostramiento.....	53
4.3.	Análisis Comparativo de resultados del diseño paramétrico de pórticos arriostrados 76	
5.	CAPITULO V: ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS RIOSTRAS DE ACERO EN SU RESISTENCIA A TRACCIÓN Y COMPRESIÓN	87

5.1.	Diseño paramétrico de riostras de acero	87
5.1.1.	Definición de las condiciones iniciales y parámetros	87
5.1.2.	Diseño paramétrico de las riostras de acero.....	87
5.2.	Análisis de la resistencia a la compresión de acuerdo al diseño paramétrico de las riostras de acero.	89
5.2.1.	Ábacos resultantes del diseño paramétrico de riostras de acero para ambas secciones tubulares	97
5.3.	Análisis de la resistencia a la tracción de acuerdo al diseño paramétrico de las riostras de acero	108
5.4.	Análisis Comparativo de resultados del diseño paramétrico de las secciones de arriostramiento	114
6.	CAPITULO VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO ÓPTIMO A UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO	122
6.1.	Descripción general del Proyecto.....	123
6.2.	Aspectos Generales	123
6.2.1.	Procedimiento general del análisis estructural.....	123
6.2.2.	Definición de materiales	124
6.3.	Predimensionamiento y Estructuración de los elementos estructurales.....	125
6.4.	Análisis Estructural de la edificación aporticada y optimización del sistema de arriostramiento	129
6.4.1.	Análisis dinámico de la estructura arriostrada y optimización del sistema de arriostramiento	134
6.5.	Análisis Económico de las partidas de Concreto y Encofrado de la estructura aporticada arriostrada y la estructura existente de sistema de muros estructurales	184
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	191
7.1.	Conclusiones	191
7.2.	Recomendaciones.....	193
	ANEXOS	197

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Cronograma de actividades</i>	14
Tabla 2 <i>Presupuesto de Investigación</i>	14
Tabla 3 <i>Taxonomía de Parámetros</i>	21
Tabla 4 <i>Valores del factor K</i>	27
Tabla 5 <i>Factor de Suelo “S”</i>	32
Tabla 6 <i>Periodos “T_p” y “T_L”</i>	33
Tabla 7 <i>Categoría de las edificaciones y factor “U”</i>	34
Tabla 8 <i>Categoría y Sistema estructural de las edificaciones</i>	35
Tabla 9 <i>Sistemas Estructurales</i>	35
Tabla 10 <i>Especificaciones aplicables de la ASTM para diversos perfiles estructurales</i>	38
Tabla 11 <i>Dimensiones y Propiedades del Perfil HSS Circular</i>	38
Tabla 12 <i>Datos generales de perfil elegido para la riostra del diseño paramétrico de pórticos</i>	39
Tabla 13 <i>Datos generales de pórtico para el diseño paramétrico de pórticos</i>	40
Tabla 14 <i>Diseño por tracción de riostra elegida</i>	45
Tabla 15 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=1</i>	45
Tabla 16 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=1.25</i>	46
Tabla 17 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=1.50</i>	46
Tabla 18 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=1.75</i>	47
Tabla 19 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=2</i>	47
Tabla 20 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1</i>	51
Tabla 21 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1.25</i>	51
Tabla 22 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1.50</i>	52
Tabla 23 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1.75</i>	52
Tabla 24 <i>Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=2</i>	53
Tabla 25 <i>Relación IC/IR para los distintos pórticos estudiados.</i>	53
Tabla 26 <i>Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en X</i>	54
Tabla 27 <i>Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en X</i>	55
Tabla 28 <i>Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en X</i>	56
Tabla 29 <i>Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en X</i>	57
Tabla 30 <i>Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en X</i>	58
Tabla 31 <i>Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en X</i>	59
Tabla 32 <i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión</i>	60

Tabla 33 <i>Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en X</i>	61
Tabla 34 <i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Tracción</i>	62
Tabla 35 <i>Desplazamiento del pórtico arriostrado en X</i>	63
Tabla 36 <i>Derivas del pórtico arriostrado en X</i>	64
Tabla 37 <i>Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	66
Tabla 38 <i>Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	67
Tabla 39 <i>Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	68
Tabla 40 <i>Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	69
Tabla 41 <i>Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	70
Tabla 42 <i>Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en V invertida</i>	71
Tabla 43 <i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión - Pórtico con arriostramiento V Invertida</i>	72
Tabla 44 <i>Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en V Invertida</i>	73
Tabla 45 <i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Tracción - Pórtico con arriostramiento V Invertida</i>	74
Tabla 46 <i>Derivas del pórtico arriostrado en V Invertida</i>	75
Tabla 47 <i>Desplazamientos del pórtico arriostrado en V Invertida</i>	76
Tabla 48 <i>Comparación de resultados de esfuerzos en columnas obtenidos para ambas configuraciones</i>	77
Tabla 49 <i>Comparación de resultados de esfuerzos en viga obtenidos para ambas configuraciones</i>	79
Tabla 50 <i>Comparación de resultados de esfuerzos en las riostras obtenidos para ambas configuraciones</i>	81
Tabla 51 <i>Comparación de resultados del porcentaje de capacidad al que se encuentran sometidas las riostras para ambas configuraciones</i>	82
Tabla 52 <i>Comparación de resultados de desplazamientos y derivas para ambas configuraciones</i>	84
Tabla 53 <i>Diseño por tracción y compresión de riostras de sección tubular circular de diámetro de 9.625 y 5 pulgadas de diámetro para distintas longitudes. (Anexo 04)</i>	88
Tabla 54 <i>Diseño por tracción y compresión de riostras de sección tubular cuadrada de largo de sección de 9 y 5 pulgadas para distintas longitudes. (Anexo 05)</i>	88
Tabla 55 <i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.116 pulgadas en riostra tubular circular</i>	89

Tabla 56	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.174 pulgadas en riostra tubular circular.....</i>	89
Tabla 57	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.26 pulgadas en riostra tubular circular.....</i>	90
Tabla 58	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.465 pulgadas en riostra tubular circular.....</i>	90
Tabla 59	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.125 pulgadas en riostra tubular cuadrada.....</i>	91
Tabla 60	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.188 pulgadas en riostra tubular cuadrada.....</i>	91
Tabla 61	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.25 pulgadas en riostra tubular cuadrada.....</i>	92
Tabla 62	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.313 pulgadas en riostra tubular cuadrada.....</i>	92
Tabla 63	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.375 pulgadas en riostra tubular cuadrada.....</i>	93
Tabla 64	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.5 pulgadas en riostra tubular cuadrada.....</i>	93
Tabla 65	<i>Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.625 pulgadas en riostra tubular cuadrada.....</i>	94
Tabla 66	<i>Fuerza de compresión de perfil tubular circular según la longitud de la riostra (2 y 8 metros) y radio de giro.....</i>	95
Tabla 67	<i>Fuerza de compresión de perfil tubular cuadrado según la longitud de la riostra (2 y 8 metros) y radio de giro.....</i>	96
Tabla 68	<i>Fuerza de tracción de perfil tubular circular según diámetro y área.....</i>	109
Tabla 69	<i>Fuerza de tracción de perfil tubular circular según diámetro y espesor.....</i>	110
Tabla 70	<i>Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según diámetro y área.....</i>	112
Tabla 71	<i>Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según largo y espesor.....</i>	113
Tabla 72	<i>Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 2 metros.....</i>	115
Tabla 73	<i>Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 4 metros.....</i>	117
Tabla 74	<i>Tracción y compresión para riostras cuadradas y circulares en longitudes de 2,4,6,8 y 10 metros.....</i>	118
Tabla 75	<i>Comparativo de kilogramos por metro lineal entre sección tubular circular y cuadrada.....</i>	119

Tabla 76 <i>Comparativo de costo por metro lineal entre sección tubular circular y cuadrada.</i>	119
Tabla 77 <i>Comparativo en Caso II considerando una longitud de riostra de 4 metros.</i>	120
Tabla 78 <i>Derivas en X-X en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque I.</i>	128
Tabla 79 <i>Derivas en Y-Y en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque I.</i>	128
Tabla 80 <i>Derivas en X-X en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque II.</i>	129
Tabla 81 <i>Derivas en Y-Y en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque II.</i>	129
Tabla 82 <i>Categoría y regularidad de las edificaciones.</i>	130
Tabla 83 <i>Peso sísmico de la edificación - Bloque I.</i>	133
Tabla 84 <i>Peso sísmico de la edificación - Bloque II.</i>	133
Tabla 85 <i>Predimensionamiento de riostras para pórticos arriostrados en Bloque I.</i>	136
Tabla 86 <i>Verificación de Torsión en dirección X para la estructuración inicial del Bloque I.</i>	139
Tabla 87 <i>Verificación de Torsión en dirección Y para la estructuración inicial del Bloque I.</i>	139
Tabla 88 <i>Periodo de estructuración inicial del Bloque I.</i>	140
Tabla 89 <i>Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la estructuración inicial del Bloque I.</i>	141
Tabla 90 <i>Derivas en X-X en la estructuración inicial del Bloque I.</i>	141
Tabla 91 <i>Derivas en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque I.</i>	142
Tabla 92 <i>Desplazamientos en X-X en la estructuración inicial del Bloque I.</i>	142
Tabla 93 <i>Desplazamientos en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque I.</i>	142
Tabla 94 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros.</i>	145
Tabla 95 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros.</i>	145
Tabla 96 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros.</i>	145
Tabla 97 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes B-A y con longitud de 4.80 metros.</i>	146

Tabla 98 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 6 y entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros.</i>	146
Tabla 99 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 6 y entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros.</i>	146
Tabla 100 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 6 y entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros.</i>	147
Tabla 101 <i>Periodo de la primera optimización del Bloque I.</i>	148
Tabla 102 <i>Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la primera optimización del Bloque I.</i>	149
Tabla 103 <i>Verificación de Torsión en dirección X para la primera optimización del Bloque I.</i>	149
Tabla 104 <i>Verificación de Torsión en dirección Y para la primera optimización del Bloque I.</i>	150
Tabla 105 <i>Derivas en X-X en la primera optimización del Bloque I.</i>	150
Tabla 106 <i>Derivas en Y-Y en la primera optimización del Bloque I.</i>	150
Tabla 107 <i>Desplazamientos en X-X en la primera optimización del Bloque I.</i>	151
Tabla 108 <i>Desplazamientos en Y-Y en la primera optimización del Bloque I.</i>	151
Tabla 109 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros.</i>	153
Tabla 110 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras ubicadas entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros.</i>	153
Tabla 111 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras ubicadas entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros.</i>	153
Tabla 112 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras ubicadas entre ejes B-A y con longitud de 4.80 metros.</i>	154
Tabla 113 <i>Periodo de la optimización final del Bloque I.</i>	155

Tabla 114 <i>Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la optimización final del Bloque I</i>	156
Tabla 115 <i>Verificación de Torsión en dirección X para la optimización final del Bloque I</i>	156
Tabla 116 <i>Verificación de Torsión en dirección Y para la optimización final del Bloque I</i>	157
Tabla 117 <i>Derivas en X-X en la última optimización del Bloque I</i>	157
Tabla 118 <i>Derivas en Y-Y en la última optimización del Bloque I</i>	157
Tabla 119 <i>Desplazamientos en X-X en la última optimización del Bloque I</i>	158
Tabla 120 <i>Desplazamientos en Y-Y en la última optimización del Bloque I</i>	158
Tabla 121 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros</i>	161
Tabla 122 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros</i>	161
Tabla 123 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros</i>	161
Tabla 124 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 para riostras entre ejes B-A y con longitud de 4.80 metros</i>	162
Tabla 125 <i>Predimensionamiento de riostras para pórticos arriostrados en Bloque II</i>	163
Tabla 126 <i>Verificación de Torsión en dirección X para la estructuración inicial del Bloque II</i>	164
Tabla 127 <i>Verificación de Torsión en dirección Y para la estructuración inicial del Bloque II</i>	164
Tabla 128 <i>Periodo de estructuración inicial del Bloque II</i>	165
Tabla 129 <i>Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la estructuración inicial del Bloque II</i>	166
Tabla 130 <i>Derivas en X-X en la estructuración inicial del Bloque II</i>	166
Tabla 131 <i>Derivas en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque II</i>	167
Tabla 132 <i>Desplazamientos en X-X en la estructuración inicial del Bloque II</i>	167
Tabla 133 <i>Desplazamientos en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque II</i>	167

Tabla 134 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 7,9 y entre ejes C-D y con longitud de 4.59 metros.</i>	170
Tabla 135 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 7,9 y entre ejes D-E y con longitud de 4.78 metros.</i>	170
Tabla 136 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 11 y entre ejes D-E' y con longitud de 4.01 metros.</i>	170
Tabla 137 <i>Periodo de la primera optimización del Bloque II.</i>	172
Tabla 138 <i>Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la primera optimización del Bloque II.</i>	172
Tabla 139 <i>Verificación de Torsión en dirección X para la primera optimización del Bloque II.</i>	173
Tabla 140 <i>Verificación de Torsión en dirección Y para la primera optimización del Bloque II.</i>	173
Tabla 141 <i>Derivas en X-X en la primera optimización del Bloque II.</i>	173
Tabla 142 <i>Derivas en Y-Y en la primera optimización del Bloque II.</i>	174
Tabla 143 <i>Desplazamientos en X-X en la primera optimización del Bloque II.</i>	174
Tabla 144 <i>Desplazamientos en Y-Y en la primera optimización del Bloque II.</i>	174
Tabla 145 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas entre ejes C-D y con longitud de 4.59 metros.</i>	176
Tabla 146 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas entre ejes D-E y con longitud de 4.78 metros.</i>	176
Tabla 147 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras ubicadas entre ejes D-E' y con longitud de 4.01 metros.</i>	176
Tabla 148 <i>Periodo de la optimización final del Bloque II.</i>	178
Tabla 149 <i>Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la optimización final del Bloque II.</i>	178
Tabla 150 <i>Verificación de Torsión en dirección X para la optimización final del Bloque II.</i>	179

Tabla 151 <i>Verificación de Torsión en dirección Y para la optimización final del Bloque II.</i>	179
Tabla 152 <i>Derivas en X-X en la optimización final del Bloque II.</i>	179
Tabla 153 <i>Derivas en Y-Y en la optimización final del Bloque II.</i>	180
Tabla 154 <i>Desplazamientos en X-X en la optimización final del Bloque II.</i>	180
Tabla 155 <i>Desplazamientos en Y-Y en la optimización final del Bloque II.</i>	180
Tabla 156 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras ubicadas entre ejes C-D y con longitud de 4.59 metros.</i>	182
Tabla 157 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras entre ejes D-E y con longitud de 4.78 metros.</i>	182
Tabla 158 <i>Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras ubicadas en eje 11 y entre ejes C-D y con longitud de 4.01 metros.</i>	182
Tabla 159 <i>Tabla de cuantificación de concreto en placas extraída del Modelo BIM del edificio existente.</i>	184
Tabla 160 <i>Tabla de cuantificación de concreto en columnas extraída del Modelo BIM del edificio existente.</i>	185
Tabla 161 <i>Tabla de cuantificación de concreto en vigas extraída del Modelo BIM del edificio existente.</i>	185
Tabla 162 <i>Tabla de cuantificación de encofrado en placas extraída del Modelo BIM del edificio existente.</i>	185
Tabla 163 <i>Tabla de cuantificación de encofrado en columnas extraída del Modelo BIM del edificio existente.</i>	186
Tabla 164 <i>Tabla de cuantificación de encofrado en vigas extraída del Modelo BIM del edificio existente.</i>	186
Tabla 165 <i>Tabla de cuantificación de concreto en placas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.</i>	187
Tabla 166 <i>Tabla de cuantificación de concreto en columnas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.</i>	187
Tabla 167 <i>Tabla de cuantificación de concreto en vigas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.</i>	188

Tabla 168 <i>Tabla de cuantificación de encofrado en placas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.</i>	188
Tabla 169 <i>Tabla de cuantificación de encofrado en columnas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.</i>	188
Tabla 170 <i>Tabla de cuantificación de encofrado en vigas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado</i>	189
Tabla 171 <i>Presupuesto de partidas de concreto y encofrado para edificio existente.</i>	189
Tabla 172 <i>Presupuesto de partidas de concreto y encofrado para edificio arriostrado.</i>	190



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1	<i>Ubicación del Proyecto de Estudio N°01.</i>	6
Ilustración 2	<i>Proyecto de Estudio N°01 Imagen del edificio actual y render.</i>	6
Ilustración 3	<i>Proceso general de actividades en el diseño paramétrico</i>	19
Ilustración 4	<i>Optimización de tamaño</i>	22
Ilustración 5	<i>Optimización de forma</i>	23
Ilustración 6	<i>Optimización de topología</i>	23
Ilustración 7	<i>Esquema del comportamiento inelástico de las riostras</i>	26
Ilustración 8	<i>Configuraciones geométricas típicas de riostras</i>	29
Ilustración 9	<i>Disposición geométrica de las riostras</i>	30
Ilustración 10	<i>Zonas sísmicas (RNE E.030, 2018)</i>	31
Ilustración 11	<i>Esquema de perfil elegido para la riostra del diseño paramétrico de pórticos</i>	39
Ilustración 12	<i>Modelos estructurales de pórticos arriostrados concéntricamente en X.</i>	41
Ilustración 13	<i>Diagrama de Fuerzas Axiales de pórtico arriostrado en X.</i>	41
Ilustración 14	<i>Diagrama de Momentos Flectores de pórtico arriostrado en X.</i>	42
Ilustración 15	<i>Diagrama de Fuerzas Cortantes de pórtico arriostrado en X.</i>	42
Ilustración 16	<i>Curva de Euler</i>	44
Ilustración 17	<i>Modelos estructurales de pórticos arriostrados concéntricamente en V invertida</i>	48
Ilustración 18	<i>Diagrama de Fuerzas Axiales de pórticos arriostrado en V invertida.</i>	49
Ilustración 19	<i>Diagrama de Momento Flector de pórtico arriostrado en V invertida.</i>	49
Ilustración 20	<i>Diagrama de Fuerzas Cortantes de pórtico arriostrado en V invertida.</i>	50
Ilustración 21	<i>Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en X</i>	55
Ilustración 22	<i>Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en X</i>	56
Ilustración 23	<i>Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en X</i>	57
Ilustración 24	<i>Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en X</i>	58
Ilustración 25	<i>Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en X</i>	59
Ilustración 26	<i>Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en X</i>	60
Ilustración 27	<i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión</i>	61
Ilustración 28	<i>Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en X</i>	62
Ilustración 29	<i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Tracción</i>	63
Ilustración 30	<i>Desplazamiento del pórtico arriostrado en X</i>	64
Ilustración 31	<i>Derivas del pórtico arriostrado en X</i>	65

Ilustración 32	<i>Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	66
Ilustración 33	<i>Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	67
Ilustración 34	<i>Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	68
Ilustración 35	<i>Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	69
Ilustración 36	<i>Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida</i>	70
Ilustración 37	<i>Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en V invertida</i>	71
Ilustración 38	<i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión - Pórtico con arriostramiento V Invertida</i>	72
Ilustración 39	<i>Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en V Invertida</i>	73
Ilustración 40	<i>Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida de Tracción - Pórtico con arriostramiento V Invertida</i>	74
Ilustración 41	<i>Derivas del pórtico arriostrado en V Invertida</i>	75
Ilustración 42	<i>Desplazamientos del pórtico arriostrado en V Invertida</i>	76
Ilustración 43	<i>Comparación de resultados de Fuerza Axial en columnas para ambas configuraciones</i>	77
Ilustración 44	<i>Comparación de resultados de Momento Flector en columnas para ambas configuraciones</i>	78
Ilustración 45	<i>Comparación de resultados de Fuerza Cortante en columnas para ambas configuraciones</i>	78
Ilustración 46	<i>Comparación de resultados de Momento Flector en viga para ambas configuraciones</i>	80
Ilustración 47	<i>Comparación de resultados de Fuerza Cortante en viga para ambas configuraciones</i>	80
Ilustración 48	<i>Comparación de resultados de fuerzas de Compresión y Tracción en las riostras obtenidos para ambas configuraciones</i>	81
Ilustración 49	<i>Comparativo entre resultados obtenidos del porcentaje de capacidad a compresión a la que se encuentran sometidas las riostras para ambas configuraciones</i>	82
Ilustración 50	<i>Comparativo entre resultados obtenidos del porcentaje de capacidad a tracción a la que se encuentran sometidas las riostras para ambas configuraciones</i>	83

Ilustración 51 <i>Comparación de resultados del análisis de desplazamientos para ambas configuraciones.....</i>	84
Ilustración 52 <i>Comparación de resultados del análisis de derivas para ambas configuraciones.....</i>	85
Ilustración 53 <i>Ábaco 01: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 3 milímetros.....</i>	98
Ilustración 54 <i>Ábaco 02: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 4.4 milímetros.....</i>	99
Ilustración 55 <i>Ábaco 03: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 6.6 milímetros.....</i>	100
Ilustración 56 <i>Ábaco 04: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 11.8 milímetros.....</i>	101
Ilustración 57 <i>Ábaco 05: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 3.2 milímetros.....</i>	102
Ilustración 58 <i>Ábaco 06: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 4.8 milímetros.....</i>	103
Ilustración 59 <i>Ábaco 07: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 6.4 milímetros.....</i>	104
Ilustración 60 <i>Ábaco 08: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 7.9 milímetros.....</i>	105
Ilustración 61 <i>Ábaco 09: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 9.5 milímetros.....</i>	106
Ilustración 62 <i>Ábaco 10: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 12.7 milímetros.....</i>	107
Ilustración 63 <i>Ábaco 11: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 15.9 milímetros.....</i>	108
Ilustración 64 <i>Fuerza de tracción de perfil tubular circular según diámetro.....</i>	111
Ilustración 65 <i>Fuerza de tracción de perfil tubular circular según área.....</i>	111
Ilustración 66 <i>Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según diámetro.....</i>	113
Ilustración 67 <i>Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según área.....</i>	114
Ilustración 68 <i>Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 2 metros...116</i>	116
Ilustración 69 <i>Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 4 metros...117</i>	117
Ilustración 70 <i>Resistencia a tracción y compresión en secciones tubulares con la misma inercia, pero distinta área.....</i>	118

Ilustración 71	<i>Comparativo en Caso II considerando una longitud de riostra de 4 metros.</i>	120
Ilustración 72	<i>Resistencia a tracción y compresión en secciones tubulares con la misma área, pero distinta inercia.</i>	121
Ilustración 73	<i>Modelo estructural de la estructura de concreto armado</i>	122
Ilustración 74	<i>Planta Típica de Arquitectura</i>	123
Ilustración 75	<i>Porcentaje de capacidad de esfuerzo a compresión a la que se encuentran sometidas las riostras para configuración V Invertida</i>	127
Ilustración 76	<i>Estructuración de la edificación</i>	128
Ilustración 77	<i>Pórticos arriostrados en planta de edificio</i>	131
Ilustración 78	<i>Espectro en X-X</i>	135
Ilustración 79	<i>Espectro en Y-Y</i>	135
Ilustración 80	<i>Irregularidad por esquinas entrantes</i>	137
Ilustración 81	<i>Esfuerzos obtenidos en las riostras</i>	143
Ilustración 82	<i>Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para estructuración inicial de riostras en Bloque I.</i>	144
Ilustración 83	<i>Uso de ábaco 03 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=6.6mm) para primera optimización de riostras en el Bloque I.</i>	152
Ilustración 84	<i>Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para optimización final de riostras en el bloque I.</i>	159
Ilustración 85	<i>Uso de ábaco 03 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=6.6mm) para optimización final de riostras en el bloque I.</i>	160
Ilustración 86	<i>Esfuerzos obtenidos en las riostras</i>	168
Ilustración 87	<i>Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para la estructuración inicial de riostras en el bloque II.</i>	169
Ilustración 88	<i>Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para la primera optimización de riostras en el bloque II.</i>	175
Ilustración 89	<i>Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para la optimización final de riostras en el bloque II.</i>	181
Ilustración 90	<i>Modelo BIM de estructuras de edificio existente de muros estructurales: "Edificio Parra".</i>	184
Ilustración 91	<i>Modelo BIM de estructuras de edificio de concreto armado arriostrado</i>	187

Índice de Ecuaciones

<i>Ecuación 1 Diseño por el método LRFD (ANSI/AISC , 2010).....</i>	31
<i>Ecuación 2 Diseño por el método ASD (ANSI/AISC , 2010)</i>	31
<i>Ecuación 3 Factor de amplificación sísmica caso I (RNE E.030, 2018)</i>	33
<i>Ecuación 4 Factor de amplificación sísmica caso II (RNE E.030, 2018).....</i>	33
<i>Ecuación 5 Factor de amplificación sísmica caso III (RNE E.030, 2018)</i>	33
<i>Ecuación 6 Resistencia nominal a tracción (McCormac & Csernak, 2012).....</i>	43
<i>Ecuación 7 Resistencia última a tracción (McCormac & Csernak, 2012).....</i>	43
<i>Ecuación 8 Esfuerzo de pandeo por flexión caso I (McCormac & Csernak, 2012).....</i>	43
<i>Ecuación 9 Esfuerzo de pandeo por flexión caso II (McCormac & Csernak, 2012).....</i>	43
<i>Ecuación 10 Esfuerzo de pandeo crítico (McCormac & Csernak, 2012).....</i>	44
<i>Ecuación 11 Resistencia nominal a compresión (McCormac & Csernak, 2012)</i>	44
<i>Ecuación 12 Resistencia última a compresión (McCormac & Csernak, 2012)</i>	44
<i>Ecuación 13 Incremento de resistencia a tracción (Elaboración Propia)</i>	109
<i>Ecuación 14 Módulo de elasticidad (RNE E.060, 2020)</i>	124
<i>Ecuación 15 Módulo de corte (RNE E.060, 2020)</i>	124
<i>Ecuación 16 Predimensionamiento de losas macizas (Blanco Blasco, 1994).....</i>	125
<i>Ecuación 17 Predimensionamiento de vigas (Blanco Blasco, 1994)</i>	125
<i>Ecuación 18 Predimensionamiento de columnas (Blanco Blasco, 1994)</i>	125
<i>Ecuación 19 Predimensionamiento de columnas (Blanco Blasco, 1994)</i>	126
<i>Ecuación 20 Coeficiente de amplificación sísmico (RNE E.030, 2018)</i>	133
<i>Ecuación 21 Fuerza cortante estática (RNE E.030, 2018)</i>	134
<i>Ecuación 22 Pseudo aceleraciones (RNE E.030, 2018)</i>	134

1. CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Identificación del Problema

El Perú es uno de los países con mayor sismicidad debido a sus rasgos tectónicos. En la costa sur del territorio peruano y específicamente en la ciudad de Arequipa, se han producido sismos de alta magnitud; en consecuencia, existe la necesidad de edificaciones sismorresistentes, seguras y funcionales (Tavera, 2014).

Uno de los sistemas estructurales que implica una adecuada respuesta sísmica pero no es comúnmente utilizado, es el sistema de pórticos arriostrados, debido a que las riostras restringen los desplazamientos laterales excesivos (Concha Tejada, 2019).

Tanto las configuraciones geométricas, la sección y la ubicación de las riostras en un edificio, influyen en su comportamiento, por lo tanto, una buena elección de un sistema de arriostramiento puede ser más ventajoso que otro.

En mérito a lo mencionado, diseñar correctamente una estructura implica optimizarla, esto es seleccionar la mejor estructura cambiando sus secciones transversales, su forma geométrica o la distribución topológica del material (Christensen & Klarbring, 2009). Optimizar una estructura siempre debería ser el objetivo, pero habitualmente no se lleva a cabo en la práctica por razones diversas, sobre todo debido al ingente esfuerzo que demanda. En la actualidad, el diseño paramétrico reduce significativamente este camino (Begliardo, Bonelli, Gudiño, & Fornari, 2016).

Según Salcedo (2012), el término diseño paramétrico comprende a todo un conjunto de herramientas que permiten al usuario manejar las relaciones entre las formas geométricas y las variables que las determinan. Para ello, a partir de la definición de parámetros iniciales, las variables que los relacionan y algoritmos, se genera un rango de soluciones que posibilita la variabilidad de dichos parámetros.

Por lo tanto, mediante el diseño paramétrico estructural se busca obtener una estructura óptima que satisfaga las necesidades solicitadas en cuanto a su desempeño sísmico.

1.1.2. Problema General

¿Cuál es el sistema de arriostramiento óptimo en estructuras arriostradas de concreto armado de acuerdo a un estudio de la influencia de la configuración geométrica y sección de las riostras sobre la respuesta sísmica?

1.1.3. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las condiciones iniciales y parámetros geométricos que influyen en la respuesta sísmica de una estructura aporticada arriostrada?
- ¿Cuál es proceso para desarrollar el diseño paramétrico del sistema de arriostramiento de acero de pórticos arriostrados de concreto armado?
- ¿Cuáles serán los resultados del diseño paramétrico estructural para obtener la configuración de arriostramiento óptima?
- ¿Cuáles serán los resultados del diseño paramétrico estructural para obtener la sección de arriostramiento óptima?
- ¿Cómo se realiza el análisis sismorresistente según la NTE E-030 de una edificación de concreto armado arriostrada con riostras de acero según los resultados de la optimización de los elementos de arriostramiento mediante el diseño paramétrico?

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación Técnica

Implica gran conveniencia al obtener conocimiento sobre la influencia de la configuración geométrica de riostras sobre la respuesta sísmica mediante un diseño paramétrico estructural que nos permita obtener el sistema de arriostramiento óptimo, y el desarrollo de conclusiones sobre el uso de un sistema aporticado arriostrado para edificaciones sismorresistentes.

1.2.2. Justificación Social

Implica un impacto en nuestra sociedad al responder las demandas actuales y futuras del sector construcción debido a la importante ventaja de trabajar con un diseño paramétrico que permita a los ingenieros y proyectistas resultados más eficientes representados en edificaciones de desempeño estructural óptimo.

1.2.3. Justificación Ambiental

Incentiva el uso de estructuras metálicas o mixtas para minimizar el impacto ambiental de la industria de la construcción y promover construcciones sustentables. Ya que, de acuerdo a evaluaciones realizadas sobre el performance ambiental de estructuras de concreto y estructuras metálicas, se determinó que el uso de estructuras de acero permite construcciones más amigables con el medio ambiente.

1.2.4. Justificación Político/Institucional

Promover el cumplimiento de las disposiciones de carácter técnico necesarias para regular el diseño de las edificaciones de acuerdo a las últimas actualizaciones de los marcos normativos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCYS).

1.2.5. Justificación Ética

Aplica el conocimiento adquirido para mejorar el bienestar colectivo y fomenta el espíritu ético de la ingeniería para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, al promover el uso de nuevas metodologías de diseño que garantizan una mejor organización y control de la información para la obtención de resultados verídicos.

1.2.6. Justificación Tecnológica

Explora una metodología innovadora de diseño para la obtención de resultados que permitan la optimización y el buen funcionamiento de edificaciones sismorresistentes.

1.3. Aporte

Constituye un aporte en el conocimiento al estudiar la influencia de la configuración geométrica de riostras y la geometría de su sección sobre la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado, aporta ábacos como parte del estudio paramétrico que mejorarán la eficiencia en el proceso de diseño de riostras. Busca promover el uso del sistema estructural aporticado arriostrado enfatizando la necesidad de un desempeño óptimo de acuerdo a los requerimientos sísmicos de nuestra ciudad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Determinar el sistema de arriostramiento óptimo en estructuras aporticadas de concreto armado de acuerdo a la influencia de la configuración geométrica y sección de las riostras de acero sobre la respuesta sísmica.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir las condicionales iniciales y parámetros geométricos que influyan en la respuesta sísmica de una estructura aporticada arriostrada.
- Desarrollar el diseño paramétrico estructural de las estructuras arriostradas asociado a la variación paramétrica de la configuración geométrica de los elementos de arriostramiento de acero.
- Obtener e interpretar los resultados del diseño paramétrico para obtener la configuración de arriostramiento óptima.
- Obtener e interpretar los resultados del diseño paramétrico para obtener la sección de riostra óptima.
- Realizar el análisis sismorresistente según la NTE E-030 de una edificación de concreto armado arriostrada con riostras de acero según los resultados de la optimización de los elementos de arriostramiento mediante el diseño paramétrico.

1.5. Hipótesis

Es probable que al estudiar la influencia de la configuración geométrica y sección de los elementos de arriostramiento de pórticos arriostrados a través de un diseño paramétrico se obtenga resultados con los cuales se pueda disponer del sistema de arriostramiento óptimo; en consecuencia, estructuras funcionales sismorresistentes sin sobredimensionar elementos.

1.6. Alcance y delimitación

El presente estudio pretende investigar la influencia de la configuración geométrica y sección de las riostras en la respuesta sísmica de una estructura aporticada arriostrada de concreto armado al analizar, comparar y verificar los desplazamientos laterales y esfuerzos de las estructuras arriostradas con distinta configuración geométrica para obtener el sistema de arriostramiento óptimo.

Se realizará un estudio comparativo de la respuesta sísmica de las estructuras con configuraciones de riostras de tipo X y V invertida (también llamada Chevron). El proceso de optimización del sistema de arriostramiento será mediante un diseño paramétrico, modelando la geometría paramétrica y realizando el análisis estructural, iterando entre las distintas configuraciones geométricas de las riostras para la obtención del sistema de arriostramiento óptimo.

Asimismo, se realizará un estudio comparativo entre dos secciones tubulares: circular y cuadrada para determinar la sección óptima.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se aplicará el sistema de arriostramiento óptimo para una edificación de concreto armado arriostrada; se cumplirán los requerimientos de la norma NTE E-030 al realizar un análisis dinámico modal espectral de las estructuras.

Finalmente, se emitirán conclusiones sobre el desempeño del sistema de arriostramiento elegido y la optimización mediante el diseño paramétrico estructural.

El alcance del presente estudio no incluye la elaboración de un diseño de los elementos de concreto armado de concreto armado; debido a que sólo se pretende indagar sobre los resultados obtenidos del análisis estructural al utilizar un sistema de arriostramiento.

El alcance del presente estudio sólo incluye la evaluación económica de las partidas de concreto y encofrado.

1.6.1. Delimitación del estudio

a. Espacial.

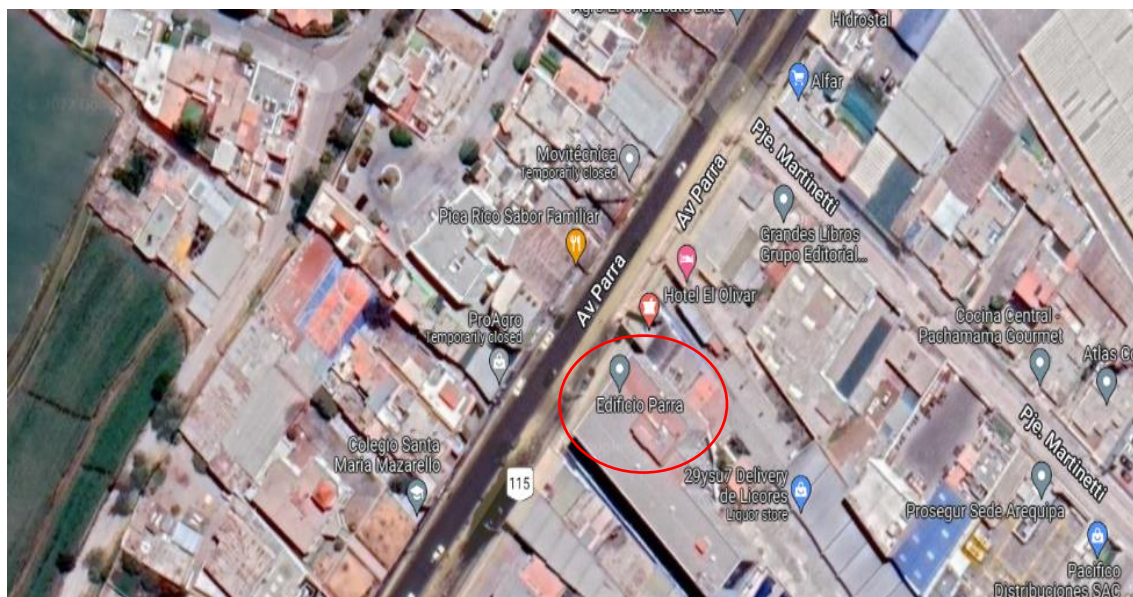
- **Proyecto.** La edificación se encuentra ubicada en la Av. Parra 324, en el distrito, provincia y departamento de Arequipa.

El proyecto consta de un edificio comercial, 01 sótano, 01 semi sótano de estacionamientos y 5 pisos de altura, con un área techada total de 5000 m².

Edificio de sistema estructural de muros de concreto armado en ambos sentidos, considerado de categoría común según la NTE E-030.

Ilustración 1

Ubicación del Proyecto de Estudio N°01.



Nota: Extraído de Google Maps (2022)

Ilustración 2

Proyecto de Estudio N°01 Imagen del edificio actual y render.



Nota: Extraído de Singular (2019)

b. **Temporal.**

El presente estudio está comprendido entre los meses de junio del 2022 y abril del 2023.

1.7. **Limitantes**

Las limitantes para la realización del presente trabajo de investigación son mínimas; sin embargo, es imprescindible detectarlas para trabajar en ellas y superarlas:

- El acceso a la información y al edificio en operación.
- Permisos correspondientes de uso de información del proyecto.
- La ubicación de riostras la cual está restringida a la arquitectura, dado que no se puede interferir con los espacios definidos por la misma.
- La determinación del comportamiento sísmico no lineal de las estructuras, ya que esta investigación no incursionará en el rango inelástico.
- La obtención del impacto ambiental de los sistemas investigados, ya que no se determinará la huella ecológica.
- Se limita al diseño de los elementos de arriostramiento ya que no involucra el diseño de los elementos de concreto armado.
- Se limita a la zona de estudio ubicada en la ciudad de Arequipa.
- Se limita a las condiciones geográficas de la ciudad de Arequipa.
- Se limita a analizar las configuraciones en X y V invertida, debido que según distintos estudios presentan mejor comportamiento estructural, además suelen ser las utilizadas.
- Se limita a analizar las secciones tubulares circulares y cuadradas, ya que según distintos estudios presentan mejor comportamiento estructural, porque tendrán igual inercia para distintas direcciones de análisis.

2. CAPITULO II: METODOLOGÍA PROPUESTA

2.1. Metodología de Investigación

2.1.1. Diseño de la Investigación

El diseño de la presente investigación es: no experimental, debido a que la variable independiente (sistema de arriostramiento parametrizado) ocurre y no se tiene control ni se puede influir sobre esta, porque ya sucedió al igual que sus efectos, el investigador no puede hacer variar deliberadamente las variables, a su vez nos permite observar los fenómenos (desplazamientos laterales y esfuerzos) en su contexto para luego analizarlos.

2.1.2. Tipo de Investigación

De tipo transeccional porque su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en cierto momento dado (Hernandez Sampieri, 2014).

2.1.3. Método de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo - correlacional debido a que el alcance de una investigación busca especificar propiedades y características importantes del fenómeno estudiado (mediante la evaluación comparativa sobre los sistemas de arriostramiento); debido también, a la mutua relación establecida para saber cómo se puede comportar una variable al conocer el comportamiento de la otra variable correlacionada cuantitativamente (Caballero Romero, 2014).

Además, busca medir información respecto a las variables del estudio con fin de consolidar un conocimiento (Hernandez Sampieri, 2014).

Es por eso que, de acuerdo a los datos a analizarse, se tiene un enfoque cuantitativo y de hipótesis descriptiva -correlacional.

En mérito a lo mencionado, se requiere elaborar una metodología no experimental transeccional de nivel descriptivo - correlacional para poder determinar la influencia de la configuración geométrica y la sección del sistema de arriostramiento optimizado en términos de la respuesta sísmica.

2.1.4. Población de estudio

Para el diseño paramétrico de los pórticos, la población se constituyó por 90 pórticos de concreto armado arriostrados concéntricamente con riostras de acero, considerando dos

configuraciones distintas (arriostramiento en X y arriostramiento en V invertida) longitud de riostra y dimensión de columnas variables.

Para el diseño paramétrico de las riostras, la población se constituyó por un conjunto de 560 secciones tubulares HSS con un rango de espesores de 3 a 16 mm, las secciones tubulares circulares con un rango de diámetros de 3 a 9.625 pulgadas, y las secciones tubulares cuadradas con un rango de longitudes de 3 a 9.5 pulgadas.

2.1.5. Diseño muestral

De tipo no probabilístico, ya que según Hernández Sampieri (2014), depende del proceso de toma de decisiones del investigador y obedecen a criterios de investigación, por ejemplo, la normativa E-030.

2.1.6. Técnicas de recolección de datos

- La técnica a emplearse es de tipo documental.
- Investigación analítica de la configuración geométrica y distribución de los sistemas de arriostramiento.
- Investigación analítica del diseño paramétrico.
- Estudio comparativo entre los sistemas estructurales arriostrados y los sistemas originalmente propuestos para los proyectos de estudio.
- Interpretación de resultados.
- Conclusiones y recomendaciones

2.1.7. Instrumentos

- Planos arquitectónicos e información relevante de los proyectos de estudio.
- SOFTWARES:
 - AutoCAD: Para el dibujo de planos.
 - Etabs: Para el análisis dinámico modal espectral de las edificaciones.
 - Microsoft Excel: Para plantillas de diseño estructurales y metrados.

2.2. Esquema Conceptual

Capítulo I: Planteamiento Teórico

1.1 Introducción

1.2 Título de la Investigación

1.3 Planteamiento del Problema

- 1.3.1 Problema General
- 1.3.2 Problemas Específicos
- 1.4 Justificación de la Investigación
 - 1.4.1 Justificación Técnica
 - 1.4.2 Justificación Social
 - 1.4.3 Justificación Económica
 - 1.4.4 Justificación Ética
 - 1.4.5 Justificación Político/Institucional
 - 1.4.6 Justificación Tecnológica
- 1.5 Aporte
- 1.6 Objetivos
 - 1.6.1 Objetivo General
 - 1.6.2 Objetivo Específicos
- 1.7 Hipótesis
- 1.8 Variables
 - 1.8.1 Variable Dependiente
 - 1.8.2 Variable Independiente
- 1.9 Alcance y delimitación

Capítulo II: Metodología Propuesta de la investigación

Capítulo III: Fundamento Teórico

- 3.1 Estado del Arte
 - 3.1.1. Investigaciones Precedentes
- 3.2 Marco Legal
 - 3.2.1 Normativa Peruana
 - 3.2.2 Normativa Americana
- 3.3 Marco Teórico
 - 3.3.1 Diseño Paramétrico Estructural
 - 3.3.2 Sistema de Muros de Concreto Armado
 - 3.3.3 Sistema de Pórticos de Concreto Armado
 - 3.3.4 Sistema de Pórticos de Concreto Armado Arriostrado Concéntricamente
 - 3.3.5 Disposiciones generales para el Análisis estructural sismorresistente

Capítulo IV: Estudio de la influencia de la configuración geométrica sobre la respuesta sísmica de un pórtico arriostrado concéntricamente

4.1 Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente.

4.1.1 Definición de las condiciones iniciales y parámetros

4.1.2 Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración X.

4.1.2.1 Modelado paramétrico y análisis estructural de pórticos de concreto arriostrados con riostras de acero

4.1.2.2 Diseño paramétrico estructural de elementos resistentes a fuerzas laterales

4.1.3 Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración V invertida.

4.1.3.1 Modelado paramétrico y análisis estructural de pórticos de concreto arriostrados con riostras de acero

4.1.3.2 Diseño paramétrico estructural de elementos resistentes a fuerzas laterales

4.2 Análisis de la influencia de la configuración geométrica de las riostras en la respuesta sísmica para la optimización del sistema de arriostramiento

4.3 Análisis comparativo de los resultados del diseño paramétrico de pórticos arriostrados

Capítulo V: Estudio de la influencia del dimensionamiento de las riostras de acero en su resistencia a tracción y compresión

5.1 Diseño paramétrico de riostras de acero

5.1.1 Definición de las condiciones iniciales y parámetros

5.1.2 Diseño paramétrico de las riostras de acero

5.2 Análisis de la resistencia a la compresión

5.3 Análisis de la resistencia a la tracción

5.4 Análisis comparativo de los resultados del diseño paramétrico de las secciones de arriostramiento

Capítulo VI: Aplicación del sistema de arriostramiento óptimo a un edificio de concreto armado

- 6.1 Descripción general del proyecto
- 6.2 Aspectos generales
- 6.3 Predimensionamiento y estructuración
- 6.4 Análisis estructural de la edificación sin riostras.
- 6.5 Análisis estructural de la estructura de concreto armado arriostrada con el sistema de arriostramiento óptimo.
- 6.6 Diseño de riostras de acero.
- 6.7 Análisis económico de las partidas de concreto y encofrado de la estructura arriostrada

Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo VIII: Bibliografía

Capítulo IX: Anexos

2.3. Esquema Metodológico

La metodología para el desarrollo de la presente investigación tendrá las siguientes actividades:

Actividad 1: Investigación, revisión de la bibliografía y recopilación de información.

Se recopilará información de fuentes fidedignas sobre sistemas de arriostramiento y diseño paramétrico. La información incluirá conocimiento sobre el análisis, diseño paramétrico y optimización estructural.

Asimismo, se realizará la recopilación de la información del proyecto, esta incluirá los planos arquitectónicos y el estudio de mecánica de suelos.

Actividad 2: Estudio paramétrico de los pórticos arriostrados y de las secciones de riostra.

Se realizará el estudio paramétrico de los 90 pórticos arriostrados y de las 560 secciones analizadas.

Actividad 3: Análisis e interpretación de resultados

En esta actividad se comprobará la influencia de la configuración geométrica tanto en X como en V invertida en la respuesta sísmica, se comprobará que sección de riostra posee mejores características y se realizará proceso de optimización según los resultados obtenidos previamente del diseño paramétrico.

Actividad 4: Propuesta de ábacos de diseño de riostras y el sistema de arriostramiento óptimo

Se generarán ábacos para el diseño por compresión de riostras de sección tubular y se definirá el sistema de arriostramiento óptimo según el estudio paramétrico realizado.

Actividad 5: Aplicación de la propuesta de diseño de riostras y el sistema de arriostramiento óptimo a edificio aporticado de concreto armado

Esta actividad conlleva la estructuración, el predimensionamiento de elementos de concreto y acero para su posterior análisis estructural, validación del sistema de arriostramiento óptimo para el edificio estudiado de acuerdo a las normas NTE-030 Y NTE-090. Asimismo, se realizará el diseño por compresión de las riostras tubulares haciendo uso de los ábacos previamente propuestos.

Además, se realizará una evaluación económica de las partidas de concreto y encofrado para poder compararlas respecto al edificio existente.

Actividad 6: Conclusiones y Recomendaciones

Se realizarán conclusiones y recomendaciones sobre la influencia de la configuración geométrica y la geometría de las secciones del sistema de arriostramiento en la respuesta sísmica.

Se realizarán las conclusiones respectivas del comportamiento estructural del sistema de arriostramiento con configuración y sección óptimas.

Se concluirá si el sistema estructural aporticado arriostrado presenta ventajas frente a otros sistemas estructurales, y se aplicará el sistema a un edificio para poder emitir recomendaciones sobre la construcción de edificaciones sismorresistentes arriostradas.

2.4. Cronograma de actividades

Tabla 1

Cronograma de actividades

ACTIVIDADES		DURACIÓN DEL PROYECTO 2022-2023																									
		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL	
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24		
1	Investigación, revisión de la bibliografía y recopilación de información.																										
2	Definición de las condiciones iniciales y parámetros para el diseño paramétrico																										
3	Modelamiento, diseño paramétrico y optimización del sistema de arriostramiento																										
4	Análisis de la influencia de la configuración geométrica y la geometría de las riostras en la respuesta sísmica																										
5	Aplicación de riostras a edificio aporticado de concreto armado																										
6	Conclusiones y Recomendaciones																										
7	Presentación Final del Proyecto de Investigación																										

Nota: Elaboración propia.

2.5. Presupuesto de Investigación

Tabla 2

Presupuesto de Investigación

COD	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	TOTAL
1	RECURSOS MATERIALES				S/ 960.00
1.1	Impresiones a color	und	300	0.50	150
1.2	Ploteo de planos	und	20	15.00	300
1.3	Útiles de escritorio	mes	3	20.00	60
1.4	Material Bibliográfico	glb	1	250.00	250
1.5	Gastos Varios	und	2	100.00	200
2	SOFTWARES				S/ 400.00
2.1	Licencia de AutoCAD	mes	5	60.00	300
2.2	Licencia de Etabs	mes	5	20.00	100
3	GASTOS OPERATIVOS				S/ 900.00
3.1	Movilidad. Pasajes	mes	5	60.00	300
3.2	Servicio de Internet	mes	5	70.00	350
3.3	Servicio de Electricidad	mes	5	50.00	250
TOTAL					S/ 2,260.00

Nota: Elaboración propia.

2.6. Variables

2.6.1. Variable Independiente

a. Sistema de Arriostramiento Parametrizado

En un diseño paramétrico los parámetros tienen la función de expresar rangos, límites y configuraciones específicas en un mismo modelo paramétrico, el cual puede entregar diferentes resultados según varíen los parámetros que lo controlan.

Los parámetros definidos en el sistema de arriostramiento son locales estructurales, lo que permite programar, manipular y variar la geometría de las riostras, obteniendo y evaluando resultados de la variación de parámetros y la relación entre ellos. Los parámetros del sistema de arriostramiento a considerar son:

- **Disposición geométrica de los elementos de arriostramiento**

Los pórticos arriostrados pueden diseñarse con diversas configuraciones de riostras (en X, en V, en V invertida más conocida como Chevron), estas deben respetar no solo criterios estructurales, también requerimientos funcionales y arquitectónicos (Crisafulli, 2014).

- **Sección de los elementos de arriostramiento**

Implica a los perfiles de acero de las riostras que trabajarán a fuerzas de tracción y compresión.

2.6.2. Variable Dependiente

a. Respuesta sísmica

Presenta como dimensión:

i. Desplazamientos laterales

Desplazamiento horizontal provocado por cargas laterales.

ii. Esfuerzos

Fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores de los elementos estructurales generados por las cargas laterales.

3. CAPITULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Estado del Arte

3.1.1. Investigaciones Precedentes

El investigador Carlos Barrios Hernández (2005) publica el artículo **“Pensamiento Paramétrico: Introducción de Gaudí paramétrico”** en el Instituto de Tecnología de Massachusetts en Estados Unidos. Donde presenta una metodología innovadora para el diseño paramétrico, la cual consta de acciones que generan modelos paramétricos donde los componentes geométricos son considerados variables. Esta metodología se presenta como una alternativa para superar las limitaciones topológicas y geométricas de los modelos paramétricos tradicionales. El autor muestra su aplicación a las columnas del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia concluyendo que el procedimiento de diseño es capaz de generar todos los diseños originales de Gaudí más un número infinito de nuevos diseños.

El investigador Andrés Cavieres (2007) publica el artículo **“Diseño paramétrico orientado al performance”** en Chile. Donde describe la metodología de diseño paramétrico, y su rol en el contexto de la optimización de la performance de los edificios. De acuerdo al autor, el potencial de beneficios ofrecidos por los modelos BIM, incluyendo el desarrollo concurrente y colaborativo se apoya en tres tecnologías fundamentales: una base de datos relacional que contiene toda la información del edificio virtual, un formato neutral de intercambio de información que permite la interoperabilidad entre aplicaciones y un sistema de modelamiento paramétrico que define y controla las relaciones geométrico-espaciales fundamentales del modelo tridimensional.

El investigador Robert Woodbury (2010) publica el libro **“Elementos del diseño paramétrico”** en Nueva York. Donde fundamentó los procesos dentro del modelado paramétrico de manera detallada. Está orientado a proveer patrones, para aprender a dividir el trabajo en partes que se puedan resolver limpia y claramente para luego combinarlas en un todo, principio del diseño paramétrico. Resalta la complejidad de los algoritmos en un modelo paramétrico, como la proximidad paramétrica, la cual no implica similitud geométrica de diseños. Concluye que dos modelos pueden ser muy similares en geometría, pero considerablemente diferentes en parámetros. Por el contrario, dos valores muy cercanos de los

parámetros pueden resultar en un modelo bastante distinto.

Los investigadores Mussa Mahmoudi y Mahdi Zaree (2010) publican el artículo **“Evaluación de la respuesta de sistemas de pórticos arriostrados concéntricamente”** en el departamento de Ingeniería Civil de Irán. Donde concluyen que las estructuras con mejor desempeño son aquellas con menor número de pisos, con mayor cantidad de marcos arriostrados por piso y en las que se utilizan la configuración de arriostres en V invertida.

Los investigadores Temel Turker y Alemdar Bayraktar (2011) publican el artículo **“Investigación experimental y numérica de los efectos de la configuración de las riostras en sistemas CBF”** en el departamento de Ingeniería Civil en Trabzon, Turquía. Donde determinan que la rigidez de una estructura aumenta con la inclusión de arriostres. Además, concluye que la configuración de los arriostres influye en la rigidez, el orden de la configuración de arriostramientos, de más rígido a menos rígido, es la siguiente: X, K, V invertida y V.

El investigador Juan Rey (2014) publica el informe **“Aplicación de algoritmos paramétricos en el diseño estructural. La Ópera de Sídney desde una perspectiva contemporánea”** en Madrid, España. En el que especifica las nuevas herramientas digitales de diseño paramétrico permiten, dentro del ámbito de las estructuras de edificación, la realización de análisis comparados de diseños estructurales de un modo manejable, posibilitando además su modificación de una forma relativamente sencilla. Esto posibilita que, incluso trabajando con formas o configuraciones espaciales complejas, se pueda llevar a cabo un proceso sistemático de análisis comparado de distintas propuestas estructurales tomando en cuenta los importantes condicionantes formales impuestos por el diseño en algunos casos.

Los investigadores Maria Fernandez, Gabriela Culasso, Nahuel Ghezan y Karin Klein (2017) publican el informe **“Diseño Paramétrico como herramientas de Diseño Estructural”** en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Donde concluyen que el Diseño Paramétrico es un importante recurso para el diseño estructural, ya que permite elaborar múltiples variaciones sobre la base de un mismo modelado en función del control de las variables que definen cada componente y su relación con el sistema, lo que posibilita comparar diferentes alternativas antes de seleccionar la más adecuada.

Los investigadores Dia Eddin Nassani, Ali Khalid Hussein y Abbas Haraj Mohammed (2017) publican el artículo **“Evaluación comparativa de respuesta de estructuras de acero de diferentes sistemas de arriostramiento bajo efecto sísmico”** donde concluyen que la resistencia sísmica de una estructura se ve mejorada con la inclusión de arriostramientos. Los resultados determinaron que las riostras fueron muy efectivas al momento de disminuir las distorsiones entre pisos. Por otro lado, las configuraciones de arriostres en V, en V invertida y en Z presentaron una mayor rigidez considerando que aquellos sistemas sufrieron menores desplazamientos y derivas.

El investigador José Carlos Concha (2019) presentó la tesis **“Comparación estructural y económica de un sistema de muros de concreto armado y de un sistema de pórticos de concreto armado arriostrados con perfiles de acero”** en la Universidad Católica de Santa María Arequipa, Perú. Donde realiza el estudio de la evaluación la factibilidad de un sistema de pórticos arriostrados. En esta investigación el autor realiza una comparación entre los sistemas de pórticos arriostrados concéntrica y excéntrica, concluyendo que el arriostre de tipo concéntrico tiene mayores ventajas.

3.2. Marco Legal

3.2.1. Normas Peruanas

- E.020 Cargas
- E.060 Concreto Armado
- E.030 Diseño Sismorresistente
- E.090 Estructuras Metálicas

3.2.2. Normas Americanas

- Specification for Structural Steel Buildings ANSI/AISC 360-10
- Seismic Provisions for Structural Steel Buildings ANSI/AISC 341-16

3.3. Marco teórico

3.3.1. Diseño Paramétrico

El diseño paramétrico es el proceso de diseño en un entorno donde las variaciones de diseño se realizan de manera rápida y sencilla. Se realiza con la ayuda de modelos paramétricos.

Un modelo paramétrico es una representación computacional de un diseño construido

con entidades geométricas que tienen atributos (propiedades) que son fijos y otros que pueden variar. Los atributos variables también se denominan parámetros y los atributos fijos son descritos como restringidos. El diseñador modifica los parámetros en el modelo paramétrico para buscar diferentes soluciones alternativas al problema en cuestión. El modelo paramétrico responde a los cambios adaptándose o reconfigurando los nuevos valores de los parámetros.

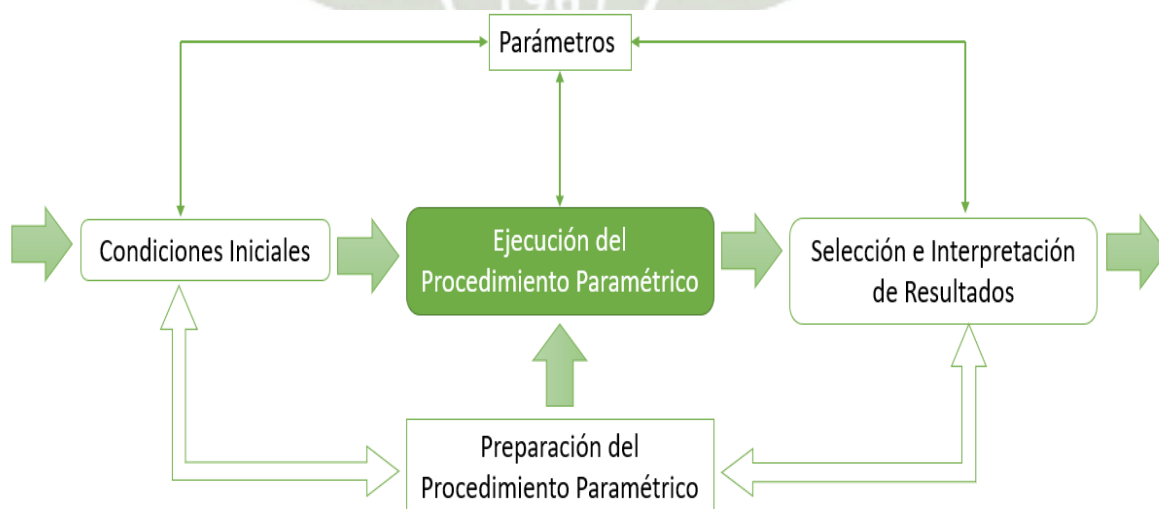
En el diseño paramétrico, los diseñadores definen una forma mediante el uso de algoritmos que hacen uso de los parámetros variables. Esto requiere un pensamiento riguroso para construir una estructura geométrica sofisticada incrustada en un modelo complejo que sea lo suficientemente flexible para realizar variaciones. Por lo tanto, el diseñador debe anticipar qué tipos de variaciones desea explorar para determinar los tipos de transformaciones que se deben realizar en el modelo paramétrico (Barrios Hernandez, 2005).

3.3.1.1. Proceso de Diseño Paramétrico

El proceso para el diseño paramétrico presenta cuatro actividades: definición de las condiciones iniciales, preparación del procedimiento paramétrico, ejecución del procedimiento paramétrico, la selección e interpretación de resultados y el conjunto de parámetros considerados. Con frecuencia, estas actividades y datos son combinados y definen condiciones mientras el procedimiento paramétrico es ejecutado, o lo ajustan de acuerdo a los resultados y posibilidades. No obstante, distinguirlos contribuye a su desarrollo. (Davis, Burry, & Burry, 2011).

Ilustración 3

Proceso general de actividades en el diseño paramétrico



Nota: Extraído de García Alvarado & Lyon Gottlieb, (2013)

a. Condiciones Iniciales

Definidas como aspectos del proyecto considerados en el procedimiento paramétrico. Las condiciones pueden ser conceptuales, magnitudes o características de la forma (curvaturas, extensión, etc.), las cuales pueden estar expresadas como operaciones o valores numéricos de manera explícita o intuitiva.

La definición de condiciones debe conformar un sistema de relaciones geométricas que pueda ser definido en una plataforma de modelación (Garcia Alvarado & Lyon Gottlieb, 2013).

b. Parámetros

Los parámetros tienen la función de expresar límites, y configuraciones específicas. Un mismo modelo paramétrico puede entregar diversos resultados según la alteración de los parámetros que lo controlan. La variedad de parámetros puede ser descrita en una taxonomía (Tabla 3). Y puede determinar distintas clasificaciones: ambientales (referidas al entorno de localización), globales (sobre el volumen total del proyecto), locales (ciertos elementos) o de ejecución. Pueden ser magnitudes geométricas generales o parciales, propiedades materiales intensivas (independientes de la forma) o extensivas (vinculadas a las dimensiones. Algunos se aplican con rangos numéricos definidos (Garcia Alvarado & Lyon Gottlieb, 2013).

Tabla 3

Taxonomía de Parámetros

Taxonomía de Parámetros			
Parámetros ambientales	Parámetros Globales	Parámetros Locales	Parámetros de Ejecución
Datos geográficos: topografía, vistas, tipos de suelo, etc.	Dimensiones o proporciones generales: rangos mínimos y máximos para largo, ancho, profundidad, curvatura, etc.	Dimensiones o proporciones de componentes: rangos mínimos y máximos para largo, ancho, profundidad, cantidad, etc.	Dimensiones de producción: tamaño de materiales y máquinas de ejecución
Datos climáticos: orientación, temperatura, humedad, radiación, vientos, etc.	Requerimientos funcionales: ergonomía, accesibilidad	Interacción con otros componentes: condiciones de borde y respuesta a configuraciones adyacentes	Propiedades de materiales: rangos de resistencia o flexión
Situación contextual: restricciones normativas de situación urbana, materialidad, tipología (aislado, torre, placa, etc.)	Distribución global: relaciones y topología interna	Respuesta a valores de análisis: profundidad o espesor de las piezas según asoleamiento o sollicitaciones estructurales	Características de producto: color, textura, terminación, etc.
Relaciones de entorno: flujos peatonales, vehiculares, presencia de singularidades, referencias, etc.	Condiciones expresivas: configuración de fachadas y materialidad	Condiciones formales: Variación gradual entre componentes	Valores de aplicación: costos del proyecto.
Dimensiones del sitio: Ancho y profundidad del lote, pendiente, límites de edificación.	Restricciones técnicas: crujeas y voladizos según sistema estructural	Requerimientos de montaje: tipos de ensamblaje, unión y dilatación entre componentes	Dimensiones para transporte: magnitudes de vehículos y operación

Nota: Extraído de García Alvarado & Lyon Gottlieb, (2013)

c. Ejecución del Procedimiento Paramétrico

La ejecución del procedimiento puede definirse como una acción diferenciada de la preparación de la data indicada para generar resultados formales. Se puede ejecutar repetidamente modificando los datos para producir una variedad distinta de resultados. Por lo tanto, podemos considerar este procedimiento como la acción central del diseño paramétrico, incluyendo su ajuste según los datos y resultados generados (Garcia Alvarado & Lyon Gottlieb, 2013).

d. Selección e interpretación de resultados

Los procedimientos paramétricos producen por último una forma o conjunto de formas

que deberán ser integradas en el proyecto. Raramente constituyen el diseño final completo, en lugar de ello, constituyen una figura relevante que debe ser incorporada y detallada constructivamente. Varios procedimientos generan secuencias en las que el proyectista puede elegir alguna de las formas aplicando condiciones no previstas al comienzo, como aspectos expresivos, adaptación al lugar, factibilidad constructiva, etc. También puede desechar posibilidades generadas, modificarlas significativamente o desarrollar otras distintas. Por esta razón, la producción final se debe considerar más bien como una actividad de diseño, compuesta de la selección de la forma, así como de su adaptación al proyecto.

e. Optimización de Geometría Estructural

La finalidad de optimizar una geometría implica crear un sistema lo suficientemente flexible para motivar al proyectista a considerar fácilmente una variedad de diseños. Asimismo, considera que el costo de realizar cambios de diseño deberá ser lo más cercano a cero posible (Teresko, 1993).

Una geometría óptima aprovecha al máximo sus capacidades estructurales, lo cual se traduce en ahorro de material y por lo tanto de costos.

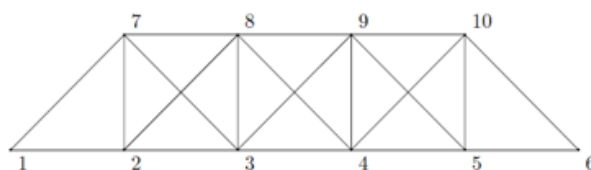
La optimización puede abordar una variedad de tareas dependiendo de requisitos específicos del proyecto y del diseño en general. En cuanto a técnicas de optimización de Sistemas Estructurales para la Industria de la Construcción, se identifican varias formas de optimización estructural, entre tamaño (tamaños de elementos y secciones transversales), forma (geometría y tamaño de una topología fija), topología (distribución para un diseño de sistema estructural) y optimización funcional del diseño. (Holzer, Hough, & Burry, 2008)

Según Sánchez Caballero (2012), Enfoques de optimización de geometría estructural:

- Optimización del tamaño: Busca determinar las medidas óptimas de los elementos que constituyen una estructura de forma predefinida. Es el enfoque más simple ya que el número de variables del problema es limitado.

Ilustración 4

Optimización de tamaño

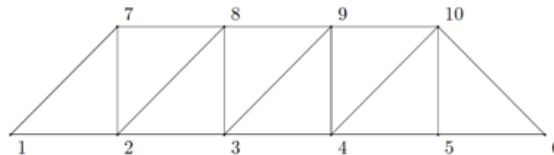


Nota: Extraído de Sánchez Caballero, (2012)

- Optimización de la forma. Trata de buscar la forma óptima de una estructura de topología fija. En este enfoque, partiendo de una forma predefinida, se busca optimizar esta mediante la modificación de la conectividad entre elementos o mediante la eliminación de los elementos menos esforzados.

Ilustración 5

Optimización de forma

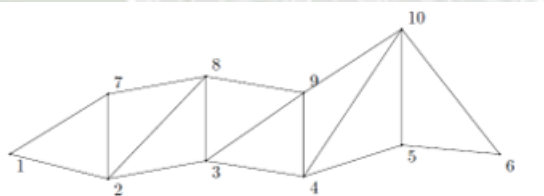


Nota: Extraído de Sánchez Caballero, (2012)

- Optimización de la topología. Trata de buscar la distribución óptima del material en una estructura, mediante la supresión de elementos y/o la modificación de la conectividad y/o de las coordenadas nodales. Este enfoque es el más complicado porque conlleva una elevada cantidad de variables.

Ilustración 6

Optimización de topología



Nota: Extraído de Sánchez Caballero, (2012)

3.3.2. Sistema de Muros de Concreto Armado

En este sistema de muros de concreto armado, la resistencia sísmica está dada predominantemente por los muros estructurales, sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base (RNE E.030, 2018).

3.3.2.1. Muros de Concreto Armado

Los muros o placas son paredes de concreto armado que, debido a su mayor dimensión en una dirección, muy superior a su ancho, proporcionan gran rigidez lateral y resistencia en esa dirección; además soportan esfuerzos transmitidos de vigas y losas (Blanco Blasco, 1994).

3.3.3. Sistema de Pórticos de Concreto Armado

Los pórticos son sistemas compuestos por vigas y columnas de concreto armado como elementos estructurales que soportan cargas verticales y horizontales que inducen momentos flectores. Para el caso particular de la acción sísmica, los momentos flectores desarrollan sus valores máximos en los extremos de vigas y columnas (Crisafulli, 2014).

En este sistema de pórticos por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas (RNE E.030, 2018).

3.3.3.1. Columnas

Los elementos verticales que soportan carga axial y flexión (flexo compresión) en la estructura de un edificio son denominados columnas. No obstante, en una misma estructura, pueden existir varios tipos de elementos trabajando en flexo compresión: Las columnas, las placas o muros de corte, la caja de ascensores y muros de sótano (Ottazi Pasino, 2012).

Las columnas deben diseñarse para resistir las fuerzas axiales que provienen de las cargas amplificadas de todos los pisos, y el momento máximo debido a las cargas amplificadas. También debe considerarse la condición de carga que produzca la máxima relación (excentricidad) entre el momento y carga axial.

3.3.3.2. Vigas.

Son elementos estructurales que trabajan fundamentalmente a flexión y a cortante. (RNE E.060, 2020) . Reciben la carga de las losas y las transmiten hacia otras o directamente hacia las columnas o muros, constituyen, además, junto a los muros y columnas, elementos resistentes a los diferentes esfuerzos producidos por las fuerzas horizontales de sismo (cortantes y momentos axiales) y ayudan a proporcionar rigidez lateral.

El comportamiento en flexión de una viga origina esfuerzos de compresión y tracción. Estas fuerzas internas estarán espaciadas una cierta distancia, que será mayor mientras mayor sea el peralte de la viga. (Blanco Blasco, 1994)

Las vigas deberán ser diseñadas para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones estipuladas (flexión y cortante). Las resistencias de diseño deben tomarse como resistencia nominal multiplicada por los factores ϕ de reducción de resistencia especificados en la norma (RNE E.060, 2020).

3.3.3.3. Losas Macizas.

Las losas son elementos estructurales de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones, son usadas como piso o techo, generalmente horizontales y armadas en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno. Son usadas también como diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo (RNE E.060, 2020).

La norma peruana establece ecuaciones que permiten obtener el espesor requerido de losas macizas de tal manera de satisfacer condiciones de deflexiones; en estas ecuaciones interviene la rigidez de las vigas, la relación de las rigideces viga/losa, la condición del paño en estudio, la rigidez torsional de la viga de borde y la resistencia a fluencia del acero de refuerzo. (Blanco Blasco, 1994)

Las losas macizas deben diseñarse por flexión y cortante considerando sólo las cargas gravitacionales (cargas vivas y muertas). Además, e acuerdo a la normativa y para garantizar una buena vida útil se debe realizar un control de deflexiones.

