



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN GALPÓN DE  
ALUMINIO, UBICADO EN LA CALLE SEGUNDA,  
DATA DE POSORJA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Civil

AUTORES: LIZZETTE LUCIA CAMPOVERDE CORRALES

CYNTHIA JANETH PUCUNA CHUMA

TUTOR: ING. LEONARDO ECHEVERRIA FABRE, DBA.

Guayaquil - Ecuador

2025 – 2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotras, Cynthia Janeth Pucuna Chuma con documento de identificación N° 0955057724 y Lizzette Lucia Campoverde Corrales con documento de identificación N° 0958621161; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de febrero del 2026

Atentamente,



---

Cynthia Janeth Pucuna Chuma

0955057724



---

Lizzette Lucia Campoverde Corrales

0958621161

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Cynthia Janeth Pucuna Chuma con documento de identificación N° 0955057724 y Lizzette Lucia Campoverde Corrales con documento de identificación N° 0958621161, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN GALPÓN DE ALUMINIO, UBICADO EN LA CALLE SEGUNDA, DATA DE POSORJA, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del 2026

Atentamente,



---

Cynthia Janeth Pucuna Chuma

0955057724



---

Lizzette Lucia Campoverde Corrales

0958621161

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Leonardo Javier Echeverria Fabre, con documento de identificación N°0902190883, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN GALPÓN DE ALUMINIO, UBICADO EN LA CALLE SEGUNDA, DATA DE POSORJA, realizado por Cynthia Janeth Pucuna Chuma con documento de identificación N° 0955057724 y Lizzette Lucia Campoverde Corrales con documento de identificación N° 0958621161, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del año 2026

Atentamente,



---

Ing. Leonardo Echeverria Fabre, DBA.

0902190883

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo de la presente tesis.

A nuestras familias, por su apoyo constante, comprensión y motivación durante todo el proceso académico, siendo un pilar fundamental para superar cada dificultad y continuar avanzando hacia el cumplimiento de este objetivo.

A nuestros compañeros y amigos de la universidad, quienes con su compañía, colaboración y palabras de aliento hicieron de este camino una experiencia más enriquecedora, tanto en lo académico como en lo personal.

De manera especial, expresamos nuestro profundo agradecimiento a nuestro tutor, Ing. Leonardo Javier Echeverría Fabre, DBA, por su acompañamiento, dedicación y valiosos aportes a lo largo de este proceso, los cuales fueron fundamentales para la correcta ejecución y culminación del presente trabajo. Asimismo, extendemos nuestro sincero reconocimiento a cada uno de los ingenieros que formaron parte de nuestra formación académica, cuyas enseñanzas, orientación y vocación docente dejaron una huella significativa en nuestro crecimiento profesional y personal. Finalmente, destacamos el compromiso, la responsabilidad y el esfuerzo conjunto que nos permitió trabajar en equipo, superar los retos presentados y fortalecer no solo nuestros conocimientos académicos, sino también nuestras habilidades para el trabajo colaborativo y el logro de objetivos comunes.

## DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento, dedico el presente trabajo a quienes hicieron posible la culminación de esta importante etapa académica. En primer lugar, a Dios, por guiar mis pasos, brindarme fortaleza y sabiduría, y permitirme alcanzar este objetivo que marca un momento significativo en mi vida.

A mis padres, Luis Pucuna y Rosa Chuma, por su incondicional apoyo constante y por ser el pilar fundamental de mi formación personal y profesional. Gracias por cada sacrificio, enseñanza y palabra de aliento que me impulsaron a seguir adelante.

A mis hermanos, Jenniffer Pucuna y Diego Pucuna, por su comprensión, compañía y apoyo a lo largo de este camino, siendo siempre una fuente de motivación.

A mi mejor amiga Valeria Taco, por su amistad sincera, su apoyo y por estar presente en los momentos de esfuerzo y dificultad, brindándome ánimo y confianza durante este proceso.

A mi enamorado Xavier Vera, por ser mi compañero de vida durante todo este proceso, por su apoyo incondicional y por convertirse en una fuente constante de motivación diaria.

De manera especial, a Max, mi fiel compañero, cuya compañía y cariño hicieron más llevaderas las largas jornadas de estudio.

Este logro es el resultado del esfuerzo compartido y del apoyo invaluable de cada una de estas personas. A todos ustedes mis más sinceros agradecimientos.

Cynthia Janeth Pucuna Chuma

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a mis padres, Jorge Campoverde y Lucila Corrales, quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido el motor que me impulsó a seguir adelante. Gracias por cada esfuerzo, consejo y enseñanza que marcaron mi camino y me dieron la fortaleza para no rendirme.

A mi hermano, Jorge Campoverde, le dedico este logro con profundo cariño, por estar siempre a mi lado, acompañándome en cada etapa, brindándome apoyo sincero y recordándome que nunca camino sola.

Este trabajo representa para mí cada momento de esfuerzo, desvelo y crecimiento personal. Es el reflejo de los desafíos superados y de la constancia que me permitió avanzar incluso cuando el camino se puso difícil.

Finalmente, dedico este logro a mis mascotas Fini, Chirringo y Cenizo, quienes con su silenciosa compañía estuvieron presentes en los momentos más tristes, ofreciéndome consuelo, calma y una razón para sonreír cuando más lo necesitaba.; y a Max, mi amigo más fiel, que en paz descansa, cuyo recuerdo seguirá acompañándome siempre.

Lizzette Lucia Campoverde Corrales

## RESÚMEN

Se desarrolla una propuesta estructural de un galpón construido en aluminio, ubicado en la calle Segunda de Data de Posorja. La zona del proyecto presente condiciones propias de un entorno costero, con influencia de cargas sísmicas y de viento, lo que exige estructuras que garanticen la seguridad, estabilidad y adecuado desempeño estructural durante su vida útil. En este contexto, la investigación analiza el uso del aluminio estructural como una alternativa técnica frente a los materiales tradicionalmente empleados en este tipo de edificaciones.

La propuesta estructural se fundamenta a partir de la evaluación de las condiciones geotécnicas del terreno, las variables climáticas del entorno y el comportamiento mecánico del aluminio como elemento estructural. Se emplea como normativa principal el Aluminum Design Manual (ADM-2020), complementado de acuerdo con los principios de carga descritos en la norma ASCE/SEI 7 y referencias comparativas con normativas utilizadas en estructuras metálicas. Ese enfoque permite verificar la adecuada respuesta estructural en términos de resistencia y servicio exigidos para edificaciones de gran luz.

La metodología aplicada corresponde a una investigación de tipo descriptivo y explicativo, que comienza con el reconocimiento del área de estudio y la recopilación de información técnica. Posteriormente, se lleva a cabo el predimensionamiento de los elementos estructurales, considerando pórticos, correas arriostramientos, conexiones y cubierta. El análisis estructural se desarrolla mediante el programa Autodesk Robot Structural Analysis, lo que permite analizar la respuesta de la estructura ante cargas permanentes, sísmicas y de viento.

A partir de los resultados desarrollados se evidencia que el empleo del uso del aluminio estructural es viable y seguro para el diseño del galpón, ofreciendo ventajas como la reducción del peso propio, eficiencia estructural y durabilidad, especialmente en zonas costeras.

Finalmente, el trabajo aporta criterios técnicos que promueven el uso del aluminio como una alternativa eficiente en edificaciones de gran luz.

Además, el estudio permite establecer una base técnica aplicable a futuros proyectos desarrollados en zonas con condiciones ambientales similares, aportando criterios adaptables a contextos costeros del Ecuador. De esta manera, se fortalece la toma de decisiones en el diseño estructural de galpones livianos, priorizando seguridad, funcionalidad y sostenibilidad.

**Palabras clave:** Aluminio, galpón, diseño estructural, cargas, edificaciones, zona costera, Robot Structural Analysis.

## ABSTRACT

A structural proposal is developed for a warehouse built in aluminium, located on Segunda de Data Street in Posorja. The project area has conditions typical of a coastal environment, with seismic and wind loads, which requires structures that guarantee safety, stability and adequate structural performance during their useful life. In this context, the research analyses the use of structural aluminium as a technical alternative to the materials traditionally used in this type of building.

The structural proposal is based on an assessment of the geotechnical conditions of the site, the climatic variables of the environment and the mechanical behaviour of aluminium as a structural element. The Aluminum Design Manual (ADM-2020) is used as the main standard, supplemented by the load principles described in ASCE/SEI 7 and comparative references to standards used in metal structures.

This approach allows for verification of the adequate structural response in terms of strength and service required for long-span buildings.

The methodology applied corresponds to descriptive and explanatory research, which begins with the recognition of the study area and the collection of technical information. Subsequently, the pre-dimensioning of the structural elements is carried out, considering frames, bracing, connections, and roofing. The structural analysis is carried out using the Autodesk Robot Structural Analysis programme, which allows the response of the structure to permanent, seismic and wind loads to be analysed.

The results show that the use of structural aluminium is viable and safe for the design of the warehouse, offering advantages such as reduced weight, structural efficiency and durability, especially in coastal areas. Finally, the work provides technical criteria that promote the use of

aluminium as an efficient alternative in large-span buildings.

In addition, the study establishes a technical basis applicable to future projects developed in areas with similar environmental conditions, providing criteria that can be adapted to coastal contexts in Ecuador. This strengthens decision-making in the structural design of lightweight warehouses, prioritising safety, functionality and sustainability.

**Keywords:** Aluminium, warehouse, structural design, loads, buildings, coastal area, Robot Structural Analysis.

## CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
AGRADECIMIENTOS	5
DEDICATORIA	6
DEDICATORIA	7
RESÚMEN	8
ABSTRACT	10
1. CAPÍTULO I	21
1.1. INTRODUCCIÓN	21
1.2. PROBLEMA DE ESTUDIO	22
1.3. OBJETIVOS	23
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
2. CAPÍTULO II	24
2.1. MARCO TEÓRICO	24
2.2. GALPONES	24
2.3. TEORÍA DE PÓRTICOS PLANOS Y ESPACIALES	25
2.3.1. CRITERIOS FUNDAMENTALES DE LOS PORTICOS LATERALES	25
2.3.2. PÓRTICOS ESTRUCTURALES DE DOS DIMENSIONES	25
2.3.3. PÓRTICOS ESPACIALES	26
2.4. COMPONENTES PRINCIPALES DEL GALPÓN	27
2.3. VIGAS	27
2.4. COLUMNAS	27
2.5. NODO	27
2.6. CORREAS	28
2.7. CUBIERTA	28
2.8. CIMENTACIÓN	28
2.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ALUMINIO ESTRUCTURAL	28
2.6. DENSIDAD BAJA Y ESTRUCTURA LIGERA	28

2.7.	DESEMPEÑO MECÁNICO DEL MATERIAL ANTE ESFUERZOS DE TRACCIÓN	29
2.8.	DUCTILIDAD Y CAPACIDAD DE DEFORMACION DEL ALUMINIO .....	30
2.9.	COMPORTAMIENTO DEL ALUMINIO BAJO COMPRESIÓN .....	30
2.10.	PANDEO GLOBAL EN COLUMNAS LARGAS .....	30
2.11.	PANDEO LOCAL EN PERFILES DELGADOS DE ALUMINIO .....	31
2.12.	INFLUENCIA DEL ESPEOR DE PARED EN PERFILES TUBULARES .....	31
2.13.	NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN .....	32
2.13.1.	INTRODUCCIÓN AL DISEÑO EN ALUMINIO.....	32
2.14.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS RELEVANTES .....	33
2.15.	BASES NORMATIVAS DEL ADM-2020.....	33
2.15.1.	MÉTODOS DE DISEÑO PERMITIDOS: LRFD Y ASD .....	34
2.16.	FACTORES DE CARGA Y FACTORES DE RESISTENCIA EN LRFD.....	34
2.16.1.	FACTORES DE CARGA.....	34
2.17.	FACTORES DE RESISTENCIA .....	35
2.18.	NORMATIVA NEC: Cargas No Sísmicas (NEC-SE-CG).....	35
2.19.	NEC-SE-DS: Zonificación Sísmica del Ecuador .....	37
2.20.	CLASIFICACIÓN DE PERFILES DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NEC-SE-DS.....	38
2.21.	COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NEC-SE-DS.....	40
2.21.1.	(Fa) FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO EN EL RANGO DE PERÍODOS CORTOS .....	40
2.21.2.	(Fd) FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DESPLAZAMIENTOS SEGÚN EL TIPO DE SUELO .....	42
2.21.3.	(Fs) FACTOR DE COMPORTAMIENTO NO LINEAL DEL SUELO BAJO EXCITACIÓN SÍSMICA.....	43
2.21.	NORMATIVA COMPLEMENTARIA (AISC – ASCE – EUROCÓDIGO 9, REFERENCIA COMPARATIVA).....	43
2.21.1.	AISC 360 – SPECIFICATION FOR STRUCTURAL STEEL BUILDINGS .....	44
2.21.2.	ASCE/SEI 7 – MINIMUM DESIGN LOADS FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES .....	44
2.22.	ESTADOS LÍMITE CONSIDERADOS EN EL DISEÑO .....	45
2.22.1.	ESTADO LÍMITE DE FLUENCIA (YIELDING) .....	45
2.22.2.	ESTADO LÍMITE DE FRACTURA.....	45

2.23.	INFLUENCIA DE LA ESBELTEZ Y LA RELACIÓN B/T (ANCHO/ESPESOR) .46	46
2.24.	RELACIÓN DE ESBELTEZ GLOBAL (KL/r).....46	46
2.25.	RELACIÓN LOCAL DE ANCHO/ESPESOR (b/t) .....47	47
2.26.	DISEÑO DE CONEXIONES EN ALUMINIO .....48	48
2.26.1.	CONEXIONES ATORNILLADAS.....48	48
2.26.1.1.	APLASTAMIENTO .....48	48
2.27.	UNIONES ATORNILLADAS.....49	49
2.27.1.	GENERALIDAD.....49	49
2.28.	TIPOS DE CONEXIONES EMPLEADAS .....50	50
2.28.1.	CONEXIÓN COLUMNA-VIGA.....50	50
2.28.2.	CONEXIÓN VIGA-CORREA.....51	51
2.28.3.	CONEXIÓN DE ARRIOSTRAMIENTO .....51	51
2.28.4.	PERNOS Y ELEMENTOS DE FIJACIÓN .....51	51
2.29.	CONEXIONES SOLDADAS .....52	52
2.29.1.	ZONA AFECTADA POR CALOR (ZAC).....52	52
2.29.2.	REDUCCIÓN DE RESISTENCIA EN SOLDADURA .....52	52
3.	CAPÍTULO III.....53	53
3.1.	METODOLOGÍA .....53	53
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....53	53
3.3.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....54	54
3.4.	ZONA DE ESTUDIO .....55	55
3.5.	UBICACIÓN.....55	55
3.6.	GEOLOGÍA.....56	56
3.7.	CLIMA.....56	56
3.8.	POBLACIÓN.....57	57
3.9.	MUESTRA.....58	58
3.10.	LEVANTAMIENTO DE DATOS EN EL SITIO.....58	58
3.11.	PREDIMENSIONAMIENTO.....59	59
3.12.	RECONOCIMIENTO DEL SITIO Y VERIFICACIÓN EN CAMPO.....59	59
3.13.	ESTUDIO DE SUELO.....60	60
3.14.	MATERIAL DE LA CUBIERTA DE ALUMINIO .....62	62
3.15.	CERCHA ESTRUCTURAL .....63	63
3.16.	MODELADO DE LA CORREA EN ROBOT STRUCTURAL .....63	63
3.17.	MODELADO EN SOFTWARE ESTRUCTURAL.....63	63

3.18.	CÁLCULO DE MOMENTOS Y TENSIONES CON ROBOT STRUCTURAL .....	63
3.19.	CÁLCULO DE LAS CORREAS.....	63
3.20.	CÁLCULO DE CARGAS ESTRUCTURALES.....	64
3.21.	CARGA MUERTA .....	64
3.22.	CARGA VIVA DE MANTENIMIENTO .....	64
3.23.	CARGA DE VIENTO SEGÚN ASCE-7 .....	64
3.24.	CARGA SÍSMICA MEDIANTE ESPECTRO DE DISEÑO .....	64
3.25.	COMBINACIONES DE CARGA LRFD Y/O ASD SEGÚN ADM-2020.....	64
3.26.	CONDICIONES SÍSMICAS.....	65
3.27.	DATOS GEOTÉCNICOS.....	65
3.28.	DATOS GEOLÓGICOS .....	65
3.29.	DATOS DE VIENTO.....	66
3.30.	DISEÑO DEL COMPONENTE ESTRUCTURAL.....	66
3.31.	PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL .....	66
3.32.	MODELADO Y ANÁLISIS EN ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS .....	67
4.	CAPITULO IV.....	76
4.	RESULTADOS IV .....	77
4.1.	DATOS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	77
4.2.	CARGAS.....	77
4.3.	ÁREA COLABORANTE DE LA ESTRUCTURA .....	79
4.4.	DETERMINACIÓN DE CARGAS .....	79
4.5.	CÁLCULO DEL PESO TOTAL POR CARGA VIVA .....	79
4.6.	CÁLCULO DEL PESO TOTAL POR CARGA MUERTA.....	80
4.7.	CARGA TOTAL DE SERVICIO EN CUBIERTA.....	80
4.8.	AREA TRIBUTARIA POR CORREA.....	80
4.9.	CARGA TOTAL POR CORREA.....	80
4.10.	CARGA DISTRIBUIDA SOBRE LA CORREA .....	81
4.11.	CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR .....	81
4.12.	CARGA DE VIENTO .....	82
4.13.	CÁLCULO DE PRESIÓN DE VIENTO .....	83
4.14.	COMBINACIONES DE CARGA Combinación 1 – Gravitacional .....	83
4.15.	CORTANTE BASAL POR VIENTO .....	84
4.16.	CORTANTE BASAL POR SISMO.....	84

4.17.	PERIODO DE VIBRACIÓN .....	85
4.18.	CALCULO DE DERIVA.....	85
4.19.	DEFORMACIÓN MÁXIMA.....	85
4.20.	CALCULO DE CORREAS.....	86
4.21.	CALCULO DE CORREAS.....	86
4.22.	EXPRESIONES DE LA ESBELTEZ .....	87
4.23.	CARGAS DE VIENTO.....	97
4.24.	CARGAS SISMICAS.....	98
4.25.	MOMENTOS ESFUERZOS FX:.....	99
4.26.	DIAGRAMA EN ESFUERZOS EN FY:.....	99
4.27.	DIAGRAMA EN ESFUERZOS EN FZ: .....	99
4.28.	DESPLAZAMIENTOS NODALES .....	100
4.29.	MOMENTOS .....	101
4.30.	DIAGRAMA EN ESFUERZOS EN FX:.....	101
4.31.	DIAGRAMA EN MOEMTOS MZ:.....	102
4.32.	DIAGRAMA EN MOMENTOS MY:.....	102
4.33.	DESPLAZAMIENTOS NODALES UX:.....	102
4.34.	DESPLAZAMIENTO NODALES UY:.....	103
4.35.	ESPECTRAL.....	104
4.36.	DEFINICIÓN DEL ESPECTRO.....	104
4.37.	RESULTADOS DE LA DEFORMACIÓN .....	105
4.38.	TABLA CORRESPONDIENTE A LOS LARGUEROS.....	105
4.39.	VIGAS PRINCIPALES.....	107
4.40.	VIGAS PERIMETRAL .....	109
4.41.	COLUMNAS.....	111
4.42.	ARRIOSTRAMIENTO .....	113
4.43.	ESFUERZOS EN LOS NUDOS.....	116
4.44.	PARÁMETRO DEL ANALISIS CARGA (D).....	121
4.45.	PARÁMETRO DEL ANALISIS CARGA (L).....	122
4.46.	PARÁMETRO DEL ANÁLISIS MODAL .....	123
4.47.	ANÁLISIS ESPECTRAL – NE .....	124
4.48.	DEFINICIÓN DEL ASPECTRO .....	125
4.49.	DIRECCIONES.....	127

4.50.	ANÁLISIS ESPECTRAL – NE .....	128
4.51.	TIPOS DE ANALISIS.....	128
5.	CAPITULO V.....	129
5.1.	CRONOGRAMA.....	129
6.	CAPITULO VI.....	130
6.1.	PRESUPUESTO .....	130
7.	CAPITULO VII.....	137
7.1.	CONCLUSIÓN.....	137
8.	CAPITULO VIII.....	139
8.1.	RECOMENDACIONES.....	139
9.	CAPITULO IX.....	141
9.1.	BIBLIOGRAFÍA.....	141
10.	CAPITULO X.....	144
10.1.	ANEXOS.....	144

## **TABLA DE ILUSTRACIONES**

<b>ILUSTRACIÓN 1-DISEÑO DEL GALPÓN EN ROBOT ESTRUCTURAL.....</b>	<b>24</b>
<b>ILUSTRACIÓN 2 ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ECUADOR Y VALORES DEL FACTOR DE ZONA Z SEGÚN LA NEC-SE-DS.....</b>	<b>37</b>
<b>ILUSTRACIÓN 3 UNIONES ATORNILLADAS.....</b>	<b>50</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4 ELABORADO POR LOS AUTORES.....</b>	<b>53</b>
<b>ILUSTRACIÓN 5 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE POSORJA (GAD PARROQUIAL DATA DE POSORJA, 2016).....</b>	<b>55</b>
<b>ILUSTRACIÓN 6 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL GALPÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>ILUSTRACIÓN 7 UBICACIÓN DEL GALPÓN.....</b>	<b>60</b>
<b>ILUSTRACIÓN 8-HOJA TÉCNICA TERNIUM TR-101 .....</b>	<b>62</b>
<b>ILUSTRACIÓN 9-HOJA TÉCNICA TERNIUM TR-101.....</b>	<b>62</b>
<b>ILUSTRACIÓN 10 MEDIDAS DEL GALPÓN.....</b>	<b>66</b>
<b>ILUSTRACIÓN 11 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>67</b>
<b>ILUSTRACIÓN 12 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>68</b>
<b>ILUSTRACIÓN 13 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>68</b>
<b>ILUSTRACIÓN 14 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>69</b>
<b>ILUSTRACIÓN 15 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>70</b>
<b>ILUSTRACIÓN 16 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>71</b>
<b>ILUSTRACIÓN 17 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>72</b>
<b>ILUSTRACIÓN 18 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>73</b>
<b>ILUSTRACIÓN 19 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>74</b>
<b>ILUSTRACIÓN 20 RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS</b>	<b>75</b>

<b>ILUSTRACIÓN 21</b>	RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS	76
<b>ILUSTRACIÓN 22</b>	RESULTADOS OBTENIDOS POR ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS	76
<b>ILUSTRACIÓN 23</b>	VIGAS Y CABLES.....	81
<b>ILUSTRACIÓN 24</b>	BARRAS COMPRIMIDAS.....	86
<b>ILUSTRACIÓN 25</b>	CANCHA DEPORTIVA - DATA DE POSORJA.....	144
<b>ILUSTRACIÓN 26</b>	CANCHA DEPORTIVA - DATA DE POSORJA.....	144

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-</b> VALORES NUMÉRICOS DE LAS PROPIEDADES DEL ALUMINIO .....	33
<b>Tabla 2-</b> COMBINACIÓN DE CARGAS.....	34
<b>Tabla 3-</b> FACTORES DE RESISTENCIA.....	35
<b>Tabla 4-</b> COMBINACIONES DE CARGAS NO SÍSMICAS SEGÚN NEC-SE-CG.....	36
<b>Tabla 5-</b> TIPOS DE PERFILES DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NEC-SE-DS .....	38
<b>Tabla 6-</b> COEFICIENTE DE AMPLIACIÓN DE SUELO EN LA ZONA DE PERÍODO CORTO (MIDUVI, 2015).....	41
<b>Tabla 7-</b> AMPLIFICACIÓN DE LAS ORDENADAS DEL ESPECTRO ELÁSTICO (MIDUVI, 2015) .....	42
<b>Tabla 8-</b> COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE LOS SUELOS.....	43
<b>Tabla 9-</b> FACTORES DE REDUCCIÓN POR ESBELTEZ (X) PARA MIEMBROS EN COMPRESIÓN DE ALUMINIO.....	47
<b>Tabla 10-</b> LÍMITES DE ESBELTEZ LOCAL (B/T) EN ELEMENTOS COMPRIMIDOS DE ALUMINIO .....	48
<b>Tabla 11-</b> REQUISITOS DE DISEÑO EN CONEXIONES ATORNILLADAS DE ALUMINIO	49
<b>Tabla 12-</b> ESTUDIO DE SUELO.....	61
<b>Tabla 13-</b> CARGA MUERTA TOTAL .....	78
<b>Tabla 14-</b> CARGA VIVA TOTAL .....	78
<b>Tabla 15-</b> CARGA DE VIENTO .....	82

## 1. CAPÍTULO I

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El trabajo aborda como objetivo principal desarrollar el análisis técnico necesario para la evaluación y propuesta estructural aplicada a un galpón emplazado en la parroquia Data de Posorja, provincia del Guayas. Debido a la ubicación del área de estudio en una zona de elevada actividad sísmica, resulta indispensable considerar de manera adecuada las características del terreno, las condiciones sísmicas del sitio y los parámetros que influyen en el comportamiento estructural.

De esta forma, se estudia las condiciones del ambiente, la zonificación sísmica y la clasificación del suelo, con el propósito de establecer criterios de diseño que garanticen la convicción y funcionalidad de la estructura.

Con el fin de llevar a cabo la investigación se realiza la caracterización del sitio mediante la revisión de información técnica disponible y el reconocimiento en campo, complementado con la aplicación de la normativa vigente para el acuerdo de los efectos sísmicos y cargas de diseño. Asimismo, se evalúan los coeficientes de sitio y los factores que influyen en la respuesta estructural, permitiendo definir un modelo estructural representativo del comportamiento real de la edificación. De esta manera, el trabajo busca establecer una propuesta de diseño estructural técnicamente sustentada, considerando las condiciones propias del emplazamiento y aportando criterios que contribuyan a la seguridad estructural y al cumplimiento de los requerimientos normativos.

Finalmente, el estudio contempla la modelación y análisis estructural del galpón, considerando las acciones actuantes y las cargas combinadas correspondientes, con el propósito de examinar su desempeño ante diferentes escenarios de sollicitación. A partir de los resultados obtenidos, se definen los elementos estructurales y sus dimensiones, verificando la ejecución de la verificación de resistencia y servicio. De este modo, se consolida una propuesta de diseño estructural coherente y segura, acorde con las condiciones del sitio y orientada a garantizar la estabilidad y funcionalidad de la estructura.

## 1.2. PROBLEMA DE ESTUDIO

¿Cómo se diseña y optimiza un galpón de aluminio estructural para un uso deportivo, asegurando la eficiencia del material y el cumplimiento estricto de las normativas de seguridad para cargas de viento, sismo y uso público, en comparación con una solución tradicional de acero?

El diseño de galpones con materiales no tradicionales como el aluminio expone desafíos técnicos específicos. La falta de familiaridad en el medio local con las normativas de diseño en aluminio (como el Aluminum Design Manual - ADM) en semejanzas con las de acero (AISC), genera un vacío de aplicación práctica

Adicionalmente, la estructura debe ser diseñada para sostener cargas vivas y combinaciones de carga más precisas, respaldando su seguridad y estabilidad frente a condiciones excesivas. La interrelación entre la cubierta liviana de aluminio y las cargas de viento y sismo debe ser estudiada estrictamente.

La utilización del aluminio estructural en edificaciones de grandes luces se ha visto escasa en experiencia técnica y la falta de reglamentación local que permita su implementación. En revisión el acero cuenta con una base normativa y metodológica ampliamente difundida, lo que ayuda su elección en la mayoría de los proyectos. El aluminio brinda ventajas importantes, como su bajo peso, alta resistencia a la corrosión y facilidad de montaje que podrían trasladarse en estructuras más ligeras, eficientes y duraderas. La falta de estudios comparativos entre ambos materiales en el ámbito deportivo dificulta la evaluación de su verdadero potencial técnico y económico. El diseño de un galpón deportivo debe recibir a personas necesita un estudio estructural exhaustivo que asegure la seguridad frente a cargas severas y el bienestar de quienes lo ocupan. La reacción del aluminio ante fuerzas sísmicas y de viento es diferente a la del acero debido a sus características físicas.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar la estructura de un galpón deportivo de aluminio en Data de Posorja evaluando su comportamiento frente a cargas de viento, sismo, mediante las normativas de diseño en aluminio (ADM), para comprobar su seguridad, y eficiencia estructural.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar la normativa de diseño adaptable al aluminio estructural (ADM) relacionando los criterios de cálculo, comportamiento estructural y condiciones de seguridad necesarios para el diseño de galpón.
- Evaluar el comportamiento estructural del galpón de aluminio frente a cargas permanentes, sísmicas y de viento, determinando su rigidez, resistencia, eficiencia del material, elaborando los planos correspondientes de la estructura.
- Establecer los resultados técnicos y estructurales obtenidos, comprobando su conformidad con la normativa vigente, formulando lineamientos que impulsen el uso del aluminio en estructuras de proyectos constructivos.

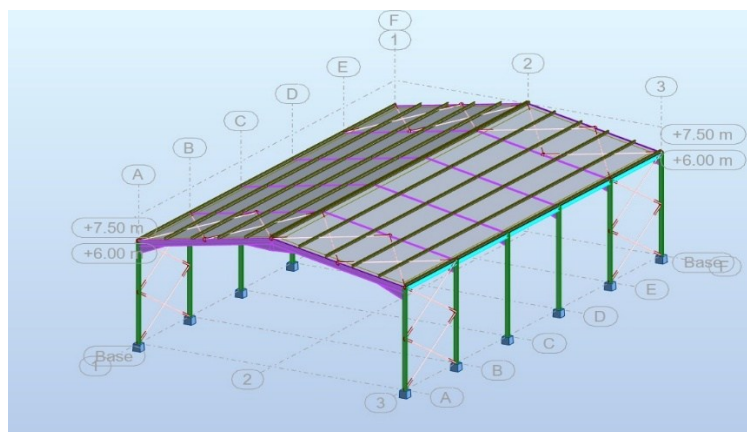
## 2. CAPÍTULO II

### 2.1. MARCO TEÓRICO

### 2.2. GALPONES

Se define galpón a la edificación construida a partir de un sistema estructural prefabricado, en los cuales se integran los marcos metálicos como elementos portantes, elementos secundarios de soporte y una cubierta de peso reducido. De acuerdo con el Metal Building Systems Manual, estas edificaciones se distinguen por su capacidad de salvar grandes distancias sin la necesidad sin la necesidad de apoyos interiores significativos, lo que permite generar áreas amplias y despejadas, adecuadas para usos industriales, logísticos, agrícolas o almacenamiento, Asimismo, su concepción modular y el empleo de materias como el acero o el aluminio facilitan procesos constructivos más rápidos, de menor costo y con alta flexibilidad para adaptarse a diversos requerimientos funcionales.

Considerando el comportamiento estructural, los galpones desempeñan el rol de un sistema integral compuesto por pórticos rígidos, elementos de arriostramiento, cerramientos laterales y sistemas de cubierta, los cuales actúan de manera conjunta para soportar las cargas permanentes y variables de igual manera que las acciones ambientales, tales como el viento y los efectos sísmicos. (MBMA, 2012).



*Ilustración 1-Diseño del galpón en robot estructural*

## **2.3. TEORÍA DE PÓRTICOS PLANOS Y ESPACIALES**

### **2.3.1. CRITERIOS FUNDAMENTALES DE LOS PORTICOS LATERALES**

Los pórticos estructurales se definen como sistemas formados por elementos longitudinales, tales como vigas y columnas, los cuales se conectan entre sí mediante uniones de carácter rígido en sus extremos. Este tipo de conexión posibilita la transferencia de las cargas aplicadas entre los distintos componentes, generando acciones internas de flexión, cortante y compresión que contribuyen de manera conjunta a la estabilidad y resistencia del conjunto estructural. En consecuencia, la interacción entre los elementos del pórtico permite que la estructura responda de forma conjunta frente a cargas verticales y efectos horizontales. (Hibbeler, 2016)

A diferencia de sistemas articulados, en los que las uniones permiten giros sin transmitir momentos, los pórticos rígidos se caracterizan por contar con conexiones que aseguran la continuidad estructural entre vigas y columnas. Esta condición incrementa de forma significativa la rigidez lateral del sistema, lo que mejora su capacidad para controlar desplazamientos ocasionados por acciones dinámicas como el viento y los sismos. En edificaciones de más de un nivel, donde el control de deformaciones y la estabilidad global son criterios fundamentales de diseño, la aplicación de este tipo de estructuras resulta indispensable. (Kassimali, 2012)

### **2.3.2. PÓRTICOS ESTRUCTURALES DE DOS DIMENSIONES**

Los pórticos planos constituyen un esquema estructural en el que los elementos verticales y horizontales se integran para trabajar dentro de una misma dirección, concentrando su respuesta mecánica en un solo plano. Este tipo de configuración limita los desplazamientos y deformaciones a dicha dirección, lo que permite representar su comportamiento mediante modelos simplificados sin perder confiabilidad en los resultados del análisis. (Kassimali, 2012)

La conexión entre vigas y columnas en los pórticos planos genera un sistema continuo en el que

los nudos permiten desplazamientos y giros controlados. Gracias a esta condición, es posible identificar con precisión los esfuerzos internos que se desarrollan en cada elemento, tales como fuerzas axiales, esfuerzos cortantes y momentos de flexión, los cuales influyen directamente en la capacidad resistente y la estabilidad general de la estructura. (Chopra, 2014)

Este sistema estructural es comúnmente aplicado en edificaciones de baja y media altura, naves industriales y estructuras cuya respuesta frente a carga laterales se concentran en una sola dirección. Cuando se diseña de manera adecuada, el pórtico plano proporciona una respuesta eficiente frente a acciones sísmicas y de viento, ofreciendo rigidez y estabilidad mediante la interacción adecuada entre vigas, columnas y sus uniones. (Kassimali, 2012)

### **2.3.3. PÓRTICOS ESPACIALES**

Los pórticos espaciales corresponden a sistemas estructurales en los que los elementos resistentes se disponen de forma tridimensional, permitiendo que la estructura responda simultáneamente a acciones que actúan en diferentes direcciones. A diferencia de los sistemas planos, este tipo de configuración mejora la rigidez y el desempeño global de la edificación, ya que distribuye las solicitaciones de manera conjunta en los ejes principales del espacio, proporcionando una respuesta estructural mas equilibrada. (Megson, 2019)

Debido a que los nudos de los pórticos espaciales presentan múltiples posibilidades de desplazamiento y rotación, su comportamiento no puede ser representado mediante modelos simples, sino que requiere un análisis tridimensional detallado. Por esta razón, su evaluación se realiza mediante herramientas computacionales especializadas, siendo este sistema ampliamente aplicado en edificaciones de gran altura, instalaciones industriales, puentes y estructuras sometidas a cargas laterales complejas, donde la capacidad de resistir acciones en varias direcciones resulta fundamental para reducir deformaciones y garantizar la seguridad estructural.

(Chopra, 2014)

#### **2.4. COMPONENTES PRINCIPALES DEL GALPÓN**

Dichos sistemas de pórticos corresponden a sistemas resistentes en los que los elementos verticales y horizontales se integran mediante uniones que permiten el trabajo solidario de la estructura. Esta interacción posibilita que las cargas actuantes sean absorbidas y redistribuidas de manera eficiente, asegurando un adecuado desempeño mecánico y un comportamiento estable del conjunto frente a las distintas sollicitaciones. (Kassimali, 2012)

#### **2.3. VIGAS**

Las vigas forman parte del sistema resistente y su función se centra en conducir las acciones que actúan sobre la estructura hacia los elementos verticales. Al trabajar principalmente como elementos sometidos a flexión, permiten que la estructura mantenga su estabilidad y continuidad estructural frente a las cargas aplicadas. (Hibbeler, 2016)

#### **2.4. COLUMNAS**

Dentro del sistema estructural, las columnas cumplen un papel determinante al garantizar la estabilidad vertical de la edificación. Estos elementos reciben las cargas transmitidas por los componentes horizontales y las conducen de forma segura hacia la cimentación. Además, ante la presencia de acciones laterales como el viento o los sismos, las columnas participan activamente en la respuesta estructural, limitando desplazamiento y deformaciones. Su desempeño depende de factores como lo geometría, el material empleado y la combinación de cargas actuantes.