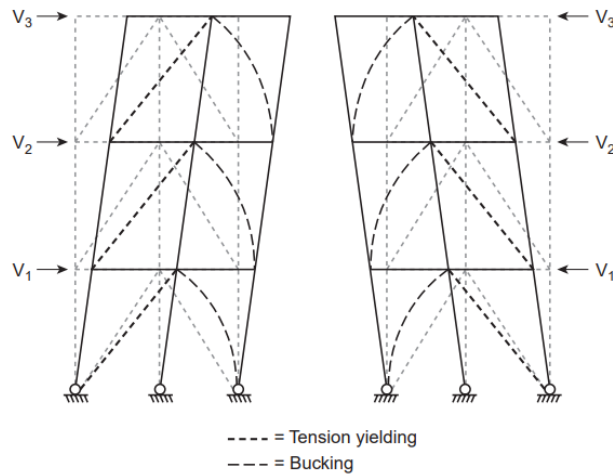
3.3.4. Sistema de Pórticos de Concreto Armado Arriostrado Concéntricamente

Los arriostramientos concéntricos implican la presencia de las barras diagonales o riostras que modifican significativamente el comportamiento del pórtico presentando ventajas significativas desde el punto de vista estructural y constructivo. Los pórticos con arriostramientos concéntricos representan una solución estructural conveniente para suministrar resistencia y rigidez lateral en edificios de baja y mediana altura. Es por ello que las acciones laterales de sismo inducen, principalmente, esfuerzos axiales en los miembros del pórtico arriostrado. El sistema se destaca por su elevada rigidez lateral, la que permite controlar adecuadamente los desplazamientos laterales para cumplir los requerimientos de diseño. La denominación de pórticos arriostrados concéntricamente se debe a que las conexiones de las riostras se diseñan de modo tal de evitar o reducir al mínimo posible las excentricidades (Crisafulli, 2014).

Durante los sismos, se espera que los pórticos arriostrados concéntricamente cedan y disipen energía a través del comportamiento histerético posterior al pandeo de sus miembros. Para la deriva en una dirección específica, esto se logra mediante el pandeo de los miembros en compresión, seguido de la deformación de los miembros en tracción. Por lo tanto, en caso de un sismo, las riostras deben ser capaces de soportar grandes desplazamientos inelásticos sin una pérdida significativa de resistencia y rigidez (Bruneau, Sabelli, & Uang, 2011).

Ilustración 7

Esquema del comportamiento inelástico de las riostras



Nota: Extraído de Bruneau, Sabelli, & Uang, (2011)

3.3.4.1. Factores influyentes en el comportamiento estructural de las riostras

a. Esbeltez

Las riostras están clasificadas en tres grupos: esbeltas, intermedias y robustas o poco esbeltas (Bruneau, Sabelli, & Uang, 2011). Las riostras esbeltas se caracterizan por pérdida significativa de resistencia y rigidez por causa del pandeo y deformaciones residuales. En el caso particular de riostras muy esbeltas estos efectos negativos son más acentuados y al retomar la carga en tracción se produce un rápido aumento de la rigidez. Este incremento repentino induce un efecto similar al de una carga de impacto, lo que puede originar daño en la riostra y en sus conexiones.

Las riostras robustas son aquellas cuya respuesta en compresión está controlada por la fluencia y el pandeo. La rótula plástica que se forma en el centro de la riostra, como consecuencia del pandeo, disminuye la capacidad de disipar energía.

Finalmente, las riostras intermedias, como su nombre lo indica, exhiben un comportamiento comprendido entre las otras dos categorías. Los efectos de degradación de rigidez y resistencia son menores que los observados en riostras esbeltas y mayores que los correspondientes a las robustas (Crisafulli, 2014).





b. Condiciones de vínculo

Las condiciones de vínculo afectan la deformada de pandeo y por ende la longitud efectiva, usada para determinar la resistencia.

K es el número por el que debe multiplicarse la longitud del elemento para obtener su longitud efectiva. Su magnitud depende de la restricción rotacional en los extremos del elemento y de la resistencia al movimiento lateral de éste (McCormac & Csernak, 2012).

Tabla 4

Valores del factor K

Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K .						
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo	 Rotación y traslación impedidas		 Rotación libre y traslación impedida		 Rotación impedida y traslación libre	
	 Rotación y traslación libres					

Nota: Extraído de McCormac & Csernak (2012).

c. Forma de la sección

La forma de la sección de las riostras afecta su comportamiento estructural y para evaluar su influencia deben considerarse varios aspectos. Uno de ellos es la eficiencia de la sección, que se cuantifica a través del radio de giro. Así, por ejemplo, los tubos de sección cuadrada y circular presentan ventajas comparativas frente a secciones I o secciones canal, sin embargo, la

eficiencia puede darse en términos económicos o estructurales, ya que disminuir la cantidad de material, no necesariamente implica un mejor comportamiento estructural.

Otro aspecto fundamental es la compacidad de la sección, medida a través de la relación ancho espesor, aspecto vinculado directamente con los problemas de pandeo local. De modo que las secciones con elementos más compactos, presentan mayor capacidad de disipar energía y de evitar fracturas como resultado de las grandes deformaciones localizadas que induce el pandeo local.

Según Crisafulli (2014), se propone el siguiente agrupamiento de secciones para riostras de acero, ordenadas en forma decreciente según su desempeño:

- Tubos de sección circular
- Tubos de sección cuadrada
- Secciones I
- Secciones T
- Secciones "doble ángulo"

No obstante, es preciso mencionar que para esta investigación se utilizaran los perfiles tubulares circular y cuadrado debido a que presentan inercias iguales en cualquier dirección de análisis.

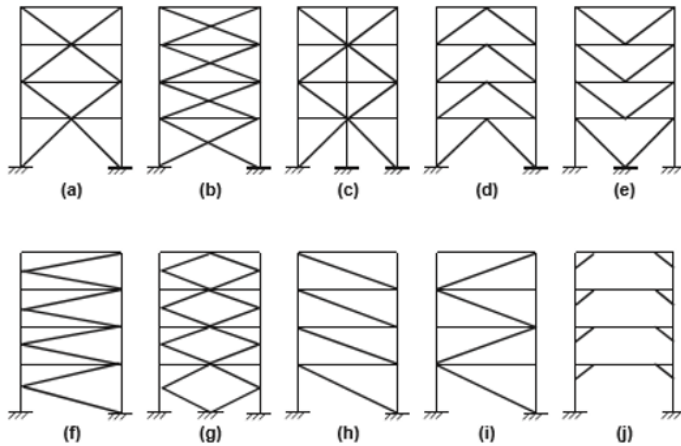
3.3.4.2. Configuración geométrica de las riostras

Los pórticos arriostrados pueden diseñarse con diversas configuraciones de riostras, las que deben respetar no solo criterios estructurales, también requerimientos funcionales y arquitectónicos, es decir, por la ubicación de puertas y ventanas, económicos, estéticos, etc. (Crisafulli, 2014).

Las configuraciones más utilizadas se muestran en la siguiente imagen, siendo (a,b,c) riostras en X, (d,e) riostras en V invertida y V también conocidas como Chevron, (f,g) riostras en K y doble K, (h,i) riostras en diagonal simple, (j) riostras de esquina (Bruneau, Sabelli, & Uang, 2011).

Ilustración 8

Configuraciones geométricas típicas de riostras



Nota: Extraído de Bruneau, Sabelli, & Uang (2011)

a. Riostras en V y V invertida

La configuración de riostras dispuestas en V y V invertida implica que el vértice de las riostras no coincida con un nudo viga columna del pórtico, sino que se conecta en la zona central de las vigas. (Crisafulli, 2014).

b. Riostras en X

La configuración en X consta de dos riostras, ambas dispuestas desde una esquina del marco hasta la esquina opuesta (base de una columna hasta unión viga-columna opuesta). Estos elementos se juntan en la mitad de su longitud, conectándose de tal forma que trabajen en conjunto (Duran Vicencio, 2017).

3.3.4.3. Disposición de las riostras

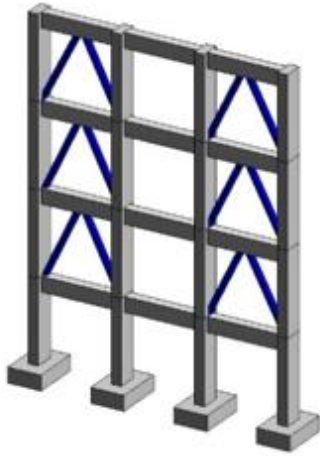
Para obtener un adecuado desempeño del sistema estructural, es importante que en cada plano resistente las riostras se dispongan de forma tal que la respuesta del sistema sea aproximadamente simétrica en términos de resistencia y rigidez, cuando la estructura es sometida a acciones laterales cíclicas. Caso contrario, se desarrollan esfuerzos internos en las riostras o en el pórtico que son desproporcionados y el sistema pierde eficiencia.

El adecuado balance entre riostras comprimidas y traccionadas evita la acumulación de distorsiones de piso inelásticas en una dirección. (Crisafulli, 2014).

Es preferible ubicar los arriostramientos en o cerca de las extremidades de la estructura, para resistir cualquier efecto de torsión (MIC Ingeniería y Construcción).

Ilustración 9

Disposición geométrica de las riostras



Nota: Elaboración propia.

3.3.4.4. Requisitos de diseño de elementos de acero estructural

a. Disposiciones generales

El diseño de miembros y conexiones deberá ser consistente con el comportamiento que se espera que tenga el sistema estructural y las hipótesis hechas en el análisis. A menos que exista una restricción impuesta por la normativa de edificación que corresponda, puede dotarse de resistencia y estabilidad a la estructura mediante cualquier combinación de miembros y conexiones (ANSI/AISC , 2010).

b. Base de Diseño

La filosofía de diseño de elementos de arriostramiento es proporcionar una resistencia adecuada a los sismos, los pórticos arriostrados concéntricamente deben diseñarse para tener la resistencia adecuada y la respuesta dúctil. (ANSI/AISC , 2010)

Para lograr esto, las riostras deben estar especialmente diseñadas para soportar deformaciones plásticas y disipar la energía histerética de manera estable a través de sucesivos ciclos de pandeo en compresión y fluencia en tracción. La estrategia de diseño es asegurar que las deformaciones plásticas solo ocurran en las riostras, dejando las columnas y vigas intactas, por lo tanto, permitiendo que la estructura sobreviva fuertes sismos sin perder su resistencia a la carga de gravedad. (Bruneau, Sabelli, & Uang, 2011)

Existen dos métodos de diseño para acero estructural, el diseño con factores de carga y resistencia (LRFD: Load and Resistance Factor Design) y el diseño por esfuerzos

admisibles (ASD: Allowable Strength Design).

En el método de diseño LRFD hallaremos la resistencia de diseño multiplicando la resistencia nominal (R_n) por un factor de seguridad (ϕ), mientras que en el método de diseño ASD se dividirá la resistencia nominal por un factor de seguridad (Ω). En ambos métodos de diseño la resistencia de diseño debe ser mayor a resistencia última (R_u).

$$\phi R_n \geq R_u \quad (\text{LRFD}) \quad (1)$$

$$\frac{R_n}{\Omega} \geq R_u \quad (\text{ASD}) \quad (2)$$

El Diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD).

- Resistencia Requerida

La resistencia requerida de los miembros estructurales y conexiones será determinada mediante análisis estructural para las combinaciones de carga.

3.3.5. Disposiciones generales para el análisis estructural sismorresistente

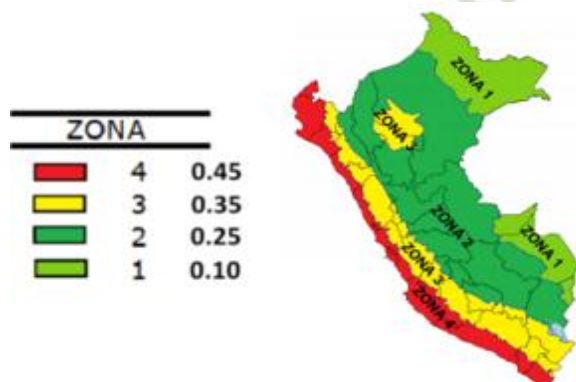
1. Zonificación.

El Perú se encuentra dividido en 4 zonas sísmicas de acuerdo a la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica (RNE E.030, 2018).

Arequipa se encuentra ubicada en la zona 3 con un factor $Z=0.35$.

Ilustración 10.

Zonas sísmicas (RNE E.030, 2018)



Nota: Extraído de RNE E.030, (2018)

2. Condición Geotectónica:

Perfil de suelo S2: Suelos Intermedios

Según la norma E.030 (2018), a este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada \bar{S}_u , entre 50 kPa (0,5 kgf/cm²) y 100 kPa (1 kgf/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad

3. Parámetros de Sitio:

Según la norma E.030 (2018), de acuerdo a la zonificación sísmica y a la determinación del perfil del suelo de la edificación podemos definir el valor de los periodos T_p y T_L , siendo así:

- T : Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.
- T_p Período que define la plataforma del factor C .
- T_L Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

Tabla 5

Factor de Suelo S

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

Nota: Extraído de RNE E.030, (2018)

Tabla 6

Periodos T_p y T_L

Tabla N° 4 PERÍODOS " T_p " Y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Nota: Extraído de RNE E.030, (2018)

4. Factor de amplificación sísmica C

Según la norma E.030 (2018), este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

$$T < T_p \quad C = 2,5 \quad (3)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad (4)$$

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

5. Categoría de la Edificación

Tabla 7

Categoría de las edificaciones y factor “U”

Tabla N° 6 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota: Extraído de RNE E.030, (2018)

6. Sistemas Estructurales

a. Estructuras de concreto armado.

Muros Estructurales:

Según la norma E.030 (2018), en este sistema de muros de concreto armado la resistencia sísmica está dada predominantemente por los muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

Pórticos:

Según la norma E.030 (2018), en este sistema por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción

sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Tabla 8

Categoría y Sistema estructural de las edificaciones

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

Nota: Extraído de RNE E.030, (2018)

Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_0).

Según la norma E.030 (2018), los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis.

Tabla 9

Sistemas Estructurales

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Nota: Extraído de RNE E.030, (2018)

7. Análisis sísmico

a. Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

Según la norma E.030 (2018), es el método que representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

b. Análisis Dinámico Modal Espectral

Según la norma E.030 (2018), es el método por el cual se obtiene las fuerzas sísmicas que actúan en una edificación mediante el espectro de respuesta, el cual representa la solución gráfica de la ecuación del movimiento en función de cargas laterales, dando como resultado un valor de respuesta que puede representar desplazamientos, velocidades o aceleraciones.

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral.

c. Determinación de desplazamiento laterales y límites de distorsión

Los desplazamientos laterales en estructuras regulares deben calcularse multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. En el caso de estructuras irregulares, los desplazamientos laterales deben calcularse multiplicando por 0.85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico. (RNE E.030, 2018)

Según la Norma E-030 (2018), el máximo desplazamiento relativo de entrepiso no debe exceder el valor de 0.007, distorsión límite indicada para concreto armado como material predominante.

d. Separación entre edificios

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, una distancia no menor que los $\frac{2}{3}$ de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que 0.006 veces el valor de la altura. (RNE E.030, 2018)

4. CAPITULO IV: ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE CONFIGURACION GEOMÉTRICA DE LAS RIOSTRAS SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA DE UN PÓRTICO ARRIOSTRADO CONCÉNTRICAMENTE

4.1. Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente

4.1.1. Definición de las condiciones iniciales y parámetros

La definición de condiciones para el diseño paramétrico debe conformar un sistema de relaciones geométricas posible de ser definido en una plataforma de modelación (García Alvarado & Lyon Gottlieb, 2013).

Las condiciones iniciales del desarrollo del diseño paramétrico de pórticos arriostrados serán las siguientes:

- El sistema de arriostramiento será concéntrico.
- La carga lateral ejercida al pórtico será de 25 tn.
- Las columnas y vigas serán de concreto armado $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.
 - Columnas de ancho de 25 cm.
 - Viga de 25 cm de base con un peralte de 50 cm.
- Los elementos de arriostramiento serán de acero A500 - grado B con esfuerzo de fluencia $f_y = 42 \text{ klb/plg}^2$.

4.1.1.1. Datos Generales de la Riostra:

El perfil elegido para la riostra será un perfil HSS redondo que cumplirá con las especificaciones detalladas en el manual del AISC.

De acuerdo al cuadro mostrado a continuación, se recomienda para secciones de tipo HSS, acero A500. Asimismo, se especifica el grado B para el perfil redondo que implica un valor del esfuerzo mínimo de fluencia f_y de 42 klb/plg^2 y esfuerzo de tensión f_u de 58 klb/plg^2 .

Tabla 10

Especificaciones aplicables de la ASTM para diversos perfiles estructurales

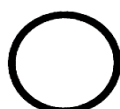
Table 2-4 Applicable ASTM Specifications for Various Structural Shapes													
Steel Type	ASTM Designation	F_y Min. Yield Stress (ksi)	F_u Tensile Stress ^a (ksi)	Applicable Shape Series									
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Pipe
											Rect.	Round	
Carbon	A36	36	58-80 ^b										
	A53 Gr. B	35	60										
	A500	Gr. B	42	58									
			46	58									
		Gr. C	46	62									
			50	62									
	A501	Gr. A	36	58									
		Gr. B	50	70									
	A529 ^c	Gr. 50	50	65-100									
		Gr. 55	55	70-100									
High-Strength Low-Alloy	A572	Gr. 42	42	60									
		Gr. 50	50	65 ^d									
		Gr. 55	55	70									
		Gr. 60 ^a	60	75									
		Gr. 65 ^a	65	80									
		Gr. I & II	50 ^a	70 ^a									
	A618 ^f	Gr. III	50	65									
		50	50 ^h	60 ^h									
	A913	60	60	75									
		65	65	80									
70		70	90										
A992	50	65 ⁱ											
Corrosion Resistant High-Strength Low-Alloy	A242	42 ⁱ	63 ^j										
		46 ^k	67 ^k										
		50 ^l	70 ^l										
	A588	50	70										
A847	50	70											

= Preferred material specification
 = Other applicable material specification, the availability of which should be confirmed prior to specification
 = Material specification does not apply

Nota: Extraído de AISC, (2016)

Tabla 11

Dimensiones y Propiedades del Perfil HSS Circular



HSS6.625-HSS5

Table 1-13 (continued)
Round HSS
Dimensions and Properties

Shape	Design Wall Thickness, t in.	Nominal Wt. lb/ft	Area, A in. ²	D/t	I in. ⁴	S in. ³	r in.	Z in. ³	Torsion	
									J in. ⁴	C in. ³
									HSS6×0.500	0.465
×0.375	0.349	22.55	6.20	17.2	24.8	8.28	2.00	11.2	49.7	16.6
×0.312	0.291	18.97	5.22	20.6	21.3	7.11	2.02	9.49	42.6	14.2
×0.280	0.260	17.12	4.69	23.1	19.3	6.45	2.03	8.57	38.7	12.9
×0.250	0.233	15.37	4.22	25.8	17.6	5.86	2.04	7.75	35.2	11.7
×0.188	0.174	11.68	3.18	34.5	13.5	4.51	2.06	5.91	27.0	9.02
×0.125 ^l	0.116	7.85	2.14	51.7	9.28	3.09	2.08	4.02	18.6	6.19

Nota: Extraído de AISC, (2016)

El perfil elegido es de diámetro de 6" y espesor de 0.174 plg (no mayor a 0.5cm pero no menor a 0.3cm)

Por consiguiente, tenemos:

Tabla 12

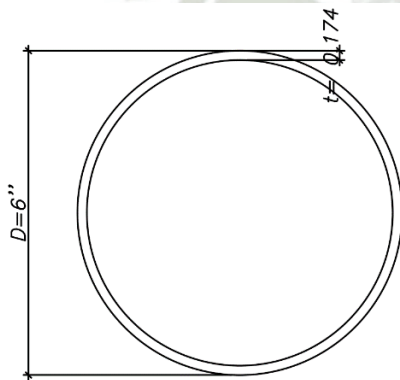
Datos generales de perfil elegido para la riostra del diseño paramétrico de pórticos

Datos de la riostra		
Acero	A500Gr.B	
f_y	42	klb/plg ²
E	29000	klb/plg ²
Sección	HSS6x0.188	
Diámetro	6	plg
Espesor	0.174	plg
Área	3.18	plg ²
Inercia	13.5	plg ⁴
Radio de giro	2.06	plg

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 11

Esquema de perfil elegido para la riostra del diseño paramétrico de pórticos



Nota: Elaboración propia.

Con las condiciones iniciales determinadas, definimos los parámetros que controlan el procedimiento paramétrico para obtener resultados distintos según varíen.

Los parámetros del desarrollo del diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente serán los siguientes:

- La relación luz entre altura (L/h) del pórtico arriostrado. Al mantener variable la luz del pórtico, es decir la longitud de la viga podremos analizar la implicancia del cambio de dimensiones del pórtico en la capacidad resistente de la riostra.

- El largo o peralte de las columnas para obtener distintas relaciones de inercias entre la columna y la riostra.

4.1.1.2. Datos Generales del portico de concreto armado

Tabla 13

Datos generales de pórtico para el diseño paramétrico de pórticos

Dimensiones de las columnas		
Concreto	210	kgf/cm ²
Refuerzo	4200	kgf/cm ²
Longitud	4.00	m
Sección	VARIABLE	
Dimensiones de la viga		
Concreto	210	kgf/cm ²
Refuerzo	4200	kgf/cm ²
Longitud	6.00	m
Base	0.25	m
Peralte	0.5	m

Nota: Elaboración propia.

4.1.2. Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración X

4.1.2.1. Modelado paramétrico y análisis estructural de pórticos de concreto arriostrados con riostras de acero

Las estructuras estudiadas serán sometidas a un análisis estructural en dos direcciones. La creación de modelos y análisis estructural se realizará en el programa computacional ETABS, teniendo las siguientes consideraciones:

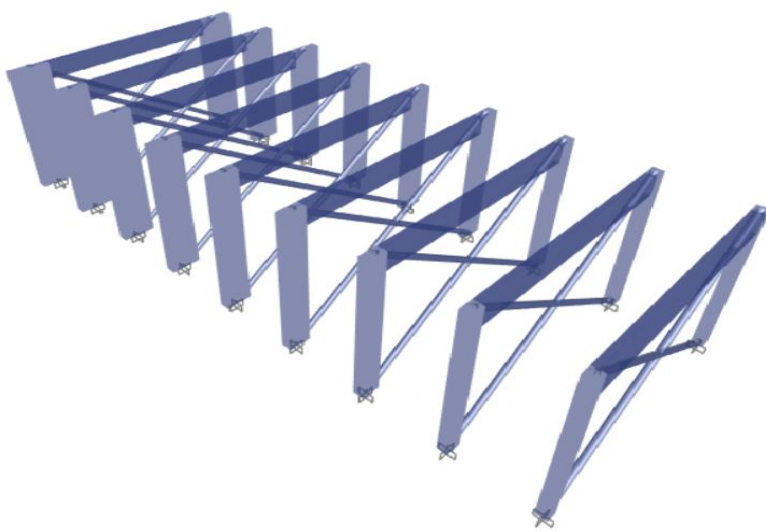
- Elementos de concreto armado (vigas y columnas) serán modelados como elementos tipo frame.
- Elementos de acero estructural (riostras) serán modelados como elementos tipo pinned.
- Se considerará empotramiento en la base.

En la imagen se puede apreciar los modelos estructurales de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración X, con luz variable y dimensiones de columna variable.

Los pórticos estarán sometidos a una carga lateral de 25 toneladas, con la cual obtenemos fuerzas axiales, momentos flectores y fuerzas cortantes.

Ilustración 12

Modelos estructurales de pórticos arriostrados concéntricamente en X.

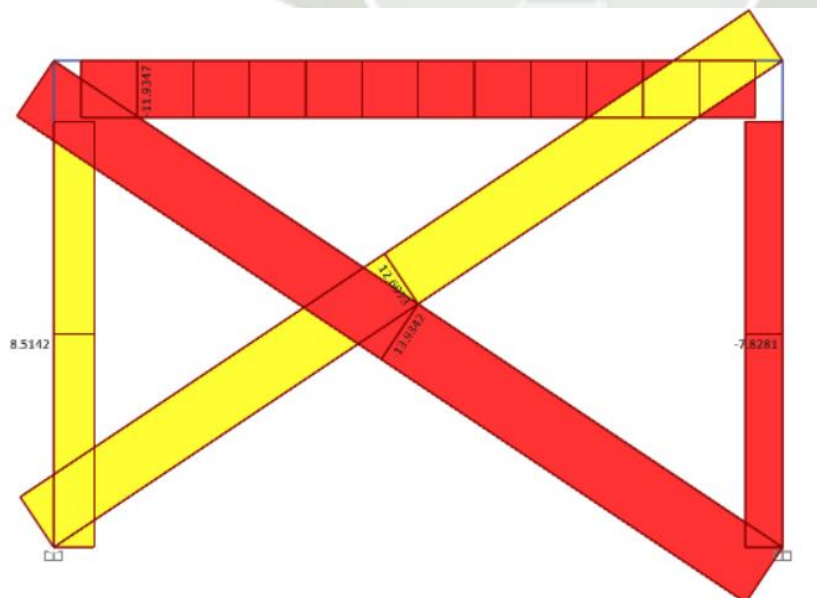


Nota: Elaboración propia.

En las siguientes imágenes se mostrará como ejemplo los resultados del análisis estructural del pórtico arriostrado con relación luz entre altura de pórtico de 1.5 y columnas de 25x45 cm.

Ilustración 13

Diagrama de Fuerzas Axiales de pórtico arriostrado en X.

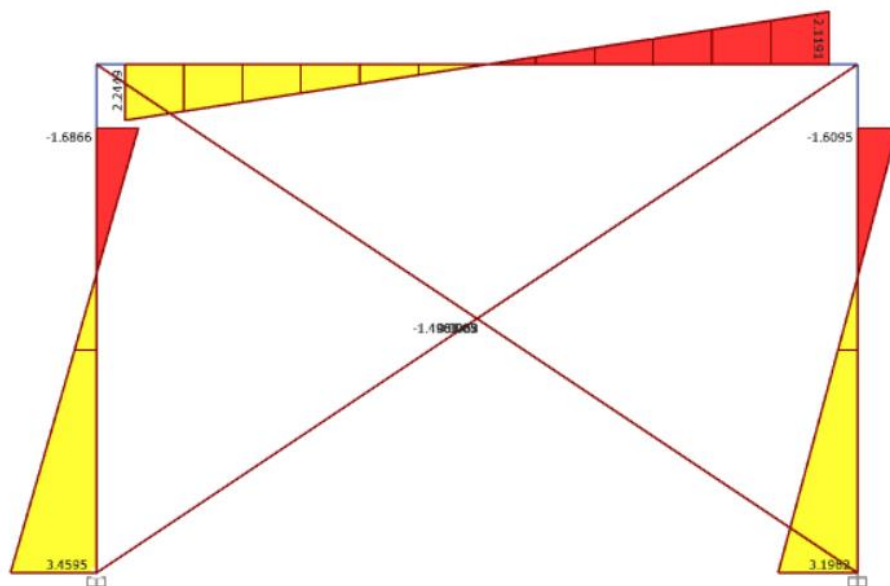


Nota: Elaboración propia.

En la imagen se puede apreciar el diagrama de fuerzas axiales del pórtico arriostrado en X, donde podemos observar una riorstra en compresión y otra a tracción.

Ilustración 14

Diagrama de Momentos Flectores de pórtico arriostrado en X.

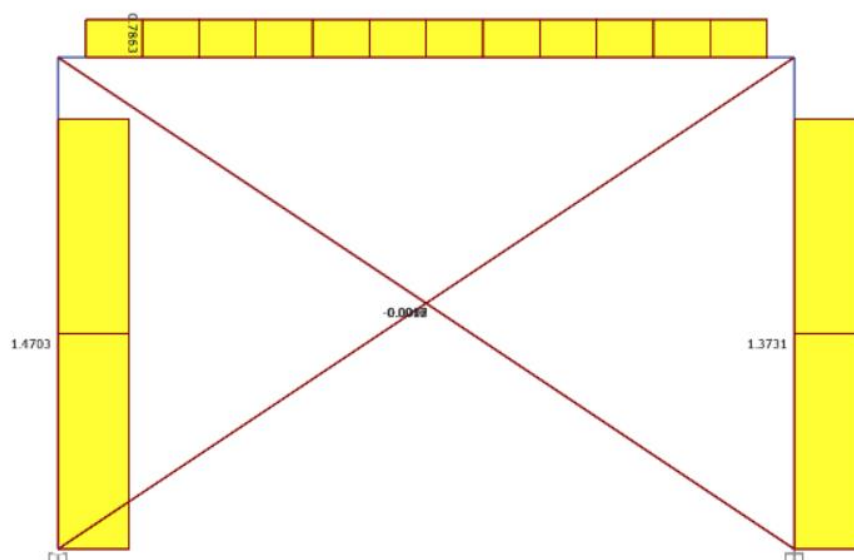


Nota: Elaboración propia.

En la imagen se puede apreciar el diagrama de momentos flectores del pórtico arriostrado en X, donde podemos observar que las riostras no trabajan a momentos.

Ilustración 15

Diagrama de Fuerzas Cortantes de pórtico arriostrado en X.



Nota: Elaboración propia.

En la imagen se puede apreciar el diagrama de momentos flectores del pórtico

arriostrado en X, donde podemos observar que las riostras no trabajan a fuerzas cortantes.

4.1.2.2. Diseño paramétrico estructural de riostras de acero

a. Diseño de riostras de acero por tracción

La resistencia nominal (P_n) de elementos sometidos a tracción se determina con la siguiente ecuación:

$$P_n = f_y A_g \quad (6)$$

Por lo tanto, para el método de diseño LRFD se debe cumplir:

$$\phi P_n = \phi f_y A_g \quad (7)$$

Siendo f_y el esfuerzo de fluencia y A_g el área bruta del elemento.

b. Diseño de riostras de acero por compresión

Para elementos sometidos a compresión se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

b.1. Longitud efectiva del elemento. El concepto de longitud efectiva es simplemente un método matemático para reemplazar un elemento con cualquier condición en los extremos, por un elemento equivalente con extremos articulados. La longitud efectiva se denomina KL , donde K es el factor por el que debe multiplicarse la longitud, su magnitud depende de las restricciones rotacionales y traslacionales en los extremos del elemento (McCormac & Csernak, 2012).

b.2. Esfuerzo de pandeo por flexión

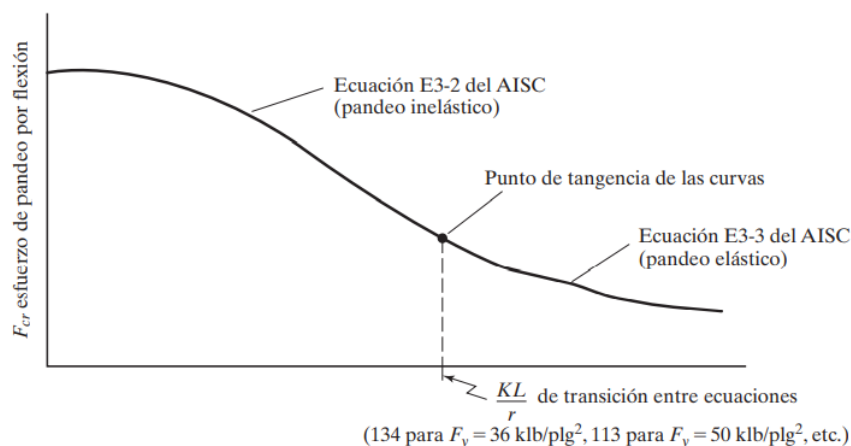
El esfuerzo de pandeo se puede determinar con las siguientes expresiones

$$\text{Si } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(\text{o } \frac{f_y}{F_e} \leq 2.25 \right), F_{cr} = \left(0.658 \frac{f_y}{F_e} \right) f_y \quad (8)$$

$$\text{Si } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(\text{o } \frac{f_y}{F_e} \leq 2.25 \right), F_{cr} = 0.877 F_e \quad (9)$$

Ilustración 16

Curva de Euler



Nota: Extraído de McCormac & Csernak, (2012)

Siendo F_e el esfuerzo de pandeo crítico elástico

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (10)$$

Teniendo en cuenta la longitud efectiva del elemento y su esfuerzo por pandeo, la resistencia nominal (P_n) de elementos sometidos a compresión se determina con la siguiente ecuación:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (11)$$

Por lo tanto, para el método de diseño LRFD se debe cumplir:

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g \quad (12)$$

c. Diseño por tracción

Al ser dependiente del área, el valor de la resistencia a la tracción será igual en todas las relaciones L/H .

Para el diseño por tracción, se considerará:

- Coeficiente de longitud efectiva: $K=1$ (Rotación libre y traslación impedida en ambos extremos)

Tabla 14

Diseño por tracción de riostra elegida

Diseño por tracción		
ϕ	0.9	
Ag	3.18	plg2
Pn	133.560	klb
ϕPn	120.204	klb
ϕPn	54.514	tn

Nota: Elaboración propia.

d. Diseño por compresión

Pórtico de Relación $L/H=1$

Tabla 15

Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, $L/H=1$

Diseño por compresión		
KL/r	108.112	plg
Fe	24.488	klb/plg2
$4.71(E/fy)^{0.5}$	123.764	
Fcr	20.487	klb/plg2
ϕ	0.9	
Ag	3.180	plg2
Pn	65.149	klb
ϕPn	26.592	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 26.592 tn.

Pórtico de Relación L/H=1.25

Tabla 16

Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=1.25

Diseño por compresión		
KL/r	122.374	plg
Fe	19.112	klb/plg2
$4.71(E/fy)^{0.5}$	123.764	
Fcr	16.742	klb/plg2
ϕ	0.9	
Ag	3.180	plg2
Pn	53.238	klb
ϕPn	21.730	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 21.730 tn.

Pórtico de Relación L/H=1.50

Tabla 17

Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=1.50

Diseño por compresión		
KL/r	137.816	plg
Fe	15.069	klb/plg2
$4.71(E/fy)^{0.5}$	123.764	
Fcr	13.216	klb/plg2
ϕ	0.9	
Ag	3.180	plg2
Pn	42.027	klb
ϕPn	17.154	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 17.154 tn.

Pórtico de Relación L/H=1.75

Tabla 18

Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=1.75

Diseño por compresión		
KL/r	154.083	plg
Fe	12.056	klb/plg ²
4.71(E/fy) ^0.5	123.764	
Fcr	10.573	klb/plg ²
φ	0.9	
Ag	3.180	plg ²
Pn	33.621	klb
φPn	13.723	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 13.723 tn.

Pórtico de Relación L/H=2

Tabla 19

Diseño por compresión de riostra para arriostre en X, L/H=2

Diseño por compresión		
KL/r	170.940	plg
Fe	9.795	klb/plg ²
4.71(E/fy) ^0.5	123.764	
Fcr	8.590	klb/plg ²
φ	0.9	
Ag	3.180	plg ²
Pn	27.317	klb
φPn	11.150	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 11.150 tn.

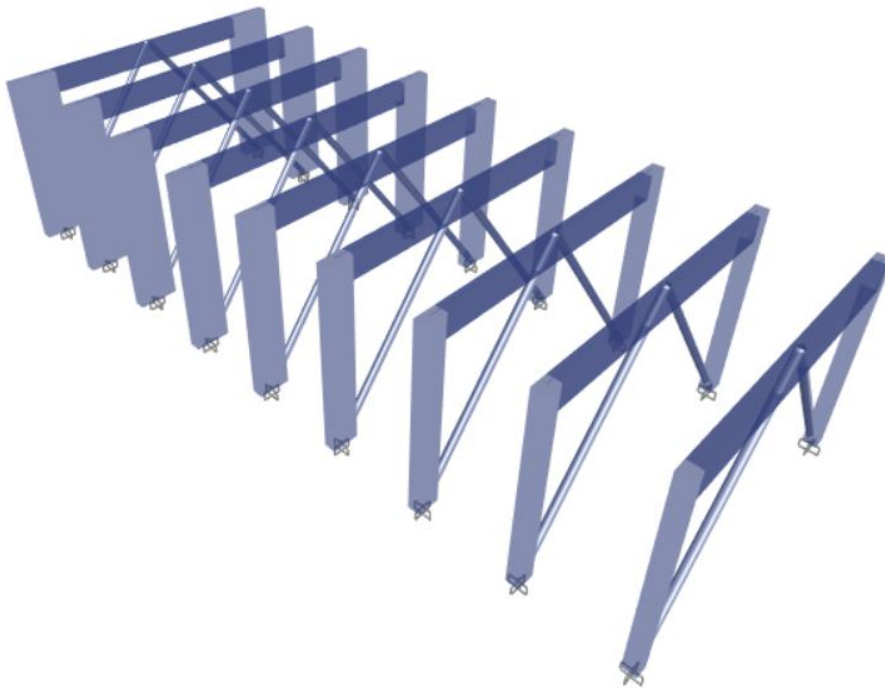
4.1.3. Diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración V invertida.

4.1.3.1. Modelado paramétrico y análisis estructural de pórticos de concreto arriostrados con riostras de acero

En la imagen mostrada a continuación se pueden apreciar los modelos estructurales de pórticos arriostrados concéntricamente en configuración V invertida, con luz variable y dimensiones de columna variable.

Ilustración 17

Modelos estructurales de pórticos arriostrados concéntricamente en V invertida



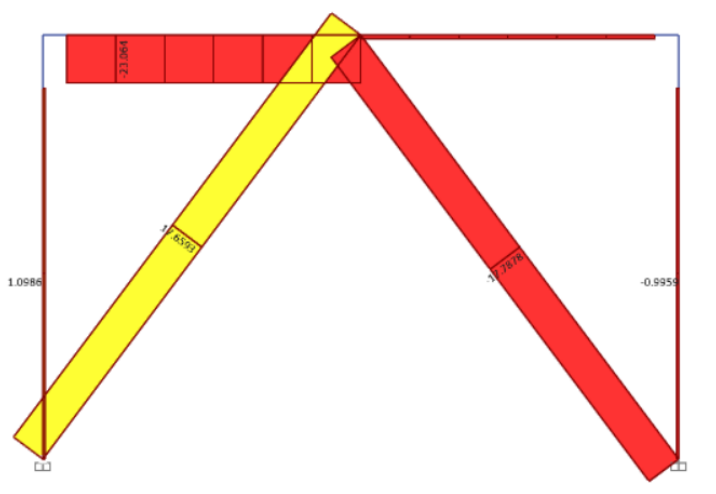
Nota: Elaboración propia.

Los pórticos estarán sometidos a una carga lateral de 25 toneladas, con la cual obtenemos fuerzas axiales, momentos flectores y fuerzas cortantes.

En las siguientes imágenes se mostrará como ejemplo los resultados del análisis estructural del pórtico arriostrado con relación luz entre altura de pórtico de 1.5 y columnas de 25x45cm.

Ilustración 18

Diagrama de Fuerzas Axiales de pórticos arriostrado en V invertida.

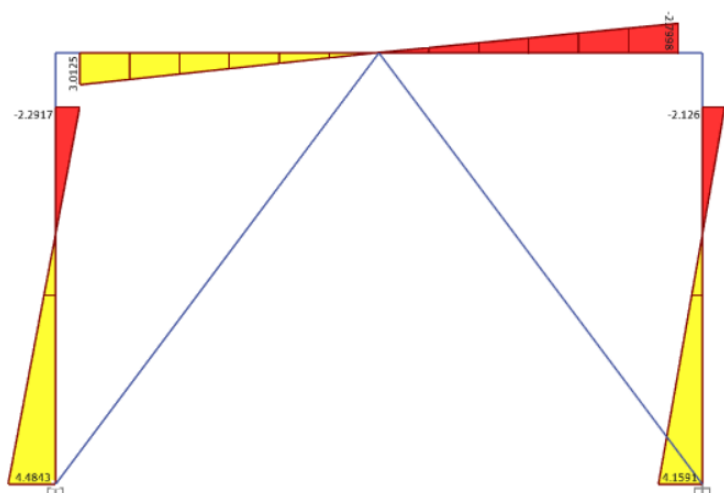


Nota: Elaboración propia.

En la imagen se puede apreciar el diagrama de fuerzas axiales del pórtico arriostrado en V invertida, donde podemos observar una riostra en compresión y otra a tracción.

Ilustración 19

Diagrama de Momento Flector de pórtico arriostrado en V invertida.

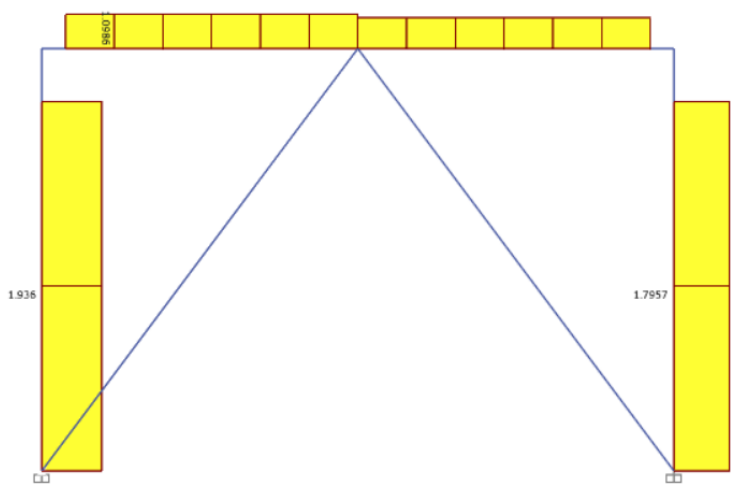


Nota: Elaboración propia.

En la imagen se puede apreciar el diagrama de momentos flectores del pórtico arriostrado en V invertida, donde podemos observar que las riostras no trabajan a momentos.

Ilustración 20

Diagrama de Fuerzas Cortantes de pórtico arriostrado en V invertida.



Nota: Elaboración propia.

En la imagen se puede apreciar el diagrama de momentos flectores del pórtico arriostrado en V invertida, donde podemos observar que las riostras no trabajan a fuerzas cortantes.

4.1.3.2. Diseño paramétrico estructural de riostras de acero**a. Diseño por tracción**

Al ser dependiente del área, el valor de la resistencia a la tracción será igual en todas las relaciones L/H y en ambas configuraciones de arriostramiento.

b. Diseño por compresión

Pórtico de Relación L/H=1

Tabla 20

Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1

Diseño por compresión		
KL/r	85.470	plg
Fe	39.181	klb/plg2
$4.71(E/fy)^{0.5}$	123.764	
Fcr	26.816	klb/plg2
ϕ	0.9	
Ag	3.180	plg2
Pn	85.275	klb
ϕPn	34.806	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 34.806 tn.

Pórtico de Relación L/H=1.25

Tabla 21

Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1.25

Diseño por compresión		
KL/r	90.149	plg
Fe	35.219	klb/plg2
$4.71(E/fy)^{0.5}$	123.764	
Fcr	25.496	klb/plg2
ϕ	0.9	
Ag	3.180	plg2
Pn	81.078	klb
ϕPn	33.093	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 33.093 tn.

Pórtico de Relación L/H=1.50

Tabla 22

Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1.50

Diseño por compresión		
KL/r	95.558	plg
Fe	31.344	klb/plg ²
4.71(E/fy) ^0.5	123.764	
Fcr	23.971	klb/plg ²
φ	0.9	
Ag	3.180	plg ²
Pn	76.227	klb
φPn	31.113	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 31.113 tn.

Pórtico de Relación L/H=1.75

Tabla 23

Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=1.75

Diseño por compresión		
KL/r	101.580	plg
Fe	27.738	klb/plg ²
4.71(E/fy) ^0.5	123.764	
Fcr	22.285	klb/plg ²
φ	0.9	
Ag	3.180	plg ²
Pn	70.867	klb
φPn	28.925	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 28.925 tn.

Pórtico de Relación L/H=2

Tabla 24

Diseño por compresión de riostra para arriostre en V invertida, L/H=2

Diseño por compresión		
KL/r	108.112	plg
Fe	24.488	klb/plg ²
4.71(E/fy) ^{0.5}	123.764	
Fcr	20.487	klb/plg ²
φ	0.9	
Ag	3.180	plg ²
Pn	65.149	klb
φPn	26.592	tn

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos una resistencia última a la compresión Pu de 26.592 tn.

4.2. Análisis de la influencia de la configuración geométrica de las riostras en la respuesta sísmica para la optimización del sistema de arriostramiento.

Para poder analizar la implicancia de la variación de las secciones de columnas (IC/IR) y la variación de la luz del pórtico (L/H) sobre la respuesta sísmica de las columnas de concreto armado en cada configuración estudiada, se define como variable independiente la relación IC/IR, en otros términos, la relación entre la inercia de la columna (variable) y la inercia de la riostra (fija).

Tabla 25

Relación IC/IR para los distintos pórticos estudiados.

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra
b	h		
25	25	32552.08	57.93
25	35	89322.92	158.96
25	45	189843.75	337.85
25	55	346614.58	616.85
25	65	572135.42	1018.19
25	75	878906.25	1564.13
25	85	1279427.08	2276.92
25	95	1786197.92	3178.78
25	105	2411718.75	4291.98

Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, se armará una tabla con los resultados obtenidos del análisis estructural para cada relación IC/IR escogida y para cada relación L/H estudiada en cada configuración de arriostramiento.

4.2.1. Pórticos arriostrados en X

Una vez recopilada toda la data del proceso paramétrico para las relaciones IC/IR y relaciones L/H, analizamos como influyen las características geométricas del pórtico en la fuerza axial, momento y fuerza cortante.

4.2.1.1. Análisis para las columnas de concreto armado:

- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, la fuerza axial que presentarán las columnas será menor.
- Mientras mayor sea la relación L/H, la fuerza axial que presentarán las columnas será menor.

Tabla 26

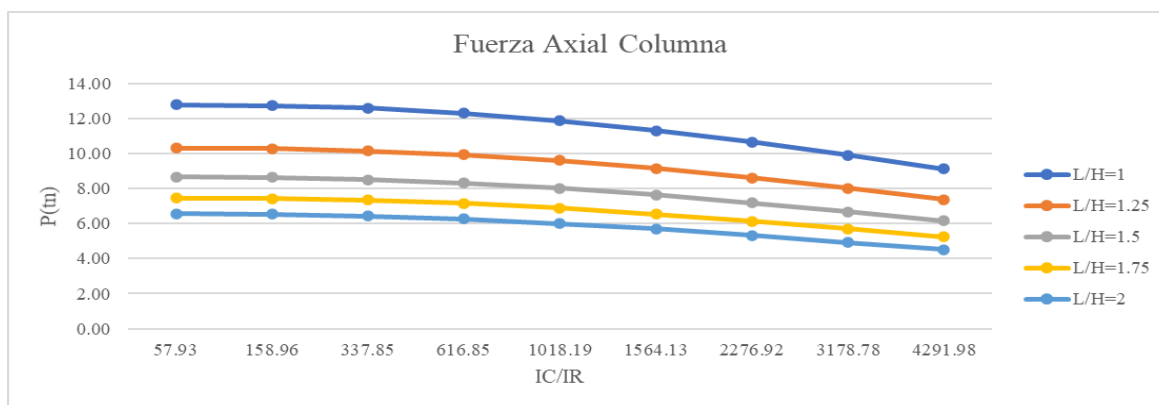
Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Fuerza Axial (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	12.77	10.31	8.66	7.46	6.56
25	35	89322.92	158.96	12.72	10.27	8.62	7.43	6.52
25	45	189843.75	337.85	12.58	10.15	8.51	7.33	6.43
25	55	346614.58	616.85	12.30	9.93	8.32	7.14	6.25
25	65	572135.42	1018.19	11.87	9.59	8.02	6.88	6.00
25	75	878906.25	1564.13	11.31	9.14	7.63	6.53	5.69
25	85	1279427.08	2276.92	10.64	8.60	7.18	6.13	5.32
25	95	1786197.92	3178.78	9.89	8.01	6.68	5.69	4.92
25	105	2411718.75	4291.98	9.11	7.38	6.15	5.23	4.51

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 21

Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en X



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación IC/IR, la fuerza cortante que presentarán las columnas será mayor.
- La fuerza cortante que presentan las columnas se mantiene dentro del mismo rango de valores para las longitudes L/H estudiadas.

Tabla 27

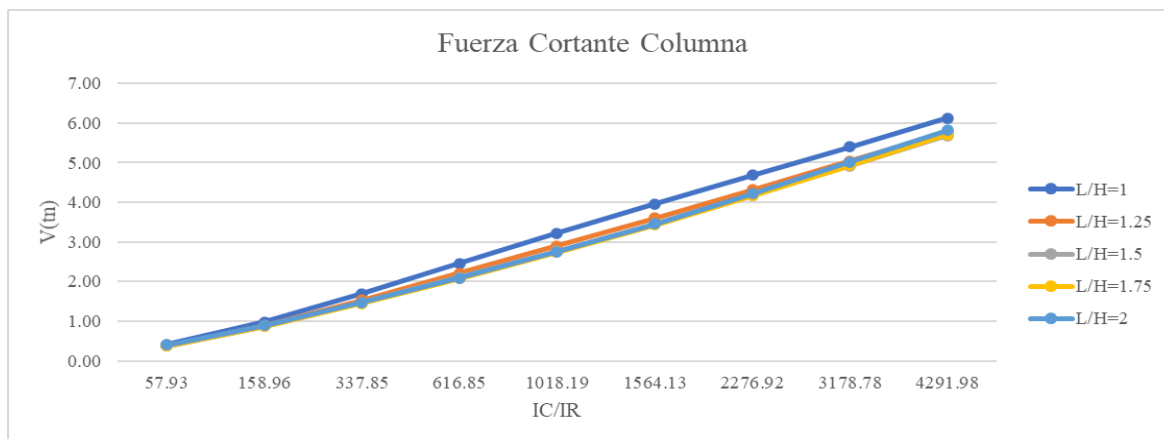
Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Fuerza Cortante (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.41	0.38	0.38	0.38	0.40
25	35	89322.92	158.96	0.98	0.89	0.87	0.87	0.89
25	45	189843.75	337.85	1.70	1.53	1.47	1.45	1.47
25	55	346614.58	616.85	2.46	2.21	2.11	2.08	2.09
25	65	572135.42	1018.19	3.22	2.90	2.77	2.74	2.75
25	75	878906.25	1564.13	3.96	3.60	3.46	3.43	3.46
25	85	1279427.08	2276.92	4.69	4.32	4.18	4.17	4.22
25	95	1786197.92	3178.78	5.40	5.04	4.92	4.93	5.02
25	105	2411718.75	4291.98	6.12	5.77	5.68	5.71	5.82

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 22

Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en X



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, el momento flector que presentarán las columnas será mayor.
- El momento flector que presentan las columnas se mantiene dentro del mismo rango de valores para las longitudes L/H estudiadas.

Tabla 28

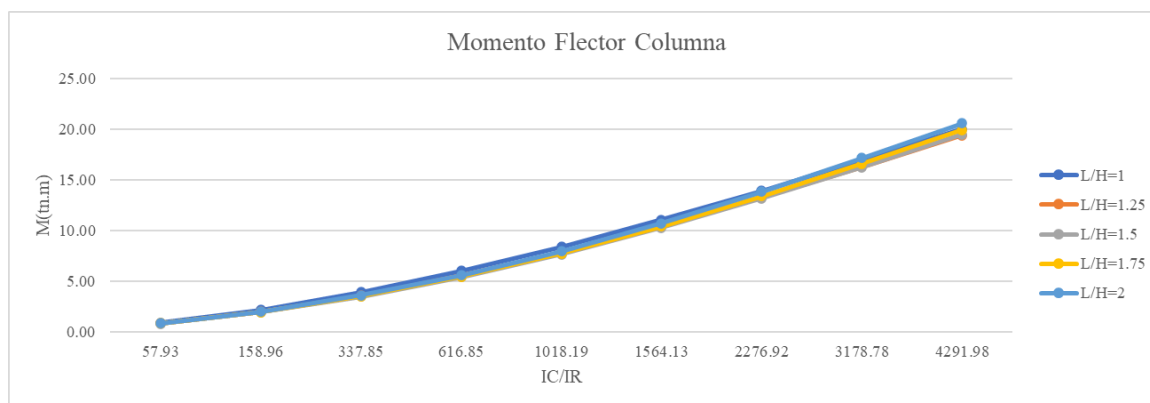
Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Momento Flector (tn.m)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.88	0.81	0.79	0.81	0.84
25	35	89322.92	158.96	2.13	1.95	1.90	1.93	1.98
25	45	189843.75	337.85	3.88	3.55	3.46	3.48	3.57
25	55	346614.58	616.85	5.99	5.52	5.38	5.42	5.55
25	65	572135.42	1018.19	8.40	7.80	7.65	7.73	7.95
25	75	878906.25	1564.13	11.06	10.39	10.26	10.42	10.73
25	85	1279427.08	2276.92	13.93	13.24	13.16	13.41	13.84
25	95	1786197.92	3178.78	16.95	16.28	16.27	16.62	17.17
25	105	2411718.75	4291.98	20.04	19.42	19.50	19.95	20.61

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 23

Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en X



Nota: Elaboración propia.

4.2.1.2. Análisis para las vigas de concreto armado:

- Mientras mayor sea la relación IC/IR, la viga presentará mayor momento flector.
- Mientras mayor sea la relación L/H, la viga presentara menor momento flector.

Tabla 29

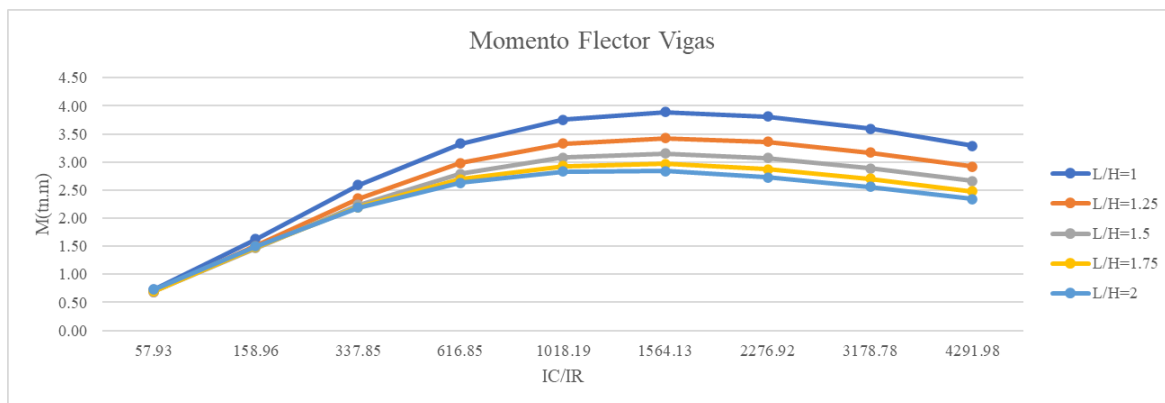
Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Momento Flector (tn.m)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.73	0.69	0.69	0.70	0.73
25	35	89322.92	158.96	1.63	1.51	1.47	1.48	1.50
25	45	189843.75	337.85	2.59	2.35	2.24	2.20	2.19
25	55	346614.58	616.85	3.33	2.98	2.79	2.69	2.63
25	65	572135.42	1018.19	3.75	3.33	3.08	2.93	2.83
25	75	878906.25	1564.13	3.89	3.42	3.15	2.97	2.84
25	85	1279427.08	2276.92	3.81	3.36	3.07	2.87	2.73
25	95	1786197.92	3178.78	3.59	3.17	2.89	2.70	2.56
25	105	2411718.75	4291.98	3.29	2.92	2.66	2.48	2.34

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 24

Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en X



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación IC/IR, la viga presentará mayor fuerza cortante.
- Mientras mayor sea la relación L/H, la viga presentara menor fuerza cortante.

Tabla 30

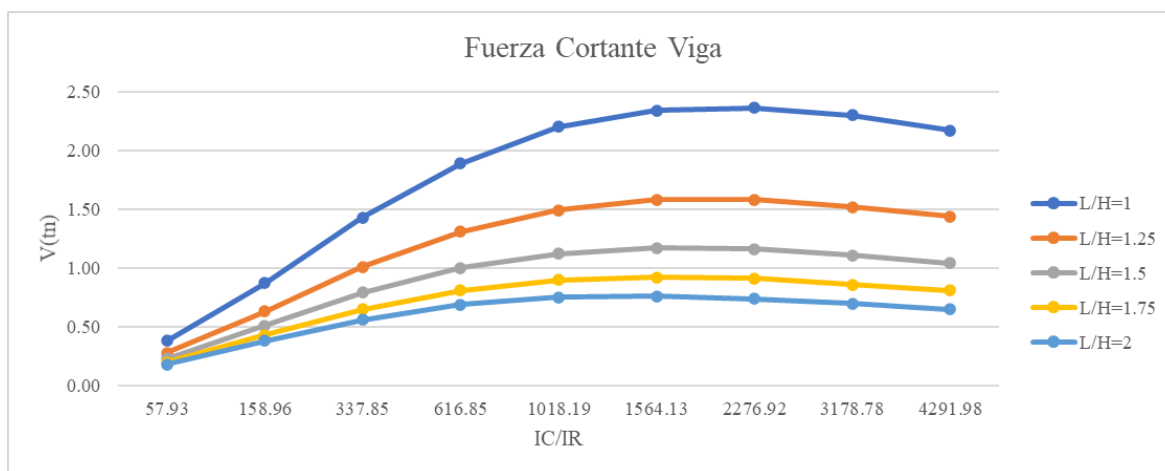
Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Fuerza Cortante (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.38	0.28	0.23	0.20	0.18
25	35	89322.92	158.96	0.87	0.63	0.51	0.43	0.38
25	45	189843.75	337.85	1.43	1.01	0.79	0.65	0.56
25	55	346614.58	616.85	1.89	1.31	1.00	0.81	0.69
25	65	572135.42	1018.19	2.20	1.49	1.12	0.90	0.75
25	75	878906.25	1564.13	2.34	1.58	1.17	0.92	0.76
25	85	1279427.08	2276.92	2.36	1.58	1.16	0.91	0.74
25	95	1786197.92	3178.78	2.30	1.52	1.11	0.86	0.70
25	105	2411718.75	4291.98	2.17	1.44	1.04	0.81	0.65

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 25

Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en X



Nota: Elaboración propia.

4.2.1.3. Análisis para las riostras de acero estructural:

- Mientras mayor sea la relación L/H, las riostras presentaran menor esfuerzo de compresión.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra; las riostras presentaran menor esfuerzo de compresión.

Tabla 31

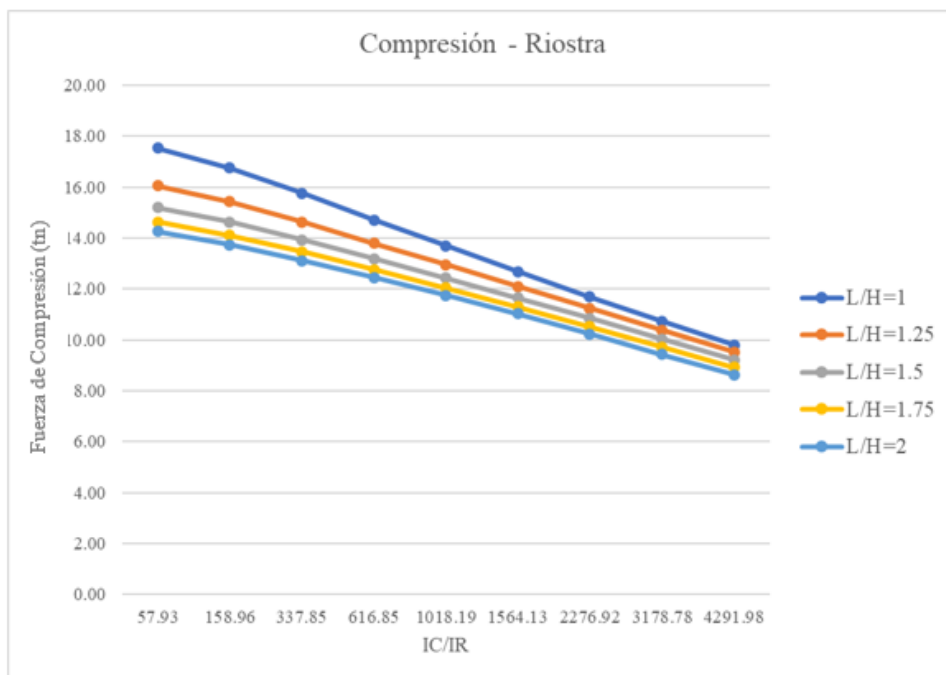
Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Compresión (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	17.53	16.06	15.19	14.64	14.26
25	35	89322.92	158.96	16.76	15.43	14.63	14.11	13.74
25	45	189843.75	337.85	15.77	14.64	13.93	13.46	13.12
25	55	346614.58	616.85	14.72	13.80	13.19	12.77	12.45
25	65	572135.42	1018.19	13.69	12.95	12.44	12.05	11.76
25	75	878906.25	1564.13	12.68	12.10	11.66	11.31	11.02
25	85	1279427.08	2276.92	11.70	11.24	10.85	10.52	10.24
25	95	1786197.92	3178.78	10.74	10.38	10.03	9.72	9.44
25	105	2411718.75	4291.98	9.80	9.52	9.21	8.92	8.64

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 26

Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en X



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación L/H, las riostras excederán su capacidad de resistencia a la compresión.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, las riostras trabajarán a un menor porcentaje de su capacidad de resistencia a la compresión.

Tabla 32

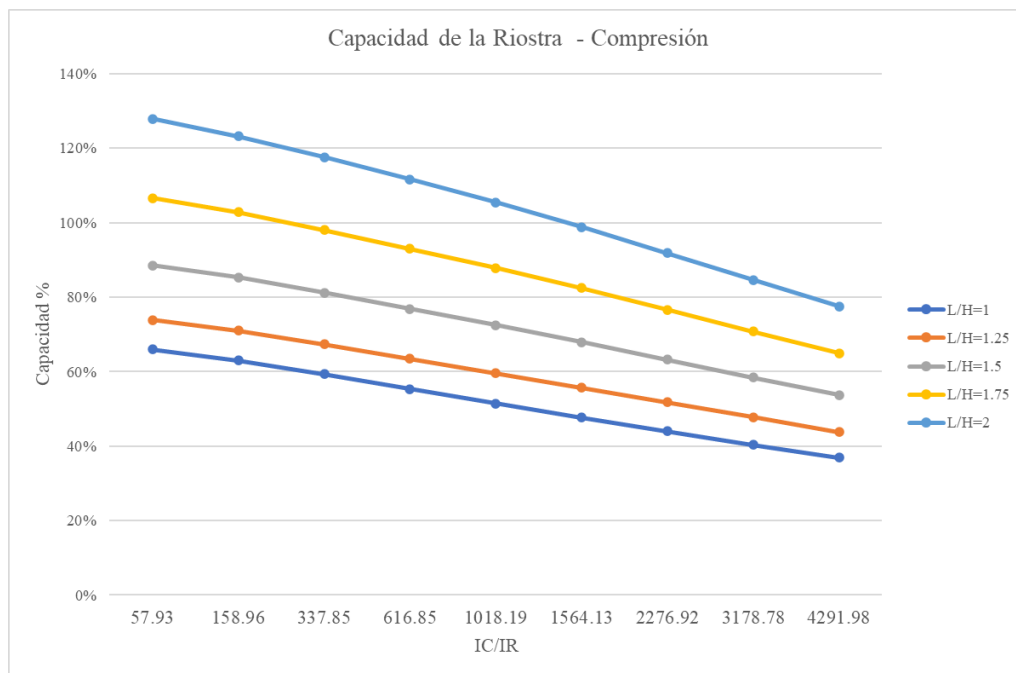
Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	% Capacidad de la Riostra - Compresión				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	66%	74%	89%	107%	128%
25	35	89322.92	158.96	63%	71%	85%	103%	123%
25	45	189843.75	337.85	59%	67%	81%	98%	118%
25	55	346614.58	616.85	55%	64%	77%	93%	112%
25	65	572135.42	1018.19	51%	60%	73%	88%	105%
25	75	878906.25	1564.13	48%	56%	68%	82%	99%
25	85	1279427.08	2276.92	44%	52%	63%	77%	92%
25	95	1786197.92	3178.78	40%	48%	58%	71%	85%
25	105	2411718.75	4291.98	37%	44%	54%	65%	77%

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 27

Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión



Nota: Elaboración propia.

- En cuanto al análisis de la tracción, mientras mayor sea la relación L/H, las riostras presentaran menores fuerzas de tracción.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, las riostras presentaran menores fuerzas de tracción.

Tabla 33

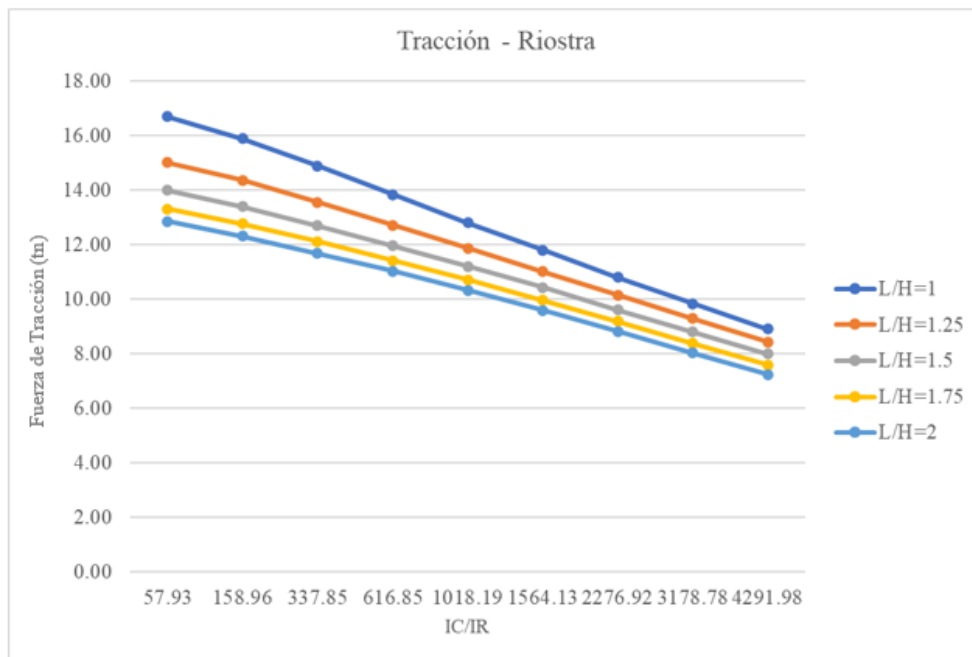
Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Tracción (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	16.69	15.00	13.98	13.31	12.84
25	35	89322.92	158.96	15.89	14.36	13.40	12.76	12.31
25	45	189843.75	337.85	14.89	13.55	12.69	12.11	11.68
25	55	346614.58	616.85	13.83	12.71	11.95	11.41	11.02
25	65	572135.42	1018.19	12.80	11.86	11.20	10.70	10.33
25	75	878906.25	1564.13	11.79	11.00	10.42	9.96	9.59
25	85	1279427.08	2276.92	10.80	10.15	9.61	9.18	8.82
25	95	1786197.92	3178.78	9.84	9.28	8.80	8.38	8.03
25	105	2411718.75	4291.98	8.91	8.43	7.99	7.59	7.24

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 28

Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en X



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación L/H, las riostras trabajarán a un menor porcentaje de su capacidad de resistencia a la tracción.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, las riostras trabajarán a un menor porcentaje de su capacidad de resistencia a la tracción.

Tabla 34

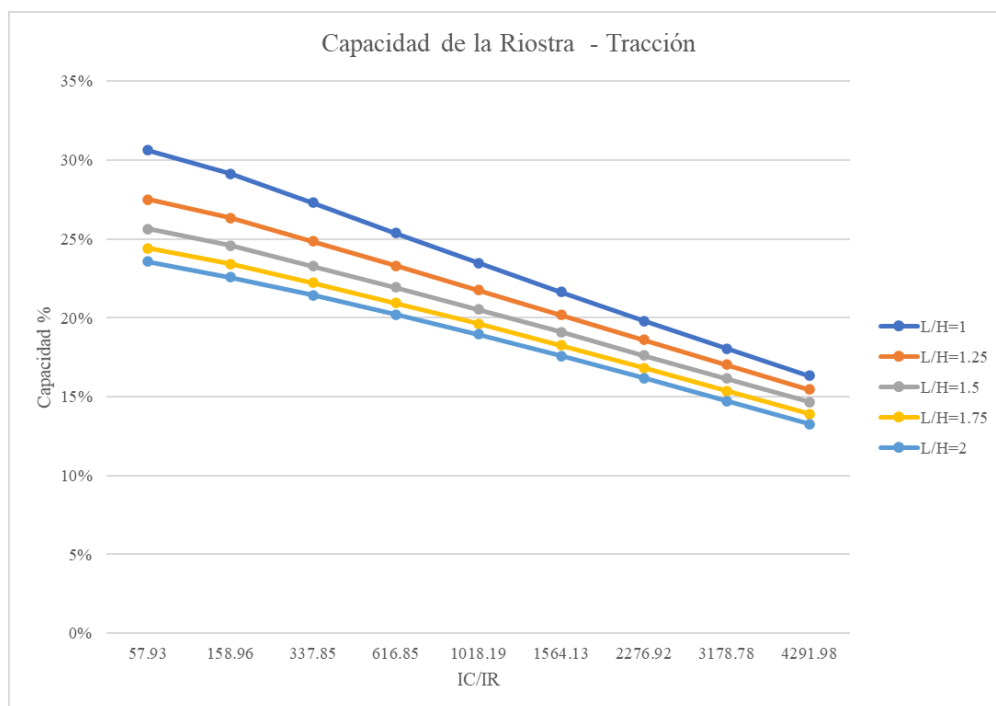
Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Tracción

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	% Capacidad de la Riostra - Tracción				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	31%	28%	26%	24%	24%
25	35	89322.92	158.96	29%	26%	25%	23%	23%
25	45	189843.75	337.85	27%	25%	23%	22%	21%
25	55	346614.58	616.85	25%	23%	22%	21%	20%
25	65	572135.42	1018.19	23%	22%	21%	20%	19%
25	75	878906.25	1564.13	22%	20%	19%	18%	18%
25	85	1279427.08	2276.92	20%	19%	18%	17%	16%
25	95	1786197.92	3178.78	18%	17%	16%	15%	15%
25	105	2411718.75	4291.98	16%	15%	15%	14%	13%

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 29

Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Tracción



Nota: Elaboración propia.

4.2.1.4. Análisis de las derivas y desplazamientos del pórtico arriostrado en X

- Tanto los valores de desplazamiento como los de deriva irán reduciendo mientras se incremente la relación IC/IR.
- Los desplazamientos y derivas se mantienen casi uniformes a medida que incrementa la luz del pórtico.

Tabla 35

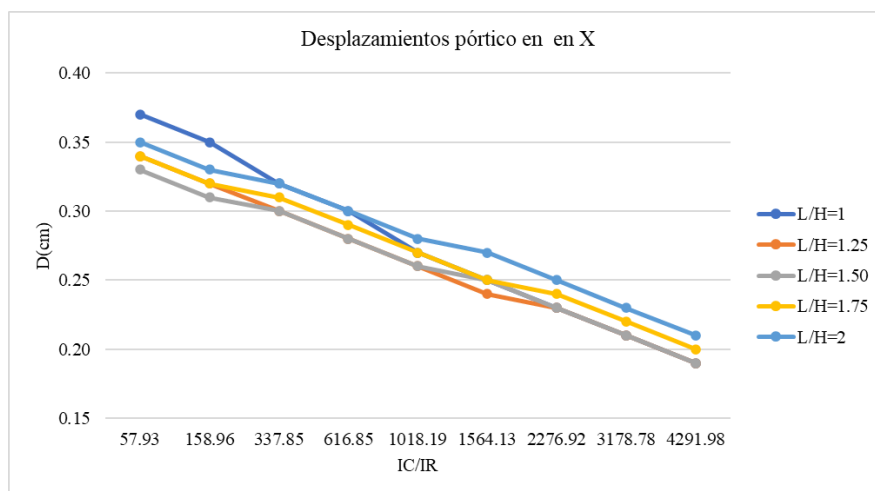
Desplazamiento del pórtico arriostrado en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Desplazamiento (cm)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.37	0.34	0.33	0.34	0.35
25	35	89322.92	158.96	0.35	0.32	0.31	0.32	0.33
25	45	189843.75	337.85	0.32	0.30	0.30	0.31	0.32
25	55	346614.58	616.85	0.30	0.28	0.28	0.29	0.30
25	65	572135.42	1018.19	0.27	0.26	0.26	0.27	0.28
25	75	878906.25	1564.13	0.25	0.24	0.25	0.25	0.27
25	85	1279427.08	2276.92	0.23	0.23	0.23	0.24	0.25
25	95	1786197.92	3178.78	0.21	0.21	0.21	0.22	0.23
25	105	2411718.75	4291.98	0.19	0.19	0.19	0.20	0.21

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 30

Desplazamiento del pórtico arriostrado en X



Nota: Elaboración propia.

Tabla 36

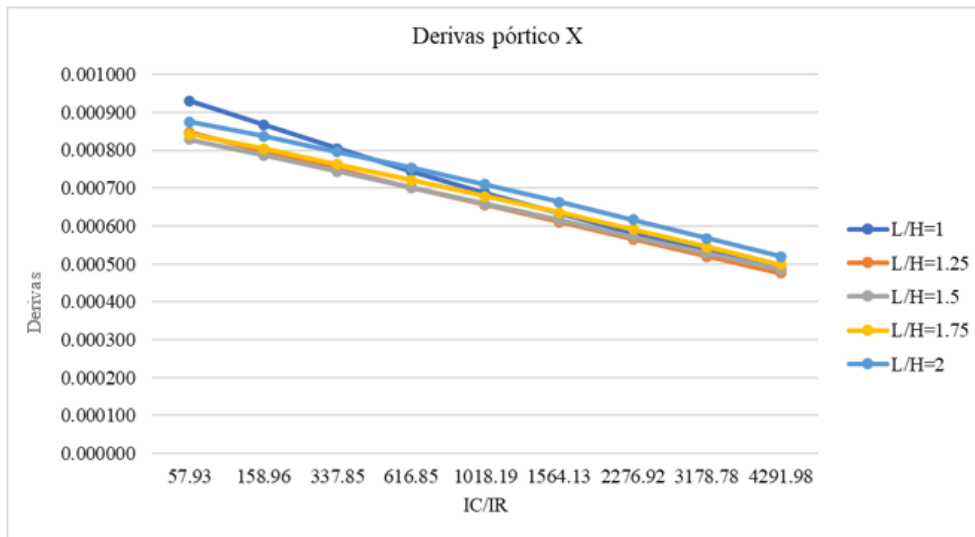
Derivas del pórtico arriostrado en X

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Deriva				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.000931	0.000847	0.000828	0.000843	0.000875
25	35	89322.92	158.96	0.000867	0.000798	0.000787	0.00080	0.000837
25	45	189843.75	337.85	0.000804	0.00075	0.000744	0.00076	0.00080
25	55	346614.58	616.85	0.000744	0.000702	0.000701	0.000721	0.000754
25	65	572135.42	1018.19	0.000687	0.000656	0.000658	0.000679	0.00071
25	75	878906.25	1564.13	0.000633	0.000610	0.000615	0.000636	0.000664
25	85	1279427.08	2276.92	0.000582	0.000565	0.000572	0.000591	0.00062
25	95	1786197.92	3178.78	0.000532	0.000520	0.000527	0.0005	0.000568
25	105	2411718.75	4291.98	0.000484	0.000476	0.000484	0.000499	0.000520

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 31

Derivas del pórtico arriostrado en X



Nota: Elaboración propia.

4.2.2. Pórticos arriostrados en V invertida

Una vez recopilada toda la data del proceso paramétrico para las relaciones IC/IR y relaciones L/H, analizamos como influyen las características geométricas del pórtico en la fuerza axial, momento y fuerza cortante.

4.2.2.1. Análisis para las columnas de concreto armado:

- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, la fuerza axial que presentarán las columnas será mayor.
- Mientras mayor sea la relación L/H, la fuerza axial que presentarán las columnas será menor.

Tabla 37

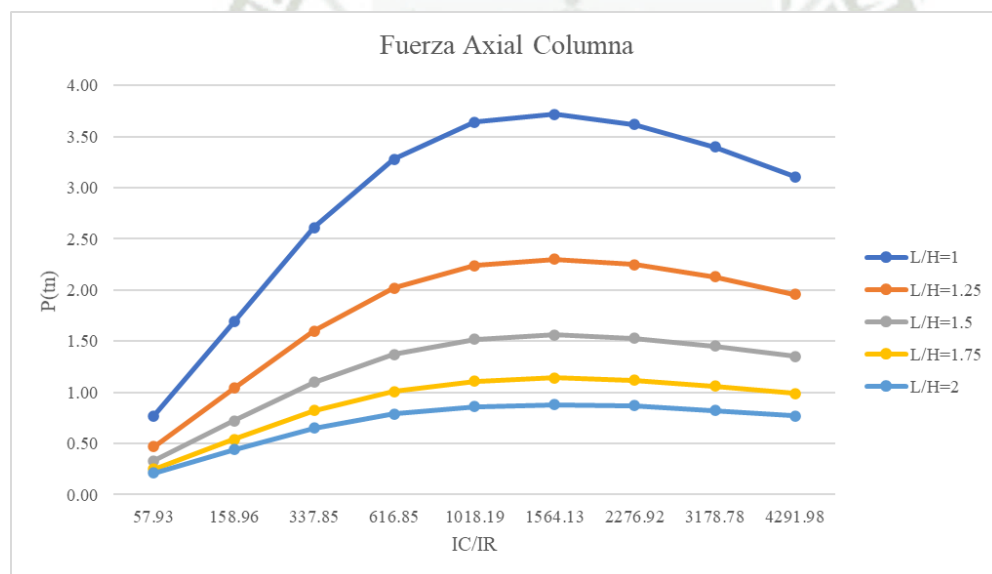
Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Fuerza Axial (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.77	0.47	0.33	0.25	0.21
25	35	89322.92	158.96	1.69	1.04	0.72	0.54	0.44
25	45	189843.75	337.85	2.61	1.60	1.10	0.82	0.65
25	55	346614.58	616.85	3.28	2.02	1.37	1.01	0.79
25	65	572135.42	1018.19	3.64	2.24	1.52	1.11	0.86
25	75	878906.25	1564.13	3.72	2.30	1.56	1.14	0.88
25	85	1279427.08	2276.92	3.62	2.25	1.53	1.12	0.87
25	95	1786197.92	3178.78	3.40	2.13	1.45	1.06	0.82
25	105	2411718.75	4291.98	3.11	1.96	1.35	0.99	0.77

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 32

Fuerza Axial de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación IC/IR, la fuerza cortante que presentarán las columnas será mayor.
- La fuerza cortante que presentan las columnas decrecerá a medida que la relación L/H aumente.

Tabla 38

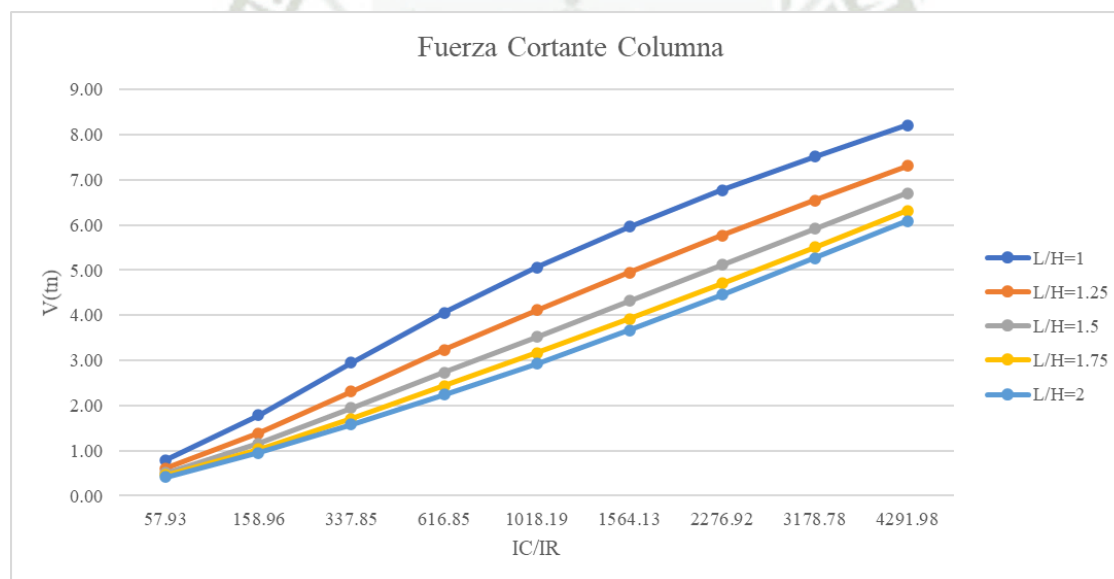
Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Fuerza Cortante (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.79	0.61	0.51	0.46	0.42
25	35	89322.92	158.96	1.79	1.38	1.16	1.03	0.95
25	45	189843.75	337.85	2.95	2.31	1.94	1.71	1.58
25	55	346614.58	616.85	4.06	3.23	2.73	2.43	2.24
25	65	572135.42	1018.19	5.06	4.11	3.52	3.16	2.93
25	75	878906.25	1564.13	5.96	4.95	4.32	3.92	3.67
25	85	1279427.08	2276.92	6.77	5.77	5.12	4.71	4.46
25	95	1786197.92	3178.78	7.52	6.55	5.92	5.51	5.27
25	105	2411718.75	4291.98	8.21	7.31	6.70	6.32	6.09

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 33

Fuerza Cortante de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, el momento flector que presentarán las columnas será mayor.
- El momento flector que presentan las columnas decrecerá a medida que la relación L/H aumente.

Tabla 39

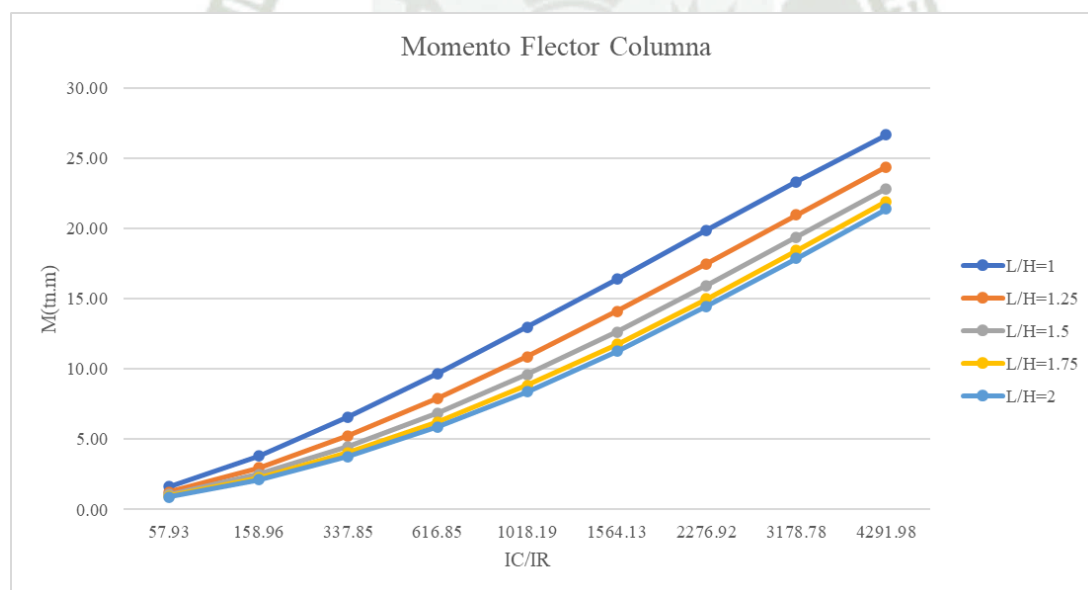
Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Momento Flector (tn.m)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	1.62	1.25	1.05	0.94	0.88
25	35	89322.92	158.96	3.80	2.96	2.51	2.25	2.10
25	45	189843.75	337.85	6.59	5.25	4.48	4.04	3.78
25	55	346614.58	616.85	9.69	7.91	6.86	6.23	5.86
25	65	572135.42	1018.19	12.98	10.88	9.59	8.82	8.36
25	75	878906.25	1564.13	16.39	14.09	12.64	11.76	11.25
25	85	1279427.08	2276.92	19.86	17.49	15.94	14.99	14.46
25	95	1786197.92	3178.78	23.31	20.95	19.38	18.41	17.87
25	105	2411718.75	4291.98	26.64	24.37	22.83	21.89	21.38

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 34

Momento Flector de las columnas en los pórticos arriostrados en V invertida



Nota: Elaboración propia.

4.2.2.2. Análisis para las vigas de concreto armado:

- Mientras mayor sea la relación IC/IR, la viga presentará mayor momento flector.
- Mientras mayor sea la relación L/H, la viga presentara menor momento flector.

Tabla 40

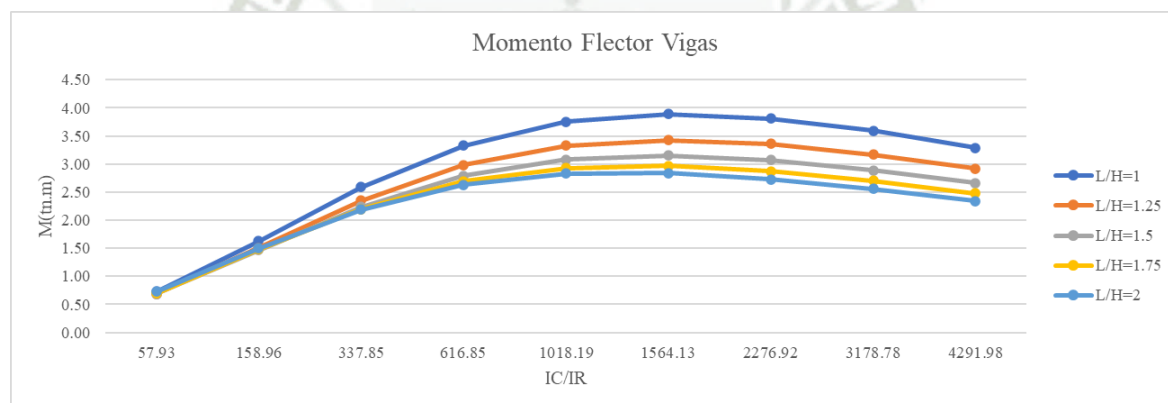
Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Momento Flector (tn.m)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	1.45	1.12	0.95	0.85	0.79
25	35	89322.92	158.96	3.08	2.39	2.00	1.77	1.63
25	45	189843.75	337.85	4.63	3.62	3.01	2.63	2.39
25	55	346614.58	616.85	5.65	4.45	3.69	3.20	2.88
25	65	572135.42	1018.19	6.08	4.83	4.01	3.47	3.09
25	75	878906.25	1564.13	6.04	4.85	4.04	3.49	3.11
25	85	1279427.08	2276.92	5.68	4.63	3.88	3.36	3.00
25	95	1786197.92	3178.78	5.16	4.26	3.60	3.13	2.80
25	105	2411718.75	4291.98	4.57	3.83	3.27	2.86	2.56

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 35

Momento Flector de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación IC/IR, la viga presentará mayor fuerza cortante.
- Mientras mayor sea la relación L/H, la viga presentara menor fuerza cortante.

Tabla 41

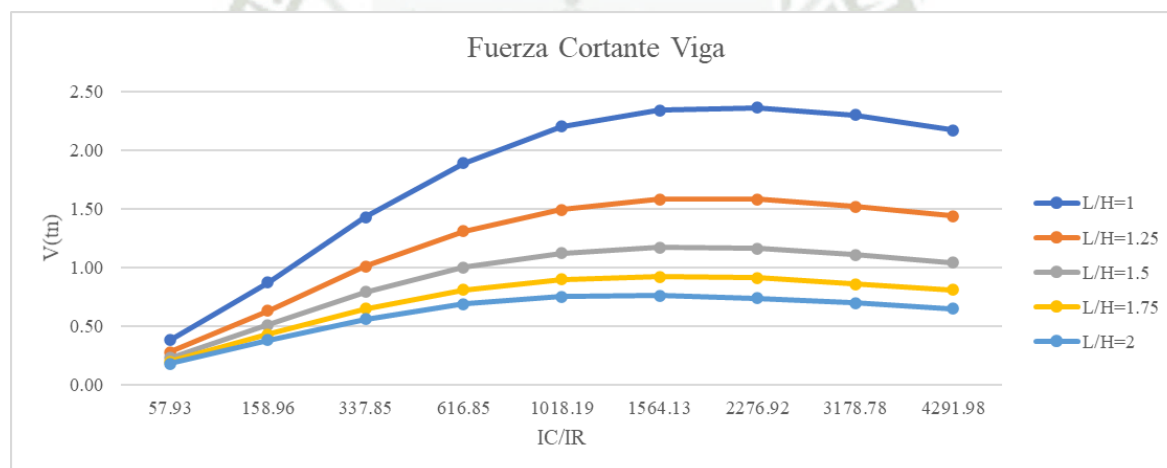
Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Fuerza Cortante (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.77	0.47	0.33	0.25	0.21
25	35	89322.92	158.96	1.69	1.04	0.72	0.54	0.44
25	45	189843.75	337.85	2.61	1.60	1.10	0.82	0.65
25	55	346614.58	616.85	3.28	2.02	1.37	1.01	0.79
25	65	572135.42	1018.19	3.64	2.24	1.52	1.11	0.86
25	75	878906.25	1564.13	3.72	2.30	1.56	1.14	0.88
25	85	1279427.08	2276.92	3.62	2.25	1.53	1.12	0.87
25	95	1786197.92	3178.78	3.40	2.13	1.45	1.06	0.82
25	105	2411718.75	4291.98	3.11	1.96	1.35	0.99	0.77

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 36

Fuerza Cortante de las vigas en los pórticos arriostrados en V invertida



Nota: Elaboración propia.

4.2.2.3. Análisis para las riostras de acero estructural:

- Mientras mayor sea la relación L/H, las riostras presentaran menor esfuerzo de compresión.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra; las riostras presentaran menor esfuerzo de compresión.

Tabla 42

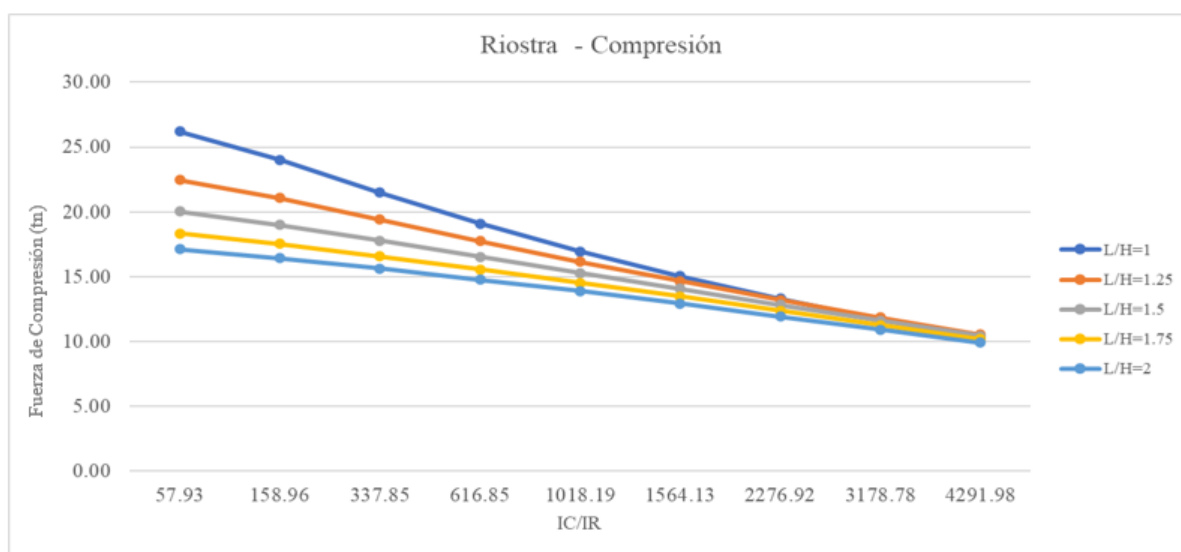
Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en V invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Compresión (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	26.22	22.48	20.03	18.34	17.13
25	35	89322.92	158.96	24.03	21.07	19.00	17.53	16.45
25	45	189843.75	337.85	21.51	19.40	17.79	16.57	15.64
25	55	346614.58	616.85	19.10	17.74	16.54	15.57	14.79
25	65	572135.42	1018.19	16.95	16.17	15.31	14.54	13.90
25	75	878906.25	1564.13	15.04	14.66	14.08	13.48	12.95
25	85	1279427.08	2276.92	13.31	13.23	12.84	12.39	11.95
25	95	1786197.92	3178.78	11.74	11.85	11.63	11.29	10.93
25	105	2411718.75	4291.98	10.32	10.56	10.45	10.21	9.92

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 37

Fuerza de compresión en las riostras de los pórticos arriostrados en V invertida



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación L/H, las riostras trabajarán a un menor porcentaje de su capacidad de resistencia a la compresión.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, las riostras trabajarán a un menor porcentaje de su capacidad de resistencia a la compresión.

Tabla 43

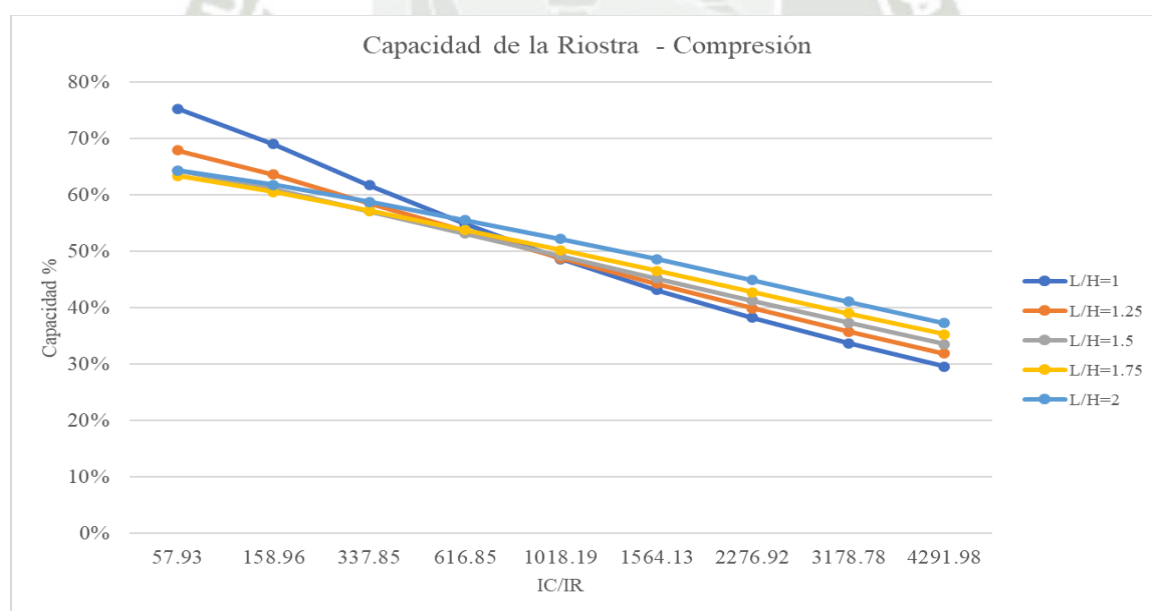
Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión - Pórtico con arriostramiento V Invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	% Capacidad de la Riostra - Compresión				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	75%	68%	64%	63%	64%
25	35	89322.92	158.96	69%	64%	61%	61%	62%
25	45	189843.75	337.85	62%	59%	57%	57%	59%
25	55	346614.58	616.85	55%	54%	53%	54%	56%
25	65	572135.42	1018.19	49%	49%	49%	50%	52%
25	75	878906.25	1564.13	43%	44%	45%	47%	49%
25	85	1279427.08	2276.92	38%	40%	41%	43%	45%
25	95	1786197.92	3178.78	34%	36%	37%	39%	41%
25	105	2411718.75	4291.98	30%	32%	34%	35%	37%

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 38

Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Compresión - Pórtico con arriostramiento V Invertida



Nota: Elaboración propia.

- En cuanto al análisis de la tracción, mientras mayor sea la relación L/H, las riostras presentaran menores esfuerzos de tracción.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, las riostras presentaran menores esfuerzos de tracción.

Tabla 44

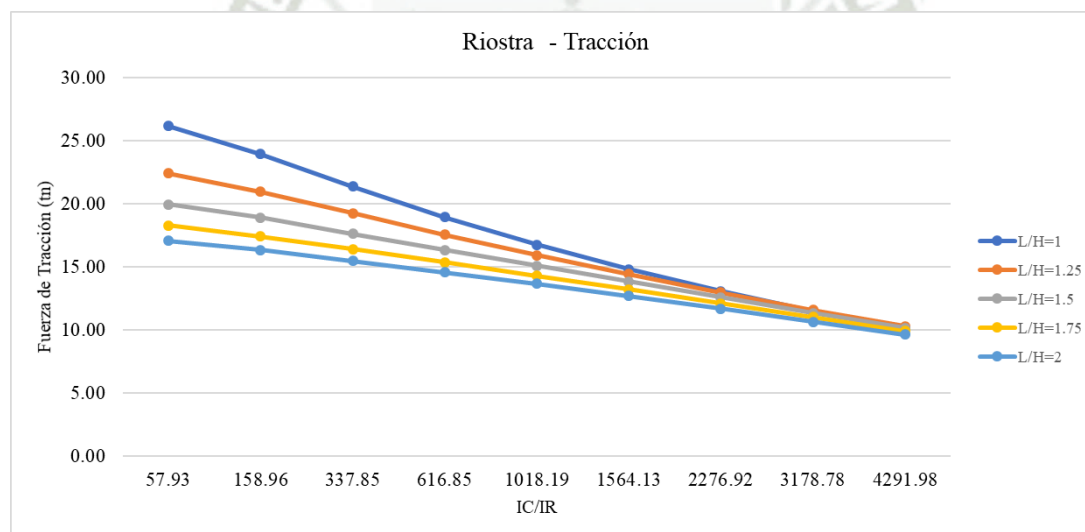
Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en V Invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col / Inercia Riostra	Tracción (tn)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	26.19	22.45	19.99	18.30	17.09
25	35	89322.92	158.96	23.97	20.99	18.93	17.44	16.36
25	45	189843.75	337.85	21.41	19.28	17.66	16.43	15.50
25	55	346614.58	616.85	18.96	17.58	16.37	15.39	14.61
25	65	572135.42	1018.19	16.78	15.95	15.10	14.33	13.68
25	75	878906.25	1564.13	14.84	14.45	13.85	13.25	12.71
25	85	1279427.08	2276.92	13.10	12.99	12.60	12.14	11.70
25	95	1786197.92	3178.78	11.52	11.61	11.38	11.04	10.68
25	105	2411718.75	4291.98	10.10	10.31	10.20	9.95	9.66

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 39

Fuerza de tracción en las riostras de los pórticos arriostrados en V Invertida



Nota: Elaboración propia.

- Mientras mayor sea la relación L/H, las riostras trabajaran a un menor porcentaje de su capacidad de resistencia a la tracción.
- Mientras mayor sea la inercia de la columna respecto a la riostra, las riostras trabajaran a un menor porcentaje de su capacidad de resistencia a la tracción.

Tabla 45

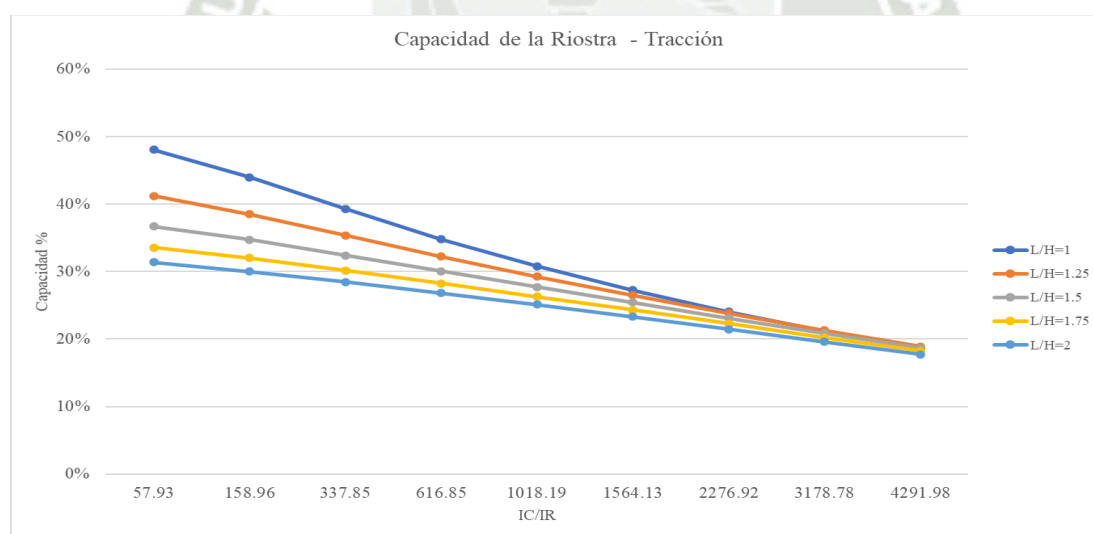
Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida a Tracción - Pórtico con arriostramiento V Invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	% Capacidad de la Riostra - Tracción				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	48%	41%	37%	34%	31%
25	35	89322.92	158.96	44%	39%	35%	32%	30%
25	45	189843.75	337.85	39%	35%	32%	30%	28%
25	55	346614.58	616.85	35%	32%	30%	28%	27%
25	65	572135.42	1018.19	31%	29%	28%	26%	25%
25	75	878906.25	1564.13	27%	27%	25%	24%	23%
25	85	1279427.08	2276.92	24%	24%	23%	22%	21%
25	95	1786197.92	3178.78	21%	21%	21%	20%	20%
25	105	2411718.75	4291.98	19%	19%	19%	18%	18%

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 40

Porcentaje de Capacidad de Riostra sometida de Tracción - Pórtico con arriostramiento V Invertida



Nota: Elaboración propia.

4.2.2.4. Análisis de las derivas y desplazamientos del pórtico arriostrado en V invertida

- Tanto los valores de desplazamiento como los de deriva irán reduciendo mientras se incremente la relación IC/IR.
- Los desplazamientos y derivas decrecen a medida que incrementa la luz del pórtico.

Tabla 46

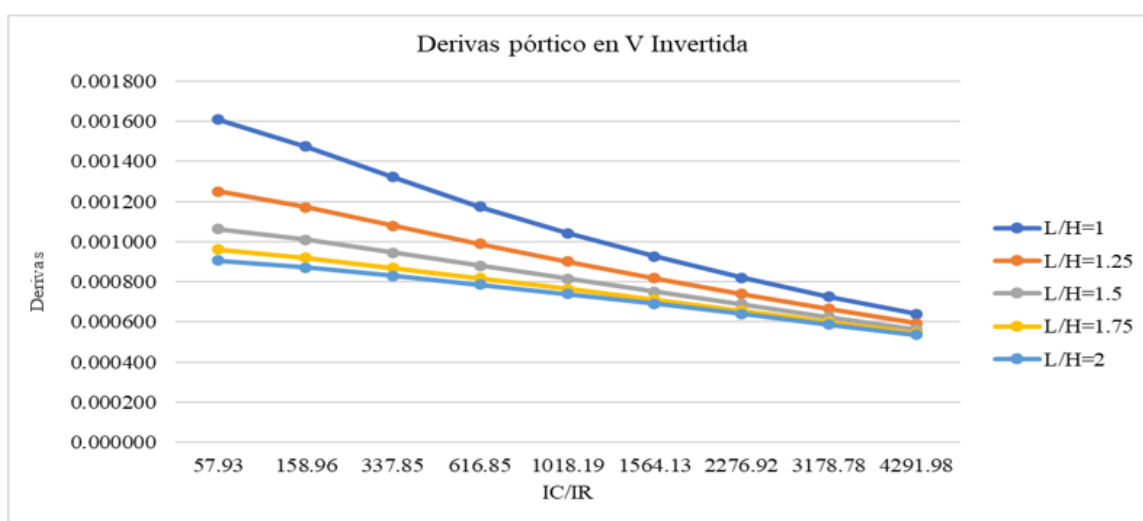
Derivas del pórtico arriostrado en V Invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Deriva				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.001609	0.001249	0.001063	0.000961	0.000907
25	35	89322.92	158.96	0.001475	0.001172	0.001009	0.00092	0.000872
25	45	189843.75	337.85	0.001321	0.00108	0.000945	0.00087	0.00083
25	55	346614.58	616.85	0.001174	0.000988	0.00088	0.000818	0.000786
25	65	572135.42	1018.19	0.001043	0.000902	0.000815	0.000766	0.00074
25	75	878906.25	1564.13	0.000927	0.000819	0.000751	0.000712	0.000691
25	85	1279427.08	2276.92	0.000821	0.000740	0.000688	0.000656	0.00064
25	95	1786197.92	3178.78	0.000726	0.000665	0.000625	0.0006	0.000588
25	105	2411718.75	4291.98	0.00064	0.000595	0.000564	0.000546	0.000537

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 41

Derivas del pórtico arriostrado en V Invertida



Nota: Elaboración propia.

Tabla 47

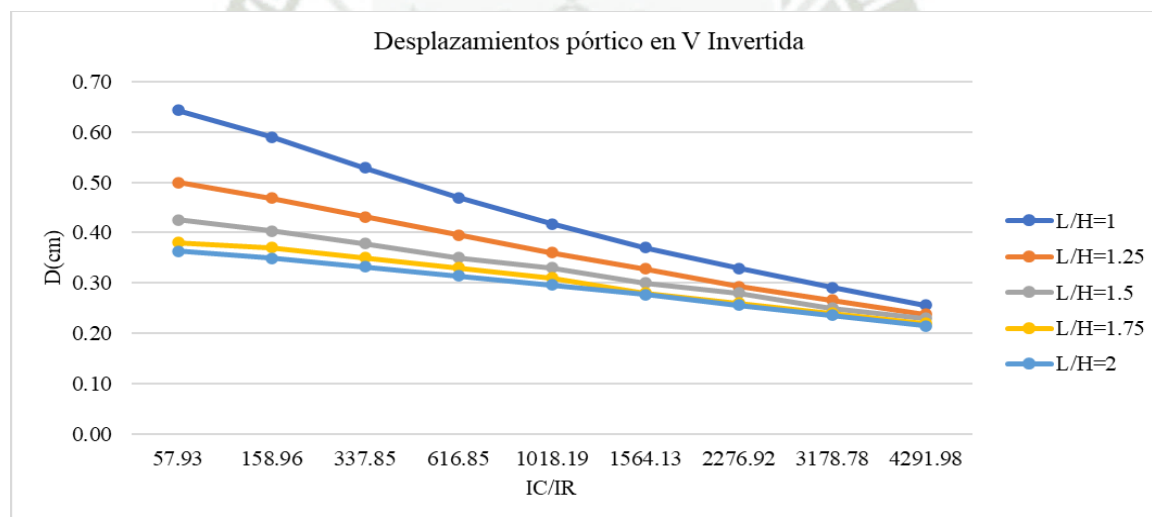
Desplazamientos del pórtico arriostrado en V Invertida

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Desplazamiento (cm)				
b	h			Luz/Altura				
				1	1.25	1.5	1.75	2
25	25	32552.08	57.93	0.64	0.50	0.43	0.38	0.36
25	35	89322.92	158.96	0.59	0.47	0.40	0.37	0.35
25	45	189843.75	337.85	0.53	0.43	0.38	0.35	0.33
25	55	346614.58	616.85	0.47	0.40	0.35	0.33	0.31
25	65	572135.42	1018.19	0.42	0.36	0.33	0.31	0.30
25	75	878906.25	1564.13	0.37	0.33	0.30	0.28	0.28
25	85	1279427.08	2276.92	0.33	0.29	0.28	0.26	0.26
25	95	1786197.92	3178.78	0.29	0.27	0.25	0.24	0.24
25	105	2411718.75	4291.98	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 42

Desplazamientos del pórtico arriostrado en V Invertida



Nota: Elaboración propia.

4.3. Análisis Comparativo de resultados del diseño paramétrico de pórticos arriostrados

Para poder determinar la implicancia de la variación de la configuración de los arriostres sobre respuesta sísmica de los porticos, se realizara un analisis comparativo de los resultados obtenidos con una relacion luz entre altura de 1.5 con las relaciones de inercias de riostras y columnas estudiadas en el diseño parametrico.

4.3.1. Análisis para las columnas de concreto armado:

Tabla 48

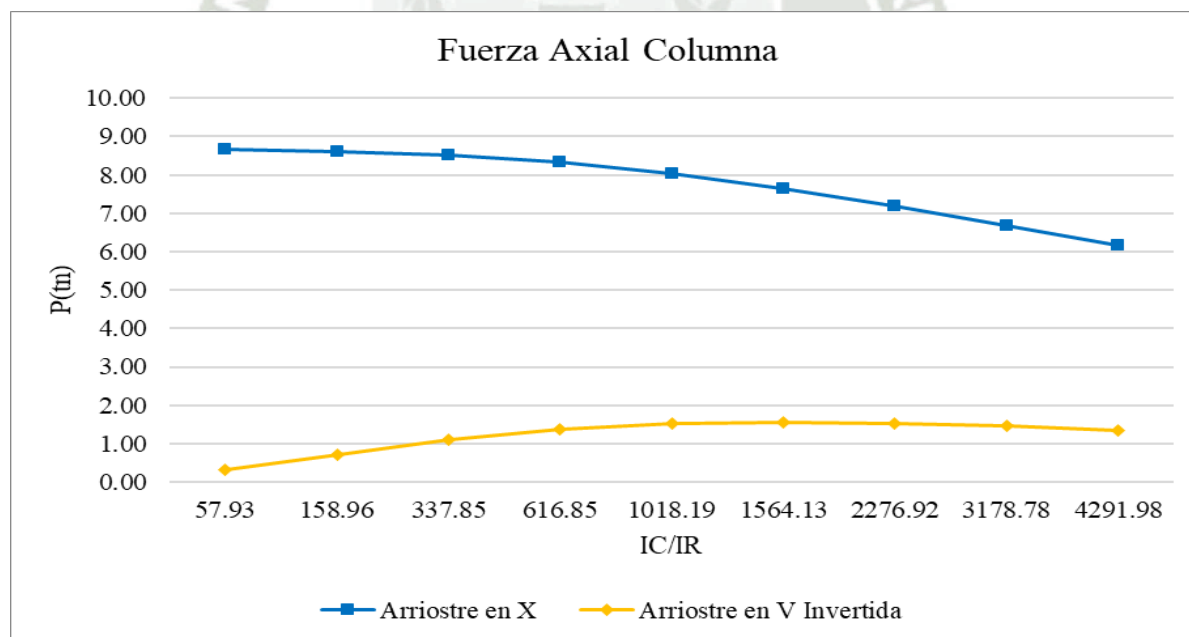
Comparación de resultados de esfuerzos en columnas obtenidos para ambas configuraciones

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Fuerza Axial (tn)		Momento Flector (tn.m)		Fuerza Cortante (tn)	
b	h			X	Λ	X	Λ	X	Λ
25	25	32552.08	57.93	8.66	0.33	0.79	1.05	0.38	0.51
25	35	89322.92	158.96	8.62	0.72	1.90	2.51	0.87	1.16
25	45	189843.75	337.85	8.51	1.10	3.46	4.48	1.47	1.94
25	55	346614.58	616.85	8.32	1.37	5.38	6.86	2.11	2.73
25	65	572135.42	1018.19	8.02	1.52	7.65	9.59	2.77	3.52
25	75	878906.25	1564.13	7.63	1.56	10.26	12.64	3.46	4.32
25	85	1279427.08	2276.92	7.18	1.53	13.16	15.94	4.18	5.12
25	95	1786197.92	3178.78	6.68	1.45	16.27	19.38	4.92	5.92
25	105	2411718.75	4291.98	6.15	1.35	19.50	22.83	5.68	6.70

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 43

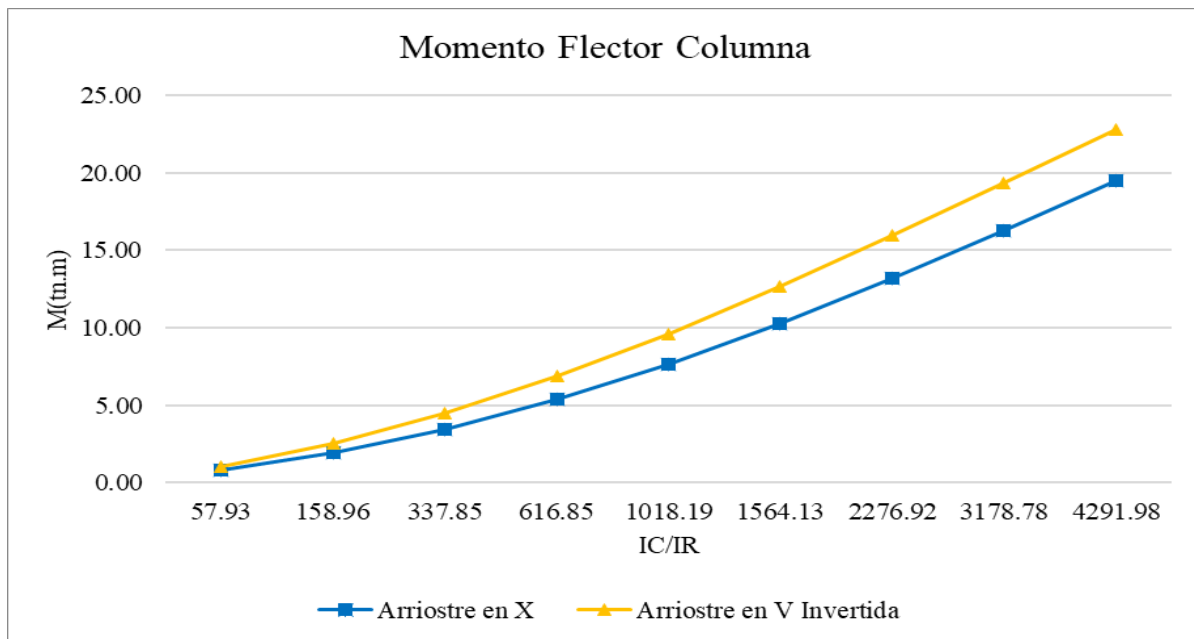
Comparación de resultados de Fuerza Axial en columnas para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 44

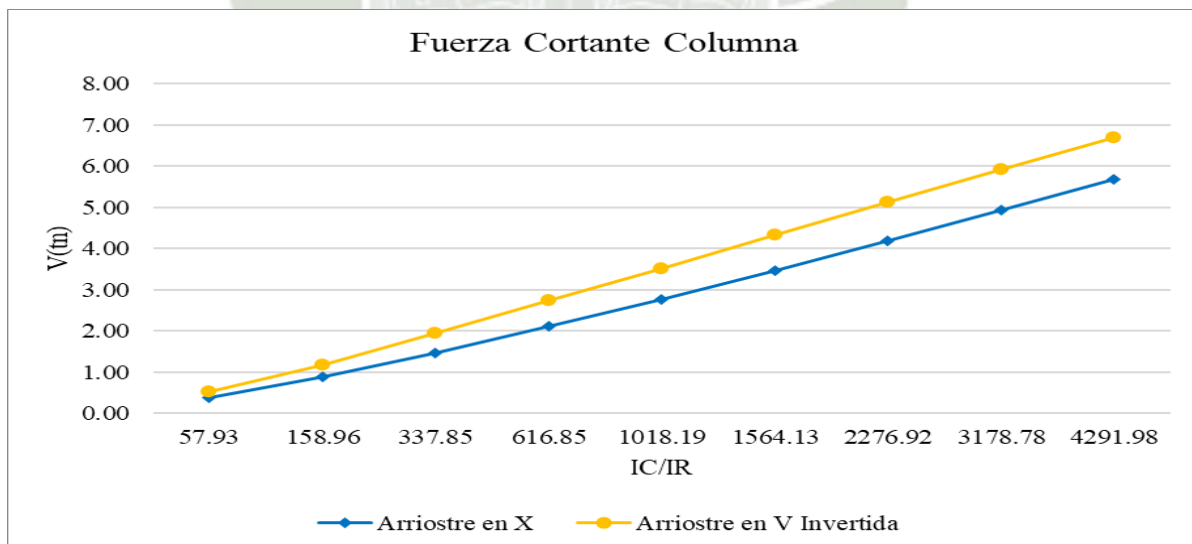
Comparación de resultados de Momento Flector en columnas para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 45

Comparación de resultados de Fuerza Cortante en columnas para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

- Determinamos que los pórticos en configuración en V invertida, las columnas presentan menor fuerza axial que en X. También mencionar que a medida que la relación IC/IR aumenta la fuerza axial en los pórticos V invertida

disminuyen, y en X aumentan.

- Determinamos que en la configuración V invertida las columnas presentan mayores momentos flectores y fuerzas cortantes que en X, pero sin existir mucha diferencia entre ambos resultados, sin embargo, tanto para la configuración en X como para la configuración en V invertida mientras mayor es la relación IC/IR, mayor momentos y fuerzas cortantes presentan las columnas.

4.3.2. Análisis para las vigas de concreto armado:

Tabla 49

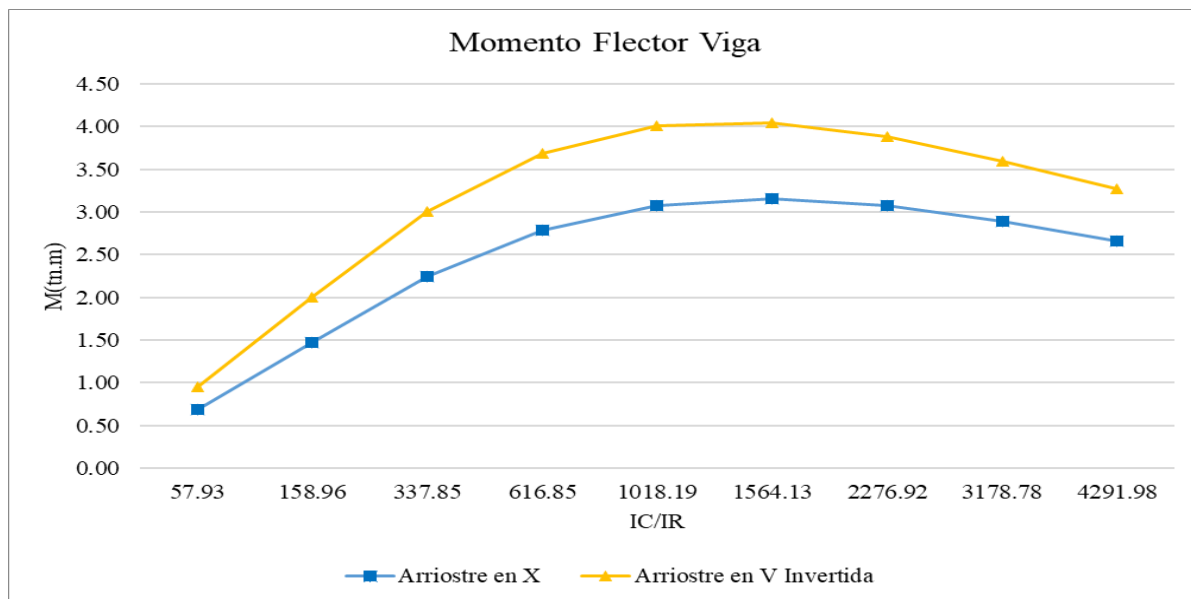
Comparación de resultados de esfuerzos en viga obtenidos para ambas configuraciones

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Momento Flector (tn.m)		Fuerza Cortante (tn)	
b	h			X	Λ	X	Λ
25	25	32552.08	57.93	0.69	0.95	0.23	0.33
25	35	89322.92	158.96	1.47	2.00	0.51	0.72
25	45	189843.75	337.85	2.24	3.01	0.79	1.10
25	55	346614.58	616.85	2.79	3.69	1.00	1.37
25	65	572135.42	1018.19	3.08	4.01	1.12	1.52
25	75	878906.25	1564.13	3.15	4.04	1.17	1.56
25	85	1279427.08	2276.92	3.07	3.88	1.16	1.53
25	95	1786197.92	3178.78	2.89	3.60	1.11	1.45
25	105	2411718.75	4291.98	2.66	3.27	1.04	1.35

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 46

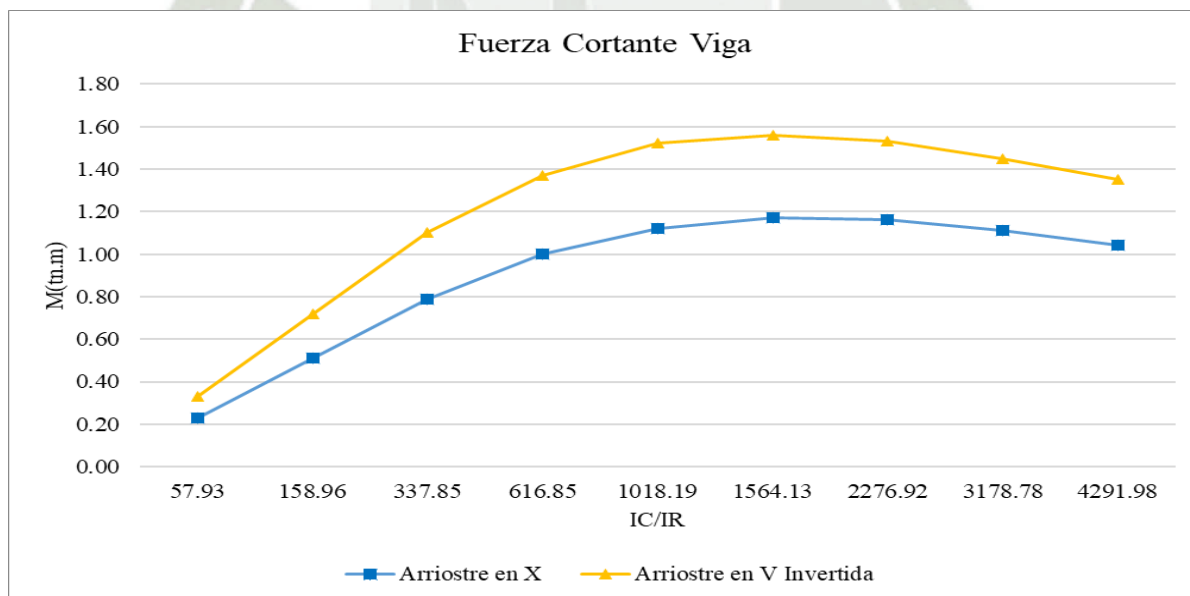
Comparación de resultados de Momento Flector en viga para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 47

Comparación de resultados de Fuerza Cortante en viga para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

- Determinamos que en la configuración V invertida las vigas presentan mayores momentos flectores y fuerzas cortantes que en X, pero sin existir mucha diferencia entre ambos resultados.

4.3.3. Análisis para las riostras de acero estructural:

Tabla 50

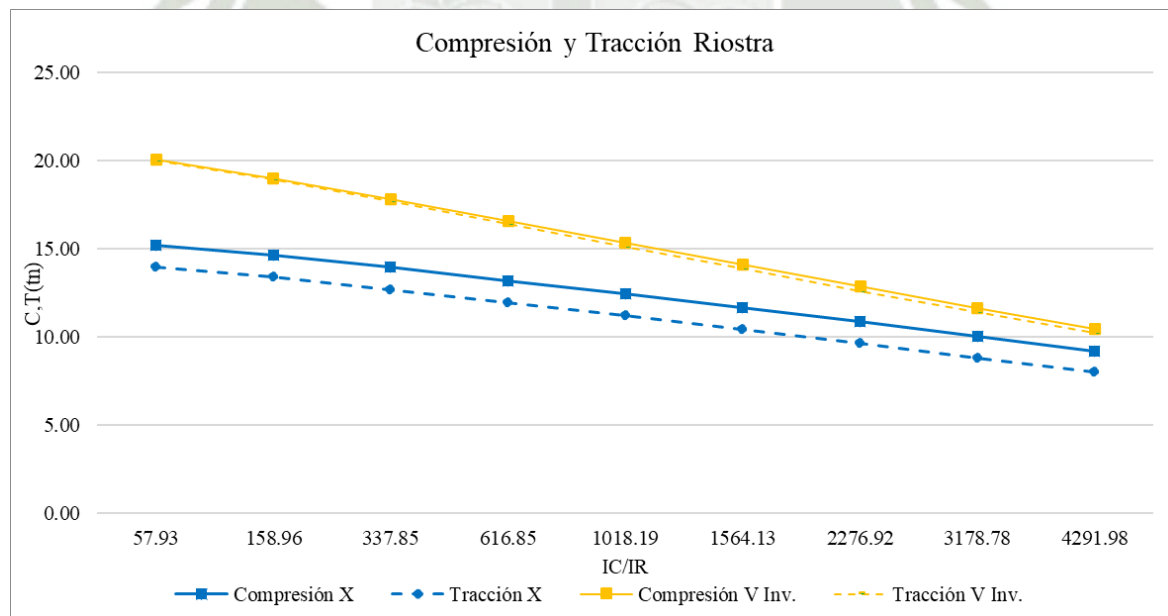
Comparación de resultados de esfuerzos en las riostras obtenidos para ambas configuraciones

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Compresión (tn)		Tracción (tn)	
b	h			X	Λ	X	Λ
25	25	32552.08	57.93	15.19	20.03	13.98	19.99
25	35	89322.92	158.96	14.63	19.00	13.40	18.93
25	45	189843.75	337.85	13.93	17.79	12.69	17.66
25	55	346614.58	616.85	13.19	16.54	11.95	16.37
25	65	572135.42	1018.19	12.44	15.31	11.20	15.10
25	75	878906.25	1564.13	11.66	14.08	10.42	13.85
25	85	1279427.08	2276.92	10.85	12.84	9.61	12.60
25	95	1786197.92	3178.78	10.03	11.63	8.80	11.38
25	105	2411718.75	4291.98	9.21	10.45	7.99	10.20

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 48

Comparación de resultados de fuerzas de Compresión y Tracción en las riostras obtenidos para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

- Determinamos que en la configuración V invertida las riostras presentan mayor fuerza de compresión y tracción, además mientras mayor sea la relación IC/IR la diferencia entre fuerzas de compresión y tracción entre

ambas configuraciones se vuelve más pequeña.

Tabla 51

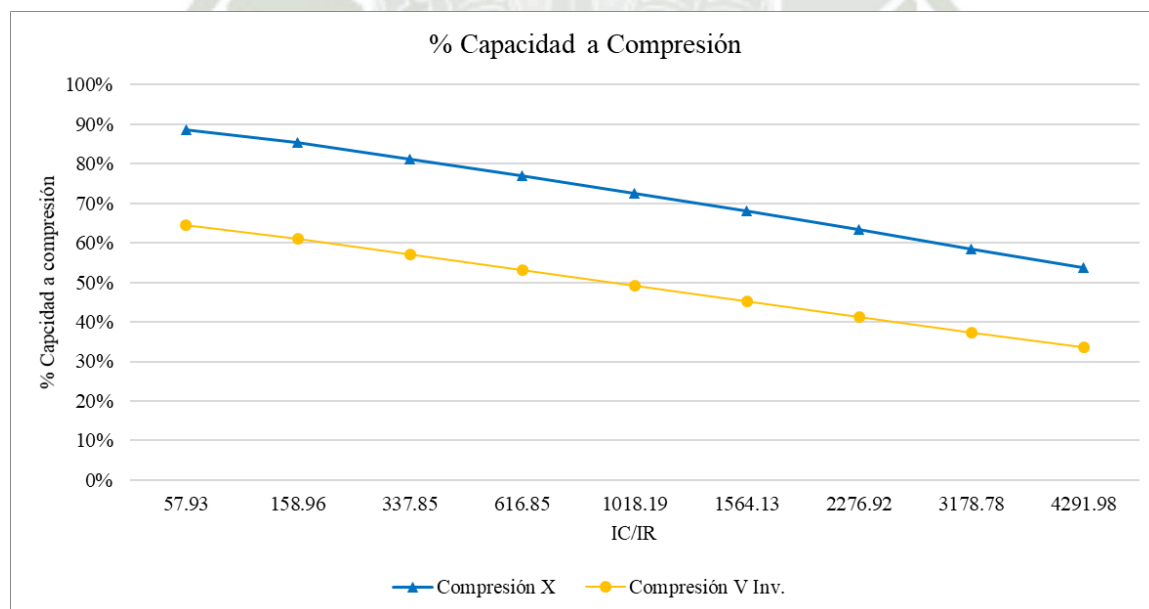
Comparación de resultados del porcentaje de capacidad al que se encuentran sometidas las riostras para ambas configuraciones

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Capacidad Compresión		Capacidad Tracción	
b	h			X	Λ	X	Λ
25	25	32552.08	57.93	89%	64%	26%	37%
25	35	89322.92	158.96	85%	61%	25%	35%
25	45	189843.75	337.85	81%	57%	23%	32%
25	55	346614.58	616.85	77%	53%	22%	30%
25	65	572135.42	1018.19	73%	49%	21%	28%
25	75	878906.25	1564.13	68%	45%	19%	25%
25	85	1279427.08	2276.92	63%	41%	18%	23%
25	95	1786197.92	3178.78	58%	37%	16%	21%
25	105	2411718.75	4291.98	54%	34%	15%	19%

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 49

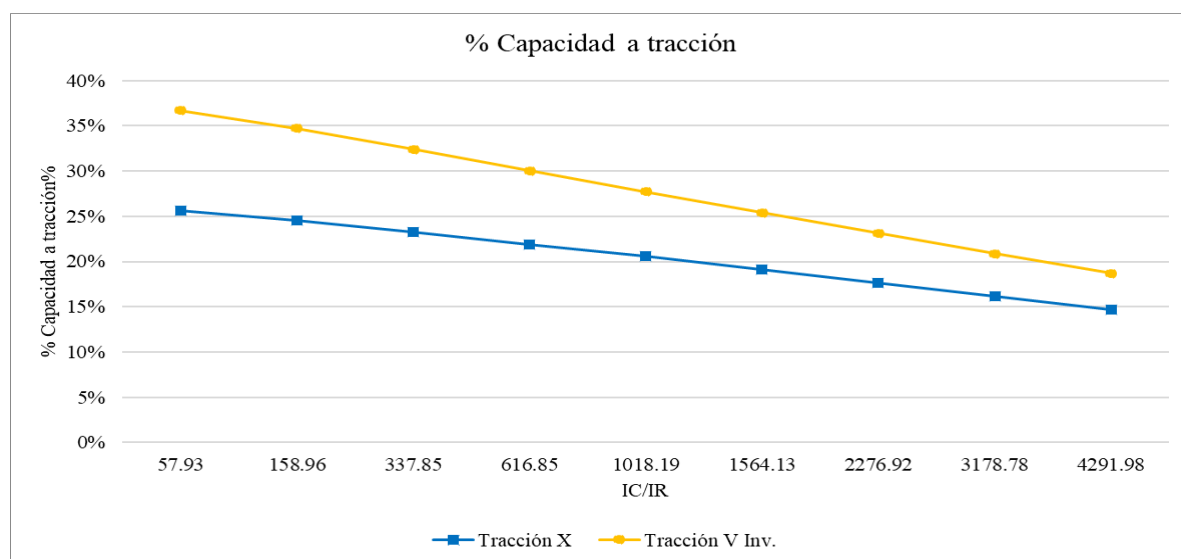
Comparativo entre resultados obtenidos del porcentaje de capacidad a compresión a la que se encuentran sometidas las riostras para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 50

Comparativo entre resultados obtenidos del porcentaje de capacidad a tracción a la que se encuentran sometidas las riostras para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

- Determinamos que en la configuración V invertida la capacidad de resistencia a compresión de las riostras están a un menor porcentaje que en la configuración en X, siendo una diferencia notoria.
- Determinamos que en la configuración V invertida la capacidad de resistencia a tracción de las riostras están a un mayor porcentaje que en la configuración en X, con una diferencia mínima.

4.3.4. Análisis de desplazamiento y derivas:

Tabla 52

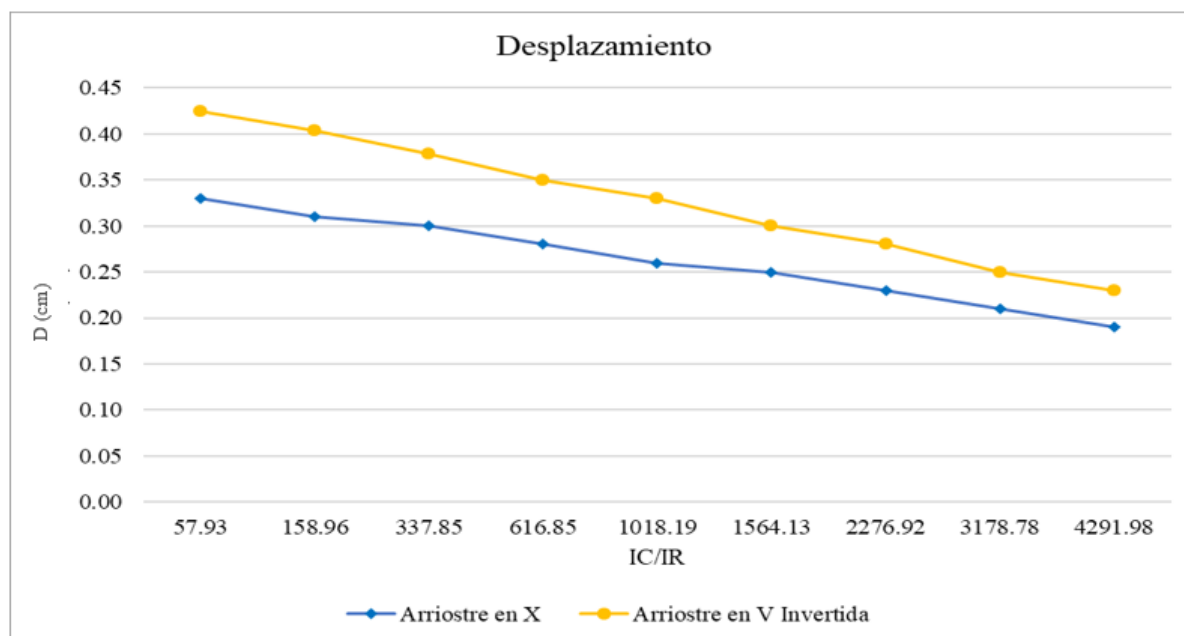
Comparación de resultados de desplazamientos y derivas para ambas configuraciones

Columna (cm)		Inercia Col (cm ⁴)	Inercia Col/ Inercia Riostra	Deriva		Desplazamiento (cm)	
b	h			X	Λ	X	Λ
25	25	32552.08	57.93	0.000828	0.001063	0.33	0.43
25	35	89322.92	158.96	0.000787	0.001009	0.31	0.40
25	45	189843.75	337.85	0.000744	0.000945	0.30	0.38
25	55	346614.58	616.85	0.000701	0.000880	0.28	0.35
25	65	572135.42	1018.19	0.000658	0.000815	0.26	0.33
25	75	878906.25	1564.13	0.000615	0.000751	0.25	0.30
25	85	1279427.08	2276.92	0.000572	0.000688	0.23	0.28
25	95	1786197.92	3178.78	0.000527	0.000625	0.21	0.25
25	105	2411718.75	4291.98	0.000484	0.000564	0.19	0.23

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 51

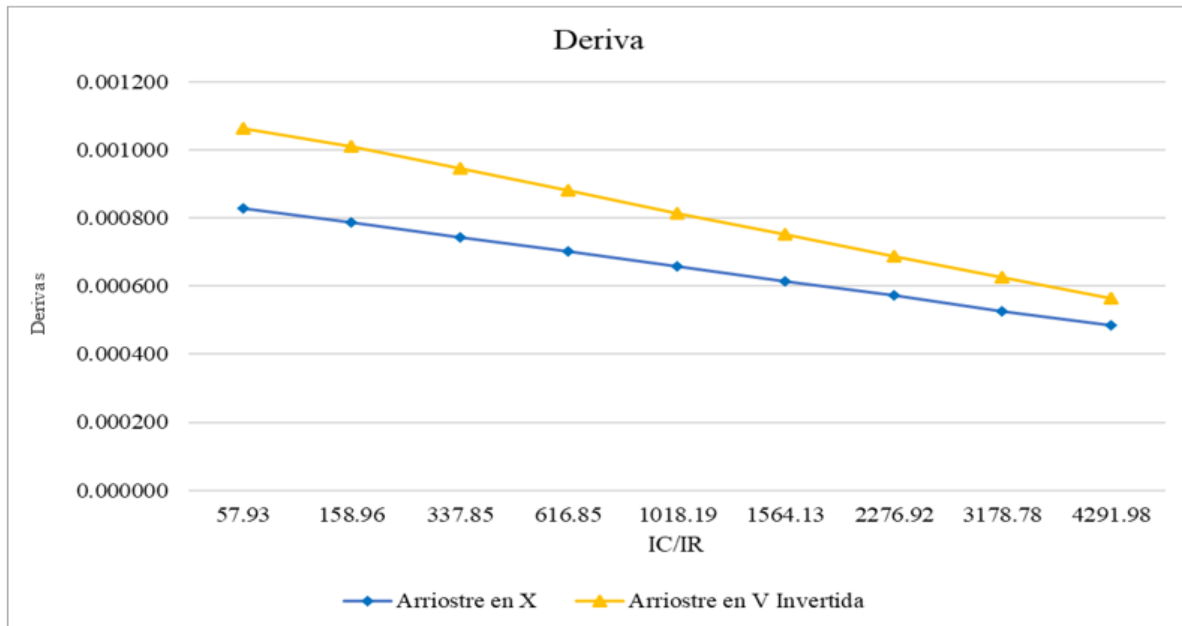
Comparación de resultados del análisis de desplazamientos para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 52

Comparación de resultados del análisis de derivas para ambas configuraciones



Nota: Elaboración propia.

- Determinamos que en la configuración V invertida el pórtico presenta mayores desplazamientos y derivas, es decir que la configuración en X controla mejor los desplazamientos laterales del pórtico; sin embargo, mientras la relación IC/IR la diferencia entre los resultados disminuye.

Al haber realizado el análisis comparativo entre los resultados del diseño paramétrico entre ambas configuraciones, podemos determinar que configuración es más ventajosa y llegar a las siguientes conclusiones:

- Podemos concluir que a menor relación de inercia columna entre inercia riostra, los elementos de concreto armado presentan menores esfuerzos; sin embargo, las riostras de acero están más esforzadas y el pórtico presenta desplazamientos mayores. Caso contrario con una relación de inercias mayor, los elementos de concreto armado presentan mayores esfuerzos, las riostras de acero estarán menos esforzadas y el pórtico tendrá menores desplazamientos. Por lo tanto, se recomienda una relación de inercias entre 700 y 1500 para lograr que los elementos de arriostramiento y de concreto armado trabajen en conjunto ante fuerzas laterales.
- En un sistema de arriostramiento se debe controlar el pandeo de los arriostres producido por esfuerzos de compresión, es decir, se debe verificar la

resistencia a compresión de los arriostres para que el sistema tenga la resistencia necesaria a fuerzas laterales. Por lo tanto, para definir la configuración más ventajosa se tomará en cuenta el porcentaje de capacidad a compresión. Concluyendo que la configuración más ventajosa es V invertida ya que las riostras en V invertida están a un menor porcentaje de capacidad a compresión, es decir que el pórtico en V invertida tendrá mayor resistencia a fuerzas laterales.



5. CAPITULO V: ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS RIOSTRAS DE ACERO EN SU RESISTENCIA A TRACCIÓN Y COMPRESIÓN

5.1. Diseño paramétrico de riostras de acero

5.1.1. Definición de las condiciones iniciales y parámetros

Las condiciones iniciales para el desarrollo del diseño paramétrico de las riostras de acero serán las siguientes:

- Los elementos de arriostramiento serán de acero A500 - grado B con esfuerzo de fluencia $f_y = 42 \text{ klb/plg}^2$ y módulo de elasticidad $E = 29\,000 \text{ klb/plg}^2$

Los parámetros del desarrollo del diseño paramétrico de pórticos arriostrados concéntricamente serán los siguientes:

- Las secciones de arriostres, para este estudio se empleará:
 - Un conjunto de secciones tubulares HSS circulares y cuadradas.
 - Un rango de diámetros para las secciones HSS circulares de 3 a 9.625 pulgadas.
 - Un rango de ancho para las secciones HSS cuadradas de 3 a 9.5 pulgadas.
 - Espesores desde 3 a 16mm en pulgadas según el manual de la AISC.
- La longitud de las riostras será de 2,4,6,8 y 10 metros.

5.1.2. Diseño paramétrico de las riostras de acero

El diseño de las riostras cumplirá el mismo procedimiento que el desarrollado en el capítulo 3. Este será desarrollado para distintos diámetros, espesores y longitudes de riostra de acuerdo a lo plasmado en las matrices generales del ANEXO 04 (Diseño por resistencia a tracción y compresión con el método LRFD para las secciones tubulares HSS circulares) y del ANEXO 05 (Diseño por resistencia a tracción y compresión con el método LRFD para las secciones tubulares cuadradas).