(Nilson, Darwin, & Dolan, 2010)

#### **2.5. NODO**

En una estructura tipo pórtico, el nodo representa la zona de conexión entre los distintos elementos resistentes, permitiendo la interacción entre vigas y columnas. A través de estas

uniones se transmiten los esfuerzos internos y se garantiza el trabajo conjunto del sistema, siendo fundamentales para el análisis estructural y la correcta evaluación. (McGuire, Gallagher & Ziemian, 2017)

## **2.6. CORREAS**

En la configuración estructural del galpón, las correas desempeñan un rol secundario al servir como apoyo para la cubierta y los cerramientos. A través de estas, las cargas actuantes se transfieren de forma eficiente hacia los elementos principales, contribuyendo además a la estabilidad y al desempeño global de la estructura. (Salmon & Johnson, 1996)

## **2.7. CUBIERTA**

Dentro del galpón, la cubierta cumple la función de cerrar y proteger la edificación frente a las condiciones ambientales, además de canalizar las cargas que recibe hacia los elementos estructurales secundarios y principales. Su correcta rigidez y fijación permiten que la estructura responda de manera estable ante acciones externas, como el viento y los sismos, contribuyendo al comportamiento global del sistema estructural. (Calavera, 2008)

## **2.8. CIMENTACIÓN**

En toda edificación, la cimentación constituye el sistema encargado de garantizar la estabilidad de la estructura al interactuar directamente con el terreno. Su función es recibir las cargas transmitidas por los elementos superiores y distribuidas de manera segura al suelo, asegurando un comportamiento estructural adecuado. (Yepes, 2019)

## **2.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ALUMINIO ESTRUCTURAL**

### **2.6. DENSIDAD BAJA Y ESTRUCTURA LIGERA**

El uso del aluminio en sistemas estructurales destaca por su reducida masa, lo que permite disminuir el peso total de la edificación y las acciones permanentes asociadas. Esta condición

resulta especialmente ventajosa en aplicaciones donde se prioriza la ligereza, como cubiertas y elementos prefabricados, facilitando además las labores de transporte y montaje sin afectar la capacidad resistente de la estructura. (Mott, 2014)

## **2.7. DESEMPEÑO MECÁNICO DEL MATERIAL ANTE ESFUERZOS DE TRACCIÓN**

Algunas aleaciones de aluminio empleadas en estructuras presentan una capacidad adecuada para resistir esfuerzos de tracción, lo que permite su aplicación en elementos sometidos a cargas relevantes. Gracias a este comportamiento mecánico, el aluminio puede utilizarse de manera eficiente en componentes estructurales como vigas y pórticos, ofreciendo un desempeño comparable al de materiales metálicos livianos tradicionales.

En comparación con el acero, el aluminio presenta una menor rigidez elástica implica desplazamiento mas pronunciados, aspecto que debe ser considerado cuidadosamente en el diseño estructural. (Beer, Johnston, & DeWolf, 2015)

A diferencia de muchos aceros, el aluminio no presenta un punto de fluencia claramente definido. Su comportamiento mecánico se caracteriza por un aumento progresivo de la deformación a medida que crece el esfuerzo aplicado, lo que refleja una respuesta gradual y continua del material frente a la carga. (Gere & Goodno, 2012)

## **2.8. DUCTILIDAD Y CAPACIDAD DE DEFORMACION DEL ALUMINIO**

Una propiedad relevante del aluminio en aplicaciones estructurales es su capacidad para experimentar deformaciones significativas antes de fallar. Este comportamiento permite una mejor absorción de energía y una distribución más uniforme de los esfuerzos, reduciendo el riesgo de fallas repentinas. Además, esta característica facilita su conformado en distintos perfiles, ampliando su uso en elementos estructurales livianos. (Gere & Goodno, 2012)

En el ámbito del diseño estructural, esta capacidad de deformación resulta especialmente favorable en zonas sísmicas, ya que permite que la estructura disipe energía sin perder estabilidad. La mayor flexibilidad del aluminio contribuye a un comportamiento más seguro frente a acciones dinámicas, reduciendo la probabilidad de fallas súbitas en los elementos y sus conexiones. (Beer, Johnston, & DeWolf, 2015)

A pesar de sus buenas propiedades mecánicas, el aluminio presenta una rigidez menor en comparación con otros materiales estructurales, lo que se traduce en mayores deformaciones bajo cargas similares. Esta condición exige un control cuidadoso en el diseño, especialmente en elementos esbeltos, donde la estabilidad puede verse comprometida por fenómenos de pandeo tanto local como global. (Callister & Rethwisch, 2019)

## **2.9. COMPORTAMIENTO DEL ALUMINIO BAJO COMPRESIÓN**

### **2.10. PANDEO GLOBAL EN COLUMNAS LARGAS**

En elementos estructurales sometidos a compresión, la estabilidad puede verse comprometida antes de que el material alcance su resistencia máxima, manifestándose un fenómeno de inestabilidad que involucra la deformación del miembro en su conjunto. Este comportamiento depende de la rigidez del material, las características geométricas de la sección y la longitud efectiva del elemento entre apoyos.

En el caso del aluminio, cuya rigidez es inferior a la de otros materiales estructurales, esta condición adquiere mayor relevancia, ya que la capacidad para soportar cargas axiales se reduce en configuraciones esbeltas. Por tal motivo, el diseño debe priorizar el control de la esbeltez y la mejora de la rigidez estructural, ya sea mediante secciones más eficientes, reducción de longitudinales libres o la incorporación de elementos de arriostramiento que incrementen la estabilidad global.

*Cita en texto:* (Beer, Johnston, & DeWolf, 2015) (Gere & Goodno, 2012)

### **2.11. PANDEO LOCAL EN PERFILES DELGADOS DE ALUMINIO**

En elementos de aluminio con secciones delgadas, la inestabilidad puede manifestarse a nivel de partes individuales del perfil antes de comprometer al elemento completo. Este comportamiento ocurre cuando zonas como alas o paredes planas se deforman localmente bajo esfuerzos de compresión, generando abolladuras que reducen la capacidad resistente. Debido a que muchos perfiles de aluminio se obtienen mediante extrusión y presentan espesores reducidos, este tipo de inestabilidad resulta determinante en el diseño, ya que puede producirse antes de alcanzar la resistencia total del material o el pandeo general del elemento. (Gere & Goodno, 2012)

### **2.12. INFLUENCIA DEL ESPEOR DE PARED EN PERFILES TUBULARES**

La configuración geométrica del perfil influye de manera directa en su comportamiento frente a esfuerzos de compresión, siendo las secciones cerradas más eficientes que las abiertas debido a su mayor rigidez y estabilidad. El uso de paredes con espesores adecuados permite limitar la aparición de inestabilidades locales y mejorar la capacidad resistente del elemento, sin embargo, este aumento debe evaluarse cuidadosamente, ya que implica un mayor peso y costo. Por ello, el diseño estructural con aluminio busca seleccionar secciones tubulares que equilibren la resistencia y la ligereza, considerando además que las zonas de unión pueden convertirse en

puntos vulnerables si no se controlan adecuadamente durante el proceso constructivo. (Callister & Rethwisch, 2019)

## **2.13. NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN**

### **2.13.1. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO EN ALUMINIO**

Desde la perspectiva del diseño estructural, el aluminio destaca como un material eficiente por su reducido peso, buen desempeño resistente y alta durabilidad frente a la corrosión. Estas ventajas han impulsado su uso en estructuras livianas y sistemas constructivos modernos, sin embargo, su aplicación requiere criterios normativos propios, ya que su respuesta mecánica y sus mecanismo de falla difieren de los del acero.

En las estructuras de aluminio, los procesos de union pueden influir directamente en el desempeño mecánico del material. En particular, la soldadura puede generar zonas con menor resistencia debido a la alteración del tratamiento térmico, por lo que las normas de diseño incorporan criterios especiales para garantizar un comportamiento seguro en las conexiones. (EN 1999-1-1, 2007)

## 2.14. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS RELEVANTES

**Tabla 1-** VALORES NUMÉRICOS DE LAS PROPIEDADES DEL ALUMINIO

<b>PROPIEDADES MECANICAS</b>		<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		<b>VALORES ADICIONALES</b>	
<b>Densidad</b>	$2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	<b>Punto de fusión</b>	660 °C	<b>Numero atómico</b>	13
<b>Resistencia a la tracción</b>	160-690 Mpa (dependiendo de la aleación)	<b>Punto de ebullición</b>	2467 °C	<b>Peso atómico</b>	26,98
<b>Módulo de Young</b>	70 Gpa	<b>Calor específico</b>	$0,902 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$	<b>Valencia</b>	3
<b>Ductilidad</b>	Alargamiento a rotura hasta el 60%	<b>Conductividad térmica</b>	$237 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	<b>Electronegatividad</b>	1,81 Pauling
<b>Maleabilidad</b>	Laminas delgadas o estirarse en alambres	<b>Conductividad eléctrica</b>	$37,7 \frac{\text{MS}}{\text{m}}$		
<b>Tenacidad</b>	$27 \frac{\text{J}}{\text{cm}^2}$	<b>Coefficiente de expansión</b>	$\frac{23,9 \times}{10^6 \text{K}}$		
<b>Resistencia</b>	Buena	<b>Reflectividad de la luz</b>	90%		

Nota 1. Elaborado por los autores

A partir del análisis de sus propiedades, resulta evidencia que el aluminio requiere criterios de diseño propios, distintos a los aplicados al acero. Su menor rigidez provoca mayores deformaciones, razón por la cual las normativas específicas incorporan límites estrictos para el control de desplazamiento y fenómenos de inestabilidad. (The Aluminum Association, 2020)

## 2.15. BASES NORMATIVAS DEL ADM-2020

Regula el diseño de estructuras de aluminio, definiendo los niveles de seguridad, resistencia y deformación permitida en elementos, conexiones y sistemas completos, mediante los métodos de ASD y LRFD (The Aluminum Association, 2020)

### 2.15.1. MÉTODOS DE DISEÑO PERMITIDOS: LRFD Y ASD

En el método LRFD, consisten en aplicar factores de aumento a las cargas y factores de reducción a la resistencia nominal de los elementos, con el fin de garantizar niveles de seguridad consistentes frente a diferentes formas de falla. El ADM establece reglas específicas para la aplicación de este enfoque.

En contraste, el método ASD es tradicional y se basa en comparar los esfuerzos generados por las cargas de servicio con los esfuerzos permisibles del material, que representan una fracción de las cargas, sino que se reducen las resistencias para determinar los esfuerzos admisibles. La condición principal en este método es que los esfuerzos generados no superen los esfuerzos permisibles del material. (Gere & Goodno, 2012)

## 2.16. FACTORES DE CARGA Y FACTORES DE RESISTENCIA EN LRFD

### 2.16.1. FACTORES DE CARGA

El ADM-2020 adopta los factores de carga establecidos por el estándar ASCE/SEI 7, que define valores basados en análisis estadísticos para reflejar la variabilidad de las cargas que pueden actuar sobre una estructura. Entre las combinaciones de carga que se utilizan con mayor frecuencia se incluyen.

**Tabla 2-COMBINACIÓN DE CARGAS**

<i>COMBINACIÓN LRFD (ASCE 7)</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<b>1.2D + 1.6L</b>	Carga gravitacional
<b>1.2D + 1.0E + 0.5L</b>	Carga sísmica
<b>1.2D + 1.0W + 1.0L</b>	Cargas de viento

Nota 2. Elaborado por los autores

## 2.17. FACTORES DE RESISTENCIA

Los factores de resistencia  $\phi$  varían según el tipo de sollicitación:

**Tabla 3-** FACTORES DE RESISTENCIA

<i>TIPO DE SOLICITACIÓN</i>	<i>FACTOR <math>\phi</math> TÍPICO</i>
<b>Tracción</b>	0.90
<b>Flexión</b>	0.90
<b>Compresión (pandeo global)</b>	0.70-0.85
<b>Cortante</b>	0.75
<b>Conexiones</b>	0.50-0.65

Nota 3. Elaborado por los autores

*Cita en texto:* (The Aluminum Association, 2020)

## 2.18. NORMATIVA NEC: Cargas No Sísmicas (NEC-SE-CG)

Dentro del marco normativo ecuatoriano, las acciones que no provienen de eventos sísmicos son regulares por la NEC-SE-CG, la cual establece los parámetros para su incorporación en el análisis estructural de edificaciones. Esta normativa considera tanto las cargas de carácter permanente como aquellas de naturaleza variable, e indica las combinaciones que deben aplicarse para comprobar un comportamiento estructural adecuado durante la vida útil de la obra. (MIDUVI, 2015)

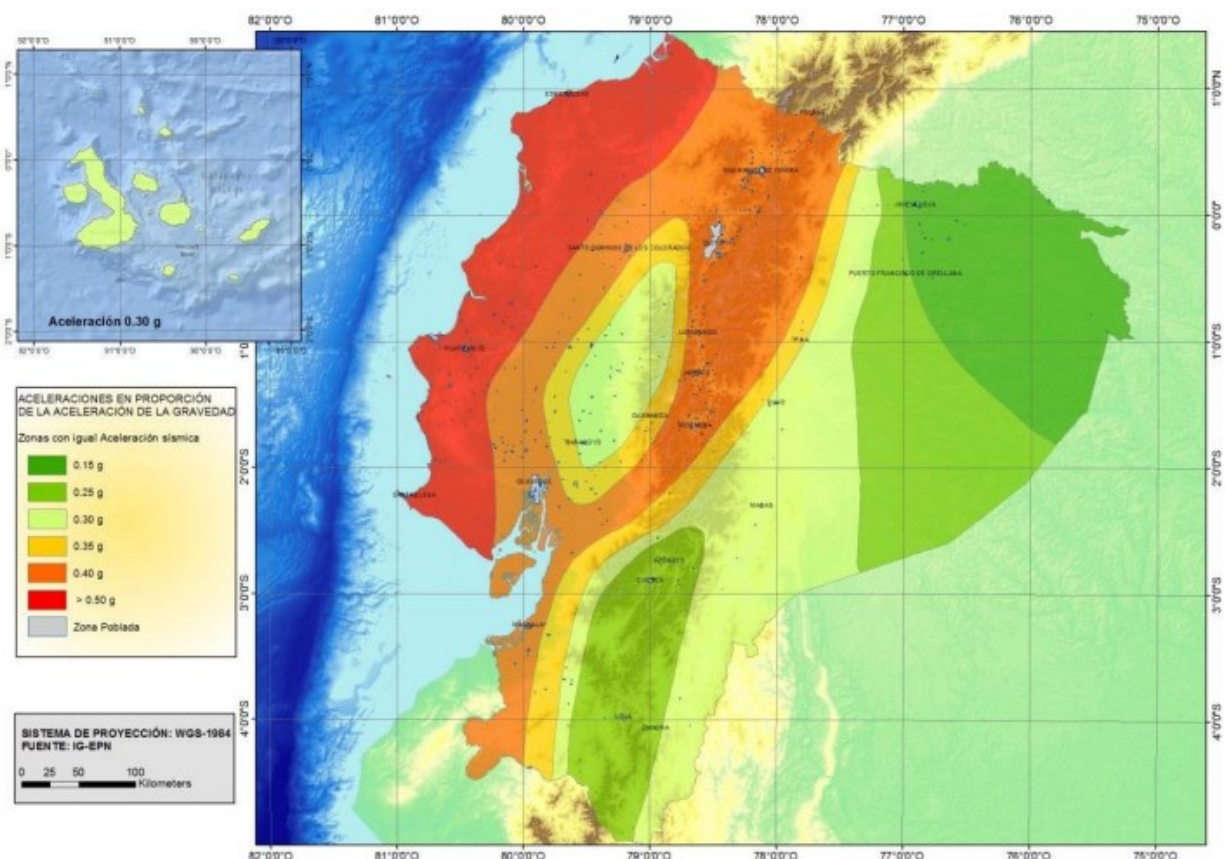
**Tabla 4-** COMBINACIONES DE CARGAS NO SÍSMICAS SEGÚN NEC-SE-CG

<i>COMBINACIÓN DE DISEÑO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<b>1.4 D</b>	Carga permanente aumentada
<b>1.2 D + 1.6 L + 0.5 max[Lr; S; R]</b>	Combina carga permanente, carga viva y carga máxima entre sobrecarga en cubierta, granizo u otras variables
<b>1.2 D + 1.6 max[Lr; S; R] + max[L; 0.5 W]</b>	Combina carga permanente con máximos de cargas variables y viento
<b>1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[Lr; S; R]</b>	Mezcla de carga permanente, viento, carga viva y otras variables
<b>1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S</b>	Incluye componente sísmica (E) con carga permanente, viva y granizo
<b>0.9 D + 1.0 W</b>	Carga permanente reducida combinada con viento
<b>0.9 D + 1.0 E</b>	Carga permanente reducida combinada con sismo

Nota 4. Elaborado por los autores

## 2.19. NEC-SE-DS: Zonificación Sísmica del Ecuador

En Ecuador, la zonificación sísmica definida por la NEC-SE-DS clasifica el país en seis zonas de amenaza sísmica, cada una con un valor de factor de zona  $Z$  que representa la aceleración máxima en roca esperada para sismos de diseño, medida como fracción de la gravedad. Estas zonas van desde  $Z = 0.15$  para amenaza sísmica intermedia hasta  $Z \geq 0.50$  para amenaza sísmica muy alta, siendo la zona VI ( $\geq 0.50g$ ) característica de la región litoral, lo que incluye áreas como Data de Posorja, donde la aceleración sísmica en roca es especialmente alta y, por ende, las demandas de diseño sísmico son más estrictas para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones. (MIDUVI, 2015).



**Ilustración 2** Zonificación sísmica del Ecuador y valores del factor de zona  $Z$  según la NEC-SE-DS

## 2.20. CLASIFICACIÓN DE PERFILES DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NEC-SE-DS

La NEC-SE-DS clasifica los perfiles de suelo con el fin de representar su comportamiento frente a la acción sísmica y su influencia en la respuesta estructural. Esta clasificación se basa principalmente en las propiedades dinámicas y geotécnicas de los 30 m superiores del suelo para los perfiles tipo A a E, considerando parámetros como la velocidad de la onda de corte, el valor del ensayo SPT y la resistencia a la corte no drenada. Cuando existen estratos claramente diferenciados, el perfil debe subdividirse para una mejor caracterización. En el caso del perfil tipo F, la norma exige evaluaciones geotécnicas especiales que no se limitan a los primeros 30 m del terreno. (MIDUVI, 2015).

**Tabla 5-** TIPOS DE PERFILES DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NEC-SE-DS

<i>TIPO DE PERFIL</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>DEFINICIÓN</i>
<i>A</i>	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
<i>B</i>	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
<i>C</i>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50 ; S_u \geq 100 \text{ KPa}$

<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15; 100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de corte,	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20 \text{ w} \geq 40 \% S_u < 50 \text{ kPa}$
Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:		
<b>F</b>	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre	

suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte

---

F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.

En función de la ubicación sísmica de Posorja, la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece una serie de factores asociados al perfil del suelo que permiten considerar los efectos de amplificación sísmica producidos por las condiciones locales del terreno. Estos factores se utilizan para modificar la respuesta sísmica de referencia en roca y reflejar el comportamiento real del suelo durante un sismo, tanto en el rango de períodos cortos como en la respuesta inelástica del terreno. Su aplicación es fundamental para la definición adecuada del espectro de diseño, ya que incorpora la influencia del tipo de suelo en la demanda sísmica que actúa sobre las estructuras emplazadas en el área de estudio, como es el caso de Posorja (MIDUVI, 2015).

## **2.21. COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NEC-SE-DS**

### **2.21.1. (Fa) FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO EN EL RANGO DE PERÍODOS CORTOS**

El coeficiente  $F_a$  representa el efecto de amplificación del suelo sobre las aceleraciones sísmicas en el rango de períodos cortos, considerando la influencia de las condiciones locales del terreno. Este factor permite ajustar el espectro de respuesta definido en roca para reflejar el comportamiento dinámico real del suelo. Su valor depende del tipo de perfil del subsuelo y de la zona sísmica en la que se emplaza la estructura. (MIDUVI, 2015).

**Tabla 6-** COEFICIENTE DE AMPLIACIÓN DE SUELO EN LA ZONA DE PERÍODO CORTO (MIDUVI, 2015)

<b>TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO</b>	<b>ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z</b>					
	I (Z=0.15)	II (Z=0.25)	III (Z=0.30)	IV (Z=0.35)	V (Z=0.40)	VI (Z≥0.50)
<b>A</b>	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>B</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>C</b>	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
<b>D</b>	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
<b>E</b>	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

### 2.21.2. (Fd) FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DESPLAZAMIENTOS SEGÚN EL TIPO DE SUELO

El coeficiente Fd se utiliza para modificar las ordenadas del espectro elástico de desplazamientos, incorporando los efectos de sitio asociados al perfil del suelo (MIDUVI, 2015).

**Tabla 7-** AMPLIFICACIÓN DE LAS ORDENADAS DEL ESPECTRO ELÁSTICO (MIDUVI, 2015)

<i><b>TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO</b></i>	<i><b>ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z</b></i>					
	I (Z=0.15)	II (Z=0.25)	III (Z=0.30)	IV (Z=0.35)	V (Z=0.40)	VI (Z≥0.50)
<b>A</b>	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>B</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>C</b>	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
<b>D</b>	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
<b>E</b>	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
<b>F</b>						

### 2.21.3. (Fs) FACTOR DE COMPORTAMIENTO NO LINEAL DEL SUELO BAJO EXCITACIÓN SÍSMICA

El coeficiente  $F_s$  considera el comportamiento no lineal del suelo frente a la excitación sísmica, permitiendo una representación más realista de su respuesta bajo sollicitaciones severas.

**Tabla 8-** COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE LOS SUELOS

<b>TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO</b>	<b>ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z</b>					
	I (Z=0.15)	II (Z=0.25)	III (Z=0.30)	IV (Z=0.35)	V (Z=0.40)	VI (Z≥0.50)
<b>A</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>B</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>C</b>	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
<b>D</b>	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
<b>E</b>	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
<b>F</b>						

### 2.21. NORMATIVA COMPLEMENTARIA (AISC – ASCE – EUROCÓDIGO 9, REFERENCIA COMPARATIVA)

El diseño estructural en aluminio no se realiza de forma aislada; el Aluminum Design Manual (ADM-2020) se apoya en otras normas reconocidas internacionalmente, como la AISC 360, la ASCE/SEI 7, y el Eurocódigo 9 (EN 1999-1-1).

Estas normas complementarias establecen los criterios de cargas, combinaciones, y comparación

de filosofías de diseño, permitiendo que el diseño en aluminio mantenga coherencia con los principios estructurales aplicados en acero y otras estructuras metálicas.

### **2.21.1. AISC 360 – SPECIFICATION FOR STRUCTURAL STEEL BUILDINGS**

La AISC 360 proporciona los principios teóricos del diseño por estados límite, los cuales fueron adaptados al aluminio en el ADM-2020, considerando las diferencias en propiedades mecánicas, módulo de elasticidad menor y modos de pandeo local que son más críticos en el aluminio que en el acero.

En comparación, mientras la AISC 360-16 aborda secciones laminadas y soldadas de acero, el ADM-2020 se enfoca en perfiles extruidos de aluminio, incorporando ecuaciones de pandeo elástico, inelástico y local específicas para materiales livianos.

Cita texto: (AISC, 2016).

### **2.21.2. ASCE/SEI 7 – MINIMUM DESIGN LOADS FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES**

La norma ASCE/SEI 7, publicada por la American Society of Civil Engineers, define las cargas mínimas que deben considerarse en el diseño de cualquier estructura en los Estados Unidos.

El ADM-2020 no establece por sí mismo las cargas, sino que remite directamente a ASCE 7 para la determinación de las acciones de diseño: cargas muertas (D), vivas (L), de viento (W), nieve (S), lluvia (R) y sismo (E) (American Society of Civil Engineers, 2016).

## **2.22. ESTADOS LÍMITE CONSIDERADOS EN EL DISEÑO**

### **2.22.1. ESTADO LÍMITE DE FLUENCIA (YIELDING)**

El estado límite de fluencia ocurre cuando el aluminio comienza a deformarse de manera permanente bajo el efecto de las cargas aplicadas.

Este fenómeno marca el inicio del comportamiento plástico del material, aunque no implique todavía una falla estructural total.

En el caso del aluminio, el límite de fluencia ( $F_Y$ ) varía dependiendo de la aleación y del tratamiento térmico. Por ejemplo, la aleación 6061-T6, una de las más utilizadas en estructuras, presenta un límite de fluencia aproximado de 240 MPa, con una resistencia última de 310 MPa.

El ADM-2020 recomienda verificar que ningún elemento exceda su límite de fluencia en las zonas más solicitadas, ya que la deformación excesiva puede afectar la estabilidad y el servicio estructural (Gere & Goodno, 2012).

### **2.22.2. ESTADO LÍMITE DE FRACTURA**

El estado límite de fractura corresponde a la rotura final del material cuando se excede la capacidad última de resistencia.

En estructuras de aluminio, este tipo de falla puede ocurrir por:

- Sobrecarga (cuando la tensión supera la resistencia última  $F_u$ ).
- Concentraciones de esfuerzo (en uniones o perforaciones).
- Fragilización térmica en zonas afectadas por calor (ZAC) durante la soldadura.

A diferencia de la fluencia, la fractura implica la pérdida total de la capacidad resistente del elemento, y por ello se verifica en secciones reducidas o netas (por ejemplo, en piezas perforadas o conectadas con pernos).

Este control es esencial en miembros a tracción y conexiones, donde los puntos de unión

concentran los esfuerzos principales.

La norma indica que se debe evitar el diseño gobernado por fractura, priorizando siempre la ductilidad del material, ya que el aluminio puede perder resistencia si la sección neta es pequeña. (The Aluminum Association, 2020).

### **2.23. INFLUENCIA DE LA ESBELTEZ Y LA RELACIÓN B/T (ANCHO/ESPESOR)**

La esbeltez geométrica de los elementos de aluminio influye directamente en su capacidad de carga y estabilidad.

El ADM-2020 establece que, debido al bajo módulo de elasticidad del aluminio ( $E = 70\text{GPa}$ ), los elementos delgados son más susceptibles al pandeo local o deformaciones excesivas.

Existen dos parámetros principales de control:

### **2.24. RELACIÓN DE ESBELTEZ GLOBAL (KL/r)**

Evalúa la tendencia al pandeo global del elemento completo. Donde:

- $K$ : factor de longitud efectiva
- $L$ : Longitud libre de pandeo
- $r$ : Radio de giro de la sección

El ADM-2020 proporciona factores de reducción  $\phi$  en función de esta relación, para ajustar la resistencia a compresión.

**Tabla 9-** FACTORES DE REDUCCIÓN POR ESBELTEZ (X) PARA MIEMBROS EN COMPRESIÓN DE ALUMINIO

$\left(\frac{KL}{r}\right)$	TIPO DE ELEMENTO	FACTOR DE REDUCCIÓN (X)
$\frac{KL}{r} \leq 40$	Miembro compacto	0.85. -1.00
$40 < \frac{KL}{r} \leq 100$	Miembro esbelto	0.40-0.85
$\frac{KL}{r} > 100$	Miembro muy esbelto	0.10-0.40

*Cita en texto:* (The Aluminum Association, 2020)(Table 4.3 – Column Strength Reduction Factors ( $\chi$ ))

## 2.25. RELACIÓN LOCAL DE ANCHO/ESPESOR (b/t)

Controla la estabilidad local de las alas o almas de los perfiles. Si la relación  $\frac{b}{t}$  es demasiado alta, el elemento puede abollarse o pandear localmente antes de alcanzar la resistencia nominal.

El ADM-2020 define límites para  $\frac{b}{t}$  dependiendo del tipo de elemento.

**Tabla 10- LÍMITES DE ESBELTEZ LOCAL (B/T) EN ELEMENTOS COMPRIMIDOS DE ALUMINIO**

<b>TIPO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>CONDICIÓN DE BORDE</b>	<b>RELACIÓN LÍMITE (B/T)</b>	<b>CLASIFICACIÓN DEL ELEMENTO</b>	<b>COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL</b>
<b><i>Ala comprimida (flange)</i></b>	Un borde libre y uno unido	$\frac{b}{t} \leq 12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Compacto	No presenta pandeo local; puede alcanzar la fluencia total.
<b><i>Alma comprimida (web)</i></b>	Ambos bordes unidos	$\frac{b}{t} \leq 18 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Compacto	Se comporta de forma estable bajo compresión.
<b><i>Elemento parcialmente libre</i></b>	Un borde unido y otro parcialmente restringido	$\frac{b}{t} \leq 15 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Intermedio / no compacto	Puede presentar pandeo local antes de la fluencia.
<b><i>Elemento delgado o abierto (canales, ángulos, tubos delgados)</i></b>	Un borde libre	$\frac{b}{t} > 18 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Esbelto	Pandeo local probable antes de alcanzar la carga crítica.

Nota 5. Elaborado por los autores

Por ejemplo, un ala comprimida debe cumplir con un valor límite inferior a  $12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  para

considerarse compacta (sin pandeo local). Si excede ese valor, el elemento debe rediseñarse o reducir su espesor.

**Cita en texto:** (The Aluminum Association, 2020)

## **2.26. DISEÑO DE CONEXIONES EN ALUMINIO**

### **2.26.1. CONEXIONES ATORNILLADAS**

#### **2.26.1.1. APLASTAMIENTO**

El aplastamiento se refiere a la presión de contacto entre el perno (o elemento de unión) y la placa de aluminio. Dado que el aluminio tiene menor dureza y resistencia que el acero, las superficies sometidas al aplastamiento pueden sufrir deformación plástica localizada si no se

verifica adecuadamente la resistencia de apoyo. En la práctica, el diseñador debe comprobar que la tensión de contacto no exceda la capacidad de aplastamiento de la placa, y emplear arandelas grandes o placas de refuerzo cuando sea necesario para distribuir la carga (The Aluminum Association, 2020)

**Tabla 11-** REQUISITOS DE DISEÑO EN CONEXIONES ATORNILLADAS DE ALUMINIO

<i>PARÁMETRO DE DISEÑO</i>	<i>SÍMBOLO</i>	<i>RECOMENDACIÓN / VALOR TÍPICO</i>
<i>Distancia mínima al borde</i>	$e$	$\geq 2 * d$
<i>Separación mínima entre pernos</i>	$s$	$\geq 3 * d$
<i>Resistencia nominal al aplastamiento</i>	$R_b = 0.6F_uA_b$	Donde $F_u$ es la resistencia última y $A_b = d * t.$
<i>Resistencia de diseño (LRFD)</i>	$\phi R_b$	$\phi = 0.9$
<i>Factor de seguridad (ASD)</i>	$\Omega$	$\Omega = 1.65$

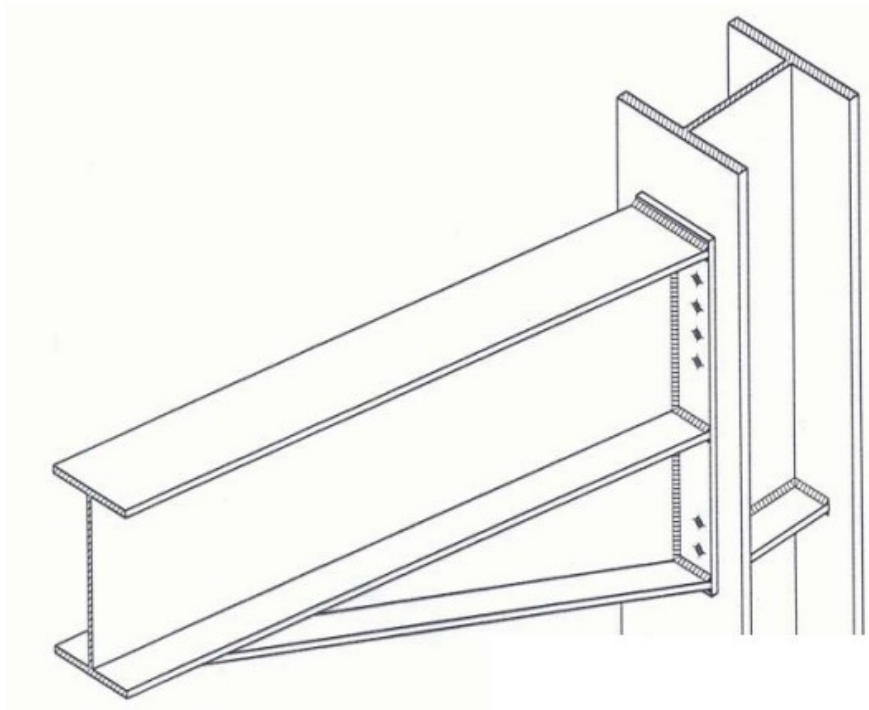
*Cita en texto:* (The Aluminum Association, 2020)

## 2.27. UNIONES ATORNILLADAS

### 2.27.1. GENERALIDAD

Las uniones estructurales desempeñan un papel clave en la respuesta general de una edificación, ya que son las responsables de asegurar la correcta transferencia de esfuerzos entre los diferentes componentes resistentes. En el caso de las estructuras de aluminio, el diseño de estas uniones debe abordarse con criterios específicos, considerando las características propias del material y su comportamiento frente a la aplicación de calor, especialmente en los elementos que incorporan procesos de soldadura. (The Aluminum Association, 2020)

En este proyecto, orientado al diseño estructural de un galpón de aluminio, se emplea el uso de uniones atornilladas como mecanismo predominante para la conexión de los elementos estructurales, en cumplimiento de los lineamientos establecidos por el Aluminum Design Manual (ADM) y de acuerdo con los criterios constructivos comúnmente aplicados en este tipo de edificaciones.



**Ilustración 3** Uniones atornilladas

## **2.28. TIPOS DE CONEXIONES EMPLEADAS**

### **2.28.1. CONEXIÓN COLUMNA-VIGA**

La unión entre las columnas y las vigas principales fue concebida como una conexión de tipo articulada, lo que permite la transferencia de esfuerzos axiales y cortantes, a la vez que se restringe la transmisión de momentos flectores. Esta consideración resulta coherente con el

comportamiento esperado de las conexiones atornilladas simples empleadas habitualmente en estructuras livianas. (McCormac,J. & Nelson,J.K, 2015)

### **2.28.2. CONEXIÓN VIGA-CORREA**

Las correas de la cubierta se vinculan a las vigas principales mediante uniones atornilladas de configuración sencilla, empleando placas o perfiles complementarios. Estas uniones se modelan como articuladas permitiendo que las correas se comporten estructuralmente como elementos simplemente apoyados. Este tipo de solución es ampliamente aplicado en sistemas de cubiertas metálicas, debido a su buen desempeño estructural y a la simplicidad en su ejecución constructiva. (McCormac,J. & Nelson,J.K, 2015)

### **2.28.3. CONEXIÓN DE ARRIOSTRAMIENTO**

La vinculación de los sistemas de arriostramiento se resuelve mediante uniones mecánicas con pernos, las cuales se representan en el modelo estructural como elementos cuya función resistente se limita a la absorción de esfuerzos normales.

Esta configuración resulta determinante para asegurar la rigidez y el adecuado comportamiento de la estructura frente a solicitaciones laterales producidas por el viento y la acción sísmica.

### **2.28.4. PERNOS Y ELEMENTOS DE FIJACIÓN**

El diseño de las uniones atornilladas se seleccionan pernos fabricados en acero galvanizado o acero inoxidable, asegurando su compatibilidad con el aluminio y reduciendo el riesgo de corrosión galvánica. El dimensionamiento de los pernos se realiza considerando diámetros habituales entre M10 y M12, en función de las demandas estructurales que actúan sobre cada conexión.