Seguidamente se muestra como ejemplo, fragmentos de las tablas con los resultados del diseño por resistencia a tracción y compresión con el método LRFD para las secciones tubulares HSS circulares y cuadradas:

Tabla 53

Diseño por tracción y compresión de riostras de sección tubular circular de diámetro de 9.625 y 5 pulgadas de diámetro para distintas longitudes. (Anexo 04)

Long riostra (m)	Diámetro (plg)	Espesor (plg)	D/t	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
2.00	9.625	0.116	82.97	3.47	39.17	3.36	23.42	40.61	59.41	57.44
4.00	9.625	0.116	82.97	3.47	39.17	3.36	46.84	36.71	59.41	51.92
6.00	9.625	0.116	82.97	3.47	39.17	3.36	70.26	31.02	59.41	43.87
8.00	9.625	0.116	82.97	3.47	39.17	3.36	93.68	24.50	59.41	34.65
10.00	9.625	0.116	82.97	3.47	39.17	3.36	117.10	18.09	59.41	25.59
2.00	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	45.59	36.967	30.512	26.856
4.00	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	91.17	25.207	30.512	18.312
6.00	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	136.76	13.421	30.512	9.750
8.00	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	182.35	7.549	30.512	5.484
10.00	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	227.94	4.831	30.512	3.510

Nota: Elaboración propia.

Tabla 54

Diseño por tracción y compresión de riostras de sección tubular cuadrada de largo de sección de 9 y 5 pulgadas para distintas longitudes. (Anexo 05)

Long riostra (m)	Largo (plg)	Espesor (plg)	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
2.00	9.000	0.625	20.94	246.12	3.43	22.97	40.661	358.929	347.488
4.00	9.000	0.625	20.94	246.12	3.43	45.93	36.896	358.929	315.308
6.00	9.000	0.625	20.94	246.12	3.43	68.90	31.379	358.929	268.159
8.00	9.000	0.625	20.94	246.12	3.43	91.86	25.012	358.929	213.754
10.00	9.000	0.625	20.94	246.12	3.43	114.83	18.687	358.929	159.698
2.00	5.000	0.500	9.00	30.75	1.85	42.60	37.570	154.286	138.014
4.00	5.000	0.500	9.00	30.75	1.85	85.20	26.893	154.286	98.790
6.00	5.000	0.500	9.00	30.75	1.85	127.80	15.370	154.286	56.460
8.00	5.000	0.500	9.00	30.75	1.85	170.39	8.645	154.286	31.759
10.00	5.000	0.500	9.00	30.75	1.85	212.99	5.533	154.286	20.326

Nota: Elaboración propia.

5.2. Análisis de la resistencia a la compresión de acuerdo al diseño paramétrico de las riostras de acero.

El estudio fue realizado para distintas secciones y longitudes de riostra desde 2 metros hasta 10 metros para poder analizar la influencia de estos parámetros sobre la resistencia a la compresión del elemento.

5.2.1 Sección tubular circular

Tabla 55

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.116 pulgadas en riostra tubular circular

Fuerza de Compresión (tn)	Diámetros de Sección (plg)														
	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	
Long. de Riostra (m)	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	
2.00	57.4	51.0	43.6	40.3	39.5	35.3	33.7	30.7	30.3	26.9	23.4	19.8	16.2	12.5	
4.00	51.9	44.9	36.9	33.3	32.3	27.7	25.9	22.6	22.1	18.3	14.5	10.8	7.3	4.5	
6.00	43.9	36.4	27.9	24.1	23.2	18.5	16.7	13.5	13.1	9.7	7.1	4.9	3.2	2.0	
8.00	34.7	27.1	18.9	15.4	14.5	10.9	9.6	7.6	7.3	5.5	4.0	2.8	1.8	1.1	
10.00	25.6	18.6	12.1	9.8	9.3	7.0	6.1	4.9	4.7	3.5	2.5	1.8	1.2	0.7	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 56

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.174 pulgadas en riostra tubular circular

Fuerza de Compresión (tn)	Diámetros de Sección (plg)														
	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	
Long. de Riostra (m)	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	
2.00	85.6	75.9	64.9	59.9	58.7	52.4	49.9	45.5	44.8	39.7	34.5	29.1	23.7	18.1	
4.00	77.3	66.8	54.7	49.3	47.9	40.9	38.1	33.2	32.5	26.8	21.2	15.6	10.4	6.4	
6.00	65.2	54.0	41.2	35.5	34.1	27.1	24.4	19.7	19.0	14.1	10.2	7.0	4.6	2.8	
8.00	51.3	40.0	27.7	22.5	21.2	15.8	14.0	11.1	10.7	7.9	5.7	4.0	2.6	1.6	
10.00	37.8	27.3	17.8	14.4	13.6	10.1	8.9	7.1	6.8	5.1	3.7	2.5	1.7	1.0	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 57

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.26 pulgadas en riostra tubular circular

Fuerza de Compresión (tn)	Diámetros de Sección (plg)													
	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00
Long. de Riostra (m)	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00
2.00	126.7	112.1	95.7	88.3	86.4	77.1	73.3	66.6	65.7	58.0	50.1	42.2	34.0	25.7
4.00	114.1	98.4	80.4	72.2	70.1	59.8	55.6	48.2	47.1	38.7	30.2	22.0	14.4	8.8
6.00	96.0	79.2	60.1	51.7	49.6	39.1	35.0	28.0	27.0	20.0	14.3	9.9	6.4	3.9
8.00	75.3	58.4	40.1	32.3	30.6	22.7	20.0	15.8	15.2	11.3	8.1	5.5	3.6	2.2
10.00	55.1	39.5	25.6	20.7	19.6	14.5	12.8	10.1	9.7	7.2	5.2	3.5	2.3	1.4

Nota: Elaboración propia.

Tabla 58

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y diámetro de la sección para espesor de 0.465 pulgadas en riostra tubular circular

Fuerza de Compresión (tn)	Diámetros de Sección (plg)													
	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00
Long. de Riostra (m)	9.63	8.63	7.50	7.00	6.88	6.25	6.00	5.56	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00
2.00	221.2	195.2	165.7	152.4	149.1	132.3	125.6	113.7	111.9	98.1	84.0	69.7	55.0	40.1
4.00	198.5	170.3	137.9	123.2	119.5	100.9	93.4	80.2	78.3	63.2	48.3	33.9	21.6	12.7
6.00	165.6	135.6	101.5	86.4	82.7	64.2	57.0	44.8	43.2	31.6	22.3	15.1	9.6	5.6
8.00	128.5	98.5	66.0	52.9	49.9	36.7	32.2	25.2	24.3	17.8	12.6	8.5	5.4	3.2
10.00	92.8	65.8	42.2	33.9	32.0	23.5	20.6	16.1	15.5	11.4	8.0	5.4	3.5	2.0

Nota: Elaboración propia.

5.2.2. Sección tubular cuadrada

Resistencia a la Compresión para distintos anchos y longitudes según distintos espesores de riostra:

Tabla 59

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.125 pulgadas en riostra tubular cuadrada

Fuerza de Compresión (tn)	Ancho de Sección (plg)							
Long. de Riostra (m)	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00
2.00	73.90	65.06	56.15	47.13	42.57	37.96	33.28	28.53
4.00	67.74	58.25	48.57	38.65	33.58	28.45	23.27	18.08
6.00	58.60	48.45	38.15	27.76	22.62	17.60	12.82	8.91
8.00	47.83	37.44	27.20	17.46	13.37	9.98	7.21	5.01
10.00	36.84	26.88	17.91	11.17	8.56	6.39	4.62	3.21

Nota: Elaboración propia.

Tabla 60

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.188 pulgadas en riostra tubular cuadrada

Fuerza de Compresión (tn)	Ancho de Sección (plg)							
Long. de Riostra (m)	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00
2.00	110.02	96.76	83.38	69.85	63.00	56.07	49.05	41.90
4.00	100.73	86.49	71.94	57.04	49.43	41.73	33.95	26.18
6.00	86.96	71.73	56.26	40.69	32.99	25.50	18.44	12.75
8.00	70.78	55.20	39.87	25.38	19.38	14.41	10.37	7.17
10.00	54.32	39.42	26.14	16.24	12.40	9.22	6.64	4.59

Nota: Elaboración propia

Tabla 61

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.25 pulgadas en riostra tubular cuadrada

Fuerza de Compresión (tn)	Ancho de Sección (plg)								
	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.00
Long. de Riostra (m)	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.00
2.00	145.59	127.90	110.06	92.00	82.86	73.61	64.23	54.68	34.94
4.00	133.14	114.12	94.71	74.81	64.65	54.37	44.00	33.66	14.44
6.00	114.70	94.37	73.73	52.99	42.75	32.81	23.57	16.21	6.42
8.00	93.09	72.33	51.93	32.79	24.96	18.50	13.26	9.12	3.61
10.00	71.18	51.33	33.93	20.98	15.98	11.84	8.49	5.84	2.31

Nota: Elaboración propia.

Tabla 62

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.313 pulgadas en riostra tubular cuadrada

Fuerza de Compresión (tn)	Ancho de Sección (plg)								
	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.00
Long. de Riostra (m)	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.00
2.00	180.62	158.50	136.18	113.59	102.14	90.57	78.83	66.88	42.15
4.00	164.96	141.17	116.87	91.96	79.25	66.39	53.44	40.54	16.93
6.00	141.81	116.39	90.58	64.67	51.92	39.56	28.24	19.32	7.53
8.00	114.76	88.83	63.39	39.71	30.15	22.26	15.89	10.87	4.23
10.00	87.42	62.67	41.28	25.41	19.29	14.25	10.17	6.95	2.71

Nota: Elaboración propia.

Tabla 63

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.375 pulgadas en riostra tubular cuadrada

Fuerza de Compresión (tn)	Ancho de Sección (plg)								
	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.00
Long. de Riostra (m)	9.00	8.00	7.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.00
2.00	215.09	188.53	161.74	134.61	120.86	106.96	92.85	78.48	48.77
4.00	196.19	167.61	138.43	108.50	93.23	77.79	62.27	46.84	19.06
6.00	168.31	137.78	106.79	75.74	60.49	45.71	32.49	22.10	8.47
8.00	135.81	104.71	74.27	46.16	34.94	25.71	18.27	12.43	4.77
10.00	103.06	73.44	48.20	29.54	22.36	16.46	11.69	7.96	3.05

Nota: Elaboración propia.

Tabla 64

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.5 pulgadas en riostra tubular cuadrada

Fuerza de Compresión (tn)	Ancho de Sección (plg)						
	9.00	8.00	7.00	6.00	5.00	4.50	4.00
Long. de Riostra (m)	9.00	8.00	7.00	6.00	5.00	4.50	4.00
2.00	282.39	246.95	211.19	174.96	138.01	119.15	99.95
4.00	256.91	218.74	179.74	139.75	98.79	78.15	57.76
6.00	219.46	178.70	137.37	96.09	56.46	39.78	26.78
8.00	176.02	134.64	94.29	57.75	31.76	22.38	15.06
10.00	132.55	93.37	60.87	36.96	20.33	14.32	9.64

Nota: Elaboración propia.

Tabla 65

Variación de la fuerza de compresión de acuerdo a la longitud de la riostra y ancho de la sección para espesor de 0.625 pulgadas en riostra tubular cuadrada

Fuerza de Compresión (tn)	Ancho de Sección (plg)			
	9.00	8.00	7.00	6.00
Long. de Riostra (m)	9.00	8.00	7.00	6.00
2.00	347.49	303.16	258.42	213.07
4.00	315.31	267.51	218.66	168.60
6.00	268.16	217.15	165.52	114.13
8.00	213.75	162.17	112.09	67.73
10.00	159.70	111.27	72.04	43.35

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo a este primer análisis podemos afirmar que:

- Tanto para la riostra de sección tubular circular como de sección tubular rectangular, a mayor diámetro y a mayor espesor, la resistencia a la compresión aumenta.
- A mayor longitud del arriostamiento, la resistencia a la compresión disminuye.
- A mayor inercia de las riostras mayor resistencia a la compresión, lo que es consecuencia de la disminución de la esbeltez la cual está relacionada con el radio de giro.

Seguidamente se organizó la información según distintos radios de giro, secciones y espesores para distintas longitudes de riostra.

Se elaboraron tablas y ábacos mediante los cuales examinamos la tendencia de la resistencia a la compresión de acuerdo a distintos radios de giro, los cuales también nos permitieron identificar la influencia de la esbeltez del elemento.

5.2.3 Sección circular

Tabla 66

Fuerza de compresión de perfil tubular circular según la longitud de la riostra (2 y 8 metros) y radio de giro

Long riostra (m)	Long riostra = 2m						Long riostra = 8m					
Diámetros de Sección (plg)	3	3.5	4	4.5	5	5.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
Radio de Giro (plg)												
1.90						30.3						7.3
1.88						44.8						10.7
1.85						65.7						15.2
1.79						111.9						24.3
1.73					26.9						5.5	
1.71					39.7						7.9	
1.68					58.0						11.3	
1.61					98.1						17.8	
1.55				23.4						4.0		
1.53				34.5						5.7		
1.50				50.1						8.1		
1.44				84.0						12.6		
1.37			19.8						2.8			
1.35			29.1						4.0			
1.33			42.2						5.5			
1.26			69.7						8.5			
1.20		16.2						1.8				
1.18		23.7						2.6				
1.15		34.0						3.6				
1.09		55.0						5.4				
1.02	12.5						1.1					
1.00	18.1						1.6					
0.97	25.7						2.2					
0.91	40.1						3.2					

Nota: Elaboración propia.

5.2.4. Sección cuadrada

Tabla 67

Fuerza de compresión de perfil tubular cuadrado según la longitud de la riostra (2 y 8 metros) y radio de giro.

Long riostra (m)	Long riostra = 2m					Long riostra = 8m			
Anchos de Sección (plg)	3	4	4.5	5	5.5	3	4	4.5	5
Radio de Giro (plg)									
2.19					42.57				
2.17					63.00				
2.15					82.86				
2.12					102.14				
2.10					120.86				
1.99				37.96					9.98
1.97				56.07					14.41
1.94				73.61					18.50
1.92				90.57					22.26
1.89				106.96					25.71
1.85				138.01					31.76
1.79			33.28					7.21	
1.76			49.05					10.37	
1.74			64.23					13.26	
1.71			78.83					15.89	
1.69			92.85					18.27	
1.65			119.15					22.38	
1.58		28.53					5.01		
1.56		41.90					7.17		
1.53		54.68					9.12		
1.51		66.88					10.87		
1.49		78.48					12.43		
1.44		99.95					15.06		
1.13	34.94					3.61			
1.10	42.15					4.23			
1.08	48.77					4.77			

Nota: Elaboración propia.

En este segundo análisis, validamos para ambas secciones que:

- A mayores longitudes de riostra la resistencia a la compresión de la misma sección disminuye. Esto debido a que la resistencia a la compresión está relacionada de

manera inversa con la esbeltez del elemento.

- Con los mismos radios de giro y diámetros de sección obtenemos distintos valores de resistencia a la compresión cuando cambiamos de longitud de riostra. Esto debido a que los radios de giro están directamente relacionados con la esbeltez del elemento.

Sin embargo, es preciso resaltar que una sección de un peralte considerable, pero con un espesor mínimo puede tener un valor similar de resistencia a la compresión que una sección de peralte menor, pero espesor considerable. Es decir que, los radios de giro no definirán la tendencia de la resistencia a la compresión ya que en algunos casos podremos obtener similares valores de compresión con radios de giro totalmente distintos.

Por consiguiente, el parámetro principal que debe definir la resistencia tanto a compresión como a tracción será el área de la sección ya que, podemos contar con distintas secciones con el mismo radio de giro, pero distintos valores de resistencia.

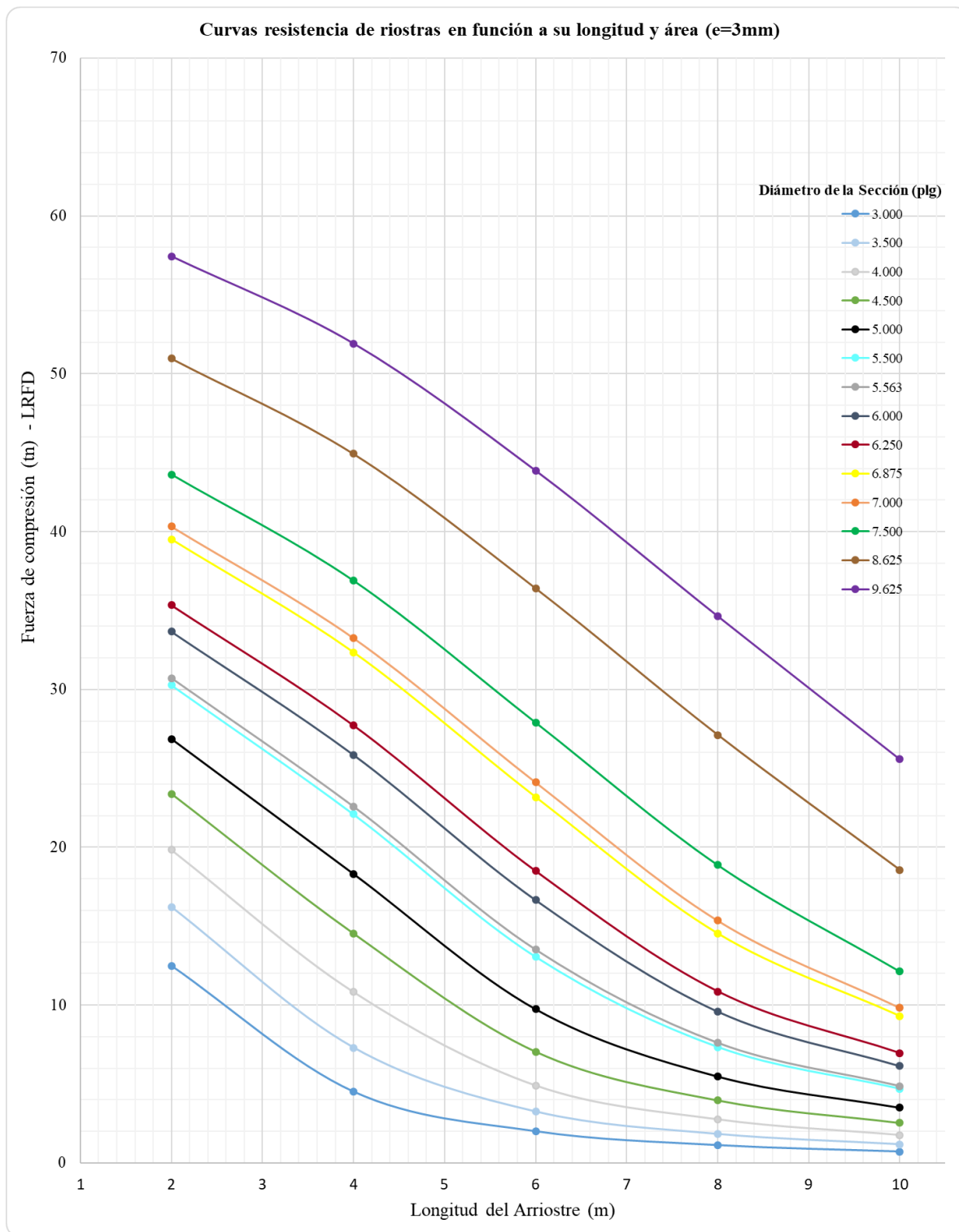
En merito a lo mencionado, una vez determinada la longitud de la riostra y el valor de resistencia requerido, el diseñador podrá escoger entre un rango de áreas de sección que permitirán cumplir con los requerimientos. Es criterio del diseñador optar por las distintas combinaciones entre peraltes y espesores con los que se obtenga el valor del área escogida; por ejemplo, una sección de gran espesor y gran peralte, una sección de gran espesor, pero bajo peralte o bajo espesor, pero gran peralte.

5.2.1. Ábacos resultantes del diseño paramétrico de riostras de acero para ambas secciones tubulares

Para un mejor entendimiento de la información, se realizaron los ábacos con la información del ANEXO 04 las cuales son mostradas a continuación:

Ilustración 53

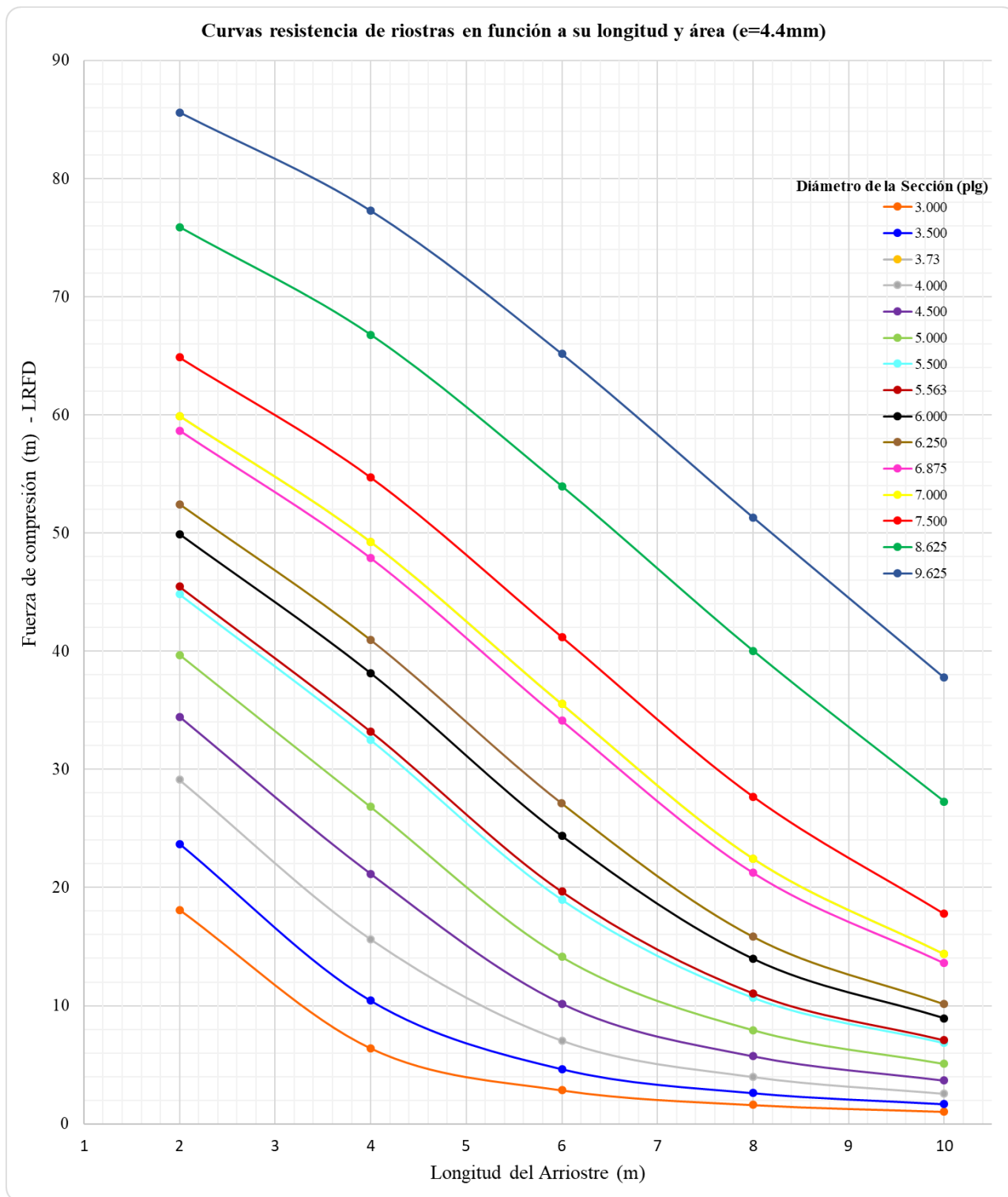
Ábaco 01: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 3 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 54

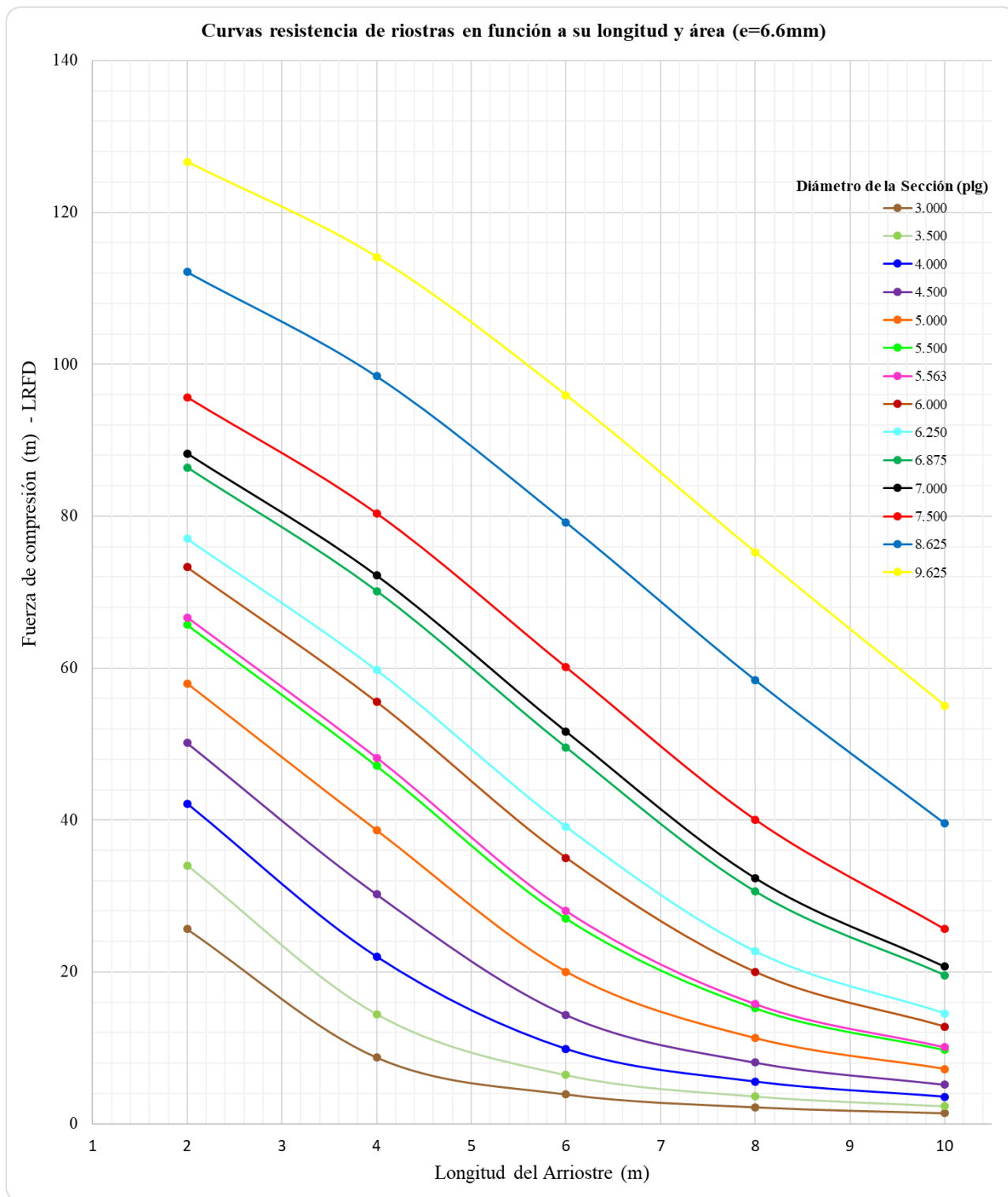
Ábaco 02: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 4.4 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 55

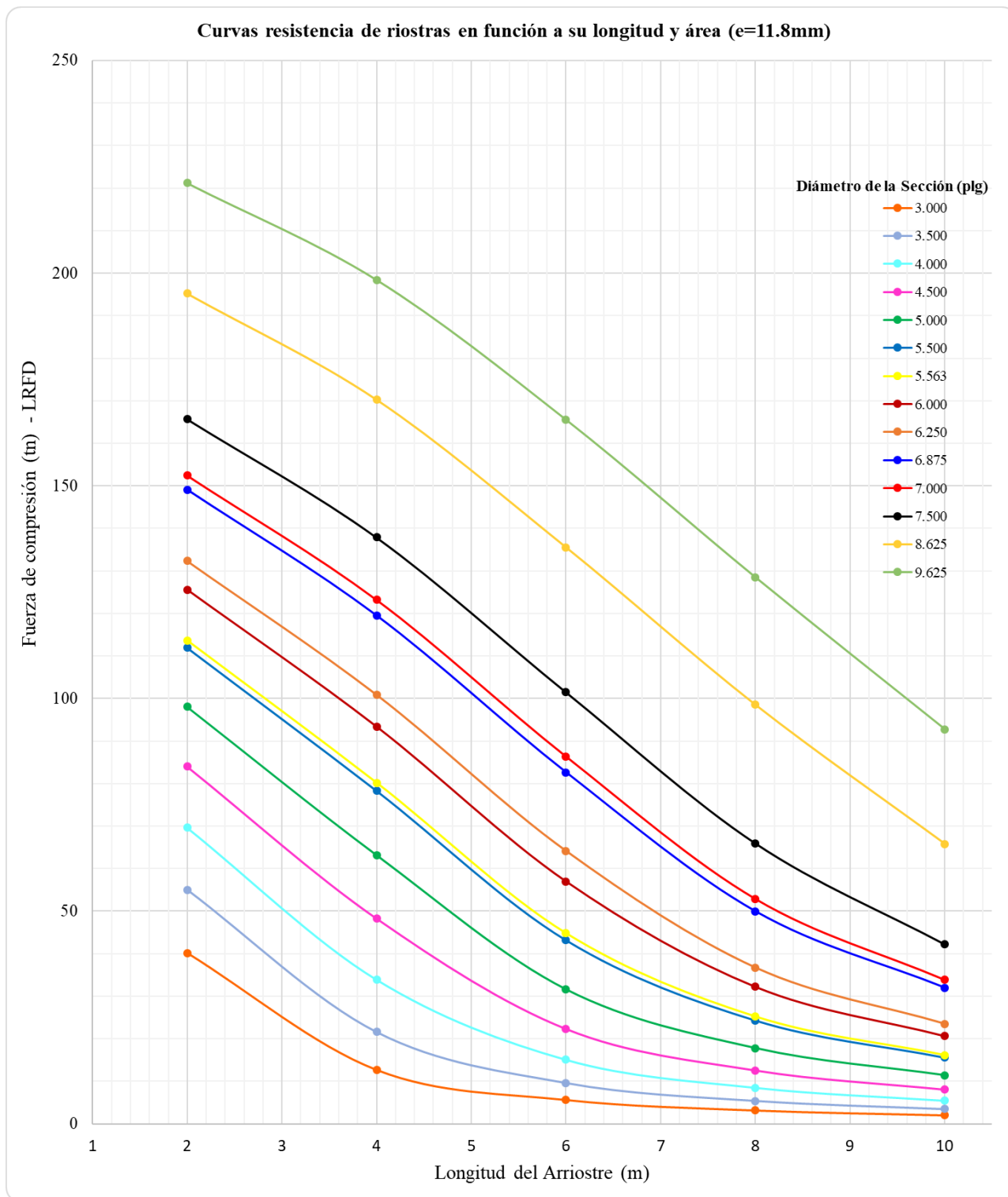
Ábaco 03: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 6.6 milímetros.



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 56

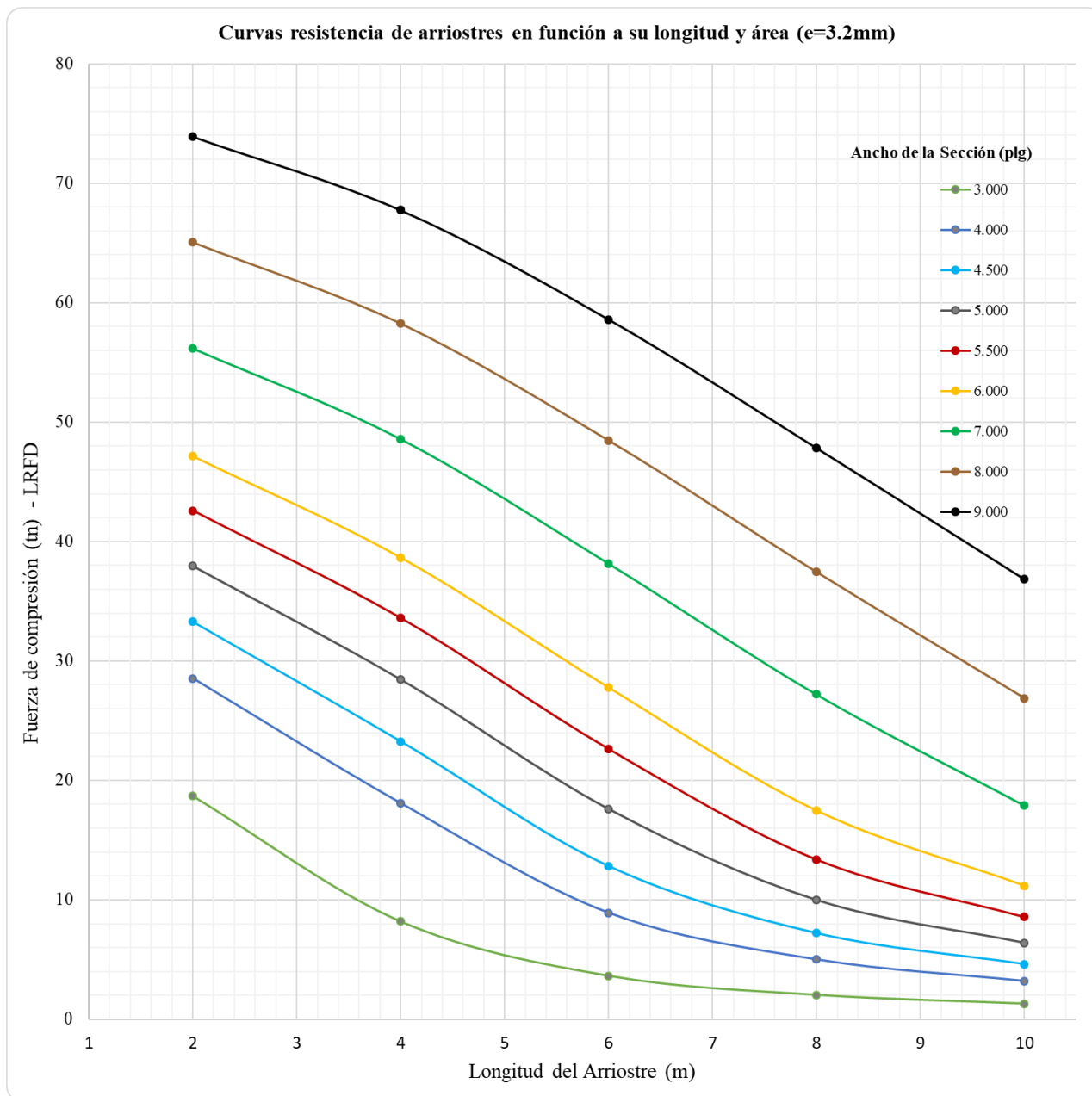
Ábaco 04: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor de 11.8 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 57

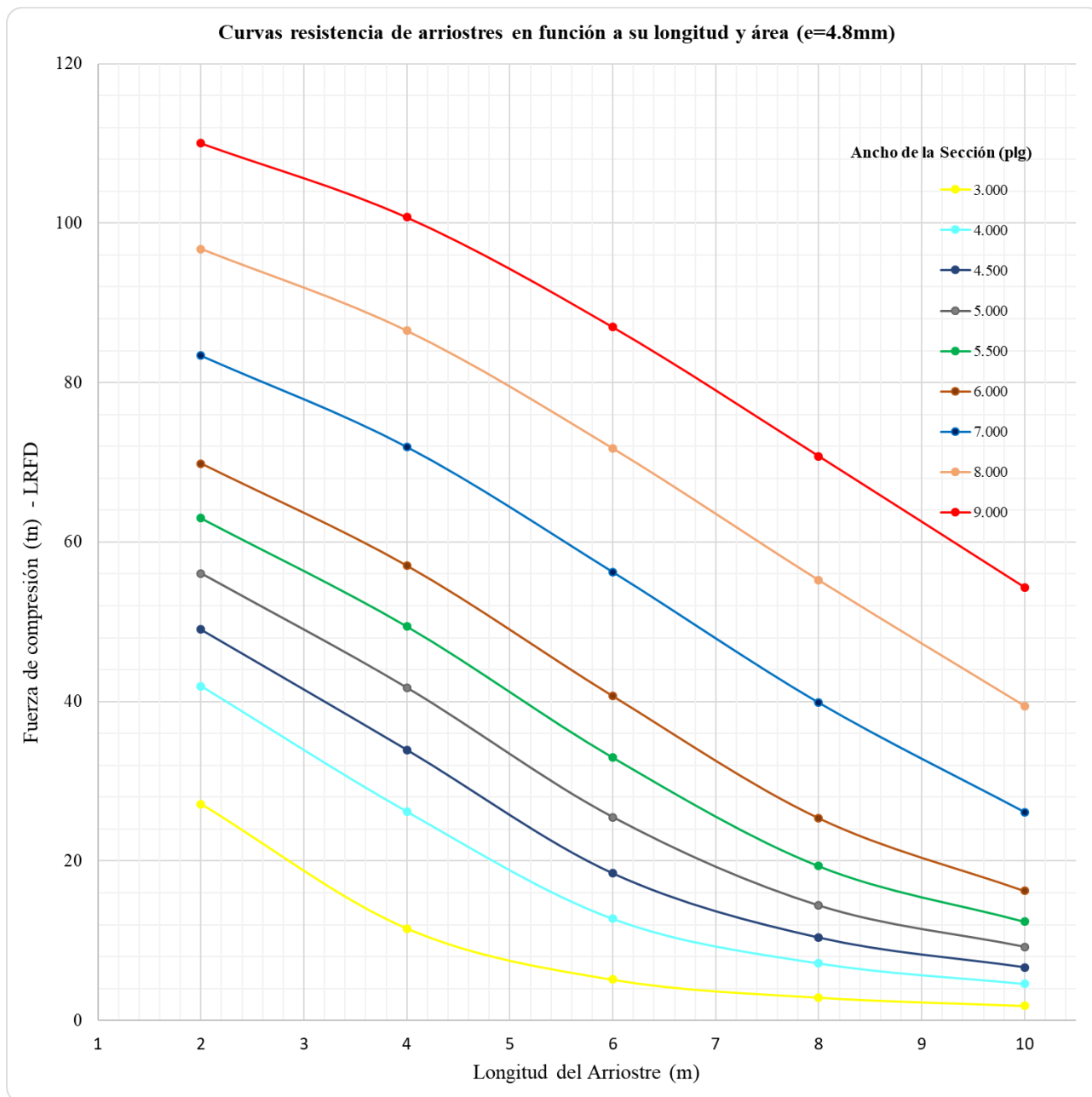
Ábaco 05: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 3.2 milímetros.



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 58

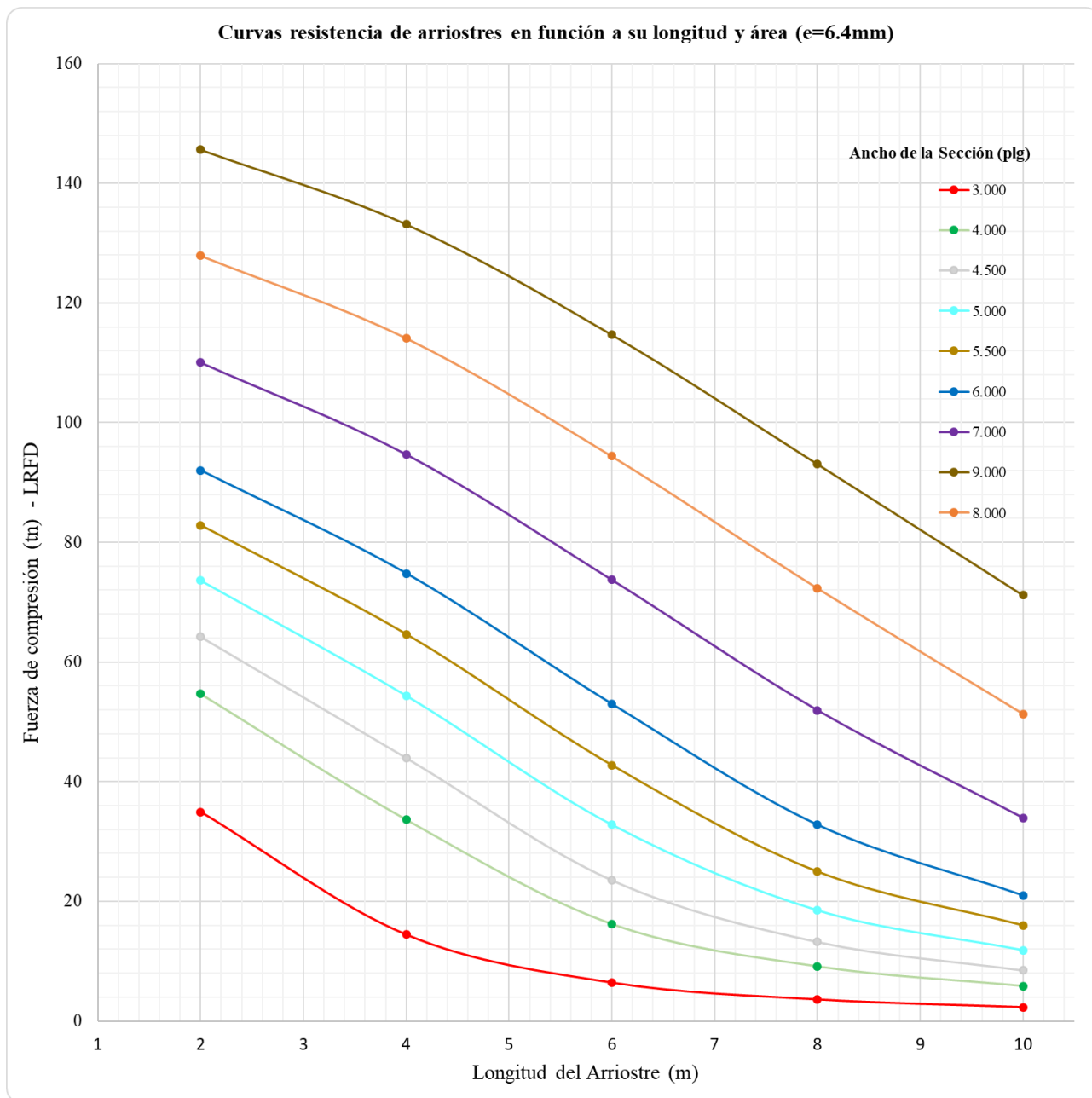
Ábaco 06: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 4.8 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 59

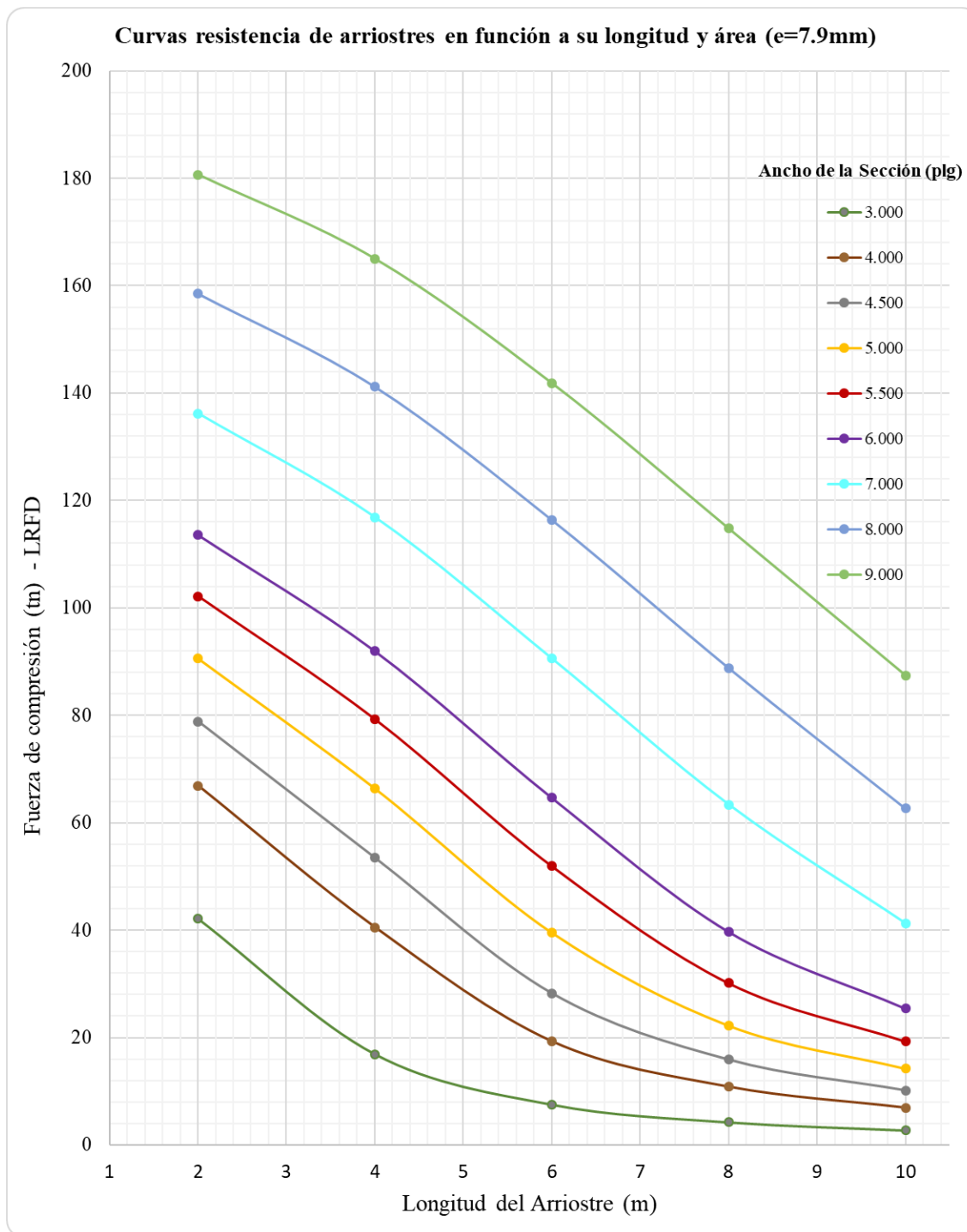
Ábaco 07: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 6.4 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 60

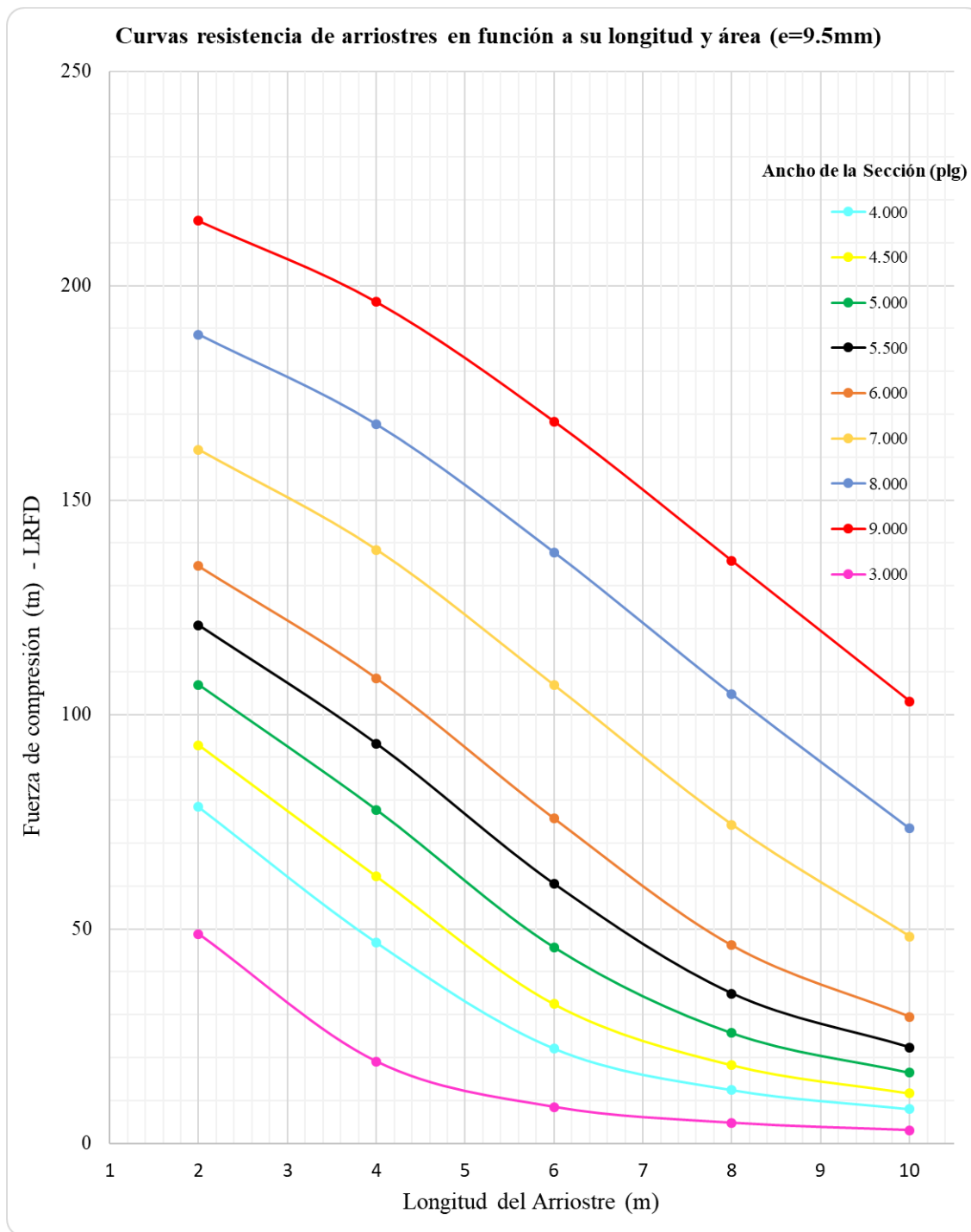
Ábaco 08: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 7.9 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 61

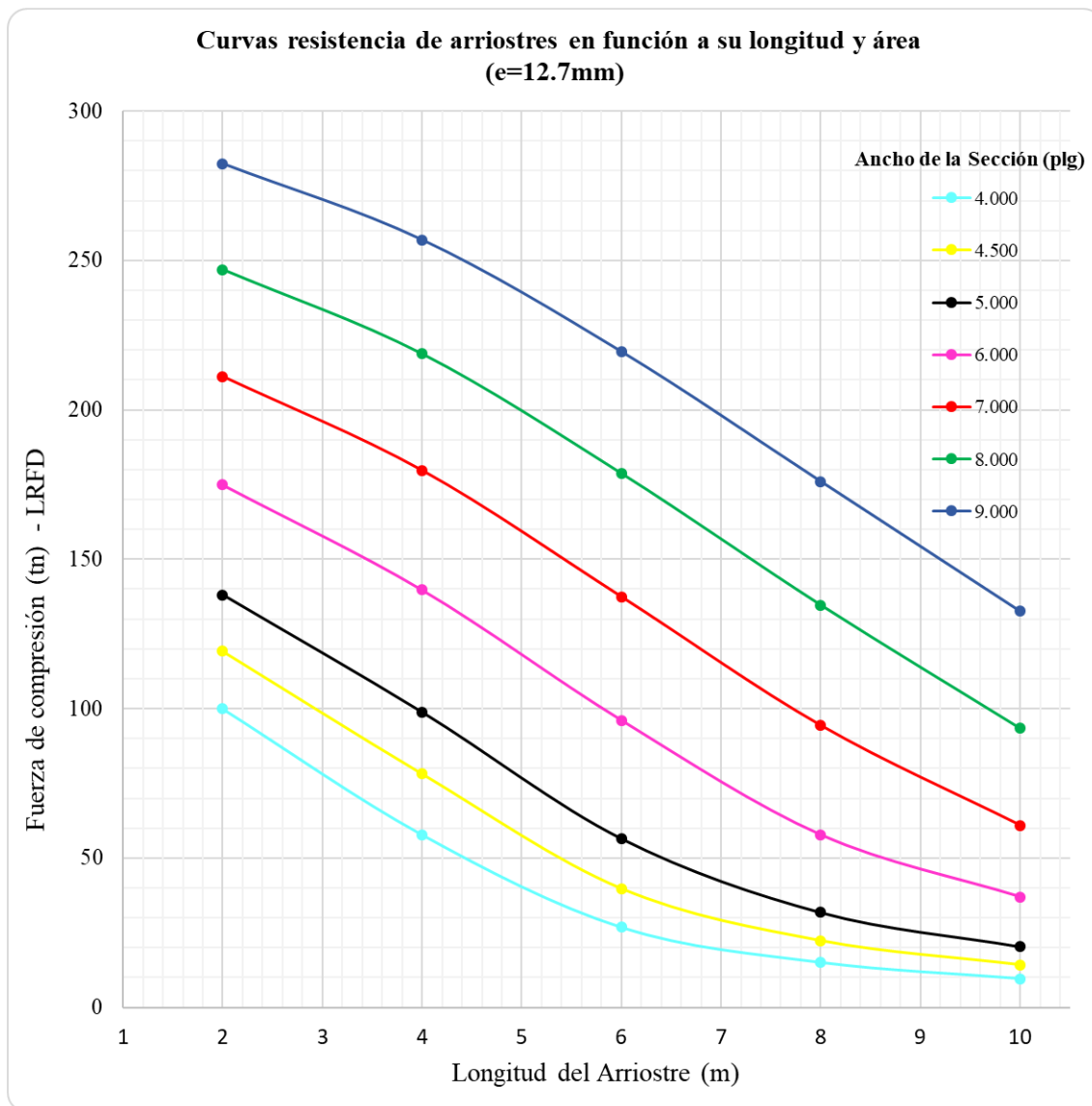
Ábaco 09: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 9.5 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 62

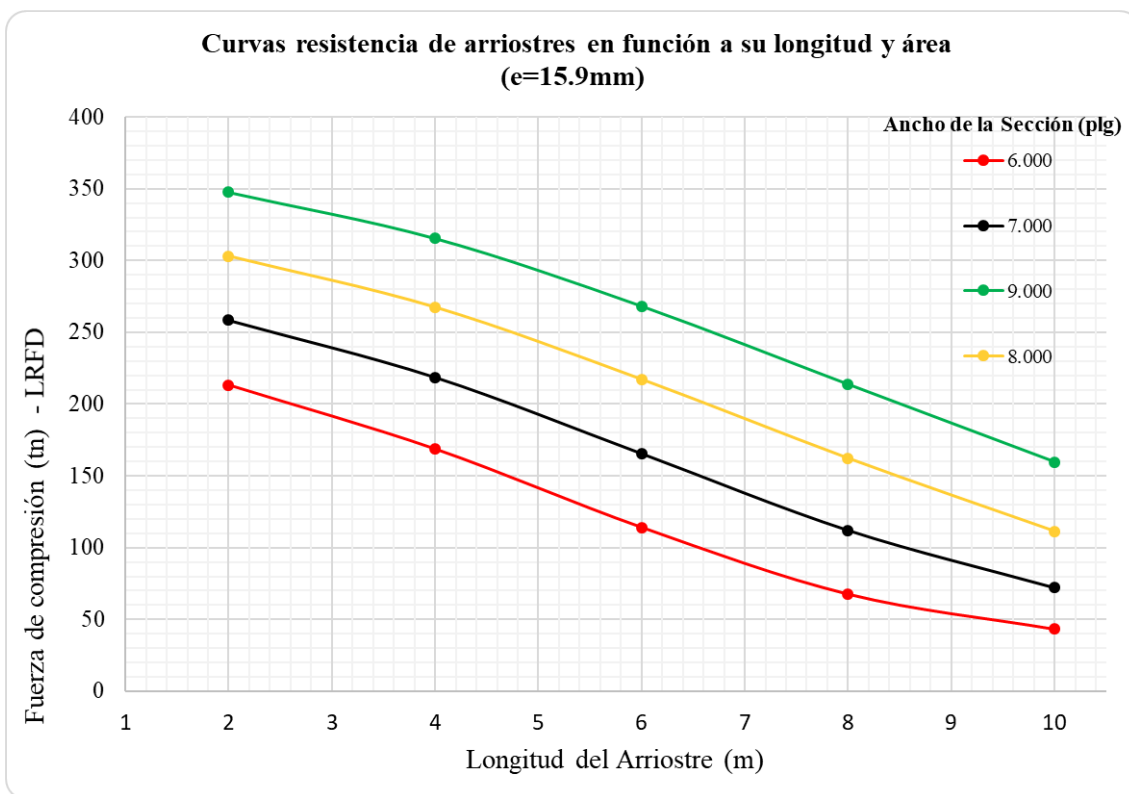
Ábaco 10: *Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 12.7 milímetros.*



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 63

Ábaco 11: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor de 15.9 milímetros.



Nota: Elaboración propia.

Las curvas tienen distinta tendencia debido al espesor del elemento. Al tener un menor espesor, la resistencia se incrementará de acuerdo al peralte en menor proporción que al tener un mayor espesor, con el cual la resistencia se incrementará en mayor proporción al aumentar el peralte de la sección.

Estas curvas evidencian la fórmula de Euler, debido a que se encuentran en función de la resistencia a la compresión la cual es obtenida con el esfuerzo de pandeo crítico elástico, es decir, el esfuerzo de Euler.

5.3. Análisis de la resistencia a la tracción de acuerdo al diseño paramétrico de las riostras de acero

En cuanto a los resultados obtenidos de resistencia a la tracción plasmados en el ANEXO 04 y 05, validamos que, a mayor diámetro y a mayor espesor, la resistencia a la tracción aumenta y, además, que la resistencia a la tracción no depende de la longitud del arriostramiento.

Se plantearon las tablas a continuación para ambas secciones tubulares de acuerdo al

área de la sección, en la cual se refleja que mientras mayor sea el área del perfil, mayor será la resistencia a la tracción.

El incremento de la resistencia se dará de forma casi lineal. Por lo tanto, la ecuación para esta función estará definida por la siguiente expresión:

$$y = 17.14x \quad (13)$$

Teniendo como pendiente un valor de 17.14.

Tabla 68

Fuerza de tracción de perfil tubular circular según diámetro y área.

Diámetros de Sección (plg)	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.875	7	7.5	8.625	9.625
Radio de Giro (plg)												
1.05	18.02											
1.23		21.14										
1.42			24.26									
1.54	26.48											
1.60				27.39								
1.78					30.51							
1.82		31.17										
1.96						33.64						
2.09			35.85									
2.14							36.76					
2.24	38.37											
2.36				40.54								
2.46								42.23				
2.51									43.01			
2.64					45.22							
2.65		45.37										
2.69										46.13		
2.91						49.91						
3.05			52.37									
3.10											53.16	
3.18							54.59					
3.46				59.37								
3.47												59.41

Nota: Elaboración propia.

Diámetros de Sección (plg)	4	4.5	5	5.5	6	6.875	7	7.5	8.625	9.625
Radio de Giro (plg)										
4.89										
5.16	88.53									
5.17										88.56
5.40						92.63				
5.51							94.38			
5.89		101.05								
5.91								101.38		
6.62			113.57							
6.83									117.13	
7.36				126.09						
7.65										131.13
8.09					138.61					
8.45										
9.36						160.53				
9.55							163.66			
10.28								176.18		
11.92									204.35	
13.38										229.39

Nota: Elaboración propia.

Tabla 69

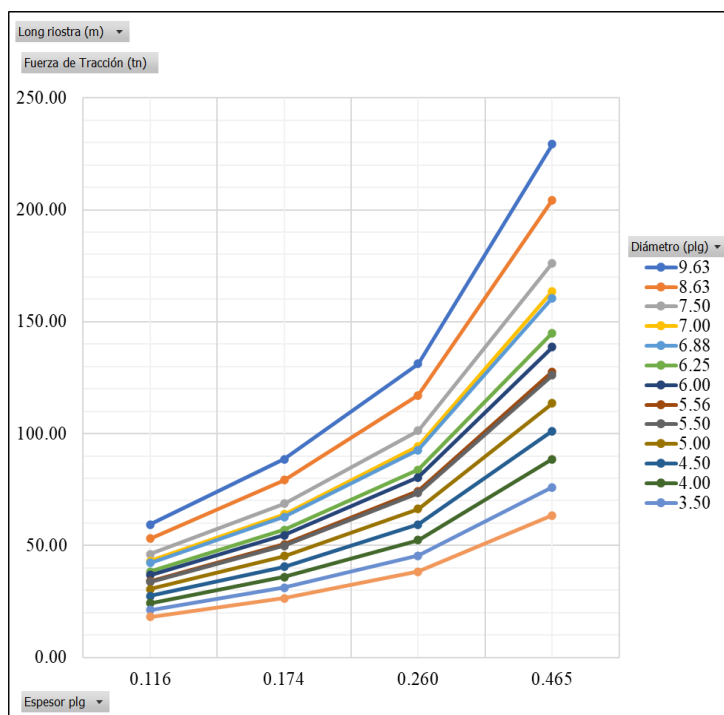
Fuerza de tracción de perfil tubular circular según diámetro y espesor.

Fuerza de Tracción (tn)	Espesor de Riostra (plg)			
	0.12	0.17	0.26	0.47
Diámetros de Sección (plg)				
9.63	59.41	88.56	131.13	229.39
8.63	53.16	79.19	117.13	204.35
7.50	46.13	68.65	101.38	176.18
7.00	43.01	63.97	94.38	163.66
6.88	42.23	62.79	92.63	160.53
6.25	38.32	56.94	83.88	144.87
6.00	36.76	54.59	80.37	138.61
5.56	34.03	50.50	74.26	127.67
5.50	33.64	49.91	73.37	126.09
5.00	30.51	45.22	66.37	113.57
4.50	27.39	40.54	59.37	101.05
4.00	24.26	35.85	52.37	88.53
3.50	21.14	31.17	45.37	76.01
3.00	18.02	26.48	38.37	63.48

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 64

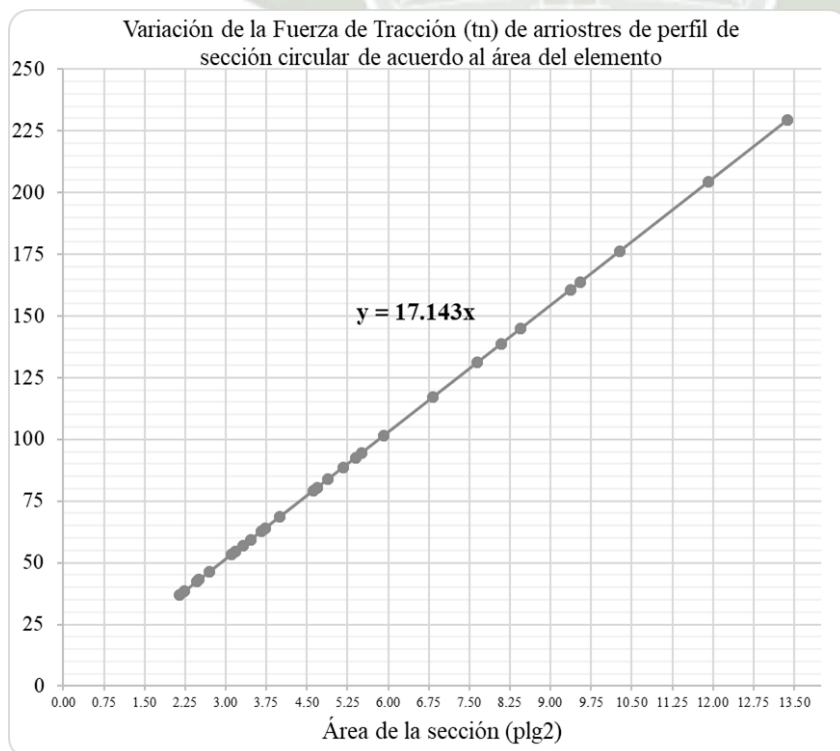
Fuerza de tracción de perfil tubular circular según diámetro.



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 65

Fuerza de tracción de perfil tubular circular según área.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 70

Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según largo y área.

Largo de Sección (plg)	3	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9
20.94									358.93
18.44								316.07	
17.00									291.43
15.94							273.21		
15.00								257.14	
13.44						230.36			
13.00							222.86		
12.94									221.79
11.44								196.07	
11.00						188.57			
10.86									186.16
9.94							170.36		
9.61								164.73	
9.00				154.29					
8.75									150.00
8.00			137.14						
7.75								132.86	
7.11						121.88			
7.00		120.00							
6.75							115.71		
6.19			106.07						
5.86				100.45				100.45	
5.75						98.57			
5.44		93.21							
5.11							87.59		
4.75				81.43					
4.25			72.86						
3.98					68.30				
3.75		64.29							
3.44							58.93		
3.23			55.45						
2.94						50.36			
2.75	47.14								
2.44				41.79					
2.19			37.50						
1.94		33.21							
1.08	48.77								

Nota: Elaboración propia.

Tabla 71

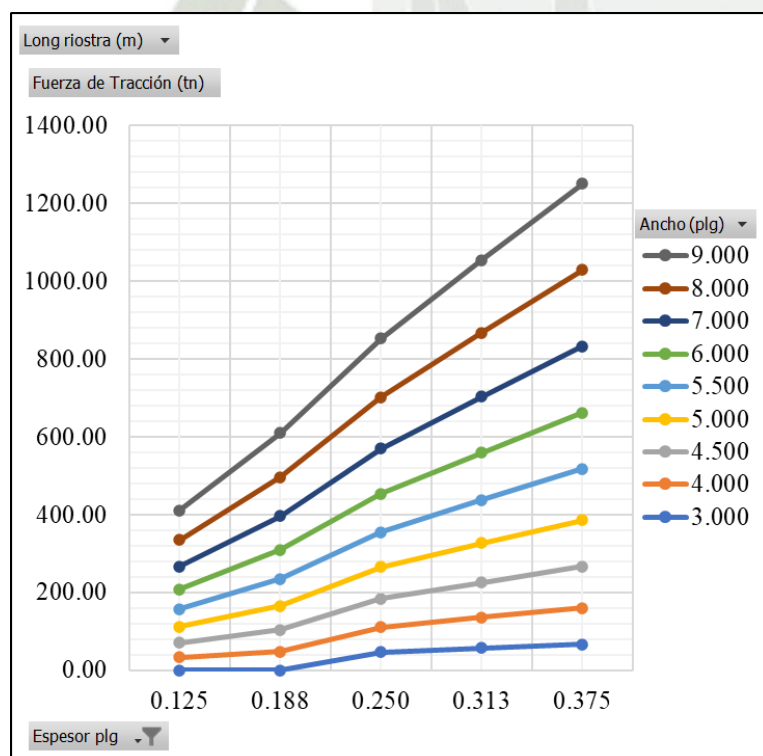
Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según largo y espesor.

Fuerza de Tracción (tn)	Espesor de Riostra (plg)				
	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375
Largo de Sección (plg)					
3.00			47.14	57.59	67.50
4.00	33.21	49.02	64.29	79.02	93.21
4.50	37.50	55.45	72.86	89.73	106.07
5.00	41.79	61.88	81.43	100.45	118.93
5.50	46.07	68.30	90.00	111.16	131.79
6.00	50.36	74.73	98.57	121.88	144.64
7.00	58.93	87.59	115.71	143.30	170.36
8.00	67.50	100.45	132.86	164.73	196.07
9.00	76.07	113.30	150.00	186.16	221.79

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 66

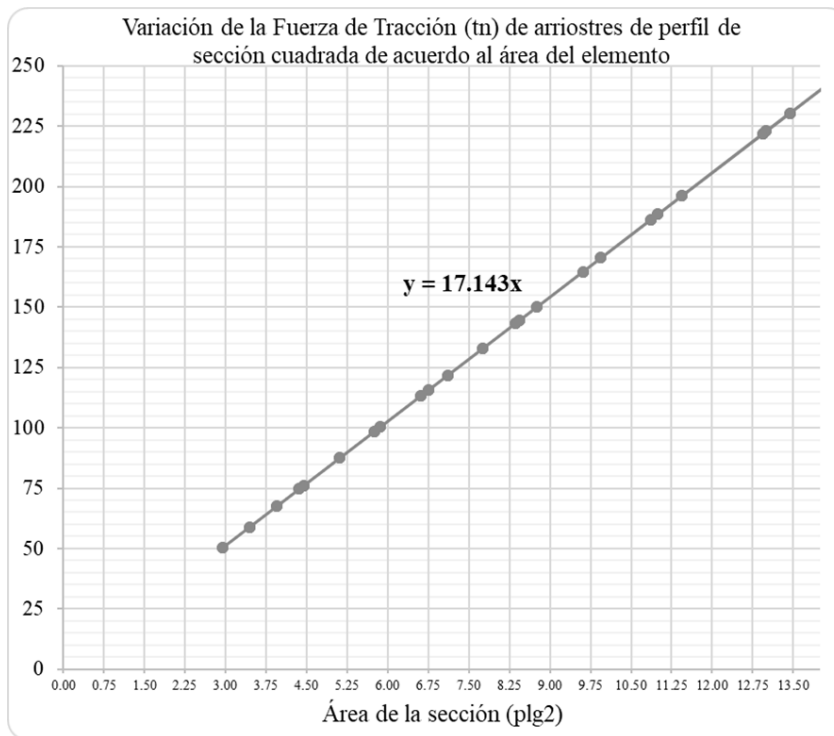
Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según diámetro.



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 67

Fuerza de tracción de perfil tubular cuadrado según área.



Nota: Elaboración propia.

5.4. Análisis Comparativo de resultados del diseño paramétrico de las secciones de arriostramiento

Para poder analizar el comportamiento de las distintas secciones propuestas en la presente investigación, se desarrollará el estudio de dos casos considerando los siguientes parámetros:

Parámetros fijos:

- Esfuerzo de Fluencia 42 (klb/plg²)
- Módulo de elasticidad 29 000 (klb/plg²)
- Longitud de la riostra 78.74 (plg) y 157.48 (plg)
- Espesor del perfil de la riostra 0.12 (plg)

Parámetros variables:

- En caso de la sección tubular circular:
 - Diámetro (plg)
- En caso de la sección tubular rectangular:

- Largo y Ancho (plg)

Para un análisis entre ambas secciones, se tomará en cuenta que los perfiles tubulares rectangulares serán cuadrados, de manera que, tanto las secciones tubulares circulares como las rectangulares cuenten con momentos de inercia iguales en ambos ejes ortogonales de trabajo, por lo tanto, el mismo valor de radio de giro, esbeltez, y compresión en ambas direcciones.