## **2.29. CONEXIONES SOLDADAS**

### **2.29.1. ZONA AFECTADA POR CALOR (ZAC)**

La Zona Afectada por el Calor (ZAC) es la región del material base de aluminio que, durante el proceso de soldadura, se calienta lo suficiente como para modificar su microestructura y propiedades mecánicas, aunque sin llegar a fundirse completamente. Este calentamiento localizado altera el endurecimiento por precipitación en aleaciones tratadas térmicamente, produciendo una disminución del límite de fluencia y la resistencia a la tracción en comparación con el material original (Davis, 1999). En términos estructurales, la ZAC se considera una zona debilitada, ya que sufre pérdida parcial de la resistencia  $F_y$  y  $F_u$ , que puede variar entre un 30 % y 50 % según el tipo de aleación y la intensidad térmica aplicada (Davis, 1999).

En diseño, el Aluminum Design Manual (ADM-2020) establece un factor de reducción de resistencia en la zona afectada por calor, expresado mediante la relación:

Este factor tiene en cuenta que la zona adyacente a la soldadura no puede considerarse tan resistente ni dúctil como el resto del perfil. (Davis, 1999).

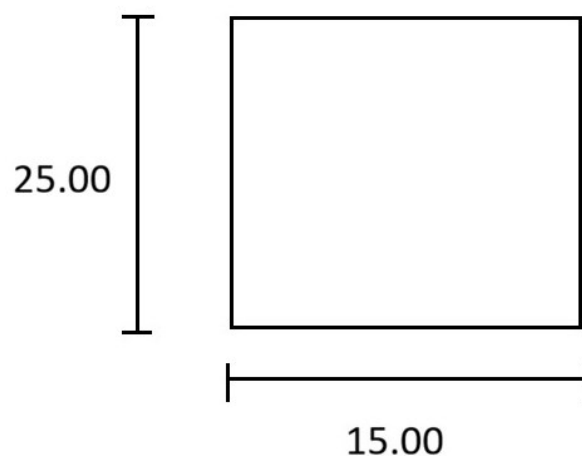
### **2.29.2. REDUCCIÓN DE RESISTENCIA EN SOLDADURA**

Debido a los efectos térmicos mencionados, la resistencia efectiva en y cerca de la soldadura es menor que la resistencia nominal del material base, por lo que el ADM recomienda aplicar coeficientes correctores o considerar la reducción en la resistencia del componente cuando la carga actúa en esa zona. En muchos casos, la capacidad resistente en unión soldada se evalúa con factores de seguridad adicionales y, cuando la resistencia se considera deficiente, se opta por soluciones mecánicas (pernos, remaches) o por el uso de tratamientos posteriores que recuperen propiedades. (Davis, 1999)

### 3. CAPÍTULO III

#### 3.1. METODOLOGÍA

El presente capítulo describe el proceso metodológico aplicado para el diseño estructural del galpón proyectado en la vía Data de Posorja. El trabajo inicia con la inspección del sitio y el levantamiento de información necesaria para conocer las condiciones del terreno y del entorno. Posteriormente, se realiza el predimensionamiento de los elementos principales del galpón y la definición de cargas gravitacionales y laterales según la normativa aplicable. Con estos datos, el modelo estructural es desarrollado en el software Robot Structural Analysis, permitiendo evaluar el comportamiento del galpón en aluminio y verificar su resistencia, estabilidad y desempeño estructural frente a distintas combinaciones de carga.



**Ilustración 4** Elaborado por los autores

#### 3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrolla bajo un nivel de investigación descriptivo explicativo. Es descriptivo porque se realiza una inspección y levantamiento técnico en la zona de Data de Posorja, con el fin de caracterizar las condiciones geométricas, ambientales y de carga que influirán en el diseño del galpón de aluminio.

Asimismo, se describen las propiedades mecánicas del material, los criterios de predimensionamiento y los requisitos establecidos en normas internacionales como AISC, ASCE y Eurocódigo 9, que sirven como referencia comparativa para el diseño. A su vez, el estudio adquiere un nivel explicativo, ya que mediante el modelado estructural en Robot Structural Analysis se analizan los efectos de las cargas de viento, sismo y uso, permitiendo comprender el comportamiento de la estructura, su rigidez, estabilidad y desempeño ante la acción dinámica. Este enfoque permite justificar la elección del aluminio como alternativa estructural y demostrar, mediante simulación y criterios normativos, la viabilidad técnica del diseño propuesto.

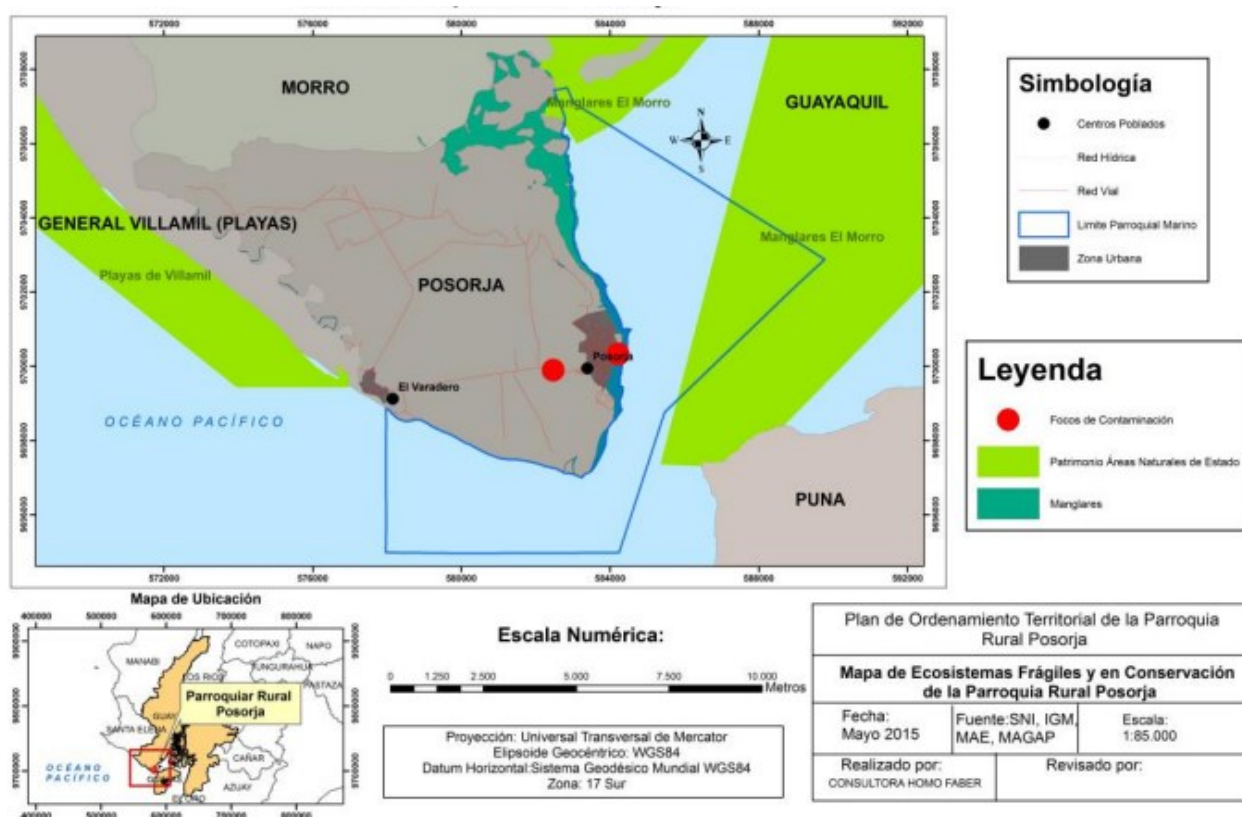
### **3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación presenta un enfoque técnico estructural, desarrollado mediante procedimientos orientados al diseño del galpón de aluminio. El proceso inicia con una inspección del sitio de trabajo y el correspondiente levantamiento de información necesaria para identificar las condiciones y requerimientos del proyecto. Posteriormente, se realiza el levantamiento de los requerimientos arquitectónicos que permiten definir dimensiones, funciones y criterios básicos de diseño. Luego se efectúa la revisión y selección de la normativa aplicable, considerando las especificaciones de AISC, ASCE y Eurocódigo 9 como referencias para cargas y diseño en aluminio. Con esto se procede al predimensionamiento estructural y a la definición de las cargas de diseño. Toda la información recopilada se integra en un modelo estructural desarrollado en Autodesk Robot Structural Analysis, donde se evalúa el comportamiento global de la estructura. Finalmente, se diseña y verifica cada elemento del galpón en aluminio, asegurando el cumplimiento de los criterios de resistencia, estabilidad y servicio establecidos por la normativa seleccionada.

### 3.4. ZONA DE ESTUDIO

### 3.5. UBICACIÓN

Data de Posorja se encuentra en la región litoral del Ecuador, dentro del cantón Guayaquil, provincia del Guayas. Está ubicada en la zona costera del Golfo de Guayaquil, al suroeste de la ciudad de Guayaquil, en un entorno predominantemente plano y de baja altitud. Su posición geográfica la convierte en un área estratégica para actividades portuarias, logísticas y de desarrollo urbano, lo que ha generado un crecimiento sostenido de infraestructura en los últimos años.



**Ilustración 5** Ubicación geográfica de Posorja (GAD Parroquial Data de Posorja, 2016)

### **3.6. GEOLOGÍA**

Desde el punto de vista geológico, Data de Posorja está conformada principalmente por depósitos sedimentarios recientes de origen marino y fluvial, característicos de las zonas costeras del litoral ecuatoriano. Predominan materiales como arenas, limos y arcillas, generalmente poco consolidados y con niveles freáticos someros. Estas condiciones influyen directamente en el comportamiento dinámico del suelo frente a cargas sísmicas, siendo necesario considerar los efectos de sitio y la amplificación del movimiento del terreno en el diseño estructural.

### **3.7. CLIMA**

El clima de Data de Posorja es de tipo tropical seco a semiárido, característico de la región costera del Ecuador. Las temperaturas se mantienen elevadas durante todo el año, con valores promedio que oscilan generalmente entre los 24 °C y 30 °C, presentando una variación térmica moderada. Estas condiciones climáticas están influenciadas por la cercanía al océano Pacífico y por los sistemas atmosféricos propios del litoral ecuatoriano.

Las precipitaciones en la zona son estacionales, concentrándose principalmente durante la época lluviosa, que ocurre entre los meses de diciembre y mayo, mientras que el resto del año predomina un período seco. Esta variabilidad pluviométrica incide en el comportamiento del suelo, especialmente en su grado de saturación y en la variación de sus propiedades geotécnicas, aspectos que deben considerarse en el análisis y diseño de obras de ingeniería en el sector (GAD Parroquial Data de Posorja, 2016).

### 3.8. POBLACIÓN

La población de esta investigación está constituida por toda la información técnica vinculada al diseño del galpón en aluminio, considerando los datos obtenidos durante la inspección y levantamiento inicial realizados en Data de Posorja, calle Segunda, junto con los requerimientos arquitectónicos del proyecto y los parámetros definidos por la normativa estructural seleccionada. Esta población incluye también las propiedades mecánicas del material y las condiciones de carga consideradas en el análisis estructural. Su delimitación permite establecer el alcance real del estudio y asegurar la coherencia entre los datos recopilados y el proceso de diseño.



**Ilustración 6** Ubicación geográfica del galpón

### **3.9. MUESTRA**

La muestra de la presente investigación está constituida por los elementos estructurales específicos del galpón que serán diseñados y verificados según la normativa ADM-2020. Esto incluye las columnas, vigas principales, correas, conexiones y componentes secundarios que forman parte del sistema resistente. Estos elementos representan la porción más relevante del galpón, ya que concentran los efectos de las cargas gravitacionales y laterales y son los responsables directos del desempeño estructural de la edificación. Su análisis permite establecer el comportamiento real del galpón ante flexión, compresión, pandeo, tracción y deformaciones. Asimismo, la muestra incorpora las combinaciones de carga críticas definidas por ASCE-7 y NEC-15, las propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio. Esta selección garantiza que el diseño estructural se realice con base en las condiciones más representativas, permitiendo evaluar con precisión la capacidad resistente de los elementos y la estabilidad de la estructura.

### **3.10. LEVANTAMIENTO DE DATOS EN EL SITIO**

Para el levantamiento de datos se realizará, en primer lugar, una inspección técnica en la vía Data de Posorja, calle Segunda, donde se ubicará el galpón deportivo de aluminio. En esta visita se registrarán las coordenadas del lugar, las dimensiones del terreno disponible, orientación del lote y presencia de edificaciones o elementos que puedan influir en la respuesta estructural.

Paralelamente, se efectuará un registro fotográfico del entorno y de los puntos relevantes del sitio, complementado con mediciones para el levantamiento del terreno mediante el flexómetro, y libreta de campo para documentar de forma ordenada toda la información recopilada.

En una segunda fase se recopilarán datos secundarios necesarios para el diseño estructural del galpón. Esto incluye la obtención de parámetros de amenaza sísmica y de velocidad básica de viento a partir de la normativa vigente, así como información climática, sirviendo como insumo

directo para el predimensionamiento de los elementos estructurales, la definición de cargas y el posterior modelado del galpón en el software Autodesk Robot Structural Analysis.

### **3.11. PREDIMENSIONAMIENTO**

Para el predimensionamiento del galpón deportivo en aluminio se seleccionaron perfiles formados mediante un proceso que les da una forma específica, asegurando rigidez y resistencia para las cargas de viento, sismo y uso, siguiendo las especificaciones del ADM-2020. Se optimizará el diseño para controlar pandeo y deformaciones, aprovechando la ligereza y ductilidad del aluminio para obtener una estructura eficiente, segura y sostenible.

### **3.12. RECONOCIMIENTO DEL SITIO Y VERIFICACIÓN EN CAMPO**

Para el desarrollo del presente proyecto, el análisis de las condiciones del suelo se realizó a partir de la información técnica disponible y del criterio profesional de los ingenieros Acosta y Núñez, quienes efectuaron la evaluación correspondiente del sitio. En complemento, se llevó a cabo una inspección visual en campo, que permitió identificar las características generales del terreno y verificar su estado actual.

Durante el reconocimiento se constató que el terreno presenta una topografía predominantemente plana, tomando como referencia la vía principal Playa–Data–Posorja. Asimismo, se verificó la disponibilidad de servicios básicos como energía eléctrica y agua potable, suministrados por las entidades correspondientes del Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial, lo cual respalda la factibilidad técnica del emplazamiento del proyecto

### 3.13. ESTUDIO DE SUELO

Los estudios de suelo presentados describen de forma clara como está formado el terreno en el lugar del proyecto. En la parte superficial aparece una capa de relleno de unos 1.50 m, formada por grava y arena fina con algo de arcilla, la cual tiene una consistencia suelta y una plasticidad moderada. A partir de 1.55 m el tipo de suelo cambia, apareciendo un material más arcilloso, con mayor plasticidad y señales de oxidación, lo que confirma que se trata de un suelo con comportamiento expansivo. Los análisis de laboratorio y los valores obtenidos del SPT respaldan esta descripción, mostrando cambios en la resistencia del suelo conforme aumenta la profundidad. En los ensayos también se determinó la humedad natural, los límites de consistencia, así como una carga admisible de 12ton/m<sup>2</sup>, un ángulo de fricción de 36°, y la ausencia de nivel freático dentro de los 6 m evaluados. Con estos resultados, el terreno se clasifica como suelo tipo D, información esencial para el diseño estructural del proyecto. El estudio de suelos utilizados en el presente proyecto fue elaborado por el Ing. Edi Valarezo Medina y ha sido tomado como referencia técnica para el análisis y diseño, sin que se haya realizado un nuevo estudio geotécnico específico para esta investigación



**Ilustración 7** Ubicación del galpón

**Tabla 12- ESTUDIO DE SUELO**

<b>N.º</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
<b>1</b>	Profundidad de estudio de suelo	6 m
<b>2</b>	Nivel freático	No detectado
<b>3</b>	Carga admisible del suelo	12 ton/m <sup>2</sup>
<b>4</b>	Angulo de Fricción	36°
<b>5</b>	Humedad	25%
<b>6</b>	Limite Liquido	47%
<b>7</b>	Limite plástico	23%
<b>8</b>	Índice de Liquidez	0,1
<b>9</b>	Tipo de suelo	D
<b>10</b>	Índice plástico	24%

Nota 6. Elaborado por los autores

### 3.14. MATERIAL DE LA CUBIERTA DE ALUMINIO

La cubierta del galpón se proyecta mediante laminas metálicas trapezoidales tipo Ternium TR 101, las cuales se emplean ampliamente en edificaciones industriales y deportivas debido a su ligereza, adecuada capacidad resistente y factibilidad de instalación. Este tipo de lámina se fabrica a partir de acero recubierto con protección anticorrosiva, lo que garantiza un buen desempeño frente a condiciones ambientales adversas, especialmente en zonas costeras. En el presente proyecto, la cubierta TR-101 se apoya sobre correas de aluminio, transmitiendo las cargas muertas y de viento hacia la estructura principal del galpón, sin participar como elemento estructural portante.

Sustrato	Tipo de acero	Cal	Espesor nominal acero base (mm)	Espesor nominal acero recubierto (mm)	Peso aprox.	
					Kg/mt lineal	Kg / m2
Ternium Zintro (galvanizado)	Acero Recocido (Suave) grado Comercial (CS)	26	0.43	0.45	4.34	4.29
		24	0.53	0.56	5.29	5.24
Ternium Pintro	Acero Recocido (Suave) grado Comercial (CS)	28	0.31	0.35	3.15	3.12
		27	0.34	0.38	3.44	3.40
		26	0.40	0.43	3.91	3.88
		24	0.50	0.53	4.87	4.82

**Ilustración 8**-Hoja Técnica Ternium TR-101

Sustrato	Tipo de acero	Cal	Espesor nominal acero base (mm)	Espesor nominal acero recubierto (mm)	Peso aprox.	
					Kg/mt lineal	Kg / m2
Ternium Zintroalum	Acero estructural Gr 80 (Full Hard)	29	0.26	0.30	2.67	2.65
		28	0.28	0.32	2.86	2.83
		28	0.31	0.35	3.15	3.12
		27	0.34	0.38	3.44	3.40
		27	0.36	0.40	3.63	3.59
	Acero Recocido (Suave) grado Comercial (CS)	26	0.40	0.43	3.91	3.88
		24	0.50	0.53	4.87	4.82

**Ilustración 9**-Hoja Técnica Ternium TR-101

### **3.15. CERCHA ESTRUCTURAL**

En esta fase se define la cercha que formará parte del pórtico. Primero se elabora el modelo en AutoCAD y posteriormente se importa al software Robot Structural, donde se realiza el análisis estructural correspondiente.

### **3.16. MODELADO DE LA CORREA EN ROBOT STRUCTURAL**

Una vez que se tienen bien establecidos los parámetros del prediseño, se elabora el modelo gráfico de la correa del galpón utilizando el software Robot Structural. (Caiza, 2023)

### **3.17. MODELADO EN SOFTWARE ESTRUCTURAL**

El modelado en Robot Structural Analysis implica la creación de un modelo digital de la estructura, del galpón de aluminio, donde se definen nodos, perfiles y cargas para simular el comportamiento bajo diferentes condiciones, con las dimensiones aproximadas, ya tomadas respectivamente.

Este proceso facilita la optimización del diseño estructural, asegurando que cumpla con las normativas de seguridad y eficiencia.

### **3.18. CÁLCULO DE MOMENTOS Y TENSIONES CON ROBOT STRUCTURAL**

Una vez aplicada la carga resistente ( $W$ ) sobre el pórtico, se utiliza el software Robot Structural para determinar los momentos y tensiones que actúan en la estructura. A partir de estos valores y de los cálculos requeridos, se seleccionan los perfiles de aluminio que mejor se ajustan al diseño de la cercha. (Fuentes, 2018)

### **3.19. CÁLCULO DE LAS CORREAS**

Para definir las dimensiones de las correas, se optó por una separación de 1.20 metros entre ellas. A partir de esta distancia se determinará el área que trabaja con cada correa.

### **3.20. CÁLCULO DE CARGAS ESTRUCTURALES**

Con los resultados obtenidos se dimensionarán los elementos estructurales para soportar los esfuerzos máximos y controlar deformaciones, referente a su norma.

Además, se realizará una revisión de cómo actúan tanto la carga que cambia con el uso (L) como la carga fija o permanente (D) sobre las correas centrales y las que van en los bordes.

Carga viva en las correas centrales

Carga viva en las correas en los bordes

Carga muerta en las correas centrales

Carga muerta en las correas en los bordes

### **3.21. CARGA MUERTA**

La carga muerta se considerará el peso propio de la estructura del galpón, incluyendo perfiles de aluminio, techos y otros elementos permanentes.

### **3.22. CARGA VIVA DE MANTENIMIENTO**

La carga viva se considerará los esfuerzos temporales que actúan sobre el galpón durante inspecciones, según lo establecido en la norma ASCE 7.

### **3.23. CARGA DE VIENTO SEGÚN ASCE-7**

Se evaluará considerando la presión ejercida por ráfagas sobre la estructura del galpón, especialmente por su ubicación en zona costera, conforme a las normas ASCE 7

### **3.24. CARGA SÍSMICA MEDIANTE ESPECTRO DE DISEÑO**

La carga sísmica se determinará utilizando el espectro de diseño sísmico, considerando la ubicación del galpón en zona costera con actividad sísmica, conforme a la norma.

### **3.25. COMBINACIONES DE CARGA LRFD Y/O ASD SEGÚN ADM-2020**

Se establecerán las combinaciones de carga LRFD y/o ASD conforme a ADM-2020 para integrar

cargas permanentes, variables, de viento y sísmicas.

### **3.26. CONDICIONES SÍSMICAS**

Data de Posorja está ubicada en una zona costera donde se registran sismos con frecuencia, por lo que es importante que cualquier construcción considere este tipo de riesgos. Debido a esa condición, el diseño del galpón debe tomar en cuenta cómo se comporta el suelo del lugar y asegurarse de que la estructura pueda responder adecuadamente ante un temblor. Como el proyecto se realizará con aluminio, un material liviano, se debe poner especial atención a que las uniones y refuerzos sean firmes y estables. Para esto se usa la normativa ADM 2020, que ayuda a definir los criterios mínimos de seguridad. En conjuntos, entender el sitio, el suelo y las características del material garantiza que el galpón tenga un buen desempeño ante la actividad sísmica que afecta a la zona de Posorja. (Mundial, 2020)

### **3.27. DATOS GEOTÉCNICOS**

Para lograr una cimentación adecuada, es indispensable conocer las características del suelo donde se construirá el galpón. El estudio geotécnico aporta información sobre la resistencia y el comportamiento del terreno, lo que permite comprobar que este puede soportar correctamente las cargas que transmitirán las columnas. Gracias a este análisis se evitan asentamientos que podrían afectar el funcionamiento del galpón y también se previenen gastos innecesarios por usar elementos estructurales más grandes de los que realmente se requiere. (Duarte, 2016)

### **3.28. DATOS GEOLÓGICOS**

Antes de construir el galpón, es necesario estudiar el terreno para saber qué tipo de suelo existe en el sitio y como están organizadas sus capas.

Esta información permite anticipar cómo reaccionará el terreno cuando la estructura este en servicio y evita problemas durante y después de la construcción.

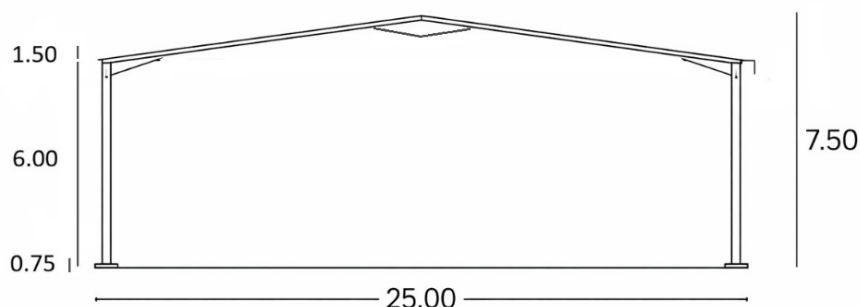
### 3.29. DATOS DE VIENTO

El viento es un elemento crítico que puede afectar de manera significativa la seguridad de un galpón. La presión que ejerce sobre la estructura varía según la forma y la disposición de sus componentes. Para calcular correctamente esta carga, es necesario considerar la ubicación del proyecto, la velocidad máxima del viento en la zona y las condiciones del entorno, como la presencia de edificaciones o vegetación cercana. Con estos datos se determina un coeficiente de corrección que refleja el nivel de exposición al viento, ya sea bajo, medio o alto, asegurando que la estructura pueda soportar las fuerzas aplicadas de manera segura.

### 3.30. DISEÑO DEL COMPONENTE ESTRUCTURAL

#### 3.31. Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento corresponde a la etapa inicial del diseño estructural, en la cual se establecen dimensiones preliminares de los elementos estructurales (columnas, vigas y correas) a partir de criterios normativos, experiencia técnica y cargas estimadas, con el fin de garantizar un comportamiento estructural adecuado y servir como base para el análisis y verificación detallada mediante métodos analíticos y software especializado.

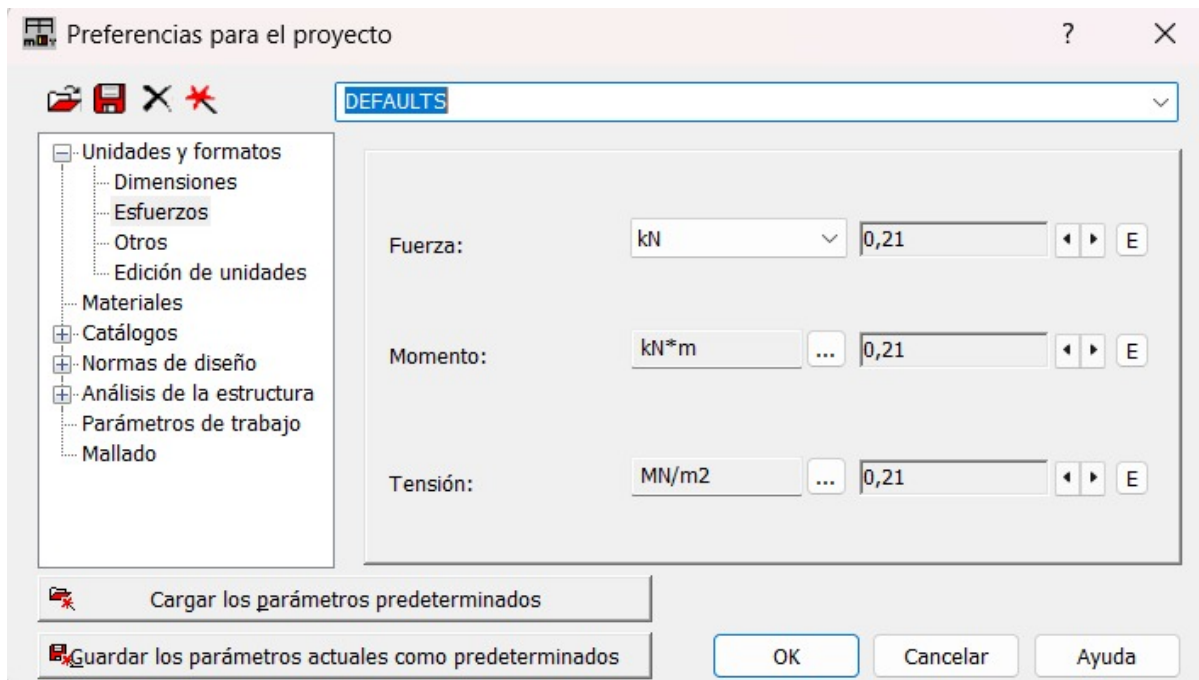


Aluminum; 15.00 m  
Eje X: largo: 25.00 m

*Ilustración 10 Medidas del galpón*

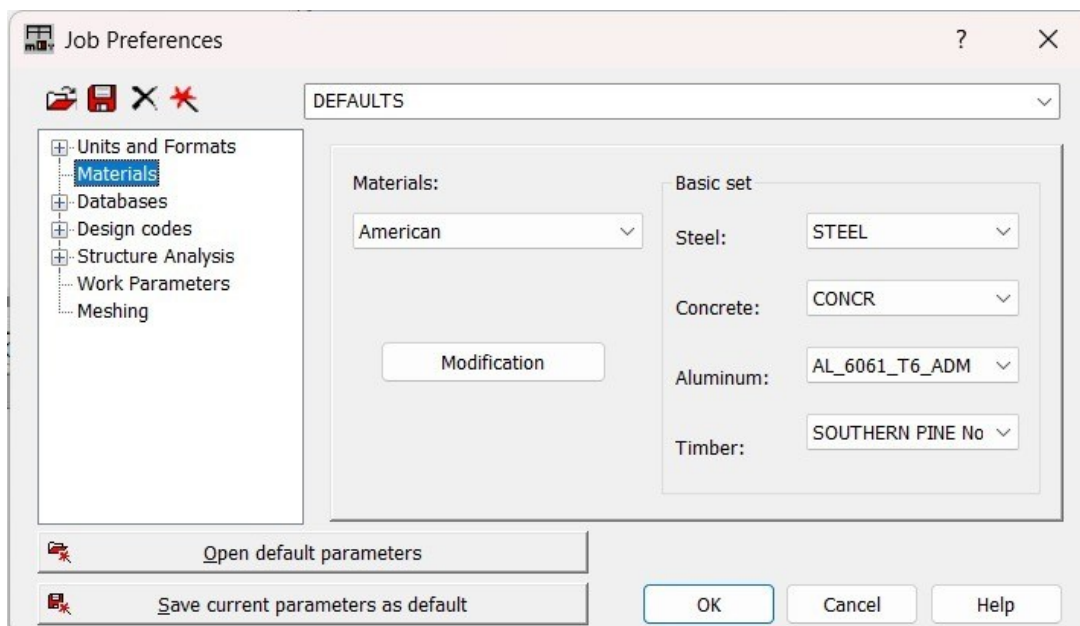
### 3.32. MODELADO Y ANÁLISIS EN ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

Inicialmente se definieron las preferencias del proyecto, estableciendo las unidades que se emplearán en el desarrollo del diseño para este caso los cálculos se realizarán utilizando el sistema de unidades en kilogramos.



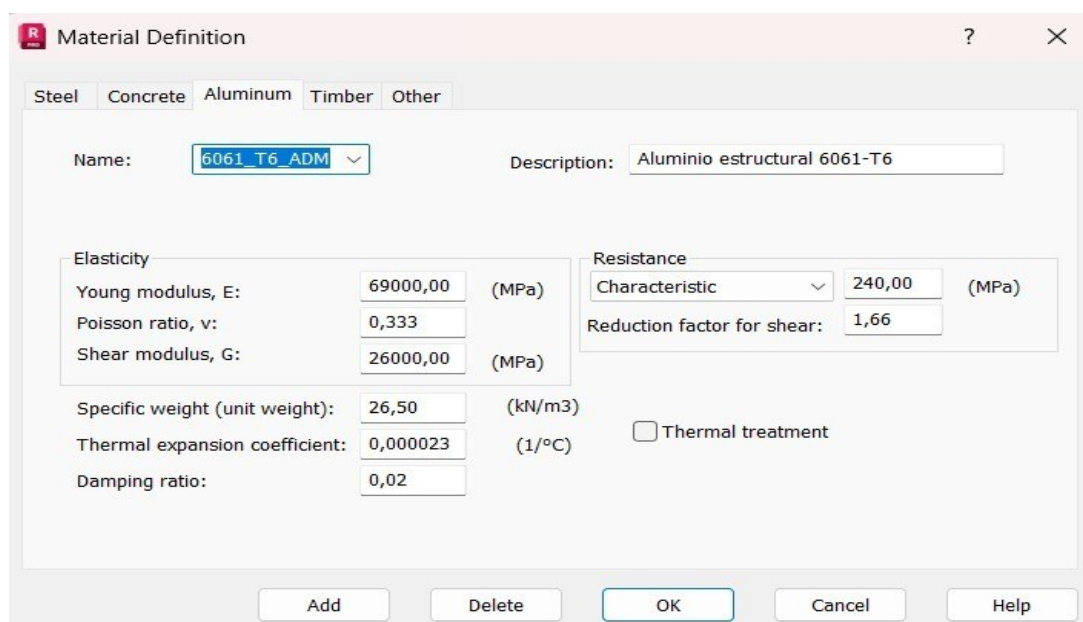
**Ilustración 11** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

El modelo emplea como material estructural una aleación de aluminio 6061-T6, cuyas propiedades físicas y mecánicas fueron establecidas de manera específica para este estudio, siguiendo los criterios y recomendaciones del Aluminum Desing Manual (ADM).



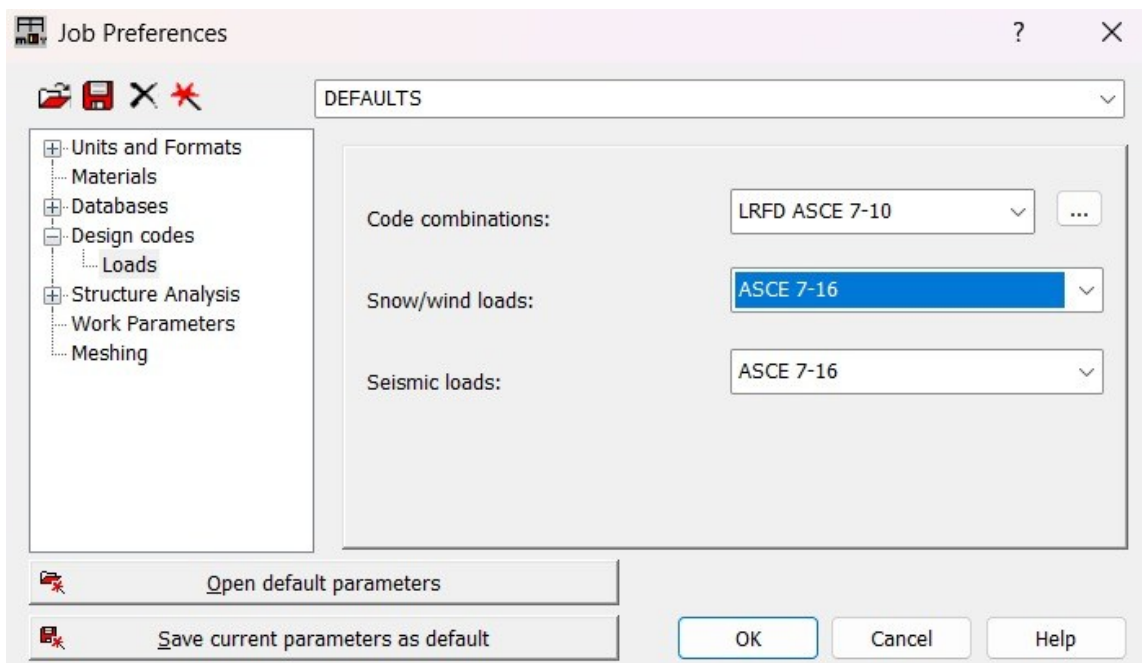
**Ilustración 12** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Dado que la librería predeterminada del software no incluye un material de aluminio conforme a los criterios del Aluminum Design Manual (ADM), se creó un material personalizado de aluminio estructural 6061-T6, el cual fue asignado a la totalidad de los elementos del galpón.



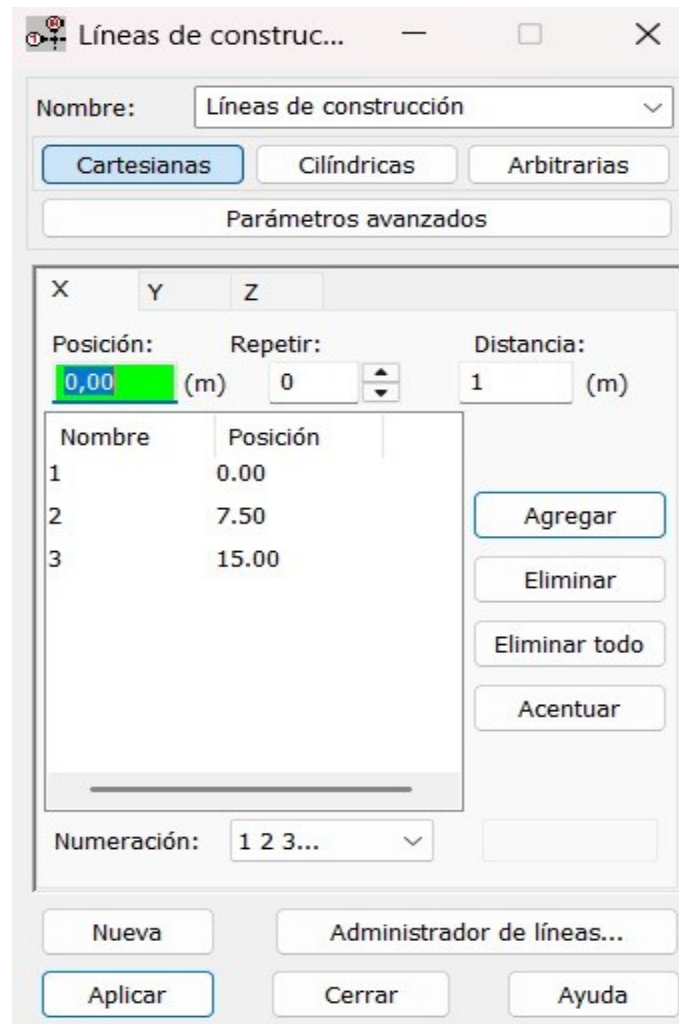
**Ilustración 13** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Las cargas gravitacionales y ambientales se definieron de acuerdo con los lineamientos de la norma ASCE 7, utilizando el método de diseño por factores de cargas resistencia (LRFD), y considerando las disposiciones de las ediciones ASCE 7-10 y ASCE 7-16, en función de las capacidades del software de análisis estructural.



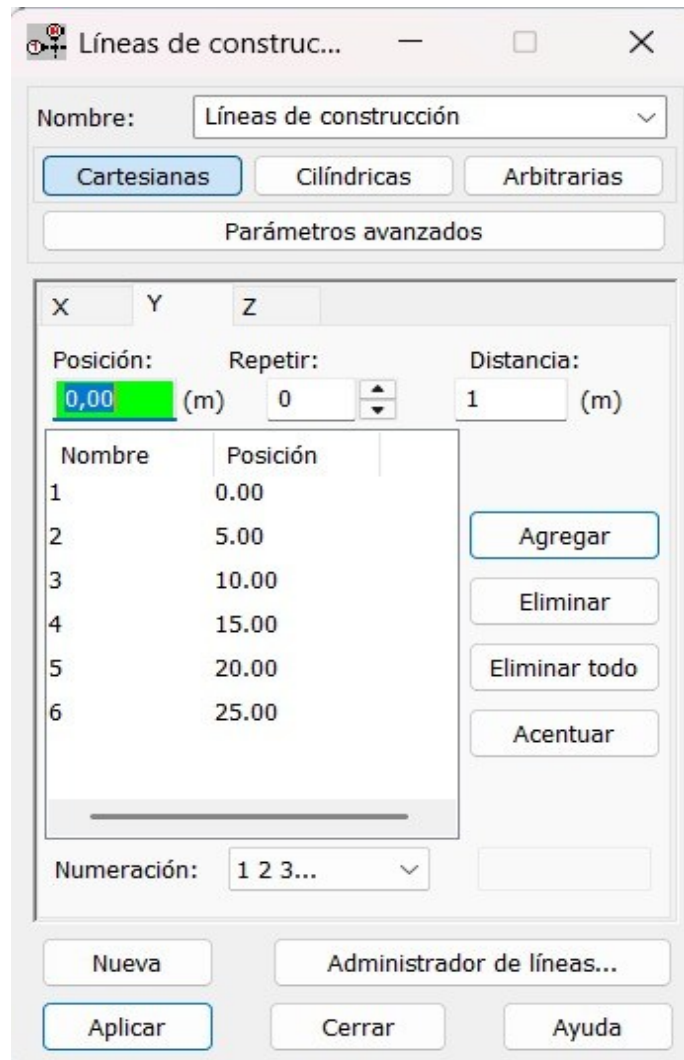
**Ilustración 14** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Eje X (15,00 m). En el apartado de líneas de construcción, se desarrolla en la dirección X con una luz libre de 15,00 m, correspondiente al ancho de la estructura.



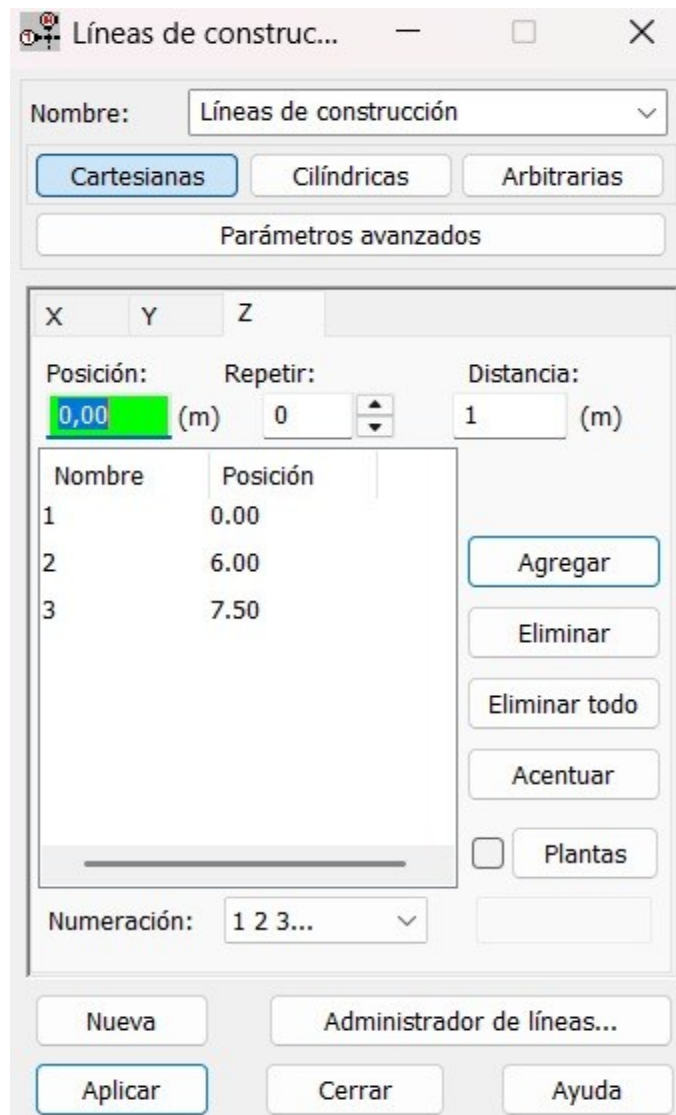
**Ilustración 15** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Eje Y (25,00 m). Sobre el eje Y se estableció una longitud de 25,00 m, la cual corresponde al desarrollo longitudinal de la cancha y define la modulación de los pórticos estructurales del galpón.



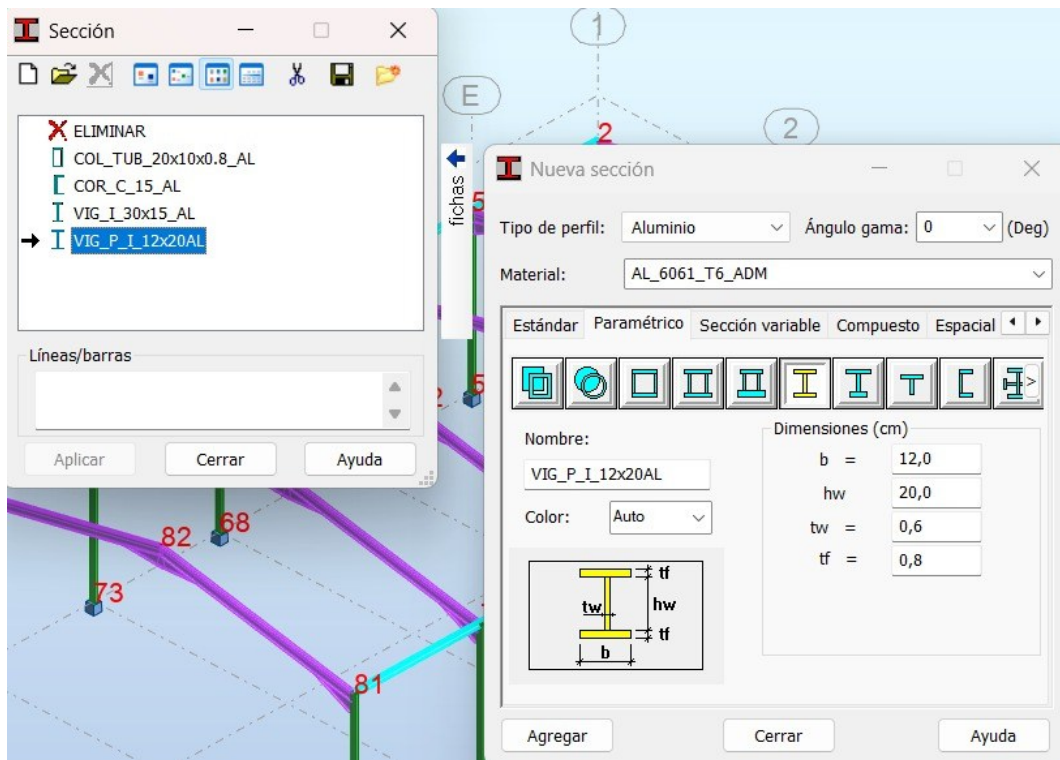
**Ilustración 16** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Eje Z (7,50 m). En el eje Z se adoptó una altura total de 7,50 m, considerando una altura libre interior de 6,00 m y una pendiente de cubierta de 20%.



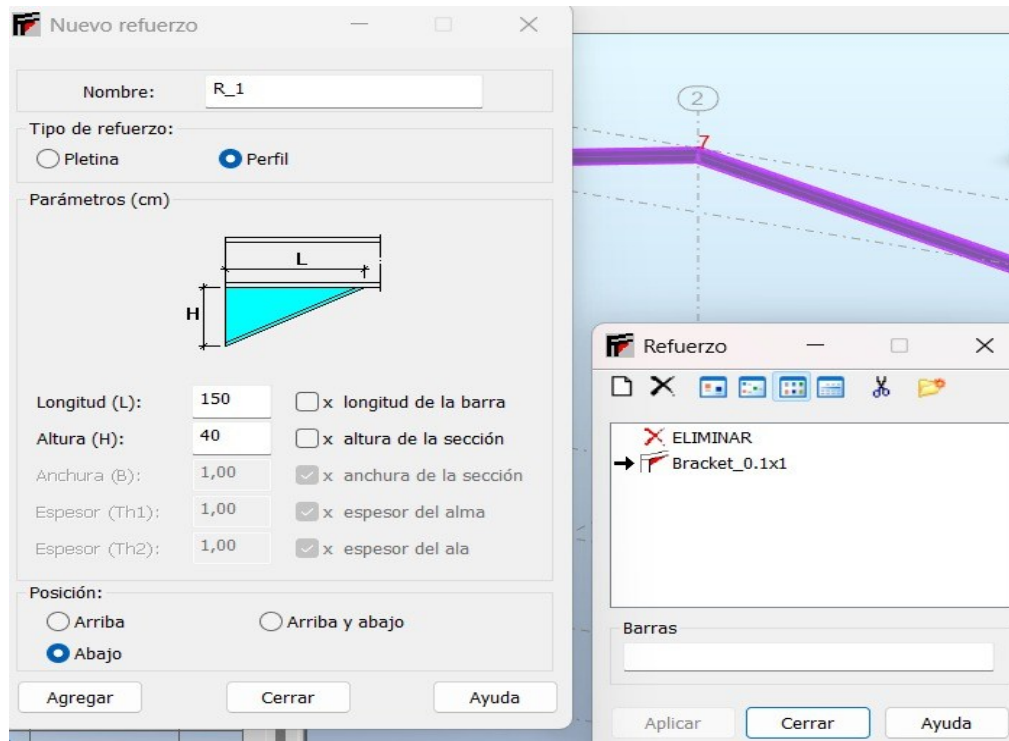
**Ilustración 17** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

La viga perimetral del galpón se proyectó como un elemento continuo de aluminio cuya finalidad es dar mayor rigidez a la estructura, unir las columnas y conducir las cargas del cerramiento y del viento hacia el sistema principal, contribuyendo a la estabilidad general del galpón.



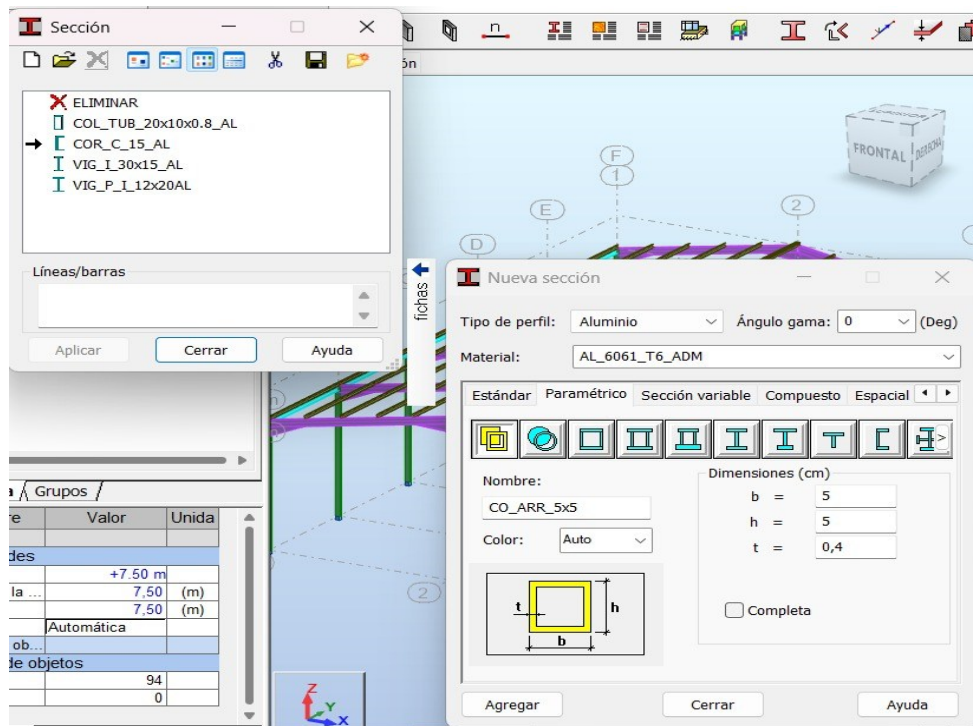
**Ilustración 18** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Las cartelas se modelaron con una longitud de 150 cm y una altura de 40 cm, dimensiones definidas en función de la altura del pórtico (600 cm) y de la luz del galpón, con el fin de incrementar la rigidez del nudo viga-columna.



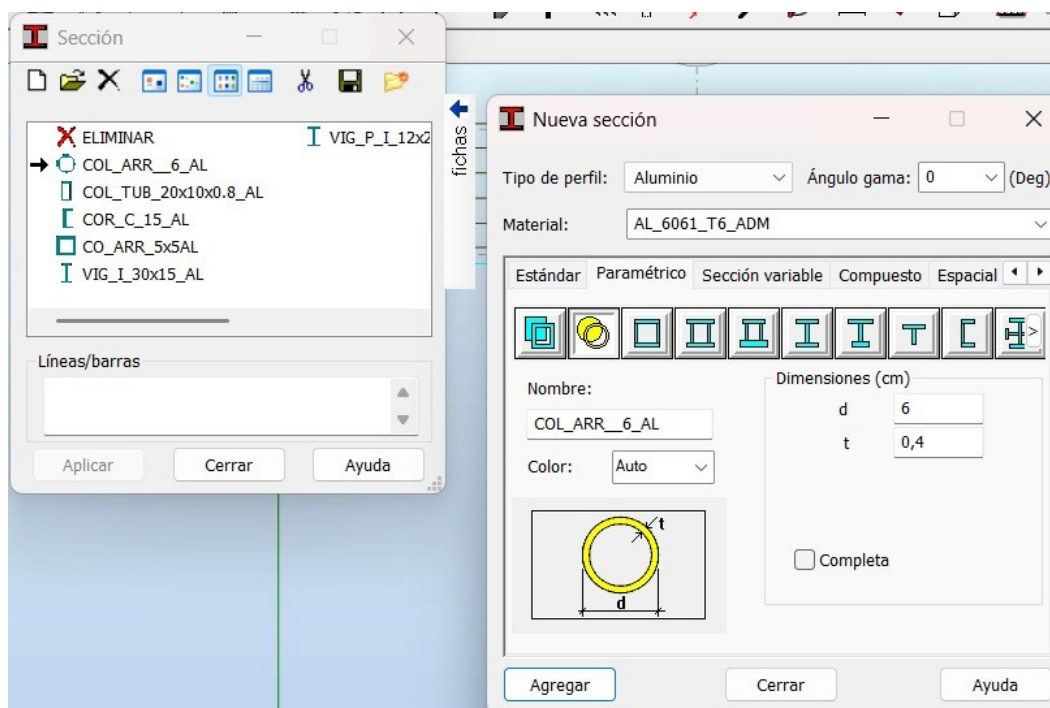
**Ilustración 19** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Los arriostramientos verticales del galpón se resolvieron mediante diagonales en configuración tipo X, empleando perfiles tubulares de aluminio, con el fin de controlar los desplazamientos laterales y mejorar la estabilidad global de la estructura frente a cargas de viento



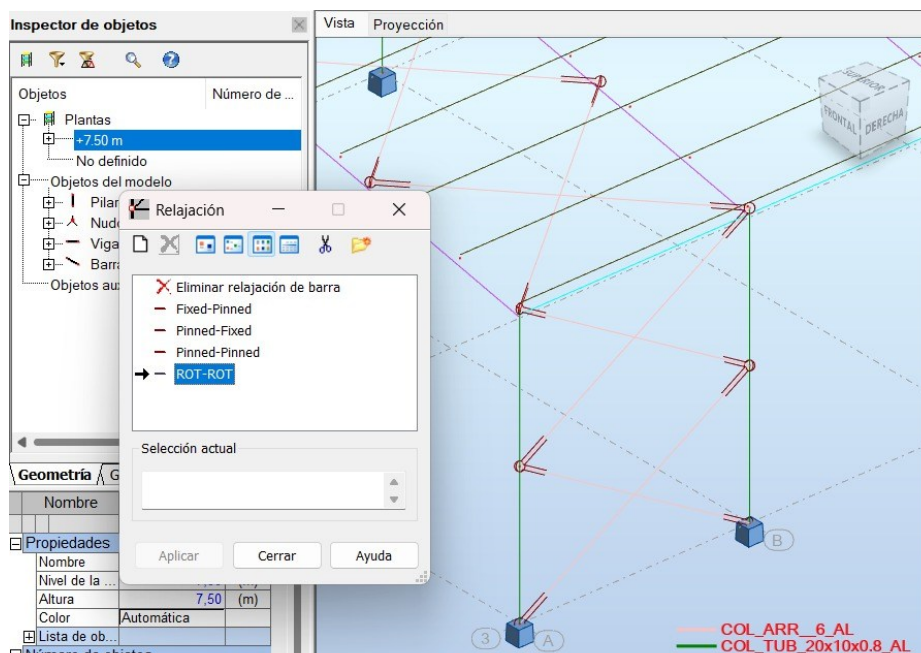
**Ilustración 20** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Los arriostramientos verticales del galpón se ejecutaron con perfiles tubulares circulares de aluminio, elegidos por su buen desempeño frente a esfuerzos axiales y su comportamiento adecuado ante las acciones del viento.



**Ilustración 21** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

Las diagonales de arriostramiento fueron modeladas mediante elementos articulados, aplicando relajación de momentos en los extremos, de modo que trabajen únicamente a esfuerzos axiales.



**Ilustración 22** Resultados obtenidos por Robot Structural Analysis

## 4. RESULTADOS IV

### 4.1. DATOS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Eje X (ancho/ luz): 15,00 m

Eje Y (largo): 25,00 m

Area: 375m<sup>2</sup>

Altura al alero: 6,00 m

Pendiente de cubierta: 1,50 m (20%)

Altura total (cubrería): 7,50 m

Separación entre correas:1,20

Tipo de cubierta: Dos aguas

Uso: cancha deportiva cubierta

Material estructural: aluminio 6061-T6

Ubicación: Data de Posorja – zona costera

Norma: ADM

### 4.2. CARGAS

Para el análisis estructural del galpón se consideró una carga muerta total, definida a partir del peso propio de la cubierta de aluminio y de los elementos permanentes asociados, tales como instalaciones y accesorios, la cual fue incorporada al modelo estructural como una acción distribuida.

**Tabla 13-CARGA MUERTA TOTAL**

<b>Componente de la cubierta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Carga adoptada (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Ternium TR-101	Cubierta tipo Ternium TR-101	10.0
Correas de aluminio	Perfiles secundarios tipo canal C/U	12.0
Elementos de fijación	Tornillería, traslapes y anclajes	5.0
Sistemas auxiliares	Instalaciones eléctricas ligeras	8.0
Accesorios y tolerancias	Refuerzos menores y márgenes constructivos	10.0
<b>Carga muerta total (D)</b>		<b>45.0 kg/m<sup>2</sup></b>

Nota 7. Elaborado por los autores

**Tabla 14-CARGA VIVA TOTAL**

<b>N°</b>	<b>Tipo de carga</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor adoptado (kg/m<sup>2</sup>)</b>
1	Carga viva de mantenimiento	Acciones variables debidas a presencia ocasional de personal y equipos livianos durante labores de inspección y mantenimiento de la cubierta	50
	<b>Carga viva total(L)</b>		<b>50 kg/m<sup>2</sup></b>

Nota 8. Elaborado por los autores

La carga viva de la cubierta fue determinada conforme a los criterios establecidos en el aluminum Desing Manual (ADM), considerando que la cubierta metálica de aluminio no es transitable y está destinada únicamente a labores ocasionales de mantenimiento. En consecuencia, se adoptó un valor de 50 kg/ m<sup>2</sup>, el cual resulta adecuado para las condiciones de servicio del galpón ubicado en una zona costera.

#### **4.3. ÁREA COLABORANTE DE LA ESTRUCTURA**

LC (largo de cubierta) = 25,00 m

BC (ancho de cubierta) = 15,00 m

$$AC = LC \times BC$$

$$AC = 25 \times 15$$

$$AC = 375,00m^2$$

#### **4.4. DETERMINACIÓN DE CARGAS**

La carga viva de la cubierta se determinó conforme a los criterios normativas para las cubiertas no transitables, adoptándose un valor de 50 kg/m<sup>2</sup>. Multiplicando este valor por el área colaborante de la estructura, equivalente a 375 m<sup>2</sup>, se obtiene una carga viva total de 18,75 toneladas actuando sobre la cubierta del galpón.

#### **4.5. CÁLCULO DEL PESO TOTAL POR CARGA VIVA**

$$W_L = L * AC$$

$$W_L = 50kg/m^2 \times 375m^2$$

$$W_L = 18750kg$$

$$W_L = 18,75 ton$$

**4.6. CÁLCULO DEL PESO TOTAL POR CARGA MUERTA**

$$W_D = 45 \text{ kg/m}^2 \times 375 \text{ m}^2$$

$$W_L = 16875 \text{ kg}$$

$$W_L = 16,88 \text{ ton}$$

**4.7. CARGA TOTAL DE SERVICIO EN CUBIERTA**

$$W_s = D + L$$

$$W_s = 45 + 50$$

$$W_s = 95 \text{ kg/m}^2$$

**4.8. AREA TRIBUTARIA POR CORREA**

$$A_t = S \times L$$

$$A_t = 1,20 \times 25$$

$$A_t = 30,00 \text{ m}^2$$

**4.9. CARGA TOTAL POR CORREA**

$$W_C = q_s \times A_t$$

$$W_C = 95 \times 30,00$$

$$W_C = 2850 \text{ kg}$$

$$W_C = 2,85 \text{ ton}$$

#### 4.10. CARGA DISTRIBUIDA SOBRE LA CORREA

$$q_c = q_s \times s$$

$$q_c = 95 \times 1,20$$

$$q_c = 114 \text{ kg/m}$$

#### 4.11. CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR

Considerando a la correa como una viga simplemente apoyada, sometida a una carga distribuida uniforme de 114 kg/m y una luz de 5,00 m entre apoyos, se obtuvo un momento flector máximo de 356.25 kg·m valor que gobierna el diseño a flexión del elemento.

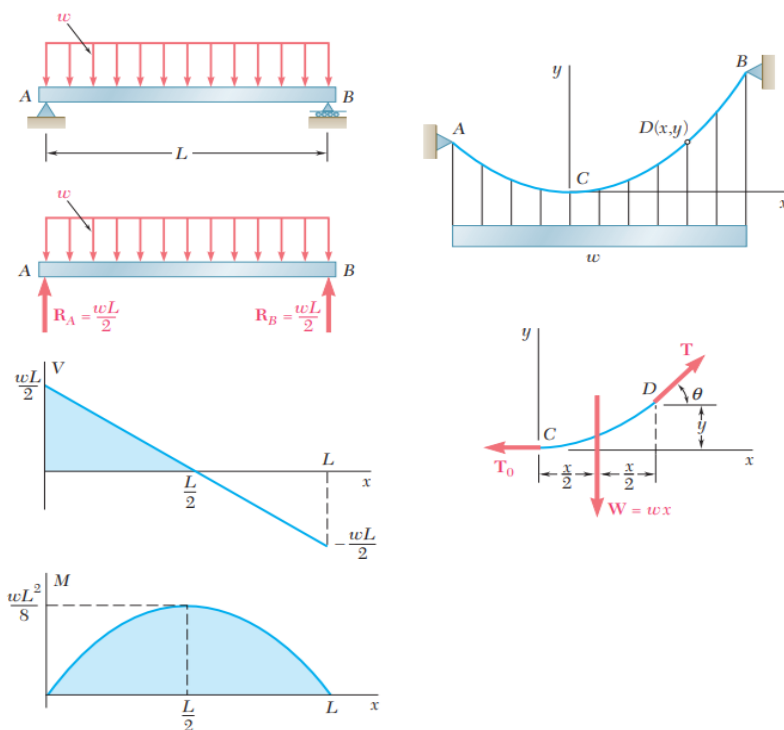


Ilustración 23-Vigas y cables

$$M_{max} = \frac{w \times (L)^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{114 \times (5,00)^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{114 \times 25}{8}$$

$$M_{max} = \frac{2850}{8}$$

$$M_{max} = 356,25 \text{ Kg/m}$$

*Conversion: 3,49 KN/m*

#### 4.12. CARGA DE VIENTO

**Tabla 15-** CARGA DE VIENTO

Nota 9. Elaborado por los autores

Altura (m)	Sin obstrucción (categoría A)	Obstrucción baja (categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.1	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

$$V_b = V \times \sigma$$

$$V_b = 28 \times 1,00$$

$$V_b = 28,00 \text{ m/s}$$

#### 4.13. CALCULO DE PRESIÓN DE VIENTO

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_b^2 \times C_e \times C_f$$

$$P = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 28^2 \times 1,00 \times 0,80$$

$$P = 392 \text{ N/m}^2$$

$$P = 40 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.14. COMBINACIONES DE CARGA

##### Combinación 1 – Gravitacional

$$1.2D + 1.6L$$

$$= 1.2(45) + 1.6(50)$$

$$= 54 + 80 = 134 \text{ kg/m}^2$$

##### Combinación 2 – Con viento

$$1.2D + 1.0W + 1.0L$$

$$1.2(45) + 1.0(39) + 1.0(50)$$

$$= 143 \text{ Kg/m}^2$$

**Combinación 3 – Succión viento**

$$\begin{aligned}
 &0.9D \pm 1.0W \\
 &= 0.9(45) \pm 39 \\
 &= 79.5kg/m^2
 \end{aligned}$$

**4.15. CORTANTE BASAL POR VIENTO**

$$\begin{aligned}
 V_b &= P \times A \\
 V_b &= 40 \times 375 \\
 V_b &= 15\,000kg \\
 V_b &= 15\,ton
 \end{aligned}$$

**4.16. CORTANTE BASAL POR SISMO**

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{I \times S_a}{R \times \phi_p \times \phi_E} \\
 V &= \frac{1.0 \times 0.32}{4 \times 0.9 \times 0.9} \\
 V &= 0.10
 \end{aligned}$$

#### 4.17. PERIODO DE VIBRACIÓN

$$T = C_t \times h^x$$

$$T = 0,085 \times 7,50^{0,75}$$

$$T = 0,38 \text{ s}$$

#### 4.18. CALCULO DE DERIVA

$$\Delta_{m\acute{a}x} \leq 0,02 \times h$$

$$\Delta_{m\acute{a}x} \leq 0,02 \times 6,00$$

$$\Delta_{perm} = 0,12m = 12cm$$

$$\Delta_{calc} = 3,5cm$$

$$\Delta_{calc} = 3,5cm < 12cm \Delta_{perm}$$

#### 4.19. DEFORMACIÓN MÁXIMA

$$\delta_{m\acute{a}x} \leq \frac{L}{240}$$

$$\delta_{perm} \leq \frac{5,00}{240}$$

$$\delta_{perm} = 2,08cm$$

#### 4.20. CALCULO DE CORREAS

$$V_{max} = \frac{W_u \times L}{2}$$

$$V = \frac{114 \times 5}{2}$$

$$V = 285 \text{ kg}$$

$$V = 2,80 \text{ KN}$$

El cortante máximo en la correa se determinó una viga simplemente apoyada sometida a carga distribuida uniforme, aplicando la expresión, obteniéndose un valor de cortante máximo en los apoyos.

#### 4.21. CALCULO DE CORREAS

El análisis de esbeltez permite determinar el comportamiento de las columnas de aluminio frente a cargas de compresión, garantizando la seguridad y eficiencia estructural del galpón.

La forma de pandeo se indica en línea de puntos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores teóricos de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados de proyecto para condiciones reales	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Condiciones de vínculo	<ul style="list-style-type: none"> <li> Rotación y Traslación impedida</li> <li> Rotación libre y Traslación impedida</li> <li> Rotación impedida y Traslación libre</li> <li> Rotación libre y Traslación libre</li> </ul>					

**Ilustración 24**-Barras comprimidas

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{757,2}{45,44}}$$

$$r_y = 4,08 \text{ cm}$$

#### 4.22. EXPRESIONES DE LA ESBELTEZ

$$\frac{K \times L_e}{r_x} < 200$$

$$\frac{1,00 \times 400}{4,08} < 20$$

$$98,0 < 20$$

Se obtuvo un valor de 98, el cual es menor al límite admisible de 200, por lo que la columna de aluminio cumple con los criterios de estabilidad estructural frente al pandeo.