5.4.1. Caso I: Secciones tubulares con la misma inercia, pero distinta área.

5.4.1.1. Considerando una longitud de riostra de 78.74plg \approx 2m

La resistencia a la Tracción y Compresión es mayor en una sección tubular cuadrada, a pesar de contar con el mismo valor de Inercia que la sección tubular circular. Esto es debido a que el área de la sección tubular cuadrada es mayor, y a mayor área, la resistencia a la tracción y compresión incrementa.

Tabla 72

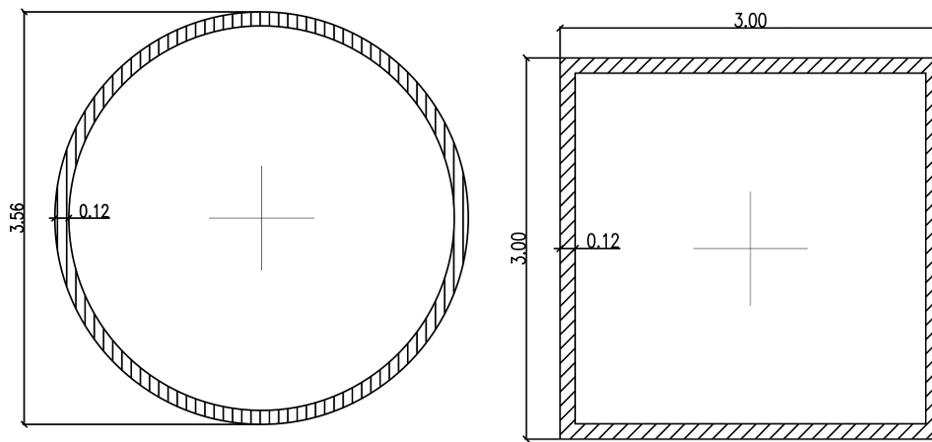
Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 2 metros.

TUBULAR CIRCULAR											
Long riostra (m)	Diámetro (plg)	Espesor (plg)	Espesor (mm)	D/t	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
2.00	3.56	0.12	2.95	30.66	1.25	1.86	1.22	64.69	32.48	21.50	16.63
TUBULAR CUADRADO											
Long riostra (m)	Largo (plg)	Ancho (plg)	Espesor (plg)	Espesor (mm)	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
2.00	3.00	3.00	0.12	2.95	1.34	1.86	1.18	66.82	31.93	22.94	17.44

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 68

Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 2 metros.



Nota: Elaboración propia.

La sección cuadrada es más resistente a la Compresión en un 4.89% y más resistente a la tracción en un 6.71%.

5.4.1.2. Considerando una longitud de riostra de $157.48\text{plg} \approx 4\text{m}$

La resistencia a la Compresión es la misma en ambas secciones, mientras que la resistencia a la Tracción continúa siendo mayor en una sección tubular cuadrada, a pesar de contar con el mismo valor de Inercia que la sección tubular circular.

Al incrementar la longitud, el valor de la esbeltez resulta mayor en una sección tubular cuadrada pero el esfuerzo de pandeo por flexión resulta mayor en la sección tubular circular, la multiplicación entre ambos valores para cada sección resulta siendo la misma, razón por la cual obtenemos el mismo valor de compresión.

Por otro lado, la resistencia a la tracción se mantiene mayor ya que el área de la sección tubular cuadrada es mayor, y a mayor área, la resistencia a la tracción incrementa.

Tabla 73

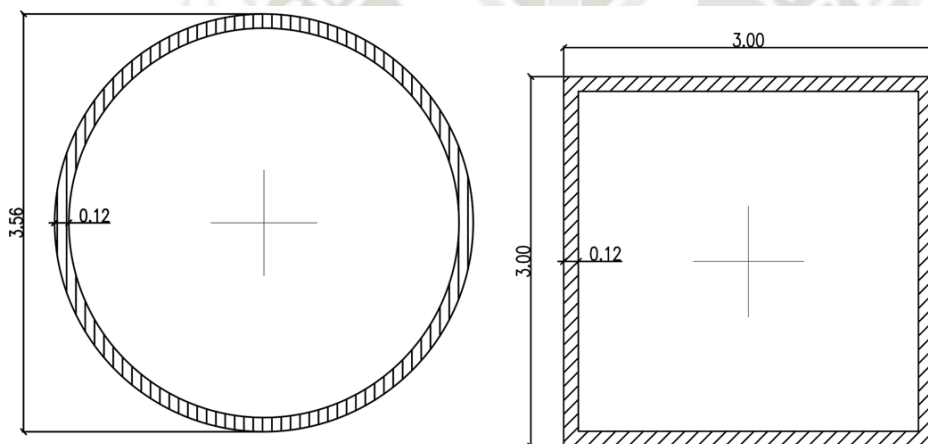
Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 4 metros.

TUBULAR CIRCULAR											
Long riostra (m)	Diámetro (plg)	Espesor (plg)	Espesor (mm)	D/t	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
4.00	3.56	0.12	2.95	30.66	1.25	1.86	1.22	129.37	15.00	21.50	7.68
TUBULAR CUADRADO											
Long riostra (m)	Largo (plg)	Ancho (plg)	Espesor (plg)	Espesor (mm)	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
4.00	3.00	3.00	0.12	2.95	1.34	1.86	1.18	133.65	14.05	22.94	7.68

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 69

Comparativo en Caso I considerando una longitud de riostra de 4 metros.



Nota: Elaboración propia.

La sección cuadrada es igual de resistente a la compresión que la sección circular, pero más resistente a la tracción en un 6.71%.

Estos resultados se mantienen para cualquier longitud de riostra de acuerdo al cuadro mostrado a continuación:

Tabla 74

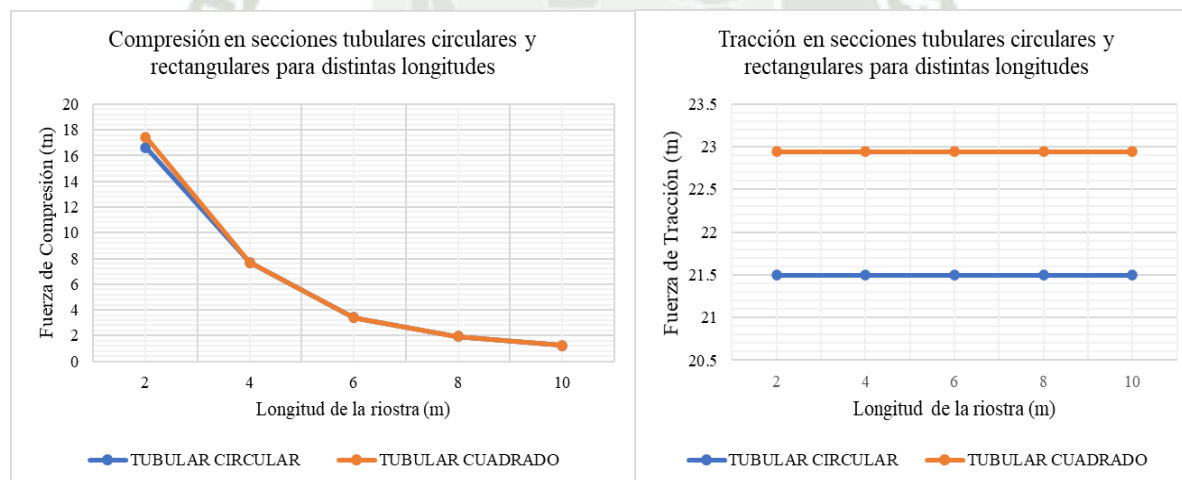
Tracción y compresión para riostras cuadradas y circulares en longitudes de 2,4,6,8 y 10 metros.

Secciones	Long riostra (m)	Tracción (tn)	□ > ○	Compresión (tn)	□ > ○
TUBULAR CIRCULAR ○	2.00	21.50	6.71%	16.63	4.89%
TUBULAR CUADRADO □	2.00	22.94			
TUBULAR CIRCULAR ○	4.00	21.50	6.71%	7.68	0.00%
TUBULAR CUADRADO □	4.00	22.94			
TUBULAR CIRCULAR ○	6.00	21.50	6.71%	3.41	0.00%
TUBULAR CUADRADO □	6.00	22.94			
TUBULAR CIRCULAR ○	8.00	21.50	6.71%	1.92	0.00%
TUBULAR CUADRADO □	8.00	22.94			
TUBULAR CIRCULAR ○	10.00	21.50	6.71%	1.23	0.00%
TUBULAR CUADRADO □	10.00	22.94			

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 70

Resistencia a tracción y compresión en secciones tubulares con la misma inercia, pero distinta área.



Nota: Elaboración propia.

Enseguida nos damos cuenta de que la sección tubular cuadrada siempre tendrá mayor resistencia a la tracción y será poco más resistente a la compresión.

Al elegir como parámetros el área y la inercia del elemento, podemos estimar además de como varía la resistencia a los esfuerzos, un parámetro que permite identificar cual sección sería la más económica al hallar los kg/ml. En consecuencia, es preciso mencionar que, al contar con mayor área, la sección tubular cuadrada será más pesada y por consiguiente más

costosa.

Según distintas cotizaciones realizadas con proveedores de suministro e instalación de estructuras metálicas, el precio promedio a todo costo por kg es de S/. 13.99.

Obtenemos los kilogramos por metro lineal de acero multiplicando el área en m² por el peso específico del material, lo multiplicamos por el costo y obtenemos una diferencia de S/.5.93 por metro lineal entre ambas secciones. Por lo tanto, mientras más grande sea nuestro pórtico, la opción de colocar una riostra de sección tubular cuadrada será un tanto más resistente a la tracción, pero a la vez más costosa.

Tabla 75

Comparativo de kilogramos por metro lineal entre sección tubular circular y cuadrada.

TUBULAR CIRCULAR					
Área (plg ²)	Área (cm ²)	Vol (m ³)	Peso específico (kgf/m ³)	kg/ml	Costo/ ml
1.25	8.09	0.0049	7800.00	6.31	S/ 88.26
TUBULAR CUADRADA					
Área (plg ²)	Área (cm ²)	Vol (m ³)	Peso específico (kgf/m ³)	kg/ml	Costo/ ml
1.34	8.63	0.0052	7800.00	6.73	S/ 94.19

Nota: Elaboración propia.

Mientras mayor sea la luz y por consiguiente la longitud de la riostra, la diferencia de costo por metro lineal incrementará.

Tabla 76

Comparativo de costo por metro lineal entre sección tubular circular y cuadrada.

TUBULAR CIRCULAR							
Área (plg ²)	Área (cm ²)	Vol (m ³)	Peso específico (kgf/m ³)	kg/ml	Costo/ ml	L=2m	L=4m
1.25	8.09	0.0049	7800.00	6.31	S/ 88.26	S/ 176.52	S/ 353.04
TUBULAR CUADRADA							
Área (plg ²)	Área (cm ²)	Vol (m ³)	Peso específico (kgf/m ³)	kg/ml	Costo/ ml	L=2m	L=4m
1.34	8.63	0.0052	7800.00	6.73	S/ 94.19	S/ 188.37	S/ 376.74

Nota: Elaboración propia.

5.4.2. Caso II: Secciones tubulares con la misma área, pero distinta inercia.

En este caso al contar con la misma área, el valor de resistencia a la tracción será el mismo en ambas secciones tubulares, y ambas contarían con el mismo peso. No obstante, la

sección tubular circular es más resistente a la compresión que la sección tubular rectangular en un 21.16%.

Tabla 77

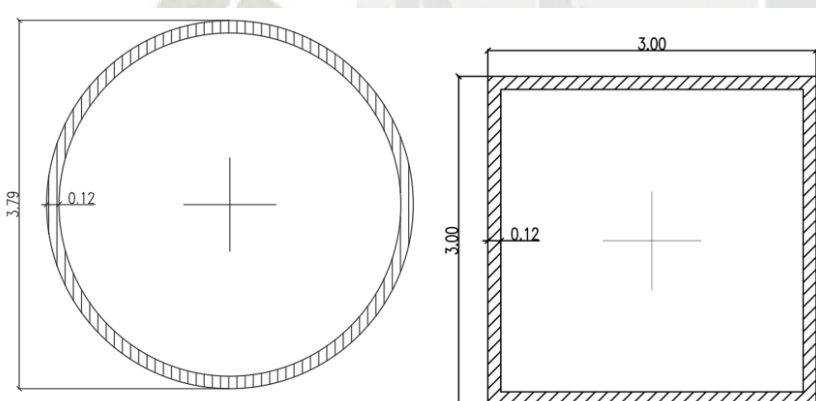
Comparativo en Caso II considerando una longitud de riostra de 4 metros.

TUBULAR CIRCULAR											
Long riostra (m)	Diámetro (plg)	Espesor (plg)	Espesor (mm)	D/t	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
4.00	3.79	0.12	2.95	32.66	1.34	2.26	1.30	121.24	17.03	22.94	9.30
TUBULAR CUADRADO											
Long riostra (m)	Largo (plg)	Ancho (plg)	Espesor (plg)	Espesor (mm)	Área (plg ²)	Inercia (plg ⁴)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg ²)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
4.00	3.00	3.00	0.12	2.95	1.34	1.86	1.18	133.65	14.05	22.94	7.68

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 71

Comparativo en Caso II considerando una longitud de riostra de 4 metros.



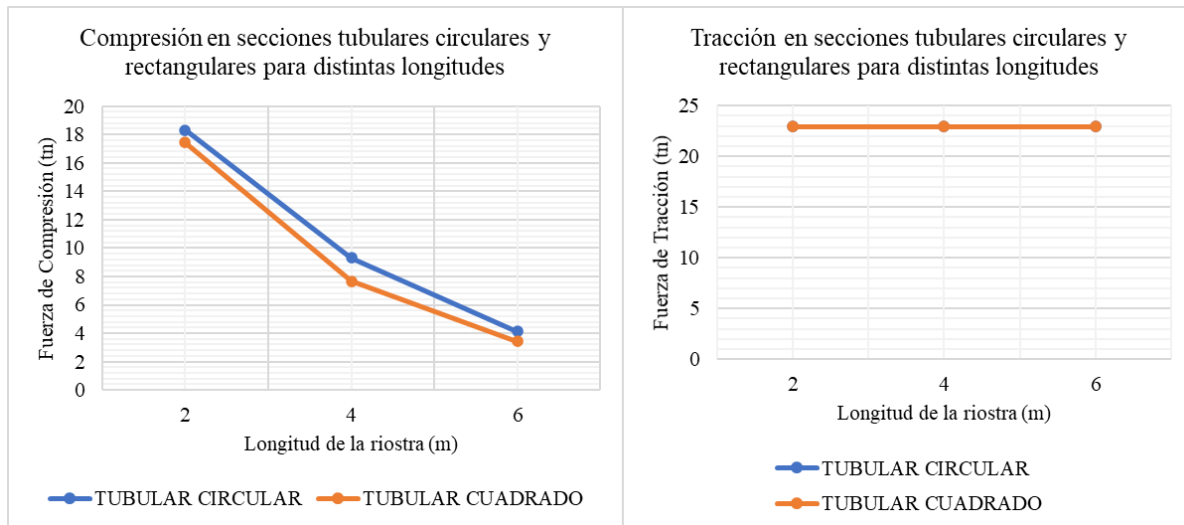
Nota: Elaboración propia.

En resumen, si elegimos dos secciones tubulares del mismo espesor con distinta sección, pero con la misma inercia, la sección tubular cuadrada poseerá mayor área, por tanto, mayor resistencia a la tracción que una sección tubular circular; no obstante, será más pesada y por ello más costosa al contar con un mayor valor de kg/ml.

Ahora bien, si elegimos dos secciones tubulares con distinta sección, pero con la misma área, tanto la sección tubular circular como rectangular contarán con la misma resistencia a la tracción y, por lo tanto, el mismo valor de kg/ml; sin embargo, la sección circular excederá en un 20% a la resistencia a la compresión de la sección cuadrada.

Ilustración 72

Resistencia a tracción y compresión en secciones tubulares con la misma área, pero distinta inercia.



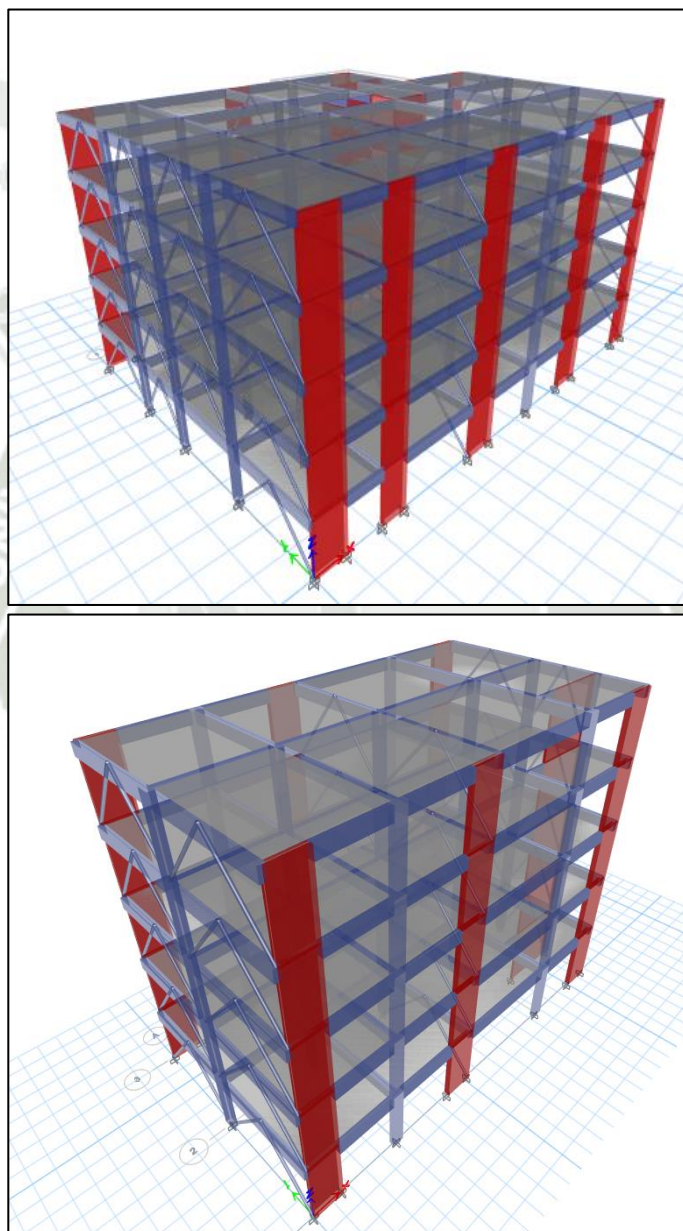
Nota: Elaboración propia.

En merito a lo mencionado, según este análisis, la sección tubular circular sería la sección óptima y la que será aplicada al edificio aporticado de concreto armado.

6. CAPITULO VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO ÓPTIMO A UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO

Ilustración 73

Modelo estructural de la estructura de concreto armado



Nota: Elaboración propia.

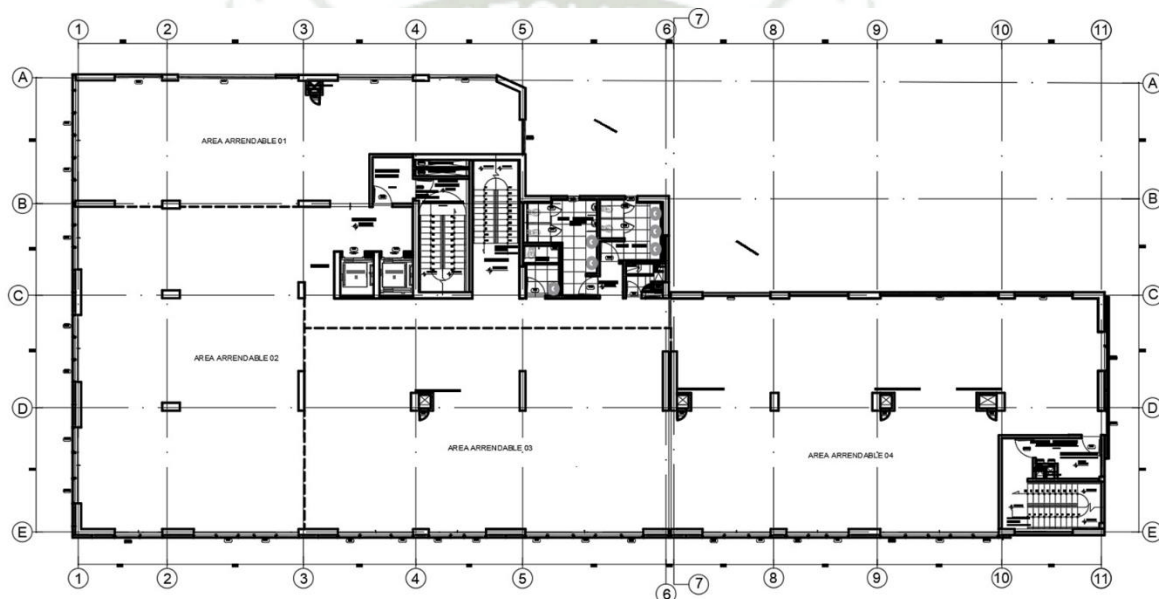
6.1. Descripción general del Proyecto

Para la aplicación del sistema de arriostramiento elegido de acuerdo con el estudio realizado en los capítulos anteriores, se reestructuró el proyecto “Edificio Parra”, el cual consta de dos bloques de cinco pisos cada uno destinados a oficinas.

El terreno sobre el cual se encuentra el proyecto es considerado un suelo intermedio (perfil S2) según el Estudio de Mecánica de Suelos. Asimismo, la ubicación de la edificación es la Avenida Parra 324.

Ilustración 74

Planta Típica de Arquitectura



Nota: Elaboración propia.

6.2. Aspectos Generales

6.2.1. Procedimiento general del análisis estructural

El procedimiento empleado para el análisis estructural de los dos bloques implica cuatro pasos principales:

- I. Modelaje de acuerdo a estructuración: Definición de ejes estructurales, distribución de elementos verticales (columnas y placas), distribución de vigas y losas, definición del estado de cargas (CM, CV, CS).
- II. Análisis estructural por computadora: Emplear programas para el análisis estructural: Software ETABS.
- III. Interpretación de resultados y optimización: Aplicar conceptos de análisis y proceso

de optimización del predimensionamiento de acuerdo a resultados obtenidos del estudio paramétrico realizado.

IV. Diseño estructural de los elementos de arriostramiento.

6.2.2. Definición de materiales

CONCRETO

El concreto considerado tiene como características:

- Resistencia a la compresión:

$$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

- Módulo de elasticidad:

$$E = 15000 * \sqrt{f'c} \quad (14)$$

$$E = 15000\sqrt{210}$$

$$E = 217370.65 \text{ kgf/cm}^2$$

- Módulo de Poisson (μ):

$$\mu = 0.2$$

- Módulo de Corte (G):

$$G = \frac{E}{2 * (1 + \mu)} \quad (15)$$

$$G = 94509.13 \text{ kgf/cm}^2$$

- Peso específico:

$$\gamma = 2400 \text{ kgf/m}^3$$

ACERO ESTRUCTURAL

El acero considerado utilizado es el designado por la ASTM: A500 de Grado B, de tipo al carbono.

- Esfuerzo a la fluencia:

$$fy = 42 \text{ klb/plg}^2$$

- Módulo de elasticidad:

$$E = 29000 \text{ klb/plg}^2$$

- Peso específico:

$$\gamma = 7850 \text{ kgf/m}^3$$

6.3. Predimensionamiento y Estructuración de los elementos estructurales

Losas macizas:

Según Antonio Blanco Blasco, las losas macizas pueden ser dimensionadas considerando:

h = 12 o 13 cm	para luces menores o iguales a 4m
h = 15cm	para luces menores o iguales a 5.5m
h = 20cm	para luces menores o iguales a 6.5m
h = 25cm	para luces menores o iguales a 7.5m

Este dimensionamiento puede disminuir el peralte si se considera losas armadas en dos direcciones, pudiéndose considerar como peralte igual al perímetro del paño dividido entre 180 (Blanco Blasco, 1994).

Para el proyecto estudiado se utilizarán losas de 15cm debido a que se consideran losas armadas bidireccionales macizas y el paño más grande cuenta con un perímetro de 21.88m.

$$\frac{\text{Perímetro crítico}}{180} = \frac{21.88 \text{ m}}{180} = 0.12 \text{ m} < 0.15 \text{ m} \rightarrow \text{ok} \quad (16)$$

Vigas:

Las vigas se dimensionan considerando un peralte de 1/12 de la luz libre y de ancho entre 0.3 a 0.5 del peralte.

La Norma E-060 indica que las vigas deben tener un ancho mínimo de 25cm para las vigas que formen pórticos resistentes, pudiendo variar el ancho de vigas secundarias a 15 o 20cm (Blanco Blasco, 1994).

Para el proyecto estudiado se utilizarán vigas de 30cm para vigas principales y 60 cm de peralte, debido a que la luz máxima es de 6.96m.

$$\frac{\text{Luz crítica}}{12} = \frac{6.96 \text{ m}}{12} = 0.58 \text{ m} \approx 0.60\text{m} \quad (17)$$

Columnas:

Las columnas están sometidas a cargas axiales y momentos flectores y se deben dimensionar considerando ambos efectos tratando de evaluar cuál de los dos es el más influyente, pudiéndose considerar:

Para columnas con mayor carga axial y menor momento flector

$$\text{área col} = \frac{\text{carga servicio}}{0.45f'c} \quad (18)$$

Para columnas con menor carga axial y mayor momento flector

$$\text{área col} = \frac{\text{carga servicio}}{0.35f'c} \quad (19)$$

Muros de concreto armado:

Según la Norma peruana E-060 de concreto armado se especifica que el espesor de los muros no debe ser menor que 1/25 de la altura entre elementos que le proporcionen apoyo lateral o de la longitud del muro y debe ser mayor de 10cm (RNE E.060, 2020).

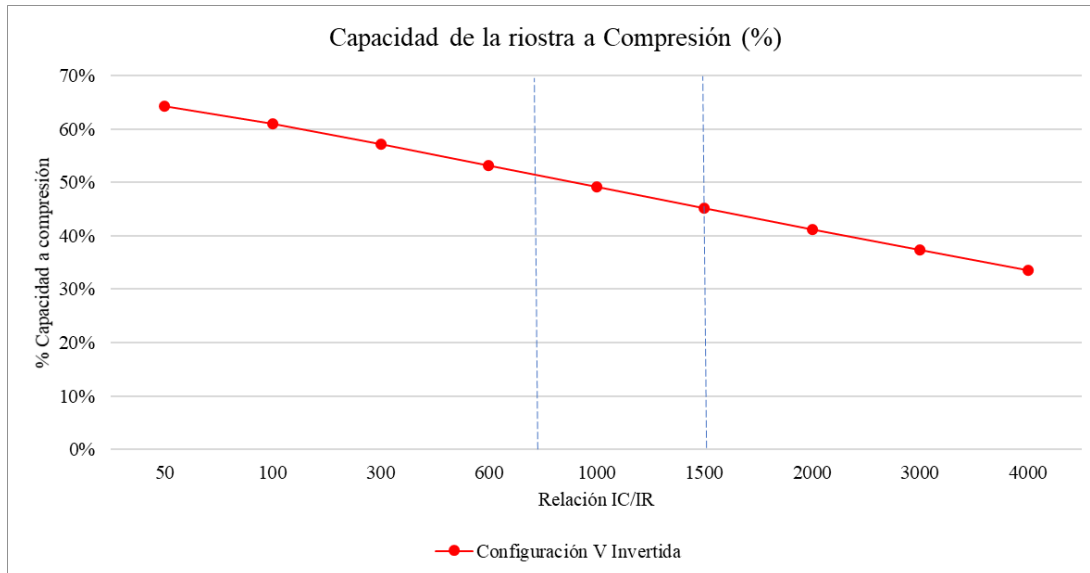
Riostras de acero:

De acuerdo al diseño paramétrico realizado en el capítulo 3, las dimensiones de la riostra serán escogidas tomando en consideración los siguientes puntos:

- La inercia de las columnas del pórtico en el que se colocarán las riostras.
- Según el diseño paramétrico y los gráficos obtenidos para distintos pórticos, con las relaciones IC/IR en el rango de 700-1500. Con este criterio, buscamos tener un equilibrio entre las fuerzas sísmicas que presentarán las riostras de acero y los elementos de concreto, estar lejos de una falla por pandeo y conseguir secciones adecuadas.

Ilustración 75

Porcentaje de capacidad de esfuerzo a compresión a la que se encuentran sometidas las riostras para configuración V Invertida



Nota: Elaboración propia.

Estructuración:

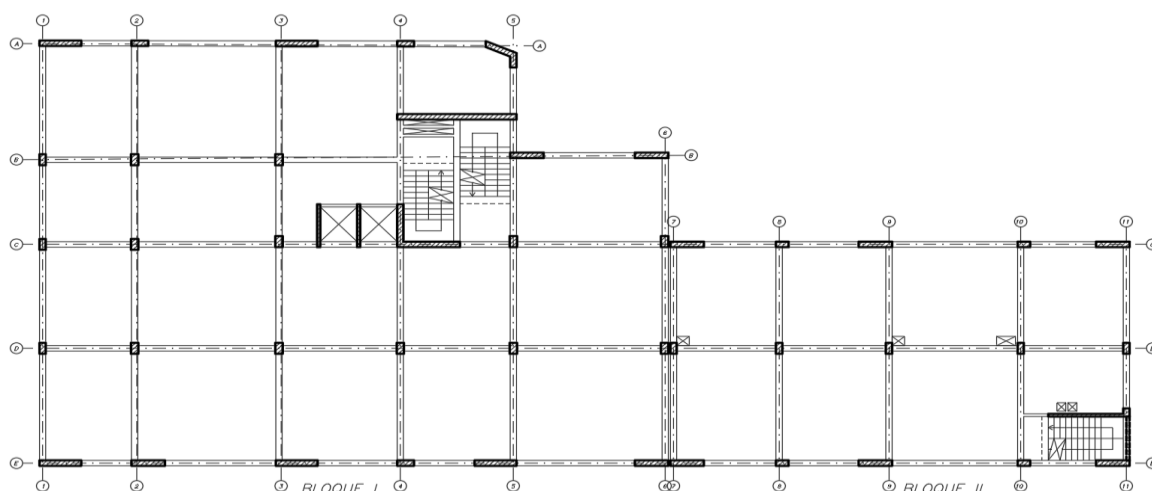
La edificación ha sido estructurada para soportar cargas de gravedad y cargas sísmicas en ambas direcciones; para ello se ha empleado un sistema de muros de concreto armado (placas) en el sentido X y un sistema aporticado arriostrado en la dirección Y.

Asimismo, las estructuras brindarán:

- Simplicidad.
- Simetría.
- Uniformidad.
- Resistencia y rigidez bidireccional.
- Resistencia y rigidez torsional.
- Comportamiento de diafragma en cada nivel.
- Una cimentación adecuada.

Ilustración 76

Estructuración de la edificación



Nota: Elaboración propia.

Una vez completada la estructuración de ambos bloques, se procedió a verificar las derivas en el edificio sin arriostrar.

Tabla 78

Derivas en X-X en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque I.

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.00391
Piso 4	0.00416
Piso 3	0.00403
Piso 2	0.00330
Piso 1	0.00152

Nota: Elaboración propia.

Tabla 79

Derivas en Y-Y en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque I.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.00696
Piso 4	0.00847
Piso 3	0.00939
Piso 2	0.00865
Piso 1	0.00435

Nota: Elaboración propia.

Tabla 80

Derivas en X-X en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.00293
Piso 4	0.00341
Piso 3	0.00362
Piso 2	0.00321
Piso 1	0.00153

Nota: Elaboración propia.

Tabla 81

Derivas en Y-Y en la estructuración inicial sin arriostrar del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.00488
Piso 4	0.00772
Piso 3	0.01011
Piso 2	0.01116
Piso 1	0.00761

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar, solo en la dirección X se cumple con las derivas mínimas permitidas, debido a que el sistema estructural está basado en muros de concreto armado, los cuales brindan a la edificación la resistencia lateral necesaria para cumplir con los requerimientos de la norma E.030. Sin embargo, en la dirección Y los pórticos no brindan la resistencia lateral suficiente para cumplir con los requerimientos de la norma E.030 obteniendo derivas que exceden a lo permitido (0.007 máxima deriva permitida para estructuras de concreto armado).

6.4. Análisis Estructural de la edificación aporticada y optimización del sistema de arriostramiento

Al evidenciar el incumplimiento de la norma E-030 para ambos bloques del edificio en el sentido Y (sistema aporticado) se le incorpora el sistema de arriostramiento y se procede con el análisis sísmico.

ZONA SÍSMICA

El edificio Parra se encuentra ubicado en la avenida Parra N° 324 en el distrito de Arequipa, provincia y departamento Arequipa. Por lo tanto, se encuentra ubicado en la zona 03 del mapa sísmico y le corresponde el factor de zona:

$$Z = 0.35$$

Valor que es interpretado como la aceleración máxima horizontal del suelo rígido con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años. (RNE E.030, 2018).

PARÁMETROS DE SITIO

Para el presente proyecto, se tiene un parámetro de sitio de:

$$S_2 = 1.15$$

- Período que define la plataforma del factor C:

$$T_p = 0.6 \text{ s}$$

- Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante:

$$T_L = 2 \text{ s}$$

CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN Y FACTOR DE USO

La edificación del presente proyecto sirve como oficinas y depósitos por lo que se considera que es una edificación común de categoría C, a la que le corresponde un factor de uso de:

$$U = 1.0$$

Con lo descrito anteriormente: La categoría “C”, la zona Z3 y sin irregularidades extremas se cumple con la tabla N°10 del Artículo 21 de la norma E-030.

Tabla 82

Categoría y regularidad de las edificaciones

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

Nota: Extraído de (RNE E.030, 2018)

SISTEMA ESTRUCTURAL

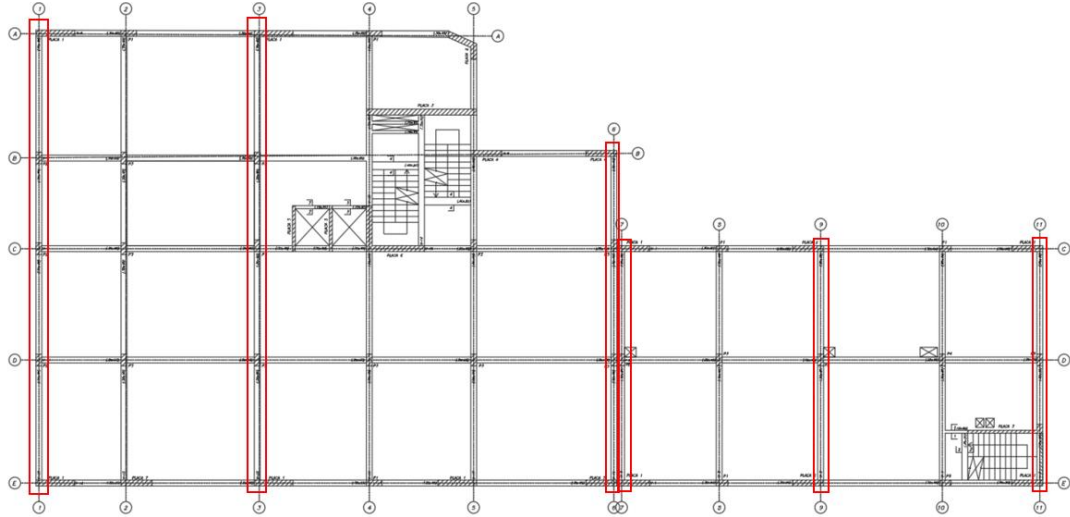
El sistema estructural utilizado para los bloques (01 y 02) es de muros estructurales de concreto armado en la dirección X y aporticado arriostrado en la dirección Y.

Las riostras se colocarán en los ejes 1,3,6,7,9,11. Irán ubicadas en todos los niveles y

todas las crujiás a excepción de la ubicada entre el eje D y E del primer nivel, ya que se dejará este espacio libre para el ingreso principal al edificio.

Ilustración 77

Pórticos arriostrados en planta de edificio



Nota: Elaboración propia.

SISTEMA ESTRUCTURAL Y COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA R

- Para el sistema de muros de concreto armado en dirección X se asignará un coeficiente R_0 igual a 6 según la norma E.030.
- Para el sistema de pórticos de concreto armado arriostrado con riostras de acero la norma E.030 no indica un coeficiente R_0 , no obstante, debido a que este sistema presenta mayor ductilidad por lo que se espera que las deformaciones inelásticas ocurran en los elementos de arriostramiento de acero, de manera conservadora se asignará un coeficiente R_0 igual a 4 en consecuencia de que este sistema presenta similar comportamiento al sistema de pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados de acero indicado en la norma E.030.

Bloque I – dirección X

$$R_0 = 6.00$$

$$I_a = 1.00$$

$$I_p = 0.90$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = 6.00 \times 1.00 \times 0.90$$

$$R = 5.40$$

Bloque I – dirección Y

$$R_0 = 4.00$$

$$I_a = 1.00$$

$$I_p = 0.90$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = 4.00 \times 1.00 \times 0.90$$

$$R = 3.60$$

Bloque II – dirección X

$$R_0 = 6.00$$

$$I_a = 1.00$$

$$I_p = 1.00$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = 6.00$$

Bloque II – dirección Y

$$R_0 = 4.00$$

$$I_a = 1.00$$

$$I_p = 1.00$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = 4.00$$

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA C

Al ser el período de la estructura menor que el período del suelo $T_p = 0.6$ s, el factor

de amplificación sísmica es:

$$C = 2.50$$

MASA SÍSMICA DE LA EDIFICACIÓN

Tabla 83

Peso sísmico de la edificación - Bloque I

Nivel	Carga Muerta (tn)	Carga Viva (tn)	Peso Sísmico (tn)
PISO 5	508.3359	190.5615	555.98
PISO 4	508.336	190.5615	555.98
PISO 3	508.3359	190.5615	555.98
PISO 2	508.336	190.5615	555.98
PISO 1	508.3359	190.5615	555.98
TOTAL	2541.68	952.81	2779.88

Nota: Elaboración propia.

Tabla 84

Peso sísmico de la edificación - Bloque II

Nivel	Carga Muerta (tn)	Carga Viva (tn)	Peso Sísmico (tn)
PISO 5	211.23	77.2583	230.54
PISO 4	211.23	77.2582	230.54
PISO 3	211.23	77.2583	230.54
PISO 2	211.23	77.2582	230.54
PISO 1	211.23	77.2583	230.54
TOTAL	1056.15	386.29	1152.72

Nota: Elaboración propia.

COEFICIENTE SÍSMICO

$$C = \frac{ZUSC}{R} \quad (20)$$

Bloque I

$$C_{sx} = \frac{ZUSC}{R} = \frac{(0.35)(1.00)(1.15)(2.5)}{5.40} = 0.19$$

$$C_{sy} = \frac{ZUSC}{R} = \frac{(0.35)(1.00)(1.15)(2.5)}{3.60} = 0.28$$

Bloque II

$$C_{sx} = \frac{ZUSC}{R} = \frac{(0.35)(1.00)(1.15)(2.5)}{6} = 0.17$$

$$C_{sy} = \frac{ZUSC}{R} = \frac{(0.35)(1.00)(1.15)(2.5)}{4} = 0.25$$

CORTANTE ESTÁTICA DE LA EDIFICACIÓN

$$V = C * P \quad (21)$$

Bloque I

$$V_x = C_{sx} * P$$

$$V_x = 518 \text{ tn}$$

$$V_y = C_{sy} * P$$

$$V_y = 777 \text{ tn}$$

Bloque II

$$V_x = C_{sx} * P$$

$$V_x = 193 \text{ tn}$$

$$V_y = C_{sy} * P$$

$$V_y = 290 \text{ tn}$$

6.4.1. Análisis dinámico de la estructura arriostrada y optimización del sistema de arriostramiento

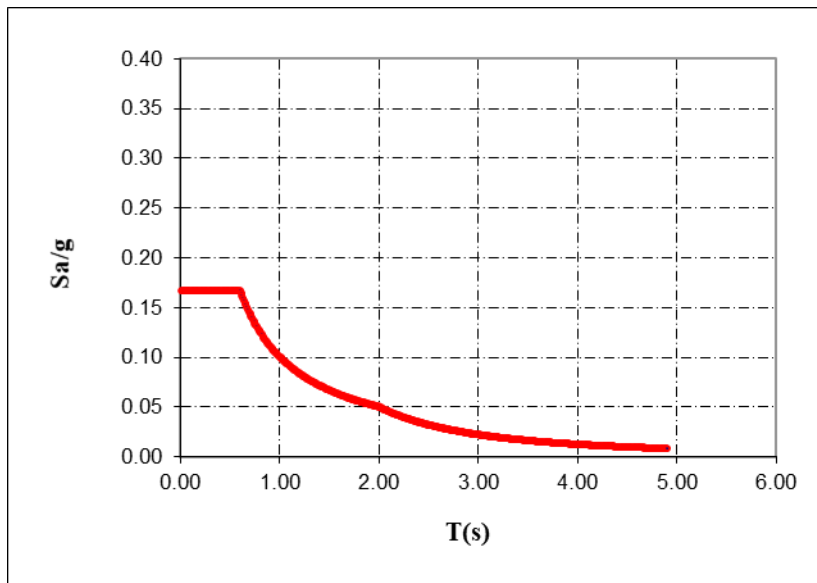
El análisis dinámico que se empleará será un análisis dinámico modal espectral, en el cual se calcula un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido según la norma E.030 por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g \quad (22)$$

Obteniendo los siguientes espectros para cada dirección de diseño.

Ilustración 78

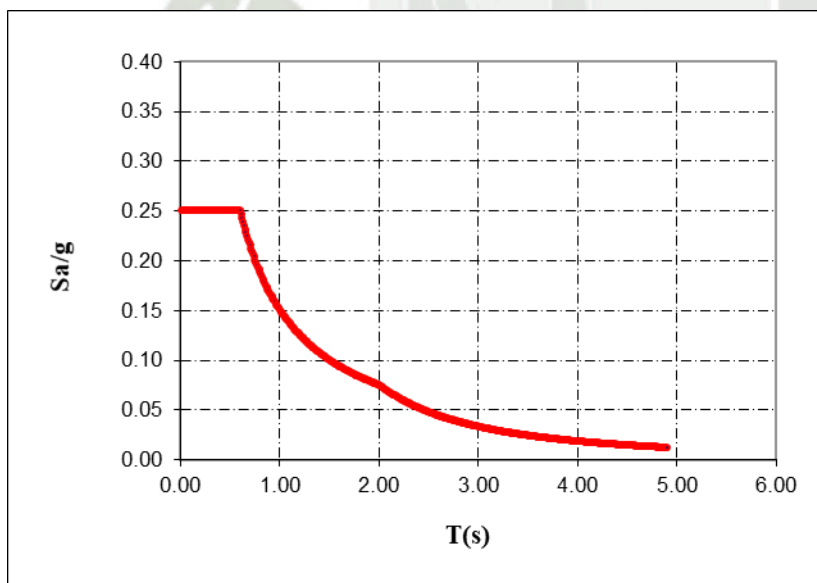
Espectro en X-X



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 79

Espectro en Y-Y



Nota: Elaboración propia.

6.4.1.1. Análisis estructural del Bloque I y optimización del sistema de arriostramiento

a) Predimensionamiento de riostras

Según la estructuración, las columnas son de 35x60cm; por lo tanto, se decide colocar una riostra de diámetro de 6". Considerando el criterio previamente establecido de que el parámetro IC/IR se encuentre entre los valores de 700 y 1500, se obtiene la inercia de la riostra y despejando la ecuación, el espesor requerido.

Tabla 85

Predimensionamiento de riostras para pórticos arriostrados en Bloque I

Columna	
b (cm)	35
h (cm)	60
I (cm ⁴)	630,000
Riostra	
D (cm)	15.24
e (cm)	0.44
I (cm ⁴)	562.91
IC/IR	1119.17

Nota: Elaboración propia.

La relación IC/IR se encuentra dentro del rango, por lo tanto, procedemos con la verificación de la capacidad de acuerdo al diseño por compresión (uso de ábacos) y a los resultados del análisis modal obtenido de Etabs.

b) Verificación de irregularidades

Irregularidades en altura

- **Irregularidad de rigidez – Piso blando**

La rigidez lateral es constante en todos los pisos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad de rigidez.

- **Irregularidad de resistencia – Piso débil**

La resistencia a fuerzas cortantes es constante en todos los pisos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad de resistencia.

- **Irregularidad de Masa o Peso**

El peso por piso es constante en todos los niveles, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad de masa.

- **Irregularidad geométrica vertical**

La dimensión en planta de la estructura resistente a fuerzas laterales es constante en todos los pisos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad geométrica vertical.

- **Discontinuidad en los sistemas resistentes**

Todos los elementos resistentes a fuerzas cortantes son constantes en todos los niveles, en consecuencia, la estructura no presenta discontinuidad en los sistemas resistentes.

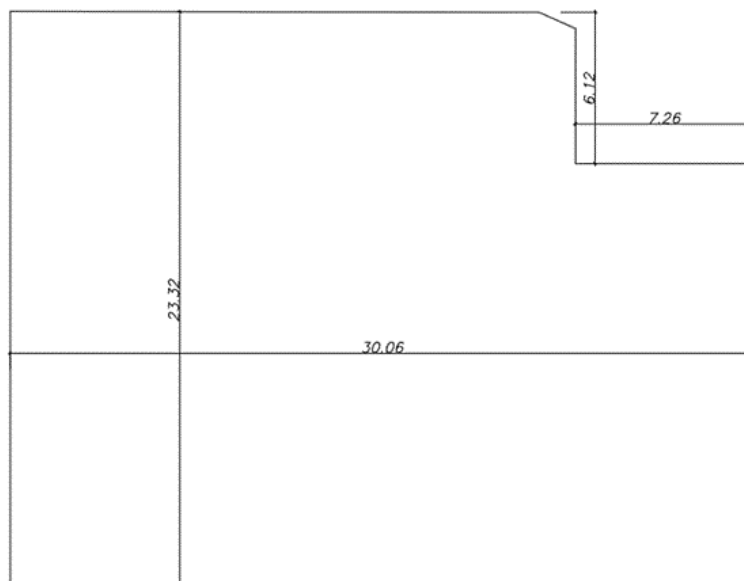
Irregularidades en planta

- **Irregularidad por Esquinas entrantes**

A continuación, se muestra la verificación realizada para irregularidad de esquinas entrantes

Ilustración 80

Irregularidad por esquinas entrantes



Nota: Elaboración propia.

Verificación en la dirección X:

$$\frac{\text{Esquina entrante}}{\text{Longitud total}} = \frac{7.26 \text{ m}}{30.06 \text{ m}} = 0.24 = 24\%$$

Verificación en la dirección Y:

$$\frac{\text{Esquina entrante}}{\text{Longitud total}} = \frac{6.12 \text{ m}}{23.32 \text{ m}} = 0.26 = 26\%$$

En ambas direcciones las dimensiones de las esquinas entrantes superan el 20% de la dimensión total, en consecuencia, la estructura presenta irregularidad por esquinas entrantes.

- **Discontinuidad de diafragma**

Los diafragmas son constantes en todos los niveles, en consecuencia, la estructura no presenta discontinuidad de diafragma.

- **Sistemas no paralelos**

Los elementos resistentes a fuerzas laterales son paralelos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad por sistemas no paralelos.

- **Irregularidad por Torsión**

A continuación, se muestra las verificaciones realizadas para irregularidad torsional, concluyéndose que no se presenta torsión en ningún sentido en el bloque I.

Tabla 86

Verificación de Torsión en dirección X para la estructuración inicial del Bloque I.

Verificación torsión dirección X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00246	0.00255	1.04	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00281	0.00314	1.12	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00292	0.00348	1.19	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00255	0.00322	1.26	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00123	0.00160	1.28	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Tabla 87

Verificación de Torsión en dirección Y para la estructuración inicial del Bloque I.

Verificación torsión dirección Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00212	0.00271	1.28	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00302	0.00378	1.25	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00380	0.00470	1.24	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00404	0.00486	1.20	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00246	0.00281	1.14	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

c) Análisis de la estructura con sistema de arriostramiento obtenido en el predimensionamiento.

Periodo de la edificación

La edificación cuenta con 5 pisos, a cada piso se le asignara 3 modos de vibración teniendo 15 modos en total. El primer modo es de traslación en Y, el segundo es de traslación en X y el tercero de rotación.

Tabla 88

Periodo de estructuración inicial del Bloque I.

Modo	Período (s)	Masa participativa X	Masa participativa Y	Masa participativa X acumulada	Masa participativa Y acumulada
1	0.43800	0.05310	0.72010	0.05310	0.72010
2	0.38800	0.63640	0.07560	0.68940	0.79560
3	0.31800	0.04780	0.01600	0.73720	0.81160
4	0.13600	0.00230	0.10790	0.73950	0.91950
5	0.10600	0.07080	0.00470	0.81030	0.92430
6	0.08700	0.09270	0.00005	0.90300	0.92430
7	0.07200	0.00030	0.04460	0.90330	0.96900
8	0.05200	0.01530	0.00050	0.91860	0.96940
9	0.04600	0.00020	0.02200	0.91890	0.99140
10	0.04000	0.04330	0.00020	0.96210	0.99160
11	0.03400	0.00000	0.00830	0.96210	0.99990
12	0.03000	0.00580	0.00010	0.96790	0.99990
13	0.02400	0.02140	0.00002	0.98930	1.00000
14	0.02000	0.00140	0.00003	0.99070	1.00000
15	0.01700	0.00930	0.00000	1.00000	1.00000

Nota: Elaboración propia.

Fuerza cortante basal mínima

Según la norma E.030 la cortante dinámica es estructuras regulares no será menor que el 80% de la cortante estática, para estructura irregulares no será menor que el 90%. Siendo necesario la amplificación de la fuerza cortante dinámica para cumplir los mínimos según normativa.

Tabla 89

Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la estructuración inicial del Bloque I.

DIRECCIÓN	X	Y	
Z	0.35	0.35	Factor de zona
U	1.00	1.00	Factor de uso
T (periodo)	0.39	0.44	Periodo de la edificación (s)
Tp	0.60	0.60	Periodo Tp (s)
C	2.50	2.50	Factor de amplificación sísmica
S	1.15	1.15	Factor de suelo
Ia	1.00	1.00	Irregularidad en altura
Iv	0.90	0.90	Irregularidad en planta
R	6.00	4.00	Coefficiente básico de reducción sísmico
R*Ia*Iv	5.40	3.60	Factor de reducción sísmico
C	0.19	0.28	Coefficiente sísmico
PESO	2780	2780	Peso sísmico de la edificación (tn)
Vest.	518	777	Cortante estática de la edificación (tn)
80% Vest.	414	622	Cortante estática al 80% (tn)
90% Vest.	466	699	Cortante estática al 90% (tn)
Vdin.	307	539	Cortante dinámica (tn)
f	1.518	1.297	Factor de escalado

Nota: Elaboración propia.

Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

Según la norma E.030, los desplazamientos laterales serán obtenidos de la multiplicación de los resultados obtenidos por 0.75R para estructuras regulares, y para estructuras irregulares por 0.85R.

Según la norma E.030 el límite para la distorsión del entrepiso en estructuras de concreto armado es de 0.007

Tabla 90

Derivas en X-X en la estructuración inicial del Bloque I

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.003005
Piso 4	0.003136
Piso 3	0.003482
Piso 2	0.003216
Piso 1	0.001599

Nota: Elaboración propia.

Tabla 91

Derivas en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque I.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.002713
Piso 4	0.003778
Piso 3	0.004701
Piso 2	0.004862
Piso 1	0.002805

Nota: Elaboración propia.

Tabla 92

Desplazamientos en X-X en la estructuración inicial del Bloque I.

Piso	Desplazamientos en la dirección X-X (cm)
Piso 5	5.0157
Piso 4	4.1052
Piso 3	2.9831
Piso 2	1.7327
Piso 1	0.5755

Nota: Elaboración propia.

Tabla 93

Desplazamientos en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque I.

Piso	Desplazamientos en la dirección Y-Y (cm)
Piso 5	6.7495
Piso 4	5.7914
Piso 3	4.445
Piso 2	2.7588
Piso 1	1.0098

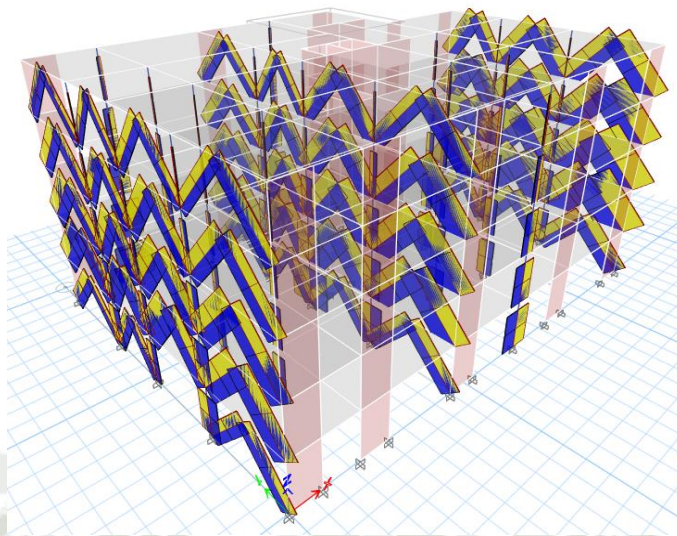
Nota: Elaboración propia.

d) Análisis de la estructura con sistema de arriostramiento obtenido en el predimensionamiento

Del análisis realizado en el programa se identificarán los mayores valores de esfuerzos por riostra en cada pórtico arriostrado, para luego haciendo uso del ábaco poder verificar el % de capacidad a compresión de las riostras.

Ilustración 81

Esfuerzos obtenidos en las riostras

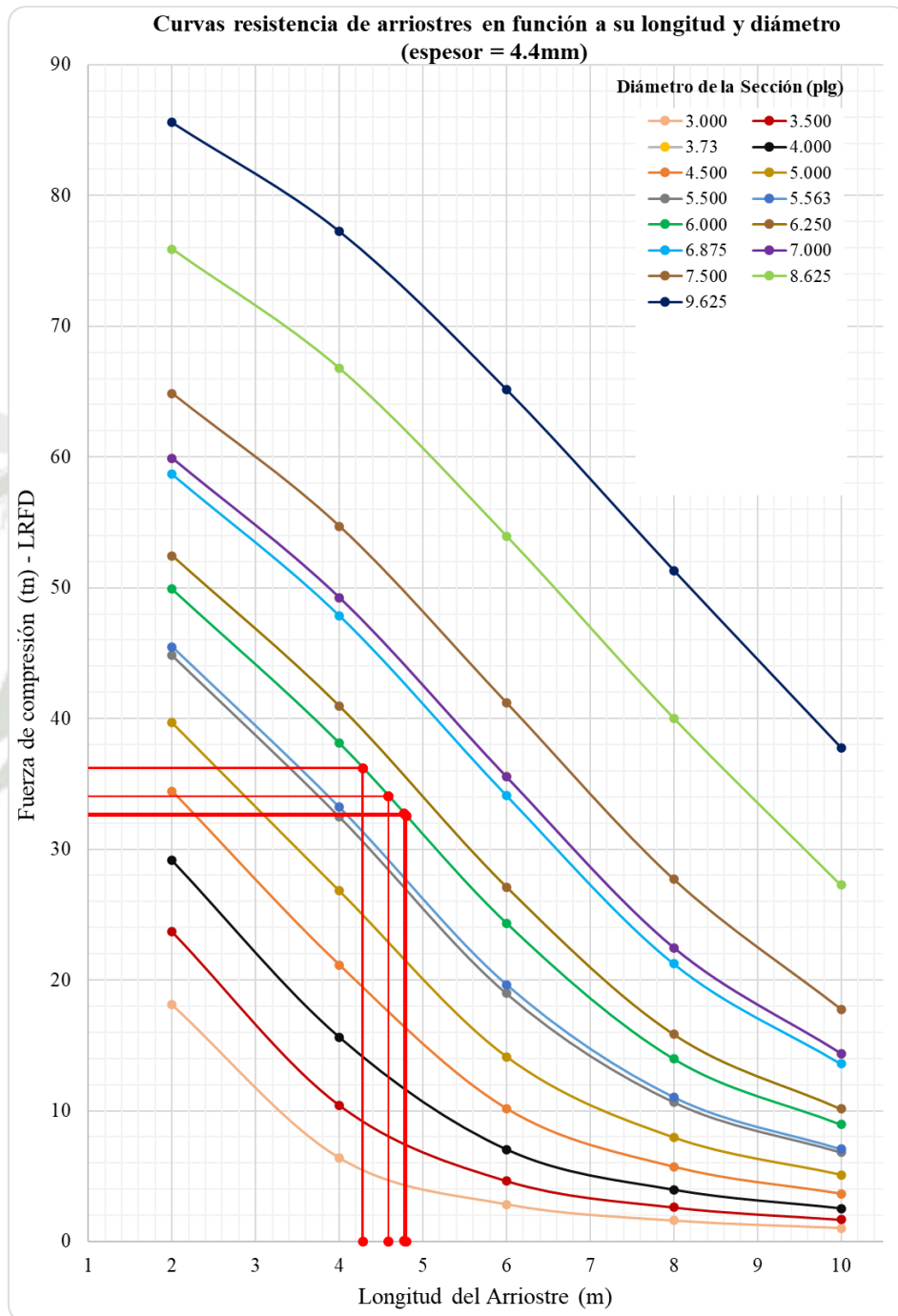


Nota: Elaboración propia.

Utilizaremos el ábaco para un espesor de riostra de 0.174 pulgadas o 4.4mm. El proceso para su uso consiste en ubicar en el eje X las distancias de las riostras para cada pórtico arriostrado, luego se proyecta verticalmente hasta chocar con la curva del diámetro del predimensionamiento (curva de 6"), y finalmente se proyecta horizontalmente para obtener el valor de resistencia a la compresión de cada una.

Ilustración 82

Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para estructuración inicial de riostras en Bloque I.



Nota: Elaboración propia.

Una vez realizado el procedimiento con la curva de 6", repetiremos el proceso para los diámetros de 7" y 5.5" para verificar la capacidad que podría presentar una riostra con mayor y menor diámetro y validar si pudiera realizarse alguna optimización.

Ejes verticales 1-1 y 3-3 (entre ejes E-A)

Tabla 94

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.00	0.174	28.38	32.7	86.82%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 95

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.00	0.174	27.64	34.0	81.22%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 96

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.00	0.174	24.25	36.2	67.01%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 97

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 1,3 y entre ejes B-A y con longitud de 4.80 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.00	0.174	29.28	32.5	89.96%

Nota: Elaboración propia.

Eje vertical 6-6 (entre ejes E-B)

Tabla 98

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 6 y entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.00	0.174	41.71	32.7	127.61%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 99

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 6 y entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.00	0.174	37.45	34.0	110.04%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 100

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 6 y entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.00	0.174	37.43	36.2	103.43%

Nota: Elaboración propia.

Con los valores iniciales obtenidos del predimensionamiento, se verifica que la riostra más esforzada de los ejes 1 y 3 está trabajando a un 89.96% de su capacidad a compresión, por lo tanto, se encuentran correctamente dimensionadas; sin embargo, se verifica que las riostras del eje 6 supera la capacidad de resistencia a compresión. En consecuencia, para la primera optimización, decidimos aumentar el diámetro y espesor de las riostras del eje 6.

e) Primera optimización del sistema de arriostramiento

Para la primera optimización consideraremos en todos los niveles de los ejes 1 y 3, riostras de diámetro de 6" y espesor de 0.174" (4.4 mm); para todos los niveles del eje 6, riostras de diámetro de 7" y espesor de 0.26" (6.6 mm). Nuevamente utilizamos el ábaco para 0.174 pulgadas y utilizaremos también el ábaco para 0.26 pulgadas, intersecando la curva respectiva y verificando con los esfuerzos obtenidos del análisis con la optimización de riostras.

De la misma manera, se realizará el mismo procedimiento de análisis dinámico modal espectral descrito anteriormente.

Periodo de la edificación y escalado de cortante:

Tabla 101

Periodo de la primera optimización del Bloque I.

Modo	Período (s)	Masa participativa X	Masa participativa Y	Masa participativa X acumulada	Masa participativa Y acumulada
1	0.41100	0.06470	0.74520	0.06470	0.74520
2	0.38700	0.64290	0.06890	0.70760	0.81410
3	0.30200	0.02940	0.00100	0.73700	0.81510
4	0.13000	0.00120	0.10940	0.73810	0.92450
5	0.10400	0.09270	0.00070	0.83080	0.92520
6	0.08600	0.07210	0.00090	0.90290	0.92610
7	0.07000	0.00020	0.04360	0.90310	0.96970
8	0.05100	0.01820	0.00001	0.92130	0.96970
9	0.04500	0.00010	0.02170	0.92130	0.99150
10	0.04000	0.04080	0.00020	0.96210	0.99170
11	0.03300	0.00000	0.00810	0.96210	0.99980
12	0.02900	0.00630	0.00010	0.96840	0.99990
13	0.02400	0.02090	0.00004	0.98930	0.99990
14	0.02000	0.00150	0.00005	0.99080	1.00000
15	0.01700	0.00920	0.00000	1.00000	1.00000

Nota: Elaboración propia.

Tabla 102

Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la primera optimización del Bloque I.

DIRECCIÓN	X	Y	
Z	0.35	0.35	Factor de zona
U	1.00	1.00	Factor de uso
T (periodo)	0.39	0.41	Periodo de la edificación (s)
Tp	0.60	0.60	Periodo Tp (s)
C	2.50	2.50	Factor de amplificación sísmica
S	1.15	1.15	Factor de suelo
Ia	1.00	1.00	Irregularidad en altura
Iv	0.90	0.90	Irregularidad en planta
R	6.00	4.00	Coefficiente básico de reducción sísmico
R*Ia*Iv	5.40	3.60	Factor de reducción sísmico
C	0.19	0.28	Coefficiente sísmico
PESO	2780	2780	Peso sísmico de la edificación (tn)
Vest.	518	777	Cortante estática de la edificación (tn)
80% Vest.	414	622	Cortante estática al 80% (tn)
90% Vest.	466	699	Cortante estática al 90% (tn)
Vdin.	327	557	Cortante dinámica (tn)
f	1.425	1.256	Factor de escalado

Nota: Elaboración propia.

Verificación de Torsión en ambas direcciones:

Tabla 103

Verificación de Torsión en dirección X para la primera optimización del Bloque I.

Verificación torsión dirección X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00252	0.00263	1.04	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00287	0.00320	1.12	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00298	0.00353	1.18	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00260	0.00325	1.25	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00125	0.00161	1.29	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Tabla 104

Verificación de Torsión en dirección Y para la primera optimización del Bloque I.

Verificación torsión dirección Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00252	0.00263	1.04	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00287	0.00320	1.12	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00298	0.00353	1.18	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00260	0.00325	1.25	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00125	0.00161	1.29	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Derivas y Desplazamientos en ambas direcciones:

Tabla 105

Derivas en X-X en la primera optimización del Bloque I.

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.00305
Piso 4	0.003203
Piso 3	0.003529
Piso 2	0.003247
Piso 1	0.001614

Nota: Elaboración propia.

Tabla 106

Derivas en Y-Y en la primera optimización del Bloque I.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.001852
Piso 4	0.002678
Piso 3	0.003446
Piso 2	0.003792
Piso 1	0.002461

Nota: Elaboración propia.

Tabla 107

Desplazamientos en X-X en la primera optimización del Bloque I.

Piso	Desplazamientos en la dirección X-X (cm)
Piso 5	5.0987
Piso 4	4.1616
Piso 3	3.0162
Piso 2	1.7495
Piso 1	0.581

Nota: Elaboración propia.

Tabla 108

Desplazamientos en Y-Y en la primera optimización del Bloque I.

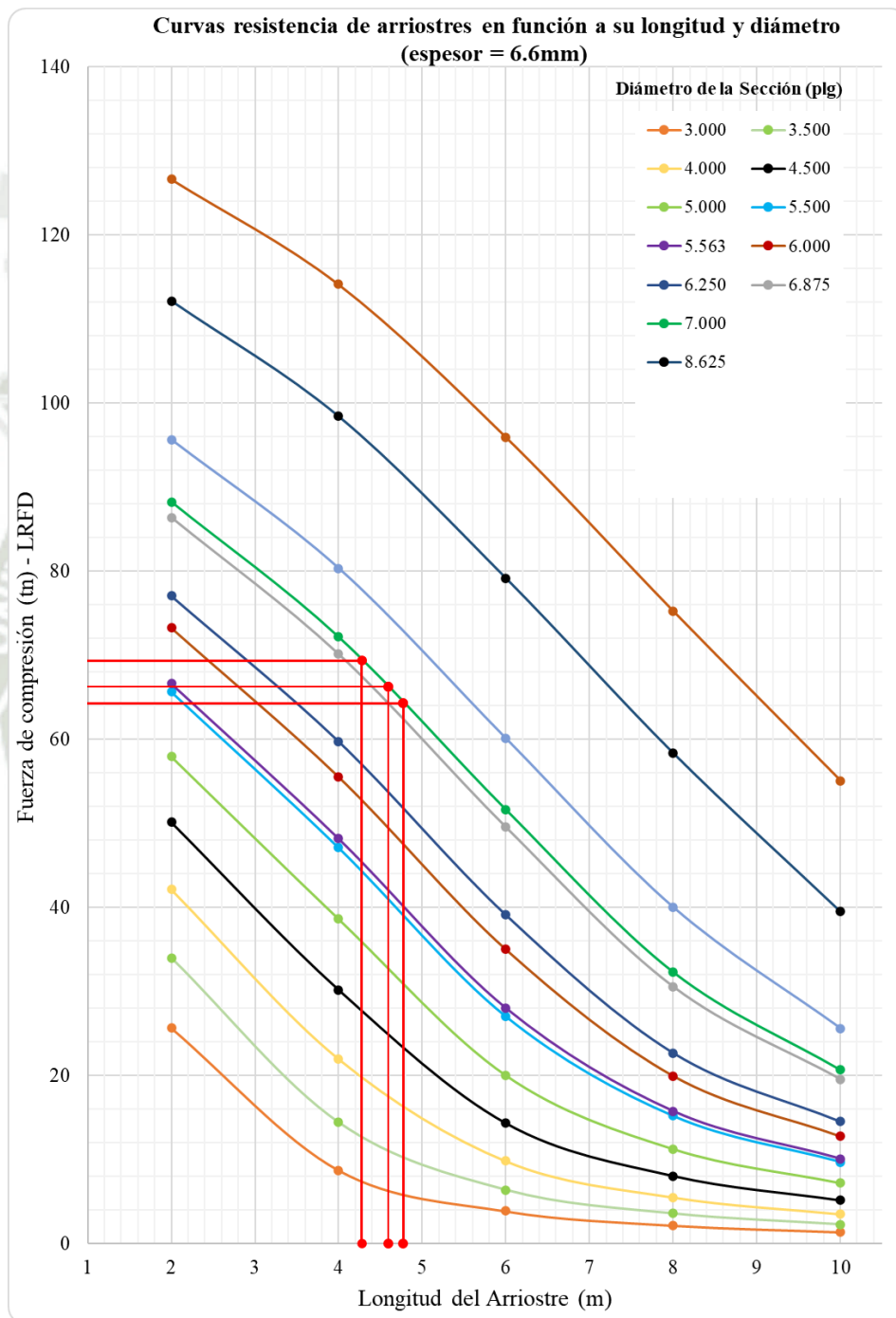
Piso	Desplazamientos en la dirección Y-Y (cm)
Piso 5	5.076
Piso 4	4.4356
Piso 3	3.4844
Piso 2	2.2498
Piso 1	0.8858

Nota: Elaboración propia.

Una vez comprobado que no existe torsión y que se cumple con los requerimientos de desplazamientos laterales, se verifica nuevamente a que porcentaje de capacidad de resistencia a compresión se encuentran las riostras de acero.

Ilustración 83

Uso de ábaco 03 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=6.6mm) para primera optimización de riostras en el Bloque I.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 109

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
eje 6	7.000	0.260	49.83	64.3	77.44%
ejes 1-3	6.000	0.174	28.12	32.7	86.03%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 110

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras ubicadas entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
eje 6	7.000	0.260	46.71	66.3	70.44%
ejes 1-3	6.000	0.174	26.63	34.0	78.25%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 111

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras ubicadas entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
eje 6	7.000	0.260	44.86	69.4	64.62%
ejes 1-3	6.000	0.174	23.4	36.2	64.66%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 112

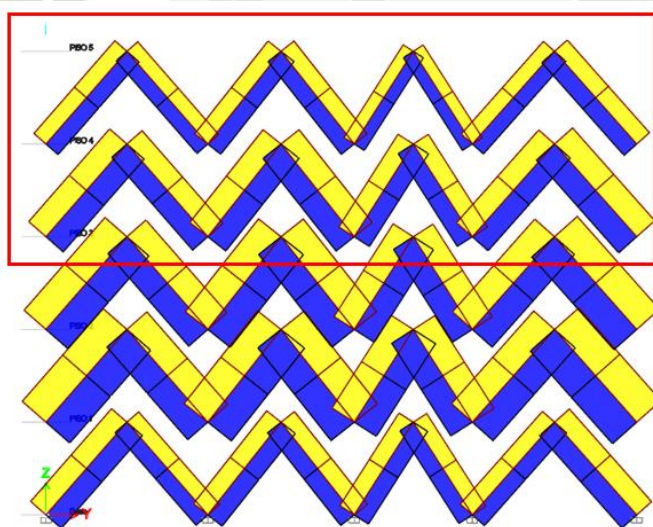
Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras ubicadas entre ejes B-A y con longitud de 4.80 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejes 1-3</i>	6.000	0.174	28.64	32.5	87.99%

Nota: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos en esta optimización verificamos que la riostra más esforzada está trabajando en un 87.99% de su capacidad, por lo tanto, se valida el uso de riostras de 6” con espesor de 0.174” para los *ejes 1,3* y riostras de 7” con espesor de 0.26” para el *eje 6* de todo el edificio.