**Casos de carga**

Descripción del caso

Número:  Etiqueta:

Tipo:

Nombre:

Lista de casos definidos:

Número	Nombre del caso	Naturaleza	Ti
1	CARGA MUERTA	permanente	Es
2	CARGA VIVA	explotación	Es
3	CARGA VIENTO	viento	Es
<b>→ 4</b>	CARGA SISMICA	sísmica	Es

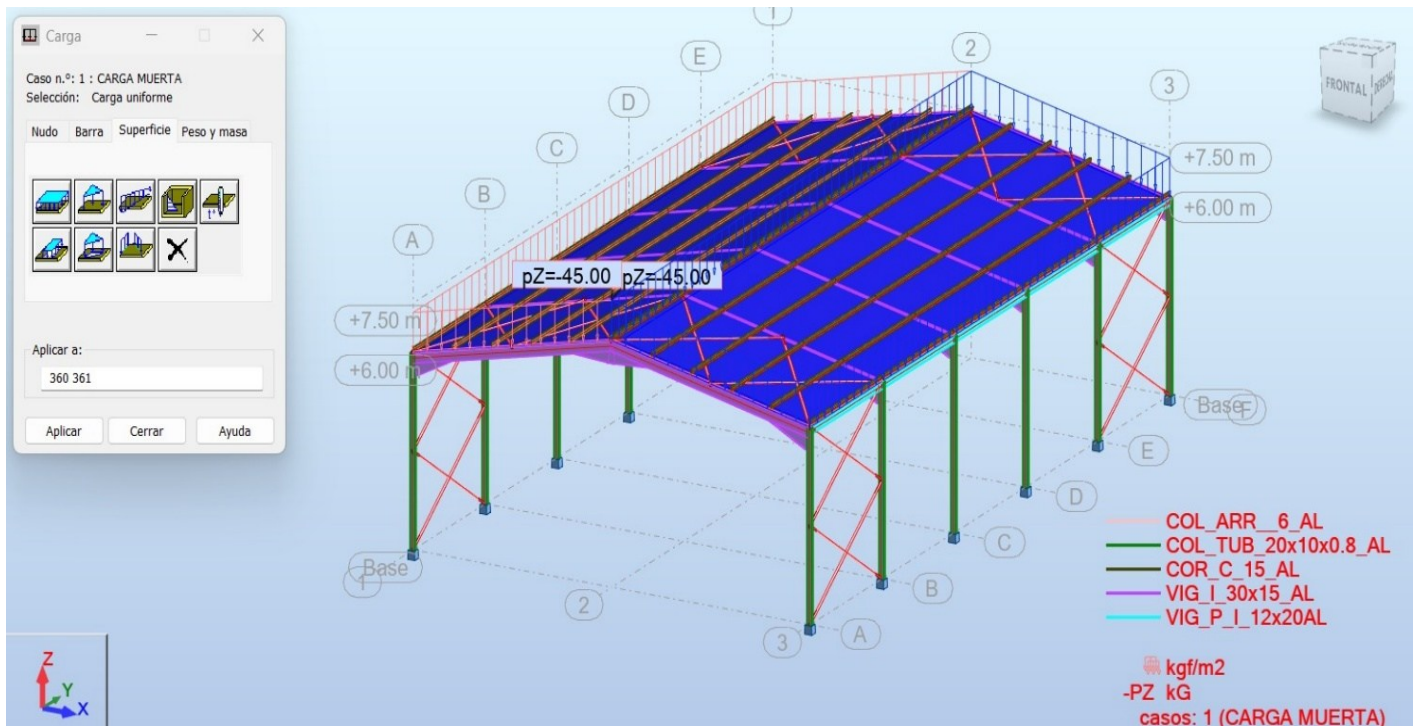
Nota 10. Elaborado por los autores



Nota 11. Elaborado por los autores

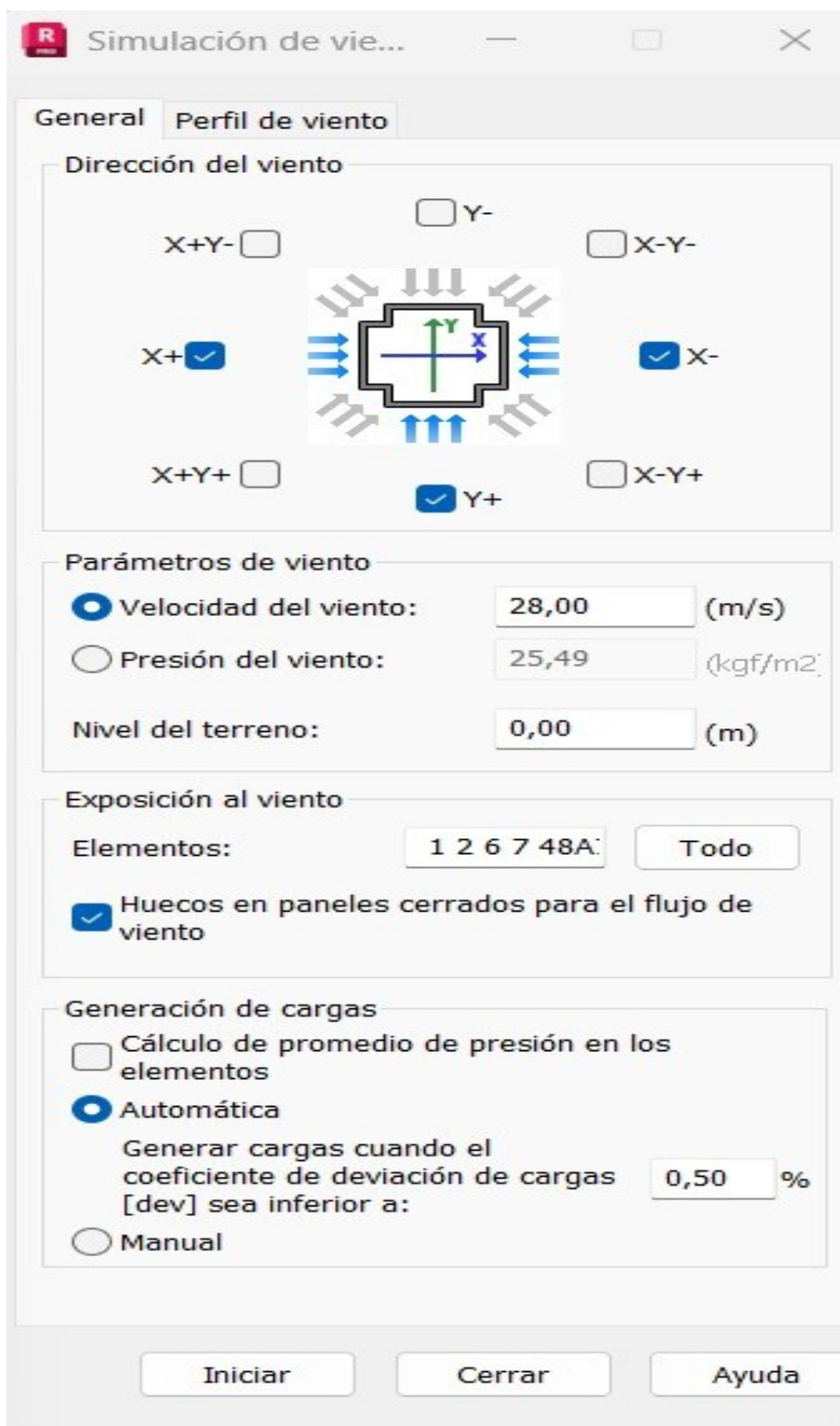


Nota 12. Elaborado por los autores



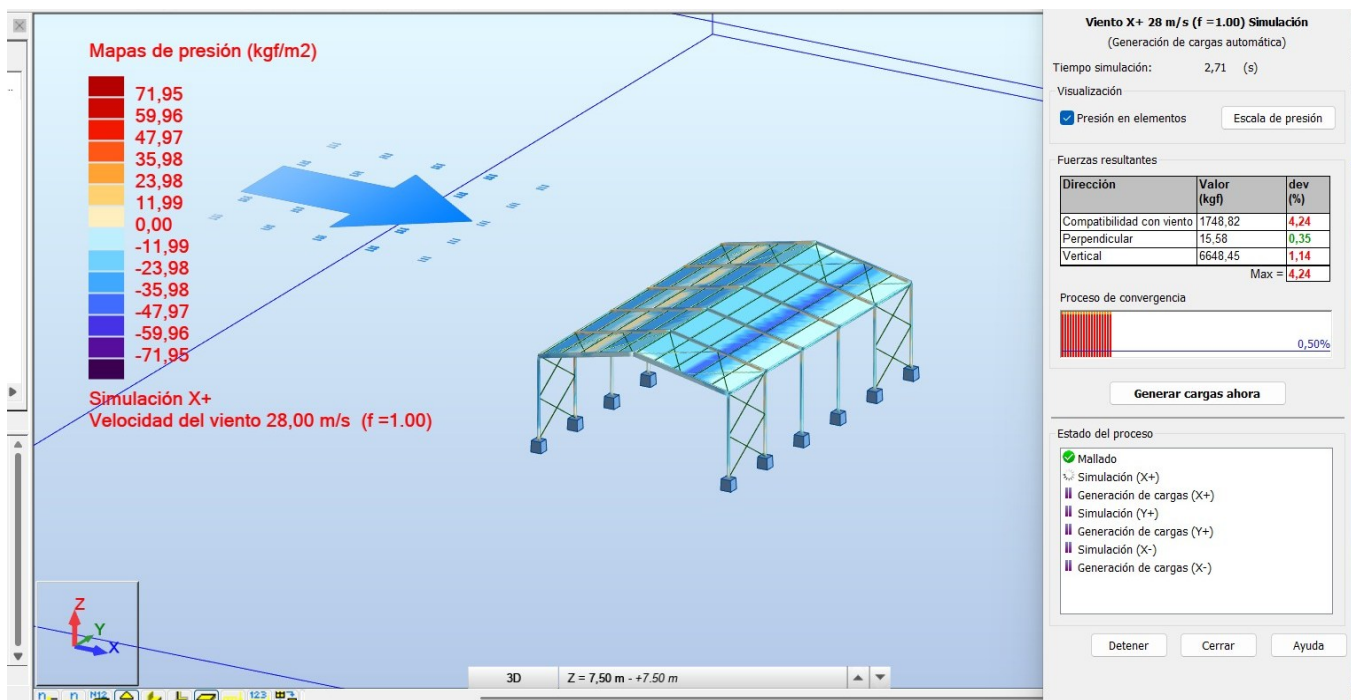
Nota 13. Elaborado por los autores

La velocidad de diseño del viento fue definida conforme a los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), considerando un valor mínimo de 21 m/s, y se adoptó una velocidad de 28 m/s para el análisis en vista de la exposición del galpón al viento marino abierto en Posorja, zona costera sin obstrucciones.



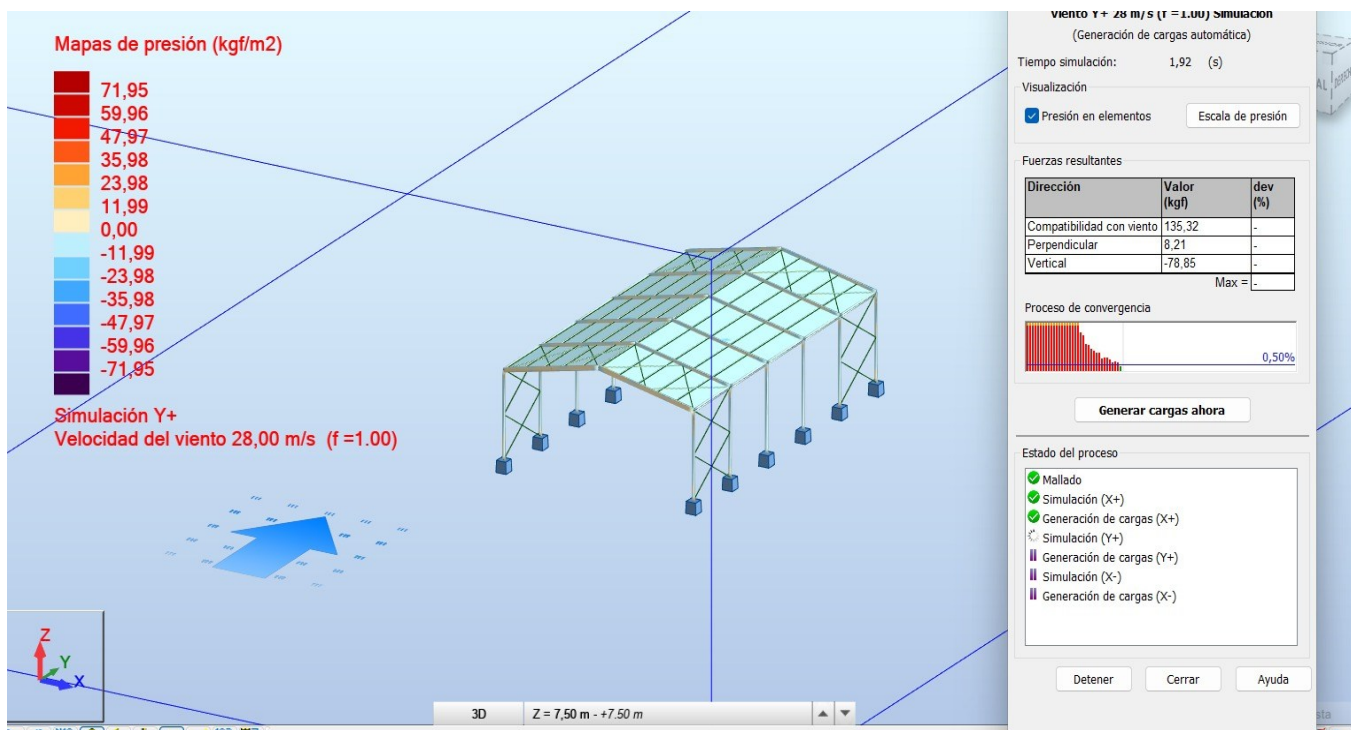
Nota 14. Elaborado por los autores

X+



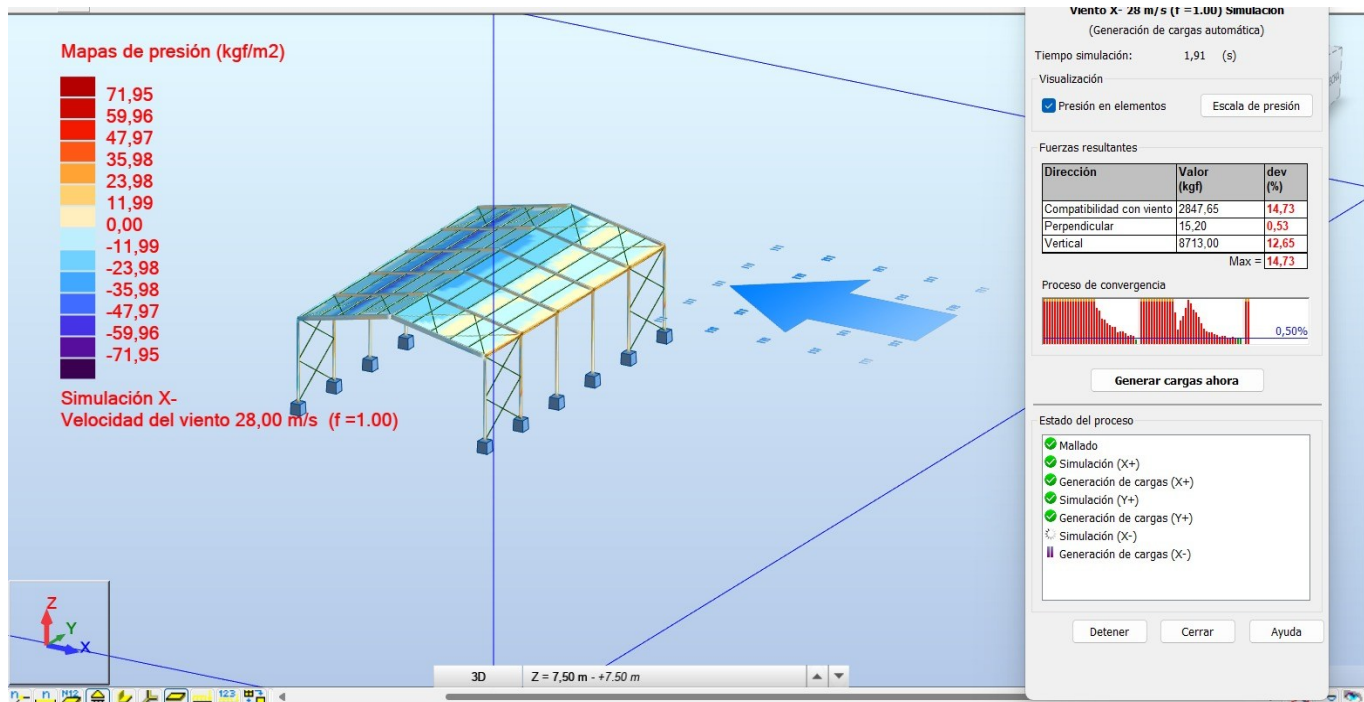
Nota 15. Elaborado por los autores

Y+



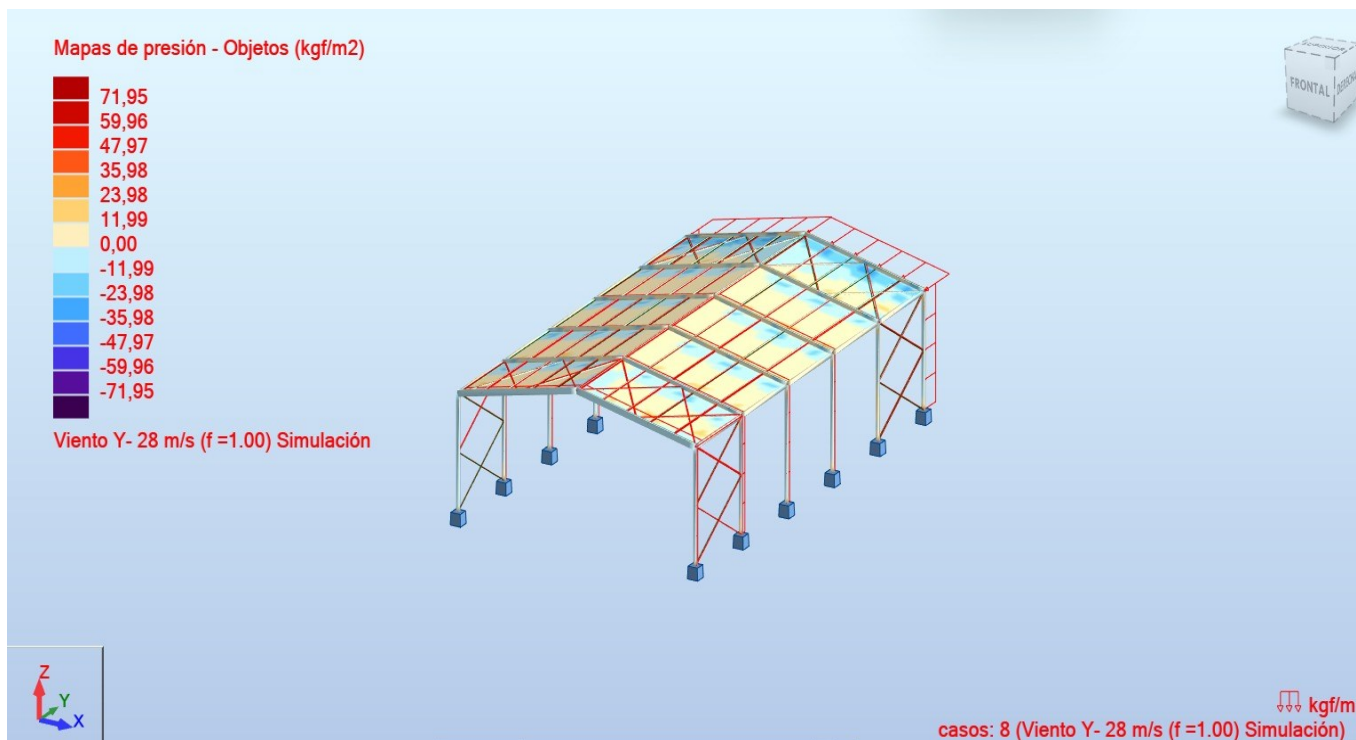
Nota 16. Elaborado por los autores

X-



Nota 17. Elaborado por los autores

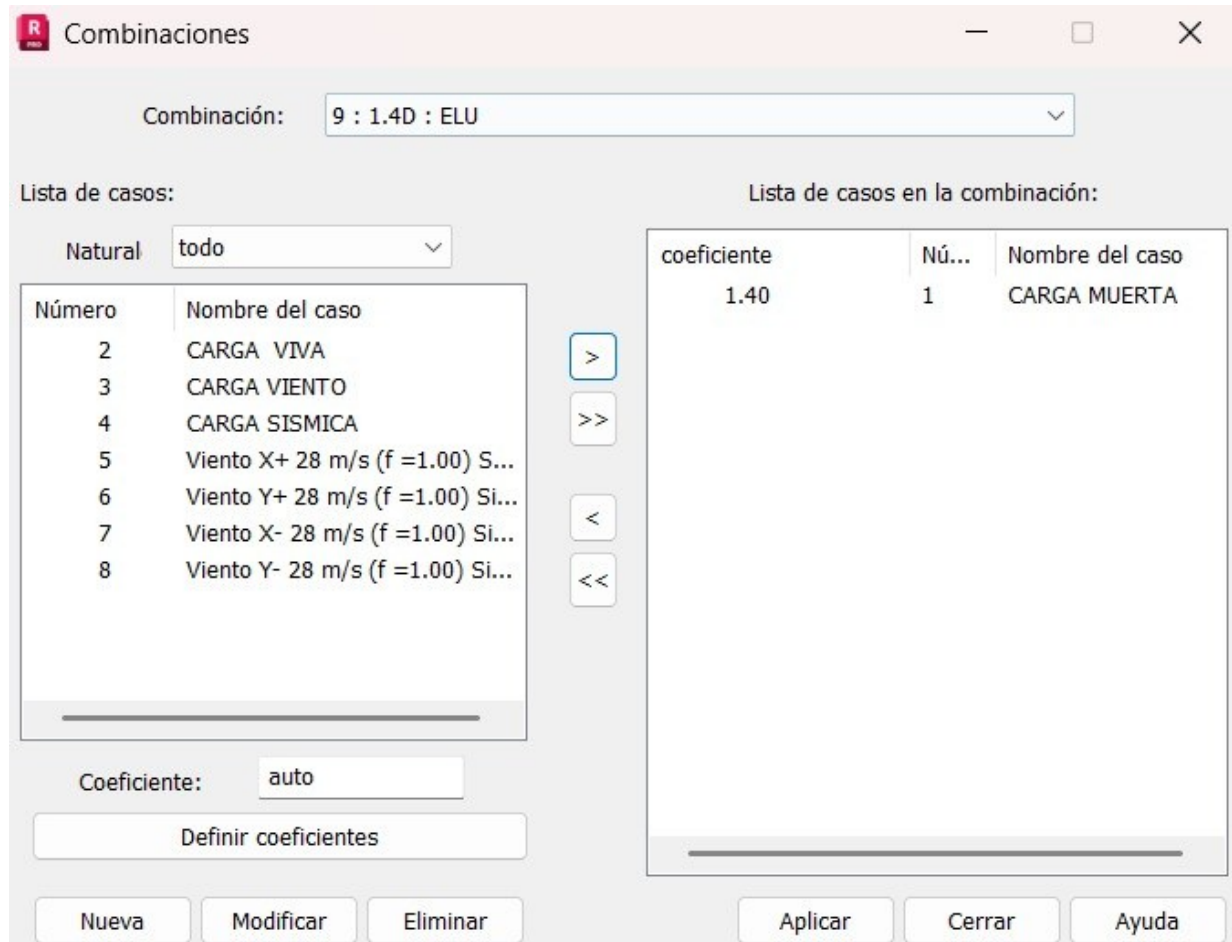
Y-



Nota 18. Elaborado por los autores

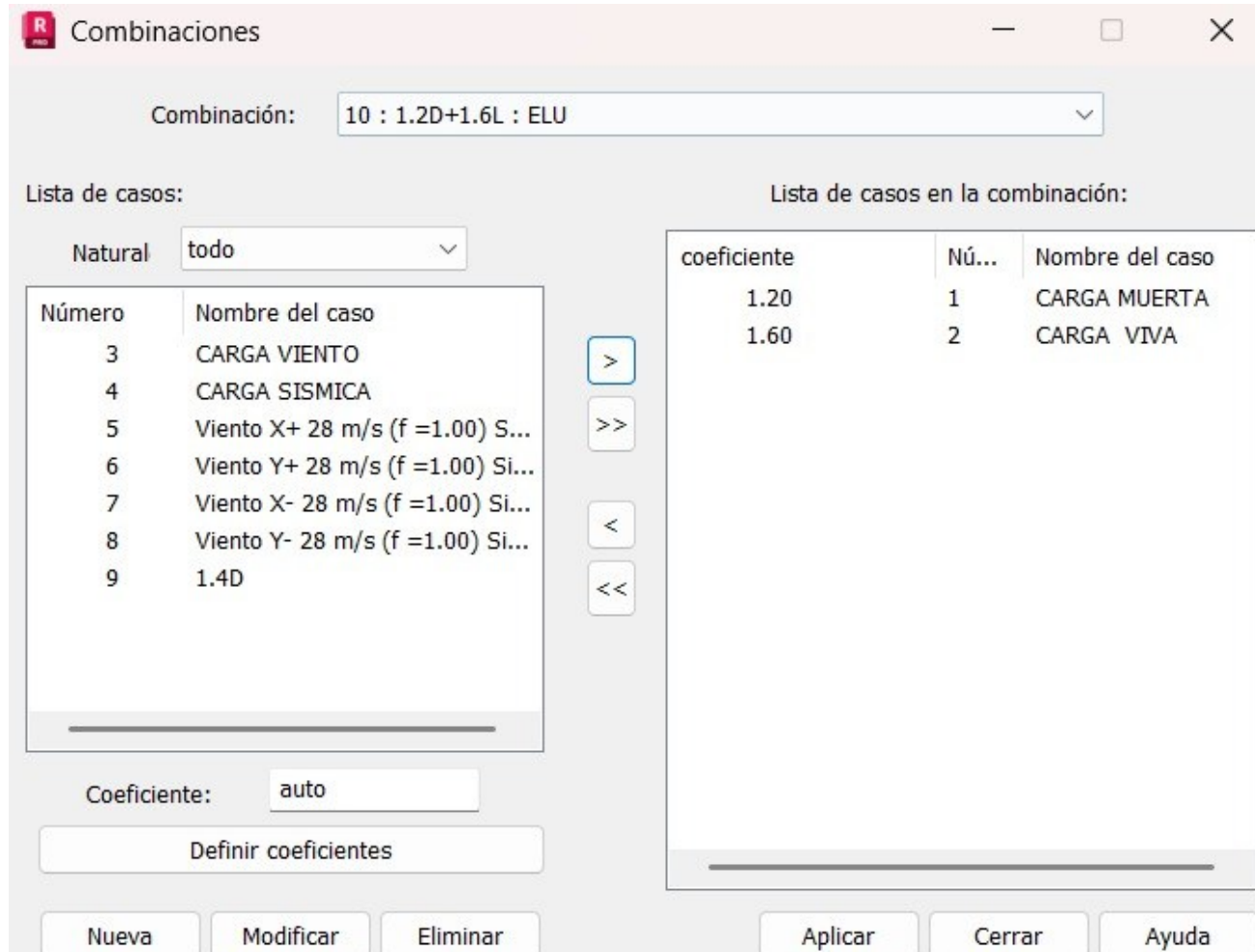


Las combinaciones de carga fueron definidas conforme al enfoque LRFD del Aluminum Desing Manual, considerando los efectos de cargas permanentes, cargas variables y acciones de viento, incluyéndose combinaciones gravitacionales y combinaciones críticas de estabilidad.



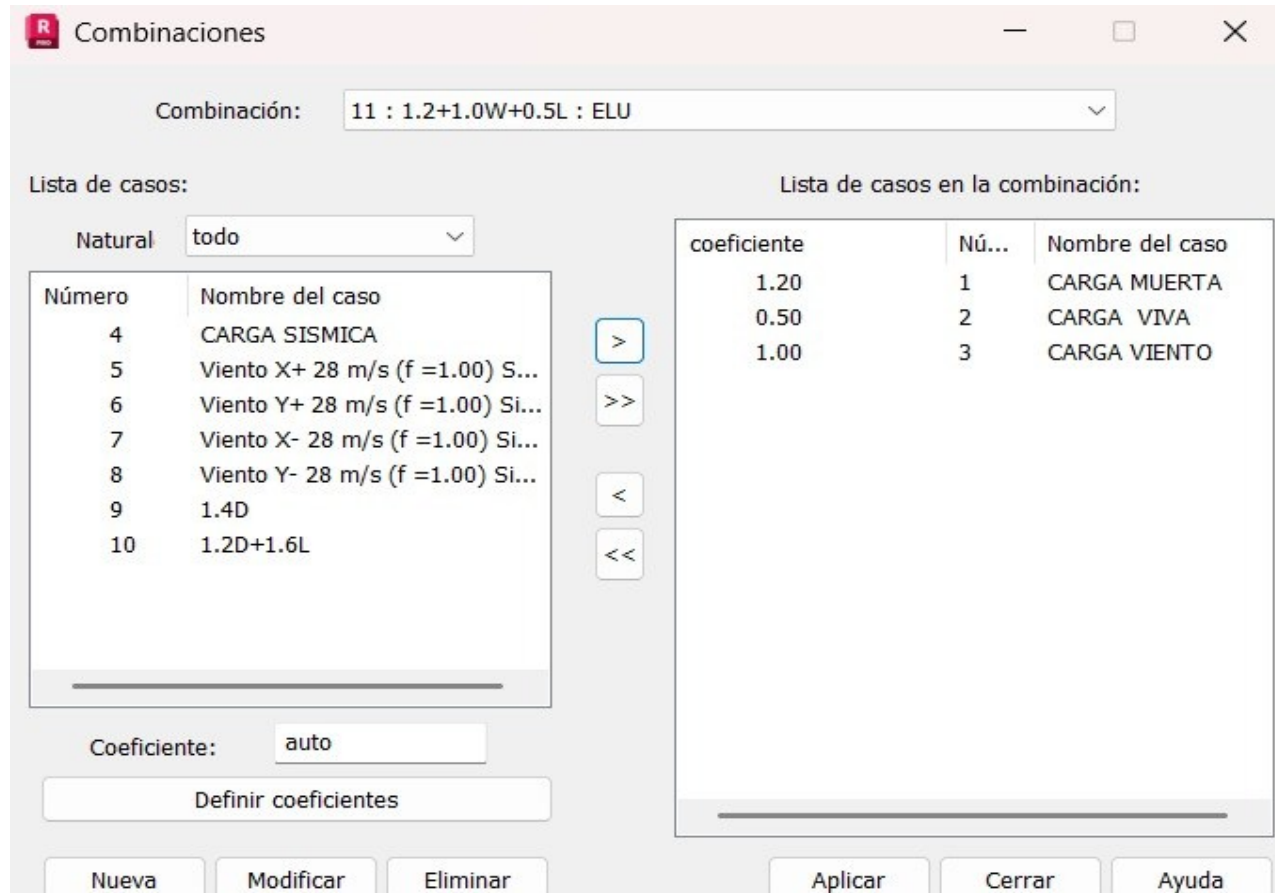
Nota 21. Elaborado por los autores

Las combinaciones de carga correspondiente a las acciones gravitacionales y de viento fueron introducidas manualmente en el modelo estructural, conforme a los criterios de combinación establecidos por la normativa vigente.



Nota 22. Elaborado por los autores

## 4.23. CARGAS DE VIENTO



Nota 23. Elaborado por los autores

#### 4.24. CARGAS SISMICAS

Combinaciones

Combinación: 12 : 1.2+1.0E+1.0L : ELU

Lista de casos: Natural todo

Número	Nombre del caso
3	CARGA VIENTO
5	Viento X+ 28 m/s (f =1.00) S...
6	Viento Y+ 28 m/s (f =1.00) Si...
7	Viento X- 28 m/s (f =1.00) Si...
8	Viento Y- 28 m/s (f =1.00) Si...
9	1.4D
10	1.2D+1.6L
11	1.2+1.0W+0.5L

Lista de casos en la combinación:

coeficiente	Nú...	Nombre del caso
1.20	1	CARGA MUERTA
1.00	2	CARGA VIVA
1.00	4	CARGA SISMICA

Coeficiente: auto

Definir coeficientes

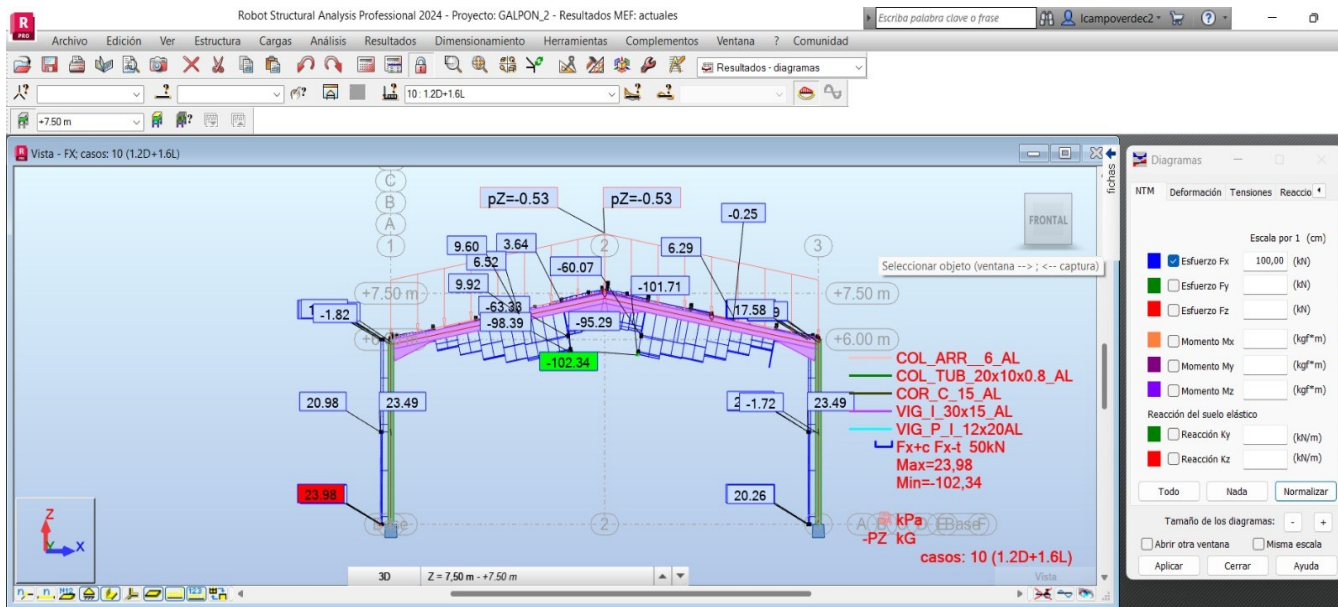
Nueva Modificar Eliminar

Aplicar Cerrar Ayuda

Nota 24. Elaborado por los autores

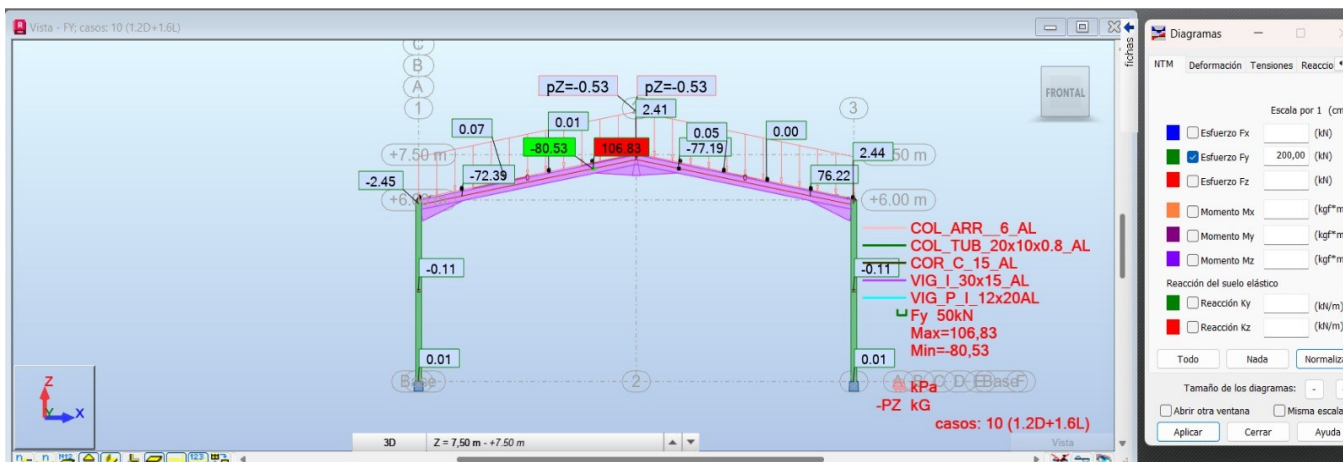
#### 4.25. MOMENTOS ESFUERZOS FX:

Los diagramas de esfuerzos internos, momentos flectores y deformaciones se obtuvieron a partir de la combinación de cargas 1.2D+1.6L, considerando las cargas gravitacionales actuantes sobre la estructura, de acuerdo con los criterios de diseño establecidos por la normativa vigente.