No obstante, notamos que los esfuerzos disminuyen considerablemente en los dos últimos niveles; en consecuencia, decidimos optimizar aún más la sección de las riostras en el piso 4 y 5.



Nota: Elaboración propia.

f) Segunda optimización del sistema de arriostramiento

Para la última optimización consideraremos lo siguiente:

- Niveles del 1 al 3, ejes 1 y 3: Riostras de diámetro de 6 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).
- Niveles 4 y 5, ejes 1 y 3: Riostras de diámetro de 5.5 pulgadas y espesor

de 0.174 pulgadas (4.4mm).

- Niveles del 1 al 3, eje 6: Riostras de diámetro de 7 pulgadas y espesor de 0.26 pulgadas (6.6mm).
- Niveles 4 y 5, ejes eje 6: Riostras de diámetro de 6 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).

Nuevamente utilizamos el ábaco, pero ahora intersecando las curvas correspondientes verificando con los esfuerzos obtenidos del análisis con la optimización de riostras.

Se realizará el mismo procedimiento de análisis dinámico modal espectral descrito anteriormente.

Periodo de la edificación y escalado de cortante:

Tabla 113

Periodo de la optimización final del Bloque I.

Modo	Período (s)	Masa participativa X	Masa participativa Y	Masa participativa X acumulada	Masa participativa Y acumulada
1	0.41800	0.04940	0.74940	0.04940	0.74940
2	0.38800	0.65360	0.05590	0.70290	0.80530
3	0.30800	0.03410	0.00010	0.73700	0.80550
4	0.13500	0.00170	0.11550	0.73870	0.92100
5	0.10600	0.07340	0.00230	0.81210	0.92330
6	0.08700	0.09100	0.00020	0.90310	0.92350
7	0.07100	0.00010	0.04510	0.90330	0.96870
8	0.05100	0.01610	0.00020	0.91940	0.96890
9	0.04600	0.00040	0.02210	0.91980	0.99100
10	0.04000	0.04240	0.00030	0.96220	0.99130
11	0.03400	0.00000	0.00840	0.96220	0.99970
12	0.03000	0.00580	0.00020	0.96800	0.99990
13	0.02400	0.02140	0.00004	0.98930	0.99990
14	0.02000	0.00140	0.00010	0.99080	1.00000
15	0.01700	0.00920	0.00000	1.00000	1.00000

Nota: Elaboración propia.

Tabla 114

Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la optimización final del

Bloque I.

DIRECCIÓN	X	Y	
Z	0.35	0.35	Factor de zona
U	1.00	1.00	Factor de uso
T (periodo)	0.39	0.42	Periodo de la edificación (s)
Tp	0.60	0.60	Periodo Tp (s)
C	2.50	2.50	Factor de amplificación sísmica
S	1.15	1.15	Factor de suelo
Ia	1.00	1.00	Irregularidad en altura
Iv	0.90	0.90	Irregularidad en planta
R	6.00	4.00	Coefficiente básico de reducción sísmico
R*Ia*Iv	5.40	3.60	Factor de reducción sísmico
C	0.19	0.28	Coefficiente sísmico
PESO	2780	2780	Peso sísmico de la edificación (tn)
Vest.	518	777	Cortante estática de la edificación (tn)
80% Vest.	414	622	Cortante estática al 80% (tn)
90% Vest.	466	699	Cortante estática al 90% (tn)
Vdin.	325	550	Cortante dinámica (tn)
f	1.434	1.271	Factor de escalado

Nota: Elaboración propia.

Verificación de Torsión en ambas direcciones:

Tabla 115

Verificación de Torsión en dirección X para la optimización final del

Bloque I.

Verificación torsión dirección X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00253	0.00266	1.05	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00288	0.00324	1.12	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00298	0.00354	1.19	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00259	0.00324	1.25	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00125	0.00161	1.29	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Tabla 116

Verificación de Torsión en dirección Y para la optimización final del Bloque I.

Verificación torsión dirección Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00218	0.00248	1.14	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00299	0.00328	1.10	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00350	0.00366	1.05	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00370	0.00374	1.01	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00233	0.00238	1.02	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Derivas y Desplazamientos en ambas direcciones:

Tabla 117

Derivas en X-X en la última optimización del Bloque I.

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.003072
Piso 4	0.003241
Piso 3	0.003536
Piso 2	0.003236
Piso 1	0.001607

Nota: Elaboración propia.

Tabla 118

Derivas en Y-Y en la última optimización del Bloque I.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.002477
Piso 4	0.003279
Piso 3	0.003663
Piso 2	0.003744
Piso 1	0.002375

Nota: Elaboración propia.

Tabla 119

Desplazamientos en X-X en la última optimización del Bloque I.

Piso	Desplazamientos en la dirección X-X (cm)
Piso 5	5.1234
Piso 4	4.1736
Piso 3	3.0131
Piso 2	1.7432
Piso 1	0.5787

Nota: Elaboración propia.

Tabla 120

Desplazamientos en Y-Y en la última optimización del Bloque I.

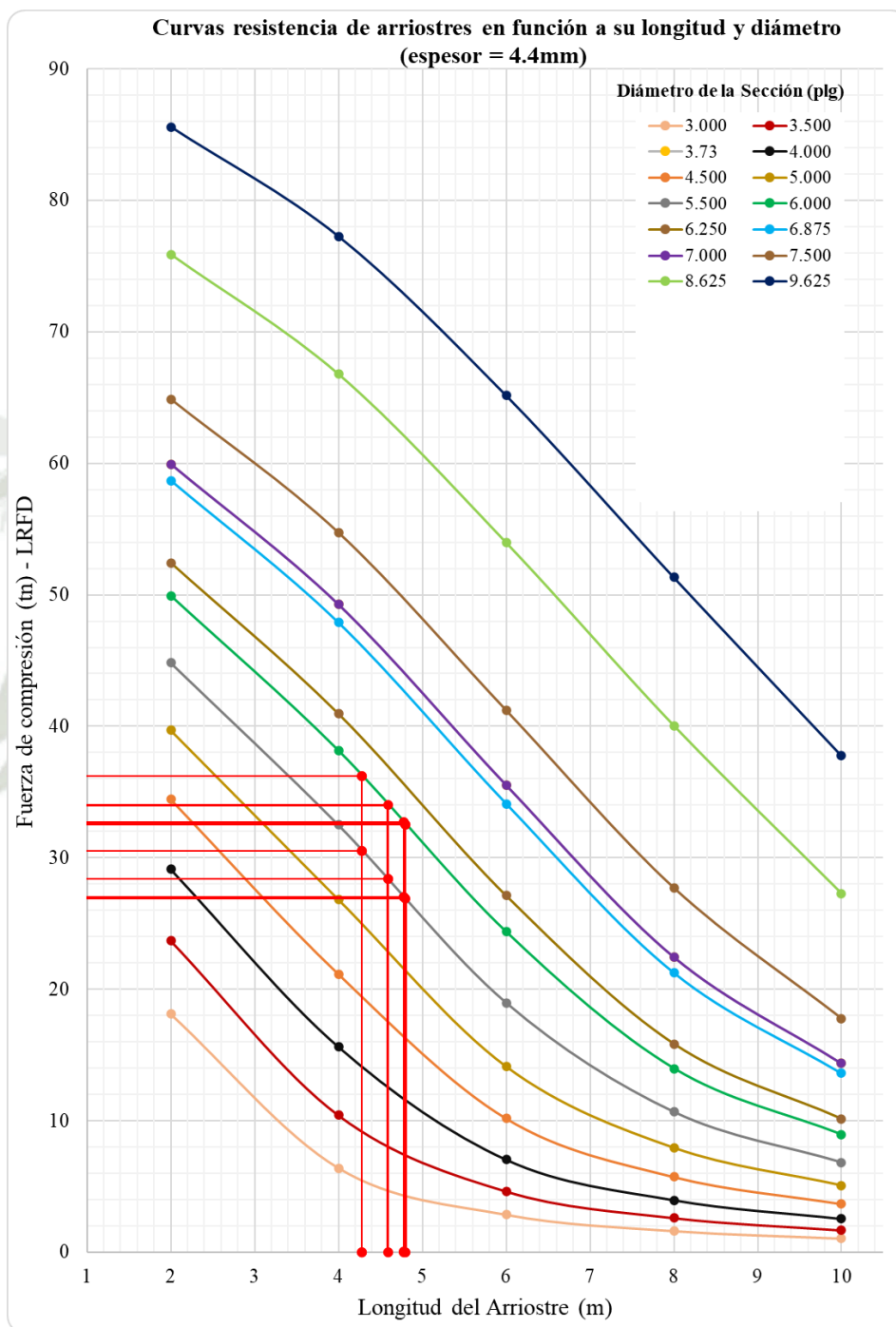
Piso	Desplazamientos en la dirección Y-Y (cm)
Piso 5	5.5158
Piso 4	4.6435
Piso 3	3.4782
Piso 2	2.1698
Piso 1	0.855

Nota: Elaboración propia.

Una vez comprobado que no existe torsión y que se cumple con los requerimientos de desplazamientos laterales, se verifica nuevamente a que porcentaje de capacidad de resistencia a compresión se encuentran las riostras de acero.

Ilustración 84

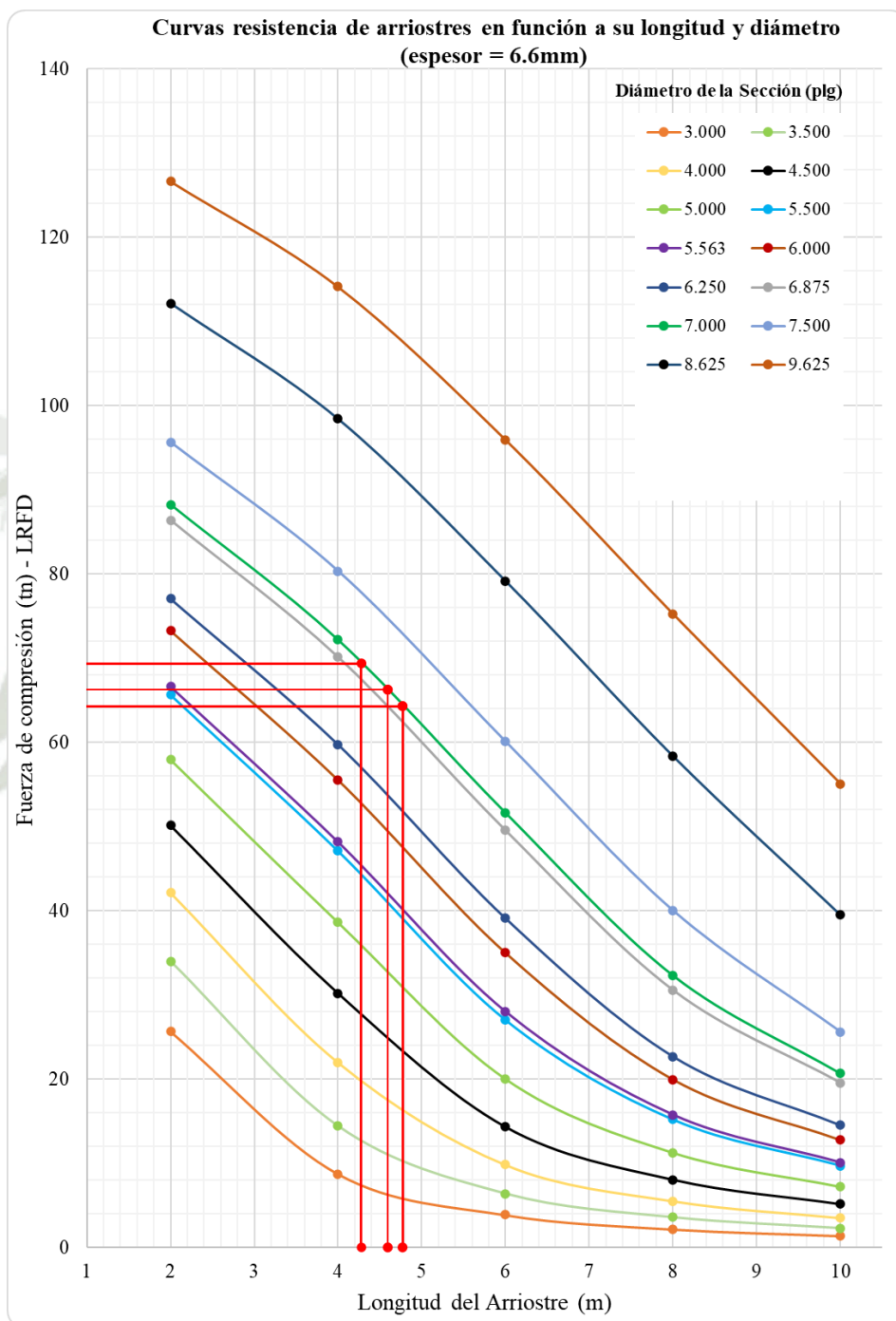
Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para optimización final de riostras en el bloque I.



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 85

Uso de ábaco 03 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=6.6mm) para optimización final de riostras en el bloque I.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 121

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes E-D y con longitud de 4.78 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>eje 6, niveles 1-3</i>	7.000	0.260	52.24	64.3	81.19%
<i>eje 6, niveles 4 y 5</i>	6.000	0.174	26.31	32.7	80.49%
<i>ejes 1 y 3, niveles 1-3</i>	6.000	0.174	28	32.7	85.66%
<i>ejes 1 y 3, niveles 4 y 5</i>	5.500	0.174	19.27	27.0	71.32%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 122

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes D-C y con longitud de 4.59 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>eje 6, niveles 1-3</i>	7.000	0.260	48.76	66.3	73.53%
<i>eje 6, niveles 4 y 5</i>	6.000	0.174	24.05	34.0	70.67%
<i>ejes 1 y 3, niveles 1-3</i>	6.000	0.174	26.62	34.0	78.22%
<i>ejes 1 y 3, niveles 4 y 5</i>	5.500	0.174	19.08	28.4	67.29%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 123

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 y ábaco 03 para riostras entre ejes C-B y con longitud de 4.28 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>eje 6, niveles 1-3</i>	7.000	0.260	46.83	69.4	67.45%
<i>eje 6, niveles 4 y 5</i>	6.000	0.174	22.37	36.2	61.81%
<i>ejes 1 y 3, niveles 1-3</i>	6.000	0.174	23.33	36.2	64.47%
<i>ejes 1 y 3, niveles 4 y 5</i>	5.500	0.174	15.27	30.5	50.04%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 124

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 02 para riostras entre ejes B-A y con longitud de 4.80 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejes 1 y 3, niveles 1-3</i>	6.000	0.174	28.56	32.5	87.75%
<i>ejes 1 y 3, niveles 4 y 5</i>	5.500	0.174	20.02	26.9	74.48%

Nota: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos en esta última optimización verificamos que la riostra más esforzada en los ejes 1 y 3 está trabajando en un 87.75% de su capacidad y que la riostra más esforzada en el eje 6 está trabajando en un 73.53% de su capacidad, por lo tanto, se valida el uso de riostras propuesto.

g) Separación de edificios

Dirección X-X

El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:

- a) $2/3$ del desplazamiento máximo obtenido = $2/3 \times 5.12 = 3.41$ cm
- b) $s/2 = 0.006 \times 18 / 2 = 5.4$ cm

Dirección Y-Y

El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:

- a) $2/3$ del desplazamiento máximo obtenido = $2/3 \times 5.52 = 3.68$ cm
- b) $s/2 = 0.006 \times 18 / 2 = 5.4$ cm

El edificio se encontrará separado de las edificaciones colindantes 12.5cm en ambas direcciones cumpliendo con la normativa sismorresistente.

6.4.1.2. Análisis estructural del Bloque II y optimización del sistema de arriostramiento

a) Predimensionamiento de riostras

Según la estructuración, las columnas y las vigas son de 30x60cm; por lo tanto, se decide colocar una riostra de diámetro de 6". Considerando el criterio previamente establecido de que el parámetro IC/IR se encuentre entre los valores de 700 y 1500, se obtiene la inercia de la riostra y despejando la ecuación, el espesor requerido.

Tabla 125

Predimensionamiento de riostras para pórticos arriostrados en Bloque II

Columna	
b (cm)	30
h (cm)	60
I (cm ⁴)	540,000
Riostra	
D (cm)	15.24
e (cm)	0.44
I (cm ⁴)	562.91
IC/IR	959.29

Nota: Elaboración propia.

La relación IC/IR se encuentra dentro del rango, por lo tanto, procedemos con la verificación de la capacidad de acuerdo al diseño por compresión (uso de ábacos) y a los resultados del análisis modal obtenido de Etabs.

b) Verificación de irregularidades

Irregularidades en altura

- **Irregularidad de rigidez – Piso blando.** La rigidez lateral es constante en todos los pisos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad de rigidez.
- **Irregularidad de resistencia – Piso débil.** La resistencia a fuerzas cortantes es constante en todos los pisos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad de resistencia.
- **Irregularidad de Masa o Peso.** El peso por piso es constante en todos los niveles, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad de masa.
- **Irregularidad geométrica vertical.** La dimensión en planta de la estructura resistente a fuerzas laterales es constante en todos los pisos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad geométrica vertical.
- **Discontinuidad en los sistemas resistentes.** Todos los elementos resistentes a fuerzas cortantes son constantes en todos los niveles, en consecuencia, la estructura no presenta discontinuidad en los sistemas resistentes.

Irregularidades en planta

- **Irregularidad por Esquinas entrantes.** En ninguna de las

direcciones la estructura presenta esquinas entrantes

- **Discontinuidad de diafragma.** Los diafragmas son constantes en todos los niveles, en consecuencia, la estructura no presenta discontinuidad de diafragma.
- **Sistemas no paralelos.** Los elementos resistentes a fuerzas laterales son paralelos, en consecuencia, la estructura no presenta irregularidad por sistemas no paralelos.
- **Irregularidad por Torsión.** A continuación, se muestra las verificaciones realizadas para irregularidad torsional, concluyéndose que no se presenta torsión en ningún sentido en el bloque I.

Tabla 126

Verificación de Torsión en dirección X para la estructuración inicial del Bloque II.

Verificación torsión dirección X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00251	0.00259	1.03	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00299	0.00319	1.07	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00324	0.00356	1.10	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00293	0.00333	1.13	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00141	0.00165	1.17	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Tabla 127

Verificación de Torsión en dirección Y para la estructuración inicial del Bloque II.

Verificación torsión dirección Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00145	0.00157	1.08	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00250	0.00268	1.07	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00336	0.00361	1.07	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00397	0.00425	1.07	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00345	0.00362	1.05	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

c) **Análisis de la estructura con sistema de arriostramiento obtenido en el predimensionamiento.**

Periodo de la edificación

La edificación cuenta con 5 pisos, a cada piso se le asignara 3 modos de vibración teniendo 15 modos en total. El primer modo es de traslación en Y, el segundo es de traslación en X y el tercero de rotación.

Tabla 128

Periodo de estructuración inicial del Bloque II.

Modo	Período (s)	Masa participativa X	Masa participativa Y	Masa participativa X acumulada	Masa participativa Y acumulada
1	0.44900	0.01530	0.83570	0.01530	0.83570
2	0.42800	0.71830	0.02000	0.73370	0.85560
3	0.33200	0.01670	0.00210	0.75040	0.85770
4	0.15100	0.00010	0.09720	0.75050	0.95500
5	0.11700	0.10290	0.00020	0.85340	0.95520
6	0.10300	0.04600	0.00004	0.89940	0.95520
7	0.09200	0.00010	0.02980	0.89950	0.98500
8	0.06800	0.00000	0.01170	0.89950	0.99670
9	0.06100	0.00880	0.00003	0.90830	0.99670
10	0.05700	0.00000	0.00330	0.90830	1.00000
11	0.04900	0.04880	0.00000	0.95710	1.00000
12	0.03700	0.00220	0.00001	0.95930	1.00000
13	0.02800	0.02690	0.00000	0.98610	1.00000
14	0.02400	0.00060	0.00000	0.98680	1.00000
15	0.01800	0.01320	0.00000	1.00000	1.00000

Nota: Elaboración propia.

Fuerza cortante basal mínima

Según la norma E.030 la cortante dinámica es estructuras regulares no será menor que el 80% de la cortante estática, para estructura irregulares no será menor que el 90%. Siendo necesario la amplificación de la fuerza cortante dinámica para cumplir los mínimos según normativa.

Tabla 129

Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la estructuración inicial del Bloque II.

DIRECCIÓN	X	Y	
Z	0.35	0.35	Factor de zona
U	1.00	1.00	Factor de uso
T (periodo)	0.43	0.45	Periodo de la edificación (s)
Tp	0.60	0.60	Periodo Tp (s)
C	2.50	2.50	Factor de amplificación sísmica
S	1.15	1.15	Factor de suelo
Ia	1.00	1.00	Irregularidad en altura
Iv	1.00	1.00	Irregularidad en planta
R	6.00	4.00	Coefficiente básico de reducción sísmico
R*Ia*Iv	6.00	4.00	Factor de reducción sísmico
C	0.17	0.25	Coefficiente sísmico
PESO	1153	1153	Peso sísmico de la edificación (tn)
Vest.	193	290	Cortante estática de la edificación (tn)
80% Vest.	155	232	Cortante estática al 80% (tn)
90% Vest.	174	261	Cortante estática al 90% (tn)
Vdin.	142	245	Cortante dinámica (tn)
f	1.087	1.000	Factor de escalado

Nota: Elaboración propia.

Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

Según la norma E.030, los desplazamientos laterales serán obtenidos de la multiplicación de los resultados obtenidos por 0.75R para estructuras regulares, y para estructuras irregulares por 0.85R.

Según la norma E.030 el límite para la distorsión del entrepiso en estructuras de concreto armado es de 0.007

Tabla 130

Derivas en X-X en la estructuración inicial del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.003216
Piso 4	0.003618
Piso 3	0.003733
Piso 2	0.003327
Piso 1	0.001645

Nota: Elaboración propia.

Tabla 131

Derivas en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.001569
Piso 4	0.002679
Piso 3	0.003607
Piso 2	0.004251
Piso 1	0.003624

Nota: Elaboración propia.

Tabla 132

Desplazamientos en X-X en la estructuración inicial del Bloque II.

Piso	Desplazamientos en la dirección X-X (cm)
Piso 5	5.1266
Piso 4	4.2044
Piso 3	3.0656
Piso 2	1.7892
Piso 1	0.5921

Nota: Elaboración propia.

Tabla 133

Desplazamientos en Y-Y en la estructuración inicial del Bloque II.

Piso	Desplazamientos en la dirección Y-Y (cm)
Piso 5	5.6164
Piso 4	5.0694
Piso 3	4.1218
Piso 2	2.8324
Piso 1	1.3045

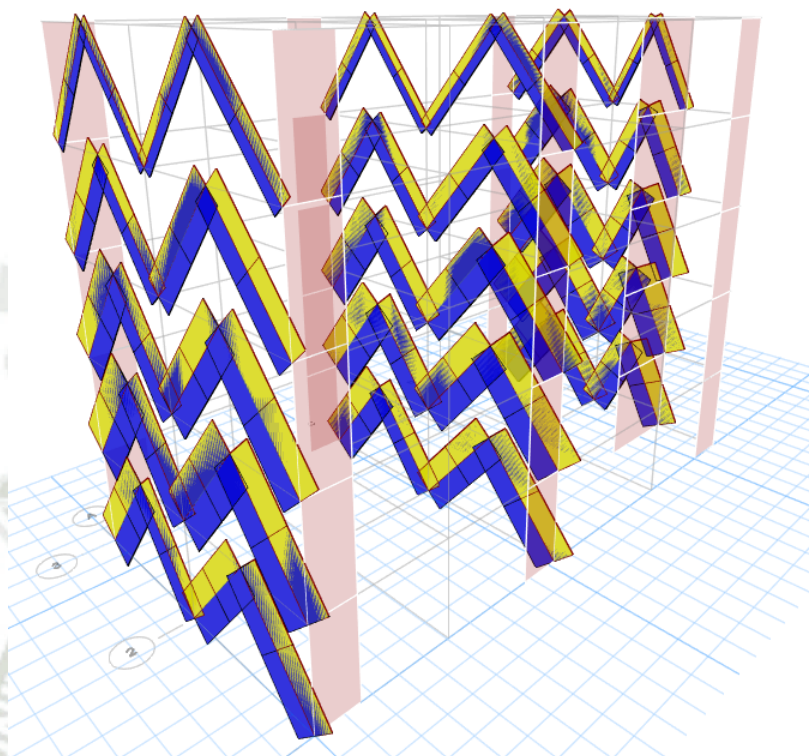
Nota: Elaboración propia.

d) Análisis de la estructura con sistema de arriostramiento obtenido en el predimensionamiento

Del análisis realizado en el programa se identificarán los mayores valores de esfuerzos por riostra en cada pórtico arriostrado, para luego haciendo uso del ábaco poder verificar el % de capacidad a compresión de las riostras.

Ilustración 86

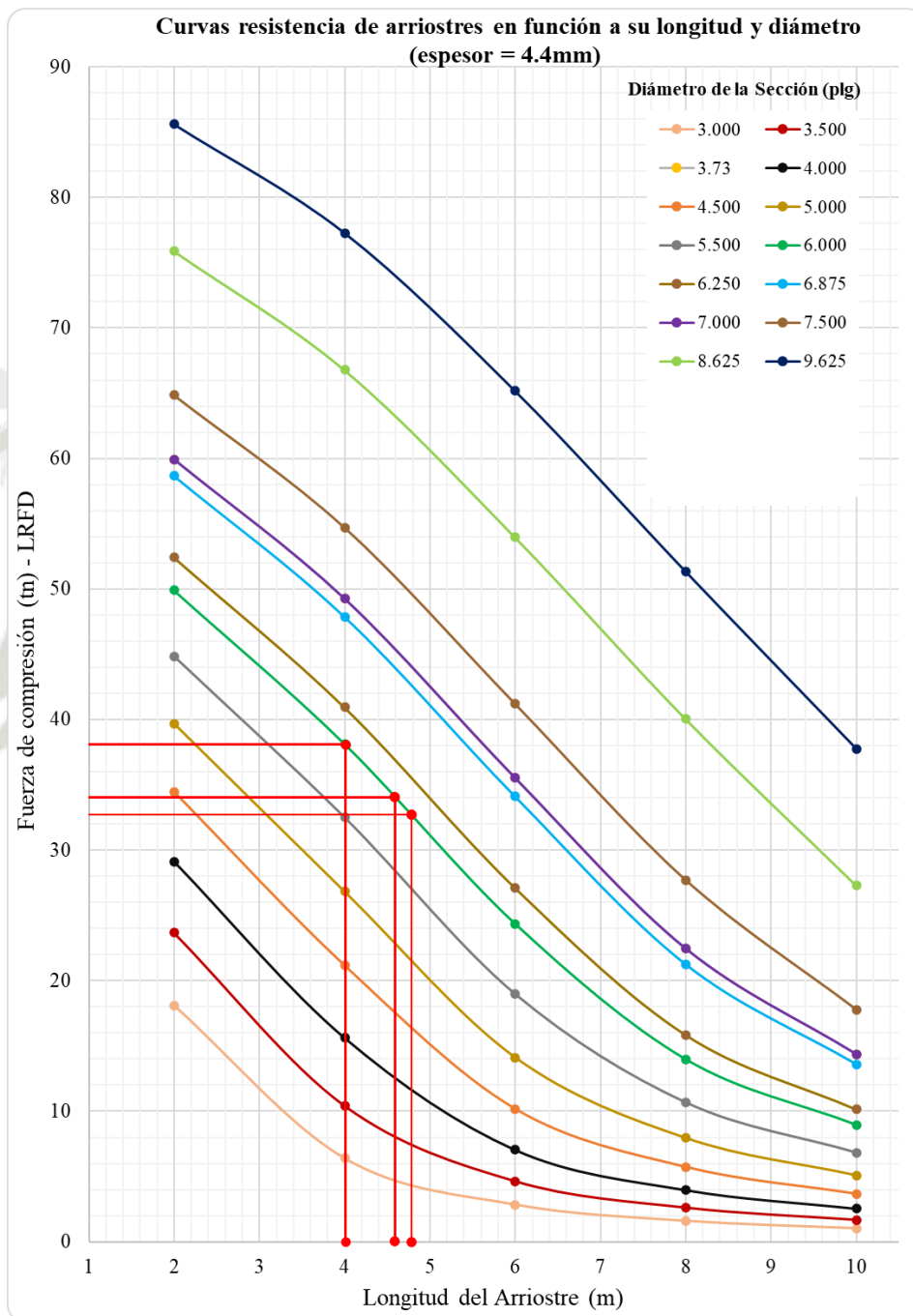
Esfuerzos obtenidos en las riostras



Nota: Elaboración propia.

Ilustración 87

Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para la estructuración inicial de riostras en el bloque II.



Nota: Elaboración propia.

Eje 7 y 9

Tabla 134

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 7,9 y entre ejes C-D y con longitud de 4.59 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.000	0.174	30.66	34.0	90.06%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 135

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en ejes 7,9 y entre ejes D-E y con longitud de 4.78 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.000	0.174	26.48	32.7	80.95%

Nota: Elaboración propia.

Eje 11

Tabla 136

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según pre dimensionamiento haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas en eje 11 y entre ejes D-E' y con longitud de 4.01 metros.

Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
6.000	0.174	24.28	38.1	63.77%

Nota: Elaboración propia.

Con los valores iniciales obtenidos del predimensionamiento, se verifica que la riostra más esforzada de los ejes 1 y 3 está trabajando a un 90.7% de su capacidad y que, la riostra más esforzada del eje 11 está trabajando a un 63.77% de su capacidad.

Notamos, al igual que para el bloque I, que la fuerza de compresión disminuye

considerablemente en los dos últimos niveles, por lo que decidimos optimizar aún más la sección de las riostras en el piso 4 y 5.

e) **Primera optimización del sistema de arriostramiento**

Para la primera optimización consideraremos lo siguiente:

- Niveles del 1 al 3, ejes 7 y 9: Riostras de diámetro de 6 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).
- Niveles 4 y 5, ejes 7 y 9: Riostras de diámetro de 5.5 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).
- Niveles del 1 al 3, eje 11: Riostras de diámetro de 6 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).
- Niveles 4 y 5, ejes eje 11: Riostras de diámetro de 5.5 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).

Nuevamente utilizamos el ábaco, pero ahora intersecando las curvas correspondientes verificando con los esfuerzos obtenidos del análisis con la optimización de riostras.

Se realizará el mismo procedimiento de análisis dinámico modal espectral descrito anteriormente.

Periodo de la edificación y escalado de cortante:

Tabla 137

Periodo de la primera optimización del Bloque II.

Modo	Período (s)	Masa participativa X	Masa participativa Y	Masa participativa X acumulada	Masa participativa Y acumulada
1	0.45100	0.01280	0.83570	0.01280	0.83570
2	0.42800	0.72010	0.01680	0.73300	0.85250
3	0.33400	0.01740	0.00200	0.75030	0.85450
4	0.15400	0.00010	0.09900	0.75040	0.95350
5	0.11800	0.09510	0.00020	0.84550	0.95370
6	0.10400	0.05390	0.00002	0.89940	0.95370
7	0.09300	0.00010	0.03060	0.89950	0.98430
8	0.06900	0.00000	0.01190	0.89950	0.99620
9	0.06100	0.00840	0.00004	0.90790	0.99620
10	0.05700	0.00000	0.00370	0.90790	1.00000
11	0.04900	0.04920	0.00000	0.95710	1.00000
12	0.03700	0.00210	0.00001	0.95920	1.00000
13	0.02800	0.02690	0.00000	0.98620	1.00000
14	0.02400	0.00060	0.00000	0.98680	1.00000
15	0.01800	0.01320	0.00000	1.00000	1.00000

Nota: Elaboración propia.

Tabla 138

Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la primera optimización del Bloque II.

DIRECCIÓN	X	Y	
Z	0.35	0.35	Factor de zona
U	1.00	1.00	Factor de uso
T (periodo)	0.43	0.45	Periodo de la edificación (s)
Tp	0.60	0.60	Periodo Tp (s)
C	2.50	2.50	Factor de amplificación sísmica
S	1.15	1.15	Factor de suelo
Ia	1.00	1.00	Irregularidad en altura
Iv	1.00	1.00	Irregularidad en planta
R	6.00	4.00	Coficiente básico de reducción sísmico
R*Ia*Iv	6.00	4.00	Factor de reducción sísmico
C	0.17	0.25	Coficiente sísmico
PESO	1153	1153	Peso sísmico de la edificación (tn)
Vest.	193	290	Cortante estática de la edificación (tn)
80% Vest.	155	232	Cortante estática al 80% (tn)
Vdin.	142	244	Cortante dinámica (tn)
f	1.088	1.000	Factor de escalado

Nota: Elaboración propia.

Verificación de Torsión en ambas direcciones:

Tabla 139

Verificación de Torsión en dirección X para la primera optimización del Bloque II.

Verificación torsión dirección X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00251	0.00260	1.03	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00299	0.00320	1.07	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00324	0.00356	1.10	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00293	0.00333	1.13	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00141	0.00165	1.17	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Tabla 140

Verificación de Torsión en dirección Y para la primera optimización del Bloque II.

Verificación torsión dirección Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00155	0.00166	1.07	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00264	0.00281	1.07	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00337	0.00362	1.07	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00396	0.00424	1.07	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00344	0.00361	1.05	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Derivas y Desplazamientos en ambas direcciones:

Tabla 141

Derivas en X-X en la primera optimización del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.00323
Piso 4	0.003628
Piso 3	0.003737
Piso 2	0.003327
Piso 1	0.001645

Nota: Elaboración propia.

Tabla 142

Derivas en Y-Y en la primera optimización del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.001661
Piso 4	0.002814
Piso 3	0.003617
Piso 2	0.004238
Piso 1	0.003612

Nota: Elaboración propia.

Tabla 143

Desplazamientos en X-X en la primera optimización del Bloque II.

Piso	Desplazamientos en la dirección X-X (cm)
Piso 5	5.136
Piso 4	4.2107
Piso 3	3.0676
Piso 2	1.7894
Piso 1	0.5921

Nota: Elaboración propia.

Tabla 144

Desplazamientos en Y-Y en la primera optimización del Bloque II.

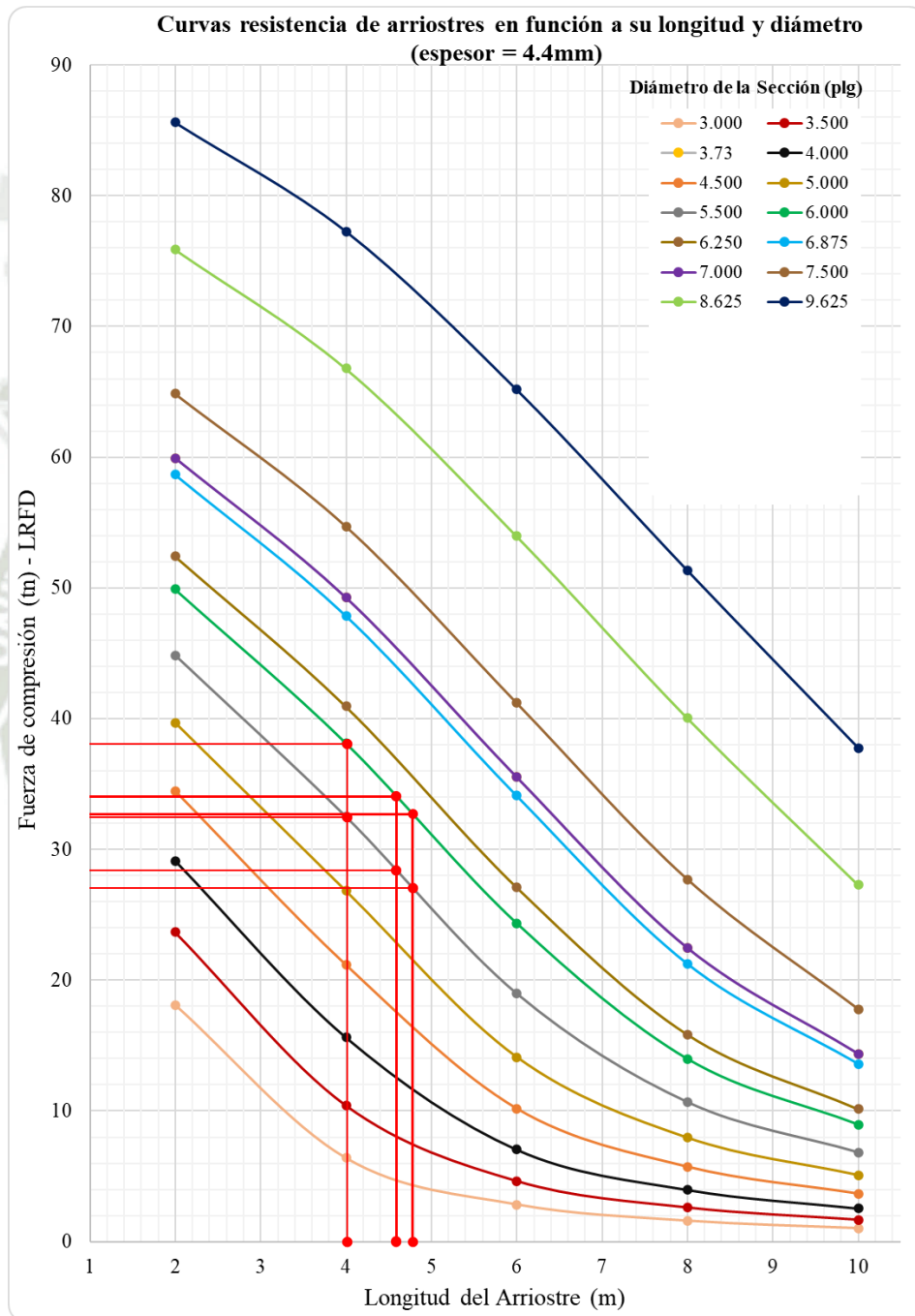
Piso	Desplazamientos en la dirección Y-Y (cm)
Piso 5	5.6904
Piso 4	5.1115
Piso 3	4.1163
Piso 2	2.8235
Piso 1	1.3002

Nota: Elaboración propia.

Una vez comprobado que no existe torsión y que se cumple con los requerimientos de desplazamientos laterales, se verifica nuevamente a que porcentaje de capacidad de resistencia a compresión se encuentran las riostras de acero.

Ilustración 88

Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para la primera optimización de riostras en el bloque II.



Nota: Elaboración propia.

Eje 7, 9

Tabla 145

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas entre ejes C-D y con longitud de 4.59 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejes 7 y 9 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	25.9	34.0	76.08%
<i>ejes 7 y 9 niveles 4-5</i>	5.500	0.174	15.4	28.4	54.29%
<i>ejes 11 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	30.59	34.0	89.86%
<i>ejes 11 niveles 4-5</i>	5.500	0.174	18.01	28.4	63.49%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 146

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 02 para riostras ubicadas entre ejes D-E y con longitud de 4.78 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejes 7 y 9 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	26.42	32.7	80.77%
<i>ejes 7 y 9 niveles 4-5</i>	5.500	0.174	14.74	27.0	54.51%

Nota: Elaboración propia.

Eje 11

Tabla 147

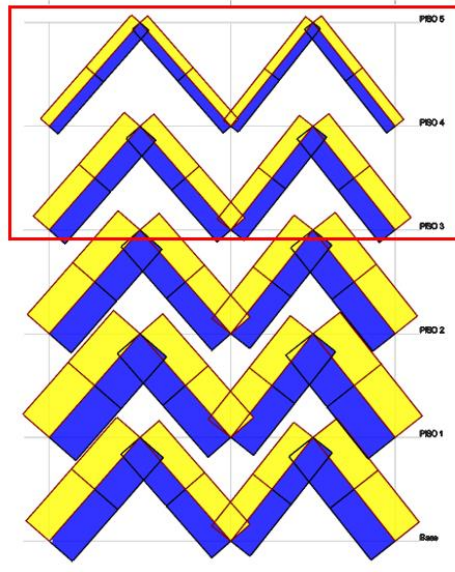
Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según primera optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras ubicadas entre ejes D-E' y con longitud de 4.01 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejes 11 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	24.18	38.0	63.51%
<i>ejes 11 niveles 4-5</i>	5.500	0.174	13.4	32.4	41.33%

Nota: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos en esta optimización verificamos que las riostras de los últimos niveles están trabajando en promedio en un 53.11% de su

capacidad, por lo tanto, se valida una optimización más de la sección de las riostras en el piso 4 y 5 para todos los pórticos.



Nota: Elaboración propia.

f) **Segunda optimización del sistema de arriostramiento**

Para la última optimización consideraremos:

- Niveles del 1 al 3, ejes 7 y 9: Riostras de diámetro de 6 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).
- Niveles 4 y 5, ejes 7 y 9: Riostras de diámetro de 4.5 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).
- Niveles del 1 al 3, eje 11: Riostras de diámetro de 6 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).
- Niveles 4 y 5, ejes eje 11: Riostras de diámetro de 5 pulgadas y espesor de 0.174 pulgadas (4.4mm).

Periodo de la edificación y escalado de cortante:

Tabla 148

Periodo de la optimización final del Bloque II.

Modo	Período (s)	Masa participativa X	Masa participativa Y	Masa participativa X acumulada	Masa participativa Y acumulada
1	0.45500	0.00860	0.83540	0.00860	0.83540
2	0.42800	0.72290	0.01120	0.73150	0.84660
3	0.33700	0.01870	0.00110	0.75020	0.84770
4	0.15900	0.00003	0.10330	0.75020	0.95100
5	0.11900	0.08040	0.00003	0.83070	0.95110
6	0.10500	0.06870	0.00010	0.89930	0.95110
7	0.09400	0.00020	0.03170	0.89950	0.98280
8	0.07100	0.00001	0.01250	0.89950	0.99530
9	0.06200	0.00770	0.00010	0.90720	0.99540
10	0.05800	0.00003	0.00460	0.90730	1.00000
11	0.04900	0.04990	0.00000	0.95710	1.00000
12	0.03700	0.00200	0.00001	0.95910	1.00000
13	0.02800	0.02700	0.00000	0.98620	1.00000
14	0.02500	0.00060	0.00000	0.98680	1.00000
15	0.01800	0.01320	0.00000	1.00000	1.00000

Nota: Elaboración propia.

Tabla 149

Amplificación de la fuerza cortante dinámica de la optimización final del Bloque II.

DIRECCIÓN	X	Y	
Z	0.35	0.35	Factor de zona
U	1.00	1.00	Factor de uso
T (periodo)	0.43	0.45	Periodo de la edificación (s)
Tp	0.60	0.60	Periodo Tp (s)
C	2.50	2.50	Factor de amplificación sísmica
S	1.15	1.15	Factor de suelo
Ia	1.00	1.00	Irregularidad en altura
Iv	1.00	1.00	Irregularidad en planta
R	6.00	4.00	Coficiente básico de reducción sísmico
R*Ia*Iv	6.00	4.00	Factor de reducción sísmico
%PESO	0.17	0.25	Coficiente sísmico
PESO	1153	1153	Peso sísmico de la edificación (tn)
Vest.	193	290	Cortante estática de la edificación (tn)
80% Vest.	155	232	Cortante estática al 80% (tn)
Vdin.	142	243	Cortante dinámica (tn)
f	1.089	1.000	Factor de escalado

Nota: Elaboración propia.

Tabla 150

Verificación de Torsión en dirección X para la optimización final del Bloque II.

Verificación torsión dirección X-X				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00252	0.00261	1.04	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00300	0.00322	1.07	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00324	0.00357	1.10	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00293	0.00333	1.14	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00141	0.00165	1.17	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Tabla 151

Verificación de Torsión en dirección Y para la optimización final del Bloque II.

Verificación torsión dirección Y-Y				
Piso	Promedio extremos	Máximo	Diferencia	Verificación
Piso 5	0.00174	0.00179	1.03	NO TORSIÓN
Piso 4	0.00291	0.00302	1.04	NO TORSIÓN
Piso 3	0.00339	0.00360	1.06	NO TORSIÓN
Piso 2	0.00394	0.00419	1.06	NO TORSIÓN
Piso 1	0.00342	0.00358	1.05	NO TORSIÓN

Nota: Elaboración propia.

Derivas y Desplazamientos en ambas direcciones:

Tabla 152

Derivas en X-X en la optimización final del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección X-X
Piso 5	0.003259
Piso 4	0.003651
Piso 3	0.003746
Piso 2	0.00333
Piso 1	0.001646

Nota: Elaboración propia.

Tabla 153

Derivas en Y-Y en la optimización final del Bloque II.

Piso	Derivas en la dirección Y-Y
Piso 5	0.001794
Piso 4	0.00302
Piso 3	0.003603
Piso 2	0.004194
Piso 1	0.003578

Nota: Elaboración propia.

Tabla 154

Desplazamientos en X-X en la optimización final del Bloque II.

Piso	Desplazamientos en la dirección X-X (cm)
Piso 5	5.1565
Piso 4	4.2247
Piso 3	3.0729
Piso 2	1.7907
Piso 1	0.5925

Nota: Elaboración propia.

Tabla 155

Desplazamientos en Y-Y en la optimización final del Bloque II.

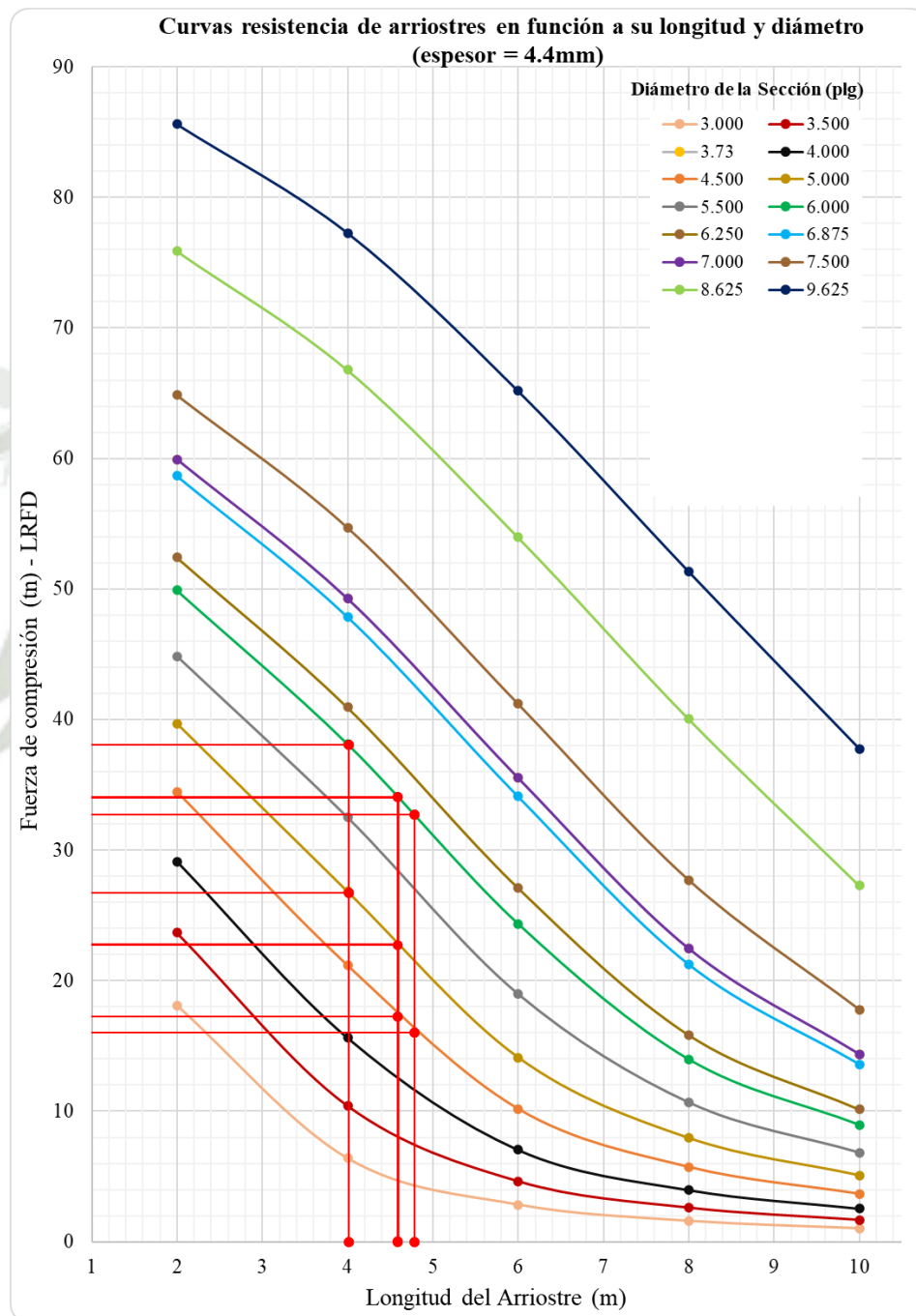
Piso	Desplazamientos en la dirección Y-Y (cm)
Piso 5	5.7762
Piso 4	5.1514
Piso 3	4.0835
Piso 2	2.7956
Piso 1	1.288

Nota: Elaboración propia.

Una vez comprobado que no existe torsión y que se cumple con los requerimientos de desplazamientos laterales, se verifica nuevamente a que porcentaje de capacidad de resistencia a compresión se encuentran las riostras de acero:

Ilustración 89

Uso de ábaco 02 de curvas resistencia de arriostres en función a su longitud y diámetro (espesor=4.4mm) para la optimización final de riostras en el bloque II.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 156

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras ubicadas entre ejes C-D y con longitud de 4.59 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejos 7 y 9 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	25.92	34.0	76.14%
<i>ejos 7 y 9 niveles 4-5</i>	4.500	0.174	13.99	17.2	81.23%
<i>ejos 11 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	30.29	34.0	88.97%
<i>ejos 11 niveles 4-5</i>	5.000	0.174	17.63	22.7	77.57%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 157

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras entre ejes D-E y con longitud de 4.78 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejos 7 y 9 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	26.46	32.7	80.89%
<i>ejos 7 y 9 niveles 4-5</i>	4.500	0.174	14.57	16.0	90.94%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 158

Cálculo de la capacidad de resistencia de las riostras a compresión según última optimización haciendo uso del ábaco 01 para riostras ubicadas en eje 11 y entre ejes C-D y con longitud de 4.01 metros.

Eje	Diámetro de la Sección (plg)	Espesor de la Sección (plg)	Fuerzas obtenidas del Etabs (tn)	Resistencia a la Compresión de la Riostra Ábaco (tn)	% Capacidad de la Riostra
<i>ejos 11 niveles 1-3</i>	6.000	0.174	23.89	38.1	62.75%
<i>ejos 11 niveles 4-5</i>	5.000	0.174	13.13	26.8	49.09%

Nota: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos en esta última optimización verificamos que la riostra más esforzada del nivel 1 al 3 está trabajando a un 88.97% de su capacidad, y que la riostra más esforzada de los niveles 4 y 5 está trabajando a un 90.94% de su capacidad; por lo tanto, se valida el uso de riostras propuesto.

g) Separación de edificios

Dirección X-X

El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:

- $2/3$ del desplazamiento máximo obtenido = $2 / 3 \times 5.16 = 3.40$ cm
- $s / 2 = 0.006 \times 18 / 2 = 5.4$ cm

Dirección Y-Y

El retiro de los límites de propiedad no debe de ser menor:

- $2/3$ del desplazamiento máximo obtenido = $2 / 3 \times 5.78 = 3.85$ cm
- $s / 2 = 0.006 \times 18 / 2 = 5.4$ cm

El edificio se encontrará separado de las edificaciones colindantes 12.5cm en ambas direcciones cumpliendo con la normativa sismorresistente.

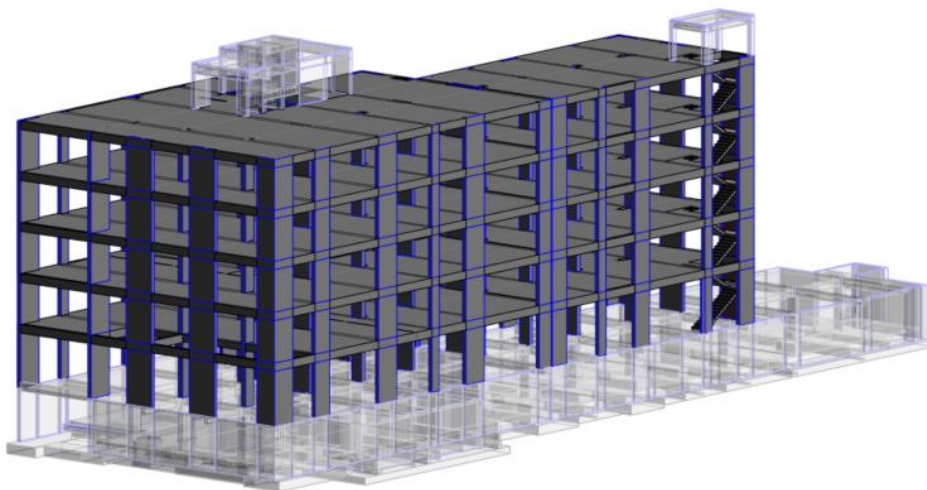


6.5. Análisis Económico de las partidas de Concreto y Encofrado de la estructura aporticada arriostrada y la estructura existente de sistema de muros estructurales

Edificio de muros estructurales

Ilustración 90

Modelo BIM de estructuras de edificio existente de muros estructurales: "Edificio Parra".



Nota: Elaboración propia.

Tabla 159

Tabla de cuantificación de concreto en placas extraída del Modelo BIM del edificio existente

<Concreto - Placas>				
A	B	C	D	E
SECTOR	NIVEL	Elemento	Material: Nombre	Material: Volumen
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	Placas	Concreto 210Kg/cm ²	67.37 m ³
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	Placas	Concreto 210Kg/cm ²	81.13 m ³
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	Placas	Concreto 210Kg/cm ²	80.99 m ³
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	Placas	Concreto 210Kg/cm ²	80.99 m ³
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	Placas	Concreto 210Kg/cm ²	80.99 m ³
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	Placas	Concreto 210Kg/cm ²	13.49 m ³
SUPERESTRUCTURA: 290				404.96 m ³

Nota: Elaboración propia

Tabla 160

Tabla de cuantificación de concreto en columnas extraída del Modelo BIM del edificio existente.

<Concreto - Columnas>				
A	B	C	D	E
SECTOR	NIVEL	Elemento	Material: Nombre	Material: Volumen
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	14.43 m ³
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	17.33 m ³
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	17.22 m ³
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	17.22 m ³
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	17.22 m ³
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	2.81 m ³
SUPERESTRUCTURA: 171				86.24 m ³

Nota: Elaboración propia.

Tabla 161

Tabla de cuantificación de concreto en vigas extraída del Modelo BIM del edificio existente.

<Concreto - Vigas>		
A	B	C
SECTOR	Nivel de referencia	Material: Volumen
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	0.11 m ³
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	61.41 m ³
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	62.43 m ³
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	62.43 m ³
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	62.44 m ³
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	62.38 m ³
SUPERESTRUCTURA: 513		311.20 m ³

Nota: Elaboración propia.

Tabla 162

Tabla de cuantificación de encofrado en placas extraída del Modelo BIM del edificio existente.

<Encofrado - Placas>			
A	B	C	D
SECTOR	Nivel base	Elemento	Encofrado
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	Placas	400.80 m ²
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	Placas	402.87 m ²
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	Placas	401.83 m ²
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	Placas	401.83 m ²
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	Placas	401.83 m ²
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	Placas	0.00 m ²
SUPERESTRUCTURA: 290			2009.17 m ²

Nota: Elaboración propia.

Tabla 163

Tabla de cuantificación de encofrado en columnas extraída del Modelo BIM del edificio existente.

<Encofrado - Columnas>			
A	B	C	D
SECTOR	Nivel base	Elemento	Encofrado
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	Columna	97.10 m ²
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	Columna	97.01 m ²
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	Columna	96.00 m ²
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	Columna	96.00 m ²
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	Columna	96.00 m ²
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	Columna	0.00 m ²
SUPERESTRUCTURA: 171			482.11 m ²

Nota: Elaboración propia.

Tabla 164

Tabla de cuantificación de encofrado en vigas extraída del Modelo BIM del edificio existente.

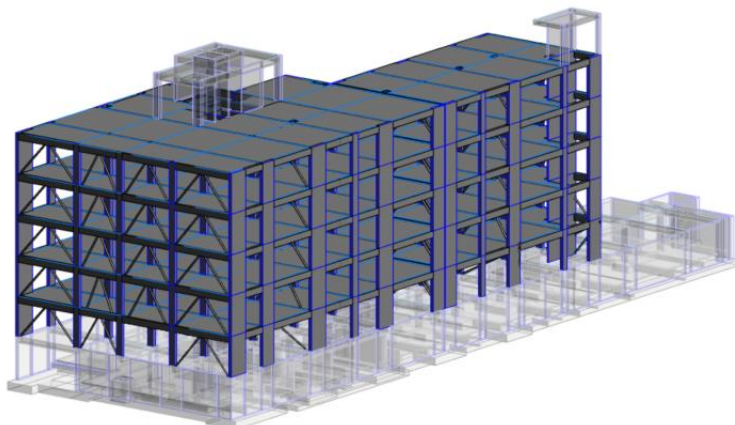
<Encofrado - Vigas>		
A	B	C
SECTOR	Nivel de referencia	Encofrado Vigas
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	1.81 m ²
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	495.37 m ²
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	502.83 m ²
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	502.69 m ²
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	502.68 m ²
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	503.11 m ²
SUPERESTRUCTURA: 508		2508.49 m ²

Nota: Elaboración propia.

Edificio aporticado arriostrado

Ilustración 91

Modelo BIM de estructuras de edificio de concreto armado arriostrado



Nota: Elaboración propia.

Tabla 165

Tabla de cuantificación de concreto en placas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.

<Concreto - Placas>				
A	B	C	D	E
SECTOR	NIVEL	Elemento	Material: Nombre	Material: Volumen
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	PLACAS	Concreto 210Kg/cm ²	48.79 m ³
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	PLACAS	Concreto 210Kg/cm ²	48.79 m ³
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	PLACAS	Concreto 210Kg/cm ²	48.79 m ³
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	PLACAS	Concreto 210Kg/cm ²	48.79 m ³
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	PLACAS	Concreto 210Kg/cm ²	48.79 m ³
SUPERESTRUCTURA: 105				243.97 m ³

Nota: Elaboración propia.

Tabla 166

Tabla de cuantificación de concreto en columnas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.

<Concreto - Columnas>				
A	B	C	D	E
SECTOR	NIVEL	Elemento	Material: Nombre	Material: Volumen
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	18.66 m ³
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	18.66 m ³
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	18.66 m ³
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	18.66 m ³
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	Columna	Concreto 210Kg/cm ²	18.66 m ³
SUPERESTRUCTURA: 130				93.32 m ³

Nota: Elaboración propia.

Tabla 167

Tabla de cuantificación de concreto en vigas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.

<Concreto - Vigas>		
A	B	C
SECTOR	Nivel de referencia	Material: Volumen
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	61.30 m ³
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	62.32 m ³
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	62.32 m ³
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	62.33 m ³
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	62.38 m ³
SUPERESTRUCTURA: 503		310.64 m ³

Nota: Elaboración propia.

Tabla 168

Tabla de cuantificación de encofrado en placas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.

<Encofrado - Placas>			
A	B	C	D
SECTOR	Nivel base	Elemento	Encofrado
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	PLACAS	336.84 m ²
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	PLACAS	336.84 m ²
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	PLACAS	336.84 m ²
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	PLACAS	336.84 m ²
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	PLACAS	336.84 m ²
SUPERESTRUCTURA: 105			1684.21 m ²

Nota: Elaboración propia.

Tabla 169

Tabla de cuantificación de encofrado en columnas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado.

<Encofrado - Columnas>			
A	B	C	D
SECTOR	Nivel base	Elemento	Encofrado
SUPERESTRUCTURA	02.PRIMER NIVEL	Columna	147.30 m ²
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	Columna	147.30 m ²
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	Columna	147.30 m ²
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	Columna	147.30 m ²
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	Columna	147.30 m ²
SUPERESTRUCTURA: 130			736.50 m ²

Nota: Elaboración propia.

Tabla 170

Tabla de cuantificación de encofrado en vigas extraída del Modelo BIM del edificio arriostrado

<Encofrado - Vigas>		
A	B	C
SECTOR	Nivel de referencia	Encofrado Vigas
SUPERESTRUCTURA	03.SEGUNDO NIVEL	493.57 m ²
SUPERESTRUCTURA	04.TERCER NIVEL	501.02 m ²
SUPERESTRUCTURA	05.CUARTO NIVEL	500.88 m ²
SUPERESTRUCTURA	06.QUINTO NIVEL	500.87 m ²
SUPERESTRUCTURA	07.AZOTEA	503.11 m ²
SUPERESTRUCTURA: 503		2499.45 m ²

Nota: Elaboración propia.

Comparación económica de partidas de concreto y encofrado entre el edificio aporricado y el edificio existente

Se realizó una estimación del costo de las partidas de concreto y encofrado para determinar la disminución de su costo debido a la adición de elementos de acero y reducción de elementos de concreto armado:

Tabla 171

Presupuesto de partidas de concreto y encofrado para edificio existente.

DESCRIPCION	UND	METRADO	PU	SUB -TOTAL	TOTAL
EDIFICIO SIN RIOSTRAS					S/ 590,123.15
Concreto Armado					
Vigas de concreto peraltadas					S/ 293,932.32
Concreto f'c=210 kgf/cm ²	m3	311.20	421.13	S/ 131,055.57	
Encofrado y desencofrado	m2	2,508.49	62.82	S/ 157,594.09	
Curado del concreto	m2	2,508.49	2.11	S/ 5,282.66	
Columnas de concreto					S/ 53,855.52
Concreto f'c=210 kgf/cm ²	m3	86.24	392.79	S/ 33,874.04	
Encofrado y desencofrado de muros	m2	482.11	39.34	S/ 18,966.21	
Curado del concreto	m2	482.11	2.11	S/ 1,015.28	
Placas de concreto					S/ 242,335.31
Concreto f'c=210 kgf/cm ²	m3	404.96	392.79	S/ 159,063.42	
Encofrado y desencofrado de muros	m2	2,009.17	39.34	S/ 79,040.75	
Curado del concreto	m2	2,009.17	2.11	S/ 4,231.13	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 172

Presupuesto de partidas de concreto y encofrado para edificio arriostrado.

DESCRIPCION	UND	METRADO	PU	SUB -TOTAL	TOTAL
EDIFICIO CON RIOSTRAS					S/ 525,921.51
Concreto Armado					
Vigas de concreto peraltadas					S/ 293,109.51
Concreto f'c=210 kgf/cm2	m3	310.64	421.13	S/ 130,819.73	
Encofrado y desencofrado	m2	2,499.45	62.82	S/ 157,026.16	
Curado del concreto	m2	2,499.45	2.11	S/ 5,263.62	
Columnas de concreto					S/ 67,179.89
Concreto f'c=210 kgf/cm2	m3	93.32	392.79	S/ 36,654.98	
Encofrado y desencofrado de muros	m2	736.50	39.34	S/ 28,973.91	
Curado del concreto	m2	736.50	2.11	S/ 1,551.00	
Placas de concreto					S/ 165,632.10
Concreto f'c=210 kgf/cm2	m3	243.97	392.79	S/ 95,828.49	
Encofrado y desencofrado de muros	m2	1,684.21	39.34	S/ 66,256.82	
Curado del concreto	m2	1,684.21	2.11	S/ 3,546.80	

Nota: Elaboración propia.

Según la comparación realizada, las partidas de concreto, encofrado y curado serían en total 64,201.64 soles más económicos en la edificación con arriostramiento de acero.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Primera: El arriostramiento óptimo en estructuras de concreto armado es de configuración tipo V invertida y de sección de riostra tubular circular según el estudio de la configuración geométrica y la sección de las riostras de acero sobre la respuesta sísmica.

Segunda: La respuesta sísmica en pórticos de concreto armado arriostrados es influenciada por: la configuración del arriostramiento, las dimensiones de los elementos resistentes a fuerzas laterales de acero y de concreto armado.

Tercera: Del análisis comparativo de resultados de diseño paramétrico de los pórticos arriostrados en configuración X y V invertida, podemos concluir que, a menor relación entre la inercia de la columna y la inercia las de riostras, los elementos de concreto armado presentan menores esfuerzos; sin embargo, las riostras de acero están más esforzadas. Caso contrario con una relación de inercias mayor, los elementos de concreto armado presentan mayores esfuerzos, las riostras de acero estarán menos esforzadas. Por lo tanto, se recomienda una relación de inercias entre 700 y 1500 para lograr que los elementos de arriostramiento y de concreto armado trabajen en conjunto ante fuerzas laterales.

Cuarta: En un sistema de arriostramiento se debe controlar el pandeo de los arriostres producidos por la compresión, es decir, se debe verificar la resistencia a compresión de los arriostres para que el sistema tenga la resistencia necesaria a fuerzas laterales. Por lo tanto, para definir la configuración más ventajosa se determinará tomando en cuenta el % de capacidad a compresión de las riostras. Concluyendo que la configuración más ventajosa es V invertida ya que las riostras en V invertida están a un menor % de capacidad a compresión, es decir que el pórtico en V invertida tendrá mayor resistencia a fuerzas laterales.

Quinta: El estudio paramétrico de la sección de la riostra permitió la elaboración de ábacos que facilitarán al diseñador la elección de la sección de riostras por su capacidad de resistencia a compresión logrando un proceso de diseño eficiente.

- Sexta:** El presente estudio define como óptima la sección tubular circular al compararla con la sección tubular rectangular ya que, entre dos secciones del mismo espesor y misma área, presentará mayor resistencia a la compresión, y entre dos secciones del mismo espesor y misma inercia, presentará un menor peso por metro lineal, por lo tanto, menor costo.
- Séptima:** En el ejemplo de aplicación del sistema de arriostramiento óptimo a un edificio, se puede concluir que, el uso de un sistema de arriostramiento de acero permite un aumento de rigidez lateral en la edificación y menores desplazamientos laterales.
- Octava:** En el ejemplo de aplicación del sistema de arriostramiento óptimo a un edificio, se puede concluir que los últimos niveles presentan menor fuerza de compresión en los elementos de arriostramiento pudiendo tener secciones menores a las de los primeros niveles.
- Novena:** En el ejemplo de aplicación del sistema de arriostramiento óptimo a un edificio, se puede concluir que los pórticos con menos crujías, es decir, menor cantidad de riostras, presentan mayor fuerza de compresión en los elementos de arriostramiento debiendo tener secciones mayores que las de los otros pórticos.
- Décima:** En el ejemplo de aplicación del sistema de arriostramiento óptimo a un edificio, al optimizar la estructura, se evidencia una variación mínima del periodo y de la fuerza cortante dinámica.
- Onceava:** En el ejemplo de aplicación del sistema de arriostramiento óptimo a un edificio, al optimizar la estructura, se evidencia una variación mínima de las derivas y de los desplazamientos laterales.
- Doceava:** Al comparar el costo de las partidas de concreto y encofrado de la edificación arriostrada del presente estudio y la edificación actualmente existente (de sistema de muros estructurales en ambas direcciones), se evidencia un ahorro en concreto de S/ 60 857.48 y en encofrado de S/ 3,344.16, resultando en S/ 64,201.64 menos de costo.

7.2. Recomendaciones

- Primera.** Se recomienda realizar un análisis no lineal de pórticos arriostrados concéntricamente para evaluar el desempeño sísmico de la estructura, además de analizar el comportamiento histórico de las riostras de acero.
- Segunda.** Se recomienda un análisis económico total del sistema arriostrado frente al sistema de muros (edificación existente), ya que no sólo las partidas de concreto armado y encofrado resultarían menores, sino también la partida de acero de refuerzo, ya que al contar con riostras que permitan el aumento de rigidez lateral en la edificación, se requerirá menor cantidad de acero de refuerzo.
- Tercera.** Se recomienda un análisis minucioso del proceso constructivo y una programación de ejecución de obra para determinar la ventaja en el tiempo y en el costo indirecto que supondría el uso de riostras de acero como sistema estructural frente al sistema de muros convencional.
- Cuarta.** Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental del sistema pórticos de concreto armado arriostrados con riostras de acero para evaluar la huella ecológica y determinar la sustentabilidad ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AISC. (2016). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago: AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION.
- ANSI/AISC . (2010). *Specification for Structural Steel Buildings 360-10*. American Institute of Steel Construction .
- Barrios Hernandez, C. (2005). *Thinking parametric design: Introducing parametric Gaudi*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Begliardo, H., Bonelli, M., Gudiño, S., & Fornari, J. (2016). *Integración de Asignaturas en Ingeniería Civil a partir del Diseño Paramétrico de Estructuras y su resolución por elementos finitos*. Córdoba: Asociación Argentina de Mecánica Computacional.
- Bentley Advancing Infrastructure. (2017). *El modelado analítico-físico y la interoperabilidad impulsan los avances en BIM*. Bentley.
- Blanco Blasco, A. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima: Capitulo de Ingenieria Civil.
- Bruneau, M., Sabelli, R., & Uang, C.-M. (2011). *Ductile Design Steel Structures*. Mc Graw Hill.
- Caballero Romero, A. (2014). *Metodología Integral innovadora para planes y tesis*. México: Cengage learning.
- Caparo Peña, M. (2020). *Proyecto de estructuras modulares y paramétricas en un entorno integrado Grasshopper - Sofistik*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- CAPECO. (2003). *Costos y presupuestos en edificación*. Lima: CAPECO.
- Cavieres, A. (2007). *Diseño paramétrico orientado a la performance*. Santiago de Chile: Revista de Arquitectura Chile.
- Christensen , P., & Klarbring, A. (2009). *An Introduction to Structural Optimization*. Holanda: Springer.
- Cisneros Cantú, M. (2020). *Optimización de estructuras de acero utilizando diseño paramétrico y algoritmos genéticos en un entorno BIM*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunia .

- Concha Tejada, J. C. (2019). *Comparación estructural y económica de un sistema de muros de concreto armado y de un sistema de pórticos de concreto armado arriostrados con perfiles de acero*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Crisafulli, F. J. (2014). *Diseño Sismorresistente de Construcciones de Acero*. Argentina: Asociación Latinoamericana del Acero.
- Davis, D., Burry, J., & Burry, M. (2011). *Understanding Visual Scripts: Improving collaboration through modular programming*. Londres: International Journal of Architectural Computing.
- Duran Vicencio, A. J. (2017). *Estado del arte de arriostramientos en estructuras de acero*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Farez, J., Lordella, P., & Fostel, J. (2019). *Diseño estructural paramétrico*. La Plata, Argentina: Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP.
- Fernández Saiz, M., Culasso, G., Ghezan, N., & Klein, K. (2017). *Diseño Paramétrico como herramienta de diseño estructural*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- García Alvarado, R., & Lyon Gottlieb, A. (2013). *Diseño paramétrico en arquitectura; método, técnicas y aplicaciones*. Santiago de Chile: Proyecto Fondecyt.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.C: Mc. Graw Hill.
- Holzer, D., Hough, R., & Burry, M. (2008). *Parametric Design and Structural Optimisation for early Design exploration*. California: International Journal of Architectural Computing.
- Karp, R., & Taylor, J. (2017). *El modelado analítico-físico y la interoperabilidad impulsan los avances BIM*. Bentley.
- Mahmoudi, M., & Zaree, M. (2010). Evaluating response modification factors of concentrically braced steel frames. *Journal of Constructional Steel Research*.
- McCormac, J., & Csernak, S. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. Alfaomega.
- MIC Ingeniería y Construcción. (n.d.). *Arriostramiento, Marcos estructurales arriostrados o Riostras*. Bogotá.
- Muttio, E., Botello, S., & Tapia, M. (2017). *Modelado Paramétrico mediante Programación*

visual en el diseño y análisis estructural de edificios. Mexico: SCIPEDIA Revista Mexicana de Métodos Numéricos.

Nassani, D. E., Hussein, A. K., & Mohammed, A. H. (2017). Comparative Response Assessment of Steel Frames with different Bracing Systems Under Seismic Effect. *Structures*, 229-242.

Ottazi Pasino, G. (2012). *Apuntes del curso Concreto Armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Rey Rey, J. (2014). *Aplicación de algoritmos paramétricos en el diseño estructural. La Ópera de Sídney desde una perspectiva contemporánea*. Informes de la Contrucción.

RNE E.030. (2018). *Norma Diseño sismorresistente*. Perú: RNE.

RNE E.060. (2020). *Norma de Concreto Armado*. Lima, Peru: RNE.

Sacks, R., & Barak, R. (2007). *Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice*. Israel: Faculty of Civil and Env. Engineering, Technion-Israel Institute of Technology.

Salcedo , P. (2012). *Análisis Paramétrico de Volúmenes Arquitectónicos con Algoritmos Genéticos*. Chile: Hábitat Sustentable.

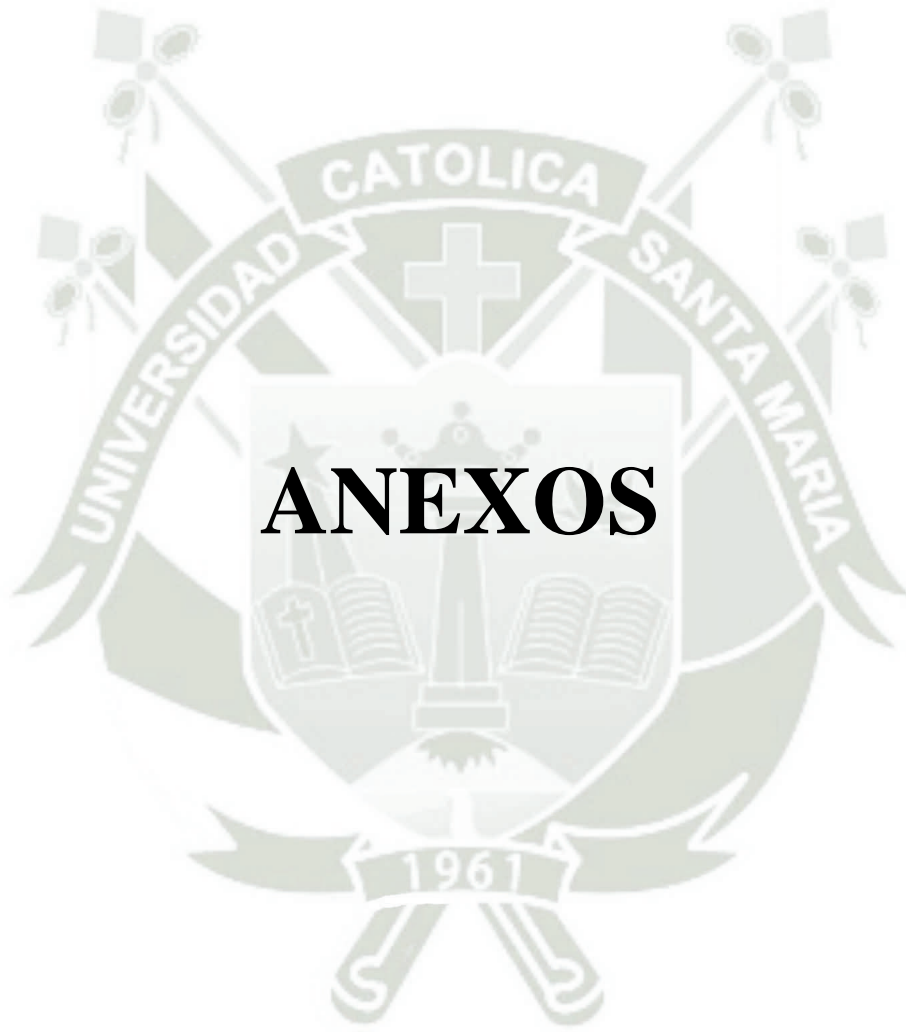
Sanchez Caballero, S. (2012). *Optimización estructural y topologica de estructuras morfológicamente no definidas mediante algoritmos geneticos*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

Tavera, H. (2014). *Instituto Geofísico del Peru*. Retrieved from www.indeci.gob.pe

Teresko, J. (1993). *Changing the way products are designed*. Parametric Technology Corporation.

Turker, T., & Bayraktar, A. (2011). Experimental and numerical investigation of brace configuration effects on steel structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 854-865.

Woodbury, R. (2010). *Elements of parametric design*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.



ANEXOS



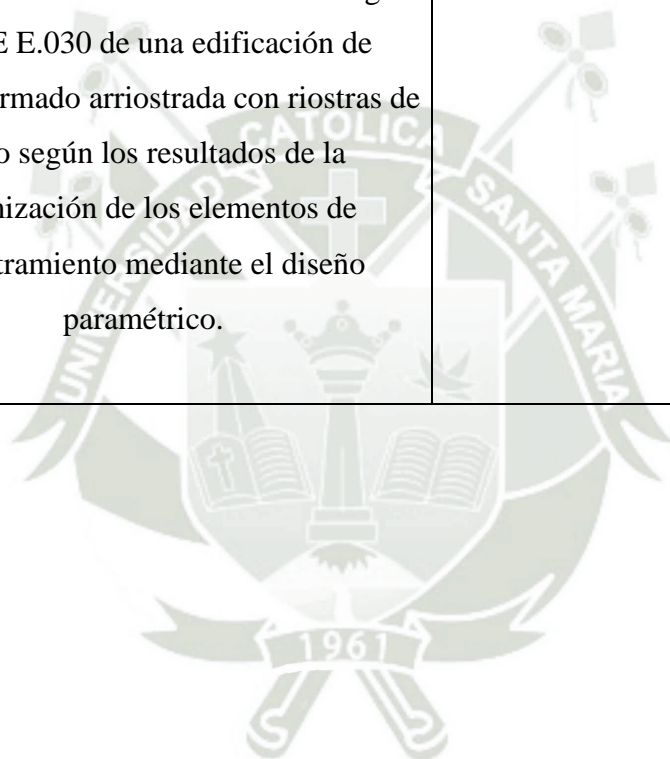
ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

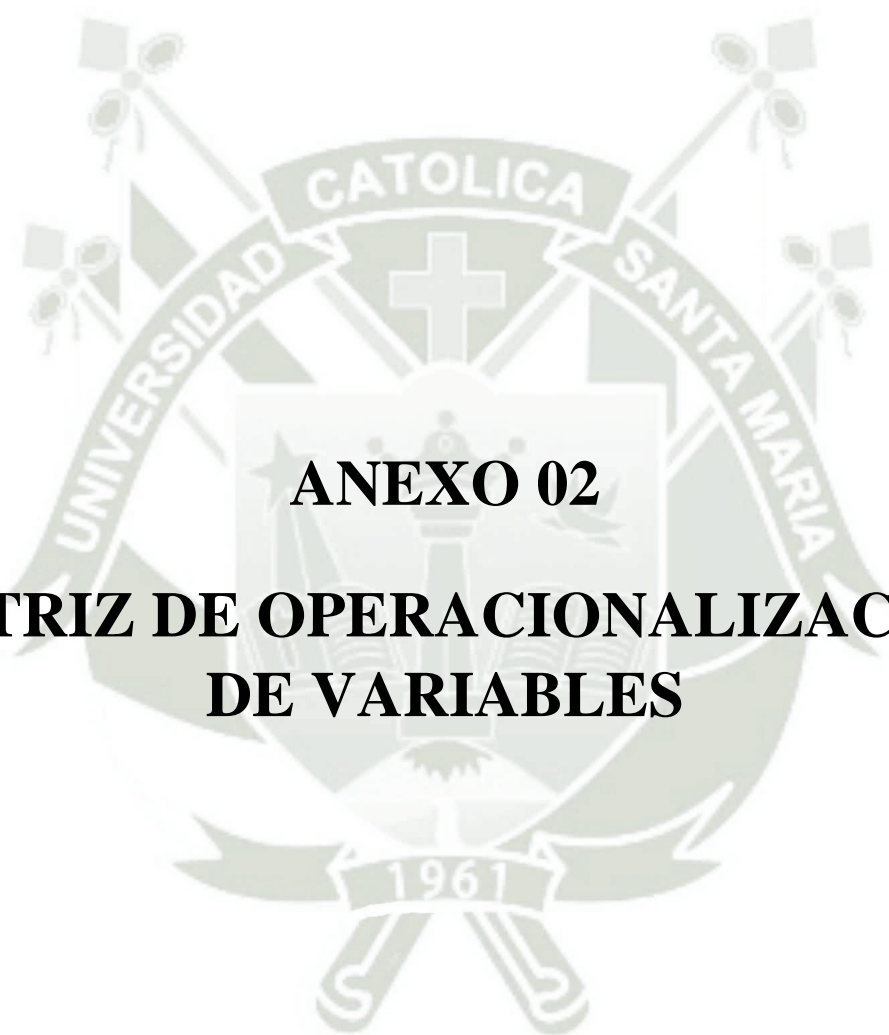
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología de investigación
<p>¿Cuál es el sistema de arriostramiento óptimo en estructuras arriostradas de concreto armado de acuerdo a un estudio de la influencia de la configuración geométrica y sección de las riostras sobre la respuesta sísmica?</p>	<p>Determinar el sistema de arriostramiento óptimo en estructuras aporticadas de concreto armado de acuerdo a la influencia de la configuración geométrica y sección de las riostras de acero sobre la respuesta sísmica.</p>	<p>Es probable que al estudiar la influencia de la configuración geométrica y sección de los elementos de arriostramiento de pórticos arriostrados a través de un diseño paramétrico se obtenga resultados con los cuales se pueda disponer del sistema de arriostramiento óptimo; en consecuencia,</p>	<p>VARIABLE I: Sistema de Arriostramiento</p>	<p>De diseño no experimental, de tipo transeccional y de nivel correlacional-causal</p>
<p>¿Cuáles son las condiciones iniciales y parámetros geométricos que influyan con la respuesta sísmica de una estructura aporticada arriostrada?</p>	<p>Definir las condicionales iniciales y parámetros geométricos que influyan en la respuesta sísmica de una estructura aporticada arriostrada.</p>			

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología de investigación
¿Cuál es proceso para desarrollar el diseño paramétrico del sistema de arriostramiento de acero de pórticos arriostrados de concreto armado?	Desarrollar el diseño paramétrico estructural de las estructuras arriostradas asociado a la variación paramétrica de la configuración geométrica de los elementos de arriostramiento de acero.	estructuras funcionales sismorresistentes sin sobredimensionar elementos.		
¿Cuáles serán los resultados del diseño paramétrico estructural para obtener la configuración de arriostramiento óptima?	Obtener e interpretar los resultados del diseño paramétrico para obtener la configuración de arriostramiento óptima.		VARIABLE II: Respuesta sísmica del sistema	De acuerdo a los datos a analizarse tiene un enfoque cuantitativo y de hipótesis correlacional-causal
¿Cuáles serán los resultados del diseño paramétrico estructural para obtener la sección de arriostramiento óptima?	Obtener e interpretar los resultados del diseño paramétrico para obtener la sección de riostra óptima.			

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología de investigación
<p>¿Cómo se realiza el análisis sismorresistente según la NTE E.030 de una edificación de concreto armado arriostrada con riostras de acero según los resultados de la optimización de los elementos de arriostramiento mediante el diseño paramétrico?</p>	<p>Realizar el análisis sismorresistente según la NTE E.030 de una edificación de concreto armado arriostrada con riostras de acero según los resultados de la optimización de los elementos de arriostramiento mediante el diseño paramétrico.</p>			

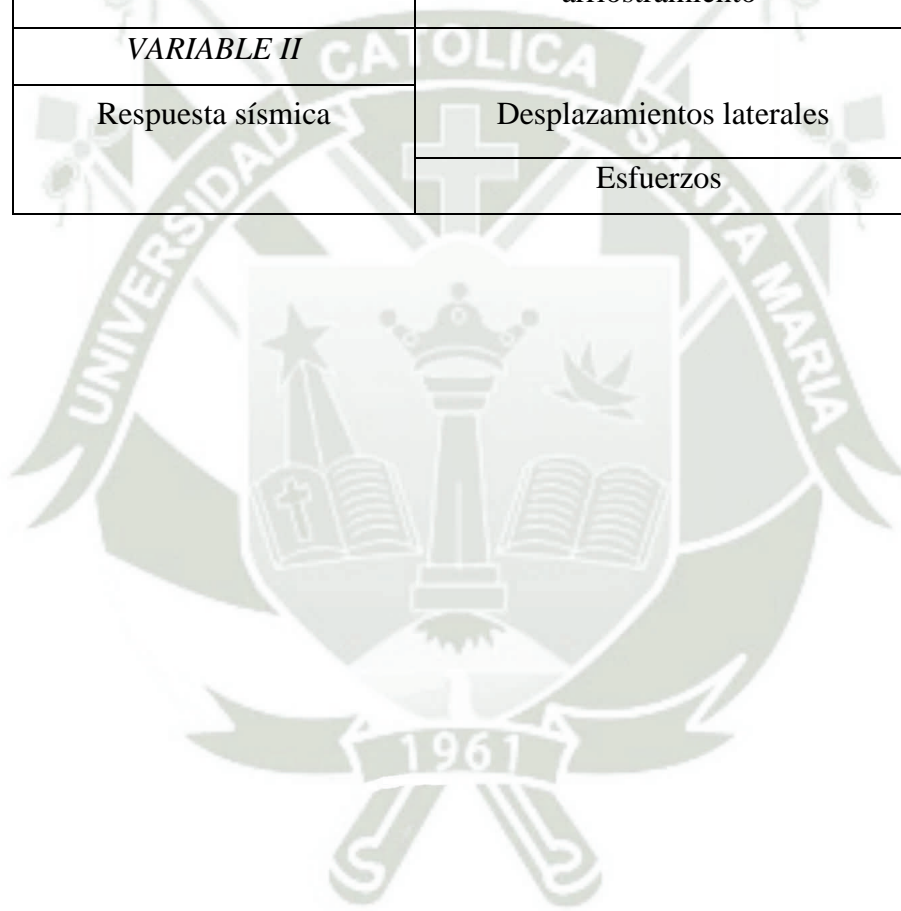




ANEXO 02
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN
DE VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Dimensiones
<i>VARIABLE I</i>	Disposición geométrica de elementos de arriostramiento
Sistema de Arriostramiento Parametrizado	Sección de los elementos de arriostramiento
<i>VARIABLE II</i>	
Respuesta sísmica	Desplazamientos laterales
	Esfuerzos





ANEXO 03
AUTORIZACIÓN DE USO DE
PROYECTO



AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE PROYECTOS

Arequipa, 29 de abril del 2022

Conste por el presente documento la autorización de uso de la información de los siguientes proyectos:

1. Edificio de Oficinas Parra
2. Ampliación de Estacionamientos Parra

En calidad de representante de la empresa **CARMEN INMUEBLES S.A** con RUC N° 20120788389, su Gerente General el Sr. Mayo Ricardo Canedo Abuapara identificado con D.N.I. N°41800647, autoriza el uso de la información correspondiente de los proyectos en mención a la Bachiller Ana Lucía Vargas Yuca y al Bachiller Paolo Medrano Zúñiga para la elaboración de su proyecto de investigación titulado: **“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA DISPOSICIÓN GEOMÉTRICA Y LA DISTRIBUCIÓN DE LAS RIOSTRAS SOBRE LA RESPUESTA SISMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO”** de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María. El objetivo principal será promover la investigación y el aprendizaje que pueda obtenerse para futuros proyectos.



Mayo Canedo Abuapara
GERENTE GENERAL
CARMEN INMUEBLES S.A.

Mayo Ricardo Canedo Abuapara

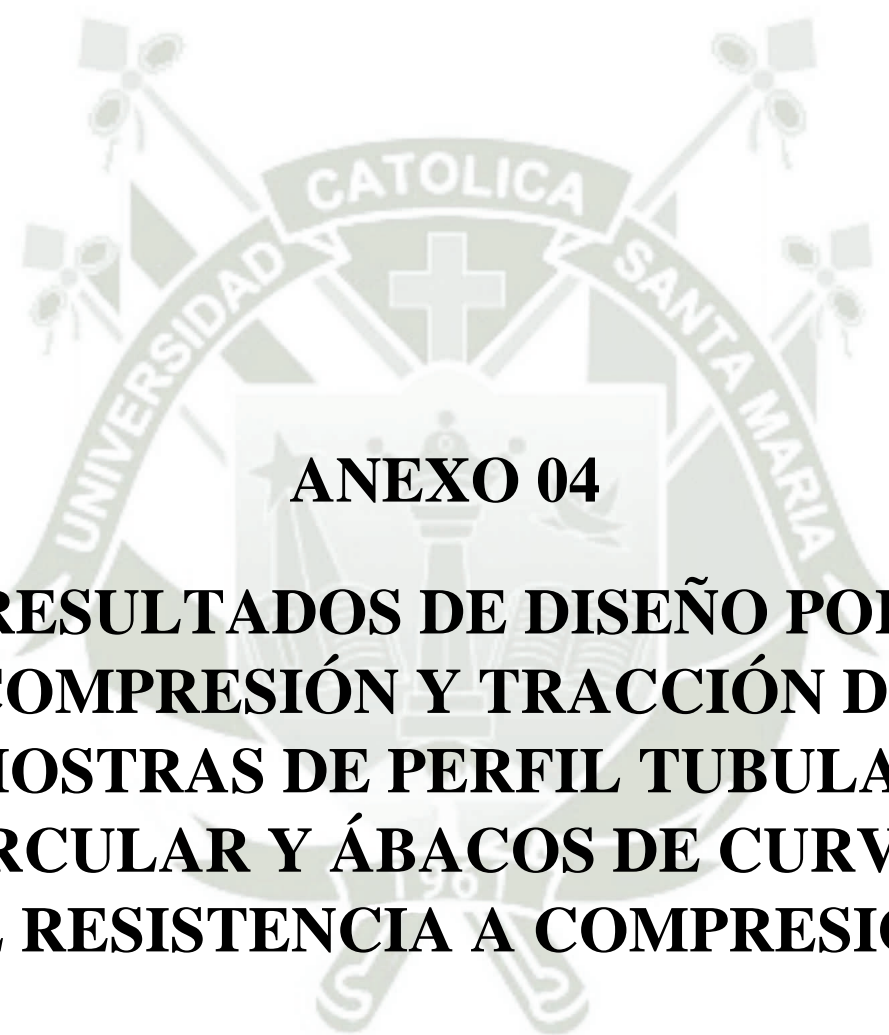
Gerente General



Ing. José María Díaz Valdivia
GERENTE DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
CARMEN INMUEBLES S.A.

José María Díaz Valdivia

Gerente de Ingeniería y Construcción



ANEXO 04

**RESULTADOS DE DISEÑO POR
COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE
RIOSTRAS DE PERFIL TUBULAR
CIRCULAR Y ÁBACOS DE CURVAS
DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

ANEXO 04: FUERZA DE COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE RIOSTRAS DE PERFIL TUBULAR CIRCULAR

Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Diametro (plg)	Espesor (plg)	D/t	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.625	0.116	82.97	3.47	39.173	3.36	23.42	40.609	59.405	57.438
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.625	0.116	82.97	3.47	39.173	3.36	46.84	36.706	59.405	51.917
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.625	0.116	82.97	3.47	39.173	3.36	70.26	31.016	59.405	43.869
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.625	0.116	82.97	3.47	39.173	3.36	93.68	24.501	59.405	34.654
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.625	0.116	82.97	3.47	39.173	3.36	117.10	18.093	59.405	25.591
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.625	0.174	55.32	5.17	57.702	3.34	23.56	40.592	88.565	85.596
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.625	0.174	55.32	5.17	57.702	3.34	47.12	36.646	88.565	77.274
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.625	0.174	55.32	5.17	57.702	3.34	70.68	30.902	88.565	65.163
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.625	0.174	55.32	5.17	57.702	3.34	94.24	24.341	88.565	51.328
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.625	0.174	55.32	5.17	57.702	3.34	117.80	17.909	88.565	37.765
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.625	0.260	37.02	7.65	83.925	3.31	23.77	40.567	131.134	126.660
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.625	0.260	37.02	7.65	83.925	3.31	47.54	36.556	131.134	114.135
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.625	0.260	37.02	7.65	83.925	3.31	71.32	30.732	131.134	95.952
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.625	0.260	37.02	7.65	83.925	3.31	95.09	24.103	131.134	75.255
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.625	0.260	37.02	7.65	83.925	3.31	118.86	17.636	131.134	55.065
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.625	0.465	20.70	13.38	140.707	3.24	24.28	40.506	229.394	221.235
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.625	0.465	20.70	13.38	140.707	3.24	48.56	36.336	229.394	198.460
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.625	0.465	20.70	13.38	140.707	3.24	72.85	30.318	229.394	165.590
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.625	0.465	20.70	13.38	140.707	3.24	97.13	23.529	229.394	128.512
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.625	0.465	20.70	13.38	140.707	3.24	121.41	16.985	229.394	92.768
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.625	0.116	74.35	3.10	28.069	3.01	26.17	40.270	53.158	50.968
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.625	0.116	74.35	3.10	28.069	3.01	52.34	35.495	53.158	44.925
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.625	0.116	74.35	3.10	28.069	3.01	78.51	28.762	53.158	36.404
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.625	0.116	74.35	3.10	28.069	3.01	104.68	21.426	53.158	27.118
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.625	0.116	74.35	3.10	28.069	3.01	130.86	14.659	53.158	18.554
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.625	0.174	49.57	4.62	41.259	2.99	26.35	40.247	79.194	75.888
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.625	0.174	49.57	4.62	41.259	2.99	52.70	35.415	79.194	66.776
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.625	0.174	49.57	4.62	41.259	2.99	79.04	28.615	79.194	53.956
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.625	0.174	49.57	4.62	41.259	2.99	105.39	21.232	79.194	40.033
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.625	0.174	49.57	4.62	41.259	2.99	131.74	14.464	79.194	27.272
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.625	0.260	33.17	6.83	59.821	2.96	26.61	40.212	117.131	112.146
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.625	0.260	33.17	6.83	59.821	2.96	53.22	35.293	117.131	98.427
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.625	0.260	33.17	6.83	59.821	2.96	79.83	28.395	117.131	79.190
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.625	0.260	33.17	6.83	59.821	2.96	106.44	20.942	117.131	58.404
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.625	0.260	33.17	6.83	59.821	2.96	133.06	14.178	117.131	39.541
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.625	0.465	18.55	11.92	99.539	2.89	27.25	40.128	204.351	195.241
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.625	0.465	18.55	11.92	99.539	2.89	54.50	34.997	204.351	170.277
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.625	0.465	18.55	11.92	99.539	2.89	81.75	27.861	204.351	135.560
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.625	0.465	18.55	11.92	99.539	2.89	108.99	20.247	204.351	98.513
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.625	0.465	18.55	11.92	99.539	2.89	136.24	13.523	204.351	65.795
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.500	0.116	64.66	2.69	18.344	2.61	30.16	39.718	46.130	43.624
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.500	0.116	64.66	2.69	18.344	2.61	60.31	33.590	46.130	36.893
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.500	0.116	64.66	2.69	18.344	2.61	90.47	25.405	46.130	27.903
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.500	0.116	64.66	2.69	18.344	2.61	120.63	17.183	46.130	18.873
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.500	0.116	64.66	2.69	18.344	2.61	150.79	11.040	46.130	12.126
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.500	0.174	43.10	4.00	26.882	2.59	30.39	39.684	68.651	64.865
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.500	0.174	43.10	4.00	26.882	2.59	60.78	33.474	68.651	54.714
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.500	0.174	43.10	4.00	26.882	2.59	91.17	25.207	68.651	41.202
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.500	0.174	43.10	4.00	26.882	2.59	121.57	16.946	68.651	27.699
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.500	0.174	43.10	4.00	26.882	2.59	151.96	10.871	68.651	17.769
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.500	0.260	28.85	5.91	38.798	2.56	30.74	39.632	101.378	95.662
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.500	0.260	28.85	5.91	38.798	2.56	61.48	33.298	101.378	80.374
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.500	0.260	28.85	5.91	38.798	2.56	92.22	24.911	101.378	60.128
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.500	0.260	28.85	5.91	38.798	2.56	122.97	16.593	101.378	40.052
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.500	0.260	28.85	5.91	38.798	2.56	153.71	10.625	101.378	25.645
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.500	0.465	16.13	10.28	63.856	2.49	31.59	39.503	176.177	165.704
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.500	0.465	16.13	10.28	63.856	2.49	63.18	32.869	176.177	137.875
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.500	0.465	16.13	10.28	63.856	2.49	94.77	24.194	176.177	101.486
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.500	0.465	16.13	10.28	63.856	2.49	126.35	15.722	176.177	65.951
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.500	0.465	16.13	10.28	63.856	2.49	157.94	10.062	176.177	42.208
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	0.116	60.34	2.51	14.865	2.43	32.35	39.386	43.006	40.329
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	0.116	60.34	2.51	14.865	2.43	64.69	32.480	43.006	33.258
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	0.116	60.34	2.51	14.865	2.43	97.04	23.554	43.006	24.118
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	0.116	60.34	2.51	14.865	2.43	129.39	14.993	43.006	15.353
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	0.116	60.34	2.51	14.865	2.43	161.74	9.596	43.006	9.826
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	0.174	40.23	3.73	21.747	2.41	32.62	39.344	63.966	59.920
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	0.174	40.23	3.73	21.747	2.41	65.23	32.340	63.966	49.254
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	0.174	40.23	3.73	21.747	2.41	97.85	23.327	63.966	35.528
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	0.174	40.23	3.73	21.747	2.41	130.46	14.747	63.966	22.460
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	0.174	40.23	3.73	21.747	2.41	163.08	9.438	63.966	14.374
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	0.260	26.92	5.51	31.308	2.38	33.02	39.280	94.377	88.260
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	0.260	26.92	5.51	31.308	2.38	66.04	32.131	94.377	72.201
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	0.260	26.92	5.51	31.308	2.38	99.06	22.989	94.377	51.659
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	0.260	26.92	5.51	31.308	2.38	132.07	14.390	94.377	32.335
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	0.260	26.92	5.51	31.308	2.38	165.09	9.210	94.377	20.695
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	0.465	15.05	9.55	51.220	2.32	33.99	39.122	163.656	152.443
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	0.465	15.05	9.55	51.220	2.32	67.99	31.620	163.656	123.208
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	0.465	15.05	9.55	51.220	2.32	101.98	22.174	163.656	86.402
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	0.465	15.05	9.55	51.220	2.32	135.97	13.576	163.656	52.901
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	0.465	15.05	9.55	51.220	2.32	169.97	8.689	163.656	33.857
42.00													

Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Diametro (plg)	Espesor (plg)	D/t	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fer (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.875	0.174	39.51	3.66	20.574	2.37	66.45	32.024	62.795	47.879
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.875	0.174	39.51	3.66	20.574	2.37	99.67	22.817	62.795	34.114
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.875	0.174	39.51	3.66	20.574	2.37	132.90	14.212	62.795	21.249
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.875	0.174	39.51	3.66	20.574	2.37	166.12	9.096	62.795	13.599
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.875	0.260	26.44	5.40	29.600	2.34	33.64	39.180	92.627	86.407
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.875	0.260	26.44	5.40	29.600	2.34	67.28	31.805	92.627	70.143
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.875	0.260	26.44	5.40	29.600	2.34	100.92	22.468	92.627	49.550
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.875	0.260	26.44	5.40	29.600	2.34	134.57	13.862	92.627	30.571
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.875	0.260	26.44	5.40	29.600	2.34	168.21	8.872	92.627	19.566
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.875	0.465	14.78	9.36	48.347	2.27	34.65	39.014	160.526	149.112
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.875	0.465	14.78	9.36	48.347	2.27	69.31	31.270	160.526	119.514
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.875	0.465	14.78	9.36	48.347	2.27	103.96	21.626	160.526	82.654
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.875	0.465	14.78	9.36	48.347	2.27	138.61	13.064	160.526	49.933
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.875	0.465	14.78	9.36	48.347	2.27	173.27	8.361	160.526	31.957
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.250	0.116	53.88	2.24	10.517	2.17	36.30	38.735	38.321	35.342
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.250	0.116	53.88	2.24	10.517	2.17	72.60	30.384	38.321	27.723
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.250	0.116	53.88	2.24	10.517	2.17	108.90	20.272	38.321	18.496
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.250	0.116	53.88	2.24	10.517	2.17	145.20	11.905	38.321	10.862
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.250	0.116	53.88	2.24	10.517	2.17	181.51	7.619	38.321	6.952
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.250	0.174	35.92	3.32	15.340	2.15	36.64	38.676	56.938	52.432
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.250	0.174	35.92	3.32	15.340	2.15	73.28	30.201	56.938	40.942
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.250	0.174	35.92	3.32	15.340	2.15	109.92	19.998	56.938	27.110
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.250	0.174	35.92	3.32	15.340	2.15	146.56	11.687	56.938	15.843
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.250	0.174	35.92	3.32	15.340	2.15	183.20	7.479	56.938	10.140
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.250	0.260	24.04	4.89	21.985	2.12	37.15	38.587	83.875	77.060
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.250	0.260	24.04	4.89	21.985	2.12	74.29	29.925	83.875	59.761
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.250	0.260	24.04	4.89	21.985	2.12	111.44	19.589	83.875	39.120
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.250	0.260	24.04	4.89	21.985	2.12	148.58	11.370	83.875	22.707
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.250	0.260	24.04	4.89	21.985	2.12	185.73	7.277	83.875	14.532
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.250	0.465	13.44	8.45	35.581	2.05	38.37	38.368	144.874	132.346
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.250	0.465	13.44	8.45	35.581	2.05	76.75	29.250	144.874	100.896
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.250	0.465	13.44	8.45	35.581	2.05	115.12	18.610	144.874	64.192
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.250	0.465	13.44	8.45	35.581	2.05	153.50	10.654	144.874	36.749
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.250	0.465	13.44	8.45	35.581	2.05	191.87	6.818	144.874	23.519
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	0.116	51.72	2.14	9.283	2.08	37.84	38.464	36.759	33.664
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	0.116	51.72	2.14	9.283	2.08	75.69	29.543	36.759	25.856
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	0.116	51.72	2.14	9.283	2.08	113.53	19.031	36.759	16.656
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	0.116	51.72	2.14	9.283	2.08	151.37	10.955	36.759	9.588
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	0.116	51.72	2.14	9.283	2.08	189.21	7.011	36.759	6.136
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	0.174	34.48	3.18	13.524	2.06	38.21	38.398	54.595	49.912
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	0.174	34.48	3.18	13.524	2.06	76.42	29.341	54.595	38.140
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	0.174	34.48	3.18	13.524	2.06	114.63	18.739	54.595	24.359
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	0.174	34.48	3.18	13.524	2.06	152.84	10.745	54.595	13.968
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	0.174	34.48	3.18	13.524	2.06	191.05	6.877	54.595	8.939
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	0.260	23.08	4.69	19.349	2.03	38.76	38.298	80.375	73.290
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	0.260	23.08	4.69	19.349	2.03	77.52	29.037	80.375	55.568
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	0.260	23.08	4.69	19.349	2.03	116.28	18.306	80.375	35.032
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	0.260	23.08	4.69	19.349	2.03	155.04	10.443	80.375	19.984
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	0.260	23.08	4.69	19.349	2.03	193.80	6.683	80.375	12.790
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	0.465	12.90	8.09	31.183	1.96	40.10	38.051	138.613	125.580
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	0.465	12.90	8.09	31.183	1.96	80.19	28.296	138.613	93.385
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	0.465	12.90	8.09	31.183	1.96	120.29	17.271	138.613	56.999
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	0.465	12.90	8.09	31.183	1.96	160.38	9.759	138.613	32.206
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	0.465	12.90	8.09	31.183	1.96	200.48	6.245	138.613	20.612
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.563	0.116	47.96	1.99	7.365	1.93	40.88	37.903	34.029	30.710
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.563	0.116	47.96	1.99	7.365	1.93	81.76	27.859	34.029	22.572
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.563	0.116	47.96	1.99	7.365	1.93	122.63	16.677	34.029	13.512
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.563	0.116	47.96	1.99	7.365	1.93	163.51	9.389	34.029	7.607
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.563	0.116	47.96	1.99	7.365	1.93	204.39	6.009	34.029	4.868
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.563	0.174	31.97	2.95	10.705	1.91	41.31	37.822	50.500	45.476
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.563	0.174	31.97	2.95	10.705	1.91	82.61	27.619	50.500	33.209
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.563	0.174	31.97	2.95	10.705	1.91	123.92	16.347	50.500	19.656
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.563	0.174	31.97	2.95	10.705	1.91	165.22	9.195	50.500	11.056
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.563	0.174	31.97	2.95	10.705	1.91	206.53	5.885	50.500	7.076
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.563	0.260	21.40	4.33	15.263	1.88	41.95	37.698	74.255	66.649
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.563	0.260	21.40	4.33	15.263	1.88	83.89	27.259	74.255	48.194
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.563	0.260	21.40	4.33	15.263	1.88	125.84	15.851	74.255	28.025
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.563	0.260	21.40	4.33	15.263	1.88	167.79	8.916	74.255	15.764
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.563	0.260	21.40	4.33	15.263	1.88	209.73	5.706	74.255	10.089
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.563	0.465	11.96	7.45	24.396	1.81	43.51	37.391	127.669	113.658
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.563	0.465	11.96	7.45	24.396	1.81	87.01	26.382	127.669	80.194
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.563	0.465	11.96	7.45	24.396	1.81	130.52	14.736	127.669	44.793
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.563	0.465	11.96	7.45	24.396	1.81	174.02	8.289	127.669	25.196
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.563	0.465	11.96	7.45	24.396	1.81	217.53	5.305	127.669	16.125
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	0.116	47.41	1.96	7.113	1.90	41.36	37.812	33.635	30.281
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	0.116	47.41	1.96	7.113	1.90	82.71	27.591	33.635	22.096
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.500	0.116	47.41	1.96	7.113	1.90	124.07	16.307	33.635	13.060
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.500	0.116	47.41	1.96	7.113	1.90	165.42	9.173	33.635	7.346
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	0.116	47.41	1.96	7.113	1.90	206.78	5.871	33.635	4.701
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	0.174	31.61	2.91	10.334	1.88	41.79	37.728	49.910	44.832
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	0.174	31.61	2.91	10.334	1.88	83.59	27.346		

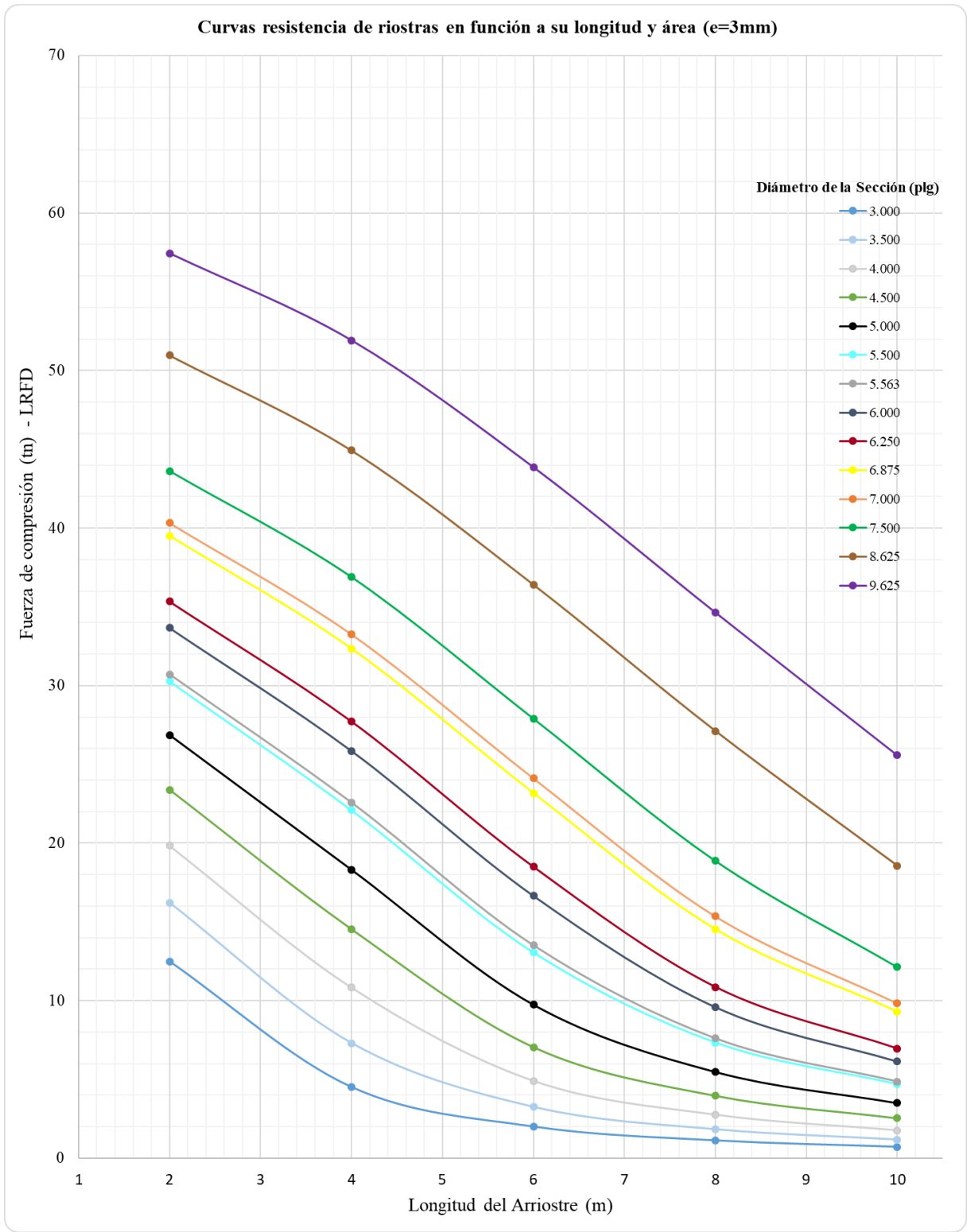
Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Diametro (plg)	Espesor (plg)	D/t	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fer (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	0.260	21.15	4.28	14.726	1.85	212.25	5.572	73.373	9.734
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	0.465	11.83	7.36	23.507	1.79	44.05	37.282	126.091	111.928
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	0.465	11.83	7.36	23.507	1.79	88.09	26.077	126.091	78.289
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.500	0.465	11.83	7.36	23.507	1.79	132.14	14.377	126.091	43.162
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.500	0.465	11.83	7.36	23.507	1.79	176.18	8.087	126.091	24.278
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	0.465	11.83	7.36	23.507	1.79	220.23	5.176	126.091	15.538
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	45.59	36.967	30.512	26.856
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	91.17	25.207	30.512	18.312
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	136.76	13.421	30.512	9.750
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	182.35	7.549	30.512	5.484
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	0.116	43.10	1.78	5.310	1.73	227.94	4.831	30.512	3.510
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	0.174	28.74	2.64	7.690	1.71	46.12	36.857	45.224	39.686
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	0.174	28.74	2.64	7.690	1.71	92.24	24.907	45.224	26.819
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	0.174	28.74	2.64	7.690	1.71	138.35	13.113	45.224	14.120
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	0.174	28.74	2.64	7.690	1.71	184.47	7.376	45.224	7.942
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	0.174	28.74	2.64	7.690	1.71	230.59	4.721	45.224	5.083
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	0.260	19.23	3.87	10.906	1.68	46.91	36.689	66.372	57.980
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	0.260	19.23	3.87	10.906	1.68	93.83	24.458	66.372	38.650
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	0.260	19.23	3.87	10.906	1.68	140.74	12.672	66.372	20.025
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	0.260	19.23	3.87	10.906	1.68	187.66	7.128	66.372	11.264
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	0.260	19.23	3.87	10.906	1.68	234.57	4.562	66.372	7.209
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	0.465	10.75	6.62	17.210	1.61	48.85	36.273	113.570	98.085
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	0.465	10.75	6.62	17.210	1.61	97.71	23.367	113.570	63.186
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	0.465	10.75	6.62	17.210	1.61	146.56	11.686	113.570	31.600
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	0.465	10.75	6.62	17.210	1.61	195.41	6.573	113.570	17.775
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	0.465	10.75	6.62	17.210	1.61	244.27	4.207	113.570	11.376
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	0.116	38.79	1.60	3.841	1.55	50.78	35.848	27.388	23.376
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	0.116	38.79	1.60	3.841	1.55	101.57	22.289	27.388	14.535
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	0.116	38.79	1.60	3.841	1.55	152.35	10.815	27.388	7.052
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	0.116	38.79	1.60	3.841	1.55	203.13	6.083	27.388	3.967
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	0.116	38.79	1.60	3.841	1.55	253.91	3.893	27.388	2.539
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	0.174	25.86	2.36	5.541	1.53	51.44	35.700	40.539	34.458
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	0.174	25.86	2.36	5.541	1.53	102.88	21.924	40.539	21.161
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	0.174	25.86	2.36	5.541	1.53	154.32	10.540	40.539	10.173
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	0.174	25.86	2.36	5.541	1.53	205.76	5.929	40.539	5.723
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	0.174	25.86	2.36	5.541	1.53	257.20	3.794	40.539	3.662
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	0.260	17.31	3.46	7.812	1.50	52.43	35.476	59.371	50.148
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	0.260	17.31	3.46	7.812	1.50	104.86	21.379	59.371	30.221
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	0.260	17.31	3.46	7.812	1.50	157.28	10.147	59.371	14.344
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	0.260	17.31	3.46	7.812	1.50	209.71	5.708	59.371	8.068
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	0.260	17.31	3.46	7.812	1.50	262.14	3.653	59.371	5.164
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	0.465	9.68	5.89	12.156	1.44	54.83	34.918	101.048	84.011
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	0.465	9.68	5.89	12.156	1.44	109.66	20.066	101.048	48.278
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	0.465	9.68	5.89	12.156	1.44	164.50	9.277	101.048	22.319
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	0.465	9.68	5.89	12.156	1.44	219.33	5.218	101.048	12.554
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	0.465	9.68	5.89	12.156	1.44	274.16	3.340	101.048	8.035
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	0.116	34.48	1.42	2.671	1.37	57.31	34.326	24.264	19.831
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	0.116	34.48	1.42	2.671	1.37	114.63	18.739	24.264	10.826
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	0.116	34.48	1.42	2.671	1.37	171.94	8.490	24.264	4.905
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	0.116	34.48	1.42	2.671	1.37	229.26	4.776	24.264	2.759
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	0.116	34.48	1.42	2.671	1.37	286.57	3.056	24.264	1.766
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	0.174	22.99	2.09	3.835	1.35	58.15	34.124	35.853	29.130
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	0.174	22.99	2.09	3.835	1.35	116.30	18.301	35.853	15.623
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	0.174	22.99	2.09	3.835	1.35	174.45	8.248	35.853	7.041
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	0.174	22.99	2.09	3.835	1.35	232.60	4.640	35.853	3.961
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	0.174	22.99	2.09	3.835	1.35	290.75	2.969	35.853	2.535
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	0.260	15.38	3.05	5.367	1.33	59.40	33.816	52.369	42.165
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	0.260	15.38	3.05	5.367	1.33	118.81	17.649	52.369	22.007
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	0.260	15.38	3.05	5.367	1.33	178.21	7.903	52.369	9.855
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	0.260	15.38	3.05	5.367	1.33	237.62	4.446	52.369	5.543
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	0.260	15.38	3.05	5.367	1.33	297.02	2.845	52.369	3.548
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	0.465	8.60	5.16	8.206	1.26	62.46	33.050	88.527	69.663
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	0.465	8.60	5.16	8.206	1.26	124.93	16.084	88.527	33.901
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	0.465	8.60	5.16	8.206	1.26	187.39	7.148	88.527	15.067
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	0.465	8.60	5.16	8.206	1.26	249.85	4.021	88.527	8.475
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	0.465	8.60	5.16	8.206	1.26	312.32	2.573	88.527	5.424
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.500	0.116	30.17	1.23	1.767	1.20	65.77	32.200	21.141	16.208
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.500	0.116	30.17	1.23	1.767	1.20	131.55	14.505	21.141	7.301
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.500	0.116	30.17	1.23	1.767	1.20	197.32	6.447	21.141	3.245
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.500	0.116	30.17	1.23	1.767	1.20	263.10	3.626	21.141	1.825
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.500	0.116	30.17	1.23	1.767	1.20	328.87	2.321	21.141	1.168
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.500	0.174	20.11	1.82	2.521	1.18	66.87	31.914	31.168	23.683
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.500	0.174	20.11	1.82	2.521	1.18	133.74	14.034	31.168	10.415
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.500	0.174	20.11	1.82	2.521	1.18	200.61	6.237	31.168	4.629
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.500	0.174	20.11	1.82	2.521	1.18	267.48	3.509	31.168	2.604
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.500	0.174	20.11	1.82	2.521	1.18	334.34	2.245	31.168	1.666
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.500	0.260	13.46	2.65	3.495	1.15	68.52	31.479	45.368	34.004
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.500	0.260	13.46	2.65	3.495	1.15	137.04	13.367	45.368	14.439
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.500	0.260	13.46	2.65	3.495	1.15	205.55	5.941	45.368	6.417
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.500	0.260	13.46	2.65	3.495	1.15	274.07	3.342	45.368	3.610
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.500	0.260	13.46	2.65	3.495	1.15	342.59	2.139	45.368	2.310
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.500	0.465	7.53							

Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Diametro (plg)	Espesor (plg)	D/t	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fer (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	0.116	25.86	1.05	1.094	1.02	231.48	4.685	18.017	2.010
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	0.116	25.86	1.05	1.094	1.02	308.64	2.635	18.017	1.130
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	0.116	25.86	1.05	1.094	1.02	385.80	1.686	18.017	0.723
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.000	0.174	17.24	1.54	1.548	1.00	78.66	28.722	26.482	18.110
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.000	0.174	17.24	1.54	1.548	1.00	157.32	10.142	26.482	6.395
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	0.174	17.24	1.54	1.548	1.00	235.98	4.508	26.482	2.842
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	0.174	17.24	1.54	1.548	1.00	314.63	2.536	26.482	1.599
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	0.174	17.24	1.54	1.548	1.00	393.29	1.623	26.482	1.023
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.000	0.260	11.54	2.24	2.119	0.97	80.92	28.093	38.367	25.663
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.000	0.260	11.54	2.24	2.119	0.97	161.84	9.584	38.367	8.755
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	0.260	11.54	2.24	2.119	0.97	242.75	4.260	38.367	3.891
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	0.260	11.54	2.24	2.119	0.97	323.67	2.396	38.367	2.189
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	0.260	11.54	2.24	2.119	0.97	404.59	1.533	38.367	1.401
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.000	0.465	6.45	3.70	3.075	0.91	86.41	26.551	63.484	40.132
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.000	0.465	6.45	3.70	3.075	0.91	172.82	8.404	63.484	12.703
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	0.465	6.45	3.70	3.075	0.91	259.24	3.735	63.484	5.646
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	0.465	6.45	3.70	3.075	0.91	345.65	2.101	63.484	3.176
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	0.465	6.45	3.70	3.075	0.91	432.06	1.345	63.484	2.032

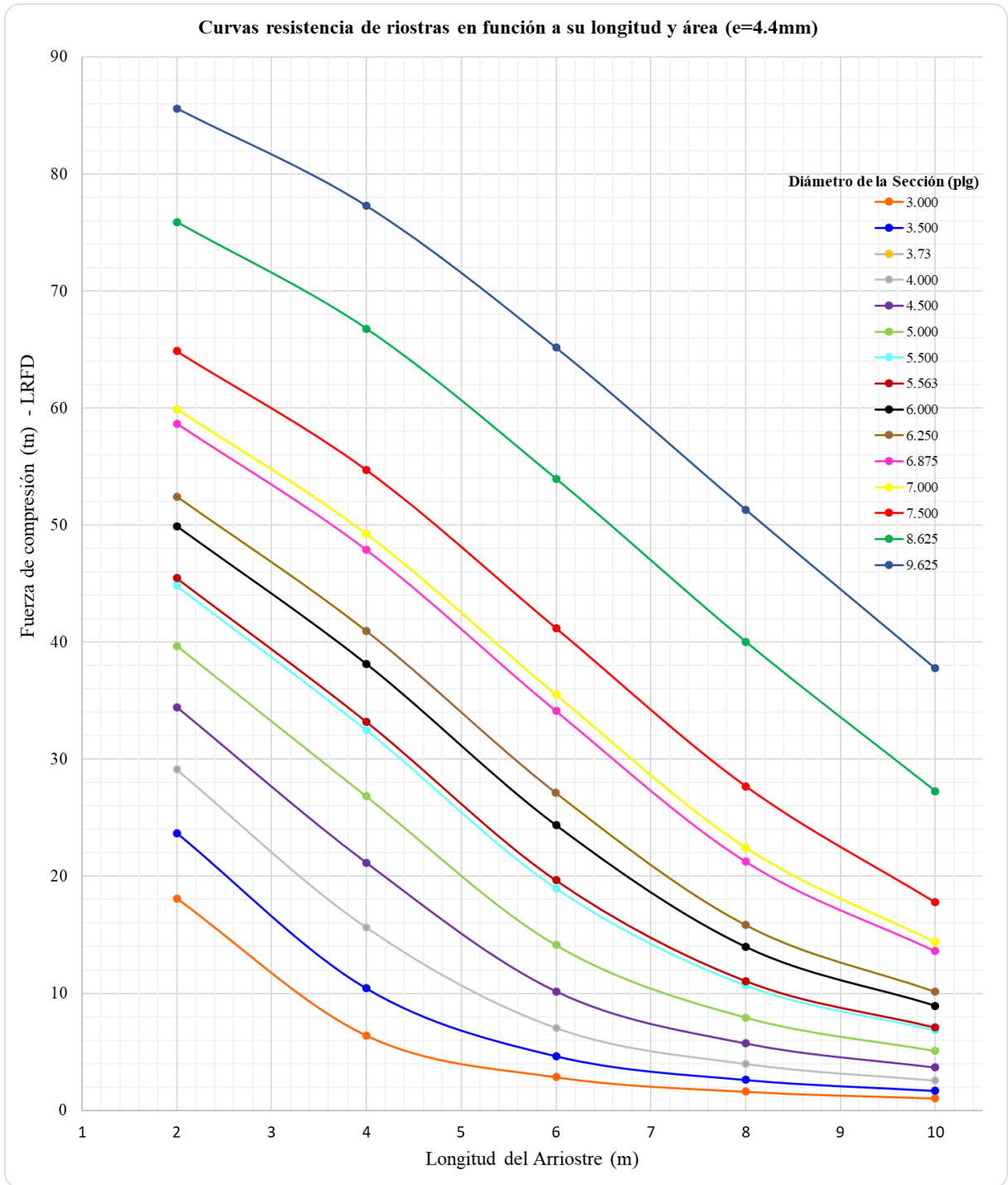


ÁBACOS DE CURVAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA SECCIÓN TUBULAR CIRCULAR

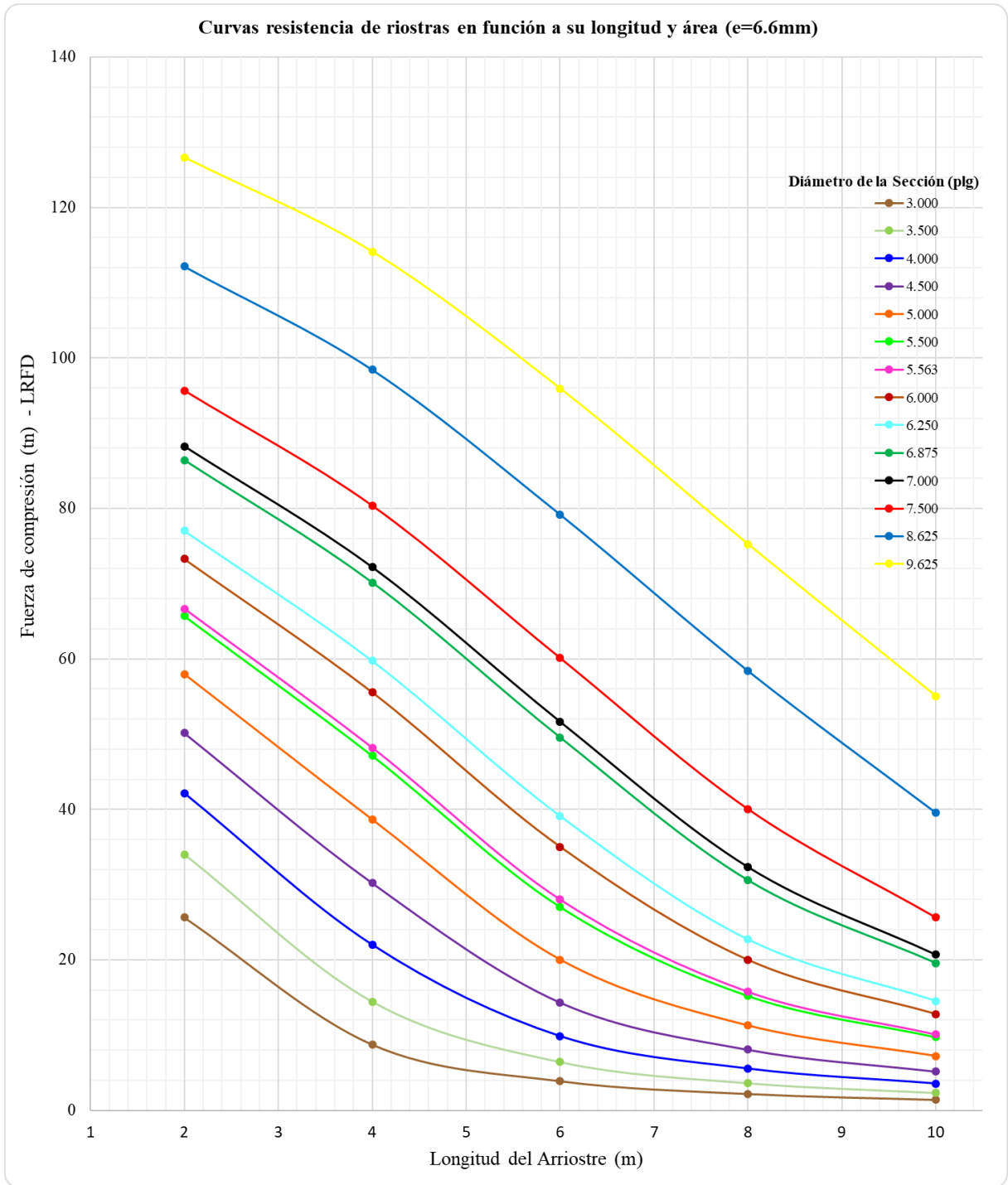
Ábaco 01: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor 3 milímetros.



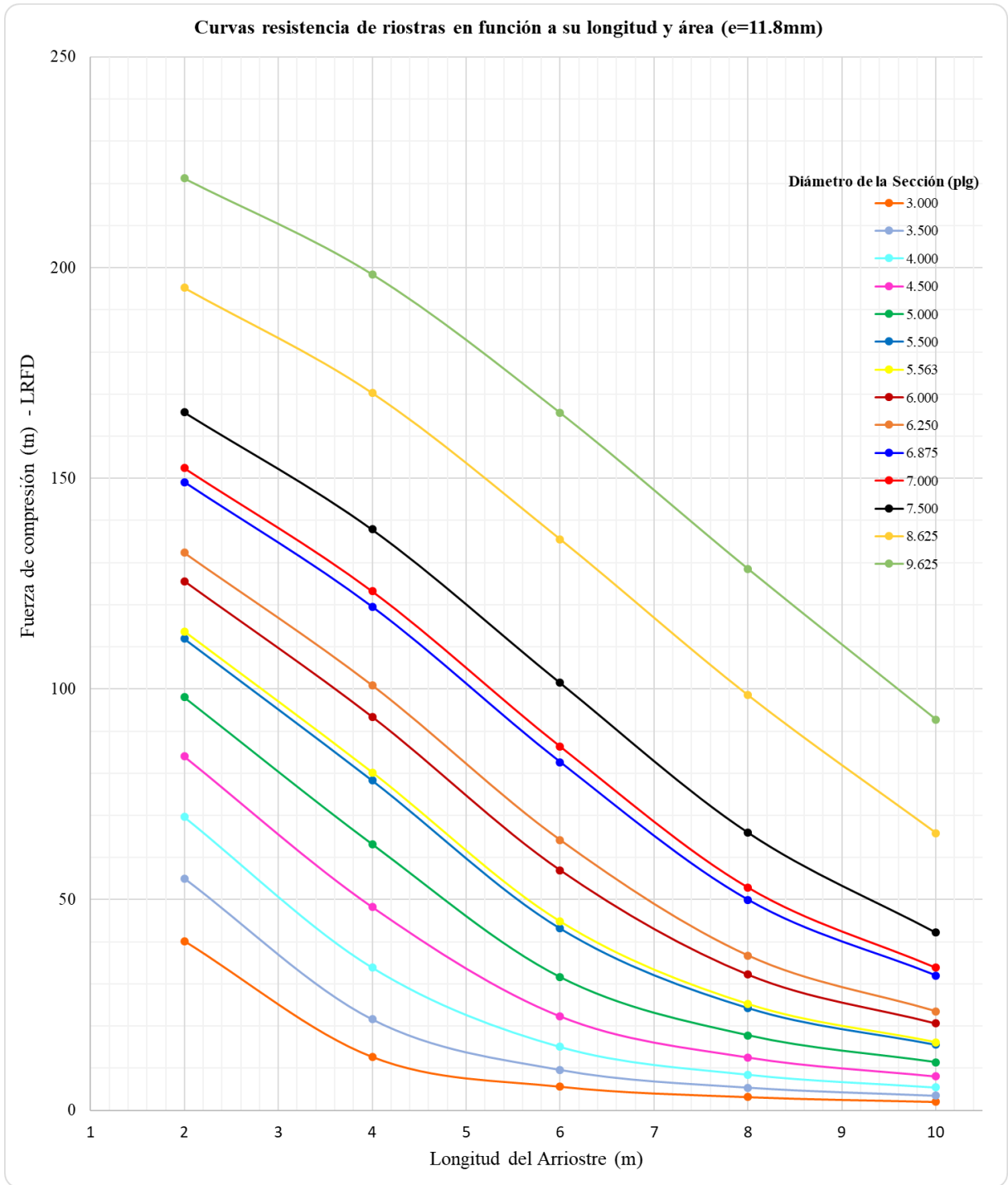
Ábaco 02: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor 4.4 milímetros.

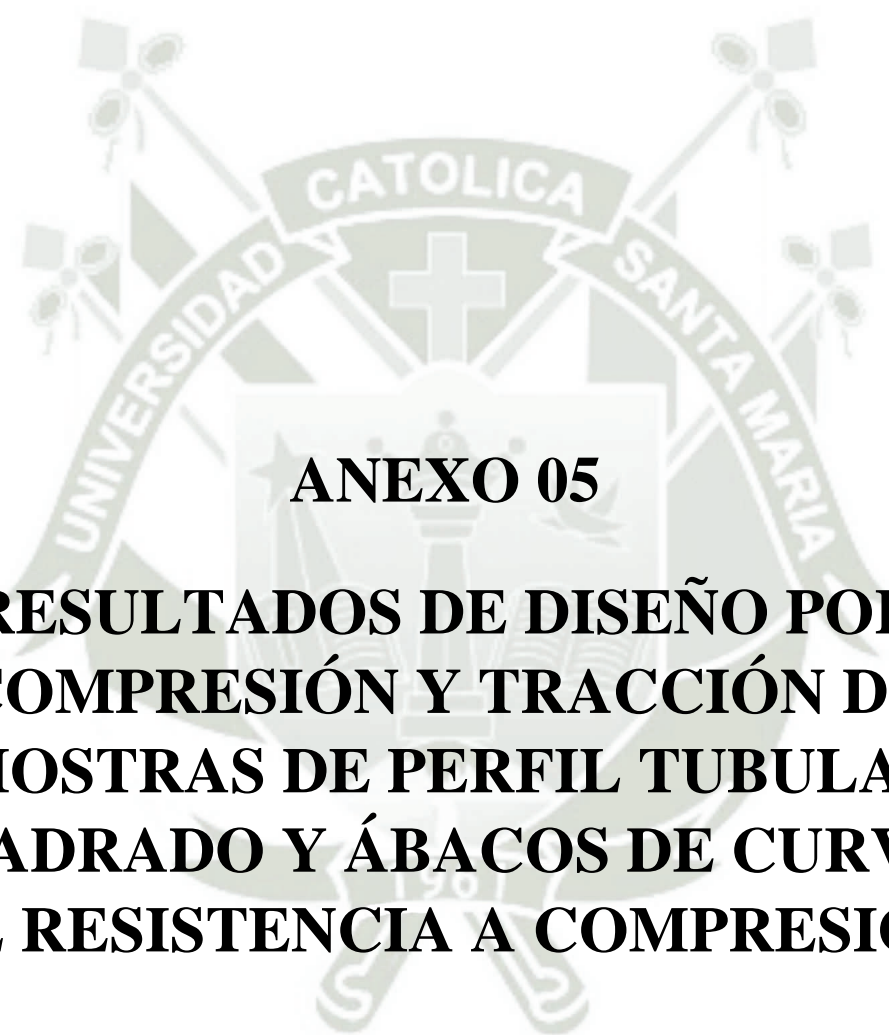


Ábaco 03: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor 6.6 milímetros.



Ábaco 04: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular circular de espesor 11.8 milímetros.