Nota 25. Elaborado por los autores

#### 4.26. DIAGRAMA EN ESFUERZOS EN FY:



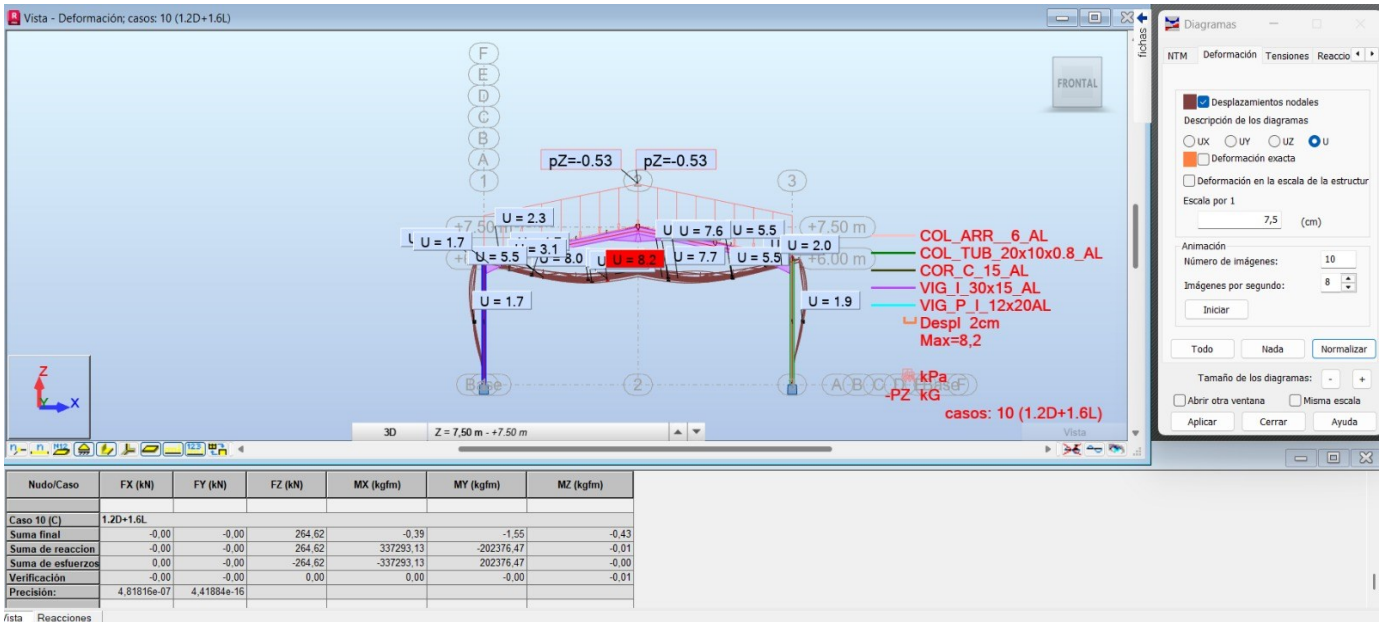
Nota 26. Elaborado por los autore

#### 4.27. DIAGRAMA EN ESFUERZOS EN FZ:



Nota 27. Elaborado por los autores

### 4.28. DESPLAZAMIENTOS NODALES



Nota 28. Elaborado por los autores

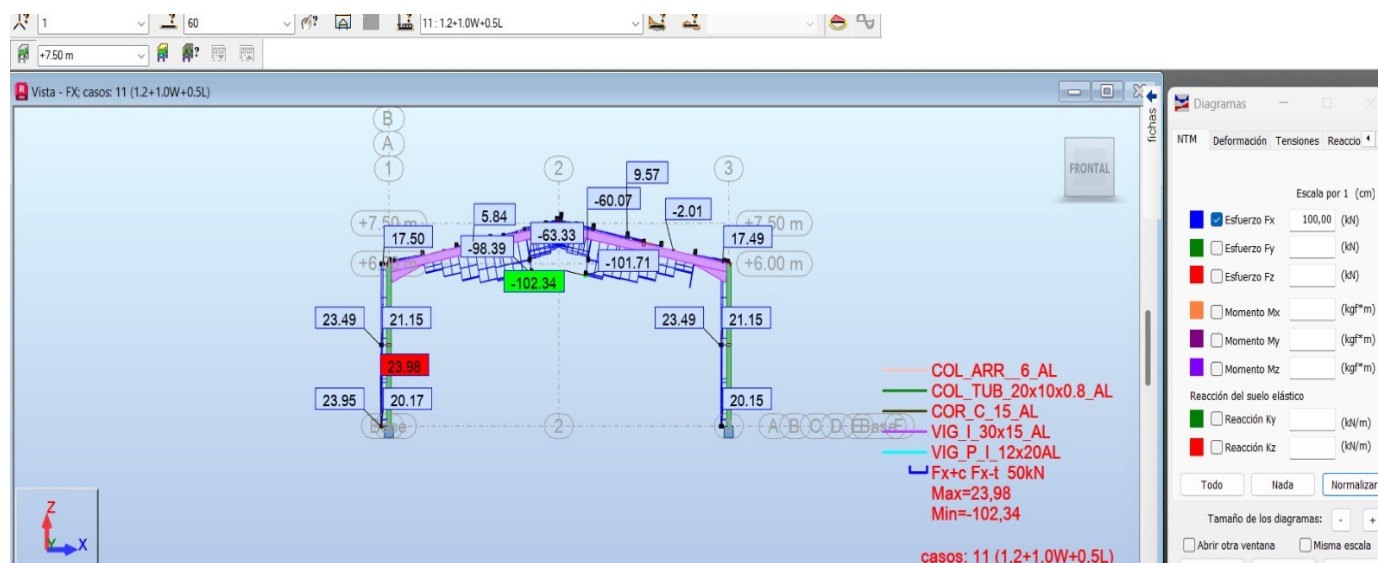
#### 4.29. MOMENTOS

Nudo/Caso	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
1/ 1	4,08	-1,70	17,89	2,79	924,10	-1,81
1/ 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/ 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/ 5	-2,60	0,72	-5,34	0,47	-663,65	0,11
1/ 6	0,19	-0,59	1,96	2,37	43,01	-0,53
1/ 7	-0,02	0,85	-5,37	0,38	92,66	-0,35
1/ 8	0,25	0,52	2,17	5,10	58,00	1,07

Nota 29. Elaborado por los autores

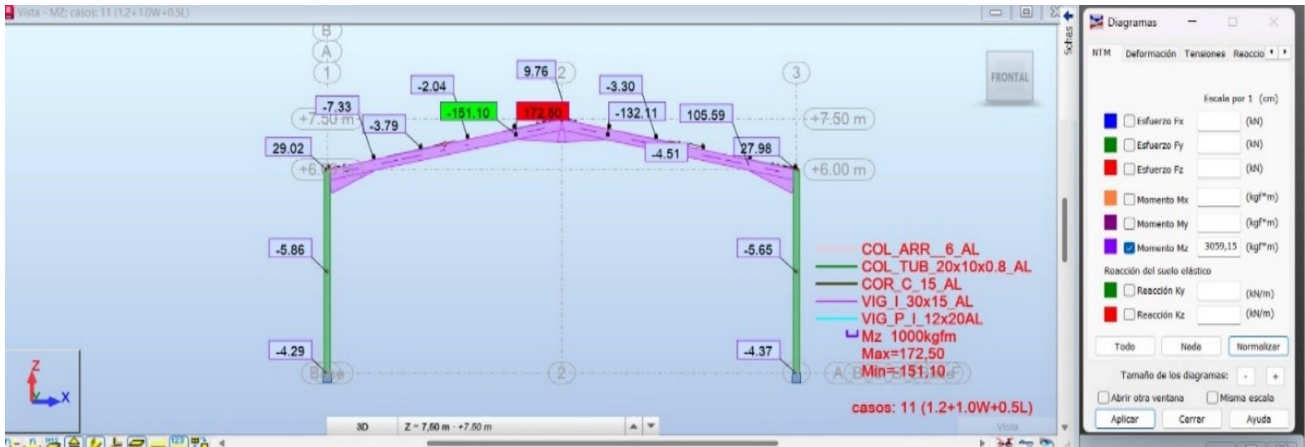
#### 4.30. DIAGRAMA EN ESFUERZOS EN FX:

Con la combinación de carga  $1,2D + 1.6W + 0.5 L$  se obtuvieron los refuerzos internos y desplazamientos laterales más desfavorables en el pórtico, permitiendo evaluar el comportamiento estructural frente a la acción del viento, particularmente los momentos flectores en las columnas, los esfuerzos axiales en las cartelas y la deriva horizontal global de la estructura.



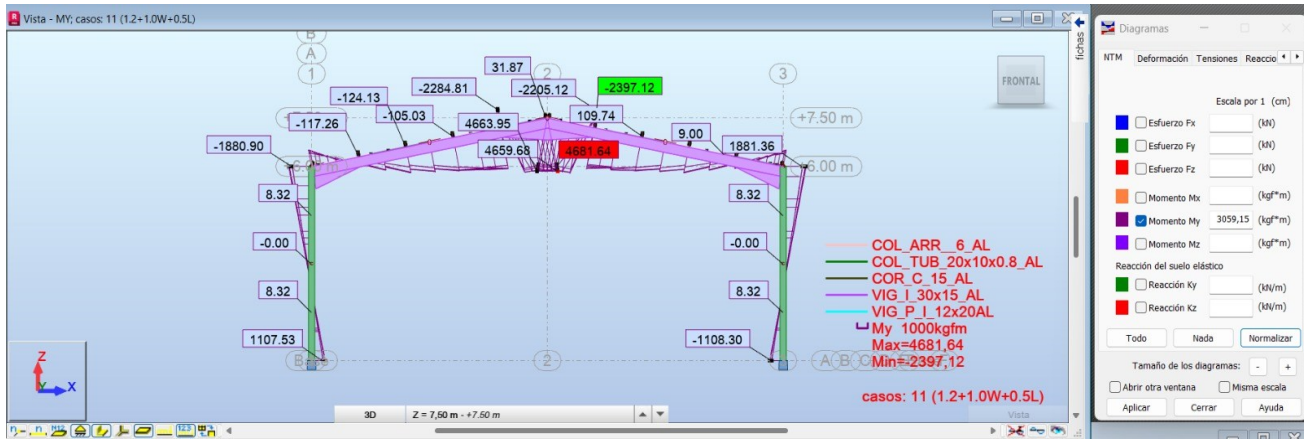
Nota 30. Elaborado por los autores

**4.31. DIAGRAMA EN MOENTOS MZ:**



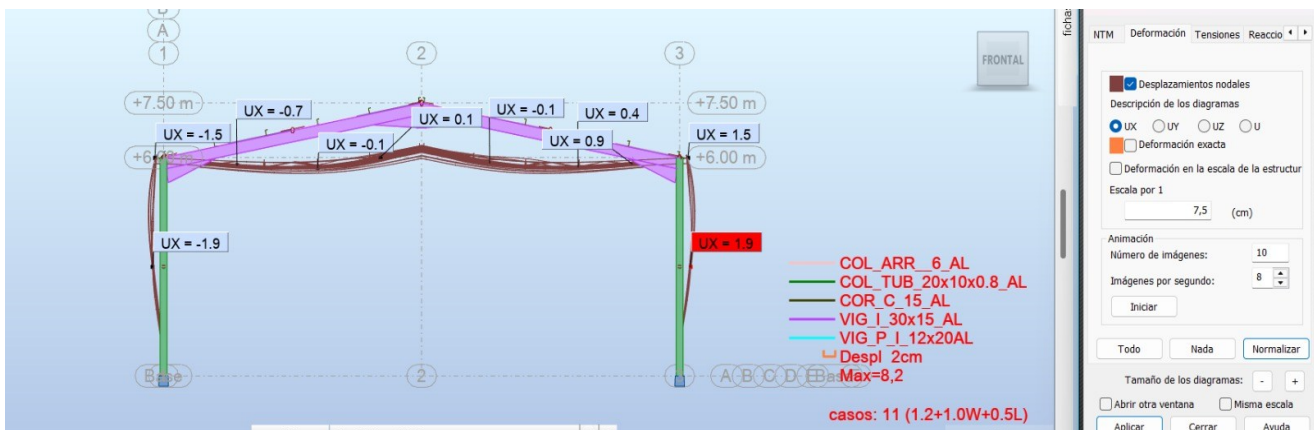
Nota 31. Elaborado por los autores

**4.32. DIAGRAMA EN MOMENTOS MY:**



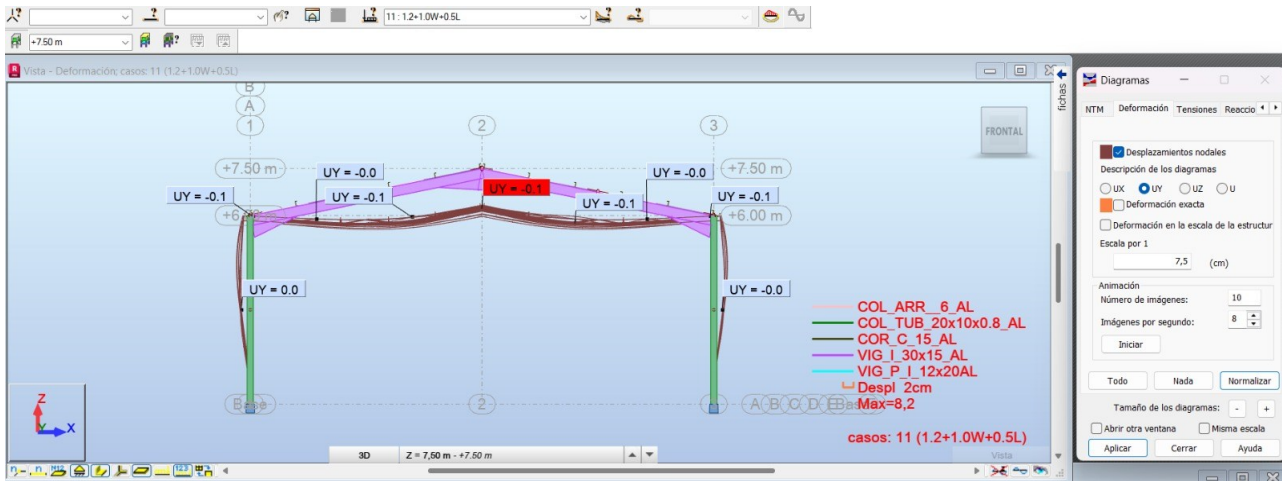
Nota 32. Elaborado por los autores

**4.33. DESPLAZAMIENTOS NODALES UX:**



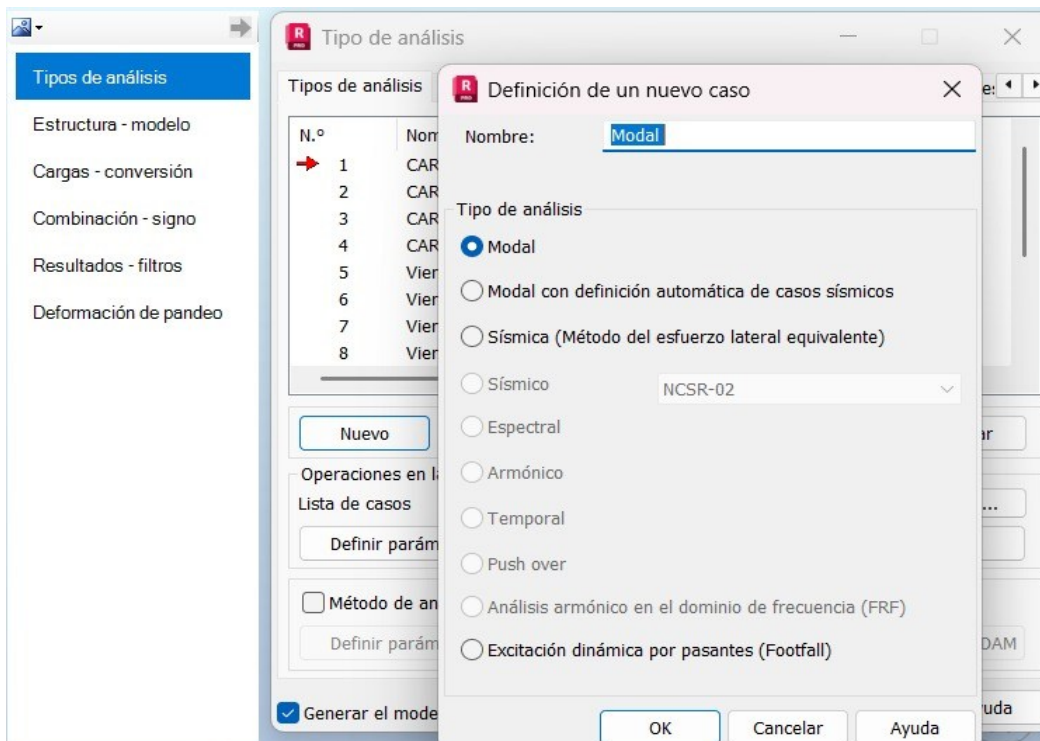
Nota 33. Elaborado por los autores

#### 4.34. DESPLAZAMIENTO NODALES UY:



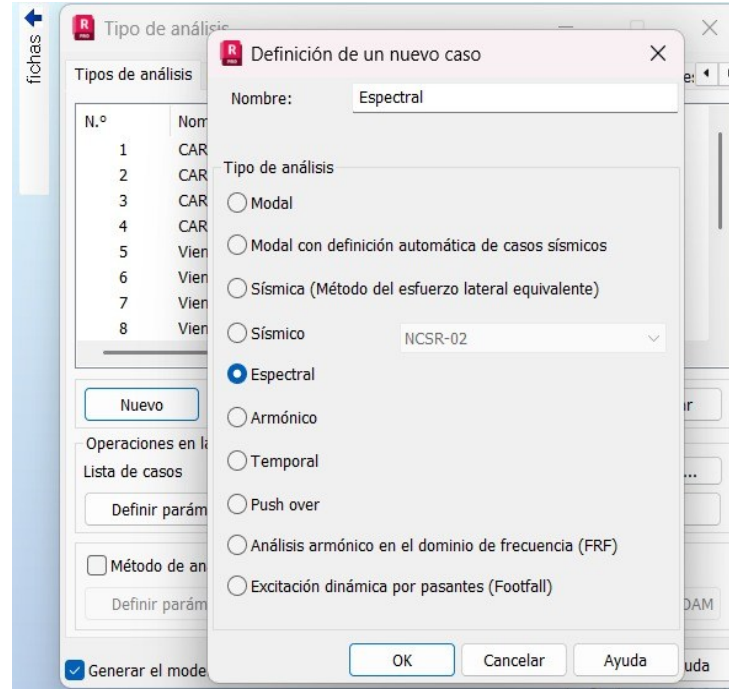
Nota 34. Elaborado por los autores

Se realizó un análisis modal de la estructura con el fin de determinar sus periodos naturales de vibración y formas modales, los cuales constituyen la base para la evaluación del comportamiento dinámico y la posterior aplicación de cargas sísmicas.



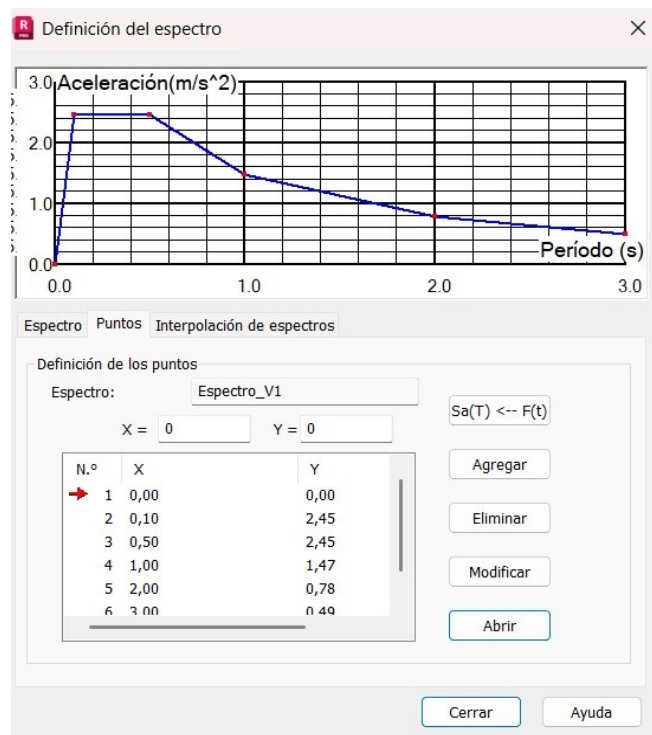
Nota 35. Elaborado por los autores

### 4.35. ESPECTRAL



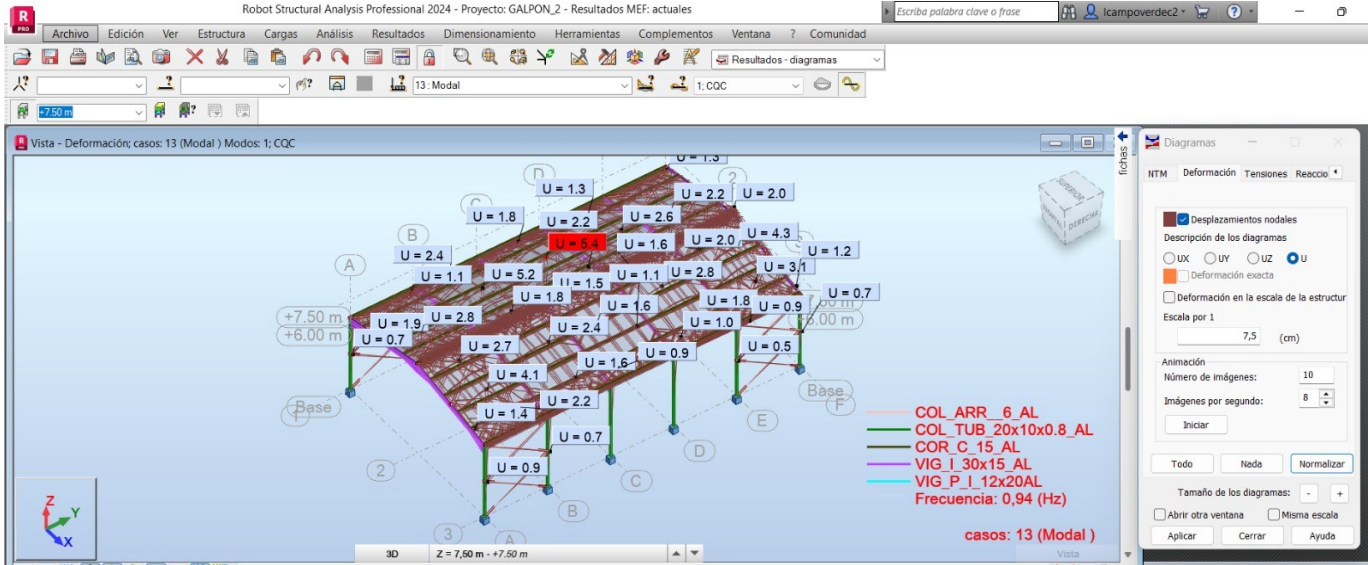
Nota 36. Elaborado por los autores

### 4.36. DEFINICIÓN DEL ESPECTRO



Nota 37. Elaborado por los autores

### 4.37. RESULTADOS DE LA DEFORMACIÓN



Nota 38. Elaborado por los autores

### 4.38. TABLA CORRESPONDIENTE A LOS LARGUEROS

#### Propiedades: Barra n.º 289

Nudos	X	Y	Z	[m]
269	7,45	0,0	7,49	
275	7,45	5,00	7,49	
Longitud L=5,00 [m]				

Tipo de barra: **Viga**  
 Sección: **COR\_C\_15\_AL**  
 Material: **AL\_6061\_T6\_ADM**

Nombre de la barra: **Viga\_BJ\_DEFAULT\_NAME\_XXX**  
 Lista de barras componentes: **289**

Atributos adicionales:  
 Ángulo gama=168,7  
 Excentricidad=Upper flange,

Características de la sección:  
**COR\_C\_15\_AL**  
 .  
 HY=6,0, HZ=15,8 [cm]  
 AX=10,80 [cm<sup>2</sup>]  
 IX=0,56, IY=397,16, IZ=35,39 [cm<sup>4</sup>]

Características de material:

E=703604,19 (kgf/cm<sup>2</sup>)      NI=0,33      G=265126,22 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 Peso específico (densidad)=2702,25 (kgf/m<sup>3</sup>)      Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>)      LX=0,00 (1/°C)

**Resultados: Barra n.º 289**

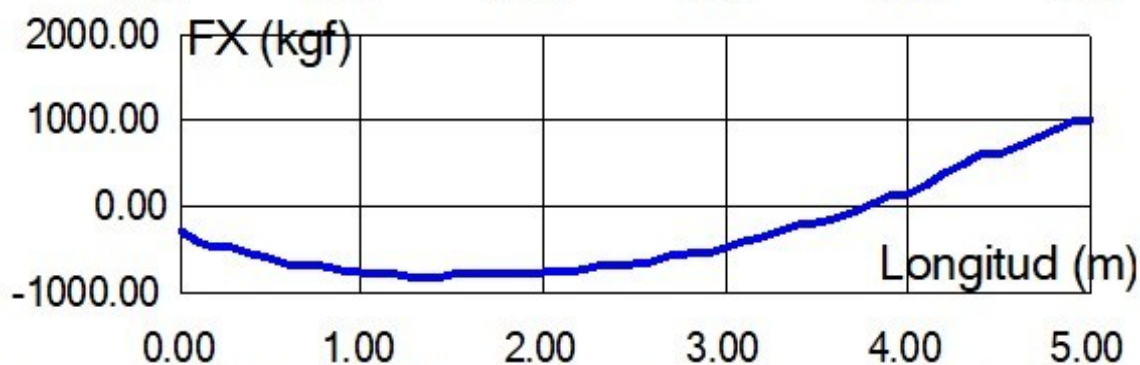
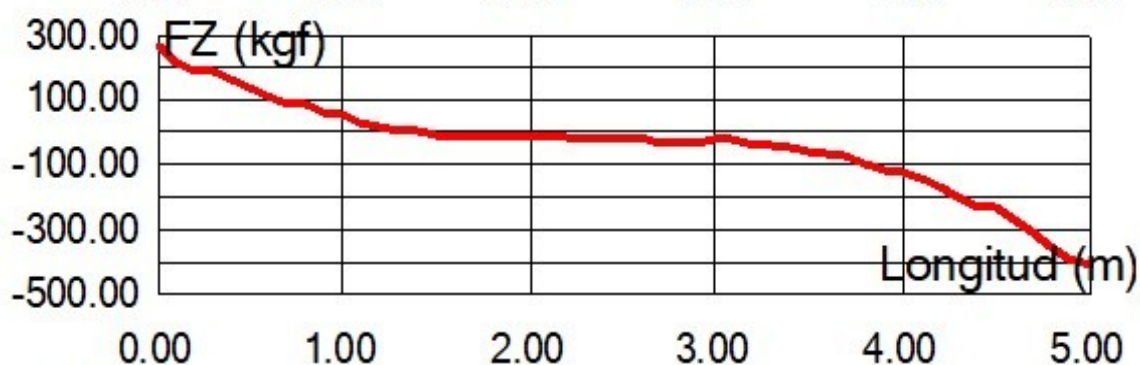
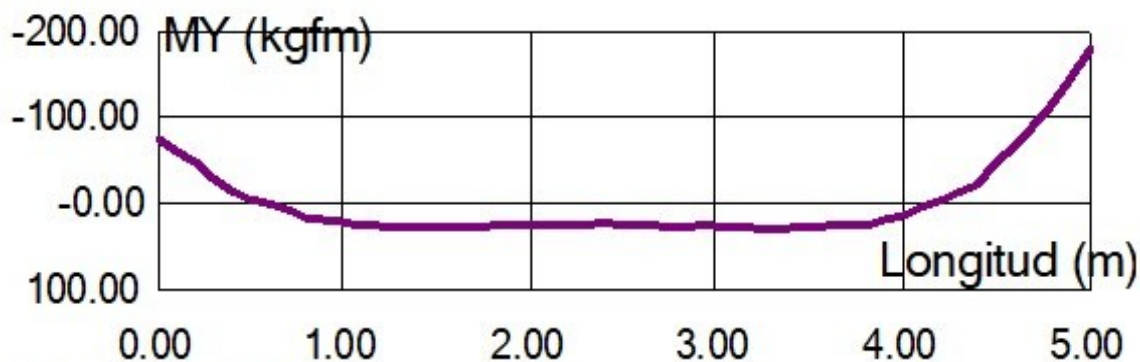
Caso 10 1.2D+1.6L

Desplazamientos [cm]:

269	UX=0,1	UY=-1,4	UZ=7,1
275	UX=0,1	UY=-1,5	UZ=7,8

Flechas máximas [cm]:

	UX=0,0	UY=0,0	UZ=-0,2
en el punto	X=0,65	X=0,47	X=0,48



Barra n.º 289 COR\_C\_15\_AL Longitud L=5,00 (m) Caso 10 1.2D+1.6L

	Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)
MAX para la barra 289	1012,09	260,38	30,99
en el punto:	5,00	0,0	3,30
MIN para la barra 289	-814,95	-411,64	-180,90
en el punto:	1,30	5,00	5,00

Comprobación relamentaria de acuerdo con EN 1993-1:2005/A1:2014

Sección: COR\_C\_15\_AL

Tipo de barra:

Viga

Material: AL\_6061\_T6\_ADM Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>)

. Perfil incorrecto

Símbolo	Ax, Iy, Iz ...	Unidad	Descripción
Solicitación: RAT	1.83		solicitación Caso de carga más desfavorable - ELU Puntos
9 1.4D 1*1.40 x = 1.00 L = 5.00 m Otros			
Lambda y	82.45		esbeltez de la barra
Lambda z	276.22		esbeltez de la barra
Flechas (COORDENADAS LOCALES):			
uy	0.0	cm	flecha de la barra en la dirección y
uy max 1 CARGA MUERTA Verificado	2.5	cm	Deformación admisible de la barra en la dirección y Caso de carga más desfavorable - ELS
uz	-0.2	cm	flecha de la barra en la dirección z
uz max 1 CARGA MUERTA Verificado	2.5	cm	Deformación admisible de la barra en la dirección z Caso de carga más desfavorable - ELS

**4.39. VIGAS PRINCIPALES****Propiedades: Barra n.º 58**

Nudos	X	Y	Z	[m]
69	0,0	10,00	6,00	
72	7,50	10,00	7,50	
Longitud L=7,65 [m]				

Tipo de barra:

Viga

Sección: VIG\_I\_30x15\_AL

Material: AL\_6061\_T6\_ADM

Nombre de la barra: Viga\_BJ\_DEFAULT\_NAME\_XXX

Lista de barras componentes: 58

Atributos adicionales:

Ángulo gama=0,0

Excentricidad=Upper flange,

Refuerzo - inicio=R\_1

Refuerzo - fin=R\_1

Características de la sección:

VIG\_I\_30x15\_AL

HY=15,0, HZ=32,0 [cm]

AX=54,00 [cm<sup>2</sup>]IX=14,61, IY=9010,00, IZ=563,78 [cm<sup>4</sup>]

Características de material:

E=703604,19 (kgf/cm<sup>2</sup>)

NI=0,33

G=265126,22 (kgf/cm<sup>2</sup>)Peso específico (densidad)=2702,25 (kgf/m<sup>3</sup>)Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>) LX=0,00 (1/°C)

**Resultados: Barra n.º 58**

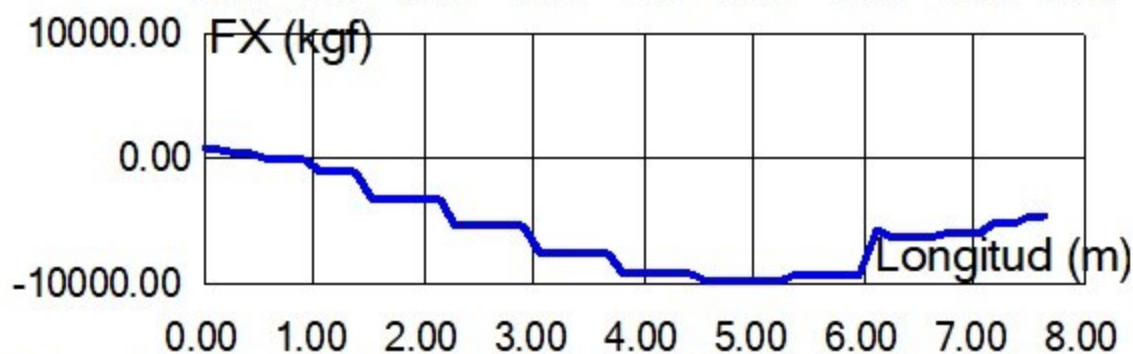
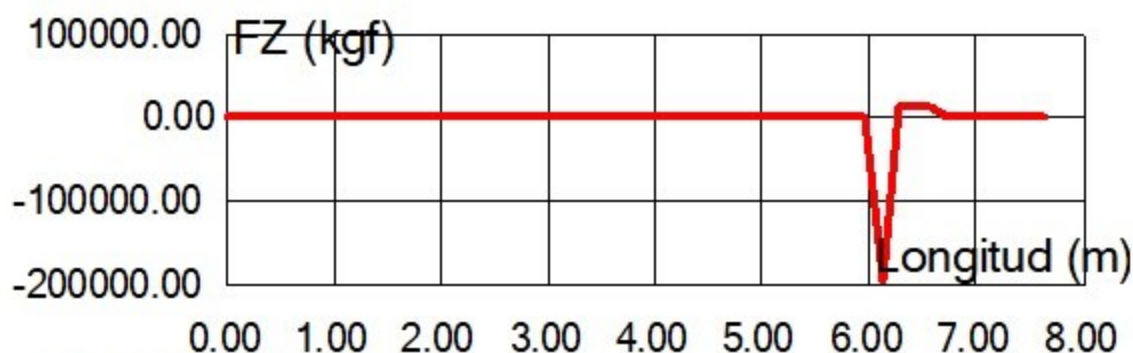
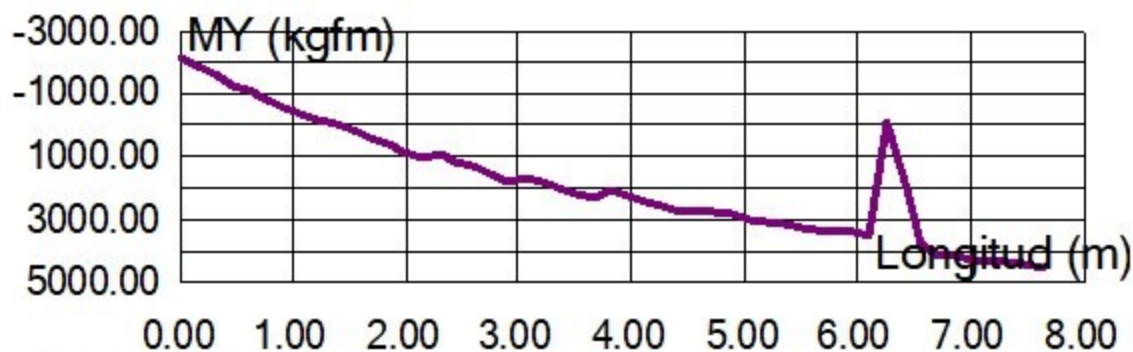
Caso 10 1.2D+1.6L

Desplazamientos [cm]:

69	UX=-1,7	UY=-0,0	UZ=0,2
72	UX=-1,6	UY=0,0	UZ=-8,2

Flechas máximas [cm]:

en el punto	UX=-0,0 X=0,40	UY=-0,0 X=0,66	UZ=-2,2 X=0,56
-------------	-------------------	-------------------	-------------------



Barra n.º 58 VIG\_I\_30x15\_AL Longitud L=7,65 (m) Caso 10 1.2D+1.6L

	Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)
MAX para la barra 58	791,23	12772,25	4562,97
en el punto:	0,0	6,27	7,65
MIN para la barra 58	-9992,75	-19551,64	-2099,46
en el punto:	5,20	6,12	0,0

Comprobación relamentaria de acuerdo con EN 1993-1:2005/A1:2014

Sección: VIG\_I\_30x15\_AL

Tipo de barra: Viga

Material: AL\_6061\_T6\_ADM Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Perfil incorrecto

Símbolo	Ax, Iy, Iz ...	Unidad	Descripción
Solicitud:			
RAT	7.23		solicitud
9 1.4D 1*1.40			Caso de carga más desfavorable - ELU
x = 0.80 L = 6.15 m			Puntos
Otros			
Lambda y	46.88		esbeltez de la barra
Lambda z	238.99		esbeltez de la barra
Flechas (COORDENADAS LOCALES):			
uy	0.0	cm	flecha de la barra en la dirección y
uy max	3.8	cm	Deformación admisible de la barra en la dirección y
17 Espectro_NE Dirección_Y			Caso de carga más desfavorable - ELS
Verificado			
uz	-1.9	cm	flecha de la barra en la dirección z
uz max	3.8	cm	Deformación admisible de la barra en la dirección z
1 CARGA MUERTA			Caso de carga más desfavorable - ELS
Verificado			

#### 4.40. VIGAS PERIMETRAL

##### **Propiedades: Barra n.º 70**

Nudos	X	Y	Z	[m]
71	15,00	10,00	6,00	
66	15,00	15,00	6,00	
Longitud L=5,00 [m]				

Tipo de barra: Viga

Sección: VIG\_P\_I\_12x20AL

Material: AL\_6061\_T6\_ADM

Nombre de la barra: Viga\_BJ\_DEFAULT\_NAME\_XXX

Lista de barras componentes: 70

Atributos adicionales:

Ángulo gama=0,0

Excentricidad=Upper flange,

Características de la sección:

VIG\_P\_I\_12x20AL

HY=12,0, HZ=21,6 [cm]

AX=31,20 [cm<sup>2</sup>]

IX=5,34, IY=2477,70, IZ=230,76 [cm<sup>4</sup>]

Características de material:

E=703604,19 (kgf/cm<sup>2</sup>)

NI=0,33

G=265126,22 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Peso específico (densidad)=2702,25 (kgf/m<sup>3</sup>)

Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>) LX=0,00 (1/°C)

**Resultados: Barra n.º 70**

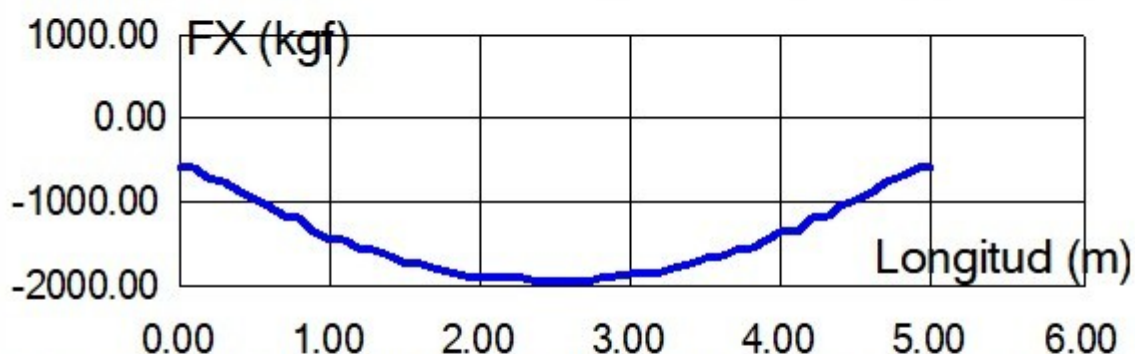
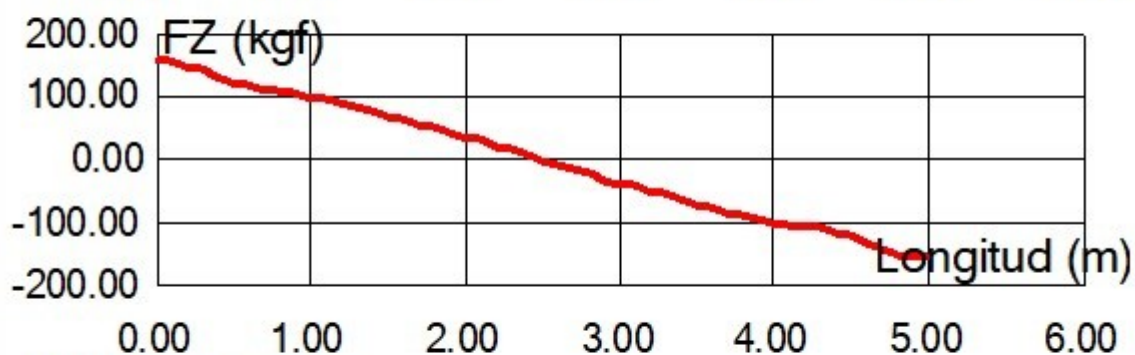
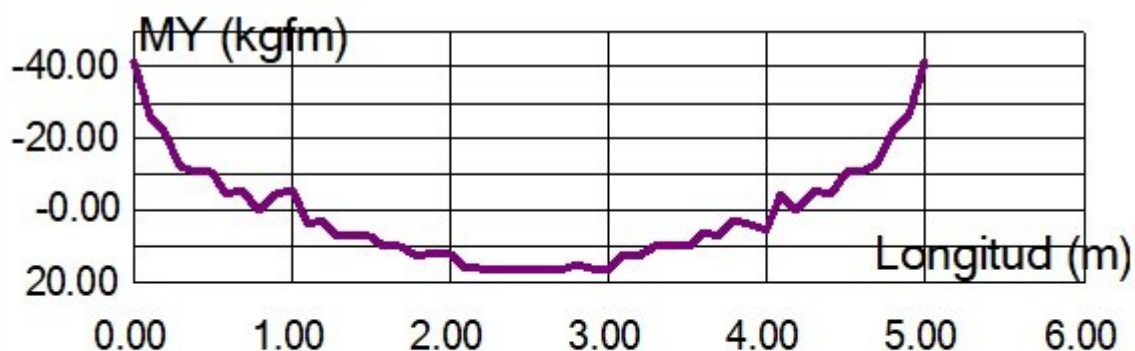
Caso 10 1.2D+1.6L

Desplazamientos [cm]:

71	UX=-0,0	UY=-1,7	UZ=-0,0
66	UX=0,0	UY=-1,7	UZ=-0,0

Flechas máximas [cm]:

en el punto	UX=0,0 X=0,77	UY=-0,1 X=0,50	UZ=-0,0 X=0,50
-------------	------------------	-------------------	-------------------



Barra n.º 70 VIG\_P\_I\_12x20AL Longitud L=5,00 (m) Caso 10 1.2D+1.6L

	Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)
MAX para la barra 70	-598,82	156,39	16,89
en el punto:	4,90	0,0	2,50
MIN para la barra 70	-1948,19	-156,62	-41,51
en el punto:	2,50	5,00	5,00

Comprobación relamentaria de acuerdo con EN 1993-1:2005/A1:2014

Sección: VIG\_P\_I\_12x20AL

Tipo de barra: Viga

Material: AL\_6061\_T6\_ADM Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Perfil correcto

Símbolo	Ax, ly, lz ...	Unidad	Descripción
Solicitud:			
RAT	0.05		solicitud
9 1.4D 1*1.40			Caso de carga más desfavorable - ELU
x = 0.00 L = 0.00 m			Puntos
Otros			
Lambda y	56.11		esbeltez de la barra
Lambda z	183.85		esbeltez de la barra
Flechas (COORDENADAS LOCALES):			
uy	-0.1	cm	flecha de la barra en la dirección y
uy max	2.5	cm	Deformación admisible de la barra en la dirección y
1 CARGA MUERTA			Caso de carga más desfavorable - ELS
Verificado			
uz	-0.0	cm	flecha de la barra en la dirección z
uz max	2.5	cm	Deformación admisible de la barra en la dirección z
1 CARGA MUERTA			Caso de carga más desfavorable - ELS
Verificado			

#### 4.41. COLUMNAS

##### **Propiedades: Barra n.º 57**

Nudos	X	Y	Z	[m]
70	15,00	10,00	0,0	
71	15,00	10,00	6,00	
Longitud L=6,00 [m]				

Tipo de barra: Columna

Sección: COL\_TUB\_20x10x0.8\_AL

Material: AL\_6061\_T6\_ADM

Nombre de la barra: Pilar\_BJ\_DEFAULT\_NAME\_XXX

Lista de barras componentes: 57

Atributos adicionales:

Ángulo gama=0,0

Características de la sección:

COL\_TUB\_20x10x0.8\_AL

HY=10,0, HZ=20,0 [cm]

AX=45,44 [cm<sup>2</sup>]

IX=1757,84, IY=2306,01, IZ=757,85 [cm<sup>4</sup>]

Características de material:

E=703604,19 (kgf/cm<sup>2</sup>)

NI=0,33

G=265126,22 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Peso específico (densidad)=2702,25 (kgf/m<sup>3</sup>)

Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>) LX=0,00 (1/°C)

Comprobación relamentaria de acuerdo con EN 1993-1:2005/A1:2014

Sección: COL\_TUB\_20x10x0.8\_AL

Tipo de barra: Columna

Material: AL\_6061\_T6\_ADM Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Perfil incorrecto

Símbolo	Ax, ly, lz ...	Unidad	Descripción
Solicitación:			
RAT	0.43		solicitación
9 1.4D 1*1.40			Caso de carga más desfavorable - ELU
x = 0.00 L = 0.00 m			Puntos
Otros			
Lambda y	84.22		esbeltez de la barra
Lambda z	146.92		esbeltez de la barra
Desplazamientos (COORDENADAS GLOBALES):			
vx	4.4	cm	desplazamiento de la barra en la dirección X
vx max	4.0	cm	desplazamiento admisible de la barra en la dirección X
16 Espectro_NE Dirección_X			Caso de carga más desfavorable - ELS
No verificado			
vy	0.3	cm	desplazamiento de la barra en la dirección Y
vy max	4.0	cm	desplazamiento admisible de la barra en la dirección Y
17 Espectro_NE Dirección_Y			Caso de carga más desfavorable - ELS
Verificado			

### Resultados: Barra n.º 57

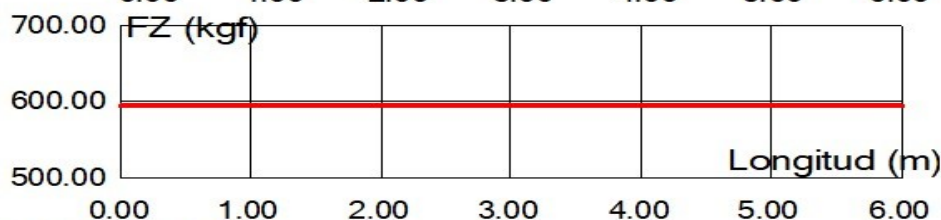
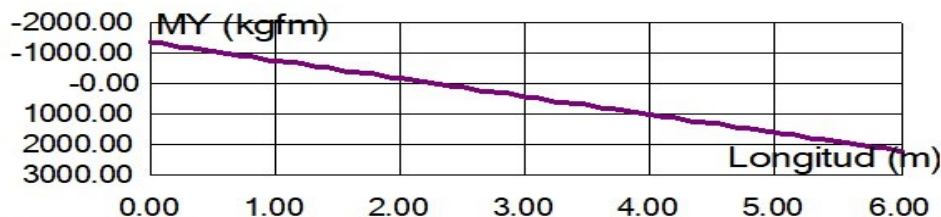
Caso 10 1.2D+1.6L

Desplazamientos [cm]:

70	UX=0,0	UY=0,0	UZ=0,0
71	UX=-0,0	UY=-0,0	UZ=-1,5

Flechas máximas [cm]:

en el punto	UX=0,0	UY=-0,0	UZ=-1,6
	X=0,50	X=0,75	X=0,70



Barra n.º 57 COL\_TUB\_20x10x0.8\_AL Longitud L=6,00 (m) Caso 10 1.2D+1.6L

	Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)
MAX para la barra 57	2447,15	594,30	2220,52
en el punto:	0,0	0,0	6,00
MIN para la barra 57	2358,74	594,30	-1345,26
en el punto:	6,00	0,0	0,0

#### 4.42. ARRIOSTRAMIENTO

##### **Propiedades: Barra n.º 323**

Nudos	X	Y	Z	[m]
300	15,00	0,0	3,00	
76	15,00	5,00	6,00	

Longitud L=5,83 [m]

Tipo de barra: Columna

Sección: COL\_ARR\_\_6\_AL

Material: AL\_6061\_T6\_ADM

Nombre de la barra: Barra\_BJ\_DEFAULT\_NAME\_XXX

Lista de barras componentes: 323

Atributos adicionales:

Ángulo gama=0,0

Relajamientos=ROT-ROT, fffffl fffffl

Características de la sección:

COL\_ARR\_\_6\_AL

HY=6,0, HZ=6,0 [cm]

AX=7,04 [cm<sup>2</sup>]

IX=55,45, IY=27,73, IZ=27,73 [cm<sup>4</sup>]

Características de material:

E=703604,19 (kgf/cm<sup>2</sup>) NI=0,33

Peso específico (densidad)=2702,25 (kgf/m<sup>3</sup>)

G=265126,22 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>) LX=0,00 (1/°C)

**Resultados: Barra n.º 323**

Caso 10 1.2D+1.6L

Desplazamientos [cm]:

300

UX=-0,0

UY=-1,7

UZ=0,0

76

UX=-0,1

UY=-1,4

UZ=-0,0

Flechas máximas [cm]:

UX=0,0

UY=-0,1

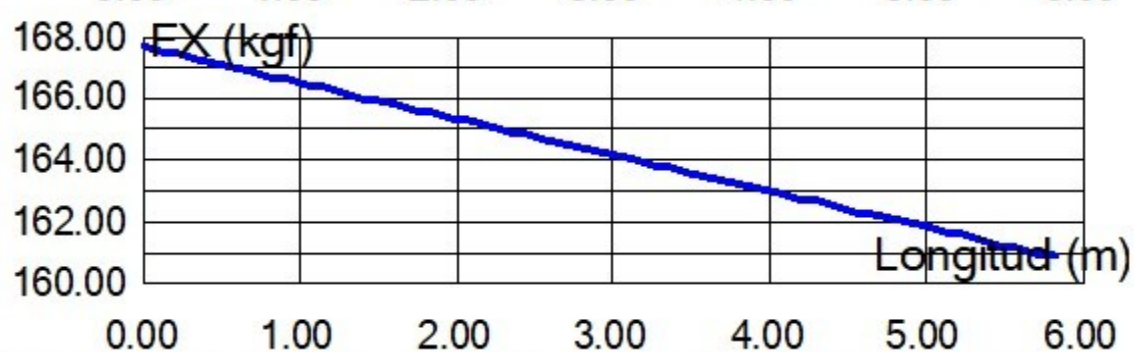
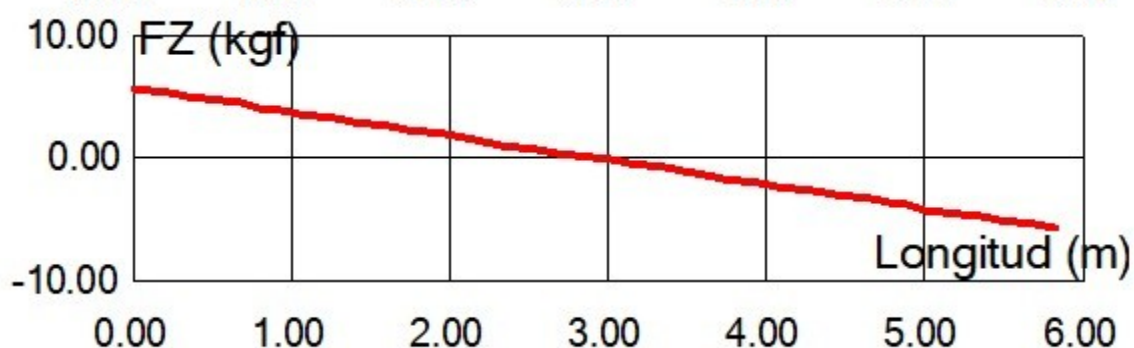
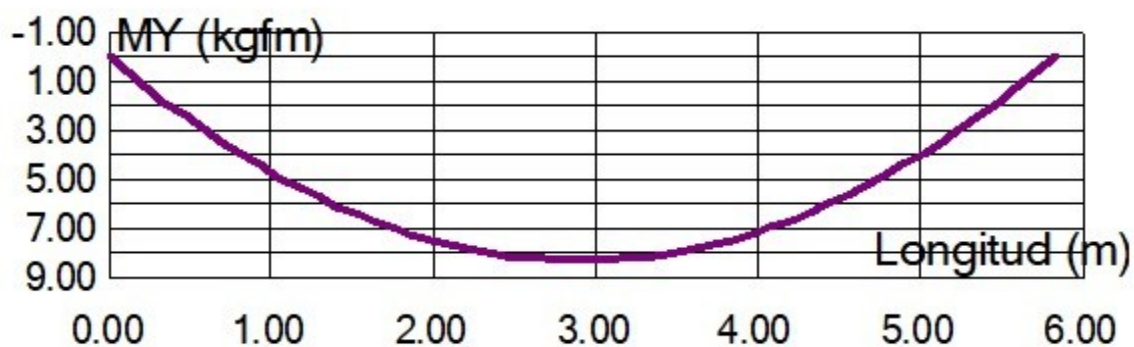
UZ=-1,5

en el punto

X=0,50

X=0,60

X=0,50



Barra n.º 323 COL\_ARR\_6\_AL Longitud L=5,83 (m) Caso 10 1.2D+1.6L

	Fx (kgf)	Fz (kgf)	My (kgf*m)
MAX para la barra 323	167,69	5,70	8,31
en el punto:	0,0	0,0	2,92
MIN para la barra 323	160,84	-5,71	-0,02
en el punto:	5,83	5,83	5,83

Comprobación relamentaria de acuerdo con EN 1993-1:2005/A1:2014

Sección: COL\_ARR\_6\_AL

Tipo de barra: Columna

Material: AL\_6061\_T6\_ADM Re=2447,32 (kgf/cm<sup>2</sup>)

Símbolo	Ax, Iy, Iz ...	Unidad	Descripción
Solicitud:			
RAT	1.60		solicitud
17 Espectro_NE Dirección_Y			Caso de carga más desfavorable - ELU
x = 0.00 L = 0.00 m			Puntos
Otros			
Lambda y	293.76		esbeltez de la barra
Lambda z	293.76		esbeltez de la barra
Desplazamientos (COORDENADAS GLOBALES):			
vx	2.4	cm	desplazamiento de la barra en la dirección X
vx max	3.9	cm	desplazamiento admisible de la barra en la dirección X
16 Espectro_NE Dirección_X			Caso de carga más desfavorable - ELS
Verificado			
vy	0.1	cm	desplazamiento de la barra en la dirección Y
vy max	3.9	cm	desplazamiento admisible de la barra en la dirección Y
17 Espectro_NE Dirección_Y			Caso de carga más desfavorable - ELS
Verificado			

## 4.43. ESFUERZOS EN LOS NUDOS

Barra/Nudo/Caso	FX (kgf)	FY (kgf)	FZ (kgf)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
1/ 1/ 10 (C)	2060,05	1,03	-497,91	-1,39	1122,74	-3,33
1/ 2/ 10 (C)	1781,99	-11,19	-498,27	-3,28	-1889,33	27,76
2/ 3/ 10 (C)	2057,42	0,94	498,10	1,29	-1123,50	-3,39
2/ 4/ 10 (C)	1781,25	-10,77	498,46	3,17	1889,69	26,71
6/ 2/ 10 (C)	537,65	-419,49	1381,83	-0,34	-1774,15	-88,10
6/ 7/ 10 (C)	-4044,62	-4,97	791,79	-2,78	4724,76	-82,54
7/ 4/ 10 (C)	284,29	327,47	1480,88	0,89	-1813,34	87,13
7/ 7/ 10 (C)	-4017,05	153,87	775,09	2,74	4729,12	76,45
48/ 58/ 10 (C)	2194,21	-1,71	-572,48	1,55	1288,54	-4,42
48/ 59/ 10 (C)	2351,82	0,48	-572,04	3,19	-2175,04	-0,34
49/ 60/ 10 (C)	2194,30	-1,78	570,35	-1,55	-1284,64	-4,51
49/ 61/ 10 (C)	2352,39	0,62	569,91	-3,18	2166,07	-0,62
50/ 59/ 10 (C)	566,85	92,23	2092,62	0,35	-2050,24	12,13
50/ 62/ 10 (C)	-3886,26	7,16	683,20	-0,38	4181,58	4,31
51/ 61/ 10 (C)	559,43	-91,68	2092,08	-0,34	-2042,52	-11,95
51/ 62/ 10 (C)	-3826,71	23,95	748,56	0,61	4191,24	-5,69
52/ 63/ 10 (C)	2444,24	-0,65	-592,63	0,50	1340,97	-1,92
52/ 64/ 10 (C)	2355,84	-0,65	-592,63	0,50	-2244,30	2,33
53/ 65/ 10 (C)	2443,10	-0,65	592,27	-0,48	-1340,59	-1,90
53/ 66/ 10 (C)	2354,69	-0,65	592,27	-0,48	2242,62	2,34
54/ 64/ 10 (C)	786,06	-9,40	1954,70	-0,02	-2093,82	-5,81
54/ 67/ 10 (C)	-4632,38	10,85	875,62	0,06	4535,78	-6,50
55/ 66/ 10 (C)	785,84	12,54	1952,55	0,02	-2092,25	6,21
55/ 67/ 10 (C)	-4622,86	24,17	907,13	0,33	4537,29	5,22
56/ 68/ 10 (C)	2447,34	0,62	-594,34	-0,36	1345,06	1,81
56/ 69/ 10 (C)	2358,93	0,62	-594,34	-0,36	-2250,63	-2,21
57/ 70/ 10 (C)	2447,15	0,66	594,30	0,32	-1345,26	1,92
57/ 71/ 10 (C)	2358,74	0,66	594,30	0,32	2250,25	-2,37
58/ 69/ 10 (C)	791,23	14,49	1959,67	0,03	-2099,46	6,23
58/ 72/ 10 (C)	-4702,37	10,54	888,39	0,10	4562,97	-2,56
59/ 71/ 10 (C)	789,85	-14,79	1956,69	-0,03	-2099,23	-6,61
59/ 72/ 10 (C)	-4690,62	15,55	921,24	0,20	4564,83	1,72
60/ 73/ 10 (C)	2177,33	1,89	-574,11	-1,65	1293,58	4,62
60/ 74/ 10 (C)	2335,28	-0,92	-573,66	-3,31	-2179,57	1,31
61/ 75/ 10 (C)	2177,28	1,82	576,18	1,40	-1297,87	4,57
61/ 76/ 10 (C)	2336,70	-0,68	575,72	3,05	2187,77	0,75
62/ 74/ 10 (C)	775,65	-162,21	1992,47	-0,15	-2024,50	-12,95
62/ 77/ 10 (C)	-4032,14	235,81	821,63	-0,47	4002,76	-15,07
63/ 76/ 10 (C)	620,14	89,88	2054,84	0,32	-2057,46	10,19

Barra/Nudo/Caso	FX (kgf)	FY (kgf)	FZ (kgf)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
63/ 77/ 10 (C)	-4036,21	251,63	726,92	-0,20	4002,05	-0,68
64/ 78/ 10 (C)	2066,09	-0,86	-505,57	1,45	1140,97	3,45
64/ 79/ 10 (C)	1790,54	10,48	-505,93	3,34	-1917,55	-26,01
65/ 80/ 10 (C)	2068,95	-0,87	505,84	-1,49	-1141,70	3,49
65/ 81/ 10 (C)	1791,35	10,58	506,20	-3,39	1918,52	-26,26
66/ 79/ 10 (C)	262,56	307,31	1477,92	0,94	-1842,31	93,09
66/ 82/ 10 (C)	-4130,37	71,94	808,01	0,42	4745,67	72,68
67/ 81/ 10 (C)	267,77	-303,92	1475,62	-0,93	-1842,62	-92,15
67/ 82/ 10 (C)	-4148,12	-79,35	808,24	-0,52	4742,85	-72,35
68/ 81/ 10 (C)	-323,11	252,72	247,54	-0,01	-32,27	92,96
68/ 76/ 10 (C)	-552,92	-119,79	-191,68	-0,01	-74,18	42,72
69/ 76/ 10 (C)	-194,40	90,14	149,78	-0,04	-47,08	36,23
69/ 71/ 10 (C)	-589,29	-100,28	-134,97	-0,02	-38,19	40,14
70/ 71/ 10 (C)	-606,57	122,04	156,39	0,00	-41,34	47,28
70/ 66/ 10 (C)	-598,82	-119,09	-156,62	-0,02	-41,51	47,13
71/ 66/ 10 (C)	-587,17	103,20	135,36	0,01	-38,68	40,12
71/ 61/ 10 (C)	-147,80	-98,01	-140,59	-0,00	-43,93	39,30
72/ 61/ 10 (C)	-538,08	137,92	195,71	0,01	-74,40	47,34
72/ 4/ 10 (C)	-323,54	-233,80	-227,75	-0,01	-28,07	89,02
73/ 79/ 10 (C)	-329,56	-254,40	246,93	0,01	-32,35	-94,04
73/ 74/ 10 (C)	-509,67	125,14	-163,74	0,04	-60,90	-48,57
74/ 74/ 10 (C)	-219,18	-93,72	148,52	-0,02	-51,70	-36,76
74/ 69/ 10 (C)	-585,64	100,20	-134,36	0,02	-38,17	-40,33
75/ 69/ 10 (C)	-602,36	-121,51	154,09	-0,01	-41,09	-47,15
75/ 64/ 10 (C)	-592,14	118,93	-156,56	0,02	-41,48	-47,08
76/ 64/ 10 (C)	-582,70	-104,12	134,49	-0,01	-38,48	-40,58
76/ 59/ 10 (C)	-140,07	98,16	-142,06	-0,00	-44,04	-39,28
77/ 59/ 10 (C)	-525,44	-137,17	192,91	-0,02	-73,62	-47,51
77/ 2/ 10 (C)	-212,43	236,17	-186,92	-0,01	-2,28	-93,58
244/ 86/ 10 (C)	310,01	-11,27	-111,49	0,02	58,00	-5,21
244/ 228/ 10 (C)	35,45	9,41	145,66	-0,01	111,25	-4,56
245/ 228/ 10 (C)	129,31	-57,44	-170,75	0,01	114,12	-15,35
245/ 229/ 10 (C)	452,33	11,52	121,83	0,00	94,46	-4,98
246/ 229/ 10 (C)	386,70	-63,35	-156,62	0,02	92,21	-17,10
246/ 230/ 10 (C)	422,46	6,85	134,97	-0,00	104,59	-3,10
247/ 230/ 10 (C)	350,45	-66,52	-152,72	0,02	90,10	-18,28
247/ 231/ 10 (C)	194,53	9,10	143,99	0,01	121,54	-4,73
248/ 231/ 10 (C)	20,51	-8,96	-131,52	0,01	98,16	-4,94
248/ 232/ 10 (C)	287,93	11,97	112,40	-0,02	59,46	-5,70

Barra/Nudo/Caso	FX (kgf)	FY (kgf)	FZ (kgf)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
250/ 234/ 10 (C)	43,07	-2,49	190,84	-0,01	161,88	0,91
251/ 234/ 10 (C)	55,59	7,59	-195,64	-0,00	153,37	3,52
251/ 235/ 10 (C)	103,23	-6,47	190,00	-0,01	158,51	2,73
252/ 235/ 10 (C)	38,65	5,55	-189,78	-0,00	156,87	2,34
252/ 236/ 10 (C)	68,89	-7,70	194,47	-0,00	188,48	3,89
253/ 236/ 10 (C)	-308,00	-0,57	-217,46	0,01	165,35	-0,88
253/ 237/ 10 (C)	319,52	1,62	147,48	-0,02	38,79	-1,79
254/ 84/ 10 (C)	133,53	7,17	-136,54	0,00	11,17	3,05
254/ 238/ 10 (C)	-247,83	-6,46	222,43	-0,01	182,36	3,22
255/ 238/ 10 (C)	-8,94	13,40	-184,93	-0,00	198,14	6,43
255/ 239/ 10 (C)	-28,43	-9,12	170,62	0,00	155,98	4,34
256/ 239/ 10 (C)	-20,35	12,50	-177,06	-0,00	159,34	5,99
256/ 240/ 10 (C)	-17,06	-11,05	180,34	0,00	160,06	5,29
257/ 240/ 10 (C)	-38,48	11,05	-169,15	0,00	158,38	5,21
257/ 241/ 10 (C)	-13,74	-12,28	189,17	0,00	199,01	5,99
258/ 241/ 10 (C)	-250,99	5,64	-222,11	0,01	181,07	2,89
258/ 242/ 10 (C)	124,83	-6,28	134,04	-0,00	4,27	2,53
259/ 83/ 10 (C)	54,96	17,90	-131,78	-0,03	34,61	10,06
259/ 243/ 10 (C)	-337,15	-11,67	219,87	0,00	192,58	5,54
260/ 243/ 10 (C)	-331,07	16,34	-191,61	0,01	192,50	7,46
260/ 244/ 10 (C)	-299,50	-13,66	178,28	-0,01	163,39	6,44
261/ 244/ 10 (C)	-287,30	16,18	-182,26	0,00	165,61	7,66
261/ 245/ 10 (C)	-292,98	-15,80	183,28	0,00	166,58	7,65
262/ 245/ 10 (C)	-294,83	14,20	-179,34	0,01	165,14	6,53
262/ 246/ 10 (C)	-330,01	-16,10	189,42	-0,01	190,17	7,66
263/ 246/ 10 (C)	-329,19	11,16	-218,14	-0,00	190,96	5,39
263/ 247/ 10 (C)	73,74	-20,56	136,39	0,04	37,46	11,47
264/ 90/ 10 (C)	291,84	-10,69	113,71	-0,02	-58,61	-5,21
264/ 248/ 10 (C)	118,61	8,57	-125,21	0,02	-96,46	-4,62
265/ 248/ 10 (C)	251,44	-8,57	142,90	0,01	-119,31	-4,54
265/ 249/ 10 (C)	415,98	9,51	-127,22	-0,00	-92,51	-4,96
266/ 249/ 10 (C)	435,86	-9,00	131,86	-0,00	-94,43	-4,92
266/ 250/ 10 (C)	440,08	9,24	-131,36	0,00	-93,61	-4,92
267/ 250/ 10 (C)	419,29	-9,43	125,79	0,00	-90,19	-5,07
267/ 251/ 10 (C)	208,86	11,05	-150,62	-0,01	-129,26	-5,65
268/ 251/ 10 (C)	-7,63	-12,63	142,67	-0,01	-111,11	-6,50
268/ 252/ 10 (C)	319,19	11,69	-105,48	0,02	-51,19	-5,42
269/ 89/ 10 (C)	439,58	5,59	143,17	-0,02	-40,09	2,05
269/ 253/ 10 (C)	-299,03	0,80	-216,63	0,01	-168,35	-1,04

Nudo/Caso	FX (kgf)	FY (kgf)	FZ (kgf)	MX (kgfm)	MY (kgfm)	MZ (kgfm)
1/ 10 (C)	497,21	-214,00	2195,72	3,33	1124,14	-2,23
3/ 10 (C)	-497,40	-214,38	2193,26	3,39	-1124,91	2,13
58/ 10 (C)	572,92	-154,78	2109,03	4,42	1289,77	2,29
60/ 10 (C)	-570,78	-153,02	2110,22	4,51	-1285,87	-2,29
63/ 10 (C)	592,63	-0,65	2444,24	1,92	1340,97	0,50
65/ 10 (C)	-592,27	-0,65	2443,10	1,90	-1340,59	-0,48
68/ 10 (C)	594,34	0,62	2447,34	-1,81	1345,06	-0,36
70/ 10 (C)	-594,30	0,66	2447,15	-1,92	-1345,26	0,32
73/ 10 (C)	574,55	152,44	2093,66	-4,62	1294,83	-2,40
75/ 10 (C)	-576,62	154,12	2092,56	-4,57	-1299,12	2,15
78/ 10 (C)	504,86	214,14	2201,74	-3,45	1142,38	2,30
80/ 10 (C)	-505,12	215,51	2205,43	-3,49	-1143,12	-2,34
Caso 10 (C)	1.2D+1.6L					
Suma final	0,00	-0,00	26983,45	-0,41	-1,72	-0,42
Suma de reaccion	0,00	-0,00	26983,45	337295,20	-202377,44	-0,19
Suma de esfuerzos	-0,00	-0,00	-26983,45	-337295,21	202377,45	0,19
Verificación	0,00	-0,00	-0,00	-0,01	0,01	-0,00
Precisión:	2,46991e-08	1,07107e-15				

Tipo de análisis

Tipos de análisis Estructura - modelo Cargas - conversión Combinación - signo Re: ◀ ▶

Parámetros de la conversión

Convertir casos  ... Dir. de la masa X  Y  Z

Dirección de la conversión Z - Adjuntar la masa Masa global

Coeficiente 1

Agregar Modificar

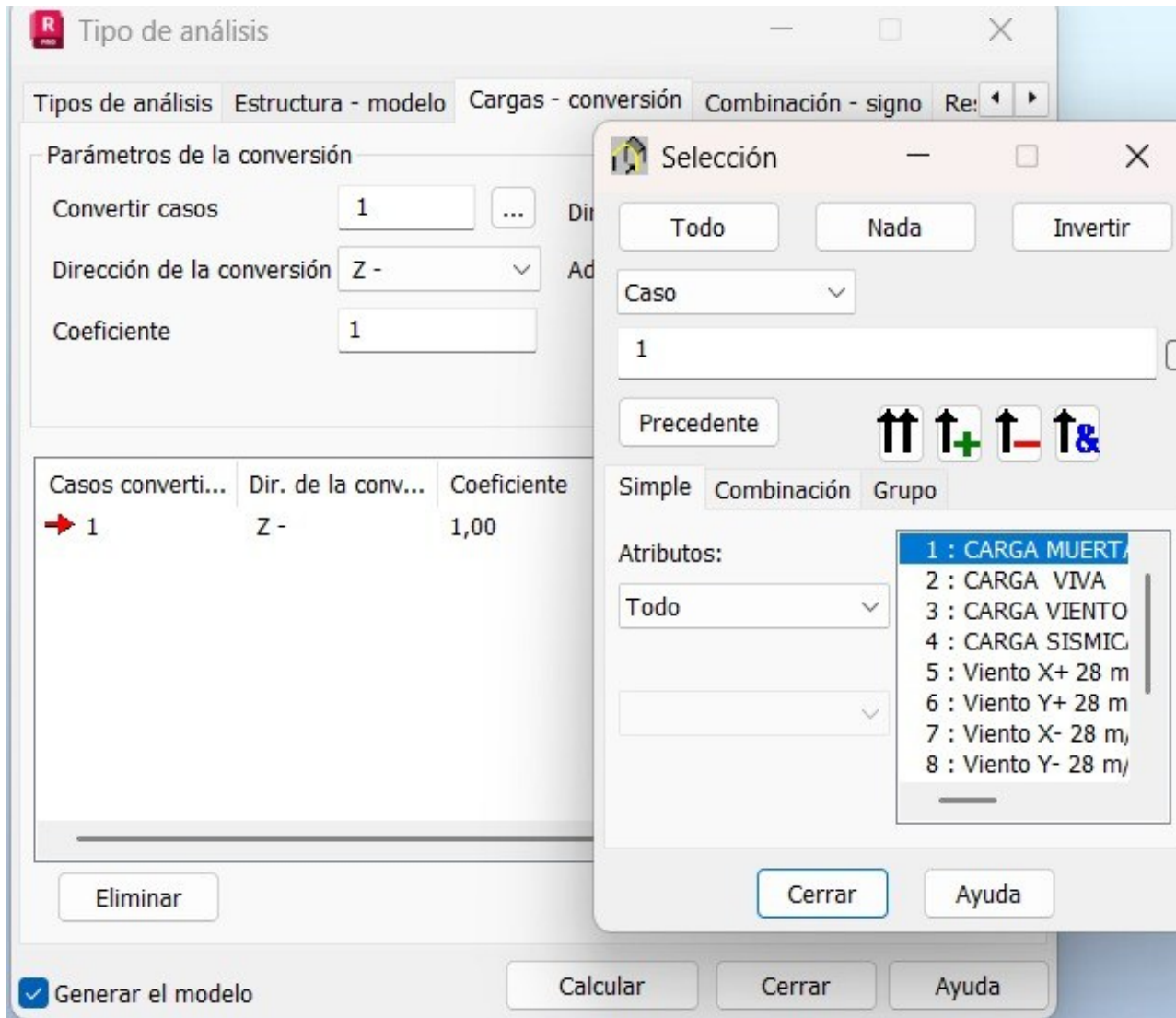
Casos converti...	Dir. de la conv...	Coeficiente	Dirección	Caso n.º
-------------------	--------------------	-------------	-----------	----------

Eliminar

Generar el modelo Calcular Cerrar Ayuda

Nota 39. Elaborado por los autores

Para la conversión de cargas superficiales a cargas lineales se adoptó un coeficiente unitario, considerando la transmisión total de las cargas muertas y vivas hacia los elementos estructurales.



Nota 40. Elaborado por los autores

**Tipo de análisis**

Tipos de análisis | Estructura - modelo | Cargas - conversión | Combinación - signo | Re: ◀ ▶

Parámetros de la conversión

Convertir casos:  ...

Dir. de la masa: X  Y  Z

Dirección de la conversión:  ▾

Adjuntar la masa:  ▾

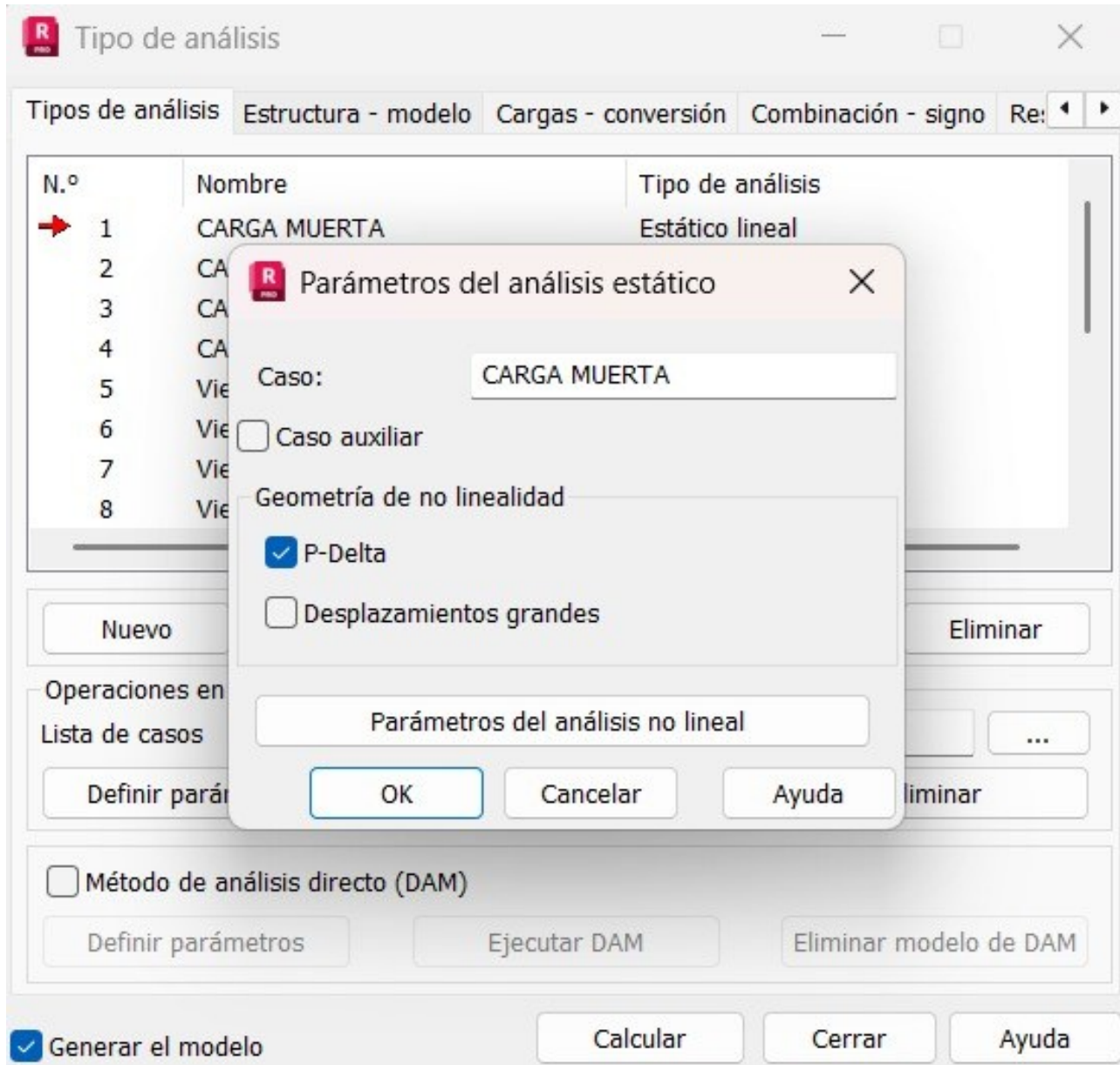
Coeficiente:

Casos converti...	Dir. de la conv...	Coeficiente	Dirección	Caso n.º
➔ 1	Z -	1,00	XYZ	Masa global
2	Z -	1,00	XYZ	Masa global

Generar el modelo

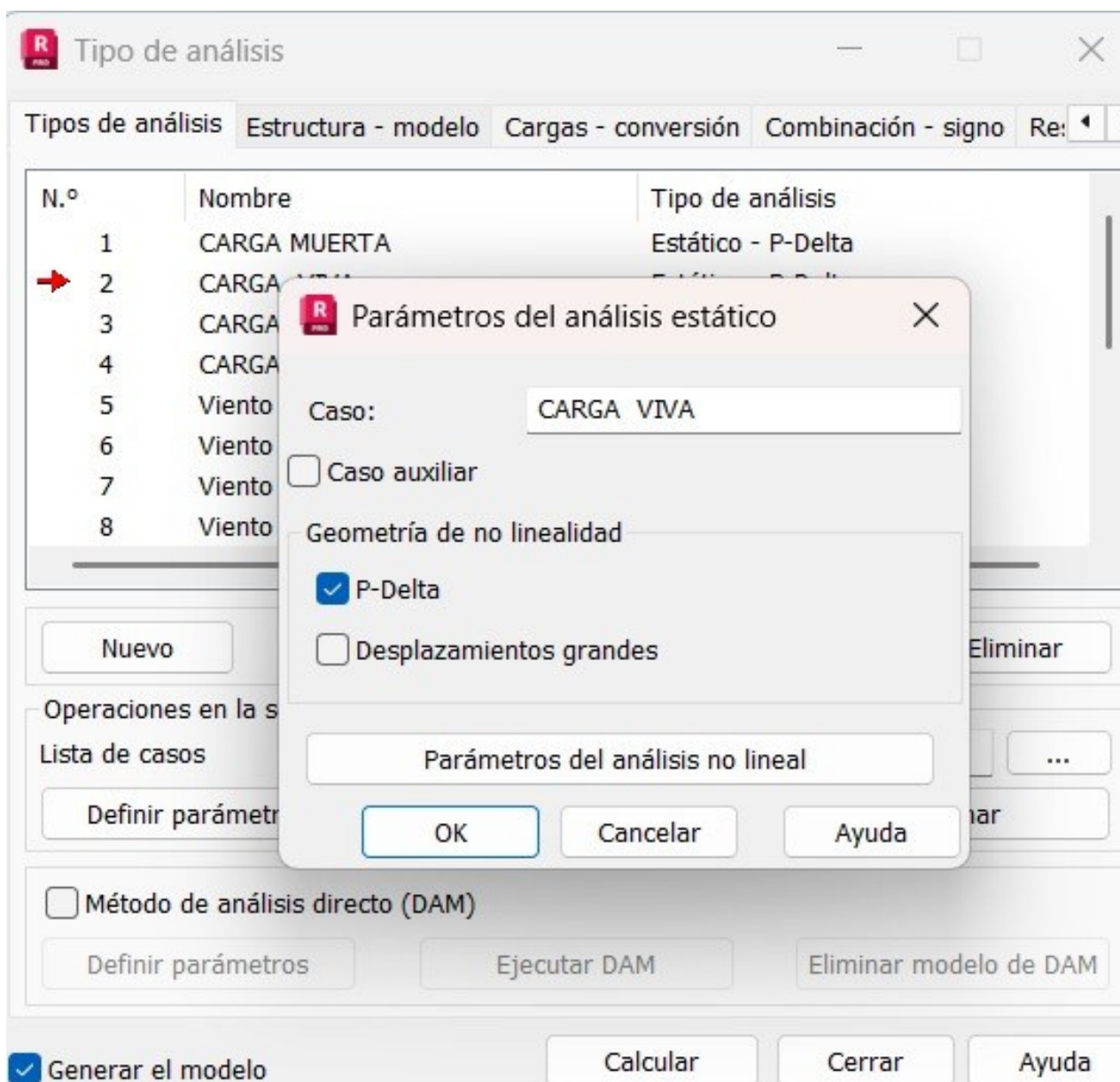
Nota 41. Elaborado por los autores

#### 4.44. PARÁMETRO DEL ANÁLISIS CARGA (D)



Nota 42. Elaborado por los autores

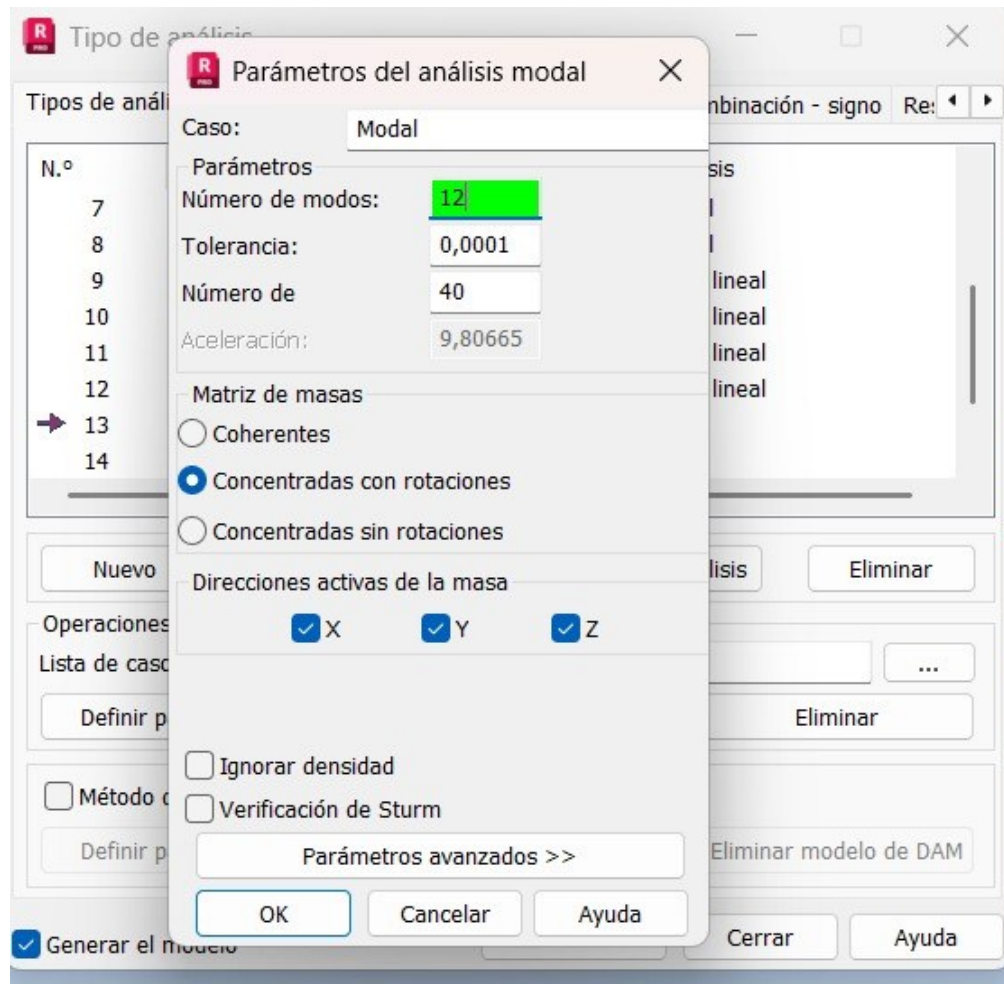
#### 4.45. PARÁMETRO DEL ANÁLISIS CARGA (L)



Nota 43. Elaborado por los autores

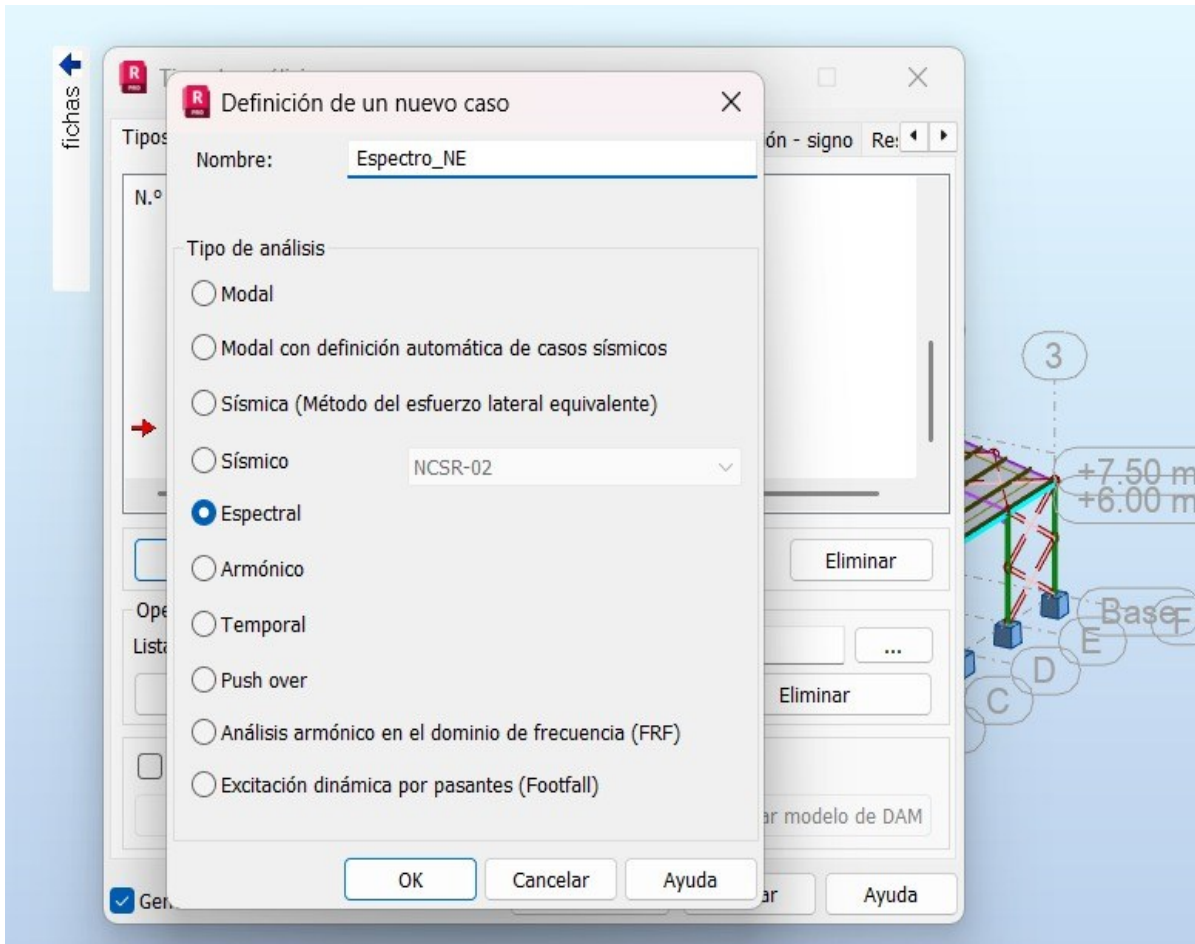
#### 4.46. PARÁMETRO DEL ANÁLISIS MODAL

El análisis modal se realizó considerando doce modos de vibración, cantidad suficiente para alcanzar una participación de masa superior al 90% en las direcciones principales de análisis.



Nota 44. Elaborado por los autores

#### 4.47. ANÁLISIS ESPECTRAL – NE



Nota 45. Elaborado por los autores

#### 4.48. DEFINICIÓN DEL ASPECTRO

Definición del espectro

Espectro Puntos Interpolación de espectros

Definición de los puntos

Espectro: Espectro\_CCS

X = 0 Y = 0

Sa(T) <-- F(t)

Agregar

Eliminar

Modificar

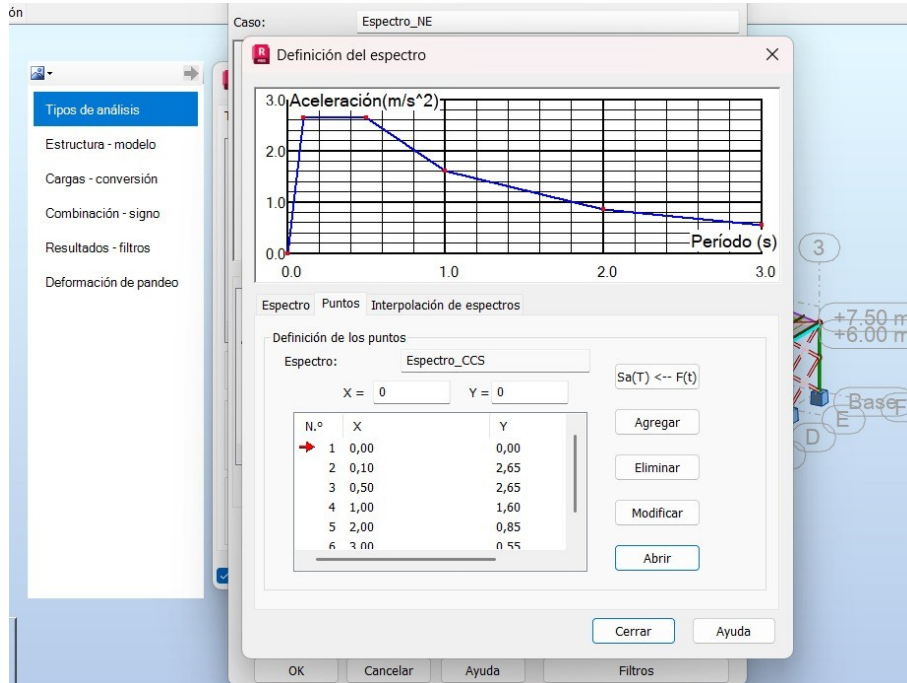
Abrir

N.º	X	Y

Cerrar Ayuda

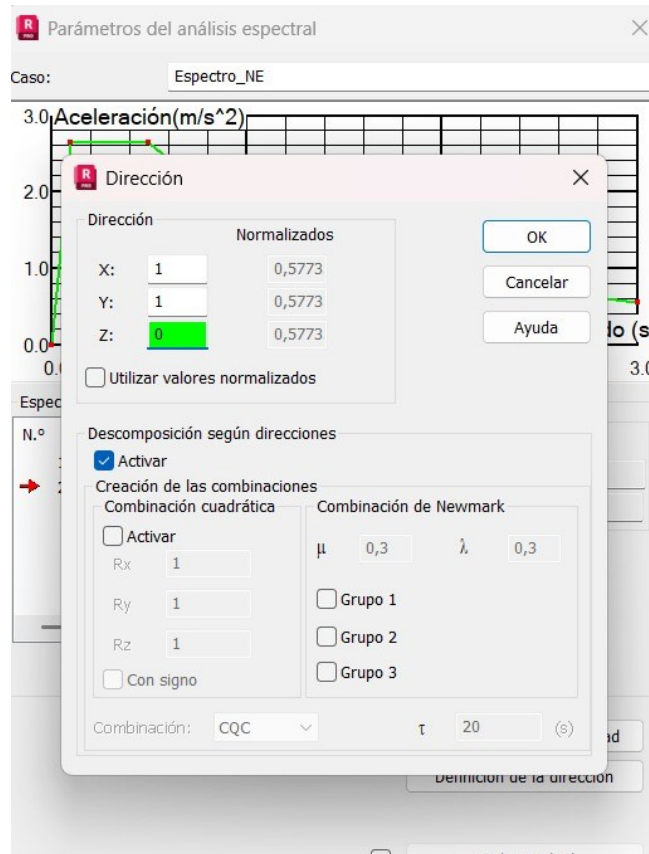
Nota 46. Elaborado por los autores

El análisis sísmico se realizó mediante un análisis modal espectral empleando un espectro de aceleración intermedio, adecuado para estructuras livianas de aluminio, el cual representa de forma equilibrada la demanda sísmica esperada.



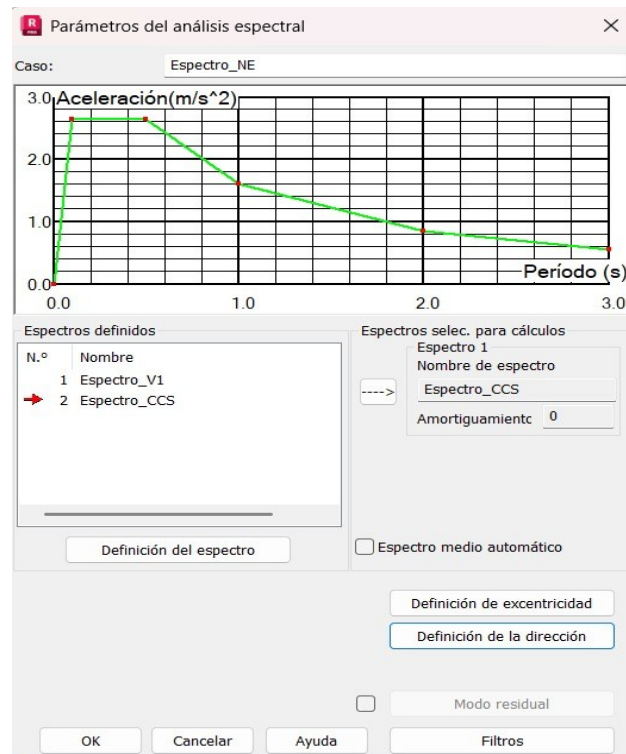
Nota 47. Elaborado por los autores

#### 4.49. DIRECCIONES



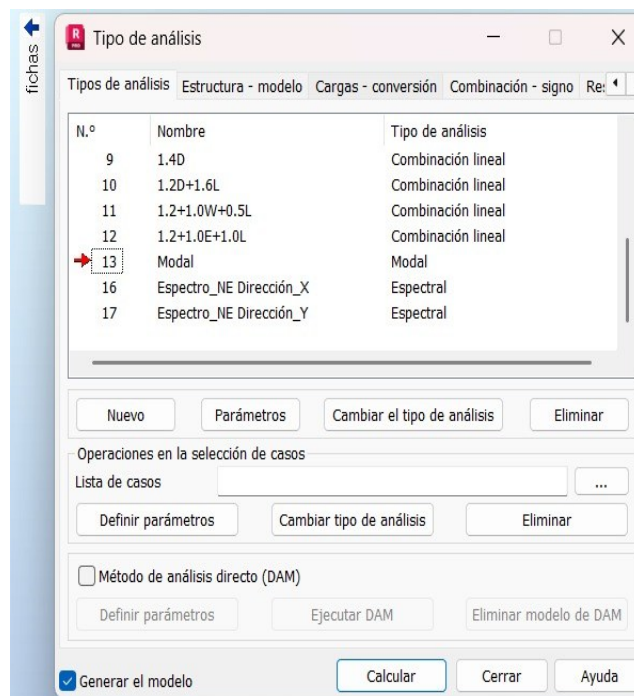
Nota 48. Elaborado por los autores

#### 4.50. ANÁLISIS ESPECTRAL – NE



Nota 49. Elaborado por los autores

#### 4.51. TIPOS DE ANALISIS



Nota 50. Elaborado por los autores

## 5. CAPITULO V

### 5.1. CRONOGRAMA

N°	DETALLE DE ACTIVIDADES	TIEMPO (SEMANAS)											
		OCTUBRE		NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO	
		Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2
1	Planteamiento del tema de investigación	■											
2	Identificación del problema y justificación	■	■										
3	Determinación de los objetivos		■										
4	Límites y alcance del estudio			■									
5	Análisis de fuentes bibliográficas			■	■	■							
6	Formulación del marco teórico referencial			■	■								
7	Planificación de la metodología			■	■								
8	Inspección del sitio de trabajo y medición de la cancha				■								
9	Estudios de suelos					■							
10	Diseño estructural del galpón					■							
11	Modelado estructural en Robot Structural						■	■					
12	Cálculo y verificación de la cimentación							■	■				
13	Diseño de elementos complementarios y detalles estructurales del galpón								■	■			
14	Entrega de planos estructurales finales									■			
15	Presentación de los resultados obtenidos										■		
16	Conclusiones y recomendaciones							■		■	■		
17	Entregas al tutor para su revisión y corrección		■	■	■	■	■	■	■	■	■		
18	Entrega del documento final									■	■	■	
19	Sustentación de la tesis												■

Nota 51. Elaborado por los autores

## 6. CAPITULO VI

### 6.1. PRESUPUESTO

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO  
 Detalle: Rubro ejecutado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

Unidad: m2  
 Rendimiento H/U 0,0500

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Herramienta menor (5% MO)					0,03000
Retroexcavadora	1,00	30,00	30,00	0,05	1,50000
Subtotal M					1,53000
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	
Peón	1	4,14	4,14	0,05	0,21000
Maestro de obra	1	4,65	4,65	0,05	0,23000
OPERADOR Retroexcavadora	1	4,65	4,65	0,05	0,23000
Subtotal N					0,67000
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal O					0,00000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal P					0,00000
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2,20000
INDIRECTOS					20,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,64000
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>2,64</b>

Campoverde Lizzette, Pucuna Cynthia  
**CONTRATISTA**

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: DESALOJO DE MATERIAL DE TERRENO  
 Detalle: Rubro ejecutado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

Unidad: m3  
 Rendimiento H/U 0,0500

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Herramienta menor (5% MO)					0,03000
Volqueta 12 m3	1,00	25,00	25,00	0,05	1,25000
Retroexcavadora	1,00	30,00	30,00	0,05	1,50000
Subtotal M					2,78000
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	
OPERADOR Retroexcavadora	1	4,65	4,65	0,05	0,23000
Chofer de volqueta	1	6,08	6,08	0,05	0,30000
Peón	1	4,14	4,14	0,05	0,21000
Maestro de obra	1	4,65	4,65	0,05	0,23000
Subtotal N					0,97000
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal O					0,00000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal P					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3,75000
INDIRECTOS				20,00%	0,75000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4,50000
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>4,50</b>

Campoverde Lizzette, Pucuna Cynthia  
**CONTRATISTA**

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: REPLANTEO Y NIVELACION

Unidad: m2

Detalle: Rubro ejecutado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

Rendimiento H/U 0,0300

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Herramienta menor (5% MO)					0,03000
Estación Total	1,00	10,00	10,00	0,03	0,30000
Subtotal M					0,33000
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	
TOPOGRAFO 1: experiencia de hasta 5 años (Estr. Oc. C2)	1	4,65	4,65	0,03	0,14000
Maestro de obra	1	4,65	4,65	0,03	0,14000
Cadenero	1	4,19	4,19	0,03	0,13000
Subtotal N					0,41000
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Estacas-varios	Glob.	1,00	0,22	0,22000	
Subtotal O					0,22000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal P					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,96000
INDIRECTOS				20,00%	0,19200
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,15200
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>1,15</b>

Campoverde Lizzette, Pucuna Cynthia  
**CONTRATISTA**

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE  
 Detalle: Rubro ejecutado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

Unidad: U  
 Rendimiento H/U 0,2500

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% MO)					0,05000
Subtotal M					0,05000
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	
Peón	1	4,14	4,14	0,25	1,04000
Maestro soldador especializado	1	4,65	4,65	0,25	1,16000
Subtotal N					2,20000
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Pernos de anclaje 1/2 pulg	u	1,00	2,50	2,50000	
Subtotal O					2,50000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					4,75000
INDIRECTOS					20,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5,70000
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>5,70</b>

Campoverde Lizzette, Pucuna Cynthia  
**CONTRATISTA**

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PLACA BASE DE ALUMINIO  
 Detalle: Rubro ejecutado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

Unidad: U  
 Rendimiento H/U 0,0250

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% MO)					0,05000
Subtotal M					0,05000
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	
Peón	1	4,14	4,14	0,03	0,10000
Maestro soldador especializado	1	4,65	4,65	0,03	0,12000
Subtotal N					0,22000
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Placa base de aluminio	u	1,00	4,50	4,50000	
Subtotal O					4,50000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					4,77000
INDIRECTOS				20,00%	0,95400
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5,72400
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>5,72</b>

Campoverde Lizzette, Pucuna Cynthia  
**CONTRATISTA**

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: ARRIOSTRAMIENTO METÁLICO PROVISIONAL  
 Detalle: Rubro ejecutado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

Unidad: kg  
 Rendimiento H/U 0,0200

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Herramienta menor (5% MO)					0,05700
Soldadora	1,00	3,00	3,00	0,02	0,06000
Subtotal M					0,11700
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	
Peón	1	4,14	4,14	0,02	0,08000
Maestro soldador especializado	1	4,65	4,65	0,02	0,09000
Ayudante de fierro	1	4,14	4,14	0,02	0,08000
Subtotal N					0,25000
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Perfil metálico	m	1,00	12	12,00000	
Placas metálicas de anclaje	u	0,20	8,00	1,60000	
Pernos, tuercas y arandelas	u	0,50	2,50	1,25000	
Subtotal O					14,85000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal P					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					15,21700
INDIRECTOS				20,00%	3,04340
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18,26040
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>18,26</b>

Campoverde Lizzette, Pucuna Cynthia  
 CONTRATISTA

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: COLOCACIÓN DE CORREAS  
 Detalle: Rubro ejecutado conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

Unidad: kg  
 Rendimiento H/U 0,0200

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	<b>D = C x R</b>
Herramienta menor (5% MO)					0,05700
Soldadora	1,00	3,00	3,00	0,02	0,06000
Subtotal M					0,11700
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	<b>R</b>	
Peón	1	4,14	4,14	0,02	0,08000
Maestro soldador especializado	1	4,65	4,65	0,02	0,09000
Subtotal N					0,17000
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Correas de aluminio	m	1,00	4,2	4,20000	
Pernos	u	1,00	0,1	0,10000	
Subtotal O					4,30000
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A x B</b>	
Subtotal P					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					4,58700
INDIRECTOS				20,00%	0,91740
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5,50440
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>5,50</b>

Campoverde Lizzette, Pucuna Cynthia  
**CONTRATISTA**

## 7. CAPITULO VII

### 7.1. CONCLUSIÓN

El desarrollo del presente trabajo permitió realizar el análisis y diseño estructural de un galpón de aluminio ubicado en la parroquia Data de Posorja, considerando las condiciones propias del entorno costero y los criterios establecidos en la normativa vigente. A partir del estudio realizado, se evidenció la importancia de aplicar metodologías de diseño específicas para el aluminio estructural, debido que propiedades mecánicas difieren de las del acero, especialmente en lo relacionado con el módulo de elasticidad, el comportamiento frente deformaciones y los modos de falla asociados pandeo local y global.

La aplicación del Aluminun Desing Manual (ADM-2020), en conjunto con la Norma Ecuatoriana de la construcción y la ASCE/SEI7, permitió establecer criterios adecuados para la determinación de cargas, combinaciones de cargas y factores de diseño, garantizando que los elementos estructurales cumplan con los estados límite de resistencia y servicio. Este enfoque normativo resultó fundamentalmente para asegurar la confiabilidad del diseño y evitar la adopción de criterios inadecuados provenientes de otros materiales estructurales.

El modelado estructural del galpón mediante el software Autodesk Robot Structural Analysis facilitó la evaluación del comportamiento global de la estructura frente a cargas gravitacionales, acciones sísmicas y efectos del viento.

A través del análisis se obtuvo información detallada sobre esfuerzos internos, desplazamientos y deformaciones, lo que permitió verificar que los valores obtenidos se mantienen dentro de los límites admisibles establecidos por la normativa, confirmando la

estabilidad y el adecuado desempeño del sistema estructural propuesto.

El análisis de los elementos principales, tales como columnas, vigas, correas y sistemas de arriostramientos, evidenció que las secciones de aluminio seleccionadas presentan una capacidad resistente suficiente frente a las solicitaciones actuantes. Asimismo, la correcta disposición de los sistemas de arriostramientos contribuyó de manera significativa al control de desplazamiento laterales y a la mejora del comportamiento global de la estructura, especialmente frente a acciones horizontales.

Desde el punto de vista estructural y constructivo, el uso del aluminio permitió reducir el peso propio del galpón, lo que se traduce en menores demandas sobre la estructura y la cimentación. Adicionalmente, su resistencia a la corrosión representa una ventaja relevante para edificaciones ubicadas en zonas costeras, ya que contribuye a una mayor durabilidad y a la reducción de intervenciones de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura.

El análisis estructural permitió verificar que el sistema propuesto cumple con los requisitos de resistencia estabilidad y servicio establecidos por la normativa vigente, manteniendo esfuerzos y desplazamientos dentro de los límites admisibles.

Esto confirma que el diseño del galpón de aluminio responde adecuadamente a las condiciones del sitio y a los objetivos planteados.

## 8. CAPITULO VIII

### 8.1. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda que para futuros proyectos de galpones de aluminio se realice un estudio geotécnico detallado del terreno, con el fin de definir mayor precisión los parámetros del suelo permite optimizar el diseño de la cimentación y mejorar el comportamiento global de la estructura frente a acciones sísmicas.

Se recomienda que el diseño de estructuras de aluminio se realice siempre considerando normativas específicas como el Aluminum Desing Manual, evitando la aplicación directa de criterios propios del acero estructural. Esto resulta fundamental para controlar adecuadamente aspectos como deformaciones, esbeltez de los elementos y modos de falla asociados al pandeo, garantizando así un diseño estructural seguro y eficiente.

En proyectos ubicados en zonas costeras, se aconseja priorizar el uso de conexiones atornilladas frente a las soldadas, debido a que estas facilitan el montaje, el mantenimiento y reducen la afectación térmica del material.

Asimismo, se recomienda considerar sistemas de protección adicionales para elementos expuestos, con el objetivo de prolongar la vida útil de la estructura y minimizar los efectos del ambiente marino.

Para el análisis estructural, se sugiere el uso de software especializado como Robot Structural Analysis, complementando los resultados obtenidos con verificaciones manuales de los elementos estructurales más críticos. Esta práctica permite validar los resultados numéricos y mejorar la comprensión del comportamiento estructural del sistema.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en el análisis

comparativo entre galpones de aluminio y otros sistemas estructurales, considerando aspectos estructurales, constructivos y de mantenimiento. Este tipo de estudios permitirá ampliar el conocimiento sobre el uso del aluminio estructural y fomentar su aplicación en proyectos de ingeniería civil, especialmente en edificaciones de gran luz ubicadas en entornos costeros

## 9. CAPITULO IX

### 9.1. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. A., & Núñez, J. F. (2023). *Diseño Sismorresistente de Galpón para almacenamiento de productos industriales*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- AISC. (2016). *AISC 360-16: Specification for Structural Steel Buildings*. AISC.
- American Society of Civil Engineers. (2016). *ASCE/SEI 7-16: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. ASCE.
- Beer, Johnston, & DeWolf. (2015). *Mecánica de materiales*. McGraw-HILL.
- Caiza, P. (2023). *MANUAL PARA EL USO DE SAP2000 V8.25 EN EL ANÁLISIS SÍSMICO DE*.
- Calavera. (2008). *Aceros estructurales: Bases de diseño y cálculo*. Intemac .
- Callister, & Rethwisch. (2019). *Ciencia e Ingeniería de Materiales*. Wiley.
- Chopra, A. K. (2014). *Dynamics of Structures: Theory and Applications To Earthquake Engineering (4eth ed)*. Pearson.
- Davis, J. R. (1999). *Welding of Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International.
- Duarte, M. d. (2016). *Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*.
- EN 1999-1-1. (2007). *Eurocódigo 9: Proyecto de estructuras de aluminio. Parte 1-1: Reglas generales de diseño estructural*. Comité Europeo de Normalización (CEN).
- Fuentes, L. (2018). *Análisis y Diseño de un Galpón Metálico en el Programa SAP 2000, bajo las Normas del AISC-360 y la NEC-15, ubicado en el KM 1 1/2 Vía Durán Jujan, en el Cantón Durán, de la Provincia del Guayas*.
- GAD Parroquial Data de Posorja. (2016). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Data de Posorja*.

- Gere, & Goodno. (2012). *Mecánica de Materiales (8va ed)*. Cengage Learning.
- Hibbeler, R. C. (2016). *Análisis estructural* . Pearson Educación.
- Kassimali, A. (2012). *Análisis estructural*. Cengage Learning.
- latincampus. (s.f.). *Vigas y cables*. Obtenido de  
[http://www.latincampus.net/eContent/SCOs/USO\\_03\\_ELE\\_ES\\_01/030006/1\\_paginas/06.html](http://www.latincampus.net/eContent/SCOs/USO_03_ELE_ES_01/030006/1_paginas/06.html).
- MBMA. (2012). *Metal Building Systems Manual*. Metal Building Manufacturers Association.
- McCormac,J., & Nelson,J.K. (2015). *Structural steel design (5th ed.)*Structural steel design (5th ed.).
- McGuire, Gallagher & Ziemian. (2017). *Matrix Structural Analysis*. Wiley.
- Megson, T. H. (2019). *Structural and Stress Analysis*. . Butterworth-Heinemann.
- MIDUVI. (2015). *NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Mott, R. L. (2014). *Resistencia de Materiales*. Pearson Educación.
- Mundial, B. (30 de 06 de 2020). *Guayas*. Obtenido de thinkhazard:  
<https://int.thinkhazard.org/es/report/22005-ecuador-guayas/EQ>
- Nacional, U. T. (s.f.). *Barras comprimidas*. Obtenido de  
[http://www1.frm.utn.edu.ar/metalias/Ciclo%202009/Guias%20de%20Estudio/CMM\\_Barras%20Comprimidas\\_FK\\_09.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/metalias/Ciclo%202009/Guias%20de%20Estudio/CMM_Barras%20Comprimidas_FK_09.pdf).
- Nilson, Darwin, & Dolan. (2010). *Desing of concrete Structures*. McGraw-Hill.
- Salmon & Johnson. (1996). *Steel Structures: Design and Behavior*. HarperCollins.
- Ternium. (2011). *Hoja Técnica de Producto Ternium TR-101*.
- The Aluminum Association. (2020). *Aluminum Design Manual (ADM-2020)*. Washington D.C.:

The Aluminum Association.

Yepes, V. (01 de 2019). *Concepto y clasificación de las cimentaciones*. Obtenido de PoliBlogs –

Universitat Politècnica de València:

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/01/09/concepto-y-clasificacion-de-las-cimentaciones/>

## 10. CAPITULO X

### 10.1. ANEXOS



**Ilustración 25.** Cancha deportiva - Data de Posorja



**Ilustración 26.** Cancha deportiva - Data de Posorja