ANEXO 05

**RESULTADOS DE DISEÑO POR
COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE
RIOSTRAS DE PERFIL TUBULAR
CUADRADO Y ÁBACOS DE CURVAS
DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

ANEXO 05: FUERZA DE COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DE RIOSTRAS DE PERFIL TUBULAR CUADRADO

Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Largo (plg)	Ancho (plg)	Espesor (plg)	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.000	9.000	0.625	20.94	246.125	3.43	22.97	40.661	358.929	347.488
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.000	9.000	0.625	20.94	246.125	3.43	45.93	36.896	358.929	315.308
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.000	9.000	0.625	20.94	246.125	3.43	68.90	31.379	358.929	268.159
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.000	9.000	0.625	20.94	246.125	3.43	91.86	25.012	358.929	213.754
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.000	9.000	0.625	20.94	246.125	3.43	114.83	18.687	358.929	159.698
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.000	9.000	0.500	17.00	205.417	3.48	22.65	40.697	291.429	282.388
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.000	9.000	0.500	17.00	205.417	3.48	45.30	37.026	291.429	256.913
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.000	9.000	0.500	17.00	205.417	3.48	67.96	31.628	291.429	219.460
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.000	9.000	0.500	17.00	205.417	3.48	90.61	25.367	291.429	176.015
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.000	9.000	0.500	17.00	205.417	3.48	113.26	19.103	291.429	132.548
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.000	9.000	0.375	12.94	160.708	3.52	22.34	40.732	221.786	215.090
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.000	9.000	0.375	12.94	160.708	3.52	44.68	37.153	221.786	196.191
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.000	9.000	0.375	12.94	160.708	3.52	67.02	31.873	221.786	168.311
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.000	9.000	0.375	12.94	160.708	3.52	89.36	25.718	221.786	135.806
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.000	9.000	0.375	12.94	160.708	3.52	111.70	19.517	221.786	103.062
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.000	9.000	0.313	10.86	136.774	3.55	22.19	40.749	186.161	180.617
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.000	9.000	0.313	10.86	136.774	3.55	44.37	37.216	186.161	164.956
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.000	9.000	0.313	10.86	136.774	3.55	66.56	31.995	186.161	141.813
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.000	9.000	0.313	10.86	136.774	3.55	88.75	25.892	186.161	114.763
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.000	9.000	0.313	10.86	136.774	3.55	110.93	19.724	186.161	87.424
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.000	9.000	0.250	8.75	111.745	3.57	22.03	40.766	150.000	145.593
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.000	9.000	0.250	8.75	111.745	3.57	44.07	37.278	150.000	133.135
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.000	9.000	0.250	8.75	111.745	3.57	66.10	32.115	150.000	114.695
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.000	9.000	0.250	8.75	111.745	3.57	88.13	26.065	150.000	93.089
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.000	9.000	0.250	8.75	111.745	3.57	110.17	19.930	150.000	71.179
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.000	9.000	0.188	6.61	85.586	3.60	21.88	40.783	113.304	110.020
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.000	9.000	0.188	6.61	85.586	3.60	43.76	37.339	113.304	100.730
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.000	9.000	0.188	6.61	85.586	3.60	65.64	32.234	113.304	86.957
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.000	9.000	0.188	6.61	85.586	3.60	87.53	26.237	113.304	70.779
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.000	9.000	0.188	6.61	85.586	3.60	109.41	20.136	113.304	54.321
42.00	29000.00	2.00	78.74	9.000	9.000	0.125	4.44	58.265	3.62	21.73	40.799	76.071	73.897
42.00	29000.00	4.00	157.48	9.000	9.000	0.125	4.44	58.265	3.62	43.46	37.400	76.071	67.739
42.00	29000.00	6.00	236.22	9.000	9.000	0.125	4.44	58.265	3.62	65.19	32.351	76.071	58.596
42.00	29000.00	8.00	314.96	9.000	9.000	0.125	4.44	58.265	3.62	86.92	26.407	76.071	47.830
42.00	29000.00	10.00	393.70	9.000	9.000	0.125	4.44	58.265	3.62	108.65	20.341	76.071	36.842
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.000	8.000	0.625	18.44	168.338	3.02	26.06	40.284	316.071	303.160
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.000	8.000	0.625	18.44	168.338	3.02	52.12	35.546	316.071	267.505
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.000	8.000	0.625	18.44	168.338	3.02	78.18	28.856	316.071	217.154
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.000	8.000	0.625	18.44	168.338	3.02	104.24	21.550	316.071	162.172
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.000	8.000	0.625	18.44	168.338	3.02	130.29	14.786	316.071	111.271
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.000	8.000	0.500	15.00	141.250	3.07	25.66	40.335	257.143	246.952
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.000	8.000	0.500	15.00	141.250	3.07	51.32	35.727	257.143	218.739
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.000	8.000	0.500	15.00	141.250	3.07	76.98	29.187	257.143	178.696
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.000	8.000	0.500	15.00	141.250	3.07	102.64	21.992	257.143	134.642
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.000	8.000	0.500	15.00	141.250	3.07	128.30	15.250	257.143	93.366
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.000	8.000	0.375	11.44	111.099	3.12	25.26	40.385	196.071	188.534
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.000	8.000	0.375	11.44	111.099	3.12	50.53	35.904	196.071	167.615
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.000	8.000	0.375	11.44	111.099	3.12	75.79	29.514	196.071	137.780
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.000	8.000	0.375	11.44	111.099	3.12	101.06	22.431	196.071	104.715
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.000	8.000	0.375	11.44	111.099	3.12	126.32	15.731	196.071	73.436
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.000	8.000	0.313	9.61	94.805	3.14	25.07	40.410	164.732	158.495
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.000	8.000	0.313	9.61	94.805	3.14	50.14	35.991	164.732	141.165
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.000	8.000	0.313	9.61	94.805	3.14	75.21	29.675	164.732	116.390
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.000	8.000	0.313	9.61	94.805	3.14	100.27	22.649	164.732	88.834
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.000	8.000	0.313	9.61	94.805	3.14	125.34	15.977	164.732	62.666
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.000	8.000	0.250	7.75	77.661	3.17	24.87	40.434	132.857	127.903
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.000	8.000	0.250	7.75	77.661	3.17	49.75	36.077	132.857	114.123
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.000	8.000	0.250	7.75	77.661	3.17	74.62	29.835	132.857	94.375
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.000	8.000	0.250	7.75	77.661	3.17	99.50	22.866	132.857	72.332
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.000	8.000	0.250	7.75	77.661	3.17	124.37	16.228	132.857	51.334
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.000	8.000	0.188	5.86	59.639	3.19	24.68	40.458	100.446	96.758
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.000	8.000	0.188	5.86	59.639	3.19	49.36	36.162	100.446	86.485
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.000	8.000	0.188	5.86	59.639	3.19	74.04	29.993	100.446	71.731
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.000	8.000	0.188	5.86	59.639	3.19	98.72	23.083	100.446	55.204
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.000	8.000	0.188	5.86	59.639	3.19	123.40	16.484	100.446	39.422
42.00	29000.00	2.00	78.74	8.000	8.000	0.125	3.94	40.708	3.22	24.49	40.481	67.500	65.059
42.00	29000.00	4.00	157.48	8.000	8.000	0.125	3.94	40.708	3.22	48.98	36.246	67.500	58.253
42.00	29000.00	6.00	236.22	8.000	8.000	0.125	3.94	40.708	3.22	73.47	30.150	67.500	48.455
42.00	29000.00	8.00	314.96	8.000	8.000	0.125	3.94	40.708	3.22	97.95	23.298	67.500	37.443
42.00	29000.00	10.00	393.70	8.000	8.000	0.125	3.94	40.708	3.22	122.44	16.724	67.500	26.878
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	7.000	0.625	15.94	108.989	2.62	30.11	39.725	273.214	258.417
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	7.000	0.625	15.94	108.989	2.62	60.22	33.614	273.214	218.661
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	7.000	0.625	15.94	108.989	2.62	90.33	25.445	273.214	165.522
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	7.000	0.625	15.94	108.989	2.62	120.44	17.231	273.214	112.092
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	7.000	0.625	15.94	108.989	2.62	150.55	11.075	273.214	72.042
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	7.000	0.500	13.00	92.083	2.66	29.59	39.802	222.857	211.193
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	7.000	0.500	13.00	92.083	2.66	59.17	33.874	222.857	179.737
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	7.000	0.500	13.00	92.083	2.66	88.76	25.889	222.857	137.373
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	7.000	0.500	13.00	92.083	2.66	118.34	17.770	222.857	94.291

Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Largo (plg)	Ancho (plg)	Espesor (plg)	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	7.000	0.313	8.36	62.445	2.73	57.62	34.253	143.304	116.870
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	7.000	0.313	8.36	62.445	2.73	86.43	26.546	143.304	90.575
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	7.000	0.313	8.36	62.445	2.73	115.24	18.579	143.304	63.393
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	7.000	0.313	8.36	62.445	2.73	144.05	12.097	143.304	41.276
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	7.000	0.250	6.75	51.328	2.76	28.55	39.949	115.714	110.062
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	7.000	0.250	6.75	51.328	2.76	57.11	34.376	115.714	94.710
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	7.000	0.250	6.75	51.328	2.76	85.66	26.762	115.714	73.732
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	7.000	0.250	6.75	51.328	2.76	114.22	18.849	115.714	51.930
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	7.000	0.250	6.75	51.328	2.76	142.77	12.315	115.714	33.928
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	7.000	0.188	5.11	39.551	2.78	28.30	39.984	87.589	83.385
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	7.000	0.188	5.11	39.551	2.78	56.60	34.498	87.589	71.944
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	7.000	0.188	5.11	39.551	2.78	84.90	26.976	87.589	56.257
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	7.000	0.188	5.11	39.551	2.78	113.20	19.117	87.589	39.868
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	7.000	0.188	5.11	39.551	2.78	141.50	12.536	87.589	26.143
42.00	29000.00	2.00	78.74	7.000	7.000	0.125	3.44	27.088	2.81	28.05	40.019	58.929	56.149
42.00	29000.00	4.00	157.48	7.000	7.000	0.125	3.44	27.088	2.81	56.10	34.618	58.929	45.571
42.00	29000.00	6.00	236.22	7.000	7.000	0.125	3.44	27.088	2.81	84.15	27.188	58.929	38.146
42.00	29000.00	8.00	314.96	7.000	7.000	0.125	3.44	27.088	2.81	112.20	19.385	58.929	27.198
42.00	29000.00	10.00	393.70	7.000	7.000	0.125	3.44	27.088	2.81	140.25	12.762	58.929	17.905
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	6.000	0.625	13.44	65.578	2.21	35.64	38.847	230.357	213.066
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	6.000	0.625	13.44	65.578	2.21	71.29	30.740	230.357	168.598
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	6.000	0.625	13.44	65.578	2.21	106.93	20.810	230.357	114.134
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	6.000	0.625	13.44	65.578	2.21	142.57	12.349	230.357	67.729
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	6.000	0.625	13.44	65.578	2.21	178.22	7.903	230.357	43.347
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	6.000	0.500	11.00	55.917	2.25	34.92	38.969	188.571	174.962
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	6.000	0.500	11.00	55.917	2.25	69.85	31.126	188.571	139.747
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	6.000	0.500	11.00	55.917	2.25	104.77	21.402	188.571	96.900
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	6.000	0.500	11.00	55.917	2.25	139.70	12.863	188.571	57.751
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	6.000	0.500	11.00	55.917	2.25	174.62	8.232	188.571	36.961
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	6.000	0.375	8.44	44.692	2.30	34.21	39.087	144.643	134.609
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	6.000	0.375	8.44	44.692	2.30	68.43	31.504	144.643	108.495
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	6.000	0.375	8.44	44.692	2.30	102.64	21.992	144.643	75.736
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	6.000	0.375	8.44	44.692	2.30	136.85	13.403	144.643	46.159
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	6.000	0.375	8.44	44.692	2.30	171.06	8.578	144.643	29.542
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	6.000	0.313	7.11	38.444	2.33	33.86	39.144	121.875	113.588
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	6.000	0.313	7.11	38.444	2.33	67.72	31.690	121.875	91.957
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	6.000	0.313	7.11	38.444	2.33	101.58	22.285	121.875	64.665
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	6.000	0.313	7.11	38.444	2.33	135.44	13.683	121.875	39.706
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	6.000	0.313	7.11	38.444	2.33	169.30	8.757	121.875	25.412
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	6.000	0.250	5.75	31.745	2.35	33.51	39.201	98.571	92.002
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	6.000	0.250	5.75	31.745	2.35	67.02	31.873	98.571	74.805
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	6.000	0.250	5.75	31.745	2.35	100.53	22.576	98.571	52.985
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	6.000	0.250	5.75	31.745	2.35	134.05	13.970	98.571	32.786
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	6.000	0.250	5.75	31.745	2.35	167.56	8.941	98.571	20.983
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	6.000	0.188	4.36	24.573	2.37	33.17	39.256	74.732	69.850
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	6.000	0.188	4.36	24.573	2.37	66.33	32.055	74.732	57.036
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	6.000	0.188	4.36	24.573	2.37	99.50	22.866	74.732	40.687
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	6.000	0.188	4.36	24.573	2.37	132.66	14.263	74.732	25.379
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	6.000	0.188	4.36	24.573	2.37	165.83	9.128	74.732	16.242
42.00	29000.00	2.00	78.74	6.000	6.000	0.125	2.94	16.906	2.40	32.82	39.311	50.357	47.133
42.00	29000.00	4.00	157.48	6.000	6.000	0.125	2.94	16.906	2.40	65.64	32.234	50.357	38.647
42.00	29000.00	6.00	236.22	6.000	6.000	0.125	2.94	16.906	2.40	98.47	23.154	50.357	27.762
42.00	29000.00	8.00	314.96	6.000	6.000	0.125	2.94	16.906	2.40	131.29	14.563	50.357	17.461
42.00	29000.00	10.00	393.70	6.000	6.000	0.125	2.94	16.906	2.40	164.11	9.320	50.357	11.175
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	5.500	0.375	7.69	33.833	2.10	37.53	38.519	131.786	120.863
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	5.500	0.375	7.69	33.833	2.10	75.07	29.713	131.786	93.231
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.500	5.500	0.375	7.69	33.833	2.10	112.60	19.278	131.786	60.489
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.500	5.500	0.375	7.69	33.833	2.10	150.13	11.136	131.786	34.943
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	5.500	0.375	7.69	33.833	2.10	187.67	7.127	131.786	22.364
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	5.500	0.313	6.48	29.188	2.12	37.11	38.593	111.161	102.144
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	5.500	0.313	6.48	29.188	2.12	74.23	29.943	111.161	79.249
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.500	5.500	0.313	6.48	29.188	2.12	111.34	19.615	111.161	51.915
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.500	5.500	0.313	6.48	29.188	2.12	148.45	11.390	111.161	30.146
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	5.500	0.313	6.48	29.188	2.12	185.57	7.290	111.161	19.293
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	5.500	0.250	5.25	24.172	2.15	36.70	38.666	90.000	82.856
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	5.500	0.250	5.25	24.172	2.15	73.39	30.170	90.000	64.650
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.500	5.500	0.250	5.25	24.172	2.15	110.09	19.952	90.000	42.754
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.500	5.500	0.250	5.25	24.172	2.15	146.78	11.650	90.000	24.965
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	5.500	0.250	5.25	24.172	2.15	183.48	7.456	90.000	15.978
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	5.500	0.188	3.98	18.765	2.17	36.28	38.738	68.304	62.998
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	5.500	0.188	3.98	18.765	2.17	72.57	30.394	68.304	49.429
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.500	5.500	0.188	3.98	18.765	2.17	108.85	20.287	68.304	32.992
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.500	5.500	0.188	3.98	18.765	2.17	145.13	11.917	68.304	19.381
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	5.500	0.188	3.98	18.765	2.17	181.41	7.627	68.304	12.404
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.500	5.500	0.125	2.69	12.948	2.19	35.87	38.808	46.071	42.570
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.500	5.500	0.125	2.69	12.948	2.19	71.75	30.616	46.071	33.583
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.500	5.500	0.125	2.69	12.948	2.19	107.62	20.621	46.071	22.620
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.500	5.500	0.125	2.69	12.948	2.19	143.49	12.191	46.071	13.372
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.500	5.500	0.125	2.69	12.948	2.19	179.37	7.802	46.071	8.558
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	5.000	0.500	9.00	30.750	1.85	42.60	37.570	154.286	138.014
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	5								

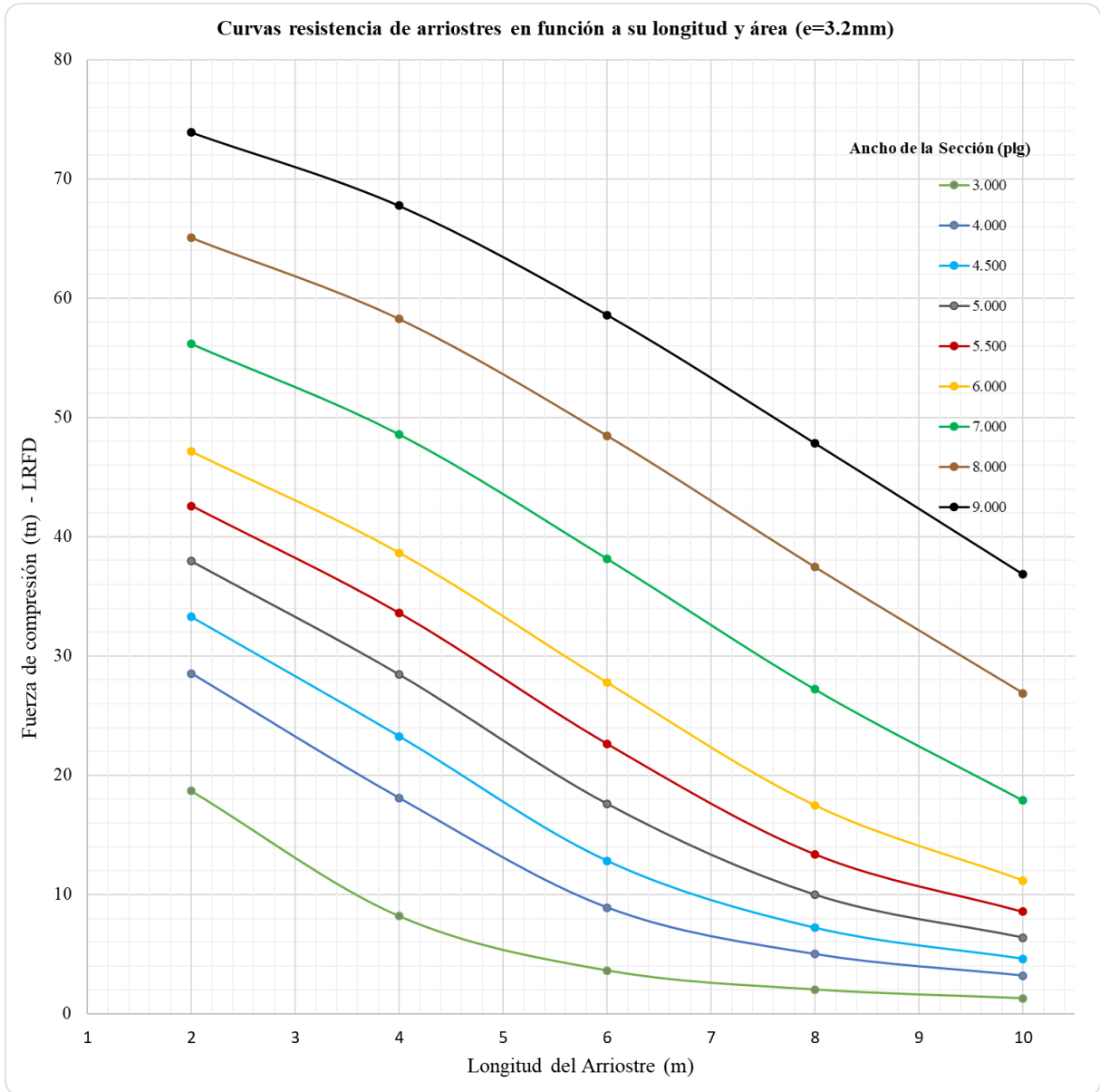
Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Largo (plg)	Ancho (plg)	Espesor (plg)	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbeltez	Fcr (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	5.000	0.375	6.94	24.896	1.89	207.83	5.811	118.929	16.456
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	5.000	0.313	5.86	21.553	1.92	41.06	37.870	100.446	90.568
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	5.000	0.313	5.86	21.553	1.92	82.11	27.760	100.446	66.389
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	5.000	0.313	5.86	21.553	1.92	123.17	16.543	100.446	39.564
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	5.000	0.313	5.86	21.553	1.92	164.22	9.308	100.446	22.260
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	5.000	0.313	5.86	21.553	1.92	205.28	5.957	100.446	14.247
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	5.000	0.250	4.75	17.911	1.94	40.55	37.966	81.429	73.607
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	5.000	0.250	4.75	17.911	1.94	81.10	28.043	81.429	54.369
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	5.000	0.250	4.75	17.911	1.94	121.65	16.925	81.429	32.814
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	5.000	0.250	4.75	17.911	1.94	162.19	9.542	81.429	18.499
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	5.000	0.250	4.75	17.911	1.94	202.74	6.107	81.429	11.839
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	5.000	0.188	3.61	13.953	1.97	40.05	38.060	61.875	56.071
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	5.000	0.188	3.61	13.953	1.97	80.09	28.323	61.875	41.725
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	5.000	0.188	3.61	13.953	1.97	120.14	17.308	61.875	25.498
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	5.000	0.188	3.61	13.953	1.97	160.19	9.782	61.875	14.411
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	5.000	0.188	3.61	13.953	1.97	200.24	6.261	61.875	9.223
42.00	29000.00	2.00	78.74	5.000	5.000	0.125	2.44	9.661	1.99	39.55	38.153	41.786	37.958
42.00	29000.00	4.00	157.48	5.000	5.000	0.125	2.44	9.661	1.99	79.10	28.599	41.786	28.453
42.00	29000.00	6.00	236.22	5.000	5.000	0.125	2.44	9.661	1.99	118.65	17.690	41.786	17.600
42.00	29000.00	8.00	314.96	5.000	5.000	0.125	2.44	9.661	1.99	158.20	10.029	41.786	9.978
42.00	29000.00	10.00	393.70	5.000	5.000	0.125	2.44	9.661	1.99	197.75	6.419	41.786	6.386
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	4.500	0.500	8.00	21.667	1.65	47.85	36.491	137.143	119.155
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	4.500	0.500	8.00	21.667	1.65	95.69	23.933	137.143	78.149
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	4.500	0.500	8.00	21.667	1.65	143.54	12.183	137.143	39.782
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	4.500	0.500	8.00	21.667	1.65	191.38	6.853	137.143	22.378
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	4.500	0.500	8.00	21.667	1.65	239.23	4.386	137.143	14.322
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	4.500	0.375	6.19	17.692	1.69	46.57	36.763	106.071	92.846
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	4.500	0.375	6.19	17.692	1.69	93.13	24.655	106.071	62.266
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	4.500	0.375	6.19	17.692	1.69	139.70	12.863	106.071	32.485
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	4.500	0.375	6.19	17.692	1.69	186.26	7.235	106.071	18.273
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	4.500	0.375	6.19	17.692	1.69	232.83	4.631	106.071	11.695
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	4.500	0.313	5.23	15.383	1.71	45.93	36.896	89.732	78.827
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	4.500	0.313	5.23	15.383	1.71	91.86	25.012	89.732	53.438
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	4.500	0.313	5.23	15.383	1.71	137.79	13.220	89.732	28.244
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	4.500	0.313	5.23	15.383	1.71	183.73	7.436	89.732	15.888
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	4.500	0.313	5.23	15.383	1.71	229.66	4.759	89.732	10.168
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	4.500	0.250	4.25	12.839	1.74	45.30	37.026	72.857	64.228
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	4.500	0.250	4.25	12.839	1.74	90.61	25.367	72.857	44.004
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	4.500	0.250	4.25	12.839	1.74	135.91	13.589	72.857	23.573
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	4.500	0.250	4.25	12.839	1.74	181.21	7.644	72.857	13.260
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	4.500	0.250	4.25	12.839	1.74	226.52	4.892	72.857	8.486
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	4.500	0.188	3.23	10.044	1.76	44.68	37.153	55.446	49.048
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	4.500	0.188	3.23	10.044	1.76	89.36	25.718	55.446	33.952
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	4.500	0.188	3.23	10.044	1.76	134.05	13.970	55.446	18.442
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	4.500	0.188	3.23	10.044	1.76	178.73	7.858	55.446	10.374
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	4.500	0.188	3.23	10.044	1.76	223.41	5.029	55.446	6.639
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.500	4.500	0.125	2.19	6.984	1.79	44.07	37.278	37.500	33.284
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.500	4.500	0.125	2.19	6.984	1.79	88.13	26.065	37.500	23.272
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.500	4.500	0.125	2.19	6.984	1.79	132.20	14.362	37.500	12.823
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.500	4.500	0.125	2.19	6.984	1.79	176.27	8.079	37.500	7.213
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.500	4.500	0.125	2.19	6.984	1.79	220.34	5.170	37.500	4.616
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	4.000	0.500	7.00	14.583	1.44	54.55	34.984	120.000	99.954
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	4.000	0.500	7.00	14.583	1.44	109.11	20.217	120.000	57.764
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	4.000	0.500	7.00	14.583	1.44	163.66	9.372	120.000	26.777
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	4.000	0.500	7.00	14.583	1.44	218.21	5.272	120.000	15.062
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	4.000	0.500	7.00	14.583	1.44	272.76	3.374	120.000	9.640
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	4.000	0.375	5.44	12.036	1.49	52.92	35.362	93.214	78.482
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	4.000	0.375	5.44	12.036	1.49	105.85	21.106	93.214	46.842
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	4.000	0.375	5.44	12.036	1.49	158.77	9.958	93.214	22.100
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	4.000	0.375	5.44	12.036	1.49	211.70	5.601	93.214	12.431
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	4.000	0.375	5.44	12.036	1.49	264.62	3.585	93.214	7.956
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	4.000	0.313	4.61	10.521	1.51	52.12	35.546	79.018	66.876
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	4.000	0.313	4.61	10.521	1.51	104.24	21.550	79.018	40.543
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	4.000	0.313	4.61	10.521	1.51	156.35	10.268	79.018	19.318
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	4.000	0.313	4.61	10.521	1.51	208.47	5.776	79.018	10.866
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	4.000	0.313	4.61	10.521	1.51	260.59	3.696	79.018	6.954
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	4.000	0.250	3.75	8.828	1.53	51.32	35.727	64.286	54.685
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	4.000	0.250	3.75	8.828	1.53	102.64	21.992	64.286	33.660
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	4.000	0.250	3.75	8.828	1.53	153.96	10.590	64.286	16.209
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	4.000	0.250	3.75	8.828	1.53	205.28	5.957	64.286	9.118
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	4.000	0.250	3.75	8.828	1.53	256.59	3.812	64.286	5.835
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	4.000	0.188	2.86	6.944	1.56	50.53	35.904	49.018	41.904
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	4.000	0.188	2.86	6.944	1.56	101.06	22.431	49.018	26.179
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	4.000	0.188	2.86	6.944	1.56	151.59	10.924	49.018	12.749
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	4.000	0.188	2.86	6.944	1.56	202.11	6.145	49.018	7.171
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	4.000	0.188	2.86	6.944	1.56	252.64	3.933	49.018	4.590
42.00	29000.00	2.00	78.74	4.000	4.000	0.125	1.94	4.854	1.58	49.75	36.077	33.214	28.531
42.00	29000.00	4.00	157.48	4.000	4.000	0.125	1.94	4.854	1.58	99.50	22.866	33.214	18.083
42.00	29000.00	6.00	236.22	4.000	4.000	0.125	1.94	4.854	1.58	149.24	11.270	33.214	8.912
42.00	29000.00	8.00	314.96	4.000	4.000	0.125	1.94	4.854	1.58	198.99	6.339	33.214	5.013
42.00	29000.00	10.00	393.70	4.000	4.000	0.125	1.94	4.854	1.58	248.74	4.057	33.214	3.208

Fy (klb/plg2)	E (klb/plg2)	Long riostra (m)	Long riostra (plg)	Largo (plg)	Ancho (plg)	Espesor (plg)	Área (plg2)	Inercia (plg4)	Radio de giro (plg)	Esbellez	Fer (klb/plg2)	Tracción (tn)	Compresión (tn)
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	3.000	0.313	3.36	4.099	1.10	213.86	5.488	57.589	7.525
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	3.000	0.313	3.36	4.099	1.10	285.15	3.087	57.589	4.233
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	3.000	0.313	3.36	4.099	1.10	356.43	1.976	57.589	2.709
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.000	3.000	0.250	2.75	3.495	1.13	69.85	31.126	47.143	34.937
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.000	3.000	0.250	2.75	3.495	1.13	139.70	12.863	47.143	14.438
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	3.000	0.250	2.75	3.495	1.13	209.54	5.717	47.143	6.417
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	3.000	0.250	2.75	3.495	1.13	279.39	3.216	47.143	3.609
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	3.000	0.250	2.75	3.495	1.13	349.24	2.058	47.143	2.310
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.000	3.000	0.188	2.11	2.793	1.15	68.43	31.504	36.161	27.124
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.000	3.000	0.188	2.11	2.793	1.15	136.85	13.403	36.161	11.540
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	3.000	0.188	2.11	2.793	1.15	205.28	5.957	36.161	5.129
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	3.000	0.188	2.11	2.793	1.15	273.70	3.351	36.161	2.885
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	3.000	0.188	2.11	2.793	1.15	342.13	2.145	36.161	1.846
42.00	29000.00	2.00	78.74	3.000	3.000	0.125	1.44	1.984	1.17	67.02	31.873	24.643	18.701
42.00	29000.00	4.00	157.48	3.000	3.000	0.125	1.44	1.984	1.17	134.05	13.970	24.643	8.197
42.00	29000.00	6.00	236.22	3.000	3.000	0.125	1.44	1.984	1.17	201.07	6.209	24.643	3.643
42.00	29000.00	8.00	314.96	3.000	3.000	0.125	1.44	1.984	1.17	268.09	3.492	24.643	2.049
42.00	29000.00	10.00	393.70	3.000	3.000	0.125	1.44	1.984	1.17	335.11	2.235	24.643	1.311

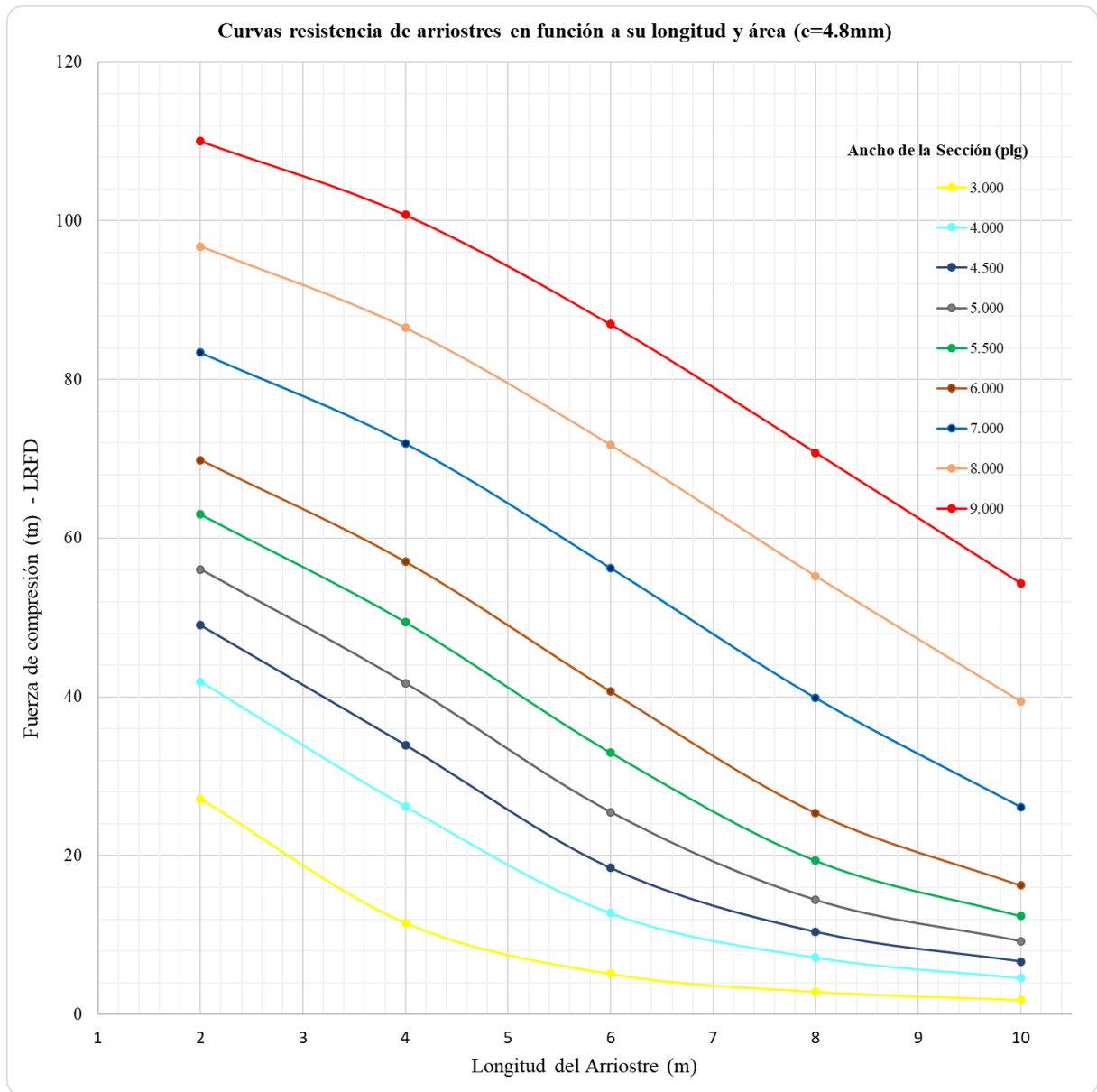


ÁBACOS DE CURVAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA SECCIÓN TUBULAR CUADRADA

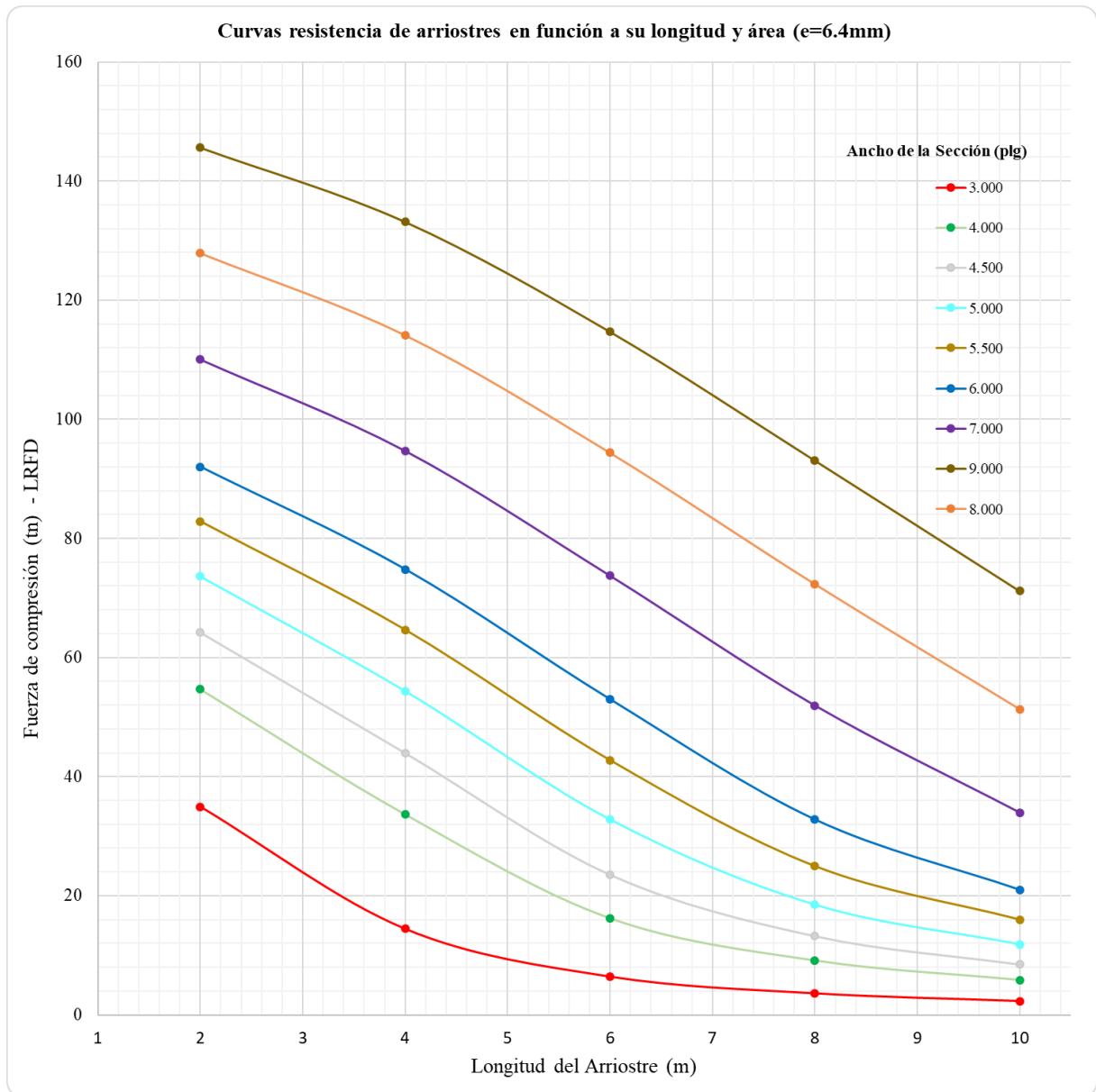
Ábaco 05: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor 3.2 milímetros.



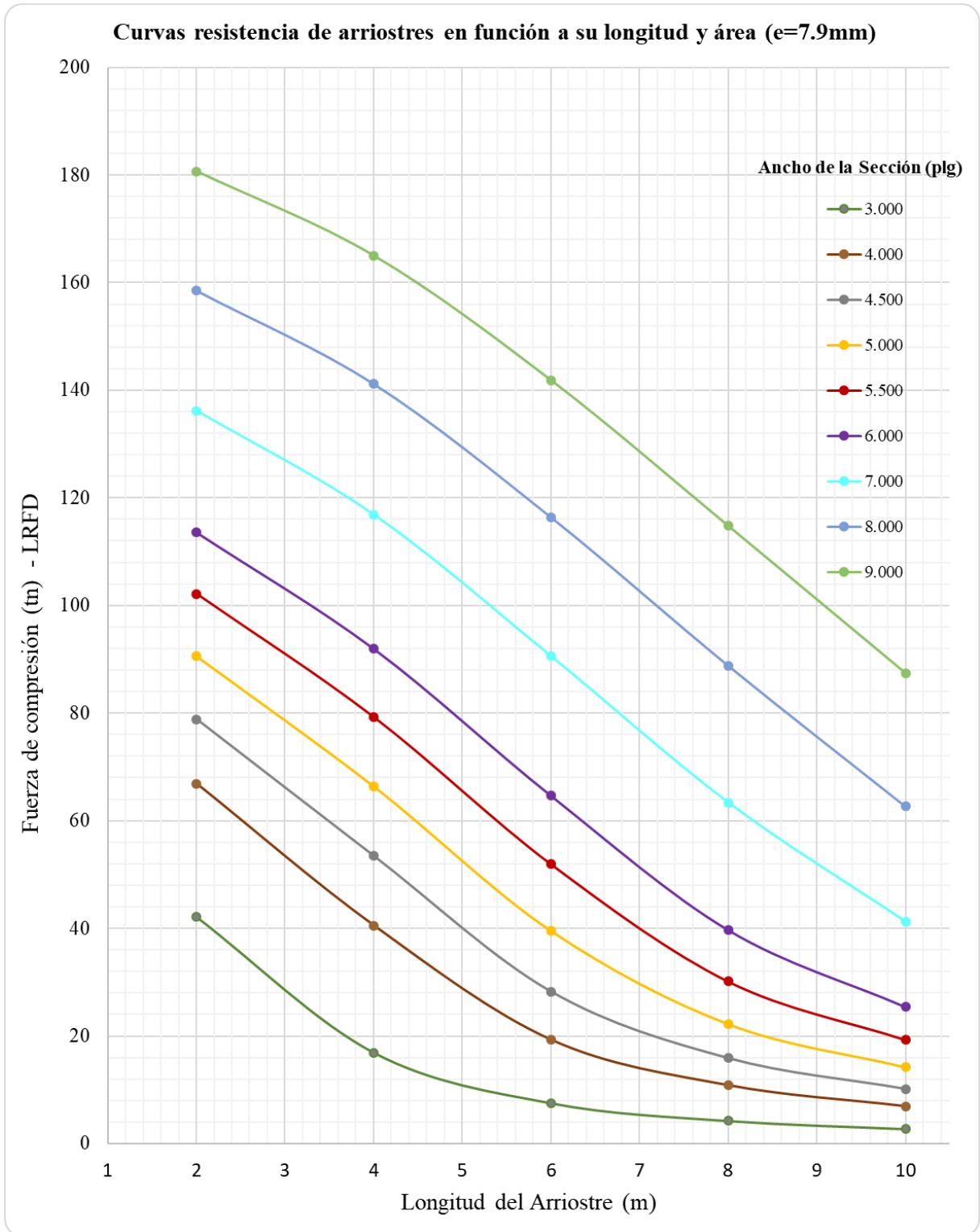
Ábaco 06: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor 4.8 milímetros.



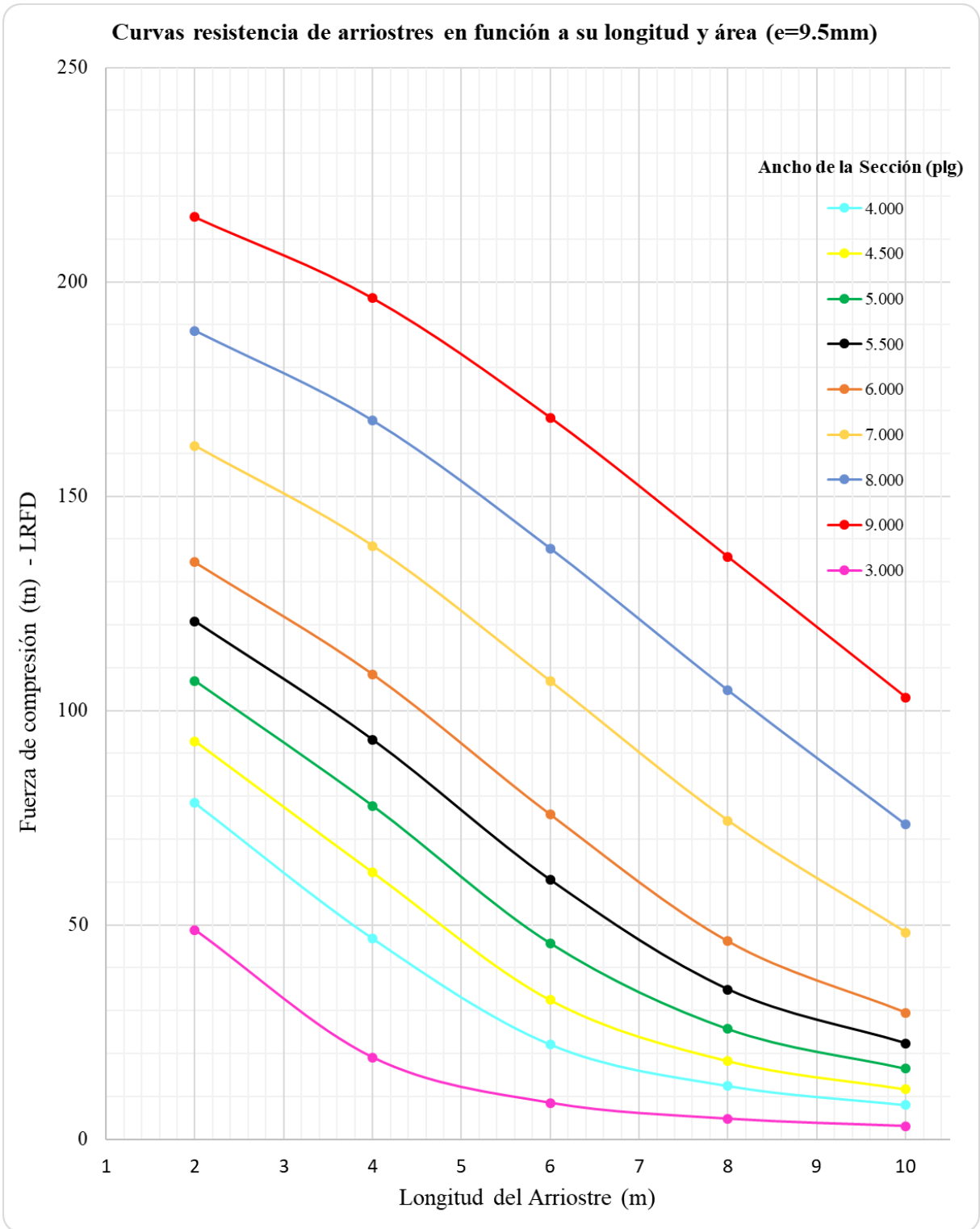
Ábaco 07: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor 6.4 milímetros.



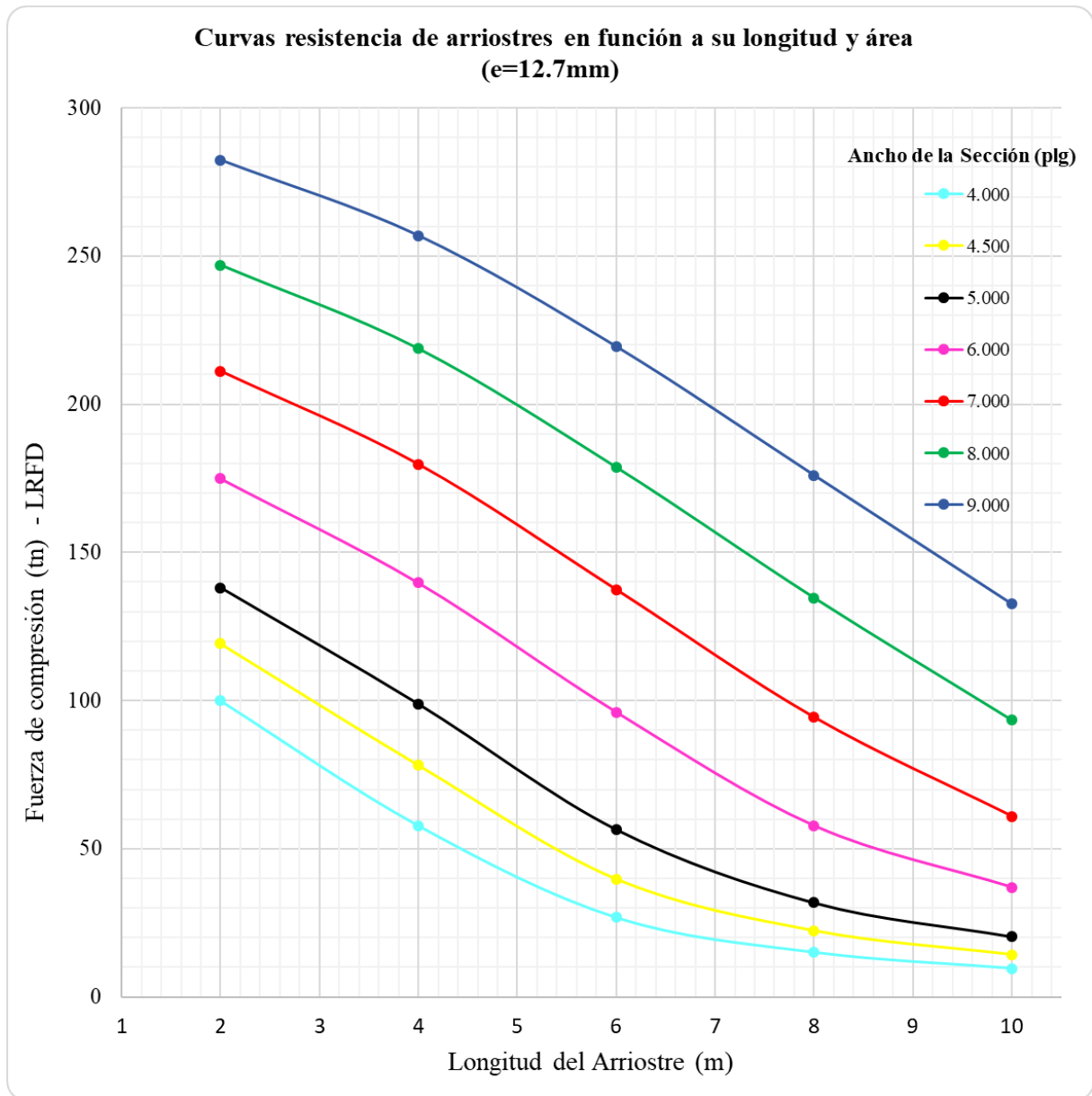
Ábaco 08: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor 7.9 milímetros.



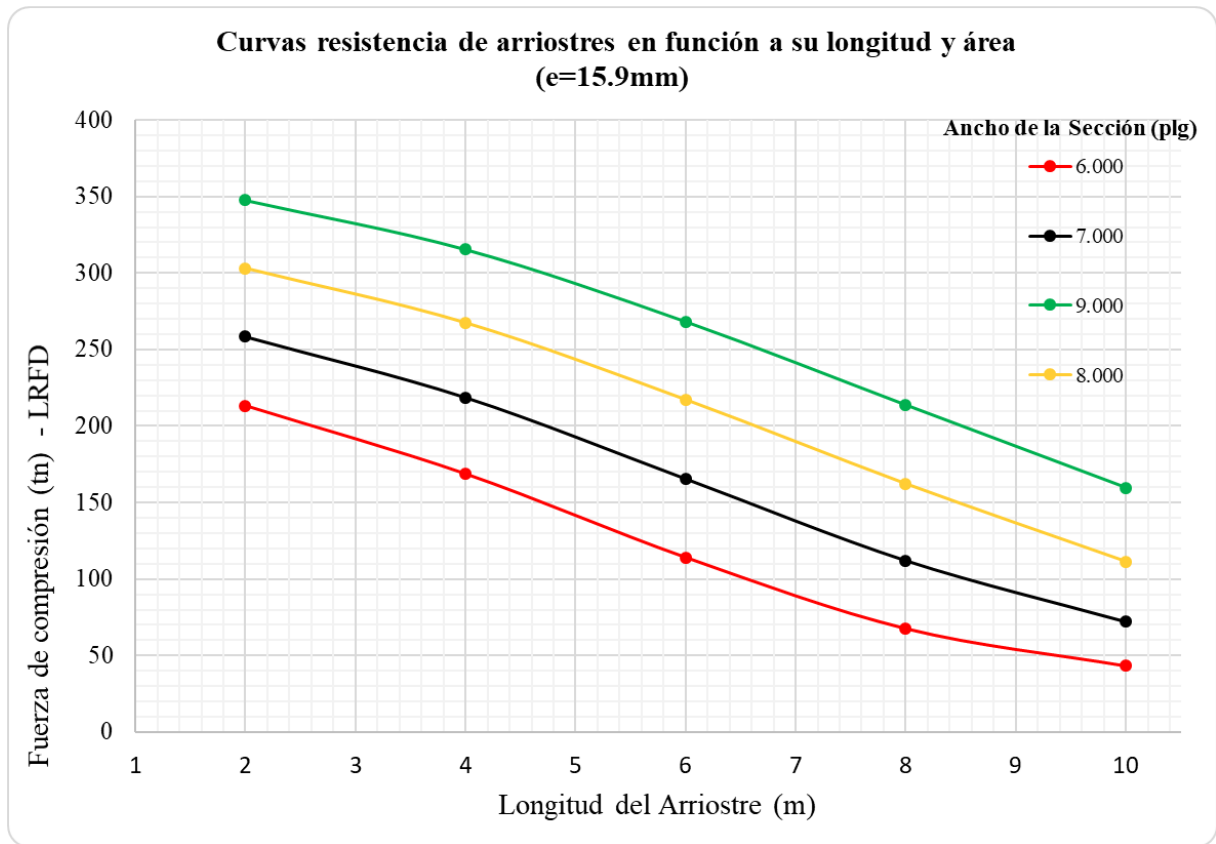
Ábaco 09: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor 9.5 milímetros.




Ábaco 10: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor 12.7 milímetros.

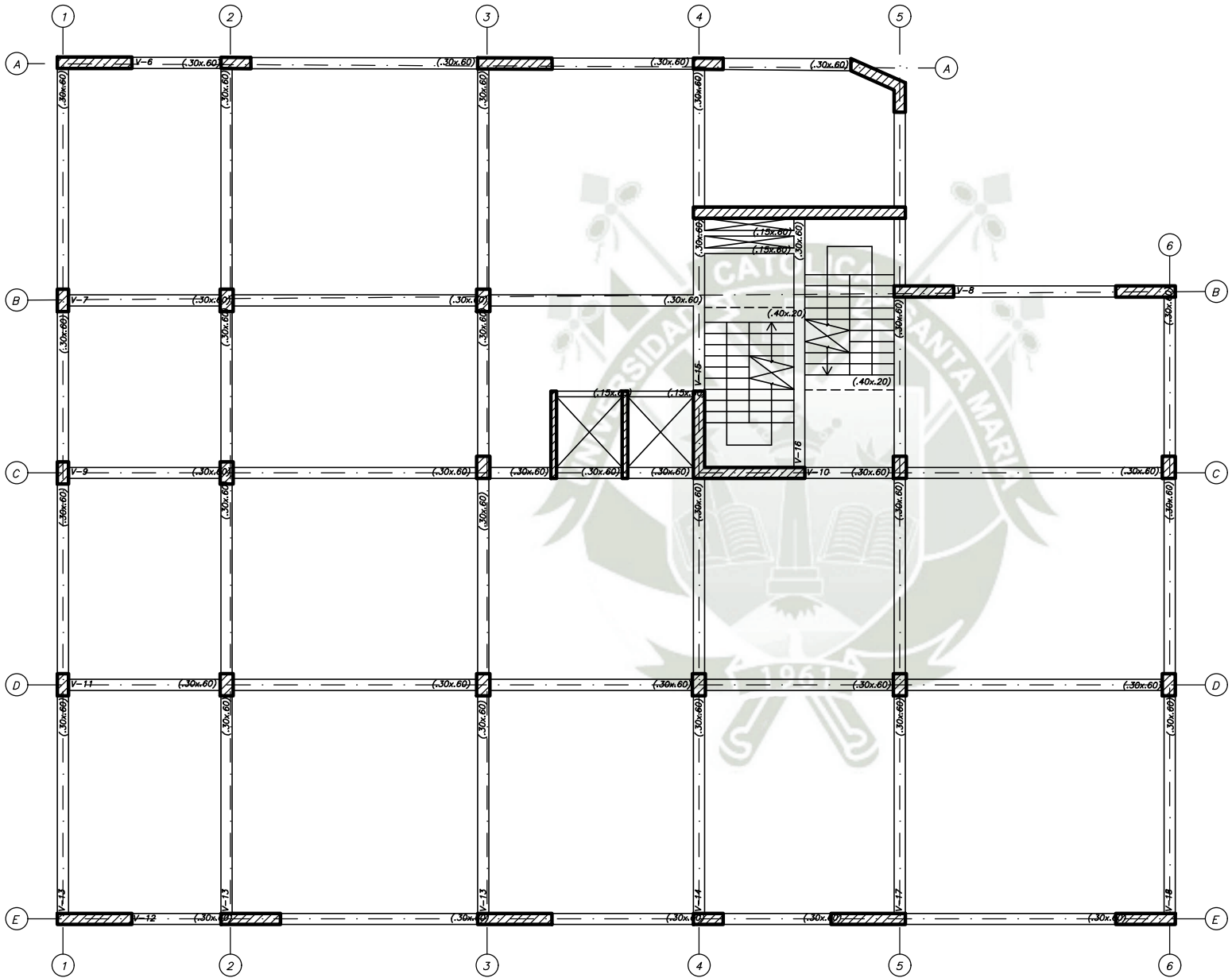


Ábaco 11: Curvas de resistencia a compresión de riostras de sección tubular cuadrada de espesor 15.9 milímetros.



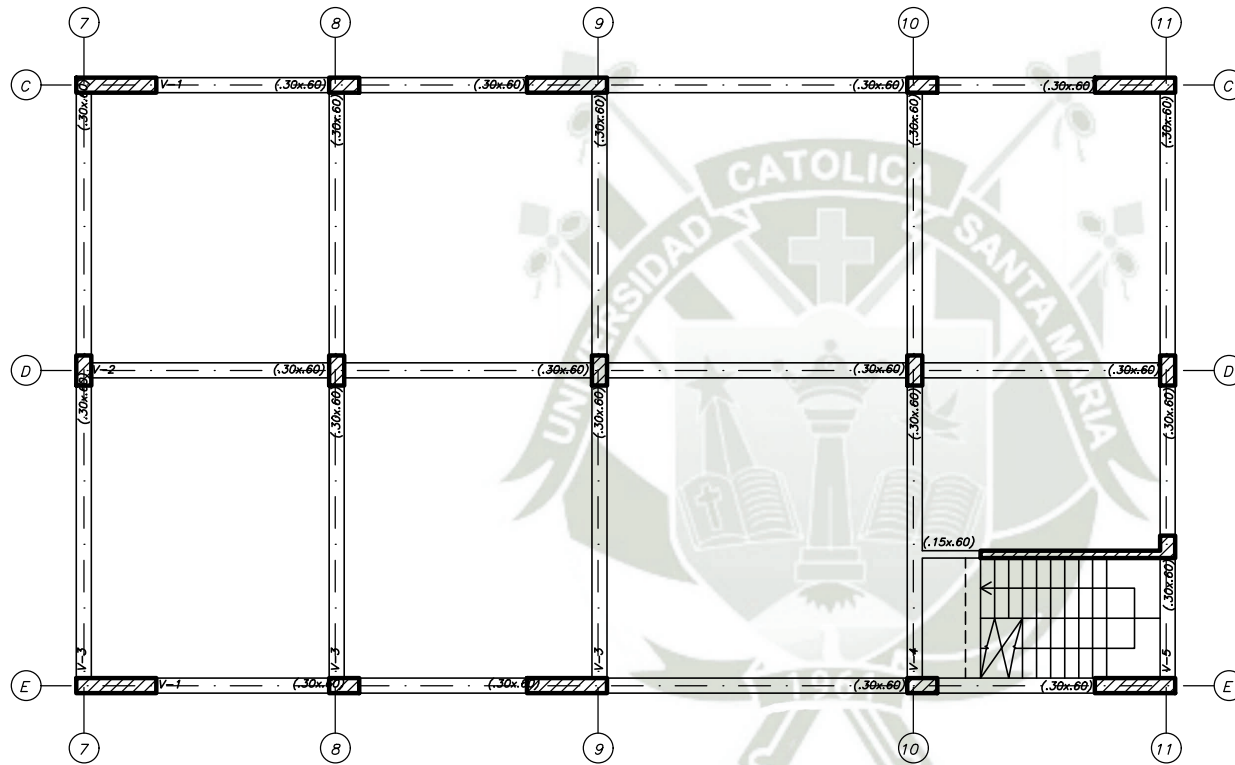


ANEXO 06
ESTRUCTURACIÓN DE EDIFICIO
ARRIOSTRADO
EDIFICIO PARRA



ENCOFRADO TÍPICO BLOQUE I
 □ LOSA MACIZA $h=20$ ($s/c=250$ kg/m²)
 TABIQUERIA MÓVIL ($s/c=100$ kg/m²)

		Universidad Católica de Santa María
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO:	EDIFICIO PARRA	
UBICACIÓN:	AV. PARRA 324 - AREQUIPA	
PLANO:	ESTRUCTURACIÓN BLOQUE I	ESCALA: S/C
ELABORADO POR:	PAOLO CESAR MEDRANO ZUÑIGA ANA LUCIA VARGAS YUCA	



ENCOFRADO TÍPICO BLOQUE II
 □ LOSA MACIZA $h=20$ (s/c=250 kg/m²)
 TABIQUERIA MÓVIL (s/c=100 kg/m²)



Universidad Católica
de Santa María

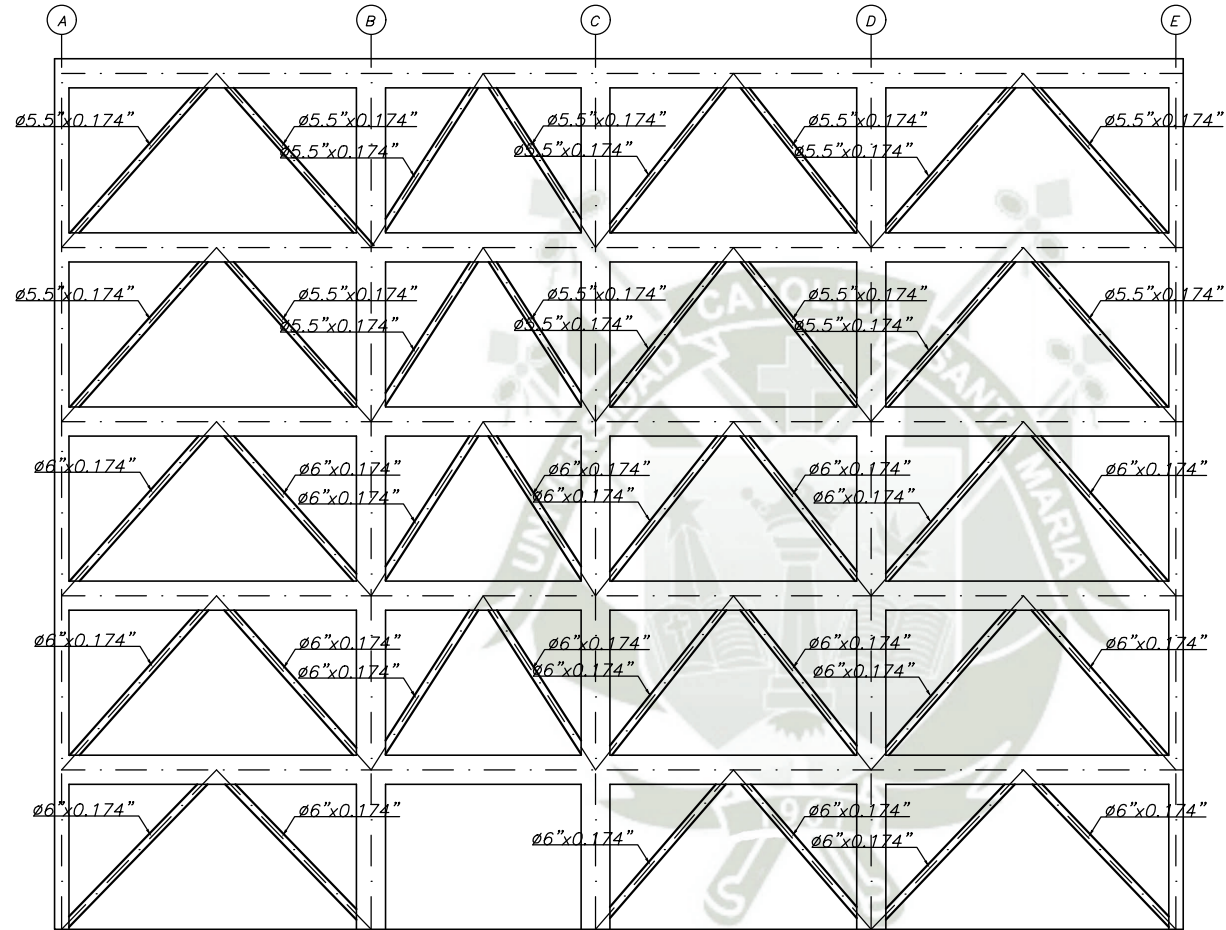
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:	EDIFICIO PARRA	
UBICACIÓN:	AV. PARRA 324 - AREQUIPA	
PLANO:	ESTRUCTURACIÓN BLOQUE II	ESCALA: S/C
ELABORADO POR:	PAOLO CESAR MEDRANO ZUÑIGA ANA LUCIA VARGAS YUCA	

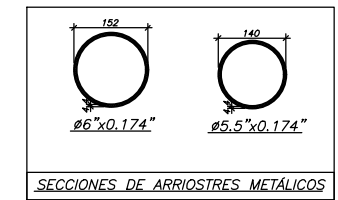


ANEXO 07

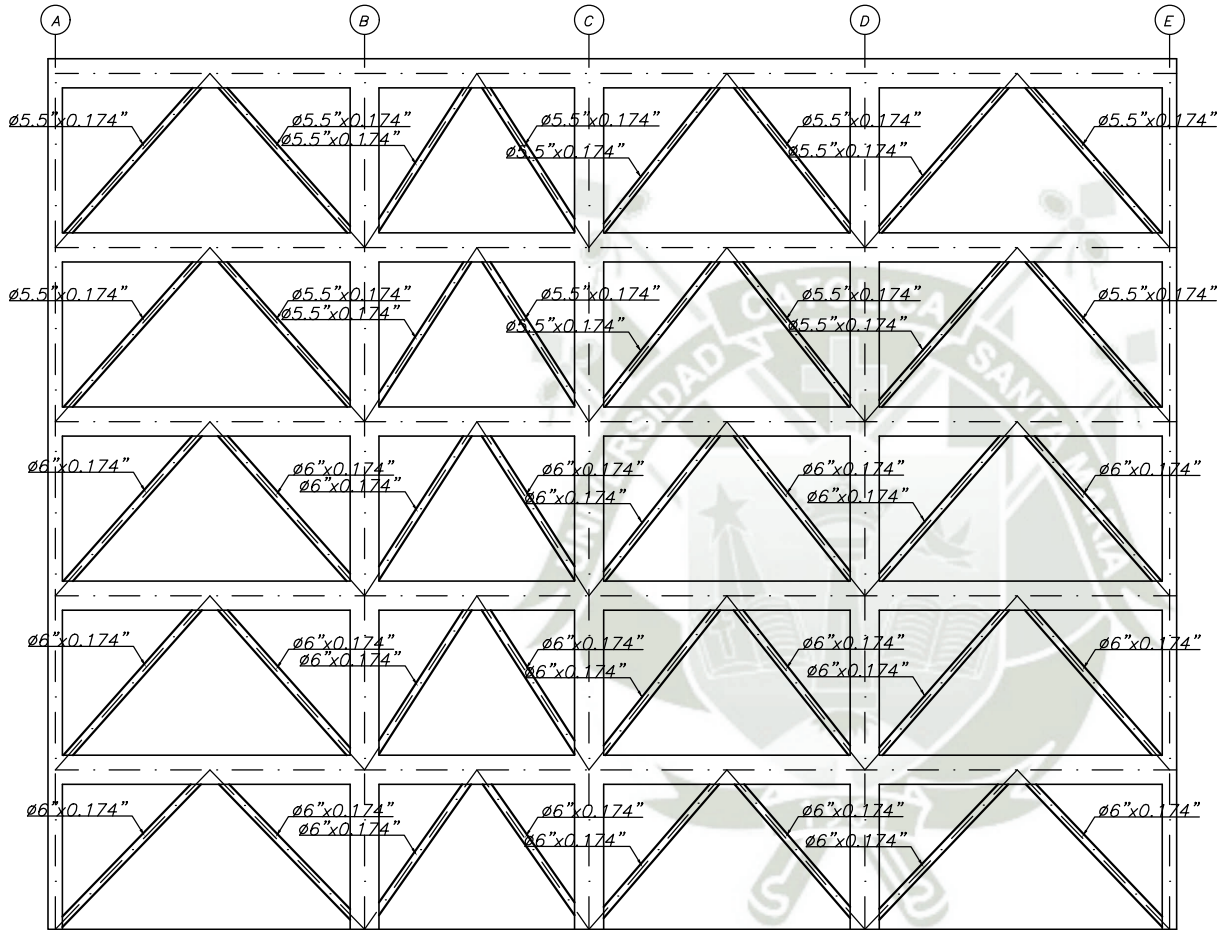
ELEVACIONES DE PÓRTICOS ARRIOSTRADOS



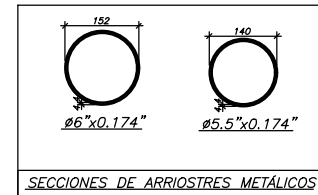
ELEVACIÓN EJE 1



		Universidad Católica de Santa María
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO:	EDIFICIO PARRA	
UBICACIÓN:	AV. PARRA 324 – AREQUIPA	
PLANO:	ELEVACIONES DE PÓRTICOS ARRIOSTRADOS	ESCALA: S/C
ELABORADO POR:	PAOLO CESAR MEDRANO ZUÑIGA ANA LUCIA VARGAS YUCA	



ELEVACIÓN EJE 3



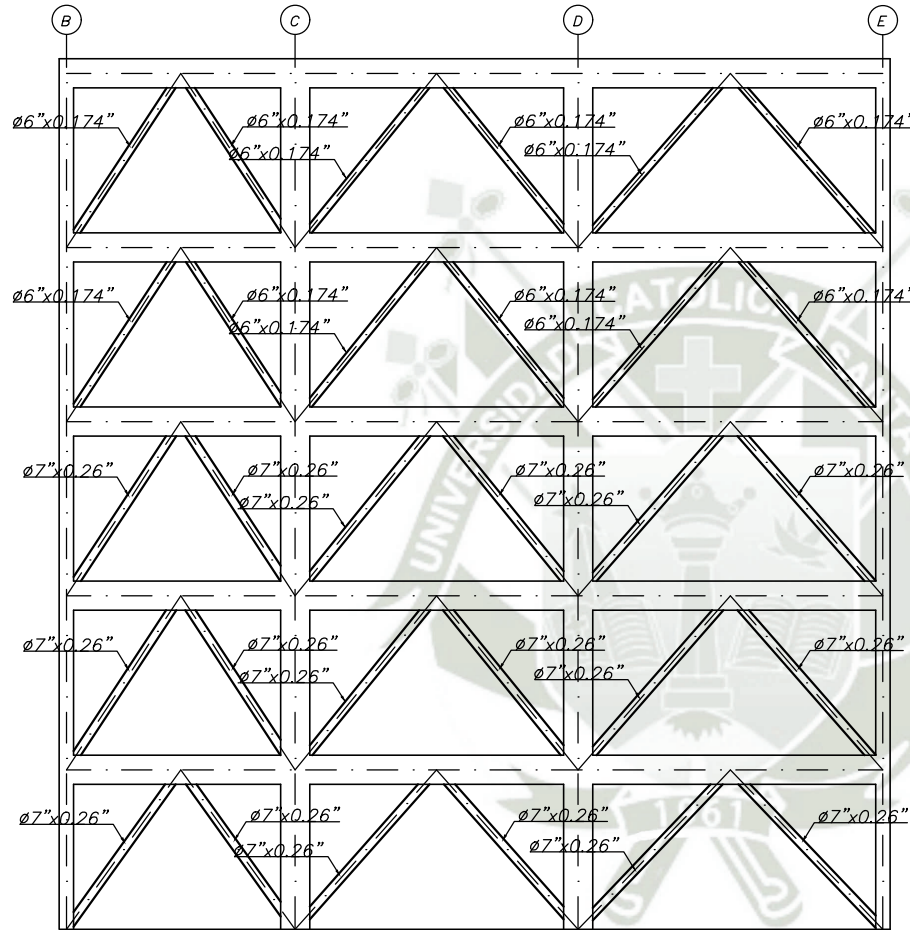
SECCIONES DE ARRIOSTRES METÁLICOS



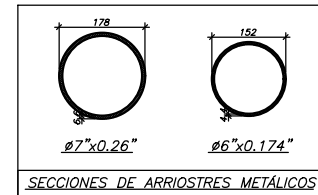
Universidad Católica
de Santa María

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:	EDIFICIO PARRA	
UBICACIÓN:	AV. PARRA 324 - AREQUIPA	
PLANO:	ELEVACIONES DE PÓRTICOS ARRIOSTRADOS	ESCALA: S/C
ELABORADO POR:	PAOLO CESAR MEDRANO ZUÑIGA ANA LUCIA VARGAS YUCA	



ELEVACIÓN EJE 6



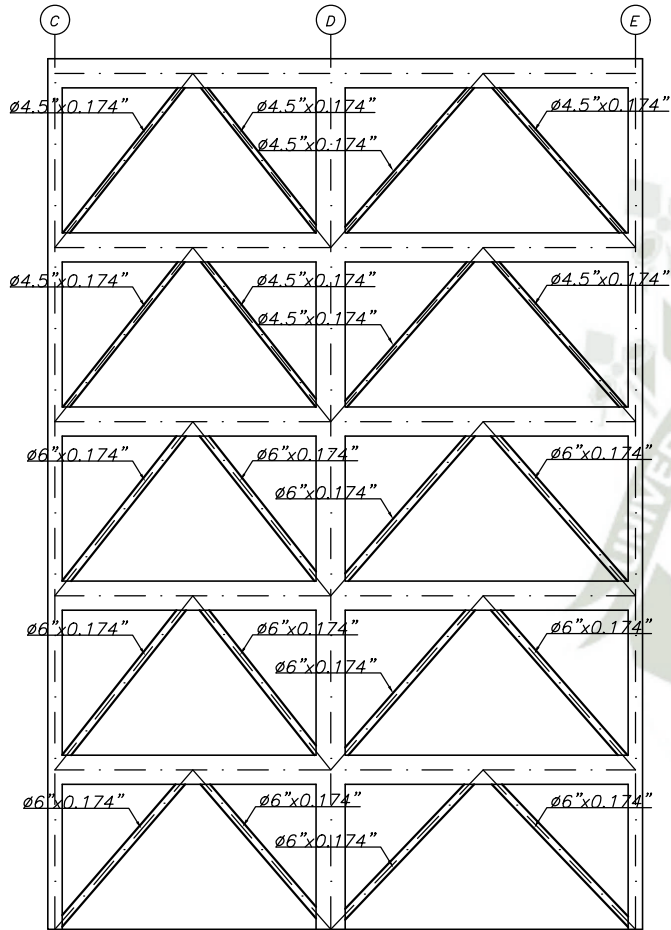
SECCIONES DE ARRIOSTRES METÁLICOS



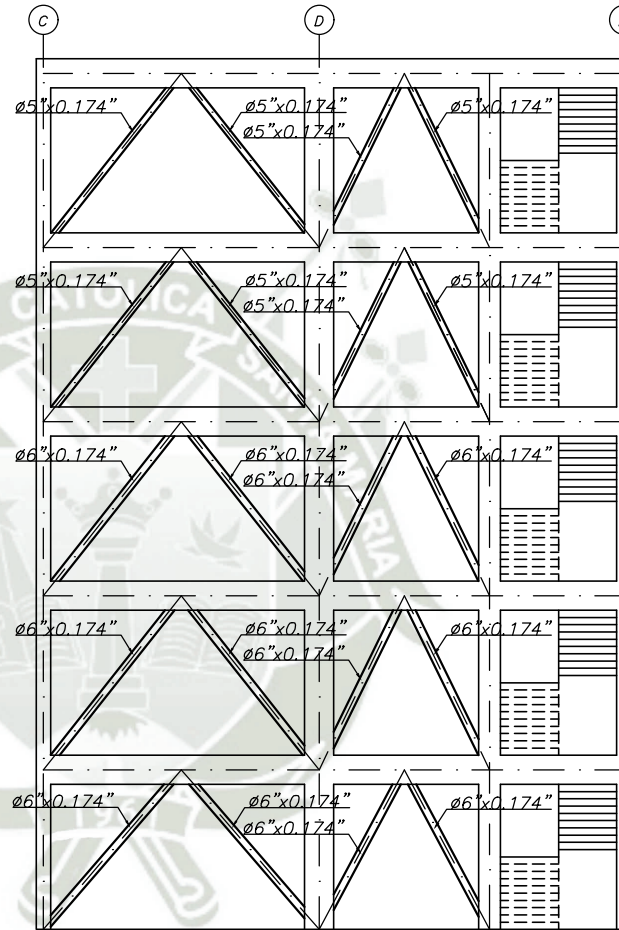
Universidad Católica
de Santa María

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

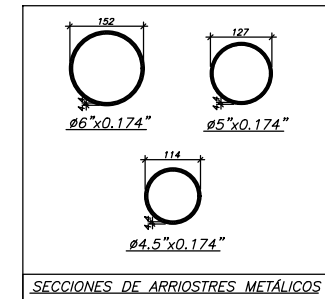
PROYECTO:	EDIFICIO PARRA	
UBICACIÓN:	AV. PARRA 324 - AREQUIPA	
PLANO:	ELEVACIONES DE PÓRTICOS ARRIOSTRADOS	ESCALA: S/C
ELABORADO POR:	PAOLO CESAR MEDRANO ZUÑIGA ANA LUCIA VARGAS YUCA	



ELEVACIÓN EJE 7 y 9



ELEVACIÓN EJE 11



Universidad Católica
de Santa María

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:	EDIFICIO PARRA
UBICACIÓN:	AV. PARRA 324 - AREQUIPA
PLANO:	ELEVACIONES DE PÓRTICOS ARRIOSTRADOS
ELABORADO POR:	PAOLO CESAR MEDRANO ZUÑIGA ANA LUCIA VARGAS YUCA

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA Y SECCIÓN DE LAS RIOSTRAS SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO DE ACERO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARM

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 [qdoc.tips](#) Fuente de Internet 2%

2 [repositorio.upt.edu.pe](#) Fuente de Internet 1%

3 [docplayer.es](#) Fuente de Internet 1%

4 [tesis.ucsm.edu.pe](#) Fuente de Internet 1%

5 Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante 1%

6 [upcommons.upc.edu](#) Fuente de Internet 1%

7 [tesis.pucp.edu.pe](#) Fuente de Internet 1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado