

Proyecto Fin de Máster
Ingeniería Industrial

**Proyecto de rehabilitación de estructura metálica
para su uso como sala polivalente de pública
concurrancia**

Autor:

Jose Manuel Cava Maján

Tutores:

Miguel Ángel López López

Profesor asociado

María Gloria del Río Cidoncha

Profesora titular

Dptos. de Ingeniería Gráfica y de Ingeniería de Diseño
Escuela Técnica Superior de Ingeniería – Escuela Politécnica Superior
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2021

Resumen

El trabajo de fin de máster consiste en la aplicación práctica de la metodología BIM al cálculo de estructuras. Inicialmente se expondrá esta metodología, explicando sus características y su forma de trabajar. Acto seguido, se plantea un proyecto de rehabilitación de una nave industrial situada en Sevilla con el fin de comprobar y dimensionar su estructura metálica mediante esta metodología. Para ello, se utilizará para la fase de diseño, predimensionado de la estructura y gestión de los resultados del cálculo el programa Autodesk Revit. Por otro lado, el cálculo y las comprobaciones de la estructura se realizarán mediante el programa Autodesk Robot.

Índice

Resumen	9
Abstract	11
Índice	12
Índice de Tablas	14
Índice de Figuras	18
1 Introducción	11
1.1 <i>Metodología BIM</i>	11
1.2 <i>Ventajas e inconvenientes</i>	11
1.3 <i>Aplicaciones</i>	12
1.4 <i>Usos BIM</i>	12
1.5 <i>Niveles de desarrollo de proyectos</i>	13
1.5.1 LOD 100	13
1.5.2 LOD 200	13
1.5.3 LOD 300	13
1.5.4 LOD 350	13
1.5.5 LOD 400	14
1.5.6 LOD 500	14
1.6 <i>Roles BIM</i>	14
1.6.1 Dirección en BIM	14
1.6.2 Revisión en BIM	14
1.6.3 Modelación en BIM	14
1.6.4 Coordinación en BIM	14
1.6.5 Gestión en BIM	15
1.7 <i>Plan de ejecución BIM</i>	15
2 Normativa	17
2.1 <i>Estructura metálica</i>	17
3 Software de cálculo	18
3.1 <i>Antecedentes</i>	18
3.2 <i>Autodesk Revit</i>	20
3.2.1 Descripción del programa e instrucciones utilizadas	21
3.3 <i>Autodesk Robot</i>	25
3.3.1 Descripción del programa e instrucciones utilizadas	26
4 Acciones	31
4.1 <i>Cargas permanentes</i>	31
4.1.1 Peso propio	31
4.2 <i>Cargas variables</i>	32
4.2.1 Sobrecarga de uso	32
4.2.2 Carga de viento	33
4.2.3 Carga de nieve	62
4.2.4 Cargas térmicas	66
4.2.5 Cargas sísmicas	66

5 Pandeo	67
6 Materiales	70
7 Combinaciones	73
8 Comprobación ELU	76
8.1 Estructura principal	76
8.2 Estructura secundaria	114
8.3 Tabla resumen de aprovechamiento ELU	140
9 Comprobación ELS	142
9.1 Tabla resumen de aprovechamiento ELS	153
10 Conclusiones	154
11 Presupuesto	155
11.1 Cuadro de precios	155
11.2 Presupuesto por capítulos	158
11.3 Presupuesto resumen	159
Referencias	160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficientes eólicos paramentos verticales viento oeste	36
Tabla 2 Coeficientes eólicos cubierta viento oeste	38
Tabla 3 Cargas de viento oeste	39
Tabla 4 Coeficientes eólicos paramentos verticales viento norte	51
Tabla 5 Coeficientes eólicos cubierta viento norte	53
Tabla 6 Cargas de viento norte	54
Tabla 7 Coeficientes de pandeo en barras	69
Tabla 8 Características de los aceros	70
Tabla 9 Características perfil HE-280-B	70
Tabla 10 Características perfil HE-280-A	70
Tabla 11 Características perfil IPE 300	71
Tabla 12 Características perfil IPE 220	71
Tabla 13 Características perfil IPE 120	72
Tabla 14 Características HE-300-B	72
Tabla 15 Características R25	72
Tabla 16 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 1	76
Tabla 17 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 2	77
Tabla 18 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 3	78
Tabla 19 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 4	79
Tabla 20 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 5	80
Tabla 21 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 6	81
Tabla 22 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 7	82
Tabla 23 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 8	83
Tabla 24 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 9	84
Tabla 25 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 10	85
Tabla 26 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 11	86
Tabla 27 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 12	87
Tabla 28 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 13	88
Tabla 29 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 14	89
Tabla 30 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 15	90
Tabla 31 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 16	91
Tabla 32 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 17	92
Tabla 33 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 18	93
Tabla 34 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 19	94
Tabla 35 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 20	95

Tabla 36 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 21	96
Tabla 37 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 22	97
Tabla 38 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 23	98
Tabla 39 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 24	99
Tabla 40 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 25	100
Tabla 41 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 26	101
Tabla 42 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 27	102
Tabla 43 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 28	103
Tabla 44 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 29	104
Tabla 45 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 30	105
Tabla 46 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 31	106
Tabla 47 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 32	107
Tabla 48 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 33	108
Tabla 49 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 34	109
Tabla 50 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 35	110
Tabla 51 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 36	111
Tabla 52 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 37	112
Tabla 53 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 38	113
Tabla 54 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 39	114
Tabla 55 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 40	114
Tabla 56 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 41	115
Tabla 57 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 42	115
Tabla 58 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 43	116
Tabla 59 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 44	116
Tabla 60 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 45	117
Tabla 61 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 46	117
Tabla 62 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 47	118
Tabla 63 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 48	118
Tabla 64 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 49	119
Tabla 65 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 50	119
Tabla 66 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 51	120
Tabla 67 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 52	120
Tabla 68 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 53	121
Tabla 69 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 54	121
Tabla 70 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 55	122
Tabla 71 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 56	122
Tabla 72 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 57	123
Tabla 73 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 58	123
Tabla 74 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 59	124
Tabla 75 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 60	124

Tabla 76 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 61	125
Tabla 77 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 62	125
Tabla 78 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 63	126
Tabla 79 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 64	126
Tabla 80 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 65	127
Tabla 81 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 66	127
Tabla 82 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 67	128
Tabla 83 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 68	128
Tabla 84 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 69	129
Tabla 85 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 70	129
Tabla 86 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 71	130
Tabla 87 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 72	130
Tabla 88 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 73	131
Tabla 89 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 74	131
Tabla 90 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 75	132
Tabla 91 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 76	132
Tabla 92 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 77	133
Tabla 93 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 78	133
Tabla 94 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 79	134
Tabla 95 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 80	134
Tabla 96 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 81	135
Tabla 97 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 82	135
Tabla 98 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 83	136
Tabla 99 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 84	136
Tabla 100 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 85	137
Tabla 101 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 86	137
Tabla 102 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 87	138
Tabla 103 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 88	138
Tabla 104 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 89	139
Tabla 105 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 90	139
Tabla 106 Tabla resumen aprovechamiento barras ELU	141
Tabla 107 Tabla resumen aprovechamiento barras ELS	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Centro Acuático de Londres (izquierda) y Estadio Nacional de Pekín (derecha)	18
Figura 3-2 Edificio Burj Khalifa (Dubái)	18
Figura 3-3 Ventana gráfica Revit	21
Figura 3-4 Comando pilar	22
Figura 3-5 Comando viga	22
Figura 3-6 Comando condiciones de contorno	23
Figura 3-7 Casos de carga	23
Figura 3-8 Comando cargas	24
Figura 3-9 Combinaciones de carga	24
Figura 3-10 Exportar a Robot	26
Figura 3-11 Inicio Robot y selección del tipo de la estructura	26
Figura 3-12 Unidades del proyecto	26
Figura 3-13 Materiales del proyecto	27
Figura 3-14 Normas de cálculo	27
Figura 3-15 Parámetros del mallado	28
Figura 3-16 Dimensionamiento de estructura Robot	28
Figura 3-17 Comprobaciones ELU Robot	29
Figura 3-18 Comprobaciones ELS Robot	29
Figura 3-19 Esfuerzos Robot	30
Figura 3-20 Deformación Robot	30
Figura 4-1 Peso propio 1 vano	31
Figura 4-2 Peso propio ½ vano	31
Figura 4-3 Valores de sobrecargas de uso	32
Figura 4-4 Sobrecarga de uso 1 vano	32
Figura 4-5 Sobrecarga de uso ½ vano	33
Figura 4-6 Carga de viento (q_e)	33
Figura 4-7 Presión dinámica del viento (q_b)	34
Figura 4-8 Coeficiente de exposición (c_e)	34
Figura 4-9 Coeficiente de exposición según anejo D (c_e)	35
Figura 4-10 Coeficiente eólico en paramentos verticales (c_p)	35
Figura 4-11 Esquema viento oeste paramentos verticales	36
Figura 4-12 Coeficiente eólico en cubiertas (c_p o c_s) viento oeste	37
Figura 4-13 Esquema viento oeste cubierta	38
Figura 4-14 Zonas eólicas para viento oeste aplicadas a la nave	39
Figura 4-15 Carga de viento oeste zona D 1 vano	40
Figura 4-16 Carga de viento oeste zona D ½ vano	40
Figura 4-17 Carga de viento oeste zona E 1 vano	41

Figura 4-18 Carga de viento oeste E ½ vano	41
Figura 4-19 Carga de viento oeste zona F 1 vano (hipótesis succión)	42
Figura 4-20 Carga de viento oeste zona F y G 1 vano (hipótesis succión)	42
Figura 4-21 Carga de viento oeste zona G ½ vano (hipótesis succión)	43
Figura 4-22 Carga de viento oeste zona F 1 vano (hipótesis presión)	43
Figura 4-23 Carga de viento oeste zona G ½ vano (hipótesis presión)	44
Figura 4-24 Carga de viento oeste zona H 1 vano (hipótesis succión)	44
Figura 4-25 Carga de viento oeste zona H ½ vano (hipótesis succión)	45
Figura 4-26 Carga de viento oeste zona H 1 vano (hipótesis presión)	45
Figura 4-27 Carga de viento oeste zona H ½ vano (hipótesis presión)	46
Figura 4-28 Carga de viento oeste zona J 1 vano (hipótesis succión)	46
Figura 4-29 Carga de viento oeste zona J ½ vano (hipótesis succión)	47
Figura 4-30 Carga de viento oeste zona A y B pilar	47
Figura 4-31 Carga de viento oeste zona A dintel frontal	48
Figura 4-32 Carga de viento oeste zona B pilar	48
Figura 4-33 Carga de viento oeste zona B dintel frontal izquierdo	49
Figura 4-34 Carga de viento oeste zona B dintel frontal derecho	49
Figura 4-35 Carga de viento oeste zona B y C pilar	50
Figura 4-36 Carga de viento oeste zona C dintel frontal	50
Figura 4-37 Esquema viento norte paramentos verticales	51
Figura 4-38 Coeficiente eólico en cubiertas (c_p) viento norte	52
Figura 4-39 Esquema viento oeste cubierta	53
Figura 4-40 Zonas eólicas para viento norte aplicadas a la nave	54
Figura 4-41 Carga de viento norte zona D 1 vano	55
Figura 4-42 Carga de viento norte zona D ½ vano	55
Figura 4-43 Carga de viento norte zona E 1 vano	56
Figura 4-44 Carga de viento norte zona E ½ vano	56
Figura 4-45 Carga de viento norte zona A y B ½ vano	57
Figura 4-46 Carga de viento norte zona B 1 vano	57
Figura 4-47 Carga de viento norte zona B y C 1 vano	58
Figura 4-48 Carga de viento norte zona C 1 vano	58
Figura 4-49 Carga de viento norte zona C ½ vano	59
Figura 4-50 Carga de viento norte zona F y H ½ vano	59
Figura 4-51 Carga de viento norte zona G y H ½ vano	60
Figura 4-52 Carga de viento norte zona H 1 vano	60
Figura 4-53 Carga de viento norte zona H y I 1 vano	61
Figura 4-54 Carga de viento norte zona H y I 1 vano	61
Figura 4-55 Carga de viento norte zona H ½ vano	62
Figura 4-56 Mapa zonas climáticas	62
Figura 4-57 Sobrecarga de nieve según altitud	63

Figura 4-58 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia	63
Figura 4-59 Carga de nieve 1 vano	64
Figura 4-60 Carga de nieve ½ vano	64
Figura 4-61 Carga de nieve disminuida 1 vano	65
Figura 4-62 Carga de nieve disminuida 1 vano	65
Figura 4-63 Mapa sísmico NCSE-02	66
Figura 4-64 Aceleración sísmica Sevilla	66
Figura 5-1 Pandeo pilares esquina	67
Figura 5-2 Pandeo pilares tipo	67
Figura 5-3 Pandeo pilar frontal	68
Figura 5-4 Pandeo dinteles arriostrados	68
Figura 5-5 Pandeo dinteles centrales	69
Figura 7-1 Casos de carga	73
Figura 7-2 Combinaciones de carga	75
Figura 11-1 Precio m ² de excavación de tierra vegetal	155
Figura 11-2 Precio m ³ de excavación en desmonte en tierra con medios mecánicos	155
Figura 11-3 Precio m ³ de zapata de cimentación de hormigón armado	155
Figura 11-4 Precio m ³ de viga de hormigón armado	156
Figura 11-5 Precio m ² de estructura metálica realizada con pórticos	156
Figura 11-6 Precio m ² de protección de estructura metálica, con pintura intumescente	156
Figura 11-7 Precio kg de acero en correas metálicas	157
Figura 11-8 Presupuesto por capítulos	158
Figura 11-9 Presupuesto resumen	159

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Metodología BIM

La metodología BIM es una forma de trabajo de forma colaborativa para la gestión de proyectos de edificación, obra civil o industrial a través de una maqueta digital. Esta maqueta digital conforma una gran base de datos que permite gestionar los elementos que forman parte de la infraestructura durante todo el ciclo de vida de esta. BIM es acrónimo de Building Information Modeling, traducido al español, Modelo de Información de la Construcción.

Esta metodología está suponiendo una verdadera revolución tecnológica para la cadena de producción y gestión de la edificación y las infraestructuras ya que permite construir de manera eficiente, reduciendo costes, al tiempo que permite a proyectistas, constructores y demás agentes implicados trabajar de forma colaborativa.

El modelo de información incluye una base de gráficos y datos parametrizables y configurables. El objetivo es organizar y poner a disposición información del proyecto, obra y edificio terminado, en uno o varios modelos y ficheros de información digital creado por todos los agentes participantes en el proceso.

Tal y como hemos comentado en los párrafos anteriores esta metodología es aplicable durante todo el ciclo de vida de la edificación. Esto implica que puedan definirse y a su vez aplicarse las siguientes fases BIM:

- Fase de desarrollo
 - Estudio de viabilidad inmobiliaria e infraestructuras urbanas
 - Anteproyecto
 - Proyecto básico
 - Proyecto de ejecución
 - Construcción y planificación de la obra
- Fase de operación
 - Uso, mantenimiento y rehabilitación
 - Demolición y reciclado

1.2 Ventajas e inconvenientes

De forma resumida, el uso de esta metodología tiene esta serie de ventajas:

- Visualización del modelo virtual 3D
- Coordinación de los modelos arquitectónico, estructural y de instalaciones del edificio
- Detección de interferencias y colisiones
- Anticipación a los problemas y, por consiguiente, menos incidencias en la fase de ejecución
- Control y cuantificación real de costes
- Planificación
- Imagen y factor diferenciador para la empresa

Como cualquier metodología de trabajo presenta los siguientes inconvenientes:

- Aprendizaje de nueva forma de trabajar
- Mayor tiempo de dedicación al desarrollo de los proyectos
- Desconocimiento generalizado de la metodología entre las empresas y profesionales

- Difícil implantación
- Falta de experiencia
- Difícil convencer, acreditar y poner en valor los beneficios que se obtienen de su aplicación

1.3 Aplicaciones

Se pueden considerar las siguientes aplicaciones:

- Generar modelos derivados mediante el uso de programas específicos y diferentes tecnologías (3D)
 - Modelado 3D
 - Nube de puntos
 - Escáner laser
- Planificación (4D)
 - Simulación por fases
- Cuantificación y valoración de costes (5D)
 - Extracción de mediciones
 - Opciones de diseño y alternativas
- Sostenibilidad (6D)
 - Simulaciones energéticas y estudio de la eficiencia
- Operación y mantenimiento de edificios (7D)
 - Documentación y modelos As Built
- Seguridad y salud (8D)
 - Análisis de los riesgos en 3D

1.4 Usos BIM

Se pueden definir los siguientes usos:

- Planificación:
 - Modelado del estado actual
 - Estimación de costes
 - Planificación 4D
 - Análisis del emplazamiento
 - Control y planificación
- Diseño
 - Revisión del diseño
 - Validación codificación
 - Análisis de sostenibilidad
 - Estructuras
 - MEP
 - HVAC

- Iluminación
- Coordinación 3D
- Construcción
 - Control y planificación
 - Fabricación digital
 - Desarrollar el proyecto de ejecución
 - 8D e implantación
 - Modelos As built
- Operación y mantenimiento
 - Planes de emergencia
 - Gestión de espacios
 - Gestión de activos
 - Control de consumos
 - Programación del mantenimiento
 - Análisis del rendimiento del diseño
 - Eficiencia energética

1.5 Niveles de desarrollo de proyectos

En el desarrollo de un proyecto BIM, es importante definir el nivel de detalle del trabajo. Esto es conocido como LOD, acrónimo en inglés de Level Of Development, y pueden definirse los siguientes tipos:

1.5.1 LOD 100

El elemento del modelo puede representarse gráficamente dentro del modelo con un símbolo u otra representación genérica. Supone un modelo conceptual, véase definición geométrica general, superficies y volúmenes aproximados, orientación o localización. Permite comprobar parámetros geométricos urbanísticos generales y realizar estimaciones de costes preliminares básicos, es decir, asimilable a un nivel de anteproyecto.

1.5.2 LOD 200

Desarrolla al LOD 100 con mayor definición gráfica y exactitud en posiciones y dimensiones de los elementos que componen el modelo. Dispone de información no gráfica asociada, pero carece de datos que podrían ser utilizados en fase de proyecto de ejecución y obra y permite comprobar el cumplimiento de determinadas normativas y realizar estimaciones de coste más avanzadas, es decir, asimilable a un nivel de proyecto básico.

1.5.3 LOD 300

El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación pudiendo estar adjunta la información no gráfica al elemento del modelo. Desarrolla al LOD 200 con mayor definición gráfica y exactitud en posiciones y dimensiones de los elementos que componen el modelo. Además, permite comprobar el cumplimiento de varias normativas a un nivel más específico y realizar la extracción de mediciones para valorar costes, es decir, asimilable a un nivel de proyecto de ejecución.

1.5.4 LOD 350

El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje

específico en términos de tamaño, forma, ubicación, orientación e interferencias con otros sistemas de la construcción. Desarrolla al LOD 300 con mayor definición gráfica y exactitud en posiciones y dimensiones de los elementos que componen el modelo, permitiendo por ejemplo detectar las interferencias con otros elementos con un mayor nivel de fiabilidad. Este nivel de detalle es asimilable a un nivel de proyecto de ejecución, pero con mayor calidad.

1.5.5 LOD 400

El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con detalles, fabricación, montaje e información. Desarrolla al LOD 300 o LOD 350 con mayor definición gráfica y exactitud en posiciones y dimensiones de los elementos que componen el modelo, permitiendo realizar extracción de mediciones exactas para valorar costes además de disponer de información no gráfica asociada para ser utilizada en fase de fabricación. Este nivel de detalle es asimilable a un nivel de proyecto de ejecución, pero con un grado de calidad muy alto.

1.5.6 LOD 500

El elemento del modelo es una representación verificada en campo en término de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. Es asimilable a un nivel de documentación As built, para la fase de operación y mantenimiento o para instalaciones de HVAC, ACS o BT que requieran de mucha precisión.

1.6 Roles BIM

Para implantar esta metodología, se podrían considerar los siguientes roles dentro de una organización:

1.6.1 Dirección en BIM

Es la persona encargada en liderar y fomentar la implementación de BIM en una organización, de acuerdo con las necesidades, estrategias y toma de decisiones relativas a proyectos e inversiones según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación). La experiencia requerida en este rol es la gestión estratégica de proyectos y tener liderazgo.

1.6.2 Revisión en BIM

Es la persona que visualiza y verifica la información (geométrica y datos) de los modelos desarrollados en BIM según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación). La experiencia requerida recae en el conocimiento sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a revisar. También es deseable tener competencias en responsabilidades como fiscalización, validación, auditoría, control, desarrollo y ejecución en base a la información obtenida de un proyecto.

1.6.3 Modelación en BIM

Es la persona encargada de desarrollar modelos BIM de proyectos según la especialidad utilizando diferentes tipos de representación y extracción de la documentación técnica de ellas. Para ello, debe dominar el intercambio de la información en diferentes formatos, modelar elementos agregando o actualizando la información requerida, usando y creando nuevos componentes.

La experiencia requerida en este rol es tener conocimiento y competencias sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a modelar.

1.6.4 Coordinación en BIM

Desarrolla el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores según la etapa de un proyecto, valida e integra modelos de distintas especialidades, prevé conflictos y concilia soluciones, se comunica con los especialistas para recopilar información, asegura la correcta modelización para desarrollar

las entregas según lo especificado en el plan de ejecución BIM (PEB), mantiene los modelos actualizados y livianos y es el principal punto de contacto entre los modeladores.

Requiere tener conocimientos y competencias sobre el desarrollo de proyectos, los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a coordinar, así como liderazgo de equipos

1.6.5 Gestión en BIM

Lidera la planificación, desarrollo y administración de los recursos humanos y tecnologías para la implementación y actualización de la metodología BIM en una organización, un proyecto o en la administración de un activo. Por otro lado, define el entorno de modelización, los estándares que se usarán, los modelos que se crearán, como se vincularán entre sí, como se ordenará y organizará la información en los modelos, la configuración de la infraestructura de TI y los protocolos de comunicación. Además, define un cronograma para las entregas, organiza reuniones del equipo BIM y es el punto de contacto para los gerentes del proyecto y los diversos coordinadores de un proyecto.

Requiere tener competencias y responsabilidades de estandarización y optimización de procesos tecnológicos, planificación y administración de proyectos, operación y mantenimiento de activos, así como liderazgo de equipos.

1.7 Plan de ejecución BIM

Es un documento contractual y fundamental, en el que se detalla la información del proyecto, los objetivos, el alcance y las metas de este, y como desarrollará el modelo con relación al BIM debiendo participar en su elaboración todos los agentes intervinientes para recoger las necesidades y cumplir los objetivos marcados. Cabe destacar que en las licitaciones públicas es un documento contractual formando parte de la oferta técnica aprobada por la administración.

Consta de los siguientes apartados:

- Información del proyecto
 - Descripción del proyecto
 - Alcance
 - Condicionantes
 - Agentes intervinientes
 - Equipo de trabajo
- Objetivos y metas
 - Objetivos BIM del proyecto
 - Objetivos BIM de los agentes
 - Programación
 - Matriz de niveles de desarrollo del proyecto
 - Indicadores clave de rendimiento
- Procesos de trabajo colaborativo
 - Estándares BIM del proyecto
 - Coordenadas
 - Estándares de modelado
 - Comunicación y reuniones
 - Protocolos de intercambio de datos
 - Protocolos de validación del modelo y datos

- Subdivisión del modelo
- Unidades de modelado
- Pruebas previas de intercambio de información
- Criterios de medición
- Recursos del proyecto y requisitos IT
 - Agentes expertos en software BIM
 - Entorno común de intercambio de datos
 - Requisitos de hardware e infraestructuras
 - Software a utilizar y versión
 - Contenido BIM específico del proyecto
- Usos BIM
 - Prioritarios
 - Secundarios

2 NORMATIVA

2.1 Estructura metálica

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
 - Documento Básico Seguridad Estructural (DB SE)
 - Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones de la Edificación (DB SE-AE)
 - Documento Básico Seguridad Estructural. Acero (DB SE-A)
- Instrucción de Acero Estructural (EAE)
- Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero (EC3)
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)

3 SOFTWARE DE CÁLCULO

3.1 Antecedentes

Con el desarrollo exponencial de la tecnología en los últimos años, está sucediendo un cambio drástico en la metodología de la construcción de los edificios. Podemos observar, cada vez más, edificios con estructuras complejas como el Burj Khalifa en Dubái (Figura 3-2), el Estadio Nacional de Pekín y el Centro Acuático de Londres (Figura 3-1), construidos en las últimas décadas.



Figura 3-1 Centro Acuático de Londres (izquierda) y Estadio Nacional de Pekín (derecha)

El diseño de estos edificios no se puede contemplar sin el uso de técnicas avanzadas de modelado de estructuras. Además, la competitividad en el mercado requiere de un esfuerzo y una dificultad extra a la hora de diseñar este tipo de proyectos estructurales, ya que requiere de unas exigencias muy altas demandadas tanto por los clientes como por los arquitectos. Este desafío solo puede resolverse mediante la tecnología computacional, volviendo a requerir un cambio sustancial en el rol del ingeniero estructural tradicional. Este radica en conocer no solo los métodos de análisis y diseño estructural básicos, también es fundamental conocer y comprender las últimas técnicas de modelado. Es por ello, que se está comenzando a convertir en un requisito fundamental a la hora de reclutar ingenieros en empresas de esta índole.



Figura 3-2 Edificio Burj Khalifa (Dubái)

Los métodos numéricos son fundamentales en la mayoría de los softwares de análisis. Hay muchos métodos desarrollados hasta la fecha como el método de los elementos finitos, método de los elementos frontera, método de diferencias finitas, método de volúmenes finitos y el método numérico lagrangiano.

En el análisis estructural el método de los elementos finitos es el método numérico más extendido por lo que es importante para un ingeniero estructural conocer los principios básicos de este método.

El desarrollo del método de los elementos finitos puede datarse a Richard Courant (1943) en la investigación del problema de la torsión, donde el matemático desarrollo una base matemática firme para resolver ecuaciones en derivadas parciales numéricamente. El término de “elemento finito” fue utilizado por Ray W. Clough (1960) y desarrollado por otros investigadores como M. J. Turner (1956). Este método se utilizó en problemas de ingeniería civil e ingeniería aeronáutica cuando se desarrollaron los primeros programas informáticos como Abacus[®], ADINA y ANSYS, desarrollados en 1970.

El método de los elementos finitos es una técnica numérica que busca soluciones aproximadas a ecuaciones diferenciales con condiciones de contorno iniciales. Divide la estructura en muchos elementos pequeños, denominados elementos finitos y los reconecta a través de sus nodos con las ecuaciones de compatibilidad, compartiendo los elementos adyacentes el mismo número de grados de libertad en los nodos de conexión.

Los pasos a seguir en un modelo donde se aplique el método de los elementos finitos es el siguiente:

- Seleccionar los tipos de elementos.
- Discretizar la estructura en los elementos finitos.
- Plantear las ecuaciones en los nodos para ensamblar los elementos entre sí.
- Resolver las ecuaciones en los nodos.
- Calcular los esfuerzos y las deformaciones.

En el mercado podemos encontrar numerosos programas de modelado y análisis de estructuras como ANSYS, Abacus[®], ETABS y SAP2000, idóneos para la industria de la construcción. La clave para elegir el programa adecuado radica en la aplicación ingenieril de nuestra estructura, de si el programa puede darnos un modelo aceptable y replicar a la realidad. Esto es importante ya que la complejidad del análisis aumenta en función de la aplicación concreta y ciertos softwares son más adecuados para situaciones particulares.

Todos los programas de cálculos los podemos dividir en dos categorías principales: programas generales o para una aplicación particular.

Para análisis avanzados ANSYS y Abacus[®] son programas generales interesantes. Por ejemplo, para problemas de explosiones y carga de fuego, los programas con un propósito general son la opción adecuada ya que manejan modelos extensos de materiales y diferentes solvers. Numerosas consultoras utilizan estos programas en el diseño de sus proyectos estructurales, a pesar de tener el inconveniente de no contar, generalmente, con módulos automáticos de comprobación según las normas.

Para un problema de un diseño de una estructura convencional, los programas enfocados en esta aplicación particular, como SAP2000, Staad.Pro, Robot y ETABS, son la mejor opción. Sin embargo, tienen capacidad limitada a ciertos modelos y tipos de estructuras, así como a un tipo de elementos finitos limitado comparado con los programas generales. La ventaja principal es que pueden llevar a cabo un diseño basado en Eurocódigos o en cualquier otra normativa de aplicación que hayamos introducido en la biblioteca de normas del programa previamente. Por lo que podemos realizar un post-procesado rápido del resultado del análisis y diseñar la estructura de acuerdo con la normativa que requiera el cliente, siendo esta la principal diferencia respecto al otro tipo de programas. Un ejemplo típico son las estructuras porticadas de naves industriales o los edificios de varias plantas. Se pueden modelar utilizando vigas, pilares y losas, con cargas y soportes. Después del análisis, podemos obtener los momentos de flexión o los esfuerzos axiales de cada elemento estructural y la deformación global de todo el edificio. Como solo utiliza un número limitado de elementos finitos el tiempo de computación se reduce notablemente.

En el proceso del modelado y del análisis en todos los programas requiere a los ingenieros entender el comportamiento estructural de la estructura y hacer correcciones razonadas en base a los resultados que obtenga en el análisis. Podemos resumir los principios de operación de todos los programas anteriormente mencionados en tres grandes fases:

- Pre-procesado: es la creación del modelo predimensionado de la estructura. La geometría, los tipos de elementos finitos y las propiedades de los materiales son asignadas en esta fase.
- Procesado: es el trabajo realizado por el solver, donde las variables de desplazamiento y los esfuerzos se resuelven. Dependiendo de la tipología del problema, podemos diferenciar diferentes tipos de procedimientos y solvers.
- Post-procesado: es la etapa final del análisis donde se interpretan los resultados del procesado como las deformaciones, los esfuerzos, los desplazamientos o los modos de la estructura.

3.2 Autodesk Revit

Autodesk Revit forma parte del paquete de softwares BIM desarrollado por Autodesk. Está enfocado para profesionales como arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros MEP, diseñadores y contratistas. Permite al usuario diseñar un edificio, estructuras y sus componentes en 3D permitiendo tener soporte de planos en 2D y a acceder a información del edificio desde su extensa base de datos de familias. Además, contiene herramientas 4D BIM para planear y realizar un seguimiento de la vida del edificio.

Podemos remontarnos a 1997 para datar el origen de Revit, por entonces PTC (Parametric Technology Corporation) un software de diseño mecánico que intentó importar el modelado paramétrico a la industria de la construcción. PTC empezó a desarrollar Revit en el lenguaje de programación C++ en la plataforma de Microsoft Windows renombrando la compañía a Revit Technology Corporation en enero del año 2000.

La versión 1.0 salió al mercado en abril del año 2000, progresando el software posteriormente de manera exponencial con las versiones 2.0, 3.0, 3.1, 4.0 y 4.1 lanzadas al mercado en agosto del año 2000, octubre del año 2000, febrero del año 2001, junio del año 2001, noviembre del año 2001 y enero del año 2002, respectivamente.

Dos años después, Autodesk compran Revit Technology Corporation ampliando así los medios de investigación y mejora del software. Por entonces, Autodesk era conocida por AutoCAD y otras líneas de productos derivadas. En 2004, sacan al mercado varias versiones posteriores incorporando los módulos de Revit Structures, Revit MEP y Revit Architecture. En 2011, la empresa lanza una fase beta de Dynamo permitiendo las primeras programaciones del comportamiento de los componentes modelados de una manera similar a los lenguajes de programación visual como Grasshopper 3D en el software Rhinoceros 3D. Posteriormente en 2012, salió en el mercado una versión que incluía varias características actuales como son el renderizado y los entornos multiusuarios.

Actualmente con Revit, Autodesk está posicionado como una referencia en BIM junto con Bentley Systems y el grupo Nemetschek, dueños estos últimos de aplicaciones como ArchiCAD, Allplan y Vectorworks.

3.2.1 Descripción del programa e instrucciones utilizadas

Debido a estos antecedentes, utilizaremos este programa para todo lo relativo al modelado de la estructura, asignación de las cargas, condiciones de contorno, hipótesis de carga y combinaciones de cálculo.

Si realizamos una breve descripción de la ventana gráfica del programa podemos clasificar el entorno de trabajo en cuatro zonas importantes, tal y como marcamos en la Figura 3-3.

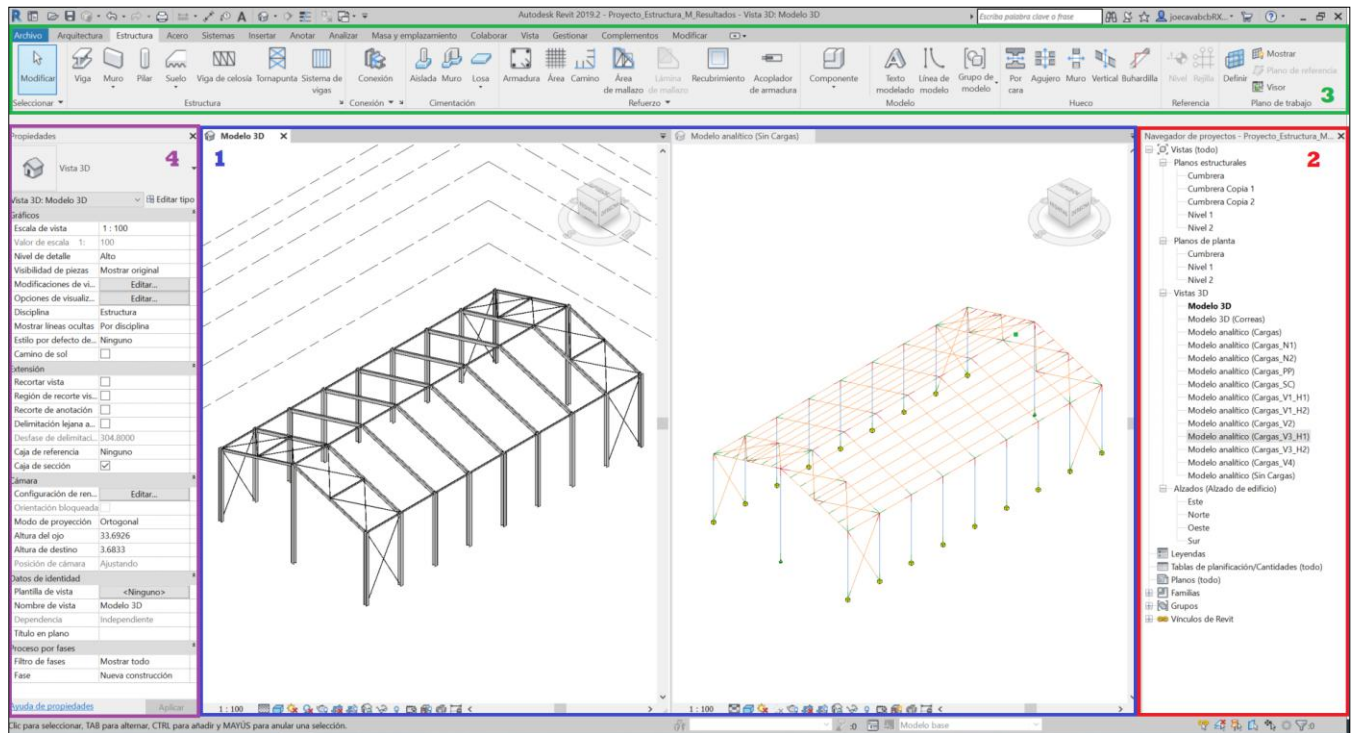


Figura 3-3 Ventana gráfica Revit

El área de dibujo (azul), corresponde con la zona de visualización de las distintas vistas, planos y tablas de planificación del modelo actual. Permite ejecutar comandos desde la propia ventana de comandos o desde la cinta de opciones (verde) la cual proporciona todas las herramientas necesarias en cada ficha de opciones.

Para modelar la estructura utilizaremos la ficha de estructuras, concretamente el comando pilar (Figura 3-4) y el comando viga (Figura 3-5). Una vez ejecutado el comando, seleccionaremos la familia que necesitemos en el selector de tipo de la paleta de propiedades (violeta).

Una vez modelada la estructura en 3D, procedemos a añadir todos los condicionantes en la estructura utilizando la ficha de analizar de la cinta de herramientas. Cabe destacar que a partir de este punto trabajaremos sobre el modelo analítico esstructural. Este se define como una representación 3D simplificada de la descripción de ingeniería completa de un modelo físico estructural y está formado por los componentes, la geometría, las propiedades de materiales y cargas estructurales que constituyen un sistema estructural.

Empezaremos definiendo las condiciones de contorno (Figura 3-6), donde una vez seleccionado el comando, a través de los desplegables de la barra de opciones elegimos el tipo de apoyo.

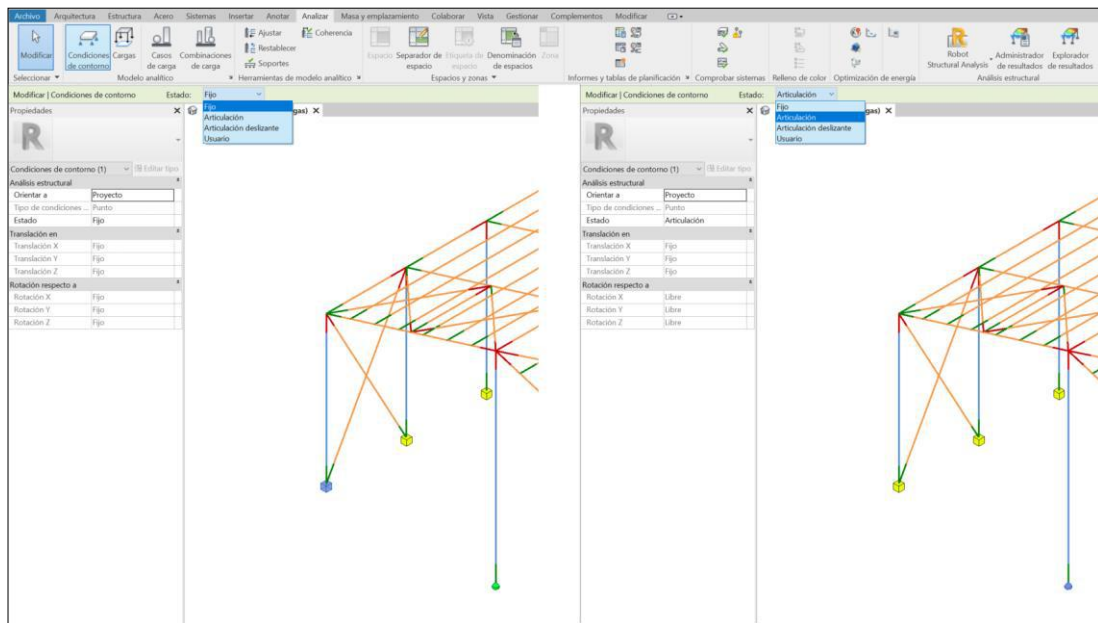


Figura 3-6 Comando condiciones de contorno

Acto seguido, definimos con el comando de casos de carga las hipótesis de carga del proyecto diferenciándolas según su naturaleza y categoría (Figura 3-7).

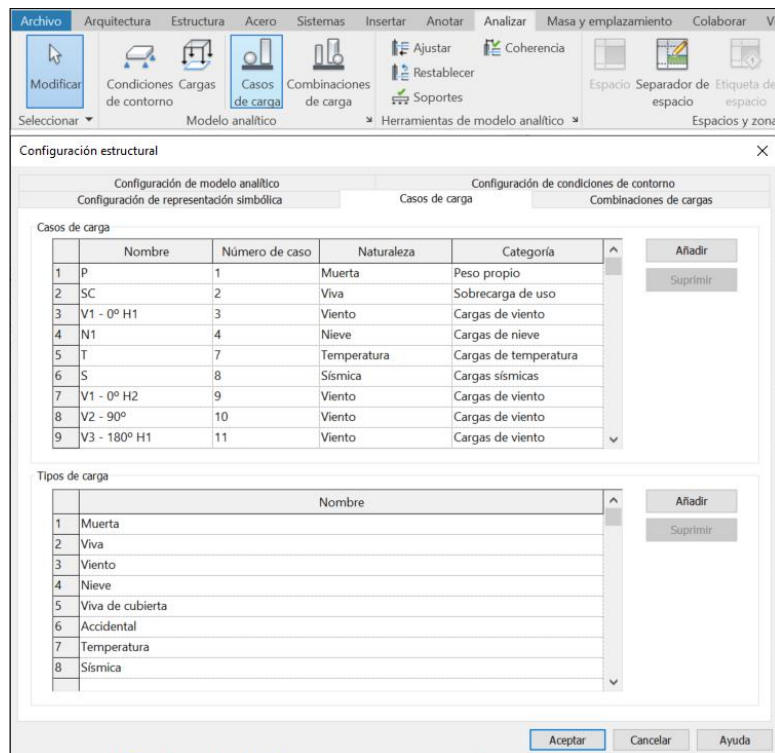


Figura 3-7 Casos de carga

Continuamos aplicando las cargas con el comando que marcamos en la Figura 3-8, y seleccionamos el tipo de carga que queremos aplicar, en nuestro caso lineal. Al necesitar una referencia, podemos dividir la planta de la estructura con rejillas y seleccionarlas en el desplegable de la barra de opciones.

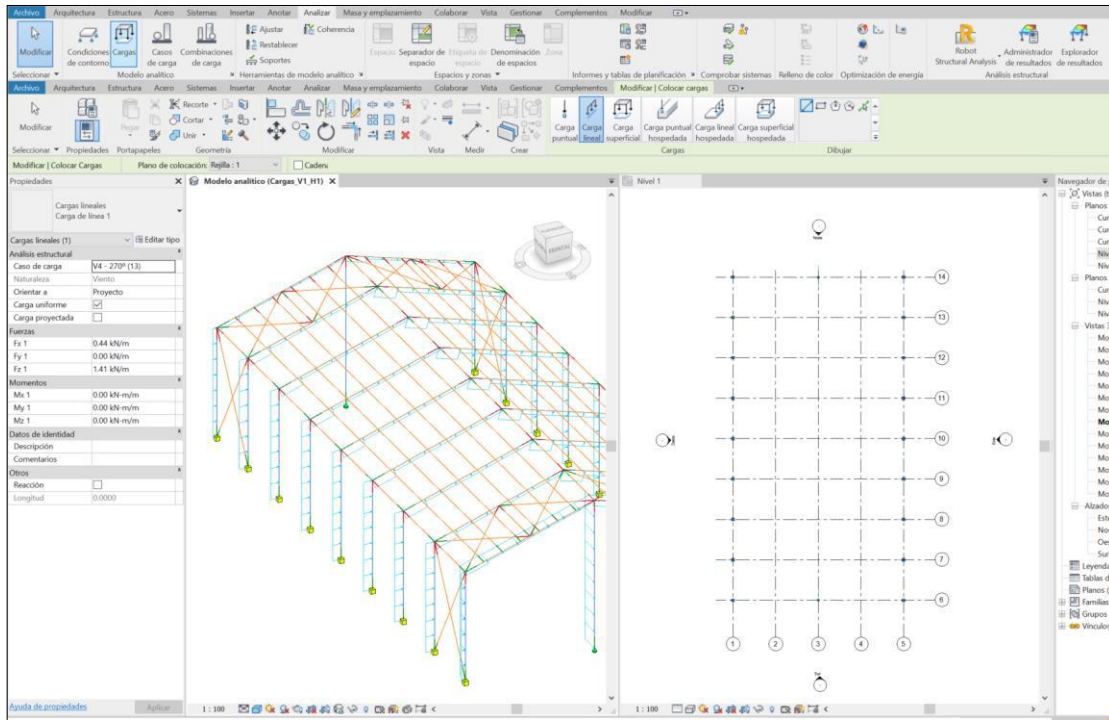


Figura 3-8 Comando cargas

Finalmente, con el comando de combinaciones de carga definimos las combinaciones para los estados límites últimos y de servicio (Figura 3-9)

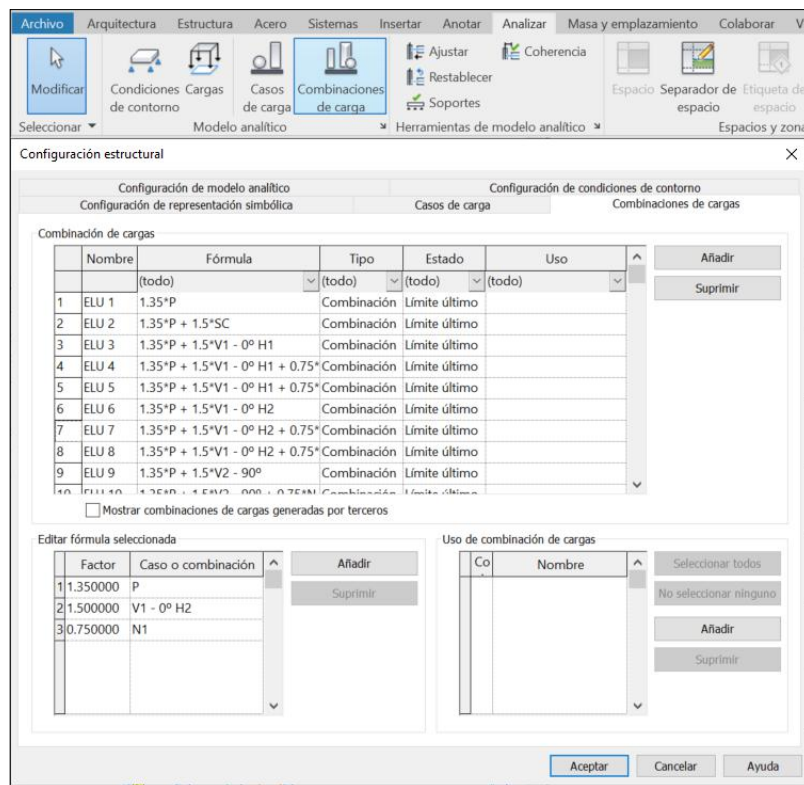


Figura 3-9 Combinaciones de carga

3.3 Autodesk Robot

Es un producto del paquete de softwares BIM de Autodesk pudiendo compatibilizar y enviar la información del modelo a Revit. Este vínculo permite realizar un diseño iterativo desde Revit para complementar el análisis desde Robot y finalmente intercambiar datos de salida. El programa proporciona a los ingenieros estructurales simulaciones avanzadas y análisis de elementos estructurales para estructuras grandes y complejas. Tiene la capacidad de tener opciones flexibles de procesado, simulación de cargas de viento y una auto discretización fina de la estructura. Al igual que otros programas, puede diseñar estructuras de hormigón armado y de acero basándose en más de cuarenta códigos internacionales.

Podemos datar el primer programa relacionado con Robot Structures en 1985 para el sistema operativo DOS. En 1988, nace Robobat Inc. en Francia y Robot Structures se convierte en el primer programa líder en ingeniería estructural y civil, expandiéndose unos años después por más ciudades de Francia y Polonia. Posteriormente en 1992, Robot Structures se reprograma en C/C++ y se decide cambiarle el nombre a Robot V6 convirtiéndose según una encuesta anual de la Modern Steel Construction Magazine en uno de los mejores softwares de la ingeniería estructural en Estados Unidos. En 1995, Robot V6 se convierte en el paquete de software estructural más grande y completo del mundo, distribuido en cuarenta y dos países entre más de dos mil quinientas compañías.

En 1996, Robobat Inc. presenta Robot DDC el cual combina la potencia de los métodos numéricos con la simplicidad del programa marcando una mejora significativa para el análisis de estructuras de hormigón permitiendo un modelado y diseño rápido de edificios de hormigón armado. Posteriormente, Robobat lanza el primer software de ingeniería estructural para Windows 95, Robot 97.

Ya en el año 1998, la empresa tenía presencia física en Estados Unidos, Reino Unido, Bélgica y Túnez además de estar representada en cincuenta y dos países. En 1999, se firma un acuerdo con Autodesk y Robobat se convierte en parte del grupo desarrollador y distribuidor de la empresa. Después en el año 2000, Robobat lanza Robot Millennium permitiendo enlazar a los usuarios edificios con terceras aplicaciones. En el año 2001, en cooperación con ANSYS, líder internacional que diseña y desarrolla soluciones de simulación de ingeniería, lanza al mercado un nuevo producto que desarrolla soluciones para cálculos de hormigón armado. Un año después, lanzan dos softwares para detalles de soluciones en CAD, RCAD Steel y RCAD Reinforcement e integran un modelador en Robot Millennium en colaboración con varias empresas de ingeniería. Tras un desarrollo significativo en el área mecánica, Robobat se convierte en el distribuidor principal de ANSYS en Francia.

Entre 2004 y 2005, Robobat lanza una nueva generación de softwares de prediseño de estructuras de hormigón armado en colaboración con ANSYS e integra Robot Millennium con Revit en colaboración con Autodesk.

Finalmente, en 2008, tras ser certificado Robobat por la ISO 9001 y lanzar nuevas extensiones para Revit, Autodesk adquiere Robobat Inc.

3.3.1 Descripción del programa e instrucciones utilizadas

Por todo esto, utilizaremos el software Robot para el análisis de la estructura y para realizar las comprobaciones según las normativas que apliquen en nuestro caso.

En primer lugar, exportamos la estructura desde Revit a Robot mediante el comando de la Figura 3-10.

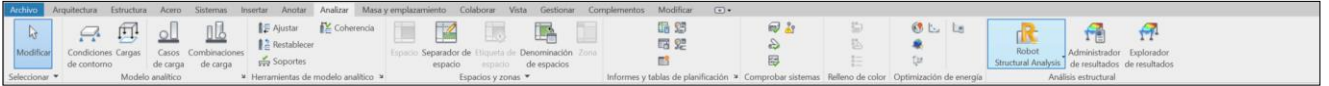


Figura 3-10 Exportar a Robot

Una vez completada la exportación debemos seleccionar desde la pestaña de estructura el tipo de estructura, en nuestro caso, pórtico espacial (Figura 3-11). En esta figura se visualiza el entorno de trabajo del programa desde el módulo de inicio.

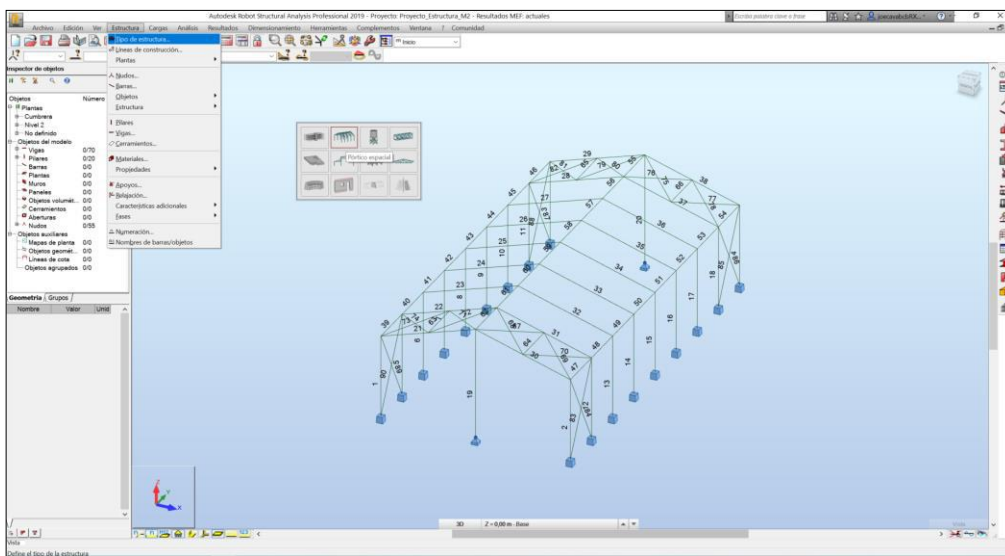


Figura 3-11 Inicio Robot y selección del tipo de la estructura

Previamente al análisis de la estructura, debemos comprobar y definir algunos parámetros importantes como las unidades del proyecto (Figura 3-12) y los materiales (Figura 3-13)

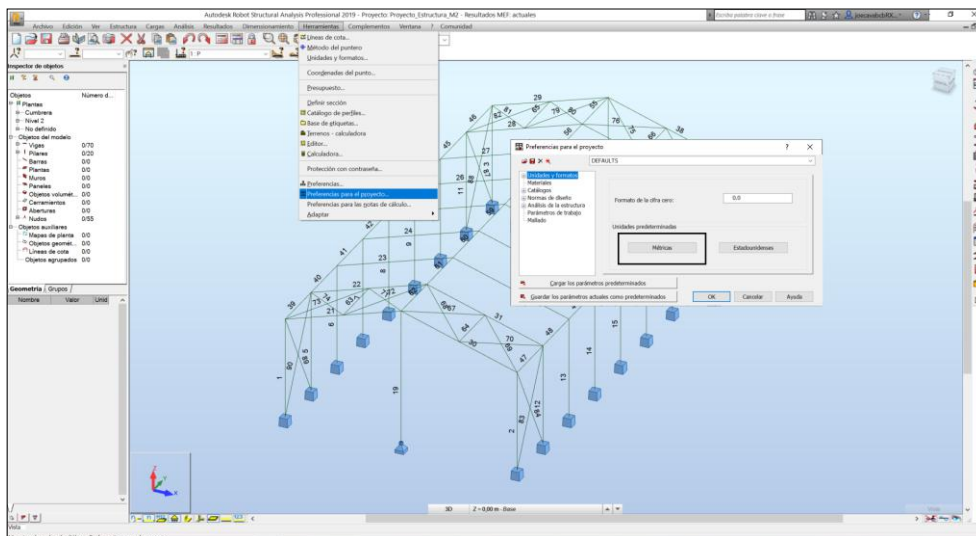


Figura 3-12 Unidades del proyecto

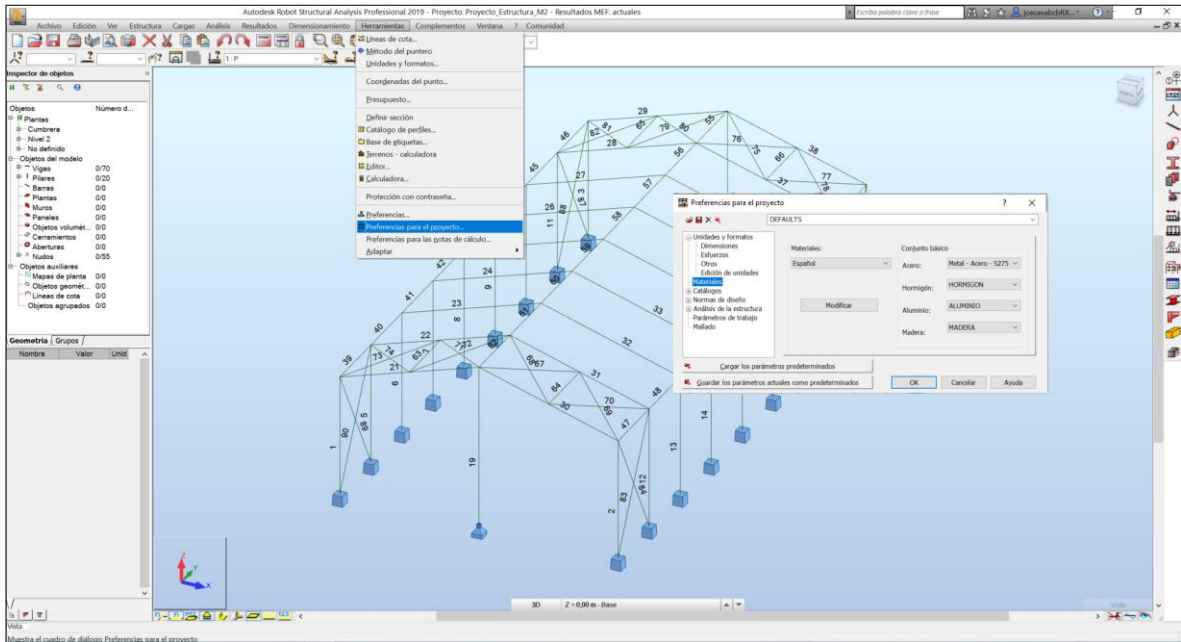


Figura 3-13 Materiales del proyecto

Por otro lado, debemos fijar las normas de cálculo en las cuales nos basaremos para realizar las comprobaciones últimas y de servicio (Figura 3-14). En nuestro caso, seleccionamos el DB-SE para las combinaciones de carga, el DB-SE AE para las acciones climáticas y la NCSR-02 para comprobaciones sísmicas.

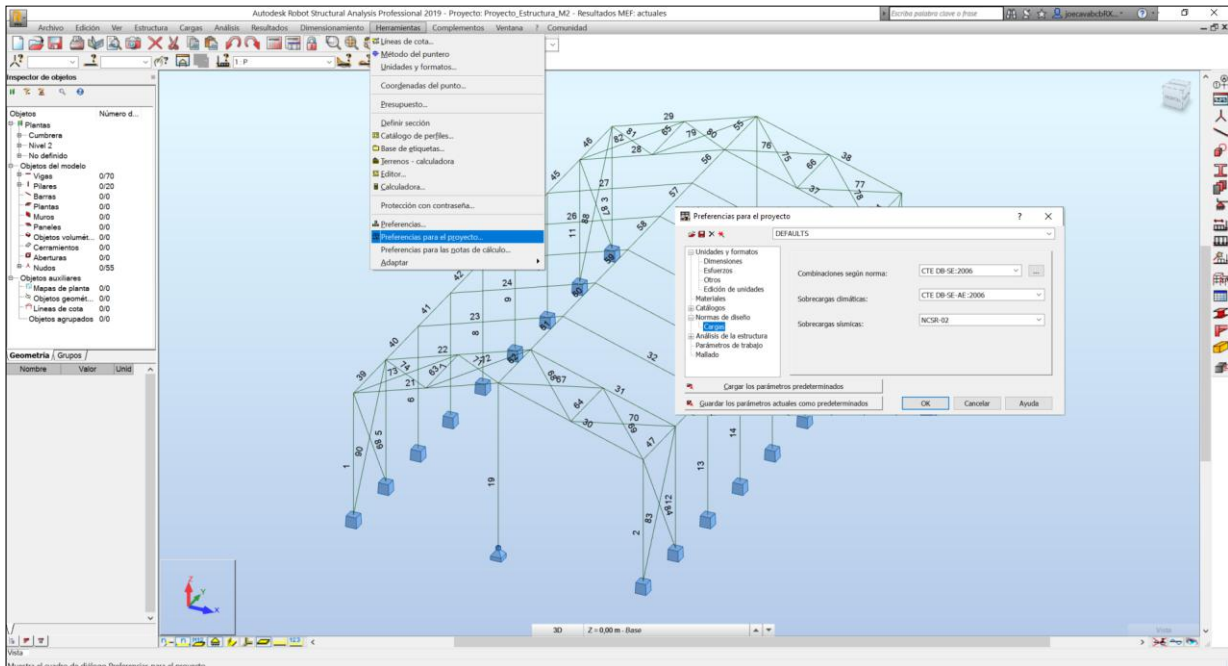


Figura 3-14 Normas de cálculo

Para terminar, fijamos los parámetros del mallado en elementos finitos de la estructura (Figura 3-15).

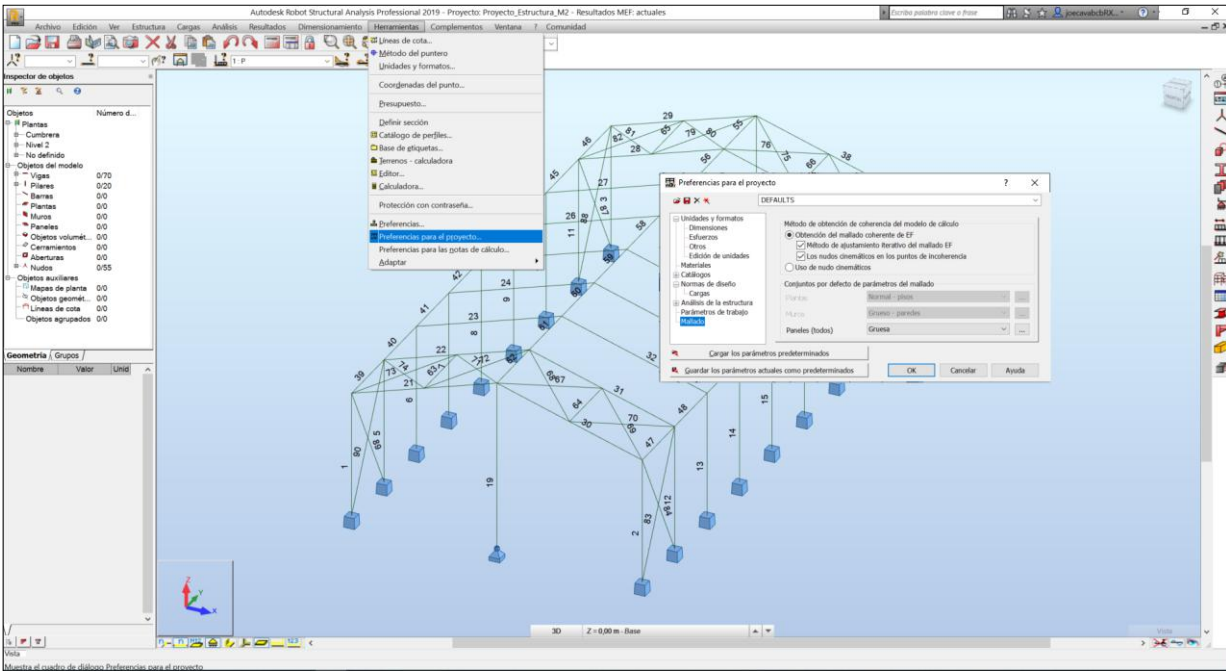


Figura 3-15 Parámetros del mallaado

Para el dimensionamiento, debemos cambiar al módulo de dimensionamiento de acero (Figura 3-16). Desde aquí se definen las condiciones de pandeo y la limitación de flechas.

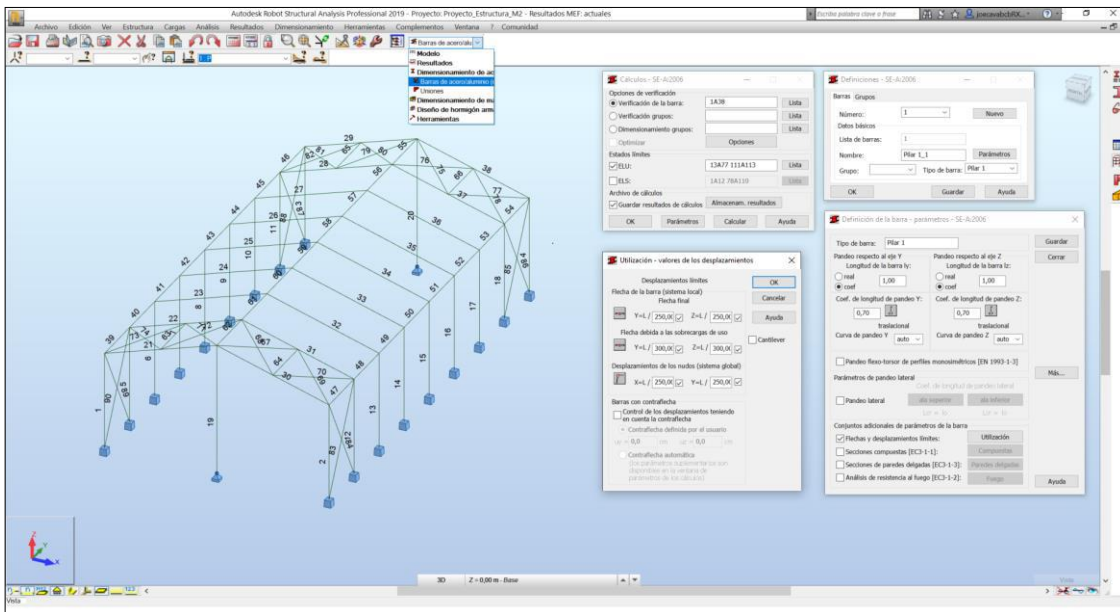


Figura 3-16 Dimensionamiento de estructura Robot

Una vez definido estos parámetros, realizamos la comprobación de ELU (Figura 3-17) y ELS (Figura 3-18).

[16:03:2021] : [20:36:38] SE-A:2006 - Verificación de las barras (ELU) 1A90

Resultados Mensajes

Barra	Perfil	Material	Lav	Laz	Solicit	Caso
1 Pilar 1 1	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	69.16	0.26	19 ELU 7
2 Pilar 1 2	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	69.16	0.22	19 ELU 7
3 Pilar 1 3	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	69.16	0.22	28 ELU 16
4 Pilar 1 4	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	69.16	0.26	28 ELU 16
5 Pilar 2 5	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.38	28 ELU 16
6 Pilar 2 6	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.60	28 ELU 16
7 Pilar 2 7	HEB 300	Metal - Acero - S	37.71	92.36	0.78	14 ELU 2
8 Pilar 2 8	HEB 300	Metal - Acero - S	37.71	92.36	0.79	14 ELU 2
9 Pilar 2 9	HEB 300	Metal - Acero - S	37.71	92.36	0.78	14 ELU 2
10 Pilar 2 10	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.53	14 ELU 2
11 Pilar 2 11	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.42	22 ELU 10
12 Pilar 2 12	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.42	31 ELU 19
13 Pilar 2 13	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.53	14 ELU 2
14 Pilar 2 14	HEB 300	Metal - Acero - S	37.71	92.36	0.78	14 ELU 2
15 Pilar 2 15	HEB 300	Metal - Acero - S	37.71	92.36	0.79	14 ELU 2
16 Pilar 2 16	HEB 300	Metal - Acero - S	37.71	92.36	0.78	14 ELU 2
17 Pilar 2 17	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.60	19 ELU 7
18 Pilar 2 18	HEB 280	Metal - Acero - S	40.46	98.80	0.38	19 ELU 7
19 Pilar 2 19	HEA 280	Metal - Acero - S	56.09	135.76	0.20	19 ELU 7
20 Pilar 2 20	HEA 280	Metal - Acero - S	56.09	135.76	0.20	28 ELU 16
21 Dintel 1 21	IPE 220	Metal - Acero - S	92.59	40.87	0.75	19 ELU 7
22 Dintel 1 22	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.24	14 ELU 2
23 Dintel 2 23	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.31	111 ELU 52
24 Dintel 2 24	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.27	111 ELU 52
25 Dintel 2 25	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.25	14 ELU 2
26 Dintel 2 26	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.27	55 ELU 43
27 Dintel 2 27	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.31	55 ELU 43
28 Dintel 1 28	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.24	14 ELU 2
29 Dintel 1 29	IPE 220	Metal - Acero - S	92.59	40.87	0.73	55 ELU 43
30 Dintel 1 30	IPE 220	Metal - Acero - S	92.59	40.87	0.73	111 ELU 52
31 Dintel 1 31	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.24	14 ELU 2
32 Dintel 2 32	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.31	111 ELU 52
33 Dintel 2 33	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.27	111 ELU 52
34 Dintel 2 34	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.25	14 ELU 2
35 Dintel 2 35	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.27	55 ELU 43
36 Dintel 2 36	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.31	55 ELU 43
37 Dintel 1 37	IPE 300	Metal - Acero - S	67.72	30.23	0.24	14 ELU 2
38 Dintel 1 38	IPE 220	Metal - Acero - S	92.59	40.87	0.75	28 ELU 16
39 Viga 1 39	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.07	19 ELU 7
40 Viga 1 40	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
41 Viga 1 41	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
42 Viga 1 42	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
43 Viga 1 43	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
44 Viga 1 44	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
45 Viga 1 45	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
46 Viga 1 46	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.06	28 ELU 16
47 Viga 1 47	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.06	19 ELU 7
48 Viga 1 48	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
49 Viga 1 49	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2
50 Viga 1 50	IPE 120	Metal - Acero - S	77.69	263.27	0.10	14 ELU 2

Nota de cál. Cerrar Ayuda

Puntos de cálculo
 división: n = 3
 extremos : ninguno
 adicionales : ninguno

Figura 3-17 Comprobaciones ELU Robot

[16:03:2021] : [20:36:35] SE-A:2006 - Verificación de las barras (ELS) 1A38

Resultados Mensajes

Barra	Perfil	Material	Ratio(uy)	Caso (uy)	Ratio(uz)	Caso (uz)	Ratio(vx)	Caso (vx)	Ratio(vv)	Caso (vv)
37 Dintel 1 37	IPE 300	Metal - Acero - S	0.02	0.5*4 + 1*10	0.27	78 ELS 1	-	-	-	-
36 Dintel 2 36	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	8 V2 - 90°	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
35 Dintel 2 35	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	8 V2 - 90°	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
34 Dintel 2 34	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	1*10 + 0.5*12	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
33 Dintel 2 33	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	1*10 + 0.5*12	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
32 Dintel 2 32	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	91 ELS 14	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
31 Dintel 1 31	IPE 300	Metal - Acero - S	0.02	1*11	0.27	78 ELS 1	-	-	-	-
28 Dintel 1 28	IPE 300	Metal - Acero - S	0.02	1*8	0.27	78 ELS 1	-	-	-	-
27 Dintel 2 27	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	94 ELS 17	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
26 Dintel 2 26	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	8 V2 - 90°	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
25 Dintel 2 25	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	11 V4 - 270°	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
24 Dintel 2 24	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	94 ELS 17	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
23 Dintel 2 23	IPE 300	Metal - Acero - S	0.00	1*7	0.26	78 ELS 1	-	-	-	-
22 Dintel 1 22	IPE 300	Metal - Acero - S	0.02	1*11	0.27	78 ELS 1	-	-	-	-
38 Dintel 1 38	IPE 220	Metal - Acero - S	0.34	0.5*4 + 1*10	0.53	1*8	-	-	-	-
30 Dintel 1 30	IPE 220	Metal - Acero - S	0.36	0.5*4 + 1*7	0.54	1*11	-	-	-	-
29 Dintel 1 29	IPE 220	Metal - Acero - S	0.36	0.5*4 + 1*10	0.54	1*8	-	-	-	-
21 Dintel 1 21	IPE 220	Metal - Acero - S	0.34	0.5*4 + 1*7	0.53	1*11	-	-	-	-

Nota de cál. Cerrar Ayuda

Puntos de cálculo
 división: n = 3
 extremos : ninguno
 adicionales : ninguno

Figura 3-18 Comprobaciones ELS Robot

Por último, para visualizar los diagramas de esfuerzos y los desplazamientos podemos utilizar el módulo de resultados. Dependiendo de lo que queramos observar, seleccionaremos en la ventana de diagramas la pestaña de NTM (Figura 3-19) o deformación (Figura 3-20).

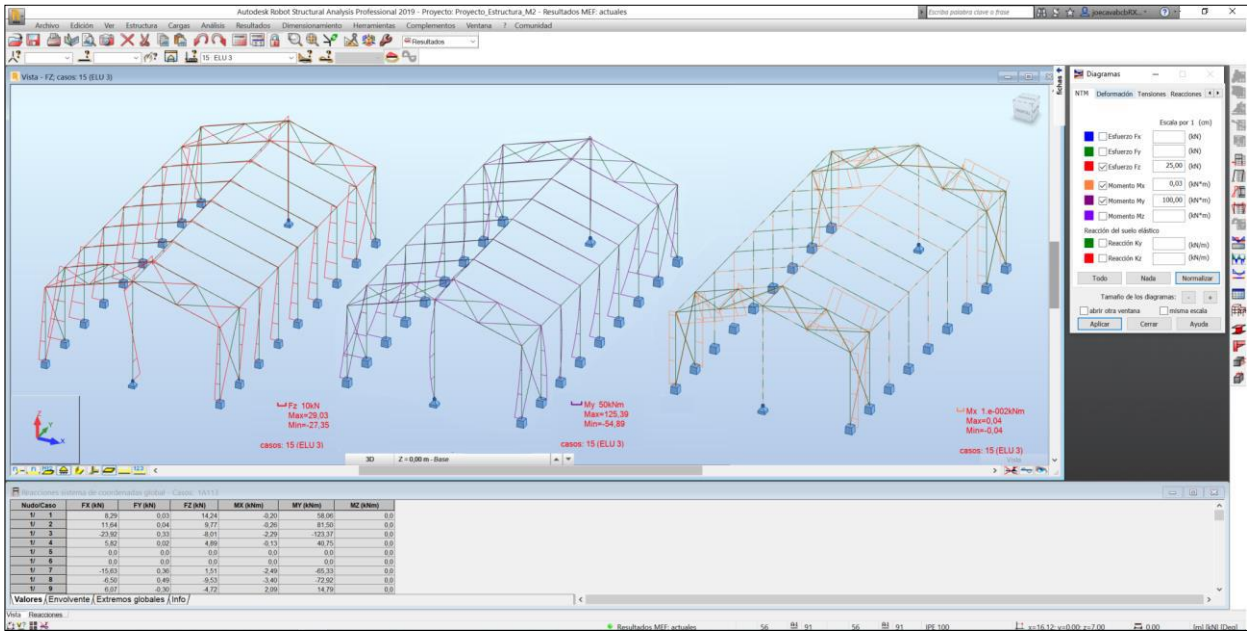


Figura 3-19 Esfuerzos Robot

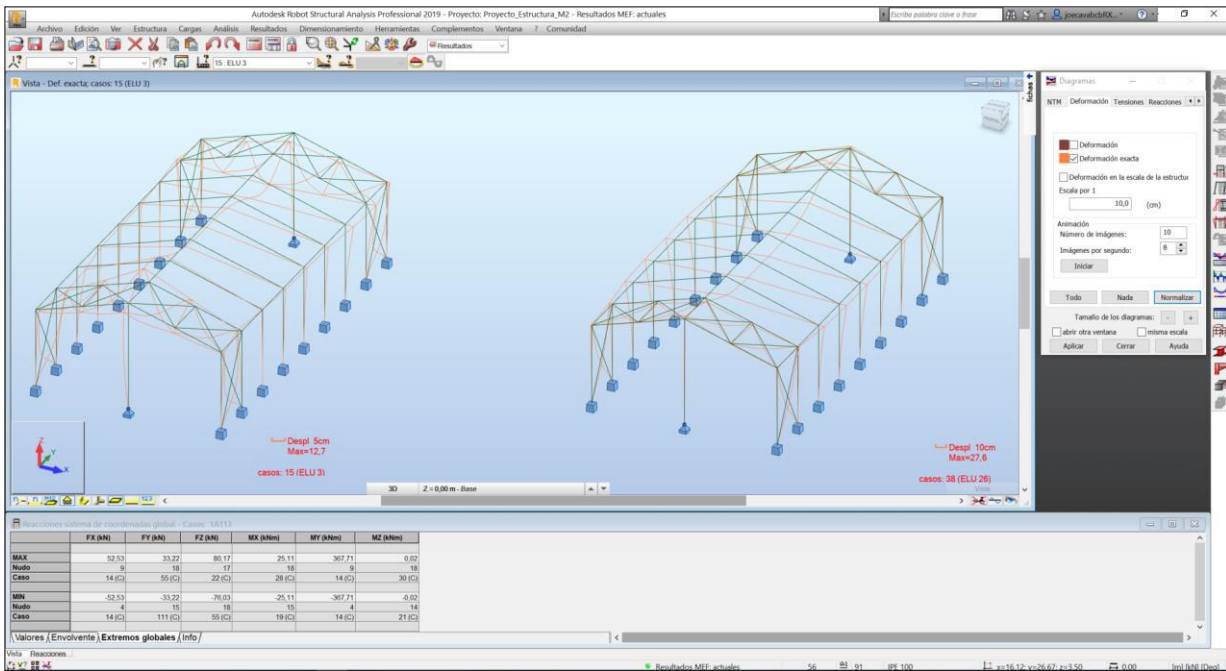


Figura 3-20 Deformación Robot

4 ACCIONES

4.1 Cargas permanentes

En lo que respecta a las acciones permanentes, se ha considerado el peso propio de la cubierta, el peso propio de las correas que sustentan la misma y el peso propio de las barras de la estructura. Estas cantidades son las siguientes:

4.1.1 Peso propio

- Peso propio de la cubierta: $0,13 \text{ kN/m}^2$
- Peso propio de las correas: $0,02 \text{ kN/m}^2$
- Peso propio de las barras: Includido automáticamente por el programa de cálculo
- Peso propio total: $0,15 \text{ kN/m}^2$
 - Carga lineal para 1 vano: $0,15 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} = 0,58 \text{ kN/m}$ (Figura 4-1)
 - Carga lineal para $\frac{1}{2}$ vano: $0,15 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} = 0,29 \text{ kN/m}$ (Figura 4-2)

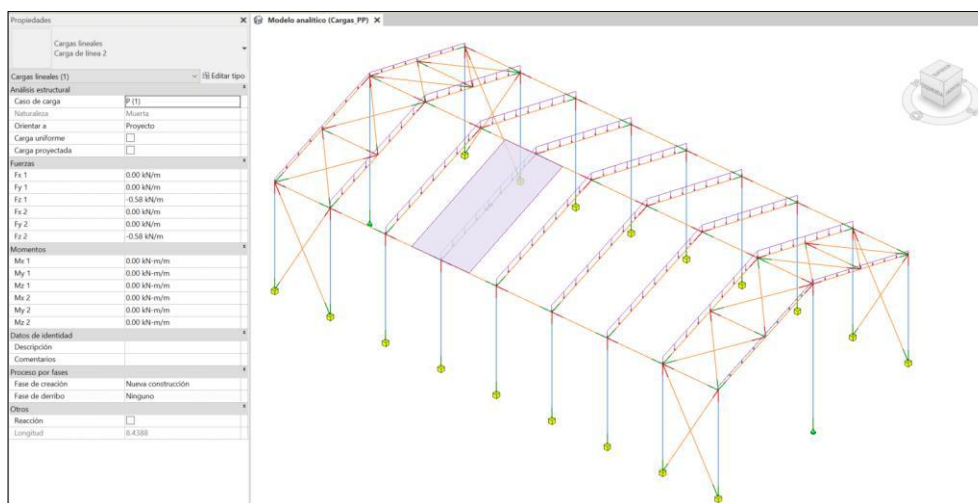


Figura 4-1 Peso propio 1 vano

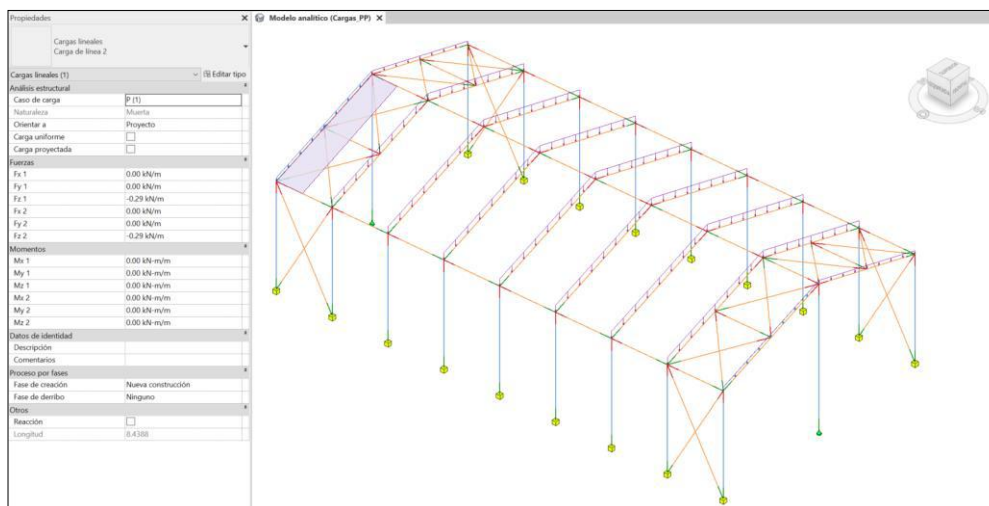


Figura 4-2 Peso propio $\frac{1}{2}$ vano

4.2 Cargas variables

Por otro lado, las acciones variables consideradas se han calculado según el CTE DB SE-AE. Estas son las siguientes:

4.2.1 Sobrecarga de uso

Se identifica en el proyecto una sobrecarga de uso en cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) accesibles para conservación según la tabla de Figura 4-3 de 0,4 kN/m² en proyección horizontal no concomitante con el resto de las acciones.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾ ⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

⁽³⁾ Para cubiertas con un inclinación entre 20° y 40°, el valor de q_k se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías G1 y G2.
⁽⁴⁾ El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.
⁽⁵⁾ Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m².
⁽⁷⁾ Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Figura 4-3 Valores de sobrecargas de uso

- Carga lineal para 1 vano: $0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = 1,46 \text{ kN/m}$ (Figura 4-4)

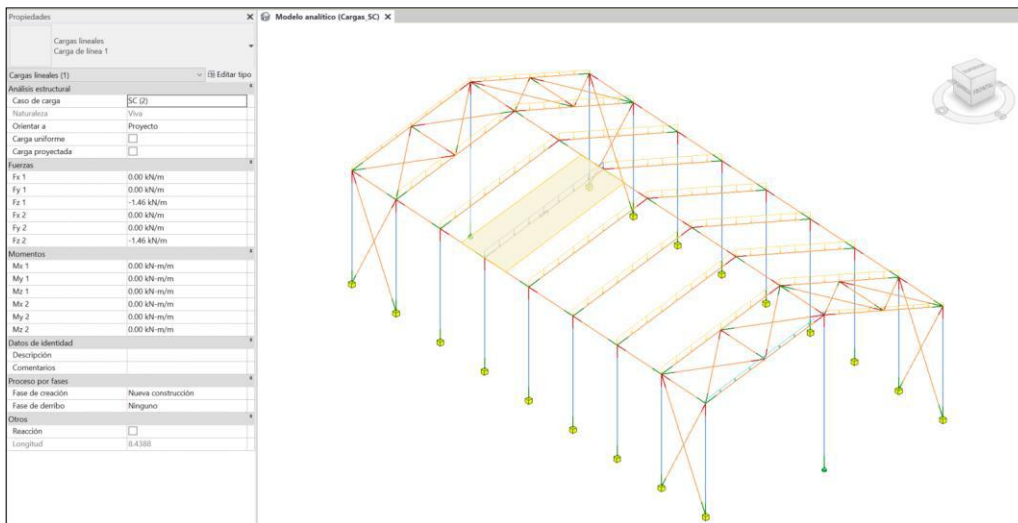


Figura 4-4 Sobrecarga de uso 1 vano

- Carga lineal para $\frac{1}{2}$ vano: $0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = 0,73 \text{ kN/m}$ (Figura 4-5)

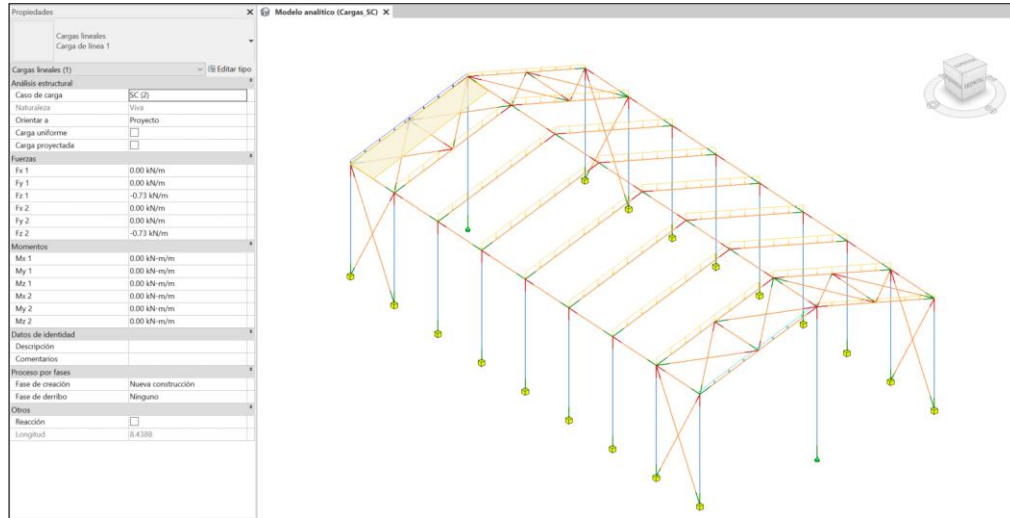


Figura 4-5 Sobrecarga de uso $\frac{1}{2}$ vano

4.2.2 Carga de viento

En lo que respecta a la carga de viento (Figura 4-6), tal y como marca el DB SE-AE se considerará para el cálculo dos direcciones ortogonales en sus dos sentidos. Según la orientación de nuestro proyecto, se considera carga de viento norte, oeste, sur y este con sus respectivas hipótesis redundantes de presión y succión.

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p \quad (3.1)$$

siendo:

- q_b la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse $0,5 \text{ kN/m}^2$. Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.
- C_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.
- C_p el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

Figura 4-6 Carga de viento (q_e)

El primer término, relativo a la presión dinámica del viento (q_b), lo obtenemos según el mapa de valores básicos de la velocidad del viento (Figura 4-7) siendo para la localidad objeto del proyecto de $0,42 \text{ kN/m}^2$.

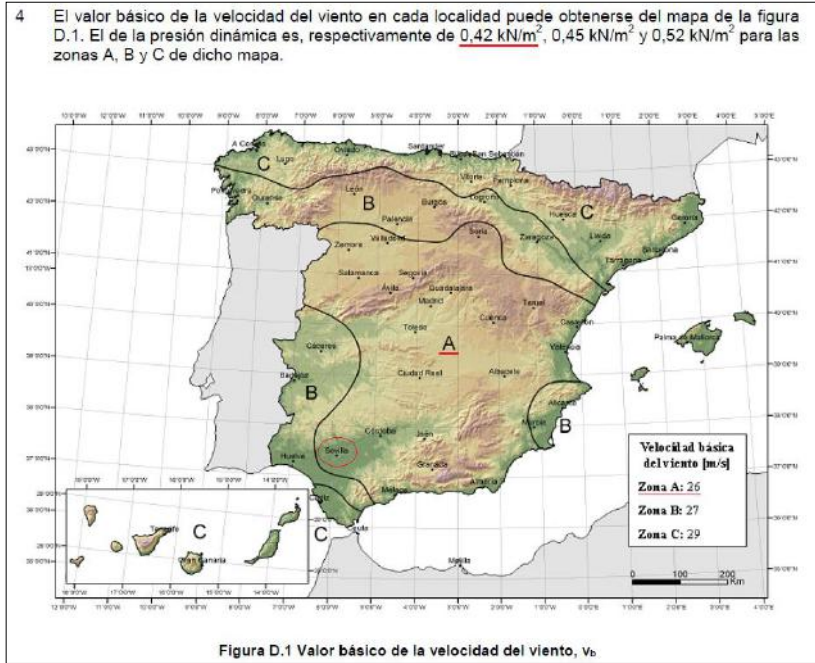


Figura 4-7 Presión dinámica del viento (q_b)

El segundo término, relativo al coeficiente de exposición (c_e), se puede calcular según la tabla de la Figura 4-8 para una zona urbana en general, industrial o forestal.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 4-8 Coeficiente de exposición (c_e)

Considerando una altura de rasante media de 3,5 m para los paramentos verticales y de 4,75 m para la cubierta obtenemos un valor del coeficiente de exposición interpolado de 1,32 y 1,36, respectivamente.

Adicionalmente, se puede calcular de forma más precisa dicho coeficiente según las expresiones de la Figura 4-9.

D.2 Coeficiente de exposición

1 El coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7k) \quad (D.2)$$

$$F = k \ln(\max(z, Z) / L) \quad (D.3)$$

siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Figura 4-9 Coeficiente de exposición según anejo D (c_e)

Considerando las mismas alturas que en el apartado anterior, obtenemos tanto para los paramentos verticales como para la cubierta un coeficiente de exposición de 1,34.

Finalmente, consideramos para el cálculo de la carga de viento el coeficiente de exposición de 1,34 al ser este más preciso y al estar unificado en un solo valor.

Para el cálculo del coeficiente eólico (c_p), tenemos que acudir a la tabla de la Figura 4-10 relativa a los coeficientes eólicos en los paramentos verticales. En esta tabla en función del área, la cual por regla general será siempre mayor de 10 m², y a su vez en función de la esbeltez del edificio en la dirección del viento, establece unos valores positivos (presión) y negativos (succión) de coeficientes eólicos según la zona del edificio.

Tabla D.3 Paramentos verticales

Ejemplos de alzados

Viento θ

Planta

$e = \min(b, 2h)$

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Figura 4-10 Coeficiente eólico en paramentos verticales (c_p)

A diferencia con los coeficientes eólicos en cubiertas, la Figura 4-10 anteriormente mencionada es válida para

todas las direcciones del viento. Bastará con orientar la nave con la cara que da al viento (zona D) y calcular correctamente la esbeltez en la dirección correspondiente.

Para los paramentos verticales cuando el viento sopla en la dirección oeste, obtenemos el esquema de la Figura 4-11. Respecto a los coeficientes eólicos, obtenemos los coeficientes de la Tabla 1 donde se resalta la interpolación lineal para las zonas D y E, marcadas en la figura anterior. Esto es debido a que obtenemos una esbeltez de la nave en la dirección del viento ente dos valores de la tabla.

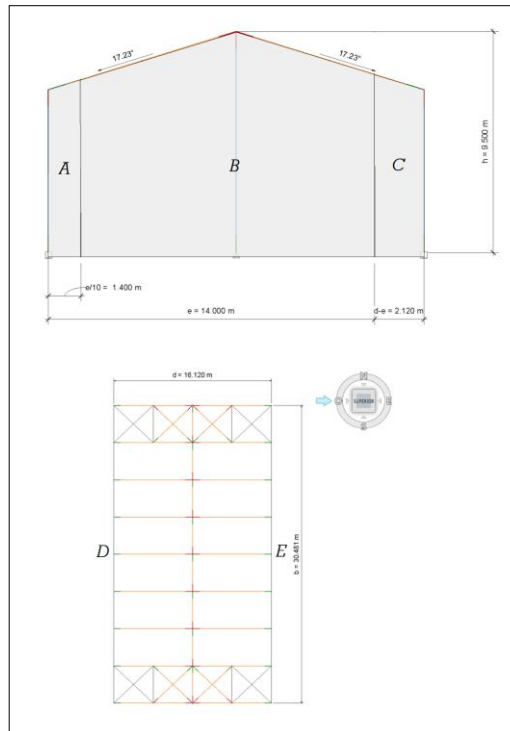


Figura 4-11 Esquema viento oeste paramentos verticales

Viento Oeste – Paramentos Verticales	
A (m²)	213,5
h (m)	9,50
d (m)	16,12
h/d	0,59
e (m)	14,00
c_s – Zona A	-1,20
c_s – Zona B	-0,80
c_s – Zona C	-0,50
c_p – Zona D	0,75
c_s – Zona E	-0,32

Tabla 1 Coeficientes eólicos paramentos verticales viento oeste

Para la cubierta, debemos acudir a la Figura 4-12 la cual nos marca los coeficientes eólicos para distintas zonas en la cubierta. Cabe destacar que en esta dirección se aprecian dos valores en cada zona por lo cual se considerarán como hipótesis distintas. Es decir, en esta dirección tendremos dos hipótesis de carga, una relativa a viento de succión (valores negativos) y otra de presión (valores positivos). Mientras en los paramentos verticales no hubiera sido necesaria la interpolación lineal, en este caso si es necesaria debido a que no hay un valor exacto para nuestra pendiente y estos varían notablemente de una pendiente a otra tal y como puede apreciarse en la Figura 4-12.

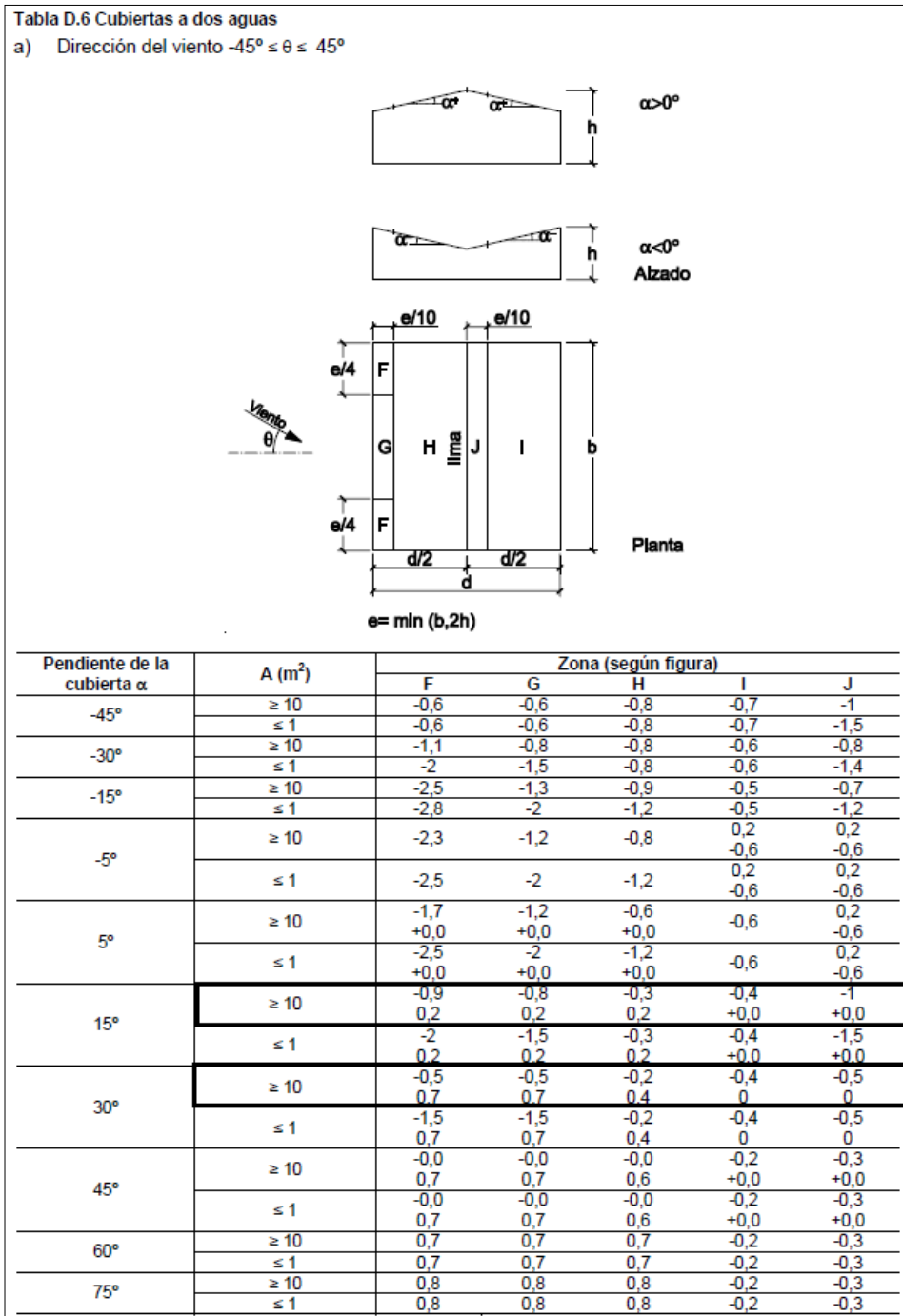


Figura 4-12 Coeficiente eólico en cubiertas (c_p o c_s) viento oeste

Dicho esto, cuando el viento sopla en la dirección oeste, obtenemos en la cubierta el esquema de la Figura 4-13. Los resultados de los coeficientes interpolados son los contenidos en la siguiente tabla (Tabla 2).

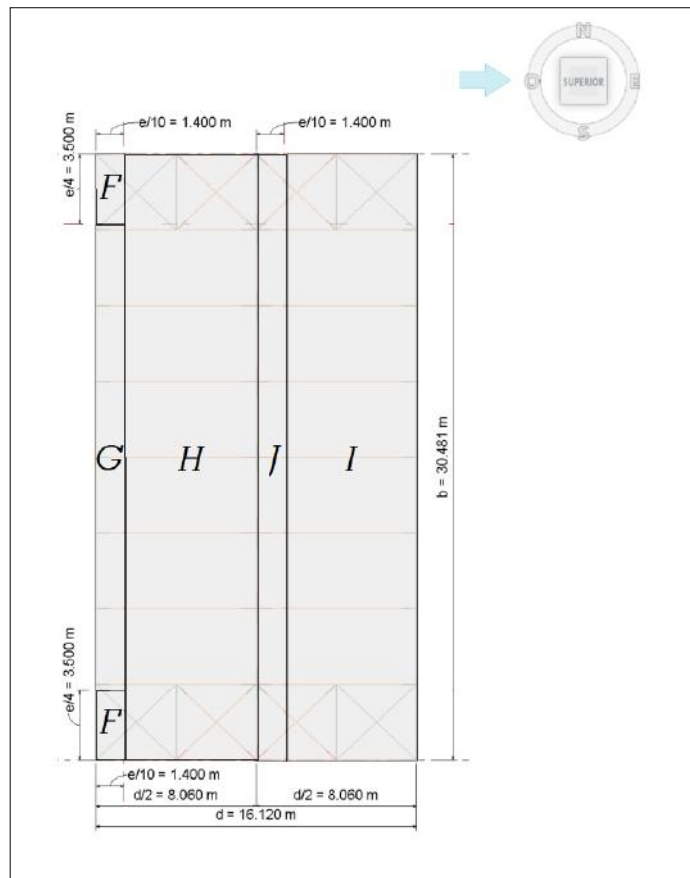


Figura 4-13 Esquema viento oeste cubierta

Viento Oeste – Cubierta (Hipótesis 1)		Viento Oeste – Cubierta (Hipótesis 2)	
A (m²)	213,5	A (m²)	213,5
h (m)	9,50	h (m)	9,50
d (m)	16,12	d (m)	16,12
α (°)	17,25	α (°)	17,25
e (m)	14,00	e (m)	14,00
c_s – Zona F	-0,84	c_p – Zona F	0,28
c_s – Zona G	-0,76	c_p – Zona G	0,28
c_s – Zona H	-0,29	c_p – Zona H	0,23
c_s – Zona I	-0,40	c_p – Zona I	0,00
c_s – Zona J	-0,32	c_p – Zona J	0,00

Tabla 2 Coeficientes eólicos cubierta viento oeste

Una vez obtenidos todos los coeficientes eólicos, calculamos finalmente las cargas de viento sobre todas las zonas marcadas anteriormente y resumidas en la Figura 4-14.

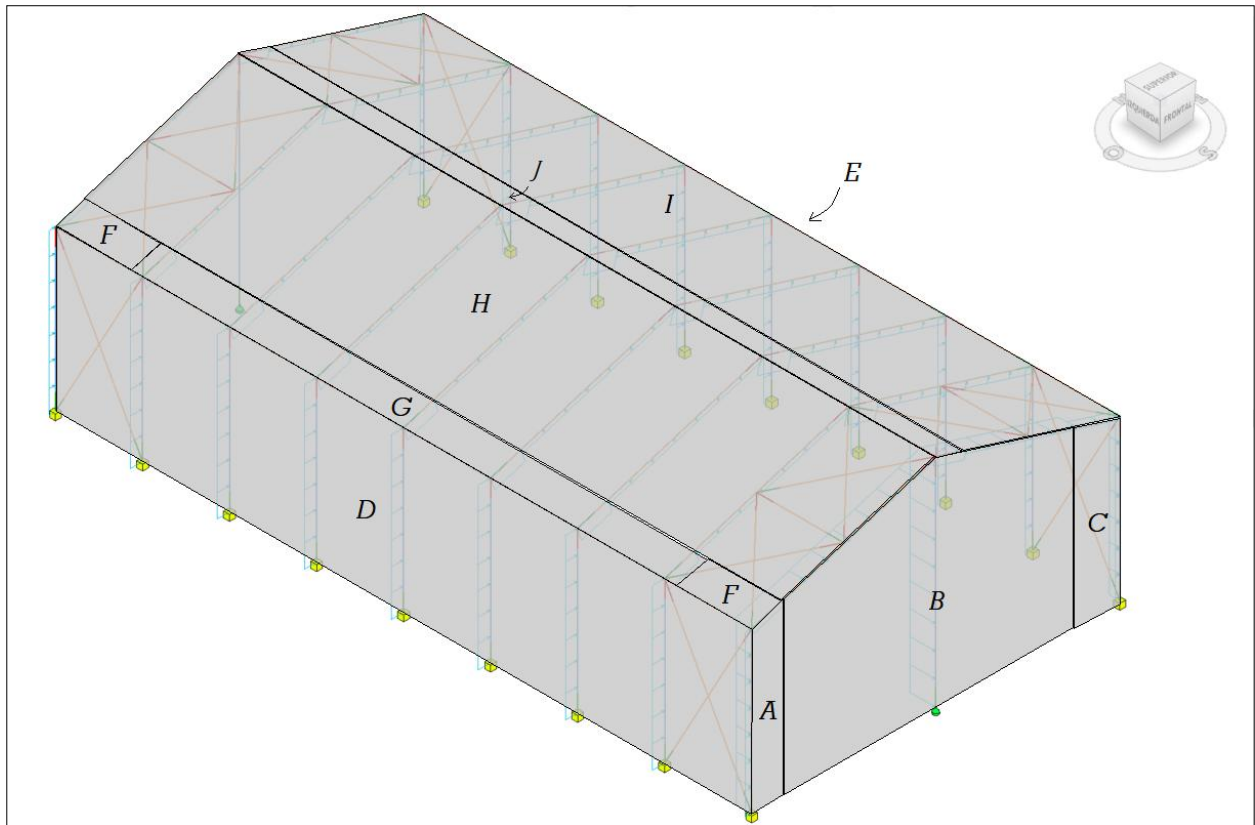


Figura 4-14 Zonas eólicas para viento oeste aplicadas a la nave

Los resultados obtenidos en kN/m^2 son los de la siguiente tabla (Tabla 3)

Carga Viento Oeste – Cubierta (Hipótesis 1)		Carga Viento Oeste – Cubierta (Hipótesis 2)	
q_e – Zona A	-0,706 kN/m^2	q_e – Zona A	-0,706 kN/m^2
q_e – Zona B	-0,470 kN/m^2	q_e – Zona B	-0,470 kN/m^2
q_e – Zona C	-0,294 kN/m^2	q_e – Zona C	-0,294 kN/m^2
q_e – Zona D	0,470 kN/m^2	q_e – Zona D	0,470 kN/m^2
q_e – Zona E	-0,294 kN/m^2	q_e – Zona E	-0,294 kN/m^2
q_e – Zona F	-0,494 kN/m^2	q_e – Zona F	0,162 kN/m^2
q_e – Zona G	-0,444 kN/m^2	q_e – Zona G	0,162 kN/m^2
q_e – Zona H	-0,168 kN/m^2	q_e – Zona H	0,135 kN/m^2
q_e – Zona I	-0,235 kN/m^2	q_e – Zona I	0 kN/m^2
q_e – Zona J	-0,588 kN/m^2	q_e – Zona J	0 kN/m^2

Tabla 3 Cargas de viento oeste

Para poder aplicar las cargas, necesitamos transformarlas de cargas superficiales a cargas lineales

multiplicando por la distancia del área de influencia.

Para la zona D, obtenemos las siguientes cargas en ejes globales:

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} = 1,80 \text{ kN/m}$ (Figura 4-15)

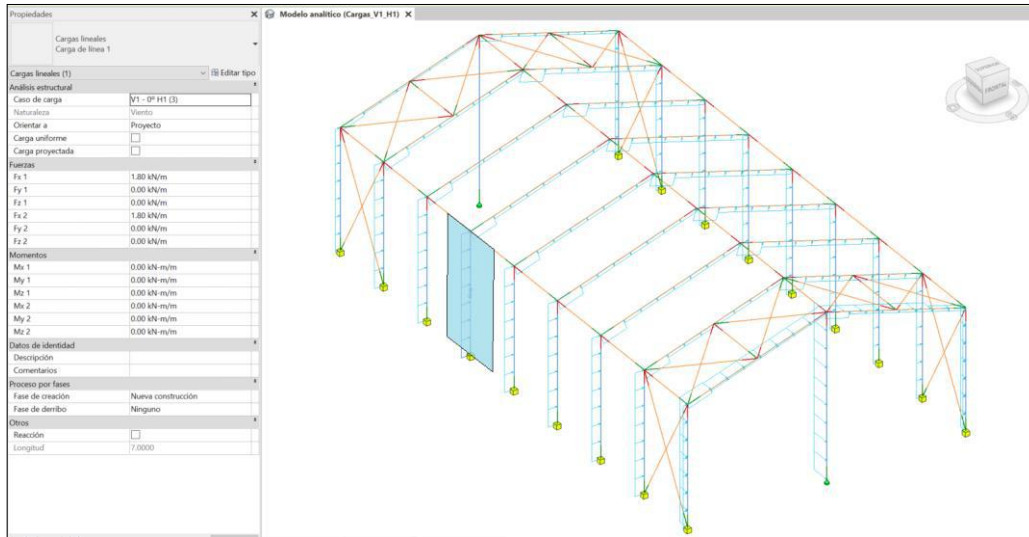


Figura 4-15 Carga de viento oeste zona D 1 vano

- Carga lineal para 1/2 vano (eje x): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} = 0,90 \text{ kN/m}$ (Figura 4-16)

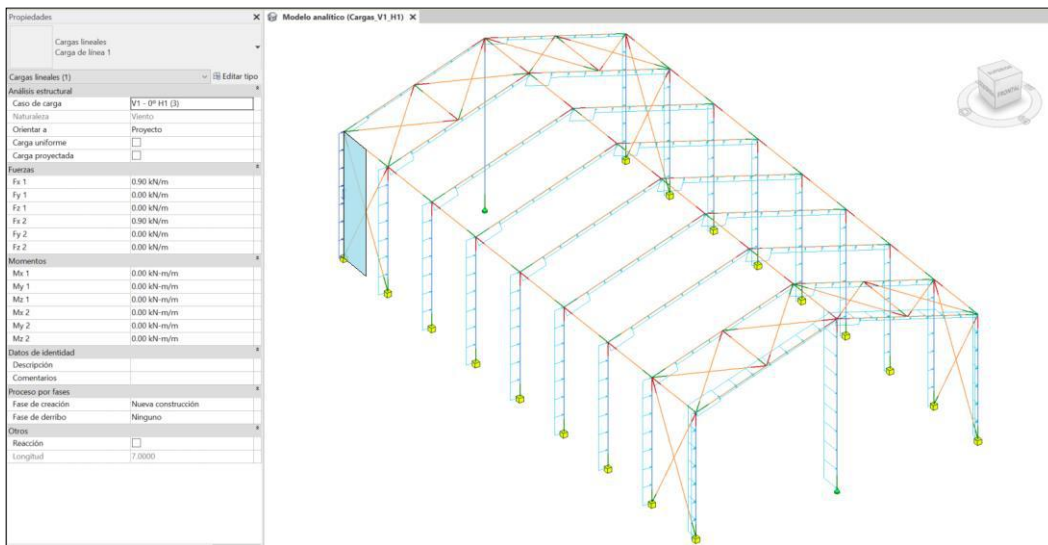


Figura 4-16 Carga de viento oeste zona D 1/2 vano

Para la zona E, obtenemos las siguientes cargas en ejes globales:

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} = 1,13 \text{ kN/m}$ (Figura 4-17)

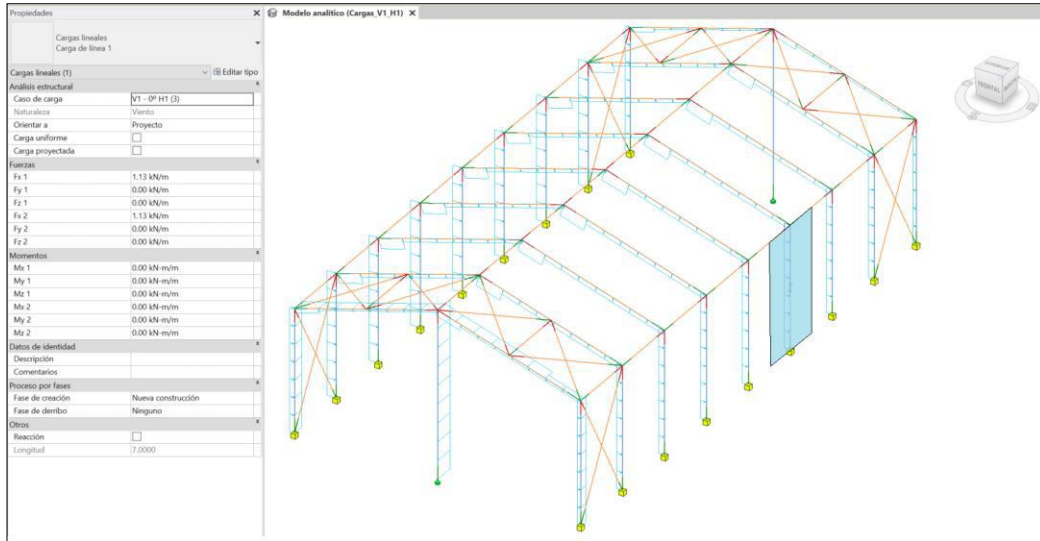


Figura 4-17 Carga de viento oeste zona E 1 vano

- Carga lineal para $\frac{1}{2}$ vano (eje x): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} = 0,57 \text{ kN/m}$ (Figura 4-18)

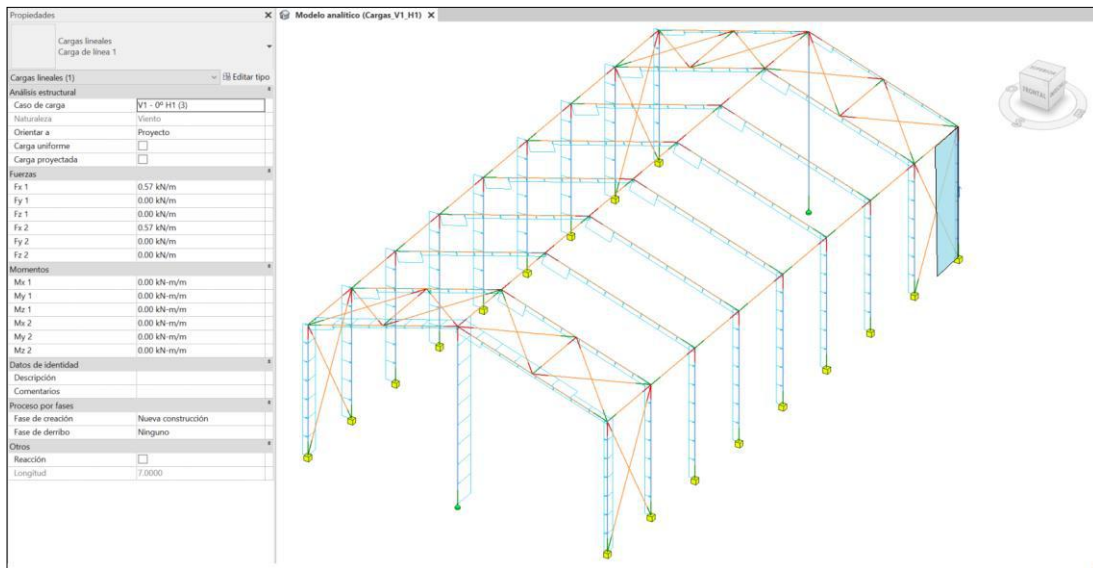


Figura 4-18 Carga de viento oeste E $\frac{1}{2}$ vano

Para las zonas de la cubierta, obtenemos las siguientes cargas en ejes globales:

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,494 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = -0,56 \text{ kN/m}$ (Figura 4-19)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $0,494 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = 1,80 \text{ kN/m}$ (Figura 4-19)

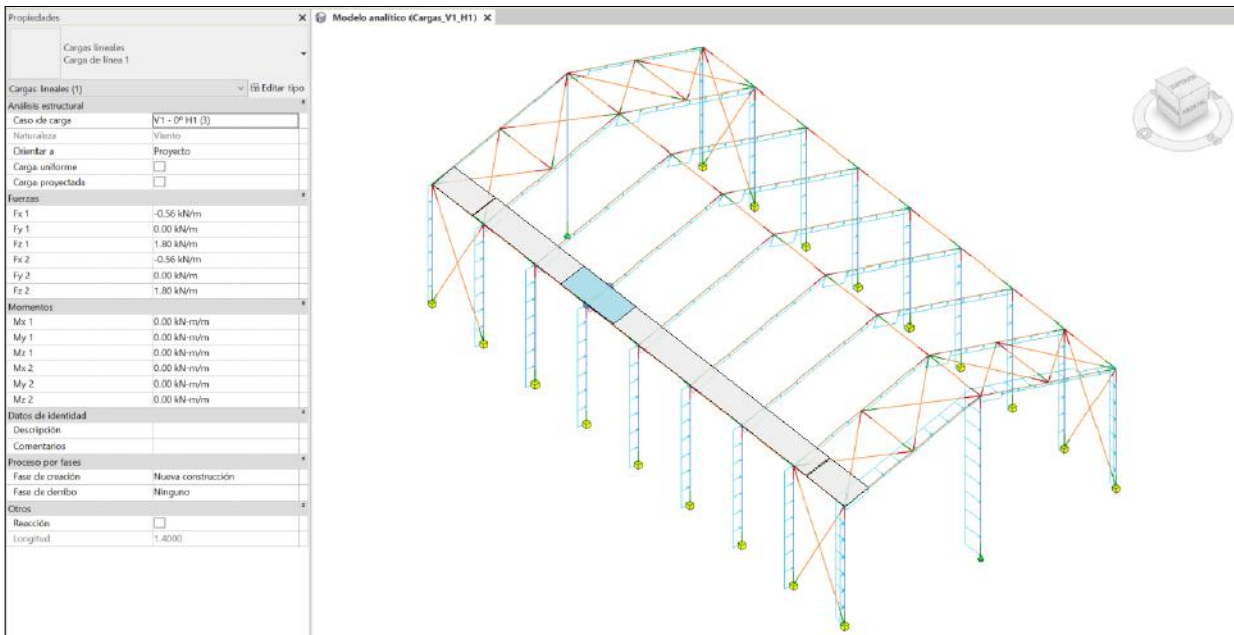


Figura 4-19 Carga de viento oeste zona F 1 vano (hipótesis succión)

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $[0,494 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} + 0,3 \text{ m}) + 0,444 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} - 0,3 \text{ m})] \cdot \text{sen } 17,25^\circ = -0,53 \text{ kN/m}$ (Figura 4-20)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $[0,494 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} + 0,3 \text{ m}) + 0,444 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} - 0,3 \text{ m})] \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 1,69 \text{ kN/m}$ (Figura 4-20)

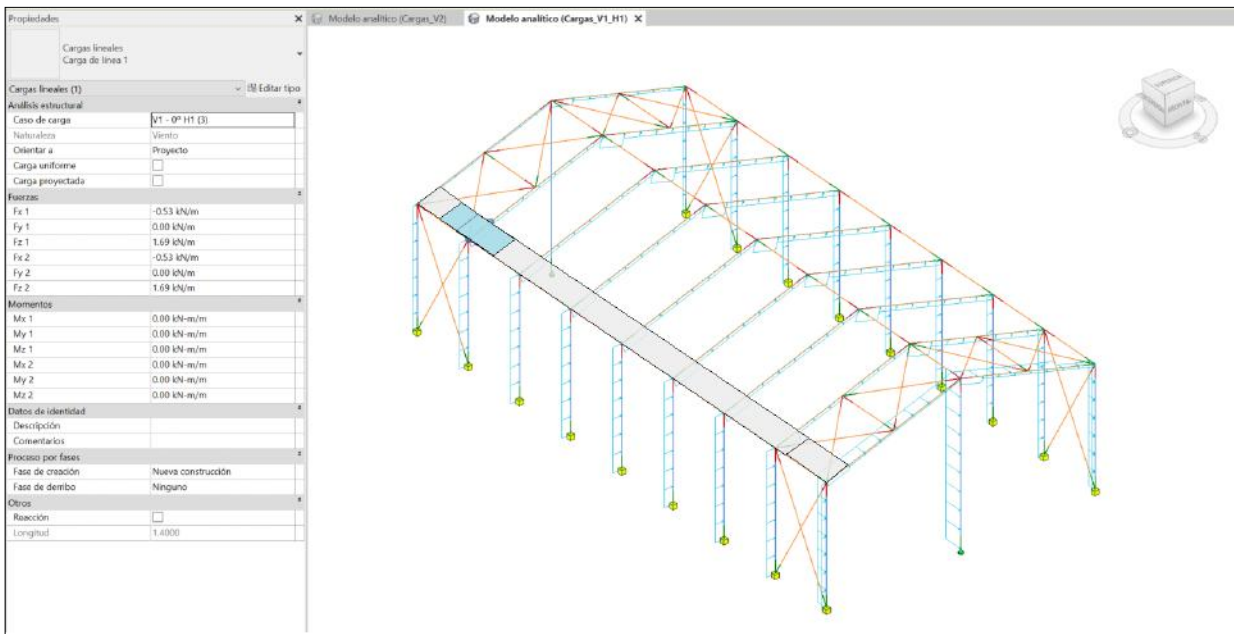


Figura 4-20 Carga de viento oeste zona F y G 1 vano (hipótesis succión)

- Carga lineal para ½ vano (eje x): $0,444 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} \cdot \text{sen } 17,25^\circ = -0,24 \text{ kN/m}$ (Figura 4-21)
- Carga lineal para ½ vano (eje z): $0,444 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 0,77 \text{ kN/m}$ (Figura 4-21)

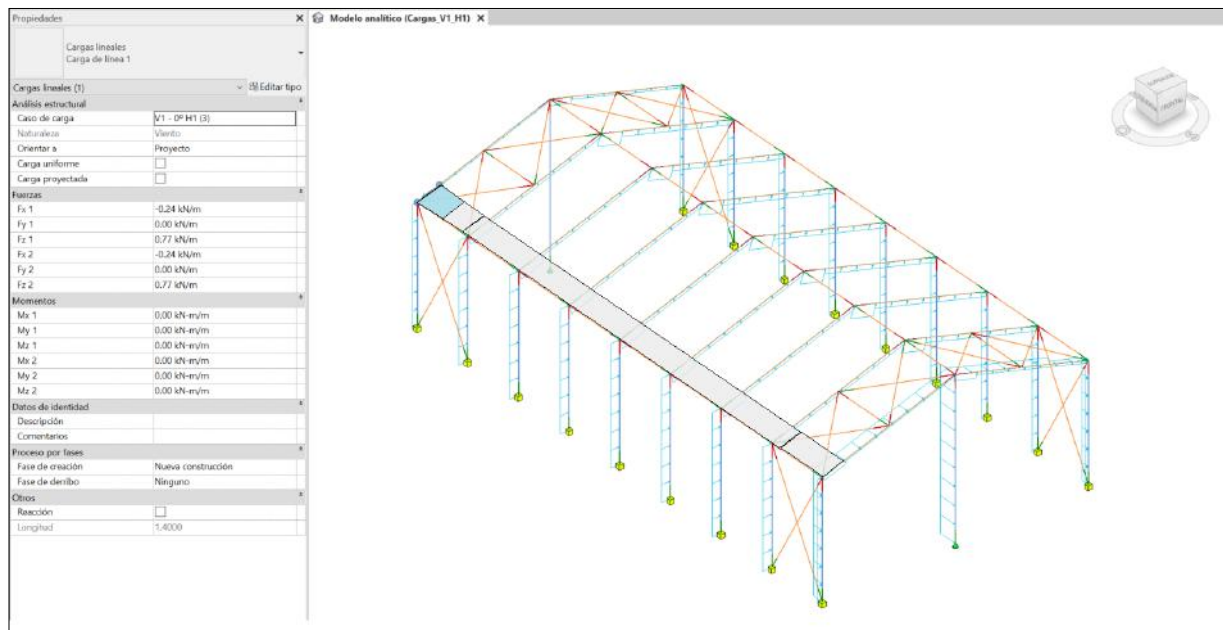


Figura 4-21 Carga de viento oeste zona G ½ vano (hipótesis succión)

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,162 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = 0,19 \text{ kN/m}$ (Figura 4-22)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $0,162 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = -0,59 \text{ kN/m}$ (Figura 4-22)

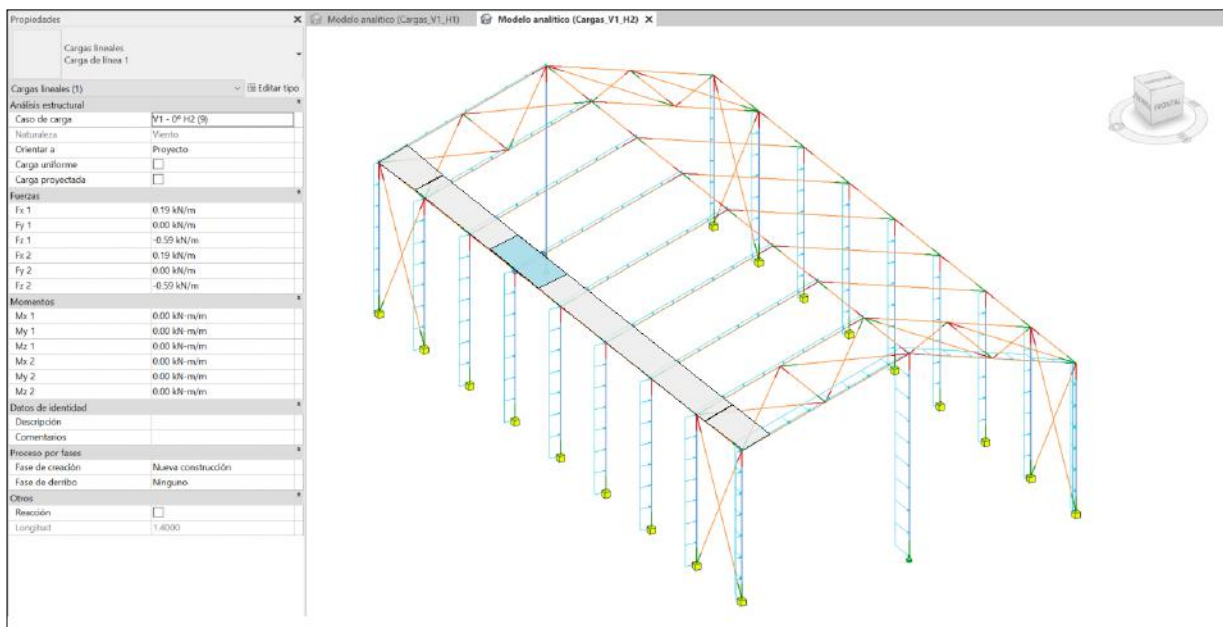


Figura 4-22 Carga de viento oeste zona F 1 vano (hipótesis presión)

- Carga lineal para 1/2 vano (eje x): $0,162 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} \cdot \text{sen } 17,25^\circ = 0,10 \text{ kN/m}$ (Figura 4-23)
- Carga lineal para 1/2 vano (eje z): $0,162 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} \cdot \text{cos } 17,25^\circ = -0,30 \text{ kN/m}$ (Figura 4-23)

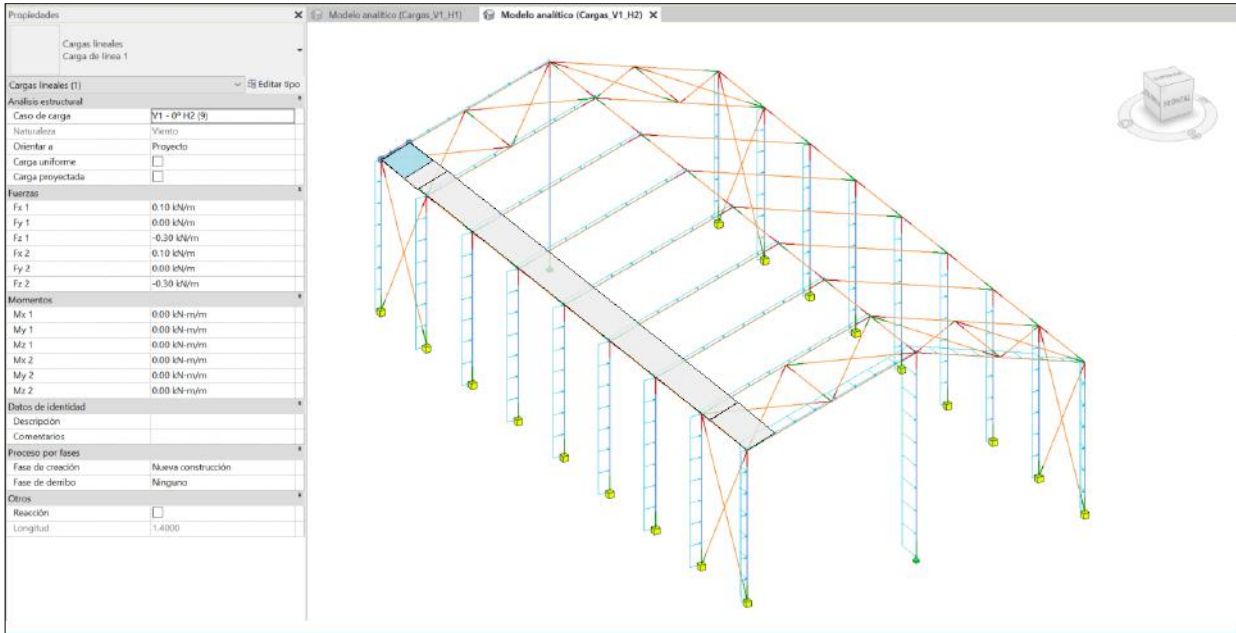


Figura 4-23 Carga de viento oeste zona G 1/2 vano (hipótesis presión)

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,168 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = -0,19 \text{ kN/m}$ (Figura 4-24)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $0,168 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = 0,61 \text{ kN/m}$ (Figura 4-24)

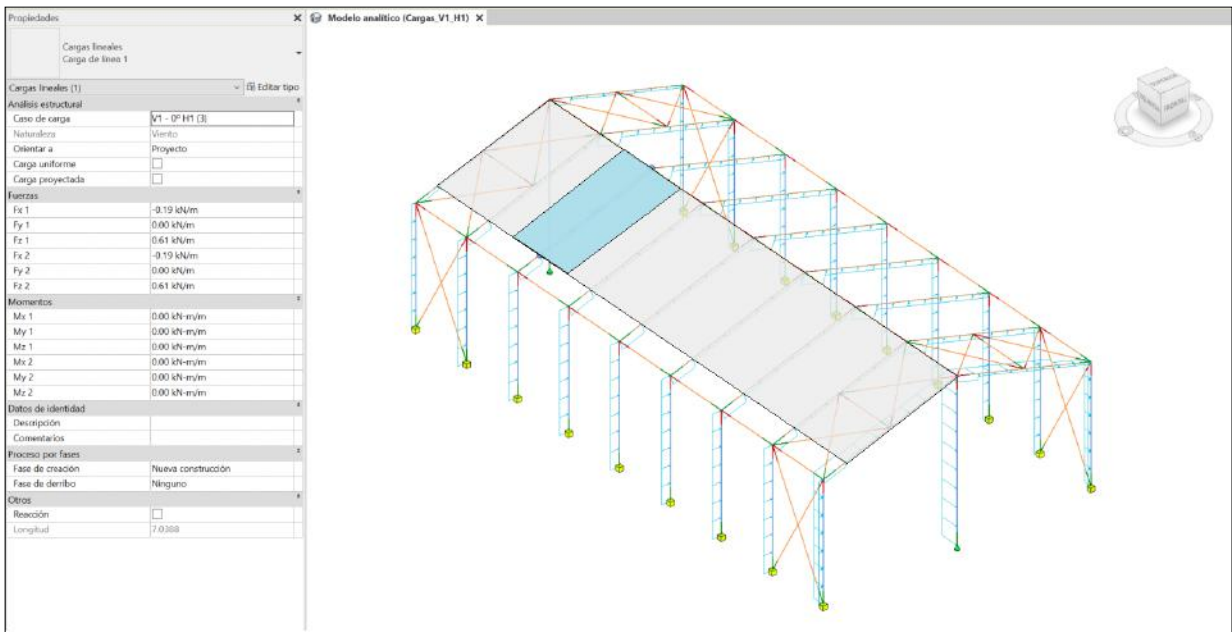


Figura 4-24 Carga de viento oeste zona H 1 vano (hipótesis succión)

- Carga lineal para ½ vano (eje x): $0,168 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = -0,10 \text{ kN/m}$ (Figura 4-25)
- Carga lineal para ½ vano (eje z): $0,168 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = 0,31 \text{ kN/m}$ (Figura 4-25)

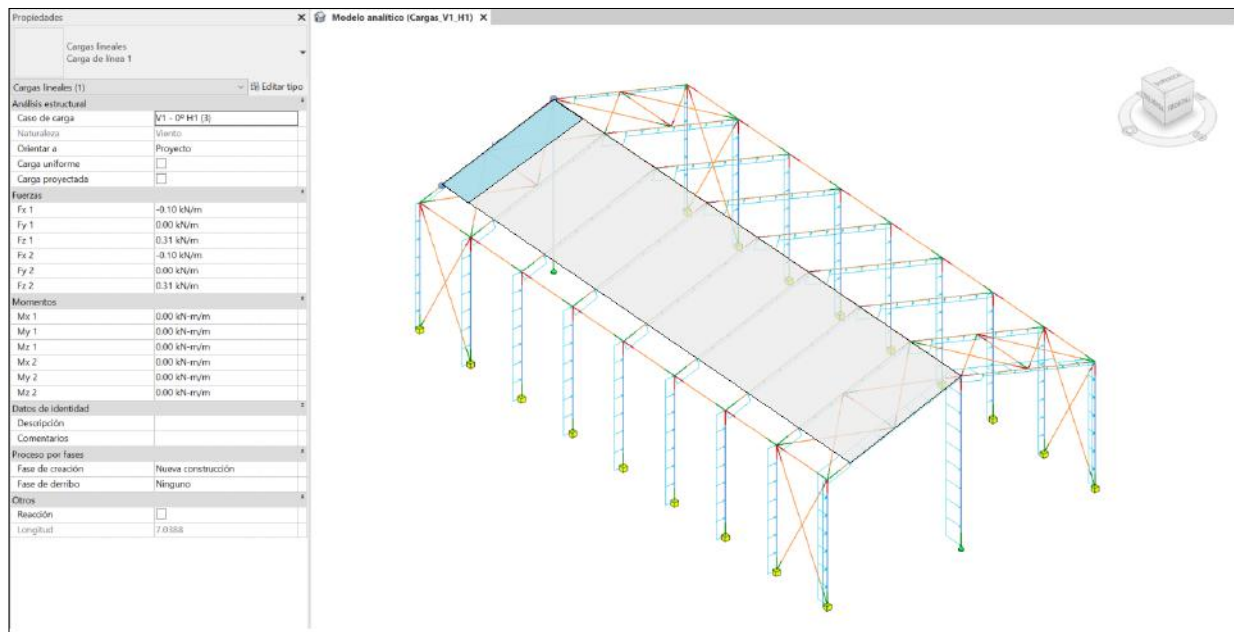


Figura 4-25 Carga de viento oeste zona H ½ vano (hipótesis succión)

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,135 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = 0,16 \text{ kN/m}$ (Figura 4-26)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $0,135 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = -0,50 \text{ kN/m}$ (Figura 4-26)

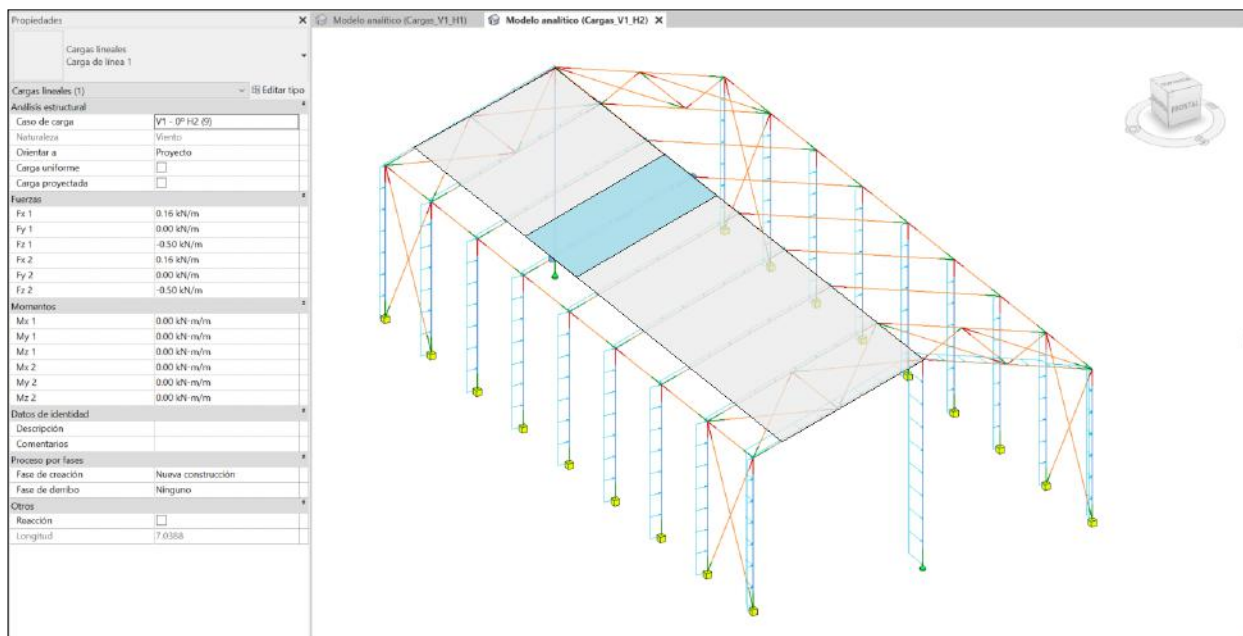


Figura 4-26 Carga de viento oeste zona H 1 vano (hipótesis presión)

- Carga lineal para ½ vano (eje x): $0,135 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = 0,08 \text{ kN/m}$ (Figura 4-27)
- Carga lineal para ½ vano (eje z): $0,135 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = -0,25 \text{ kN/m}$ (Figura 4-27)

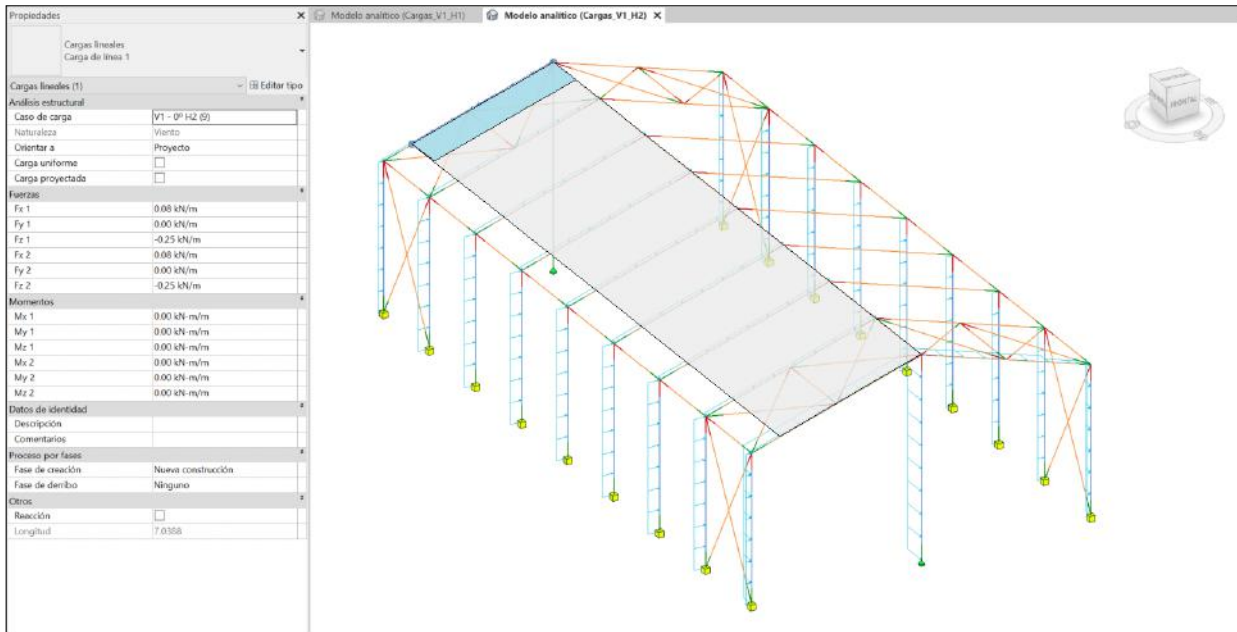


Figura 4-27 Carga de viento oeste zona H ½ vano (hipótesis presión)

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,588 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = 0,67 \text{ kN/m}$ (Figura 4-28)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $0,588 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = 2,15 \text{ kN/m}$ (Figura 4-28)

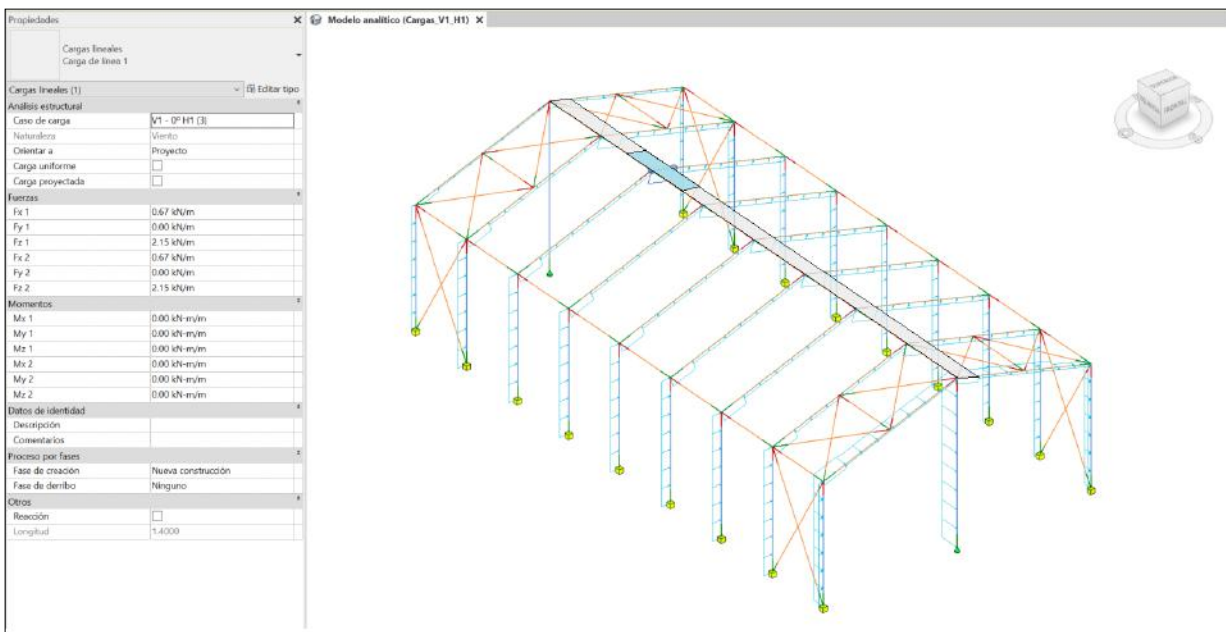


Figura 4-28 Carga de viento oeste zona J 1 vano (hipótesis succión)

- Carga lineal para ½ vano (eje x): $0,588 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{sen } 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = 0,34 \text{ kN/m}$ (Figura 4-29)
- Carga lineal para ½ vano (eje z): $0,588 \text{ kN/m}^2 \cdot \text{cos } 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = 1,10 \text{ kN/m}$ (Figura 4-29)

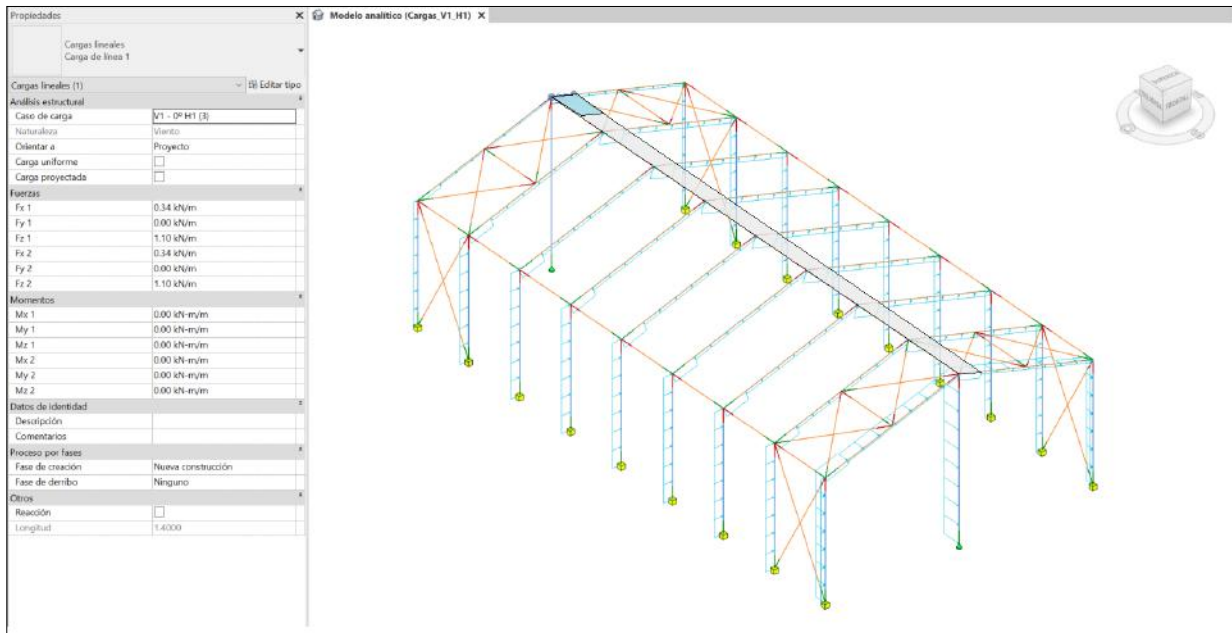


Figura 4-29 Carga de viento oeste zona J ½ vano (hipótesis succión)

Para las zonas frontales, obtenemos las siguientes cargas en ejes globales:

- Carga lineal para pilar (eje y): $0,706 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,4 \text{ m} + 0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,6 \text{ m} = - 2,23 \text{ kN/m}$ (Figura 4-30)

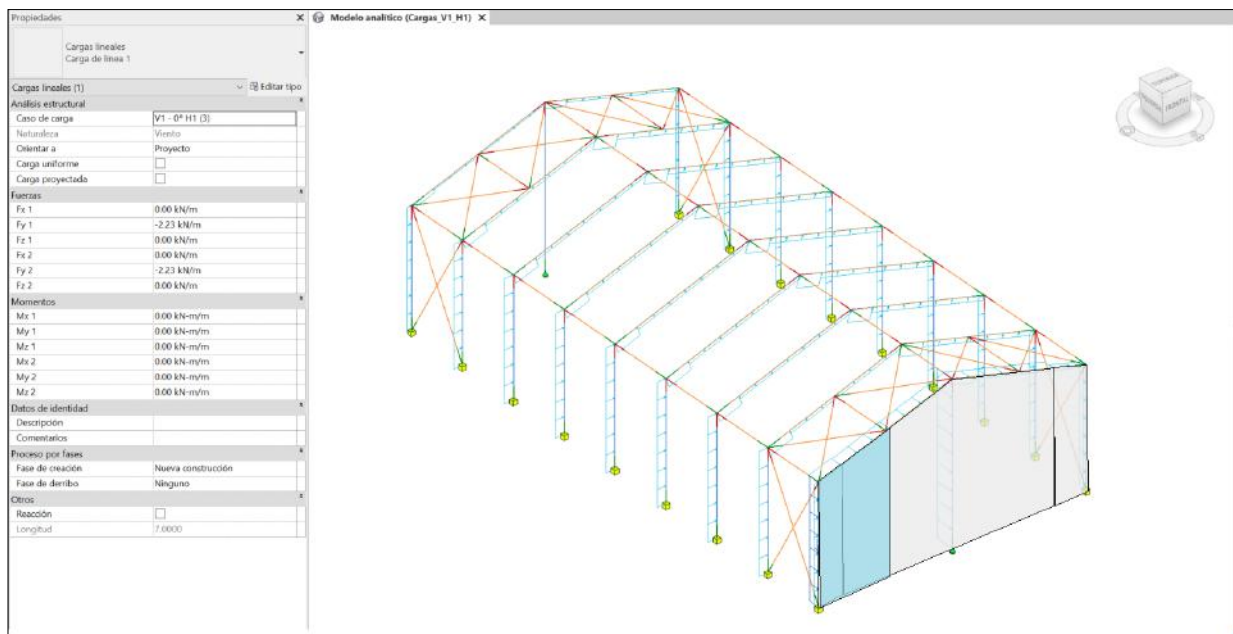


Figura 4-30 Carga de viento oeste zona A y B pilar

- Carga lineal para pilar (eje y): $0,706 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,5 \text{ m} = -2,49 \text{ kN/m}$ (Figura 4-31)

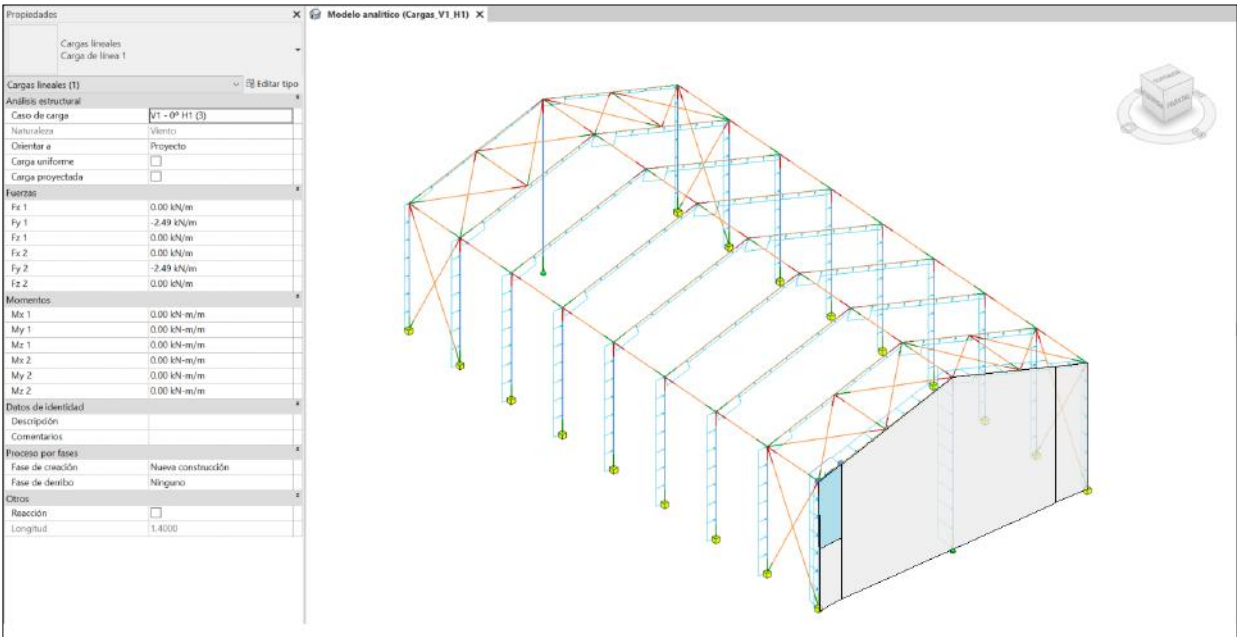


Figura 4-31 Carga de viento oeste zona A dintel frontal

- Carga lineal para pilar (eje y): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 8,06 \text{ m} = -3,79 \text{ kN/m}$ (Figura 4-32)

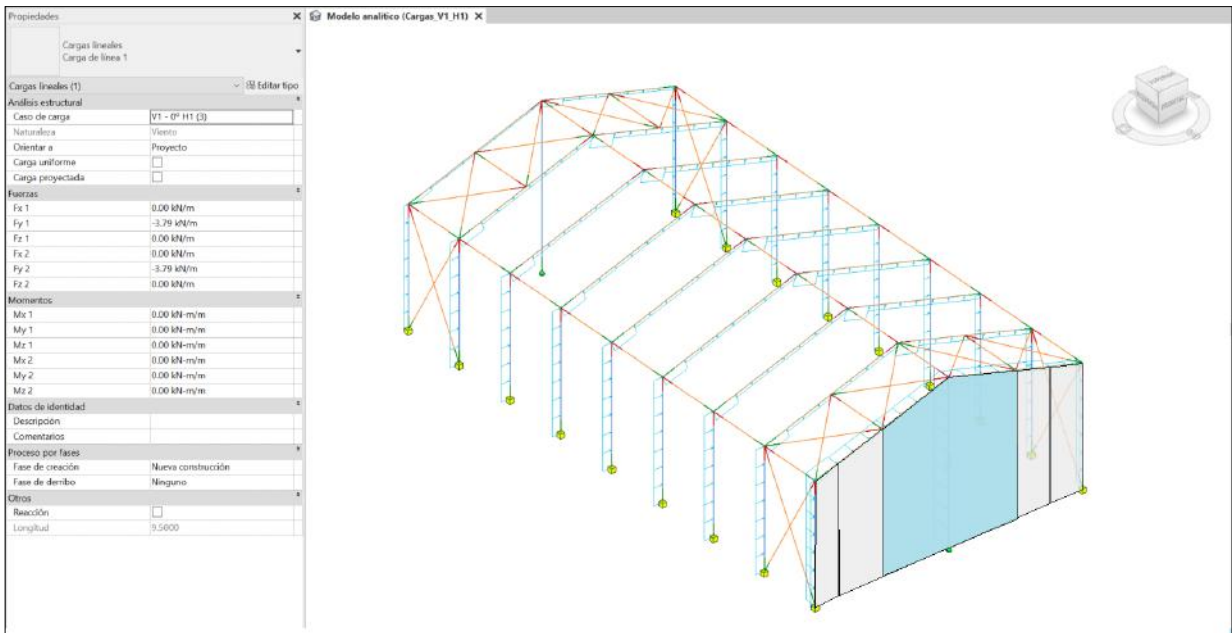


Figura 4-32 Carga de viento oeste zona B pilar

- Carga lineal para pilar (eje y): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 4,75 \text{ m} = - 2,24 \text{ kN/m}$ (Figura 4-33)

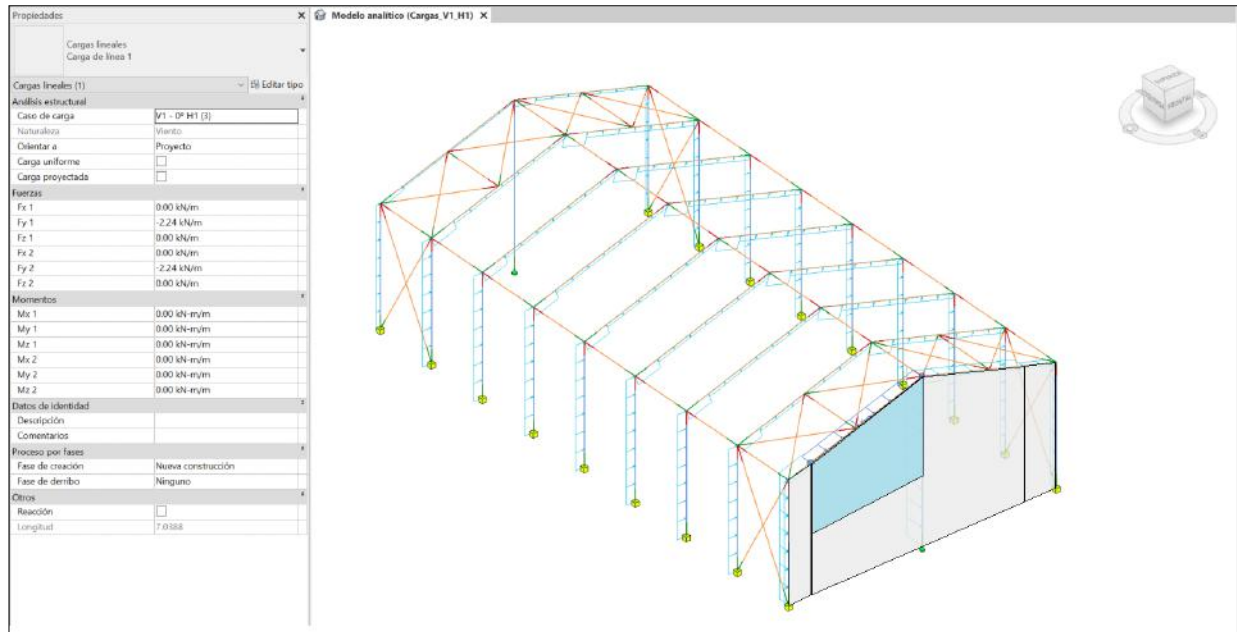


Figura 4-33 Carga de viento oeste zona B dintel frontal izquierdo

- Carga lineal para pilar (eje y): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 4,75 \text{ m} = - 2,24 \text{ kN/m}$ (Figura 4-34)

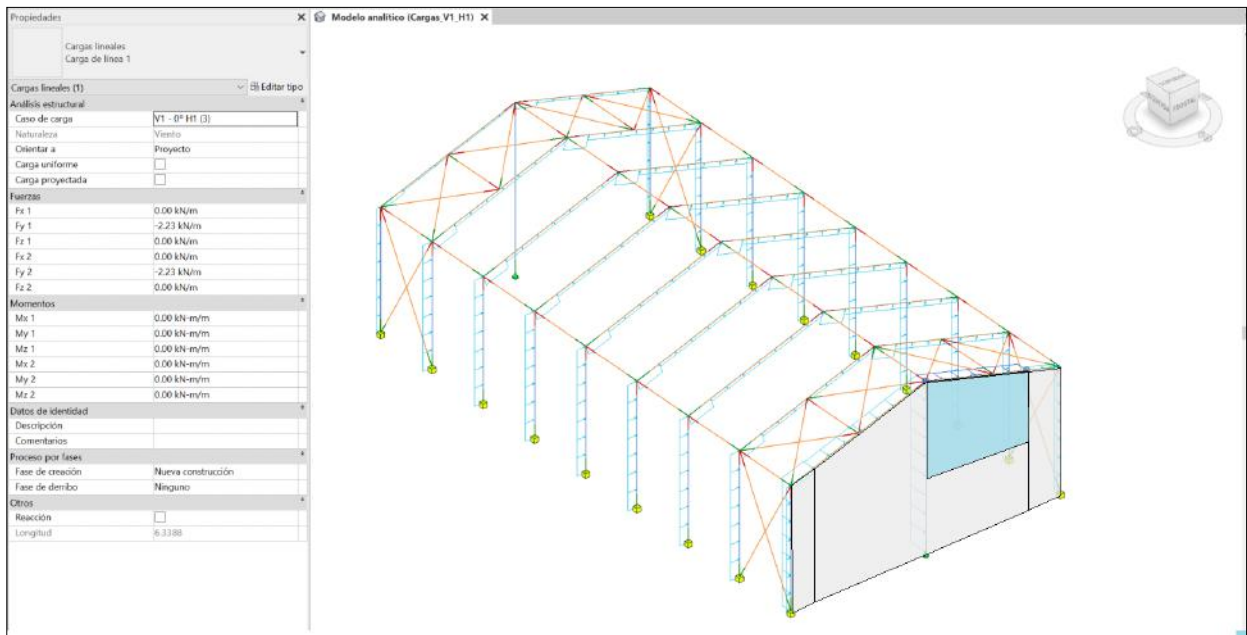


Figura 4-34 Carga de viento oeste zona B dintel frontal derecho

- Carga lineal para pilar (eje y): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,12 \text{ m} + 0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot (4,03 \text{ m} - 2,12 \text{ m}) = - 1,54 \text{ kN/m}$ (Figura 4-35)

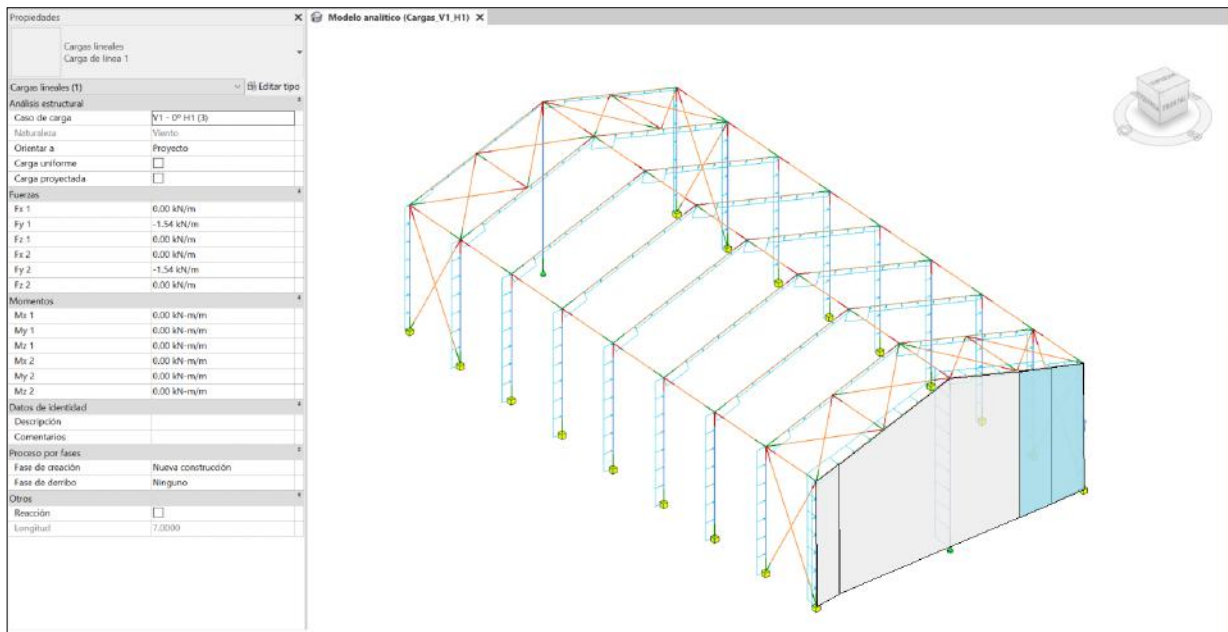


Figura 4-35 Carga de viento oeste zona B y C pilar

- Carga lineal para pilar (eje y): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,5 \text{ m} = - 1,05 \text{ kN/m}$ (Figura 4-36)

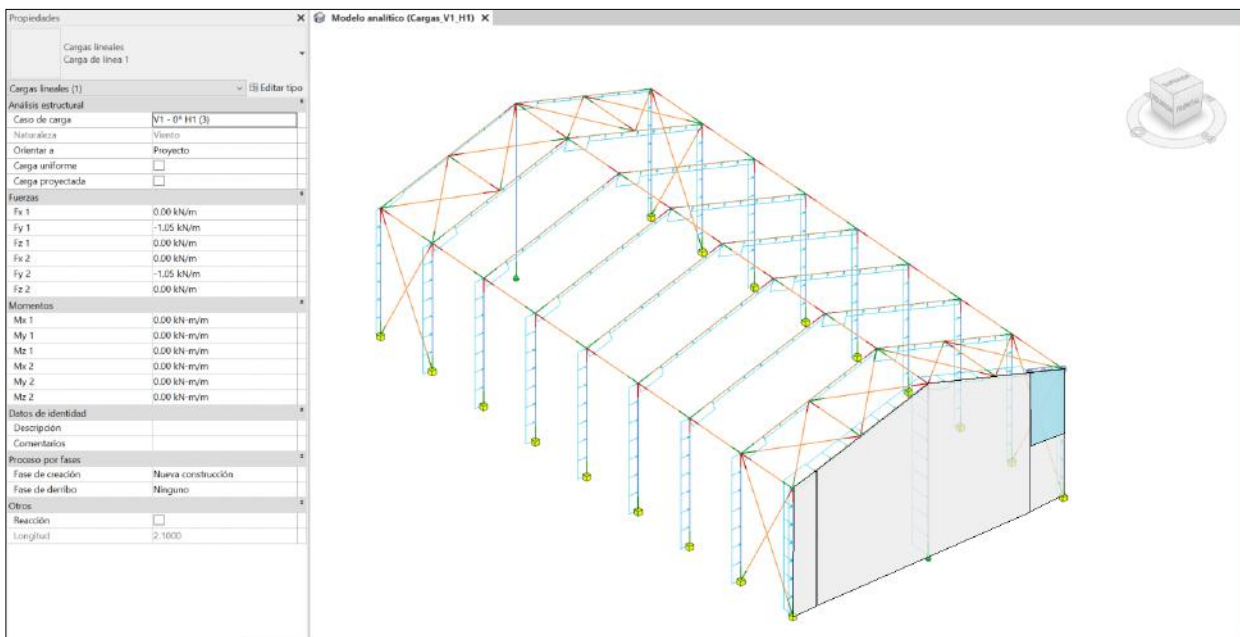


Figura 4-36 Carga de viento oeste zona C dintel frontal

Para los paramentos verticales cuando el viento sopla en la dirección norte, obtenemos el esquema de la Figura 4-37. Análogamente al viento oeste, obtenemos los coeficientes de la Tabla 4 donde volvemos a la interpolación lineal para las zonas D y E. Esto es debido, de nuevo, a que obtenemos una esbeltez de la nave en la dirección del viento ente dos valores de la tabla.

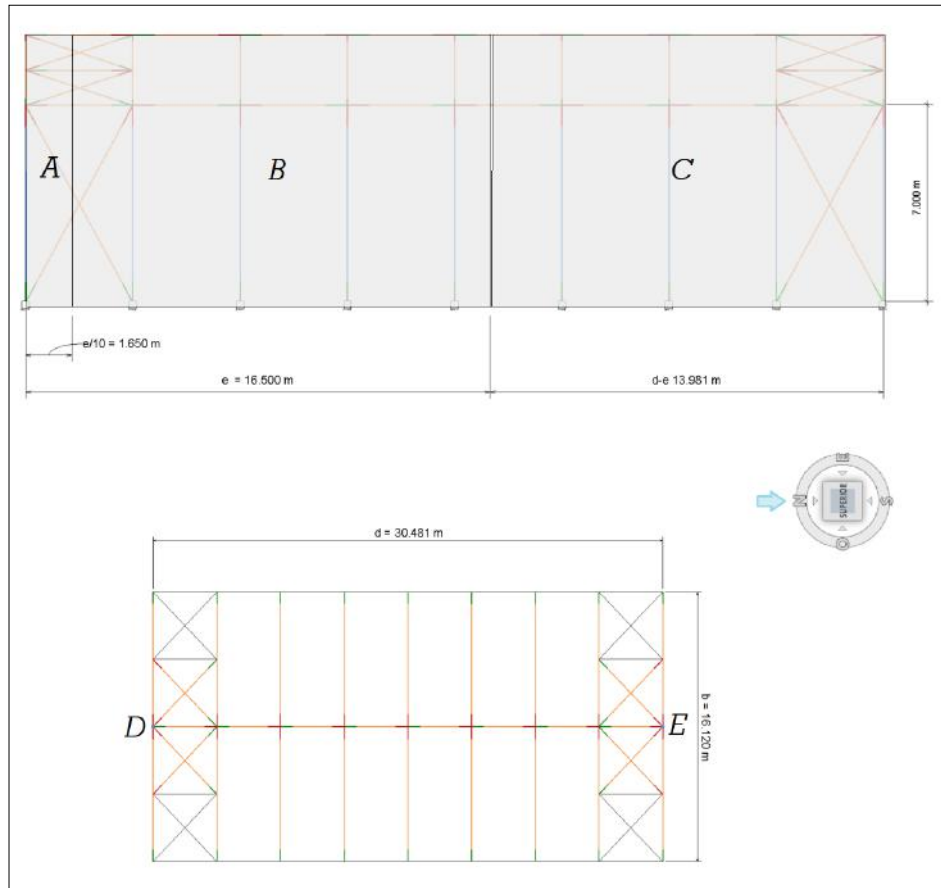


Figura 4-37 Esquema viento norte paramentos verticales

Viento Norte – Paramentos Verticales	
A (m²)	177,4
h (m)	7,00
d (m)	30,50
h/d	0,23
e (m)	16,50
c_s – Zona A	-1,20
c_s – Zona B	-0,80
c_s – Zona C	-0,50
c_p – Zona D	0,70
c_s – Zona E	-0,30

Tabla 4 Coeficientes eólicos paramentos verticales viento norte

Para la cubierta, debemos acudir a la Figura 4-38 la cual nos marca los coeficientes eólicos para distintas zonas en la cubierta. Al igual que en el caso anterior, mientras en los paramentos verticales no hubiera sido necesaria

la interpolación lineal, en este caso si es necesaria debido a que no hay un valor exacto para nuestra pendiente y estos varían notablemente de una pendiente a otra tal y como puede apreciarse en la Figura 4-38. Sin embargo, para este caso, a diferencia del viento oeste, tenemos solo una hipótesis de succión.

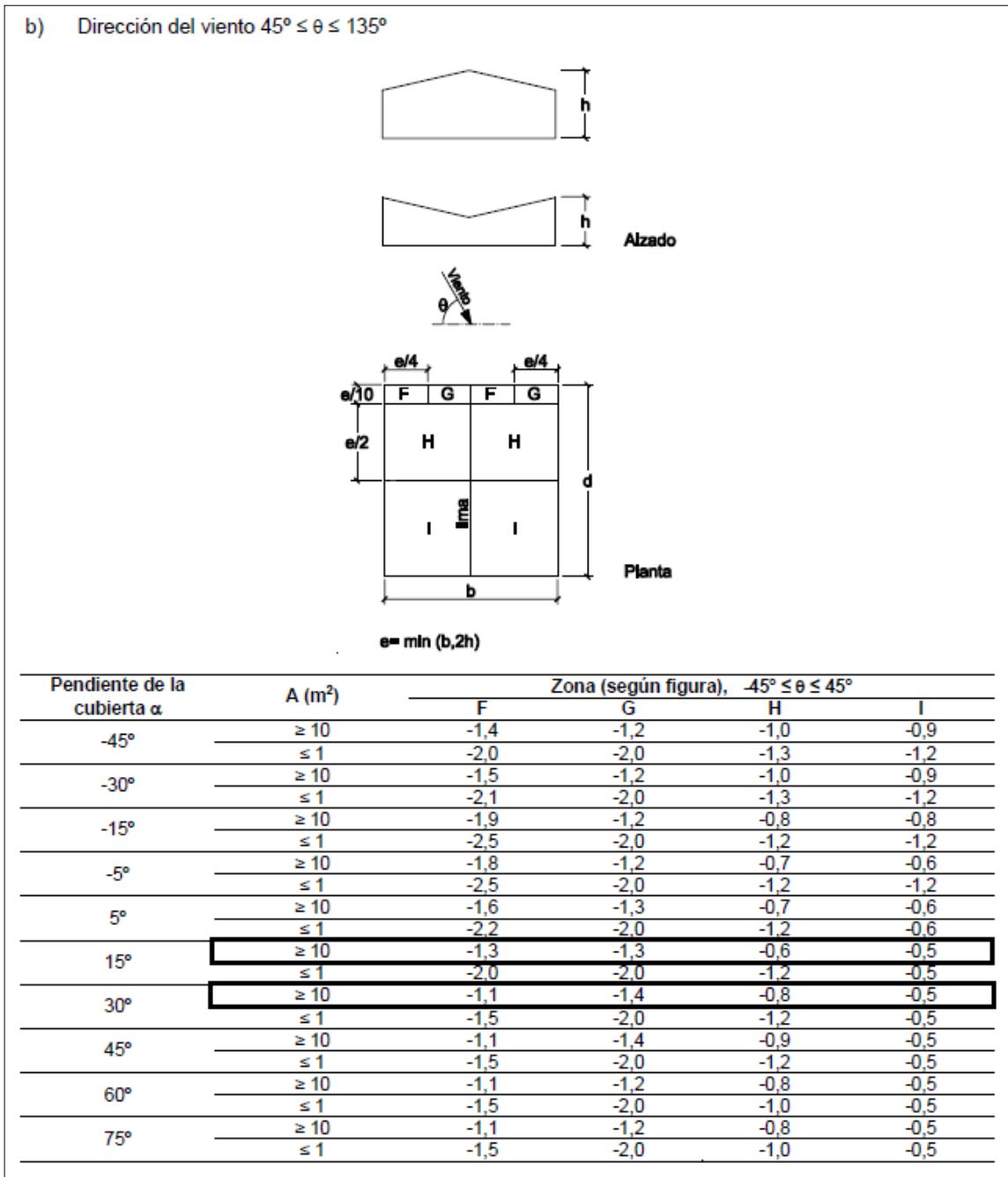


Figura 4-38 Coeficiente eólico en cubiertas (c_p) viento norte

Dicho esto, cuando el viento sopla en la dirección norte, obtenemos en la cubierta el esquema de la Figura 4-39. Los resultados de los coeficientes interpolados son los contenidos en la siguiente tabla (Tabla 5).

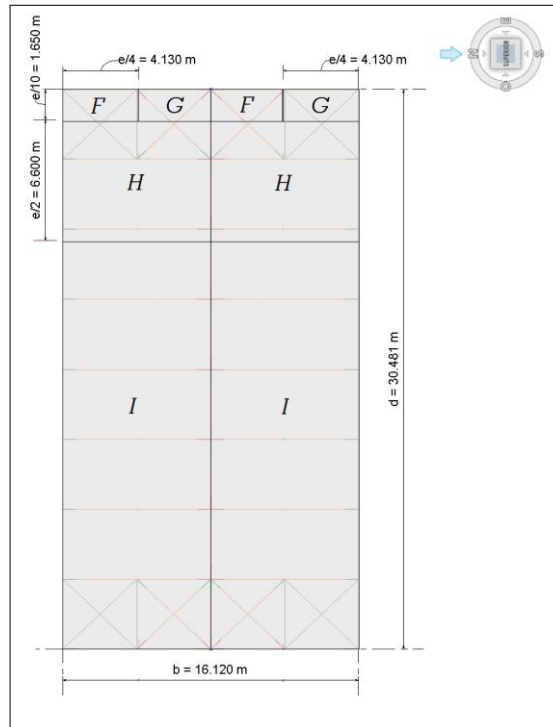


Figura 4-39 Esquema viento oeste cubierta

Viento Oeste – Cubierta (Hipótesis 1)	
A (m²)	177,4
h (m)	7,00
d (m)	30,50
α (°)	17,25
e (m)	16,50
c_s – Zona F	-1,27
c_s – Zona G	-1,32
c_s – Zona H	-0,63
c_s – Zona I	-0,50

Tabla 5 Coeficientes eólicos cubierta viento norte

Una vez obtenidos todos los coeficientes eólicos, calculamos finalmente las cargas de viento sobre todas las zonas marcadas anteriormente y resumidas en la Figura 4-40.

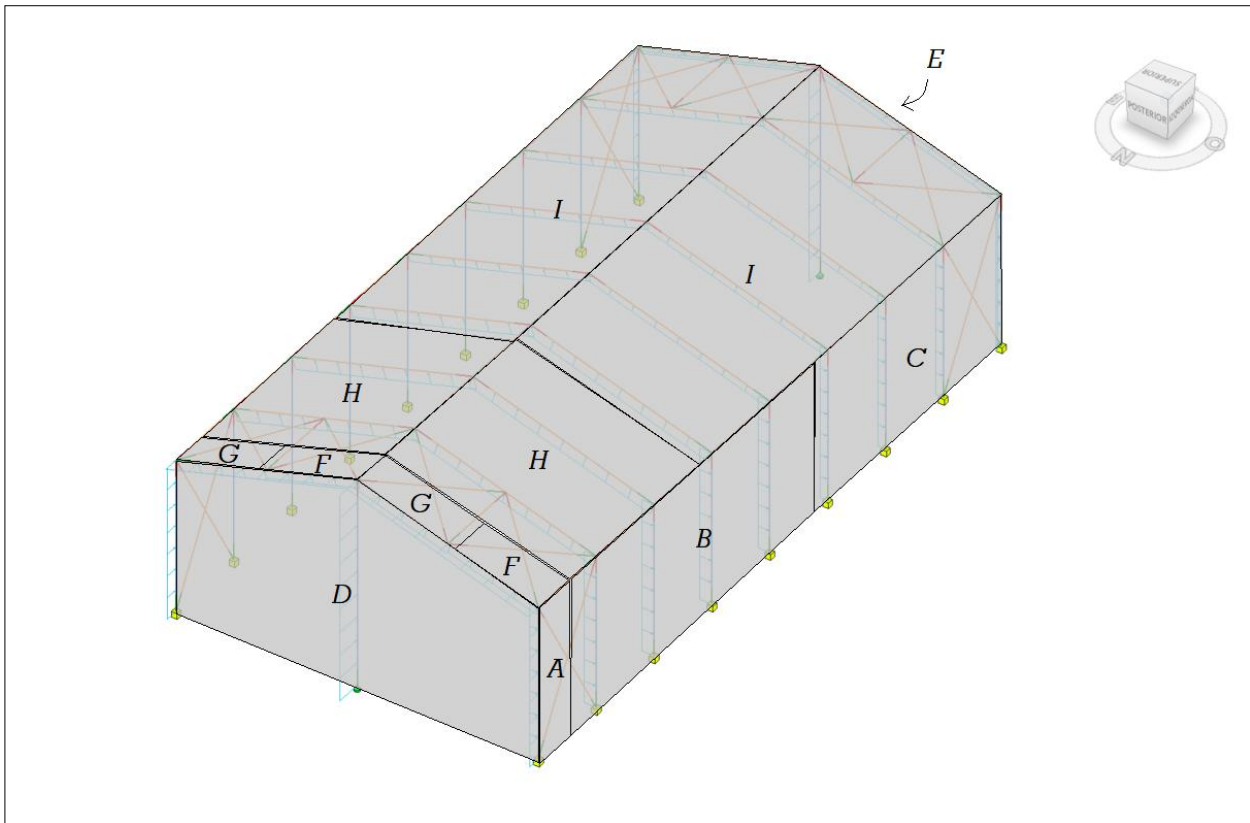


Figura 4-40 Zonas eólicas para viento norte aplicadas a la nave

Los resultados obtenidos en kN/m^2 son los de la siguiente tabla (Tabla 6)

Carga Viento Norte	
q_e – Zona A	-0,706 kN/m^2
q_e – Zona B	-0,470 kN/m^2
q_e – Zona C	-0,294 kN/m^2
q_e – Zona D	0,470 kN/m^2
q_e – Zona E	-0,294 kN/m^2
q_e – Zona F	-0,647 kN/m^2
q_e – Zona G	-0,823 kN/m^2
q_e – Zona H	-0,470 kN/m^2
q_e – Zona I	-0,294 kN/m^2

Tabla 6 Cargas de viento norte

Para poder aplicar las cargas, necesitamos transformarlas de cargas superficiales a cargas lineales multiplicando por la distancia del área de influencia.

Para la zona D, obtenemos las siguientes cargas en ejes globales:

- Carga lineal para 1 vano (eje y): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 6,06 \text{ m} = -3,80 \text{ kN/m}$ (Figura 4-41)

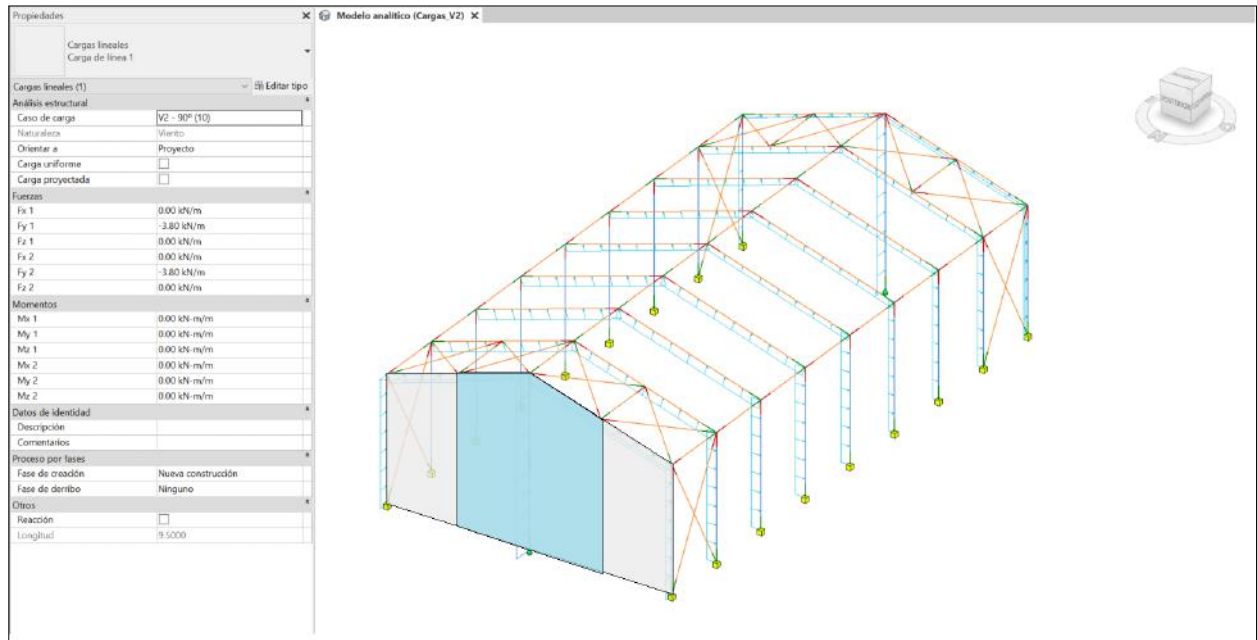


Figura 4-41 Carga de viento norte zona D 1 vano

- Carga lineal para $\frac{1}{2}$ vano (eje y): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 4,03 \text{ m} = -1,90 \text{ kN/m}$ (Figura 4-42)

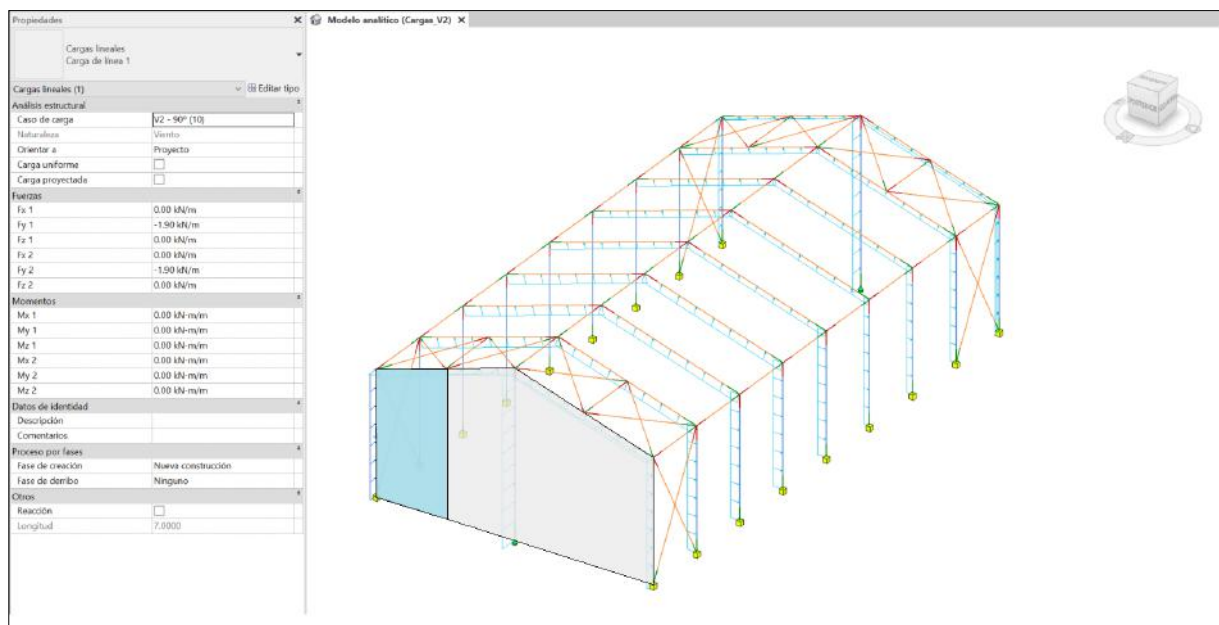


Figura 4-42 Carga de viento norte zona D $\frac{1}{2}$ vano

- Carga lineal para 1 vano (eje y): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 6,06 \text{ m} = -2,37 \text{ kN/m}$ (Figura 4-43)

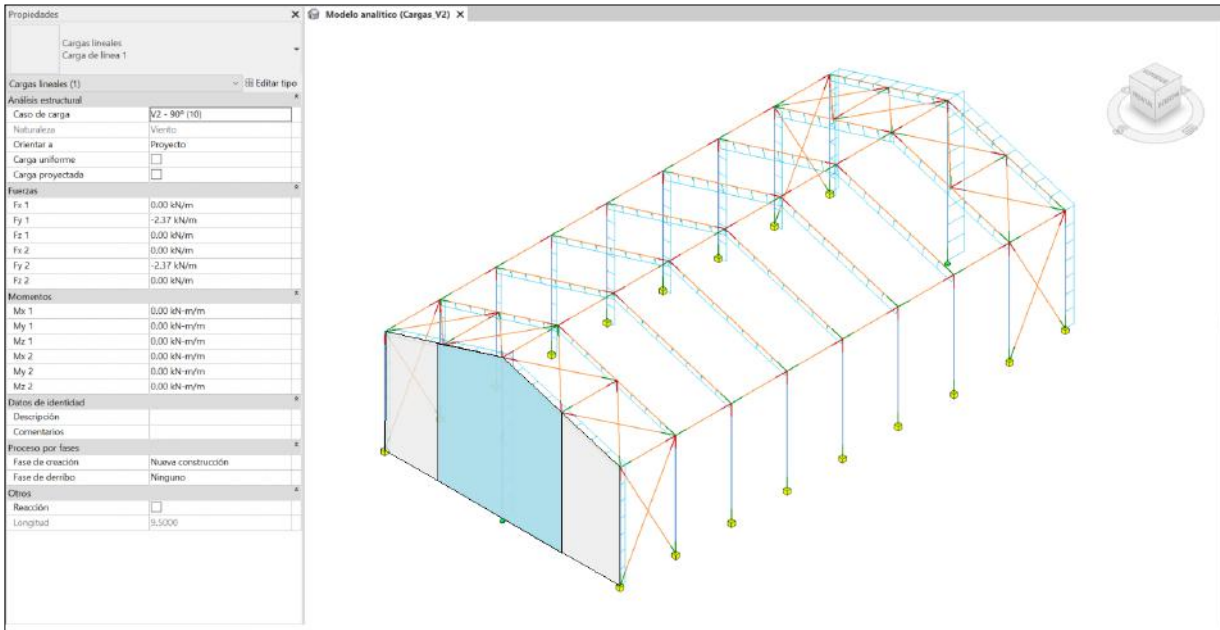


Figura 4-43 Carga de viento norte zona E 1 vano

- Carga lineal para 1/2 vano (eje y): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 4,03 \text{ m} = -1,19 \text{ kN/m}$ (Figura 4-44)

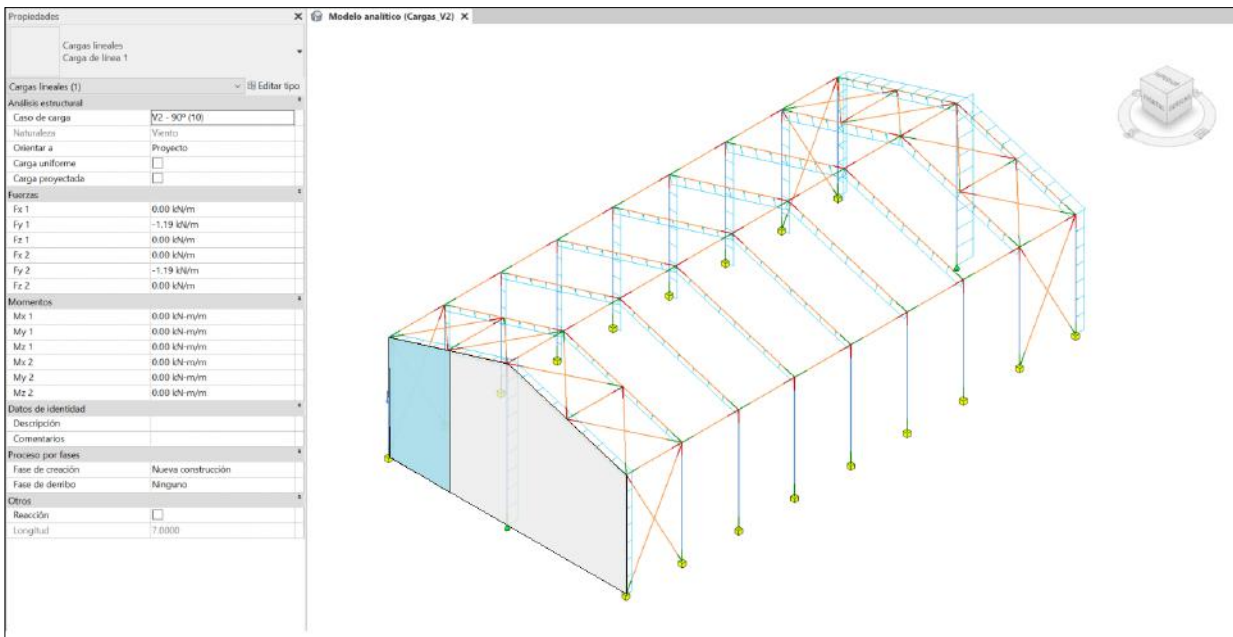


Figura 4-44 Carga de viento norte zona E 1/2 vano

- Carga lineal para ½ vano (eje x): $0,706 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,65 \text{ m} + 0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,25 \text{ m} = - 1,29 \text{ kN/m}$ (Figura 4-45)

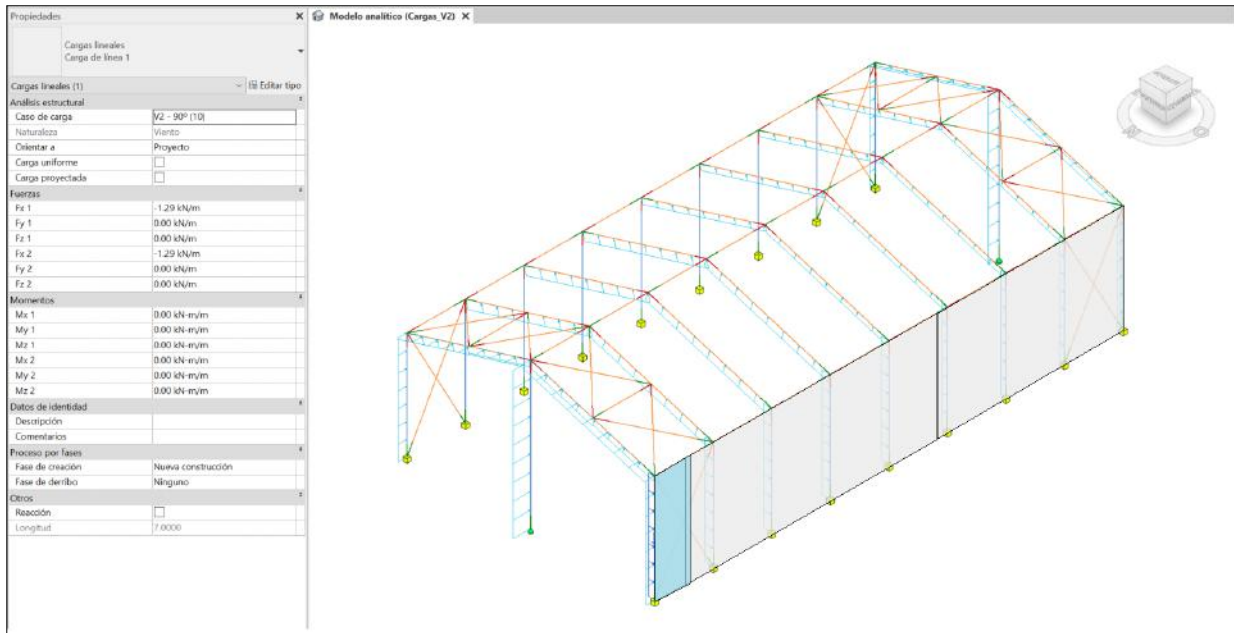


Figura 4-45 Carga de viento norte zona A y B ½ vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} = - 1,80 \text{ kN/m}$ (Figura 4-46)

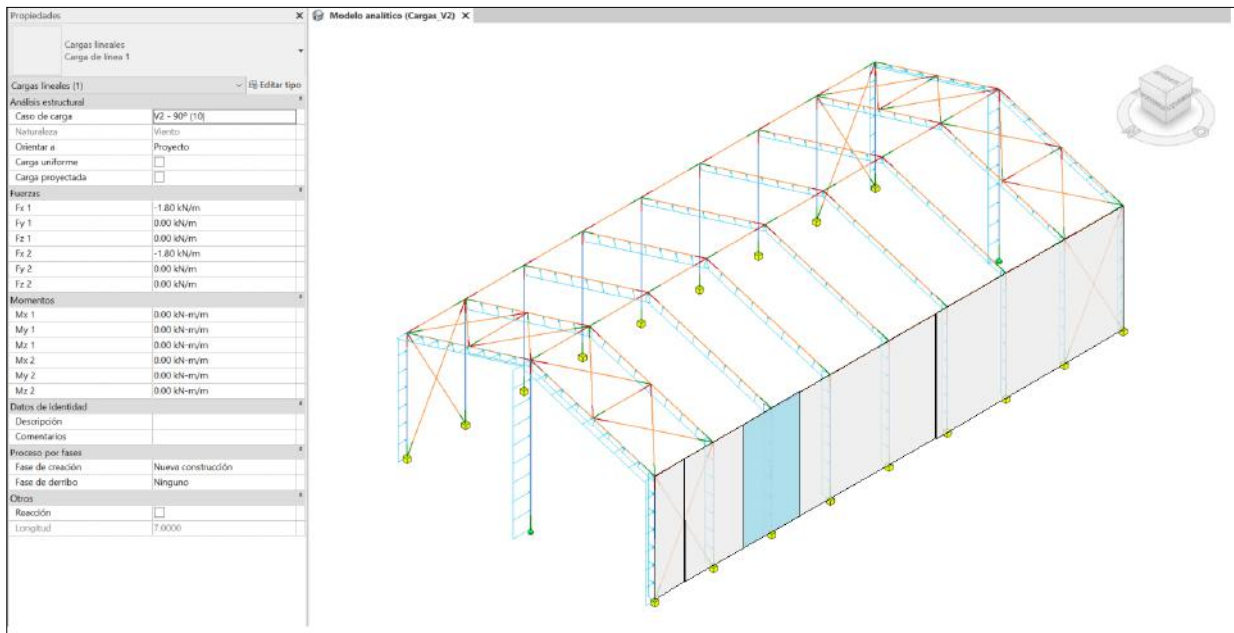


Figura 4-46 Carga de viento norte zona B 1 vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,6 \text{ m} = -1,69 \text{ kN/m}$ (Figura 4-47)

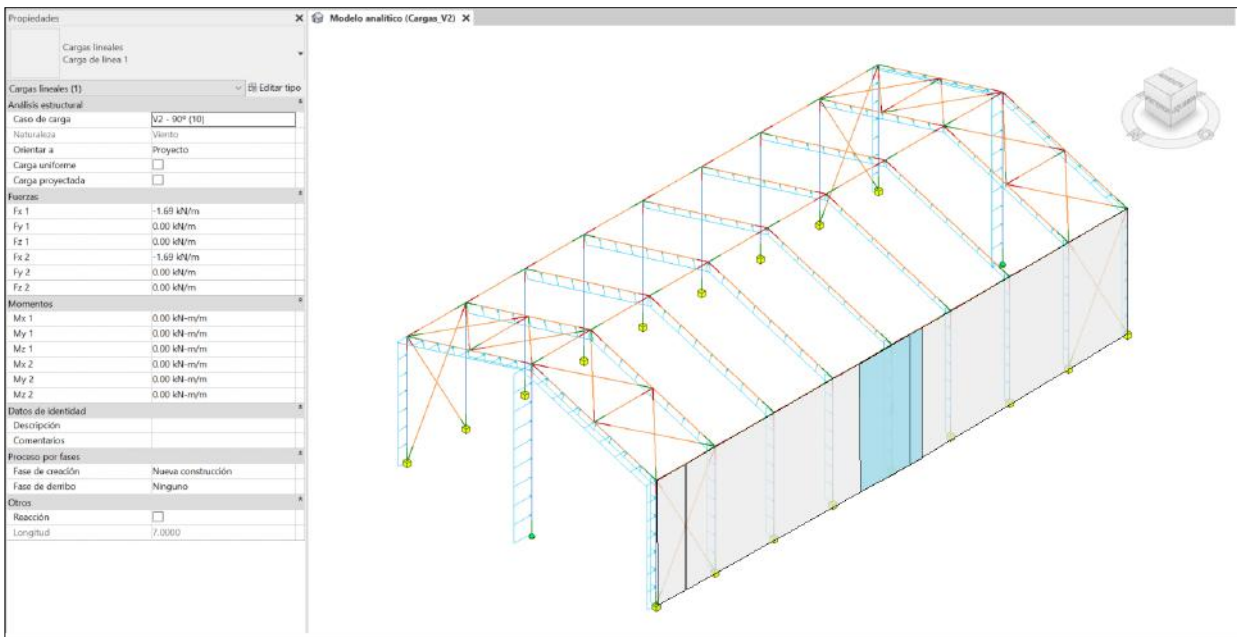


Figura 4-47 Carga de viento norte zona B y C 1 vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} = -1,12 \text{ kN/m}$ (Figura 4-48)

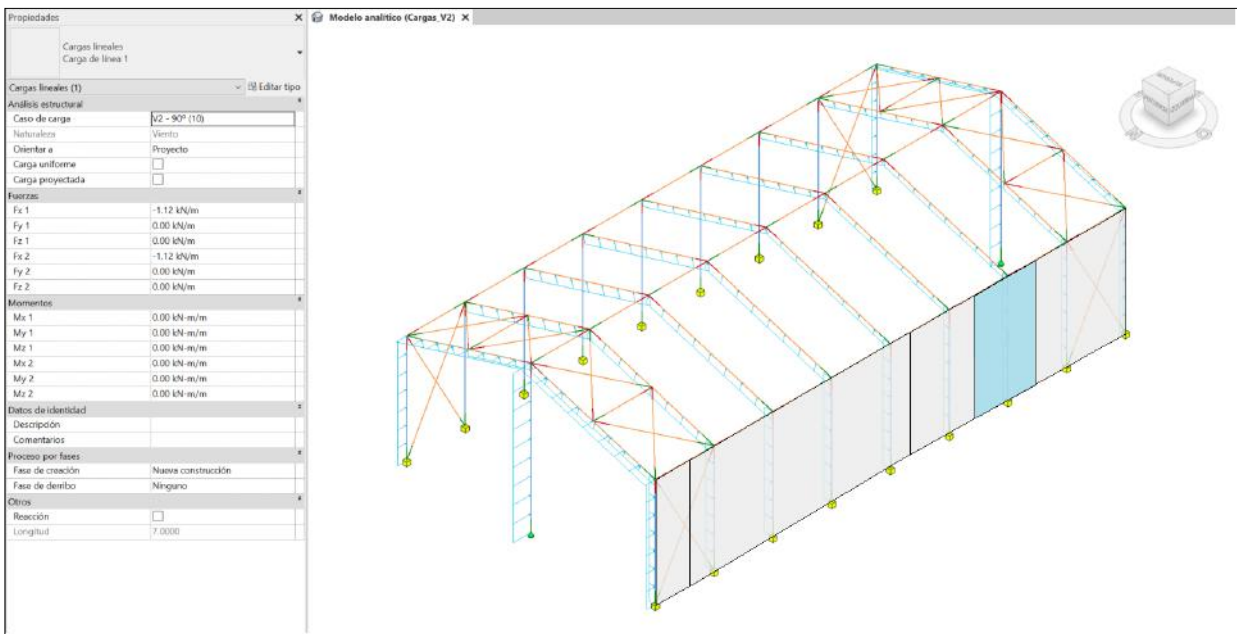


Figura 4-48 Carga de viento norte zona C 1 vano

- Carga lineal para ½ vano (eje x): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} = -0,56 \text{ kN/m}$ (Figura 4-49)

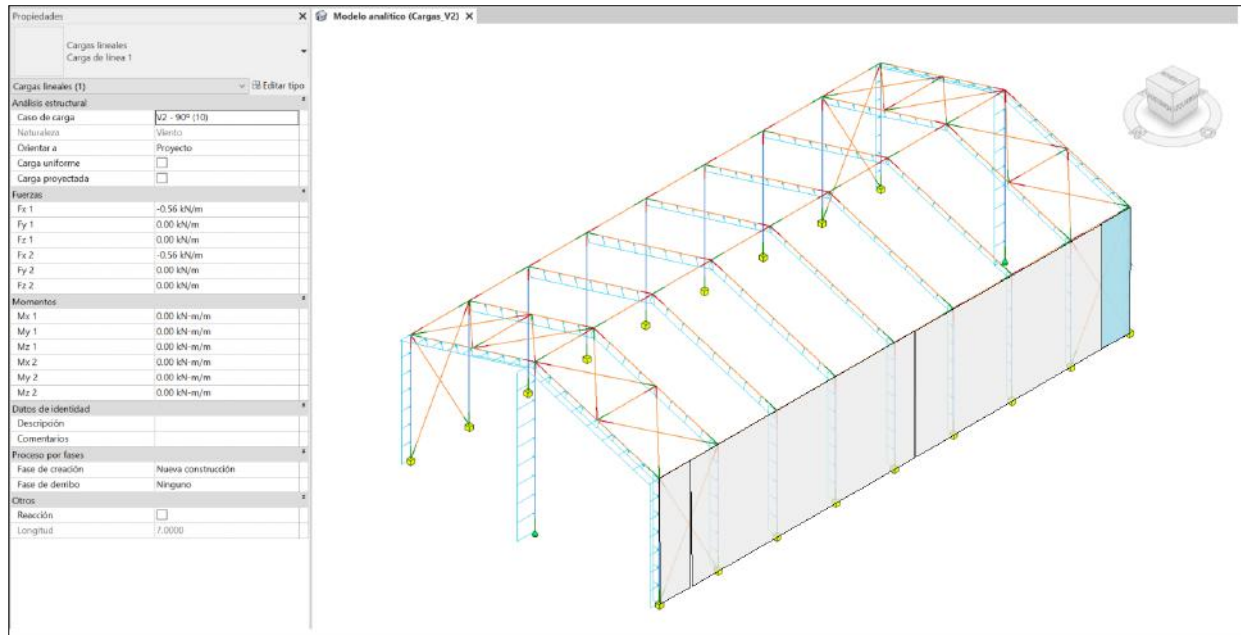


Figura 4-49 Carga de viento norte zona C ½ vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $[0,494 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,65 \text{ m} + 0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} - 1,65 \text{ m})] \cdot \text{sen } 17,25^\circ = -0,36 \text{ kN/m}$ (Figura 4-50)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $[0,494 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,65 \text{ m} + 0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} - 1,65 \text{ m})] \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 1,14 \text{ kN/m}$ (Figura 4-50)

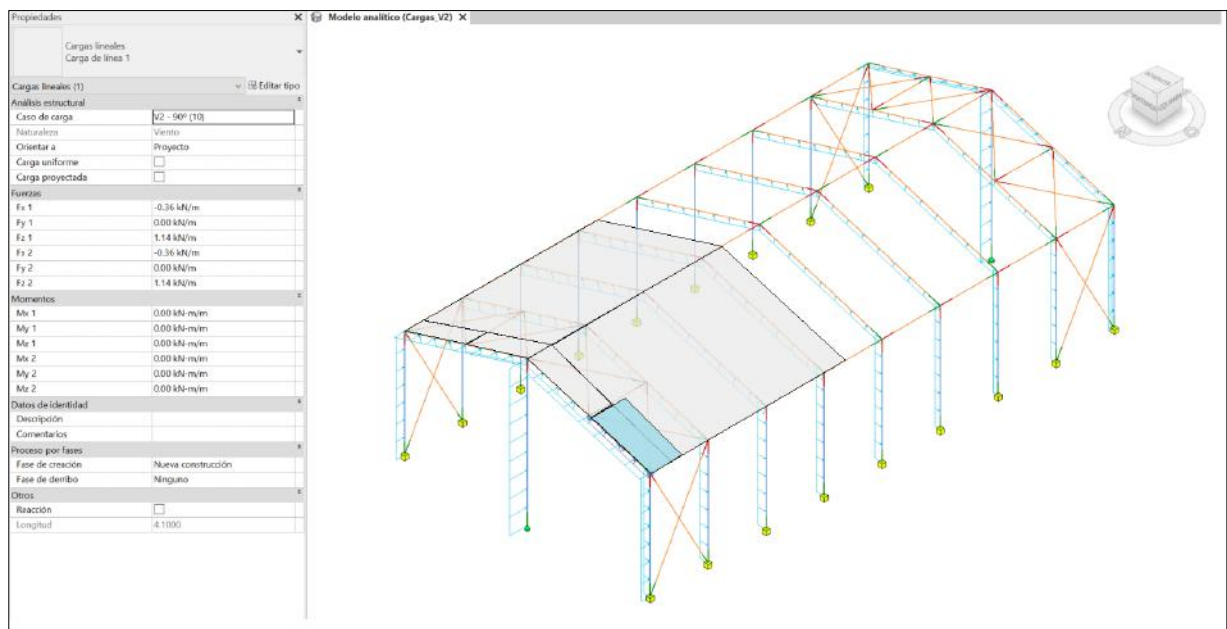


Figura 4-50 Carga de viento norte zona F y H ½ vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $[0,823 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,65 \text{ m} + 0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} - 1,65 \text{ m})] \cdot \text{sen } 17,25^\circ = - 0,44 \text{ kN/m}$ (Figura 4-51)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $[0,823 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,65 \text{ m} + 0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot (1,9 \text{ m} - 1,65 \text{ m})] \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 1,41 \text{ kN/m}$ (Figura 4-51)

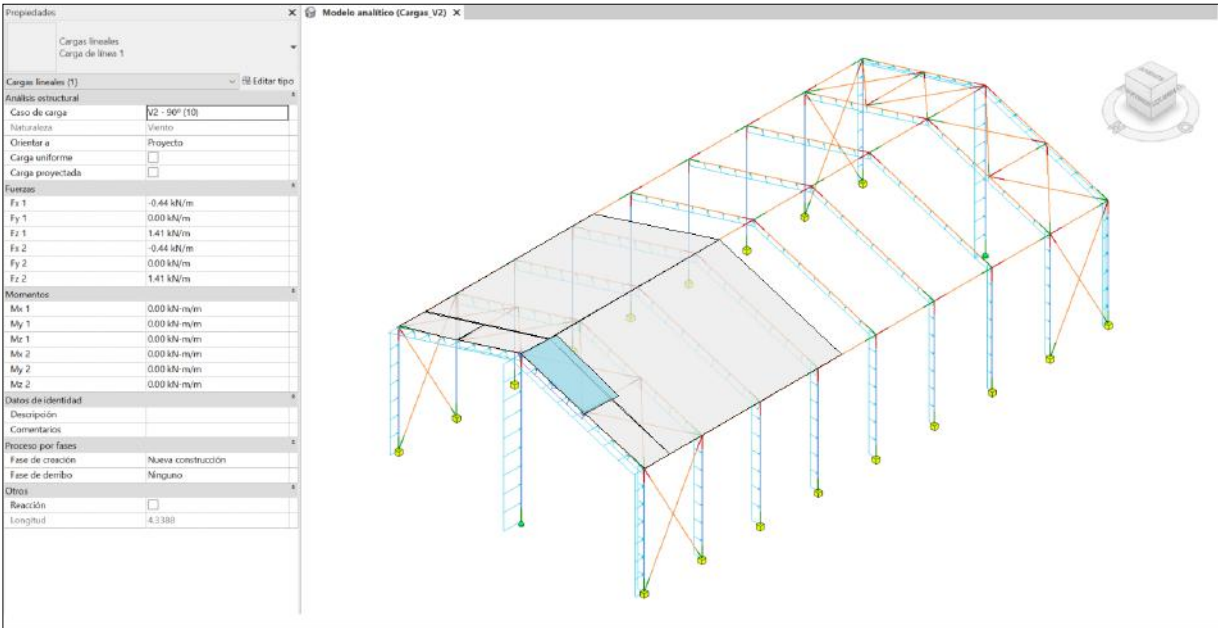


Figura 4-51 Carga de viento norte zona G y H 1/2 vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} \cdot \text{sen } 17,25^\circ = - 0,54 \text{ kN/m}$ (Figura 4-52)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 1,72 \text{ kN/m}$ (Figura 4-52)

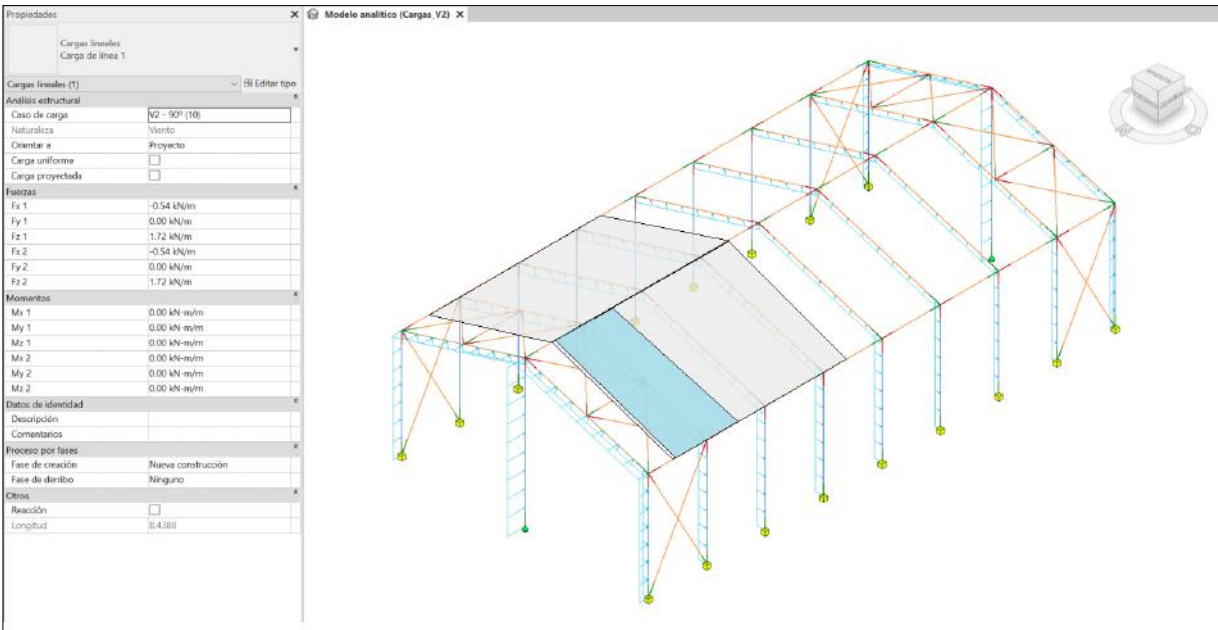


Figura 4-52 Carga de viento norte zona H 1 vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $[0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot (3,8 \text{ m} - 0,65 \text{ m}) + 0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,65 \text{ m}] \cdot \text{sen } 17,25^\circ = -0,51 \text{ kN/m}$ (Figura 4-53)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $[0,470 \text{ kN/m}^2 \cdot (3,8 \text{ m} - 0,65 \text{ m}) + 0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,65 \text{ m}] \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 1,64 \text{ kN/m}$ (Figura 4-53)

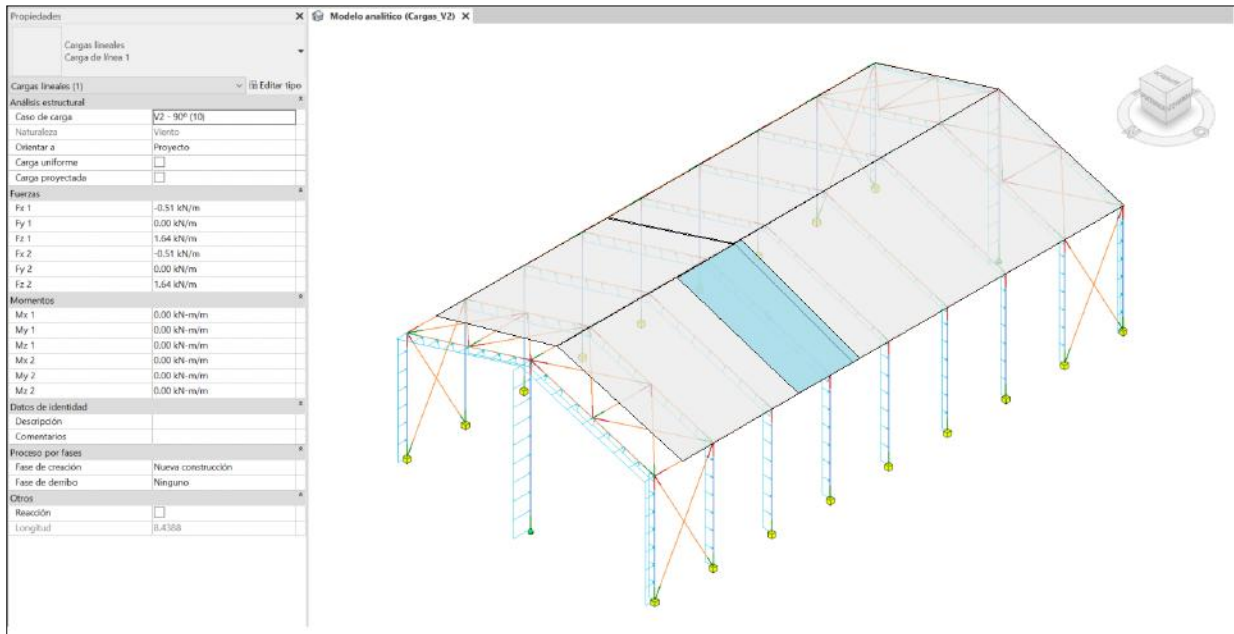


Figura 4-53 Carga de viento norte zona H y I 1 vano

- Carga lineal para 1 vano (eje x): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} \cdot \text{sen } 17,25^\circ = -0,34 \text{ kN/m}$ (Figura 4-53)
- Carga lineal para 1 vano (eje z): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,8 \text{ m} \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 1,10 \text{ kN/m}$ (Figura 4-53)

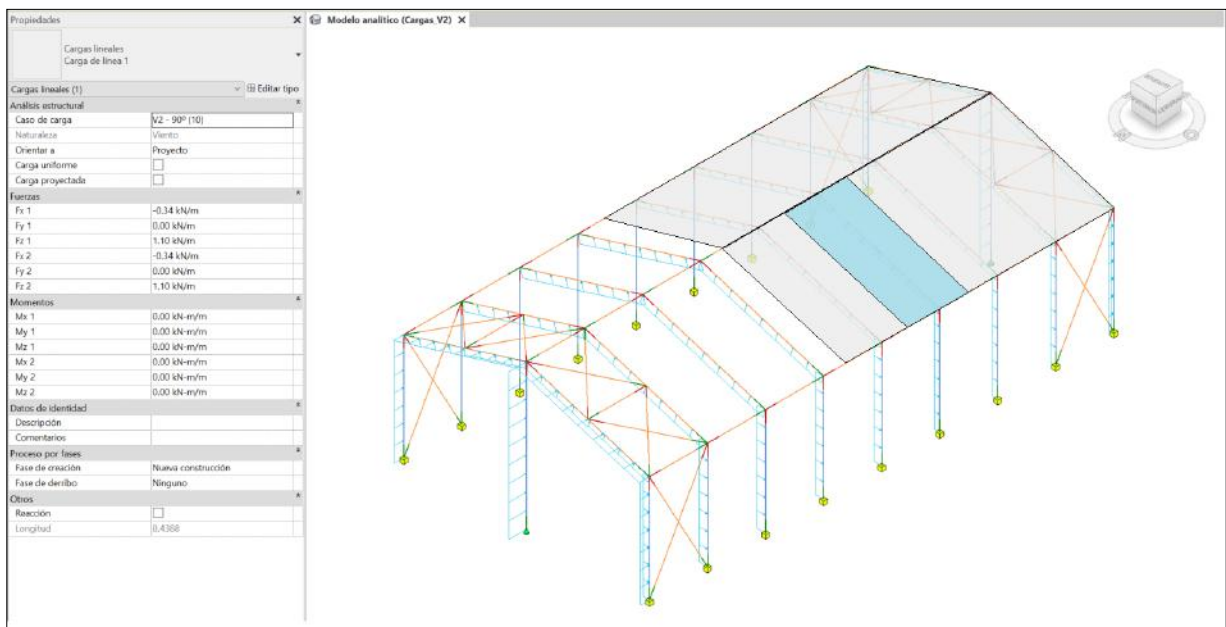


Figura 4-54 Carga de viento norte zona H y I 1 vano

- Carga lineal para 1/2 vano (eje x): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} \cdot \text{sen } 17,25^\circ = -0,17 \text{ kN/m}$ (Figura 4-55)
- Carga lineal para 1/2 vano (eje z): $0,294 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} \cdot \text{cos } 17,25^\circ = 0,54 \text{ kN/m}$ (Figura 4-55)

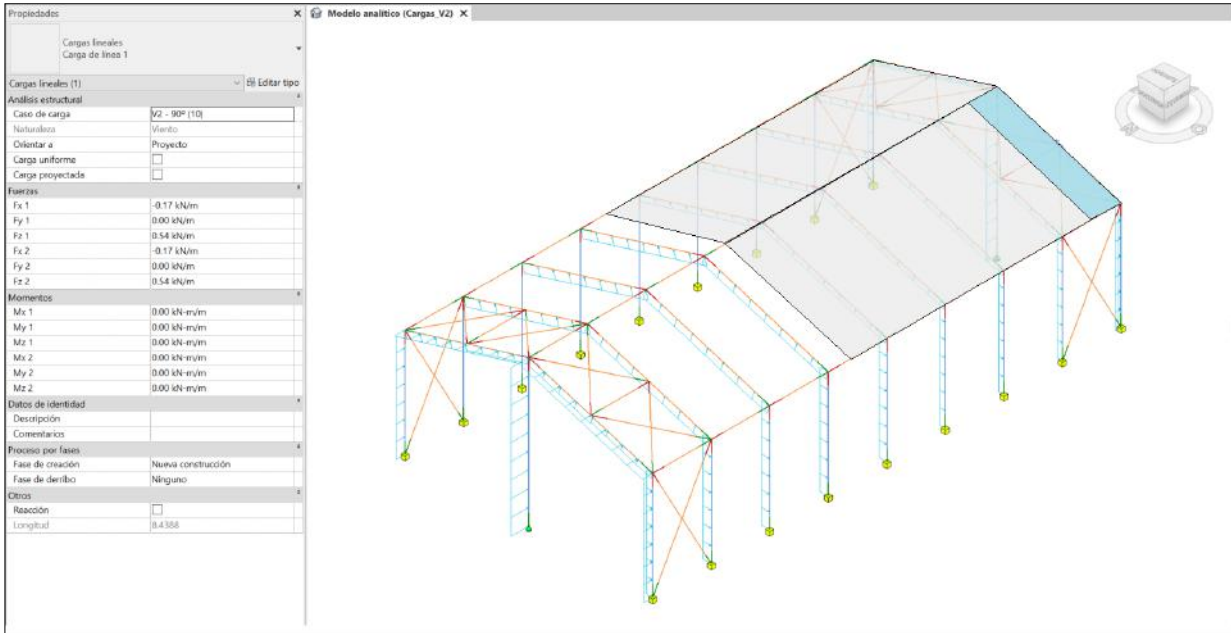


Figura 4-55 Carga de viento norte zona H 1/2 vano

4.2.3 Carga de nieve

Para la carga de nieve, debemos acudir al mapa de la Figura 4-56 y seleccionar la zona climática de invierno.



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Figura 4-56 Mapa zonas climáticas

Acto seguido, acudimos a la tabla de la Figura 4-57 donde según la zona climáticas de invierno y la altitud del municipio obtenemos la carga de nieve en un terreno horizontal.

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 4-57 Sobrecarga de nieve según altitud

Otra manera de determinar la carga de nieve es utilizando la tabla de la Figura 4-58, la cual clasifica la carga de nieve por capital de provincia.

Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / <i>Alacant</i>	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/ <i>Donostia</i>	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / <i>Lleida</i>	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / <i>Bilbo</i>	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / <i>Ourense</i>	130	0,4	Valencia/ <i>València</i>	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / <i>A Coruña</i>	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / <i>Gasteiz</i>	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / <i>Girona</i>	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/ <i>Iruña</i>	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Figura 4-58 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia

Finalmente, obtenemos una carga de nieve de 0,2 kN/m² en terreno horizontal. Para poder aplicar la carga, necesitamos transformarla de carga superficial a carga lineal multiplicando por la distancia del área de influencia.

Obtenemos las siguientes cargas en ejes globales:

- Carga lineal para 1 vano: $0,2 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = - 0,73 \text{ kN/m}$ (Figura 4-59)

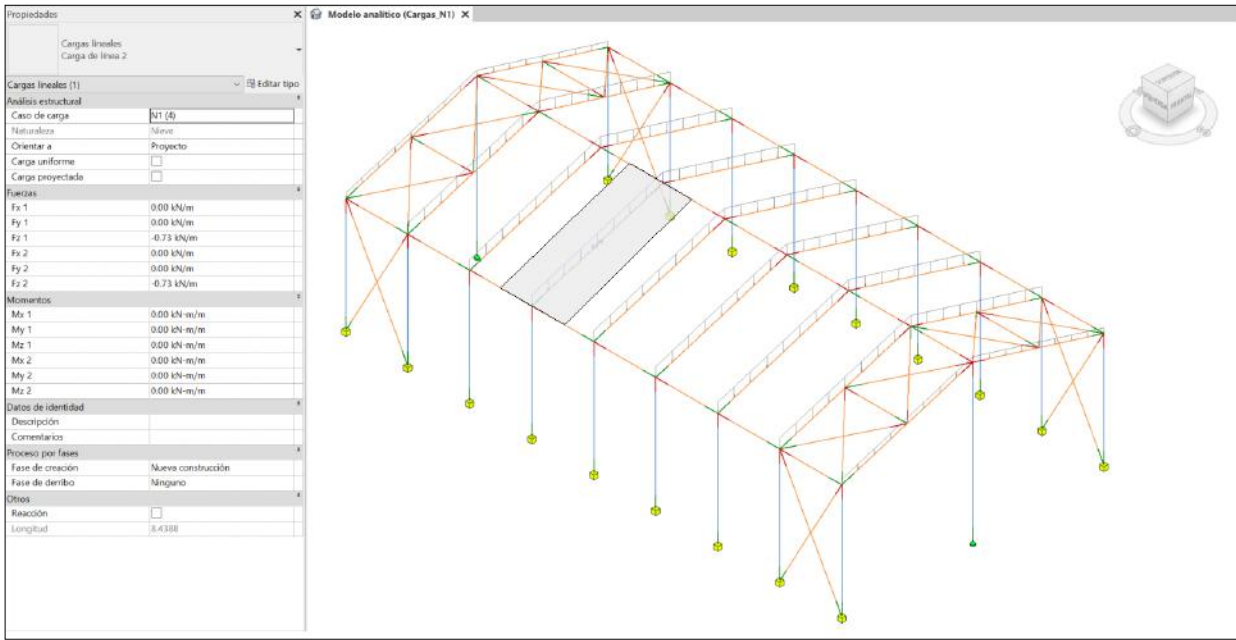


Figura 4-59 Carga de nieve 1 vano

- Carga lineal para 1/2 vano: $0,2 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = - 0,37 \text{ kN/m}$ (Figura 4-60)

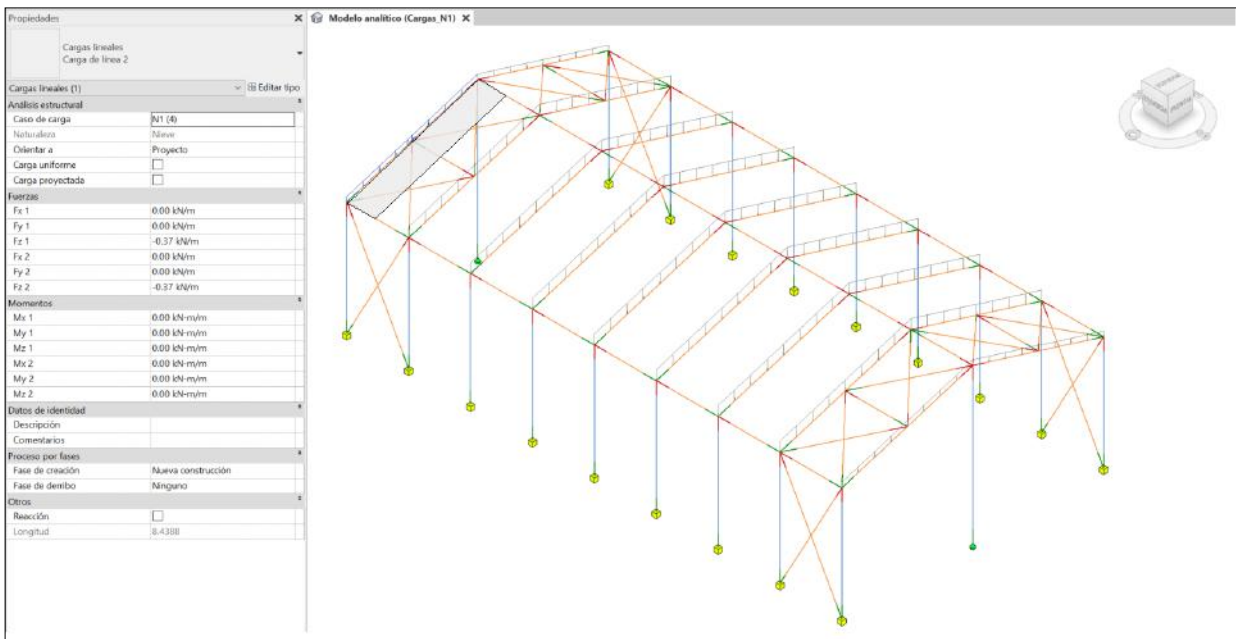


Figura 4-60 Carga de nieve 1/2 vano

Adicionalmente, añadimos una hipótesis donde la carga de nieve se reduzca a la mitad con el fin de tener un efecto más desfavorable cuando se combine con cualquier otra hipótesis de succión.

- Carga lineal para 1 vano: $0,1 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 17,25^\circ \cdot 3,8 \text{ m} = -0,37 \text{ kN/m}$ (Figura 4-61)

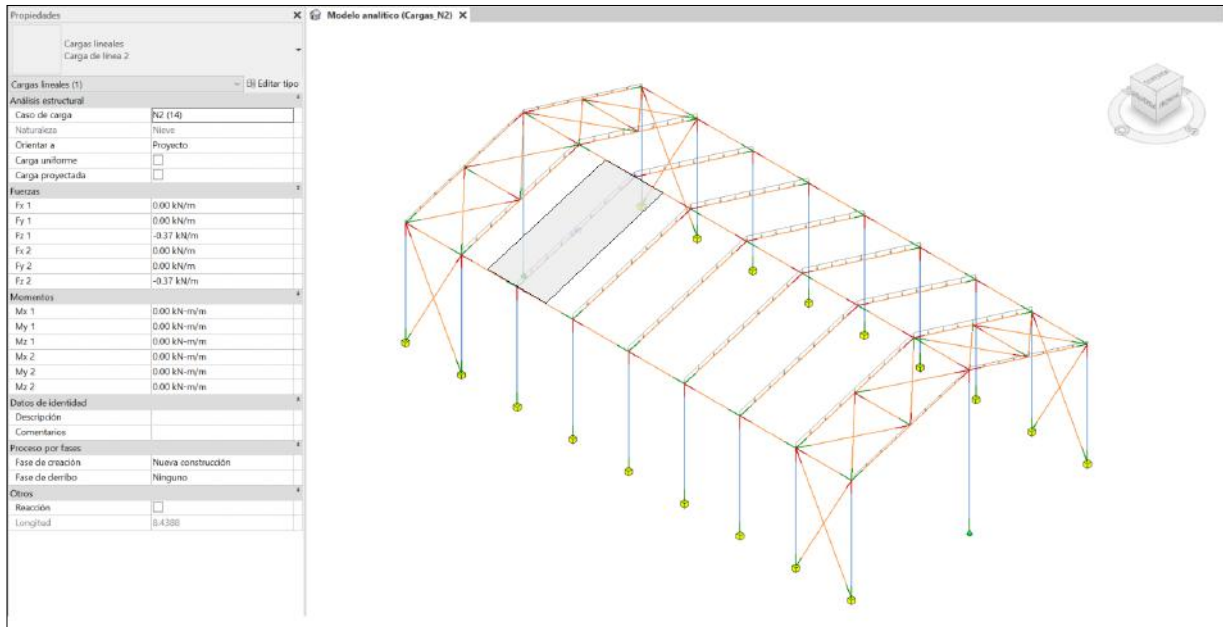


Figura 4-61 Carga de nieve disminuida 1 vano

- Carga lineal para $\frac{1}{2}$ vano: $0,1 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 17,25^\circ \cdot 1,9 \text{ m} = -0,19 \text{ kN/m}$ (Figura 4-62)

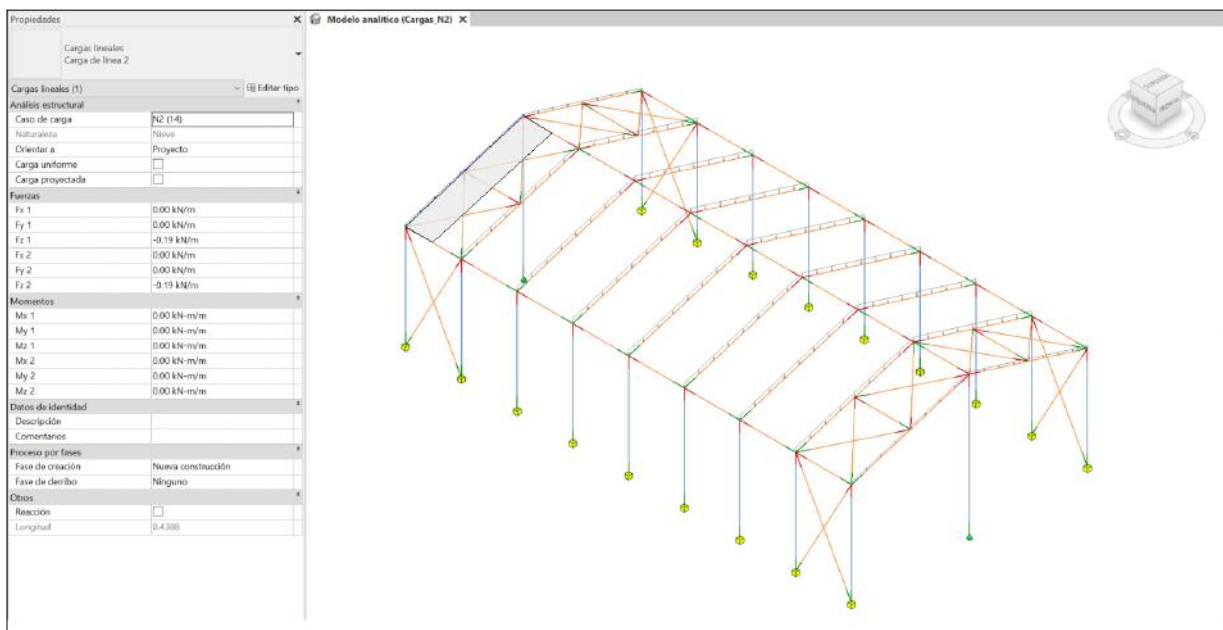


Figura 4-62 Carga de nieve disminuida 1 vano

4.2.4 Cargas térmicas

En lo que respecta a las cargas térmicas, el DB SE-AE en su artículo 3.4.1 establece que, en edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que existan elementos continuos de más de 40 metros de longitud.

4.2.5 Cargas sísmicas

En base a lo que marca el artículo 1.2.3 de la NCSE-02, considerando que la construcción es de normal importancia con pórticos bien arriostrados entre si en todas las direcciones y que la aceleración sísmica a_b , en nuestro caso 0,07g (Figura 4-63 y Figura 4-64), es inferior a 0,08g, no es obligatoria la aplicación de esta norma.

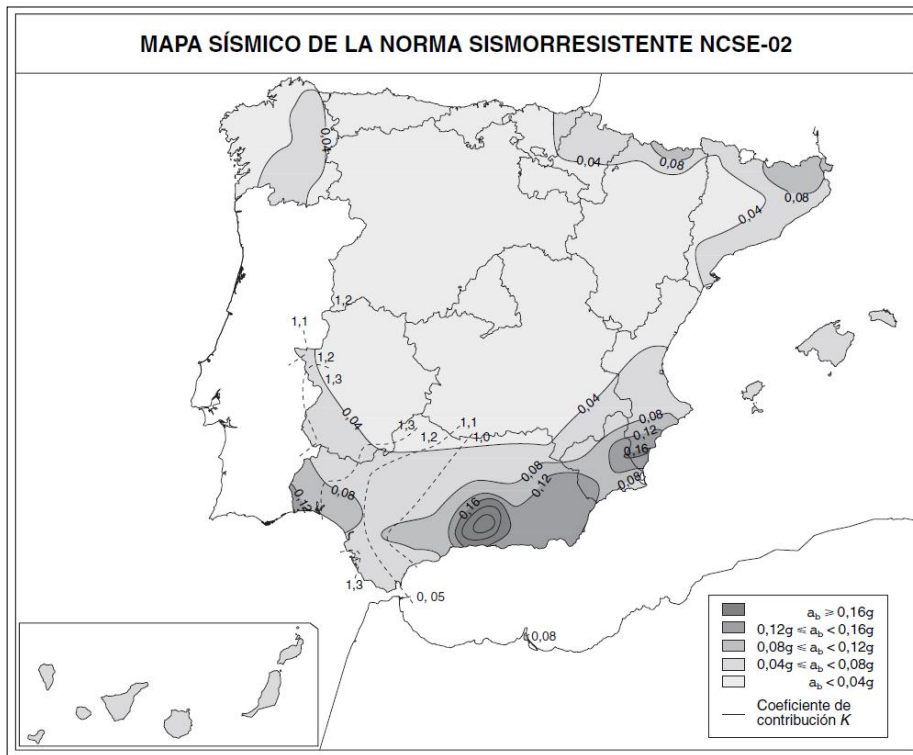


Figura 4-63 Mapa sísmico NCSE-02

Municipio	a_b/g	K
San Juan de Aznalfarache	0,07	(1,1)
San Nicolás del Puerto	0,04	(1,2)
Sanlúcar la Mayor	0,08	(1,1)
Santiponce	0,07	(1,2)
Saucejo, El	0,08	(1,0)
Sevilla	0,07	(1,1)
Tocina	0,06	(1,1)
Tomares	0,07	(1,1)
Umbrete	0,07	(1,1)

Figura 4-64 Aceleración sísmica Sevilla

5 PANDEO

Previamente a realizar las comprobaciones de los estados últimos de resistencia, se ha tenido en cuenta el efecto del pandeo en barras a compresión y en flexión.

En los pilares de los pórticos frontal y posterior, se ha tomado el coeficiente $\beta = 0,7$ en ambos planos ya que se considera el nudo de la cabeza del pilar articulado en el plano XY y en el XZ y empotrado también en estos dos planos en el apoyo inferior. Las deformadas según estas hipótesis se aprecian en la Figura 5-1.

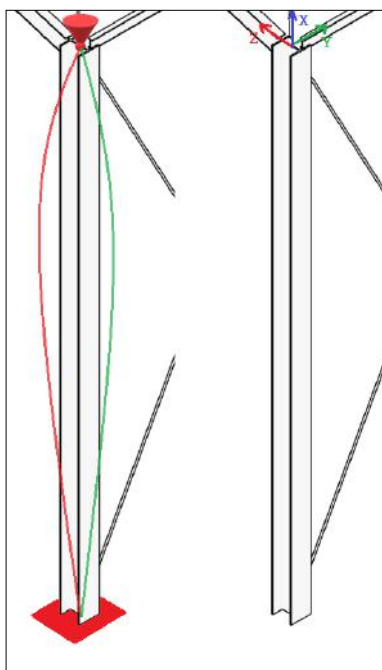


Figura 5-1 Pandeo pilares esquina

En los pilares tipo de los pórticos intermedios, se ha tomado el coeficiente $\beta = 0,7$ en el plano XZ ya que se ha considerado en la cabeza del pilar un nudo articulado y en el apoyo inferior empotrado. En el plano XY se ha tomado el coeficiente $\beta = 0$ debido a que el cerramiento le impide el pandeo en este plano. Las deformadas según estas hipótesis se aprecian en la Figura 5-2.

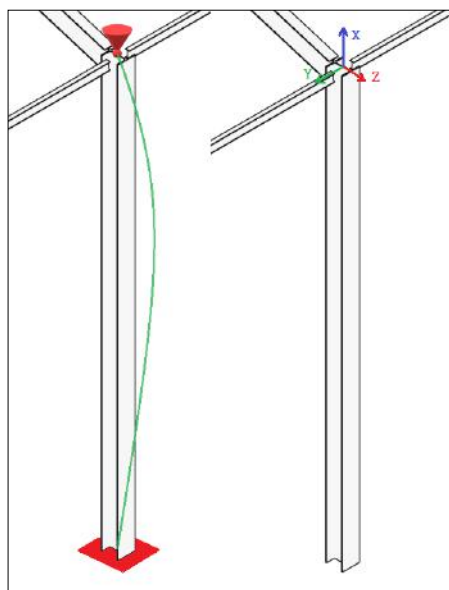


Figura 5-2 Pandeo pilares tipo

En los pilares frontal y posterior de los pórticos hastiales, se ha tomado el coeficiente $\beta = 1$ en el plano XZ ya que se ha considerado en la cabeza del pilar un nudo articulado y en el apoyo inferior también. En el plano XY se ha tomado el coeficiente $\beta = 0$ debido a que el cerramiento le impide pandear en este plano. Las deformadas según estas hipótesis se aprecian en la Figura 5-3.

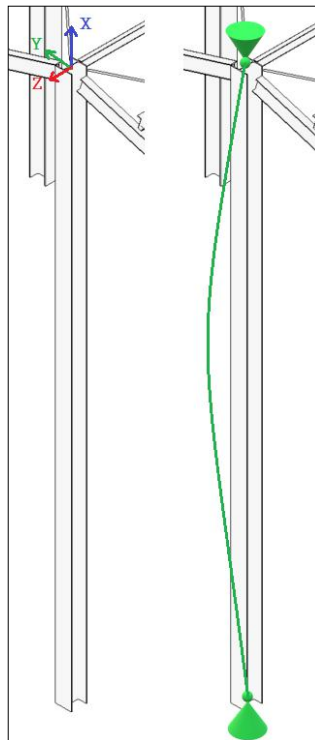


Figura 5-3 Pandeo pilar frontal

En los dinteles arriostrados por los tirantes, se ha tomado el coeficiente $\beta = 0,187$ en el plano XY ya que se ha considerado la longitud equivalente de pandeo la distancia entre correas, 1,51 m. Este coeficiente se justifica al dividir la longitud equivalente de pandeo entre la longitud de la barra 1,51 m / 8,06 m. En el plano XZ se ha tomado el coeficiente $\beta = 1$ ya que se ha considerado la barra articulada en sus extremos. Las deformadas según estas hipótesis se aprecian en la Figura 5-4.

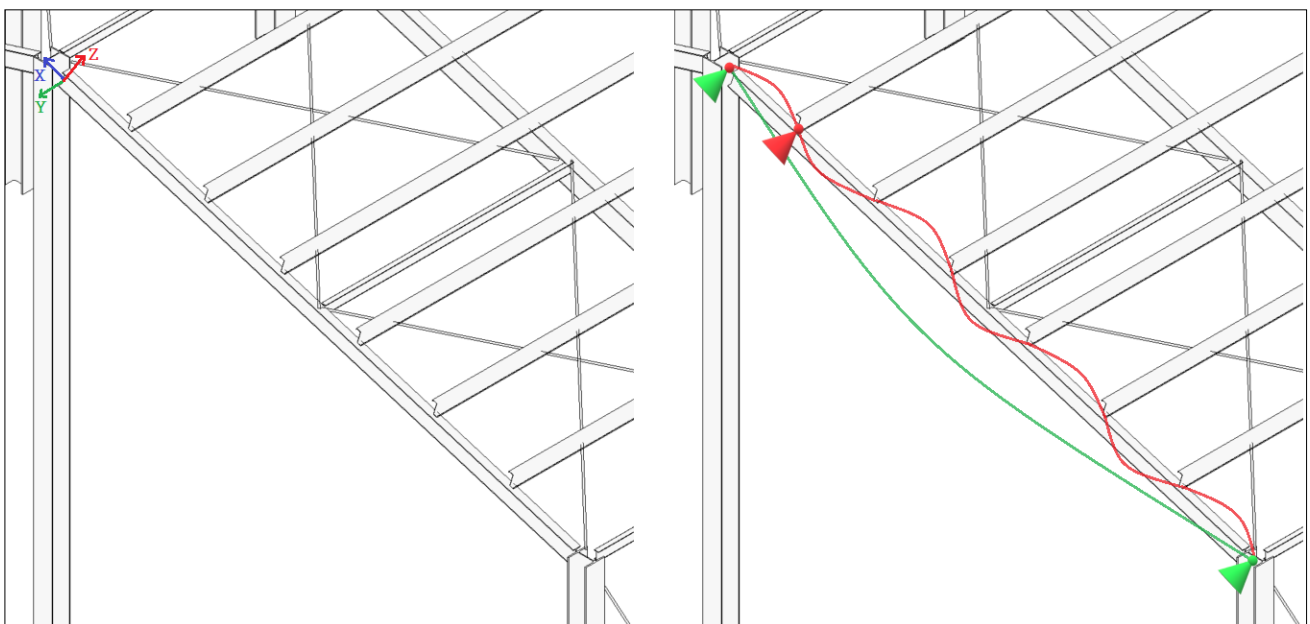


Figura 5-4 Pandeo dinteles arriostrados

En los dinteles centrales, al igual que en los dinteles anteriores, se ha tomado el coeficiente $\beta = 0,187$ en el plano XY ya que se ha considerado la longitud equivalente de pandeo la distancia entre correas, 1,51 m. Este coeficiente se justifica al dividir la longitud equivalente de pandeo entre la longitud de la barra 1,51 m / 8,06 m. En el plano XZ se ha tomado el coeficiente $\beta = 1$ ya que se ha considerado la barra articulada en sus extremos. Las deformadas según estas hipótesis se aprecian en la Figura 5-5.

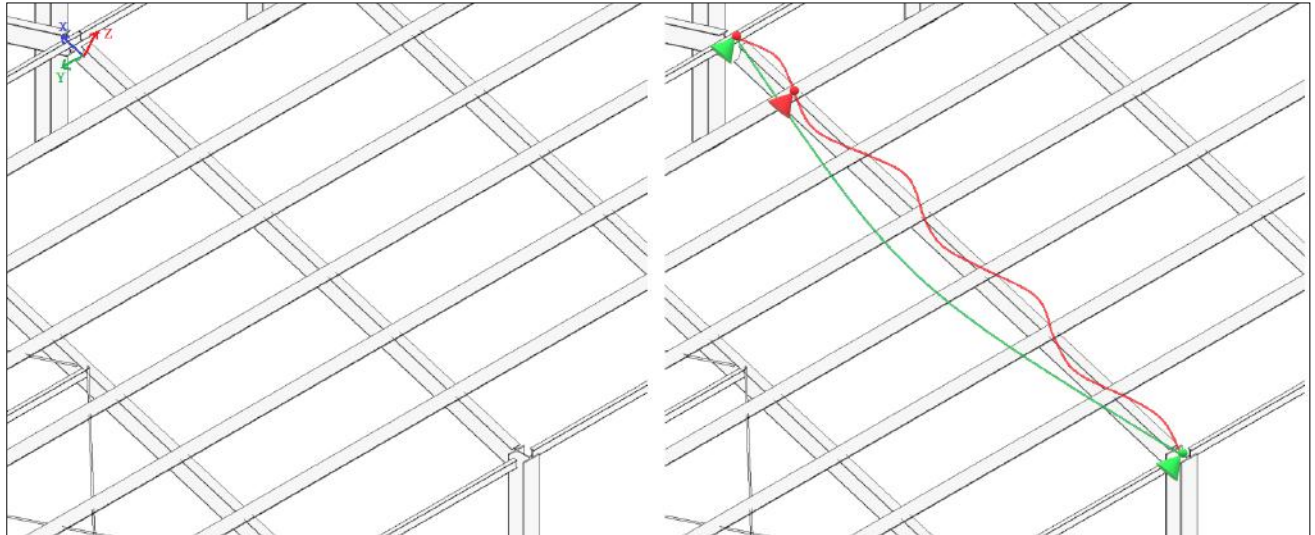


Figura 5-5 Pandeo dinteles centrales

Barras	β_{xy}	β_{xz}
1, 2, 3 y 4	0,7	0,7
5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18	0	0,7
19 y 20	0	1
21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 y 38	0,187	1
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89 y 90	0	0

Tabla 7 Coeficientes de pandeo en barras

6 MATERIALES

A continuación, se exponen las características de los aceros y de los perfiles de la estructura:

Características materiales	Acero S245	Acero S235
Tipo	Laminado	Conformado
Módulo de elasticidad - E (GPa)	210,0	210,0
Coefficiente de Poisson - ν	0,30	0,30
Módulo de cortadura - G (GPa)	81,0	81,0
Límite elástico - f_y (MPa)	275,0	235,0
Tensión de rotura - f_u (MPa)	410,0	360,0
Coefficiente de dilatación - α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	0,00001	0,00001
Peso específico - γ (kg/m^3)	7850,0	7850,0

Tabla 8 Características de los aceros

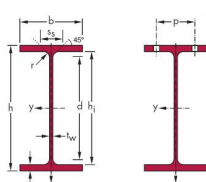
HE-280-B			
			
Tipo	HEB	I_y (cm^4)	19270,0
h (mm)	280,0	$W_{el,y}$ (cm^3)	1376,0
b (mm)	280,0	$W_{pl,y}$ (cm^3)	1534,0
t_w (mm)	10,5	i_y (cm)	12,11
t_f (mm)	18,0	I_z (cm^4)	6595,0
r (mm)	24,0	$W_{el,z}$ (cm^3)	471,0
A (cm^2)	131,4	$W_{pl,z}$ (cm^3)	717,6
d (mm)	196,0	i_z (cm)	7,09
Peso (kg/m)	103,0	A_{vz} (cm^2)	41,09

Tabla 9 Características perfil HE-280-B

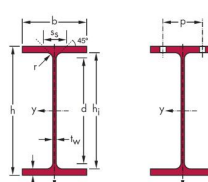
HE-280-A			
			
Tipo	HEA	I_y (cm^4)	13670,0
h (mm)	270,0	$W_{el,y}$ (cm^3)	1013,0
b (mm)	280,0	$W_{pl,y}$ (cm^3)	1112,0
t_w (mm)	8,0	i_y (cm)	11,86
t_f (mm)	13,0	I_z (cm^4)	4763,0
r (mm)	24,0	$W_{el,z}$ (cm^3)	340,2
A (cm^2)	97,3	$W_{pl,z}$ (cm^3)	518,1
d (mm)	196,0	i_z (cm)	7,0
Peso (kg/m)	76,4	A_{vz} (cm^2)	31,74

Tabla 10 Características perfil HE-280-A

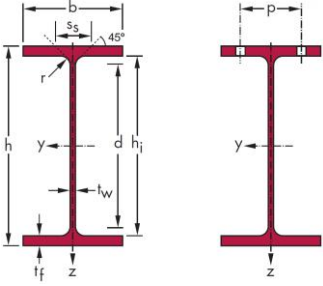
IPE-300			
			
Tipo	IPE	I_y (cm⁴)	8356,0
h (mm)	300,0	W_{el,y} (cm³)	557,0
b (mm)	150,0	W_{pl,y} (cm³)	628,0
t_w (mm)	7,1	i_y (cm)	12,5
t_r (mm)	10,7	I_z (cm⁴)	604,0
r (mm)	15,0	W_{el,z} (cm³)	80,5
A (cm²)	53,8	W_{pl,z} (cm³)	125,0
d (mm)	248,6	i_z (cm)	3,35
Peso (kg/m)	42,2	A_{vz} (cm²)	25,7

Tabla 11 Características perfil IPE 300

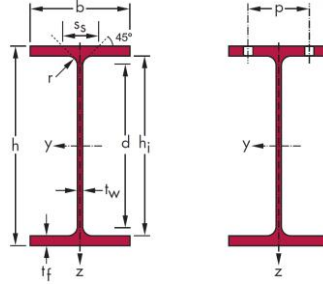
IPE-220			
			
Tipo	IPE	I_y (cm⁴)	2772,0
h (mm)	220,0	W_{el,y} (cm³)	252,0
b (mm)	110,0	W_{pl,y} (cm³)	285,0
t_w (mm)	5,9	i_y (cm)	9,11
t_r (mm)	9,2	I_z (cm⁴)	604,0
r (mm)	12,0	W_{el,z} (cm³)	80,5
A (cm²)	33,4	W_{pl,z} (cm³)	125,0
d (mm)	177,6	i_z (cm)	3,35
Peso (kg/m)	26,2	A_{vz} (cm²)	31,74

Tabla 12 Características perfil IPE 220

IPE 120			
Tipo	IPE	I_y (cm⁴)	318,0
h (mm)	120,0	W_{el,y} (cm³)	53,0
b (mm)	64,0	W_{pl,y} (cm³)	60,7
t_w (mm)	4,4	i_y (cm)	4,9
t_f (mm)	6,3	I_z (cm⁴)	27,7
r (mm)	7,0	W_{el,z} (cm³)	8,65
A (cm²)	13,2	W_{pl,z} (cm³)	13,6
d (mm)	93,4	i_z (cm)	1,45
Peso (kg/m)	10,4	A_{vz} (cm²)	6,31

Tabla 13 Características perfil IPE 120

HE-300-B			
Tipo	HEB	I_y (cm⁴)	25170,0
h (mm)	300,0	W_{el,y} (cm³)	1678,0
b (mm)	300,0	W_{pl,y} (cm³)	1869,0
t_w (mm)	11,0	i_y (cm)	12,99
t_f (mm)	19,0	I_z (cm⁴)	8563,0
r (mm)	27,0	W_{el,z} (cm³)	570,9
A (cm²)	149,1	W_{pl,z} (cm³)	870,1
d (mm)	208,0	i_z (cm)	7,58
Peso (kg/m)	117,0	A_{vz} (cm²)	47,43

Tabla 14 Características HE-300-B

R25			
Tipo	Redondo	I (cm⁴)	1,92
d (mm)	25,0	W_{el} (cm³)	1,53
u (mm)	69,1	W_{pl} (cm³)	2,61
A (cm²)	4,91	i (cm)	6,25
Peso (N/m)	37,8	I_o (cm⁴)	3,84

Tabla 15 Características R25

7 COMBINACIONES

En este apartado se detallan las hipótesis de carga y las combinaciones consideradas:

Hipótesis de carga			
1	Peso propio	7	Viento oeste H2
2	Sobrecarga de uso	8	Viento norte
3	Viento oeste H1	9	Viento este H1
4	Nieve 1	10	Viento este H2
5	Temperatura	11	Viento sur
6	Sismo	12	Nieve 2

Figura 7-1 Casos de carga

Nombre	Caso	Combinación
ELU 1	ELU	$1*1.35$
ELU 2	ELU	$1*1.35+2*1.50$
ELU 3	ELU	$1*1.35+3*1.50$
ELU 4	ELU	$1*1.35+3*1.50+4*0.75$
ELU 5	ELU	$1*1.35+3*1.50+12*0.75$
ELU 6	ELU	$1*1.35+7*1.50$
ELU 7	ELU	$1*1.35+7*1.50+4*0.75$
ELU 8	ELU	$1*1.35+7*1.50+12*0.75$
ELU 9	ELU	$1*1.35+8*1.50$
ELU 10	ELU	$1*1.35+8*1.50+4*0.75$
ELU 11	ELU	$1*1.35+8*1.50+12*0.75$
ELU 12	ELU	$1*1.35+9*1.50$
ELU 13	ELU	$1*1.35+9*1.50+4*0.75$
ELU 14	ELU	$1*1.35+9*1.50+12*0.75$
ELU 15	ELU	$1*1.35+10*1.50$
ELU 16	ELU	$1*1.35+10*1.50+4*0.75$
ELU 17	ELU	$1*1.35+10*1.50+12*0.75$
ELU 18	ELU	$1*1.35+11*1.50$
ELU 19	ELU	$1*1.35+11*1.50+4*0.75$
ELU 20	ELU	$1*1.35+11*1.50+12*0.75$
ELU 21	ELU	$1*1.35+4*1.50$
ELU 22	ELU	$1*1.35+4*1.50+3*0.90$
ELU 23	ELU	$1*1.35+4*1.50+7*0.90$
ELU 24	ELU	$1*1.35+4*1.50+8*0.90$
ELU 25	ELU	$1*1.35+4*1.50+9*0.90$
ELU 26	ELU	$1*1.35+4*1.50+10*0.90$
ELU 27	ELU	$1*1.35+4*1.50+11*0.90$

ELU 28	ELU	$1*1.35+12*1.50$
ELU 29	ELU	$1*1.35+12*1.50+3*0.90$
ELU 30	ELU	$1*1.35+12*1.50+7*0.90$
ELU 31	ELU	$1*1.35+12*1.50+8*0.90$
ELU 32	ELU	$1*1.35+12*1.50+9*0.90$
ELU 33	ELU	$1*1.35+12*1.50+10*0.90$
ELU 34	ELU	$1*1.35+12*1.50+11*0.90$
ELU 35	ELU	$1*0.80$
ELU 36	ELU	$1*0.80+2*1.50$
ELU 37	ELU	$1*0.80+3*1.50$
ELU 38	ELU	$1*0.80+3*1.50+4*0.75$
ELU 39	ELU	$1*0.80+3*1.50+12*0.75$
ELU 40	ELU	$1*0.80+7*1.50$
ELU 41	ELU	$1*0.80+7*1.50+4*0.75$
ELU 42	ELU	$1*0.80+7*1.50+12*0.75$
ELU 43	ELU	$1*0.80+8*1.50$
ELU 44	ELU	$1*0.80+8*1.50+4*0.75$
ELU 45	ELU	$1*0.80+8*1.50+12*0.75$
ELU 46	ELU	$1*0.80+9*1.50$
ELU 47	ELU	$1*0.80+9*1.50+4*0.75$
ELU 48	ELU	$1*0.80+9*1.50+12*0.75$
ELU 49	ELU	$1*0.80+10*1.50$
ELU 50	ELU	$1*0.80+10*1.50+4*0.75$
ELU 51	ELU	$1*0.80+10*1.50+12*0.75$
ELU 52	ELU	$1*0.80+11*1.50$
ELU 53	ELU	$1*0.80+11*1.50+4*0.75$
ELU 54	ELU	$1*0.80+11*1.50+12*0.75$
ELU 55	ELU	$1*0.80+4*1.50$
ELU 56	ELU	$1*0.80+4*1.50+3*0.90$
ELU 57	ELU	$1*0.80+4*1.50+7*0.90$
ELU 58	ELU	$1*0.80+4*1.50+8*0.90$
ELU 59	ELU	$1*0.80+4*1.50+9*0.90$
ELU 60	ELU	$1*0.80+4*1.50+10*0.90$
ELU 61	ELU	$1*0.80+4*1.50+11*0.90$
ELU 62	ELU	$1*0.80+12*1.50$
ELU 63	ELU	$1*0.80+12*1.50+3*0.90$
ELU 64	ELU	$1*0.80+12*1.50+7*0.90$
ELU 65	ELU	$1*0.80+12*1.50+8*0.90$
ELU 66	ELU	$1*0.80+12*1.50+9*0.90$
ELU 67	ELU	$1*0.80+12*1.50+10*0.90$
ELU 68	ELU	$1*0.80+12*1.50+11*0.90$
ELS 1	ELS	$(1+2)*1.00$
ELS 2	ELS	$(1+3)*1.00$
ELS 3	ELS	$(1+3)*1.00+4*0.50$
ELS 4	ELS	$(1+3)*1.00+12*0.50$
ELS 5	ELS	$(1+7)*1.00$

ELS 6	ELS	$(1+7)*1.00+4*0.50$
ELS 7	ELS	$(1+7)*1.00+12*0.50$
ELS 8	ELS	$(1+8)*1.00$
ELS 9	ELS	$(1+8)*1.00+4*0.50$
ELS 10	ELS	$(1+8)*1.00+12*0.50$
ELS 11	ELS	$(1+9)*1.00$
ELS 12	ELS	$(1+9)*1.00+4*0.50$
ELS 13	ELS	$(1+9)*1.00+12*0.50$
ELS 14	ELS	$(1+10)*1.00$
ELS 15	ELS	$(1+10)*1.00+4*0.50$
ELS 16	ELS	$(1+10)*1.00+12*0.50$
ELS 17	ELS	$(1+11)*1.00$
ELS 18	ELS	$(1+11)*1.00+4*0.50$
ELS 19	ELS	$(1+11)*1.00+12*0.50$
ELS 20	ELS	$(1+4)*1.00$
ELS 21	ELS	$(1+4)*1.00+3*0.60$
ELS 22	ELS	$(1+4)*1.00+7*0.60$
ELS 23	ELS	$(1+4)*1.00+8*0.60$
ELS 24	ELS	$(1+4)*1.00+9*0.60$
ELS 25	ELS	$(1+4)*1.00+10*0.60$
ELS 26	ELS	$(1+4)*1.00+11*0.60$
ELS 27	ELS	$(1+12)*1.00$
ELS 28	ELS	$(1+12)*1.00+3*0.60$
ELS 29	ELS	$(1+12)*1.00+7*0.60$
ELS 30	ELS	$(1+12)*1.00+8*0.60$
ELS 31	ELS	$(1+12)*1.00+9*0.60$
ELS 32	ELS	$(1+12)*1.00+10*0.60$
ELS 33	ELS	$(1+12)*1.00+11*0.60$

Figura 7-2 Combinaciones de carga

8 COMPROBACIÓN ELU

A continuación, se detallan las comprobaciones de los estados límites últimos de las barras de la estructura, según el DB SE-A.

8.1 Estructura principal

Barra 1

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	7,00 m
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	4,90 m
N _{Ed}	44,94 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	69,16
M _{y,Ed}	-42,72 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	0,78
M _{z,Ed}	25,24 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	χ _y	0,90	χ _z	0,67
V _{y,Ed}	15,34 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	10,81 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z,Ed}	0,01 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,02

Tabla 16 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 1

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,26 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{t,y,Ed})^2}}{f_{yd,0}} = 0,14 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{t,y,Ed}}{f_{yd,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{t,z,Ed}}{f_{yd,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 69,16 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 2

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	7,00 m
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	4,90 m
N _{Ed}	41,34 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	69,16
M _{y,Ed}	-42,72 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	0,78
M _{z,Ed}	18,40 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	χ _y	0,90	χ _z	0,67
V _{y,Ed}	10,74 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	9,11 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z,Ed}	-0,01 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,02

Tabla 17 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 2

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{t_{y,Ed}})^2}}{f_{y,d,0}} = 0,14 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{t_{y,Ed}}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{t_{z,Ed}}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 69,16 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{y,d,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,18 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{y,d,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,18 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 3

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	7,00 m
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	4,90 m
N _{Ed}	41,34 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	69,16
M _{y,Ed}	-42,72 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	0,78
M _{z,Ed}	18,40 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	χ _y	0,90	χ _z	0,67
V _{y,Ed}	10,74 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	9,11 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z,Ed}	-0,01 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,02

Tabla 18 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 3

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{t,y,Ed})^2}}{f_{yd,0}} = 0,14 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{t,y,Ed}}{f_{yd,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{t,z,Ed}}{f_{yd,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 69,16 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,18 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,18 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 4

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	7,00 m
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	4,90 m
N _{Ed}	44,94 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	69,16
M _{y,Ed}	- 42,72 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	0,78
M _{z,Ed}	25,24 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	γ _y	0,90	γ _z	0,67
V _{y,Ed}	15,34 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	10,81 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z,Ed}	0,01 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,02

Tabla 19 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 4

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,26 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{t,y,Ed})^2}}{f_{y,d,0}} = 0,14 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{t,y,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{t,z,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 69,16 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{y,d,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{y,d,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 5

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	-
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	-
N _{Ed}	35,74 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	-
M _{y,Ed}	-127,3 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	-
M _{z,Ed}	2,29 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	χ _y	0,90	χ _z	-
V _{y,Ed}	0,36 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	24,15 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z,Ed}	-0,01 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,00

Tabla 20 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 5

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,35 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{t,y,Ed})^2}}{f_{y,d,0}} = 0,38 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,04 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{t,y,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{t,z,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{y,d,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,33 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{y,d,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,21 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 6

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	$N_{c,Rd}$	3315,38 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	2232,78 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	26,19 kN	$M_{y,pl,Rd}$	387,29 kN·m	λ_y	40,46	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	- 225,0 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	387,29 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,46	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	2,47 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	181,10 kN·m	χ_y	0,90	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	0,35 kN	$M_{z,c,Rd}$	181,10 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	38,08 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1613,53 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	598,63 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 21 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 6

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,60 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,06 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,57 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,35 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 7

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-300-B	$N_{c,Rd}$	3762,44 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	3444,30 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	42,37 kN	$M_{y,pl,Rd}$	471,65 kN·m	λ_y	37,71	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	- 363,2 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	471,65 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,43	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	- 0,43 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	219,61 kN·m	χ_y	0,92	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	- 0,06 kN	$M_{z,c,Rd}$	219,61 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	51,88 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1838,86 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	691,08 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 22 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 7

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,78 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 37,71 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,75 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,45 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 8

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-300-B	$N_{c,Rd}$	3762,44 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	3444,30 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	42,37 kN	$M_{y,pl,Rd}$	471,65 kN·m	λ_y	37,71	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	- 367,7 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	471,65 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,43	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	219,61 kN·m	χ_y	0,92	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	219,61 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	-
$V_{z,Ed}$	52,53 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1838,86 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	691,08 kN·m	k_y	1,00	k_z	-

Tabla 23 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 8

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,79 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 37,71 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,76 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,46 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 9

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-300-B	$N_{c,Rd}$	3762,44 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	3444,30 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	42,37 kN	$M_{y,pl,Rd}$	471,65 kN·m	λ_y	37,71	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	- 363,2 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	471,65 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,43	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	- 0,43 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	219,61 kN·m	χ_y	0,92	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	- 0,06 kN	$M_{z,c,Rd}$	219,61 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	51,88 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1838,86 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	691,08 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 24 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 9

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,78 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 37,71 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,75 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,45 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 10

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	$N_{c,Rd}$	3315,38 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	2232,78 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	33,88 kN	$M_{y,pl,Rd}$	387,29 kN·m	λ_y	40,46	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	- 200,6 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	387,29 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,46	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	0,66 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	181,10 kN·m	χ_y	0,90	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	- 0,09 kN	$M_{z,c,Rd}$	181,10 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	28,66 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1613,53 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	598,63 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 25 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 10

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,53 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,05 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,51 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,31 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 11

Caso de carga más desfavorable: 22 ELU 10 1*1.35+8*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	-
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	-
N _{Ed}	44,45 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	-
M _{y,Ed}	- 139,9 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	-
M _{z,Ed}	- 5,62 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	χ _y	0,90	χ _z	-
V _{y,Ed}	- 0,83 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	29,46 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{t,Ed}	0,02 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,00

Tabla 26 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 11

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,41 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{t,y,Ed})^2}}{f_{y,d,0}} = 0,42 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,05 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{t,y,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{t,z,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{y,d,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,38 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{y,d,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,25 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 12

Caso de carga más desfavorable: 31 ELU 19 1*1.35+11*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	-
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	-
N _{Ed}	44,45 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	-
M _{y,Ed}	139,9 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	-
M _{z,Ed}	5,62 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	χ _y	0,90	χ _z	-
V _{y,Ed}	0,83 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	- 29,46 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z,Ed}	0,02 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,00

Tabla 27 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 12

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,41 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{t_y,Ed})^2}}{f_{y,d,0}} = 0,42 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,05 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{t_y,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{t_z,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{y,d,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,38 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{y,d,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,25 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 13

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N_{c, Rd}	3315,38 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	N_{b, Rd}	2232,78 kN	L_{k, y}	4,90 m	L_{k, z}	-
N_{Ed}	33,88 kN	M_{y, pl, Rd}	387,29 kN·m	λ_y	40,46	λ_z	-
M_{y, Ed}	200,62 kN·m	M_{y, c, Rd}	387,29 kN·m	λ̄_y	0,46	λ̄_z	-
M_{z, Ed}	-0,66 kN·m	M_{z, pl, Rd}	181,10 kN·m	χ_y	0,90	χ_z	-
V_{y, Ed}	- 0,09 kN	M_{z, c, Rd}	181,10 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	0,95
V_{z, Ed}	- 28,66 kN	V_{y, pl, Rd}	1613,53 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	598,63 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 28 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 13

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,53 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,05 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,51 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,31 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 14

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-300-B	$N_{c,Rd}$	3762,44 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	3444,30 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	42,37 kN	$M_{y,pl,Rd}$	471,65 kN·m	λ_y	37,71	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	363,19 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	471,65 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,43	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	-0,43 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	219,61 kN·m	χ_y	0,92	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	- 0,06 kN	$M_{z,c,Rd}$	219,61 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	- 51,88 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1838,86 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	691,08 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 29 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 14

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,78 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 37,71 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,75 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,45 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 15

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-300-B	N_{c, Rd}	3762,44 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	N_{b, Rd}	3444,30 kN	L_{k, y}	4,90 m	L_{k, z}	-
N_{Ed}	42,57 kN	M_{y, pl, Rd}	471,65 kN·m	λ_y	37,71	λ_z	-
M_{y, Ed}	367,71 kN·m	M_{y, c, Rd}	471,65 kN·m	λ̄_y	0,43	λ̄_z	-
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	219,61 kN·m	χ_y	0,92	χ_z	-
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	219,61 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	-
V_{z, Ed}	- 52,53 kN	V_{y, pl, Rd}	1838,86 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	691,08 kN·m	k_y	1,00	k_z	-

Tabla 30 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 15

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,79 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 37,71 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,76 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,46 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 16

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-300-B	$N_{c,Rd}$	3762,44 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	3444,30 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	42,37 kN	$M_{y,pl,Rd}$	471,65 kN·m	λ_y	37,71	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	363,19 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	471,65 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,43	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	0,43 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	219,61 kN·m	χ_y	0,92	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	- 0,06 kN	$M_{z,c,Rd}$	219,61 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	- 51,88 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1838,86 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	691,08 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 31 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 16

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,78 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 37,71 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,75 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,45 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 17

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	$N_{c,Rd}$	3315,38 kN	L_y	7,00 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	2232,78 kN	$L_{k,y}$	4,90 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	26,19 kN	$M_{y,pl,Rd}$	387,29 kN·m	λ_y	40,46	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	225,00 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	387,29 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,46	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	- 2,47 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	181,10 kN·m	χ_y	0,90	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	- 0,35 kN	$M_{z,c,Rd}$	181,10 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	- 38,08 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1613,53 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	598,63 kN·m	k_y	1,00	k_z	1,00

Tabla 32 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 17

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,60 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,06 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,57 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,35 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 18

Caso de carga más desfavorable: 31 ELU 19 1*1.35+11*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-B	N _{c,Rd}	3315,38 kN	L _y	7,00 m	L _z	-
Clase	1	N _{b,Rd}	2232,78 kN	L _{k,y}	4,90 m	L _{k,z}	-
N _{Ed}	35,74 kN	M _{y,pl,Rd}	387,29 kN·m	λ _y	40,46	λ _z	-
M _{y,Ed}	127,38 kN·m	M _{y,c,Rd}	387,29 kN·m	λ̄ _y	0,46	λ̄ _z	-
M _{z,Ed}	- 2,29 kN·m	M _{z,pl,Rd}	181,10 kN·m	γ _y	0,90	γ _z	-
V _{y,Ed}	- 0,36 kN	M _{z,c,Rd}	181,10 kN·m	C _{m,y}	0,95	C _{m,z}	0,95
V _{z,Ed}	- 24,15 kN	V _{y,pl,Rd}	1613,53 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z,Ed}	- 0,02 kN·m	V _{z,pl,Rd}	598,63 kN·m	k _y	1,00	k _z	1,00

Tabla 33 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 18

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,35 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{y,Ed} + \tau_{z,Ed})^2}}{f_{y,d,0}} = 0,38 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,04 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{\tau_{ty,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{\tau_{tz,Ed}}{f_{y,d,0}/\sqrt{3}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 40,46 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{y,d,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,33 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{y,d,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{y,d,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{y,d,1})} = 0,21 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 19

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-A	$N_{c,Rd}$	2547,40 kN	L_y	9,50 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	2071,74 kN	$L_{k,y}$	6,65 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	51,02 kN	$M_{y,pl,Rd}$	291,32 kN·m	λ_y	56,09	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	- 51,98 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	291,32 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,65	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	135,70 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	135,70 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	2,56 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1233,64 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	480,01 kN·m	k_y	1,01	k_z	1,00

Tabla 34 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 19

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 56,09 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,12 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 20

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	HE-280-A	$N_{c,Rd}$	2547,40 kN	L_y	9,50 m	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	2071,74 kN	$L_{k,y}$	6,65 m	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	51,02 kN	$M_{y,pl,Rd}$	291,32 kN·m	λ_y	56,09	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	- 51,98 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	291,32 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,65	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	135,70 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	135,70 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	2,56 kN	$V_{y,pl,Rd}$	1233,64 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	480,01 kN·m	k_y	1,01	k_z	1,00

Tabla 35 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 20

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 56,09 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,12 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 21

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 220	$N_{t,Rd}$	873,99 kN	L_y	-	L_z	-
Clase	1	$N_{b,Rd}$	541,07 kN	$L_{k,y}$	-	$L_{k,z}$	-
N_{Ed}	- 65,37 kN	$M_{y,pl,Rd}$	74,75 kN·m	λ_y	-	λ_z	-
$M_{y,Ed}$	13,19 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	74,75 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	-	$\bar{\lambda}_z$	-
$M_{z,Ed}$	7,52 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	15,22 kN·m	χ_y	-	χ_z	-
$V_{y,Ed}$	8,87 kN	$M_{z,c,Rd}$	15,22 kN·m	$C_{m,y}$	-	$C_{m,z}$	-
$V_{z,Ed}$	- 0,25 kN	$V_{y,pl,Rd}$	346,15 kN·m	a_y	-	a_z	-
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	240,14 kN·m	k_y	-	k_z	-

Tabla 36 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 21

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,75 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 22

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	60,65 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	31,11 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	- 0,01 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	- 0,26 kN	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	1,00

Tabla 37 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 22

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,24 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,16 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 23

Caso de carga más desfavorable: 111 ELU 52 1*0.80+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	30,01 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	30,03 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	-
$V_{z,Ed}$	-	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	-

Tabla 38 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 23

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,13 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 24

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	N_{c, Rd}	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	N_{b, Rd}	1137,21 kN	L_{k, y}	8,44 m	L_{k, z}	1,01 m
N_{Ed}	54,32 kN	M_{y, pl, Rd}	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
M_{y, Ed}	30,03 kN·m	M_{y, c, Rd}	164,58 kN·m	λ̄_y	0,78	λ̄_z	0,35
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	32,80 kN·m	γ_y	0,81	γ_z	0,95
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	32,80 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	-
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	-

Tabla 39 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 24

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,15 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 25

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	55,00 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	30,03 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	-
$V_{z,Ed}$	-	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	-

Tabla 40 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 25

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,15 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 26

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	N _{c, Rd}	1409,36 kN	L _y	8,44 m	L _z	8,44 m
Clase	1	N _{b, Rd}	1137,21 kN	L _{k, y}	8,44 m	L _{k, z}	1,01 m
N _{Ed}	54,32 kN	M _{y, pl, Rd}	164,58 kN·m	λ _y	67,72	λ _z	30,23
M _{y, Ed}	30,03 kN·m	M _{y, c, Rd}	164,58 kN·m	λ̄ _y	0,78	λ̄ _z	0,35
M _{z, Ed}	-	M _{z, pl, Rd}	32,80 kN·m	γ _y	0,81	γ _z	0,95
V _{y, Ed}	-	M _{z, c, Rd}	32,80 kN·m	C _{m, y}	0,95	C _{m, z}	-
V _{z, Ed}	-	V _{y, pl, Rd}	546,80 kN·m	a _y	0,60	a _z	-
T _{z, Ed}	-	V _{z, pl, Rd}	388,34 kN·m	k _y	1,03	k _z	-

Tabla 41 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 26

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,15 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 27

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	30,01 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	30,03 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	-
$V_{z,Ed}$	-	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	-

Tabla 42 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 27

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,13 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 28

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	60,65 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	31,11 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	0,01 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	- 0,26 kN	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	1,00

Tabla 43 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 28

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,24 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,16 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 29

Caso de carga más desfavorable: 55 ELU 43 1*0.80+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 220	$N_{c,Rd}$	873,99 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	541,07 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	51,78 kN	$M_{y,pl,Rd}$	74,75 kN·m	λ_y	92,59	λ_z	40,87
$M_{y,Ed}$	-13,46 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	74,75 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	1,07	$\bar{\lambda}_z$	0,47
$M_{z,Ed}$	7,43 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	15,22 kN·m	χ_y	0,62	χ_z	0,90
$V_{y,Ed}$	8,85 kN	$M_{z,c,Rd}$	15,22 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	- 0,60 kN	$V_{y,pl,Rd}$	346,15 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	240,14 kN·m	k_y	1,08	k_z	1,02

Tabla 44 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 29

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,73 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 92,59 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 40,87 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,57 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,65 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 30

Caso de carga más desfavorable: 111 ELU 52 1*0.80+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 220	N_{c, Rd}	873,99 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	N_{b, Rd}	541,07 kN	L_{k, y}	8,44 m	L_{k, z}	1,01 m
N_{Ed}	51,78 kN	M_{y, pl, Rd}	74,75 kN·m	λ_y	92,59	λ_z	40,87
M_{y, Ed}	-13,46 kN·m	M_{y, c, Rd}	74,75 kN·m	λ̄_y	1,07	λ̄_z	0,47
M_{z, Ed}	7,43 kN·m	M_{z, pl, Rd}	15,22 kN·m	χ_y	0,62	χ_z	0,90
V_{y, Ed}	8,85 kN	M_{z, c, Rd}	15,22 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	0,95
V_{z, Ed}	-0,60 kN	V_{y, pl, Rd}	346,15 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	240,14 kN·m	k_y	1,08	k_z	1,02

Tabla 45 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 30

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,73 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 92,59 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 40,87 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,57 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,65 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 31

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	60,65 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	31,11 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	0,01 kN·m	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	0,95
$V_{z,Ed}$	- 0,26 kN	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	1,00

Tabla 46 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 31

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,24 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,16 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 32

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	N_{c, Rd}	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	N_{b, Rd}	1137,21 kN	L_{k, y}	8,44 m	L_{k, z}	1,01 m
N_{Ed}	30,01 kN	M_{y, pl, Rd}	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
M_{y, Ed}	30,03 kN·m	M_{y, c, Rd}	164,58 kN·m	λ̄_y	0,78	λ̄_z	0,35
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	32,80 kN·m	γ_y	0,81	γ_z	0,95
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	32,80 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	-
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	388,34 kN·m	k_y	1,02	k_z	-

Tabla 47 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 32

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,13 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 33

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	54,32 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	30,03 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	-
$V_{z,Ed}$	-	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,02	k_z	-

Tabla 48 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 33

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,15 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 34

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	N_{c, Rd}	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	N_{b, Rd}	1137,21 kN	L_{k, y}	8,44 m	L_{k, z}	1,01 m
N_{Ed}	55,0 kN	M_{y, pl, Rd}	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
M_{y, Ed}	30,03 kN·m	M_{y, c, Rd}	164,58 kN·m	λ̄_y	0,78	λ̄_z	0,35
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	32,80 kN·m	γ_y	0,81	γ_z	0,95
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	32,80 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	-
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	388,34 kN·m	k_y	1,03	k_z	-

Tabla 49 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 34

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,13 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 35

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	$N_{c,Rd}$	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	$N_{b,Rd}$	1137,21 kN	$L_{k,y}$	8,44 m	$L_{k,z}$	1,01 m
N_{Ed}	54,32 kN	$M_{y,pl,Rd}$	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
$M_{y,Ed}$	30,03 kN·m	$M_{y,c,Rd}$	164,58 kN·m	$\bar{\lambda}_y$	0,78	$\bar{\lambda}_z$	0,35
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	32,80 kN·m	χ_y	0,81	χ_z	0,95
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	32,80 kN·m	$C_{m,y}$	0,95	$C_{m,z}$	-
$V_{z,Ed}$	-	$V_{y,pl,Rd}$	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	388,34 kN·m	k_y	1,02	k_z	-

Tabla 50 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 35

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,15 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 36

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	N_{c, Rd}	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	N_{b, Rd}	1137,21 kN	L_{k, y}	8,44 m	L_{k, z}	1,01 m
N_{Ed}	30,01 kN	M_{y, pl, Rd}	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
M_{y, Ed}	30,03 kN·m	M_{y, c, Rd}	164,58 kN·m	λ̄_y	0,78	λ̄_z	0,35
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	32,80 kN·m	γ_y	0,81	γ_z	0,95
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	32,80 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	-
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	-
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	388,34 kN·m	k_y	1,02	k_z	-

Tabla 51 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 36

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} = 0,13 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 37

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	N _{c, Rd}	1409,36 kN	L _y	8,44 m	L _z	8,44 m
Clase	1	N _{b, Rd}	1137,21 kN	L _{k, y}	8,44 m	L _{k, z}	1,01 m
N _{Ed}	60,65 kN	M _{y, pl, Rd}	164,58 kN·m	λ _y	67,72	λ _z	30,23
M _{y, Ed}	31,11 kN·m	M _{y, c, Rd}	164,58 kN·m	λ̄ _y	0,78	λ̄ _z	0,35
M _{z, Ed}	- 0,01 kN·m	M _{z, pl, Rd}	32,80 kN·m	χ _y	0,81	χ _z	0,95
V _{y, Ed}	-	M _{z, c, Rd}	32,80 kN·m	C _{m, y}	0,95	C _{m, z}	0,95
V _{z, Ed}	- 0,26 kN	V _{y, pl, Rd}	546,80 kN·m	a _y	0,60	a _z	0,60
T _{z, Ed}	-	V _{z, pl, Rd}	388,34 kN·m	k _y	1,02	k _z	1,00

Tabla 52 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 37

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,23 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

Control de estabilidad global de la barra:

$$\lambda_y = 67,72 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark \quad \lambda_z = 30,23 < \lambda_{max} = 210,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_y \cdot A \cdot f_{yd,1})} + k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd,1})} + a_z \cdot k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,24 < 1,00 \quad \checkmark$$

$$\frac{N_{Ed}}{(\chi_z \cdot A \cdot f_{yd,1})} + a_y \cdot k_y \cdot C_{m,y} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{(W_y \cdot f_{yd,1})} + k_z \cdot C_{m,z} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{(W_z \cdot f_{yd,1})} = 0,16 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 38

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia		Pandeo y		Pandeo z	
Sección	IPE 300	N_{c, Rd}	1409,36 kN	L_y	8,44 m	L_z	8,44 m
Clase	1	N_{b, Rd}	1137,21 kN	L_{k, y}	8,44 m	L_{k, z}	1,01 m
N_{Ed}	60,65 kN	M_{y, pl, Rd}	164,58 kN·m	λ_y	67,72	λ_z	30,23
M_{y, Ed}	31,11 kN·m	M_{y, c, Rd}	164,58 kN·m	λ̄_y	0,78	λ̄_z	0,35
M_{z, Ed}	- 0,01 kN·m	M_{z, pl, Rd}	32,80 kN·m	γ_y	0,81	γ_z	0,95
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	32,80 kN·m	C_{m, y}	0,95	C_{m, z}	0,95
V_{z, Ed}	- 0,26 kN	V_{y, pl, Rd}	546,80 kN·m	a_y	0,60	a_z	0,60
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	388,34 kN·m	k_y	1,02	k_z	1,00

Tabla 53 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 38

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,c,Rd}} = 0,75 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,00 < 1,00 \quad \checkmark$$

8.2 Estructura secundaria

Barra 39

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 $1*1.35+7*1.50+4*0.75$

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	- 19,35 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	-	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 54 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 39

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,07 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 40

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 $1*1.35+2*1.50$

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,58 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	-	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 55 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 40

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 41

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,49 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 56 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 41

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 42

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,43 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 57 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 42

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 43

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,43 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 58 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 43

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 44

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,49 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 59 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 44

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 45

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,58 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 60 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 45

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 46

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 16,08 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 61 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 46

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,04 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 47

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 16,08 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 62 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 47

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,04 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 48

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,58 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 63 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 48

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 49

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,49 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	-	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 64 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 49

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 50

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,43 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	-	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 65 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 50

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 51

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,43 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 66 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 51

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 52

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,49 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 67 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 52

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 53

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 28,58 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 68 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 53

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,08 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 54

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 19,35 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	-	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 69 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 54

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,05 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 55

Caso de carga más desfavorable: 55 ELU 43 1*0.80+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	13,83 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	14,61 kN	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 70 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 55

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,04 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,15 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 56

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	17,96 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	0,03 kN	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	10,46 kN	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 71 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 56

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,05 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,11 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 57

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	71,75 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	- 2,72 kN	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 72 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 57

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,21 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 58

Caso de carga más desfavorable: 55 ELU 43 1*0.80+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	- 6,55 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	0,01 kN	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	2,40 kN	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 73 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 58

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 59

Caso de carga más desfavorable: 111 ELU 52 1*0.80+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	- 6,55 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	0,01 kN	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	2,40 kN	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 74 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 59

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 60

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	71,75 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	0,01 kN	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	2,72 kN	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 75 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 60

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,21 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,03 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 61

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N _{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N _{b, Rd}	345,98 kN
N _{Ed}	17,96 kN	M _{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M _{y, Ed}	-	M _{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M _{z, Ed}	-	M _{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V _{y, Ed}	0,03 kN	M _{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V _{z, Ed}	- 10,46 kN	V _{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T _{z, Ed}	-	V _{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 76 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 61

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,05 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,11 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 62

Caso de carga más desfavorable: 111 ELU 52 1*0.80+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N _{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N _{b, Rd}	345,98 kN
N _{Ed}	13,83 kN	M _{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M _{y, Ed}	-	M _{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M _{z, Ed}	-	M _{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V _{y, Ed}	-	M _{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V _{z, Ed}	- 14,61 kN	V _{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T _{z, Ed}	-	V _{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 77 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 62

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,04 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,15 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 63

Caso de carga más desfavorable: 30 ELU 18 1*1.35+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	6,09 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	0,02 kN	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	0,02 kN	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 78 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 63

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,02 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 64

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	N_{c, Rd}	345,98 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	345,98 kN
N_{Ed}	5,27 kN	M_{y, pl, Rd}	15,91 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	15,91 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	3,46 kN·m
V_{y, Ed}	0,09 kN	M_{z, c, Rd}	3,46 kN·m
V_{z, Ed}	0,28 kN	V_{y, pl, Rd}	137,61 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	95,34 kN·m

Tabla 79 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 64

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 65

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	5,27 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	0,09 kN	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,28 kN	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 80 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 65

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 66

Caso de carga más desfavorable: 21 ELU 9 1*1.35+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	IPE 120	$N_{c, Rd}$	345,98 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	345,98 kN
N_{Ed}	6,09 kN	$M_{y, pl, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	15,91 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{y, Ed}$	0,02 kN	$M_{z, c, Rd}$	3,46 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,02 kN	$V_{y, pl, Rd}$	137,61 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	95,34 kN·m

Tabla 81 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 66

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 67

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	-24,85 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,15 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 82 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 67

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 68

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	28,72 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,16 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 83 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 68

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 69

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	32,66 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	- 0,01 kN	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,15 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 84 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 69

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,25 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 70

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	- 36,90 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,15 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 85 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 70

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,29 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 71

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	- 25,43 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,15 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 86 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 71

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 72

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	28,72 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,16 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 87 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 72

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 73

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	31,65 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	0,01 kN	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,14 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 88 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 73

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,25 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 74

Caso de carga más desfavorable: 19 ELU 7 1*1.35+7*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	- 36,67 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	0,01 kN	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,15 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 89 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 74

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,28 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 75

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	- 25,43 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,15 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 90 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 75

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,20 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 76

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	28,72 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,16 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 91 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 76

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 77

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	31,65 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	0,01 kN	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,14 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 92 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 77

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,25 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 78

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	- 36,67 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	0,01 kN	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	- 0,15 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 93 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 78

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,29 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 79

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	N_{t, Rd}	128,56 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	-
N_{Ed}	- 24,85 kN	M_{y, pl, Rd}	0,68 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	0,68 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	0,68 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	0,68 kN·m
V_{z, Ed}	0,15 kN	V_{y, pl, Rd}	46,88 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	46,88 kN·m

Tabla 94 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 79

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,19 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 80

Caso de carga más desfavorable: 14 ELU 2 1*1.35+2*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	N_{t, Rd}	128,56 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	-
N_{Ed}	28,72 kN	M_{y, pl, Rd}	0,68 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	0,68 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	0,68 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	0,68 kN·m
V_{z, Ed}	0,16 kN	V_{y, pl, Rd}	46,88 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	46,88 kN·m

Tabla 95 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 80

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,22 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 81

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	32,66 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	0,01 kN	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,15 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 96 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 81

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,25 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 82

Caso de carga más desfavorable: 28 ELU 16 1*1.35+10*1.50+4*0.75

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	- 36,90 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	0,01 kN	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,15 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 97 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 82

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,29 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 83

Caso de carga más desfavorable: 30 ELU 18 1*1.35+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	N_{t, Rd}	128,56 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	-
N_{Ed}	- 40,16 kN	M_{y, pl, Rd}	0,68 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	0,68 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	0,68 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	0,68 kN·m
V_{z, Ed}	0,10 kN	V_{y, pl, Rd}	46,88 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	46,88 kN·m

Tabla 98 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 83

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,31 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 84

Caso de carga más desfavorable: 30 ELU 18 1*1.35+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	N_{t, Rd}	128,56 kN
Clase	1	N_{b, Rd}	-
N_{Ed}	40,97 kN	M_{y, pl, Rd}	0,68 kN·m
M_{y, Ed}	-	M_{y, c, Rd}	0,68 kN·m
M_{z, Ed}	-	M_{z, pl, Rd}	0,68 kN·m
V_{y, Ed}	-	M_{z, c, Rd}	0,68 kN·m
V_{z, Ed}	0,10 kN	V_{y, pl, Rd}	46,88 kN·m
T_{z, Ed}	-	V_{z, pl, Rd}	46,88 kN·m

Tabla 99 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 84

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,32 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 85

Caso de carga más desfavorable: 21 ELU 9 1*1.35+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	41,03 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,10 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 100 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 85

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,32 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 86

Caso de carga más desfavorable: 21 ELU 9 1*1.35+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	40,23 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,10 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 101 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 86

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,31 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 87

Caso de carga más desfavorable: 21 ELU 9 1*1.35+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	40,16 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,10 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 102 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 87

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,31 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 88

Caso de carga más desfavorable: 21 ELU 9 1*1.35+8*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t, Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b, Rd}$	-
N_{Ed}	40,97 kN	$M_{y, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y, Ed}$	-	$M_{y, c, Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z, Ed}$	-	$M_{z, pl, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y, Ed}$	-	$M_{z, c, Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z, Ed}$	0,10 kN	$V_{y, pl, Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z, Ed}$	-	$V_{z, pl, Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 103 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 88

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c, Rd}} = 0,32 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z, Ed}}{V_{z, pl, T, Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 89

Caso de carga más desfavorable: 30 ELU 18 1*1.35+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	41,03 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,10 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 104 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 89

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,32 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

Barra 90

Caso de carga más desfavorable: 30 ELU 18 1*1.35+11*1.50

Esfuerzos en la barra		Resistencia	
Sección	R25	$N_{t,Rd}$	128,56 kN
Clase	1	$N_{b,Rd}$	-
N_{Ed}	40,23 kN	$M_{y,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{y,Ed}$	-	$M_{y,c,Rd}$	0,68 kN·m
$M_{z,Ed}$	-	$M_{z,pl,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{y,Ed}$	-	$M_{z,c,Rd}$	0,68 kN·m
$V_{z,Ed}$	0,10 kN	$V_{y,pl,Rd}$	46,88 kN·m
$T_{z,Ed}$	-	$V_{z,pl,Rd}$	46,88 kN·m

Tabla 105 Esfuerzos, resistencia y pandeo en la barra 90

Control de la resistencia de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,31 < 1,00 \quad \checkmark \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = 0,01 < 1,00 \quad \checkmark$$

8.3 Tabla resumen de aprovechamiento ELU

Barra	Cumple	Perfil	Material	λ_y	λ_z	Aprovechamiento	Caso
1 Pilar 1_1	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	69,16	0,26	19 ELU 7
2 Pilar 1_2	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	69,16	0,22	19 ELU 7
3 Pilar 1_3	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	69,16	0,22	28 ELU 16
4 Pilar 1_4	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	69,16	0,26	28 ELU 16
5 Pilar 2_5	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,38	28 ELU 16
6 Pilar 2_6	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,6	28 ELU 16
7 Pilar 2_7	✓	HEB 300	Acero S275	37,71	92,36	0,78	14 ELU 2
8 Pilar 2_8	✓	HEB 300	Acero S275	37,71	92,36	0,79	14 ELU 2
9 Pilar 2_9	✓	HEB 300	Acero S275	37,71	92,36	0,78	14 ELU 2
10 Pilar 2_10	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,53	14 ELU 2
11 Pilar 2_11	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,42	22 ELU 10
12 Pilar 2_12	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,42	31 ELU 19
13 Pilar 2_13	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,53	14 ELU 2
14 Pilar 2_14	✓	HEB 300	Acero S275	37,71	92,36	0,78	14 ELU 2
15 Pilar 2_15	✓	HEB 300	Acero S275	37,71	92,36	0,79	14 ELU 2
16 Pilar 2_16	✓	HEB 300	Acero S275	37,71	92,36	0,78	14 ELU 2
17 Pilar 2_17	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,6	19 ELU 7
18 Pilar 2_18	✓	HEB 280	Acero S275	40,46	98,8	0,38	19 ELU 7
19 Pilar 2_19	✓	HEA 280	Acero S275	56,09	135,76	0,2	19 ELU 7
20 Pilar 2_20	✓	HEA 280	Acero S275	56,09	135,76	0,2	28 ELU 16
21 Dintel 1_21	✓	IPE 220	Acero S275	92,59	40,87	0,75	19 ELU 7
22 Dintel 1_22	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,24	14 ELU 2
23 Dintel 2_23	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,31	111 ELU 52
24 Dintel 2_24	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,27	111 ELU 52
25 Dintel 2_25	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,25	14 ELU 2
26 Dintel 2_26	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,27	55 ELU 43
27 Dintel 2_27	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,31	55 ELU 43
28 Dintel 1_28	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,24	14 ELU 2
29 Dintel 1_29	✓	IPE 220	Acero S275	92,59	40,87	0,73	55 ELU 43
30 Dintel 1_30	✓	IPE 220	Acero S275	92,59	40,87	0,73	111 ELU 52
31 Dintel 1_31	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,24	14 ELU 2
32 Dintel 2_32	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,31	111 ELU 52
33 Dintel 2_33	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,27	111 ELU 52
34 Dintel 2_34	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,25	14 ELU 2
35 Dintel 2_35	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,27	55 ELU 43
36 Dintel 2_36	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,31	55 ELU 43
37 Dintel 1_37	✓	IPE 300	Acero S275	67,72	30,23	0,24	14 ELU 2
38 Dintel 1_38	✓	IPE 220	Acero S275	92,59	40,87	0,75	28 ELU 16
39 Viga 1_39	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,07	19 ELU 7
40 Viga 1_40	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
41 Viga 1_41	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
42 Viga 1_42	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
43 Viga 1_43	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2

44 Viga 1_44	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
45 Viga 1_45	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
46 Viga 1_46	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,06	28 ELU 16
47 Viga 1_47	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,06	19 ELU 7
48 Viga 1_48	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
49 Viga 1_49	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
50 Viga 1_50	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
51 Viga 1_51	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
52 Viga 1_52	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
53 Viga 1_53	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,1	14 ELU 2
54 Viga 1_54	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,07	28 ELU 16
55 Viga 1_55	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,04	55 ELU 43
56 Viga 1_56	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,05	28 ELU 16
57 Viga 1_57	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,21	14 ELU 2
58 Viga 1_58	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,02	55 ELU 43
59 Viga 1_59	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,02	111 ELU 52
60 Viga 1_60	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,21	14 ELU 2
61 Viga 1_61	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,05	19 ELU 7
62 Viga 1_62	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,04	111 ELU 52
63 Viga 1_63	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,02	30 ELU 18
64 Viga 1_64	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,01	19 ELU 7
65 Viga 1_65	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,01	28 ELU 16
66 Viga 1_66	✓	IPE 120	Acero S275	77,69	263,27	0,01	21 ELU 9
67 Viga 1_67	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,20	19 ELU 7
68 Viga 1_68	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,22	14 ELU 2
69 Viga 1_69	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,25	19 ELU 7
70 Viga 1_70	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,29	19 ELU 7
71 Viga 1_71	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,20	14 ELU 2
72 Viga 1_72	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,22	14 ELU 2
73 Viga 1_73	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,25	19 ELU 7
74 Viga 1_74	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,28	19 ELU 7
75 Viga 1_75	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,20	14 ELU 2
76 Viga 1_76	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,22	14 ELU 2
77 Viga 1_77	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,25	28 ELU 16
78 Viga 1_78	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,29	28 ELU 16
79 Viga 1_79	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,19	28 ELU 16
80 Viga 1_80	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,22	14 ELU 2
81 Viga 1_81	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,25	28 ELU 16
82 Viga 1_82	✓	ROND 25	Acero S275	909,62	909,62	0,29	28 ELU 16
83 Viga 1_83	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,31	30 ELU 18
84 Viga 1_84	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,32	30 ELU 18
85 Viga 1_85	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,32	21 ELU 9
86 Viga 1_86	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,31	21 ELU 9
87 Viga 1_87	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,31	21 ELU 9
88 Viga 1_88	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,32	21 ELU 9
89 Viga 1_89	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,32	30 ELU 18
90 Viga 1_90	✓	ROND 25	Acero S275	1275,16	1275,16	0,32	30 ELU 18

Tabla 106 Tabla resumen aprovechamiento barras ELU

9 COMPROBACIÓN ELS

A continuación, se detallan las comprobaciones de los estados límites de servicio de las barras de la estructura, según el DB SE.

Barra 1

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 2 ELS (1+3)*1.00

$$u_y = 0,2 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$u_z = 0,2 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 2 ELS (1+3)*1.00

$$v_x = 1,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 2

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 2 ELS (1+3)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$u_z = 0,2 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$v_x = 1,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 3

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 11 ELS $(1+9)*1.00$

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 $(1+10)*1.00+4*0.50$

$$u_z = 0,2 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 $(1+10)*1.00+4*0.50$

$$v_x = 1,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS $(1+8)*1.00$

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 4

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 11 ELS $(1+9)*1.00$

$$u_y = 0,2 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 $(1+7)*1.00+4*0.50$

$$u_z = 0,2 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 $(1+7)*1.00+4*0.50$

$$v_x = 1,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS $(1+8)*1.00$

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 5

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS $(1+11)*1.00$

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 $(1+10)*1.00+4*0.50$

$$u_z = 0,6 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 $(1+10)*1.00+4*0.50$

$$v_x = 2,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS $(1+11)*1.00$

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 6

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$u_z = 1,1 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$v_x = 2,1 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 7

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 2,4 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 0,4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 8

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 86 ELS 9 (1+8)*1.00+4*0.50

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 7,9 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 86 ELS 9 (1+8)*1.00+4*0.50

$$v_y = 0,4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 9

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 2,4 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$v_y = 0,4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 10

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,1 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 1,8 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 11

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_z = 0,6 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 86 ELS 9 (1+8)*1.00+4*0.50

$$v_x = 1,2 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 12

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_z = 0,6 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 95 ELS 18 (1+11)*1.00+4*0.50

$$v_x = 1,1 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 13

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,1 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 2,1 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 14

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 2,5 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 0,4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 15

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 2,6 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 0,4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 16

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$v_x = 2,6 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$v_y = 0,4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 17

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$u_z = 1,1 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$v_x = 2,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 18

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$u_z = 0,6 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$v_x = 1,7 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$v_y = 0,5 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 19

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 5 ELS (1+7)*1.00

$$u_y = 0,2 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 3 ELS (1+3)*1.00

$$u_z = 1,2 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 5 ELS (1+7)*1.00

$$v_x = 1,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$v_y = 2,4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 20

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$u_y = 0,2 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 11 ELS (1+9)*1.00

$$u_z = 1,2 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Control de desplazamientos (coordenadas globales):

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$v_x = 1,0 \text{ cm} < v_{x,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$v_y = 2,7 \text{ cm} < v_{y,max} = L/250 = 3,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 21

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 22

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,7 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 23

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 24

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 94 ELS 17 (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 25

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 26

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,2 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 2,8 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 27

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 94 ELS 17 (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 28

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 29

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$u_y = 1,0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 30

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 83 ELS 6 (1+7)*1.00+4*0.50

$$u_y = 1,0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \quad \checkmark$$

Barra 31

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 17 ELS (1+11)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 32

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 91 ELS 14 (1+10)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 33

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 91 ELS 14 (1+10)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 34

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 2 ELS (1+3)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 35

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 2 ELS (1+3)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 36

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 37

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 78 ELS 1 (1+2)*1.00

$$u_y = 0,1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$u_z = 0,9 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Barra 38

Control de flecha (coordenadas locales):

Caso de carga más desfavorable: 92 ELS 15 (1+10)*1.00+4*0.50

$$u_y = 1,0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

Caso de carga más desfavorable: 8 ELS (1+8)*1.00

$$u_z = 1,5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250 = 3,4 \text{ cm} \checkmark$$

9.1 Tabla resumen de aprovechamiento ELS

Barra	Cumple	Perfil	Material	Ratio (u_y)	Caso (u_y)	Ratio (u_z)	Caso (u_z)
1 Pilar 1_1	✓	HEB 280	Acero S275	0,07	1*3	0,07	0.5*4 + 1*10
2 Pilar 1_2	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*3	0,08	0.5*4 + 1*7
3 Pilar 1_3	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*9	0,08	0.5*4 + 1*10
4 Pilar 1_4	✓	HEB 280	Acero S275	0,07	1*9	0,07	0.5*4 + 1*7
5 Pilar 2_5	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*11	0,24	0.5*4 + 1*10
6 Pilar 2_6	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*11	0,4	92 ELS 15
7 Pilar 2_7	✓	HEB 300	Acero S275	0,04	1*11	0,54	78 ELS 1
8 Pilar 2_8	✓	HEB 300	Acero S275	0,04	0.5*4 + 1*8	0,54	78 ELS 1
9 Pilar 2_9	✓	HEB 300	Acero S275	0,04	1*8	0,54	78 ELS 1
10 Pilar 2_10	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*8	0,39	78 ELS 1
11 Pilar 2_11	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*8	0,26	1*11
12 Pilar 2_12	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*11	0,26	1*8
13 Pilar 2_13	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*11	0,39	78 ELS 1
14 Pilar 2_14	✓	HEB 300	Acero S275	0,04	1*11	0,54	78 ELS 1
15 Pilar 2_15	✓	HEB 300	Acero S275	0,04	1*11	0,54	78 ELS 1
16 Pilar 2_16	✓	HEB 300	Acero S275	0,04	1*8	0,54	78 ELS 1
17 Pilar 2_17	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*8	0,4	83 ELS 6
18 Pilar 2_18	✓	HEB 280	Acero S275	0,04	1*8	0,24	0.5*4 + 1*7
19 Pilar 2_19	✓	HEA 280	Acero S275	0	1*7	0,37	1*3
20 Pilar 2_20	✓	HEA 280	Acero S275	0	0.5*4 + 1*10	0,37	1*9
21 Dintel 1_21	✓	IPE 220	Acero S275	0,34	0.5*4 + 1*7	0,53	1*11
22 Dintel 1_22	✓	IPE 300	Acero S275	0,02	1*11	0,27	78 ELS 1
23 Dintel 2_23	✓	IPE 300	Acero S275	0	1*7	0,26	78 ELS 1
24 Dintel 2_24	✓	IPE 300	Acero S275	0	94 ELS 17	0,26	78 ELS 1
25 Dintel 2_25	✓	IPE 300	Acero S275	0	11 V4 - 270°	0,26	78 ELS 1
26 Dintel 2_26	✓	IPE 300	Acero S275	0	8 V2 - 90°	0,26	78 ELS 1
27 Dintel 2_27	✓	IPE 300	Acero S275	0	94 ELS 17	0,26	78 ELS 1
28 Dintel 1_28	✓	IPE 300	Acero S275	0,02	1*8	0,27	78 ELS 1
29 Dintel 1_29	✓	IPE 220	Acero S275	0,36	0.5*4 + 1*10	0,54	1*8
30 Dintel 1_30	✓	IPE 220	Acero S275	0,36	0.5*4 + 1*7	0,54	1*11
31 Dintel 1_31	✓	IPE 300	Acero S275	0,02	1*11	0,27	78 ELS 1
32 Dintel 2_32	✓	IPE 300	Acero S275	0	91 ELS 14	0,26	78 ELS 1
33 Dintel 2_33	✓	IPE 300	Acero S275	0	1*10 + 0.5*12	0,26	78 ELS 1
34 Dintel 2_34	✓	IPE 300	Acero S275	0	1*10 + 0.5*12	0,26	78 ELS 1
35 Dintel 2_35	✓	IPE 300	Acero S275	0	8 V2 - 90°	0,26	78 ELS 1
36 Dintel 2_36	✓	IPE 300	Acero S275	0	8 V2 - 90°	0,26	78 ELS 1
37 Dintel 1_37	✓	IPE 300	Acero S275	0,02	0.5*4 + 1*10	0,27	78 ELS 1
38 Dintel 1_38	✓	IPE 220	Acero S275	0,34	0.5*4 + 1*10	0,53	1*8

Tabla 107 Tabla resumen aprovechamiento barras ELS

10 CONCLUSIONES

En vista de los resultados expuestos, podemos concluir que la estructura cumple con los requisitos de seguridad y servicio marcados por el DB SE. Además, podemos constatar que la metodología BIM ha sido de gran utilidad para agilizar los tiempos de ejecución, en lo respecta al diseño y dimensionamiento de la estructura. Finalmente, hay que destacar que en la parte de trazado de planos descriptivos no ha sido necesario utilizar un software de dibujo 2D, sino que el propio programa ha gestionado y dibujado los planos de manera agíl y sencilla.

11 PRESUPUESTO

A continuación, se detalla una estimación económica del proyecto realizándose mediante el software Presto. Este programa es perfectamente integrable a la metodología BIM, concretamente con la aplicación Cost-it, pero se escapa del alcance el trabajo. Todas las cantidades están expresadas en euros (€)

11.1 Cuadro de precios

01.01		m ³	EXCAVACIÓN DE TIERRA VEGETAL	
Maquinaria				
01.01.03	0,0060 h	Excavadora hidráulica sobre rueda. De 22 t de masa	82,70	0,50
01.01.04	0,0150 h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	87,45	1,31
Mano de obra				
01.01.02	0,0030 h	Peón ordinario	16,60	0,05
			Materiales	0,01
			Maquinaria	1,81
			Mano de obra	0,05
			Otros	0,00
			Suma la partida	1,87
			Costes indirectos 6 %	0,11
			TOTAL PARTIDA.....	1,98

Figura 11-1 Precio m² de excavación de tierra vegetal

01.02		m ³	EXCAVACIÓN EN DESMONTE EN TIERRA CON MEDIOS MECÁNICOS SIN EXPLOSIVOS	
Maquinaria				
01.02.03	0,0038 h	Excavadora hidráulica sobre cadenas de 45 t de masa	129,02	0,49
01.01.04	0,0150 h	Camión. Con caja basculante 6x6. De 258 kW de potencia	87,45	1,31
Mano de obra				
01.01.02	0,0019 h	Peón ordinario	16,60	0,03
			Materiales	0,01
			Maquinaria	1,80
			Mano de obra	0,03
			Otros	0,00
			Suma la partida	1,84
			Costes indirectos 6 %	0,11
			TOTAL PARTIDA.....	1,95

Figura 11-2 Precio m³ de excavación en desmonte en tierra con medios mecánicos

02.01		m ³	ZAPATA DE CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO	
Materiales				
02.01.01	8,0000 u	Separador homologado para cimentaciones	18,89	151,12
02.01.02	50,0000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas B 500 S ₂ de varios diámetros.	1,60	80,00
02.01.03	0,2000 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro	1,10	0,22
02.01.04	1,1000 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central	76,88	84,57
Mano de obra				
02.01.05	0,0800 h	Oficial 1 ^º ferrallista	19,81	1,58
02.01.06	0,1200 h	Ayudante ferrallista	18,78	2,25
02.01.07	0,0500 h	Oficial 1 ^º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	19,81	0,99
02.01.08	0,3000 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	18,78	5,63
			Materiales	315,91
			Maquinaria	0,00
			Mano de obra	10,45
			Otros	0,00
			Suma la partida	326,36
			Costes indirectos 6 %	19,58
			TOTAL PARTIDA.....	345,94

Figura 11-3 Precio m³ de zapata de cimentación de hormigón armado

02.02		m ³	VIGA DE HORMIGÓN ARMADO	
Materiales				
02.02.01	0,1920 m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles	37,50	7,20
02.02.02	0,0320 m ²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesto de sopandas metálicas y accesorios de montaje	85,00	2,72
02.02.03	0,1110 u	Puntal mecánico telescópico, de hasta 3 m de altura	16,04	1,78
02.02.04	0,0130 m ³	Madera de pino	238,16	3,10
02.02.05	0,1670 kg	Puntas de acero de 20x100 mm	7,00	1,17
02.02.06	0,1250 l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua, para encofrados metálicos, fenólicos o de madera	2,19	0,27
02.02.07	4,0000 u	Separador homologado para vigas	0,09	0,36
02.01.02	150,0000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas B 500 S, de varios diámetros	1,60	240,00
02.01.03	1,3500 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro	1,10	1,49
02.01.04	1,0500 m ²	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central	76,88	80,72
Mano de obra				
02.02.11	2,0830 h	Oficial 1º encofrador	19,81	41,26
02.02.12	2,0830 h	Ayudante encofrador	18,78	39,12
02.01.05	1,2000 h	Oficial 1º ferrallista	19,81	23,77
02.01.06	1,2000 h	Ayudante ferrallista	18,78	22,54
02.01.07	0,3400 h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	19,81	6,74
02.01.08	1,3700 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	18,78	25,73
		Materiales		338,81
		Maquinaria		0,00
		Mano de obra		159,16
		Otros		0,00
		Suma la partida		497,97
		Costes indirectos 6 %		29,88
		TOTAL PARTIDA.....		527,85

Figura 11-4 Precio m³ de viga de hormigón armado

03.01		m ²	Estructura metálica realizada con pórticos	
Materiales				
03.01.01	32,8000 kg	Acero laminado S275, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales	18,28	599,58
Maquinaria				
03.01.02	0,0100 h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente	7,37	0,07
03.01.03	0,0150 h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	3,20	0,05
03.01.04	0,0100 u	Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diesel, de 16 m de altura máxima de trabajo	120,60	1,21
03.01.05	0,0100 h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12 t y 20 m de altura máxima de trabajo	49,00	0,49
Mano de obra				
03.01.06	0,3700 h	Oficial 1º montador de estructura metálica	19,81	7,33
03.01.07	0,3700 h	Ayudante montador de estructura metálica	18,78	6,95
		Materiales		599,58
		Maquinaria		1,82
		Mano de obra		14,28
		Otros		0,00
		Suma la partida		615,68
		Costes indirectos 6 %		36,94
		TOTAL PARTIDA.....		652,62

Figura 11-5 Precio m² de estructura metálica realizada con pórticos

03.02		m ²	Protección de estructura metálica, con pintura intumescente	
Materiales				
03.02.01	0,1250 l	Imprimación selladora de dos componentes para interior a base de resina epoxi y fosfato de zinc, color gris	15,57	1,95
03.02.02	0,6580 kg	Revestimiento intumescente, en emulsión acuosa monocomponente, color blanco, aplicado con pistola de alta presión o con brocha	14,99	9,86
Mano de obra				
03.02.03	0,1000 h	Oficial 1º pintor	17,24	1,72
03.02.04	0,1000 h	Ayudante pintor	16,13	1,61
		Materiales		11,81
		Maquinaria		0,00
		Mano de obra		3,33
		Otros		0,00
		Suma la partida		15,14
		Costes indirectos 6 %		0,91
		TOTAL PARTIDA.....		16,05

Figura 11-6 Precio m² de protección de estructura metálica, con pintura intumescente

03.03		kg	Acero en correas metálicas		
Materiales					
03.03.01	1,0000	kg	Acero S235 para correa formada por pieza simple, galvanizado y colocado en obra con tornillos, incluso accesorios y anclajes	1,43	1,43
Mano de obra					
03.01.06	0,0300	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica	19,81	0,59
03.01.07	0,0300	h	Ayudante montador de estructura metálica	18,78	0,56
			Materiales		1,43
			Maquinaria		0,00
			Mano de obra.....		1,15
			Otros		0,00
			Suma la partida		2,58
			Costes indirectos	6 %	0,15
			TOTAL PARTIDA.....		2,73

Figura 11-7 Precio kg de acero en correas metálicas

11.2 Presupuesto por capítulos

01	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO		
01.01	m ³	EXCAVACIÓN DE TIERRA VEGETAL	
			102,300 1,98 202,55
01.02	m ³	EXCAVACIÓN EN DESMONTE EN TIERRA CON MEDIOS MECÁNICOS SIN EXPLOSIVOS	
			49,400 1,95 96,33
	TOTAL 01.....		298,88
02	CIMENTACIONES		
02.01	m ³	ZAPATA DE CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO	
			49,400 345,94 17.089,44
02.02	m ³	VIGA DE HORMIGÓN ARMADO	
			134,900 527,85 71.206,97
	TOTAL 02.....		88.296,41
03	ESTRUCTURAS		
03.01	m ²	Estructura metálica realizada con pórticos	
			467,610 652,62 305.171,64
03.02	m ²	Protección de estructura metálica, con pintura intumescente	
			467,610 16,05 7.505,14
03.03	kg	Acero en correas metálicas	
			2.767,000 2,73 7.553,91
	TOTAL 03.....		320.230,69
04	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD		
	TOTAL 04.....		8.176,51
	TOTAL.....		417.002,49

Figura 11-8 Presupuesto por capítulos

11.3 Presupuesto resumen

PROYECTO DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA SALA POLIVALENTE			
CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	298,88	0,07
02	CIMENTACIONES	88.296,41	21,17
03	ESTRUCTURAS	320.230,69	76,79
04	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	8.176,51	1,96
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	417.002,49	
	13,00 % Gastos generales	54.210,32	
	6,00 % Beneficio industrial	25.020,15	
	Suma	79.230,47	
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA	496.232,96	
	21% IVA	104.208,92	
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	600.441,88	

Figura 11-9 Presupuesto resumen

REFERENCIAS

- [1] A. M. Reyes, REVIT: Diseño y documentación de un edificio industrial, Anaya Multimedia, 2020.
- [2] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, «<https://cbim.mitma.es/>,» 2021. [En línea].
- [3] BuildingSMART Spanish Chapter, «<https://www.buildingsmart.es/>,» 2021. [En línea].
- [4] A unified standard for the Architectural, Engineering and Construction industry in the UK (AEC UK), "<https://aecuk.wordpress.com/>," 2016. [Online].
- [5] BIMForum, "<https://bimforum.org/>," 2020. [Online].
- [6] R. G. Kreider and J. I. Messner, "The Uses of BIM," *Penn State Computer Integrated Construction*, 2013.
- [7] F. Feng, *Advanced Modelling Techniques in Structural Design*, Wiley Blackwell, 2015.
- [8] G. K. Arkin, "The History of Revit - The Future of Design," 2012.

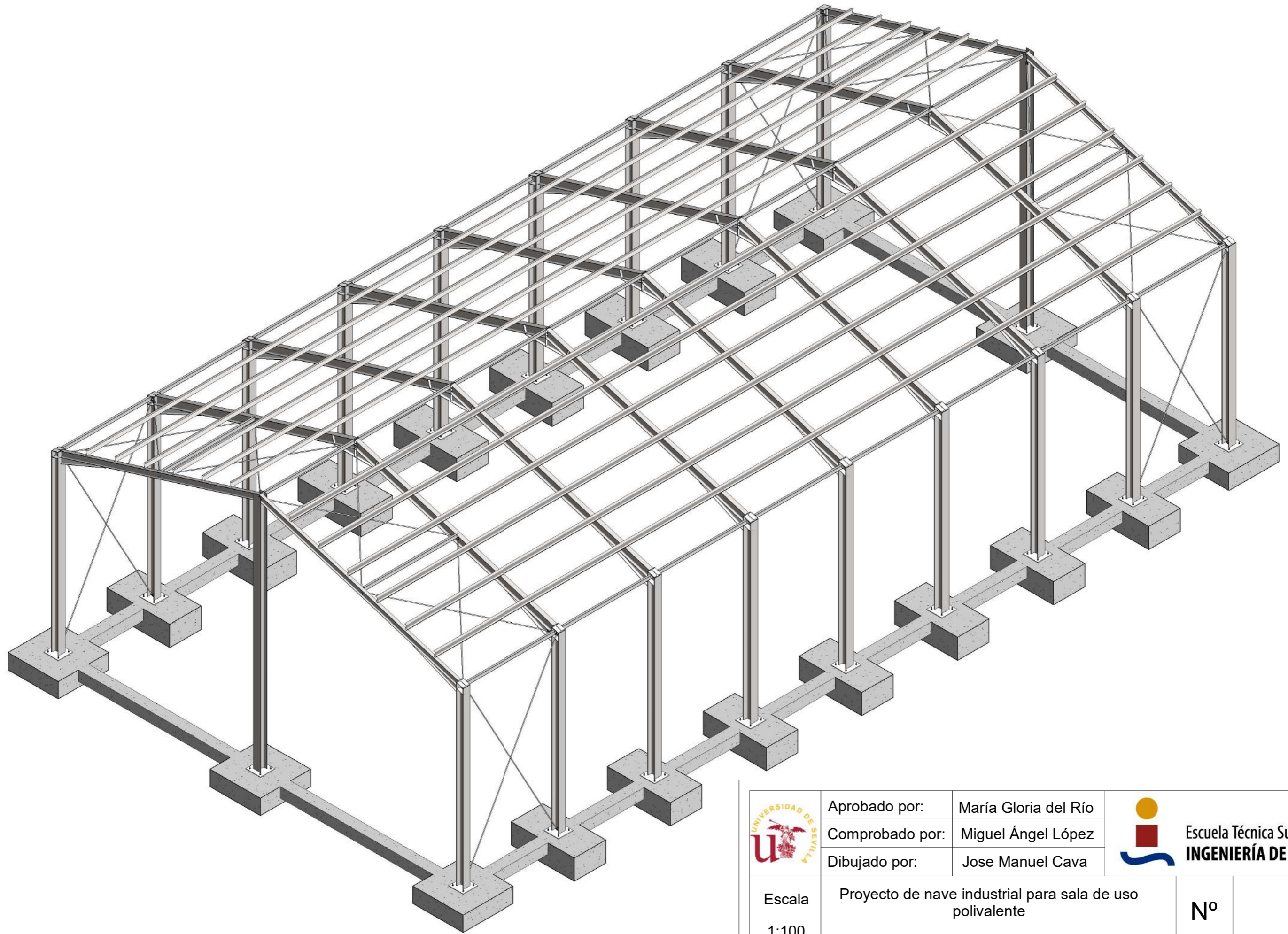
PLANOS DESCRIPTIVOS

1 PLANTA 3D

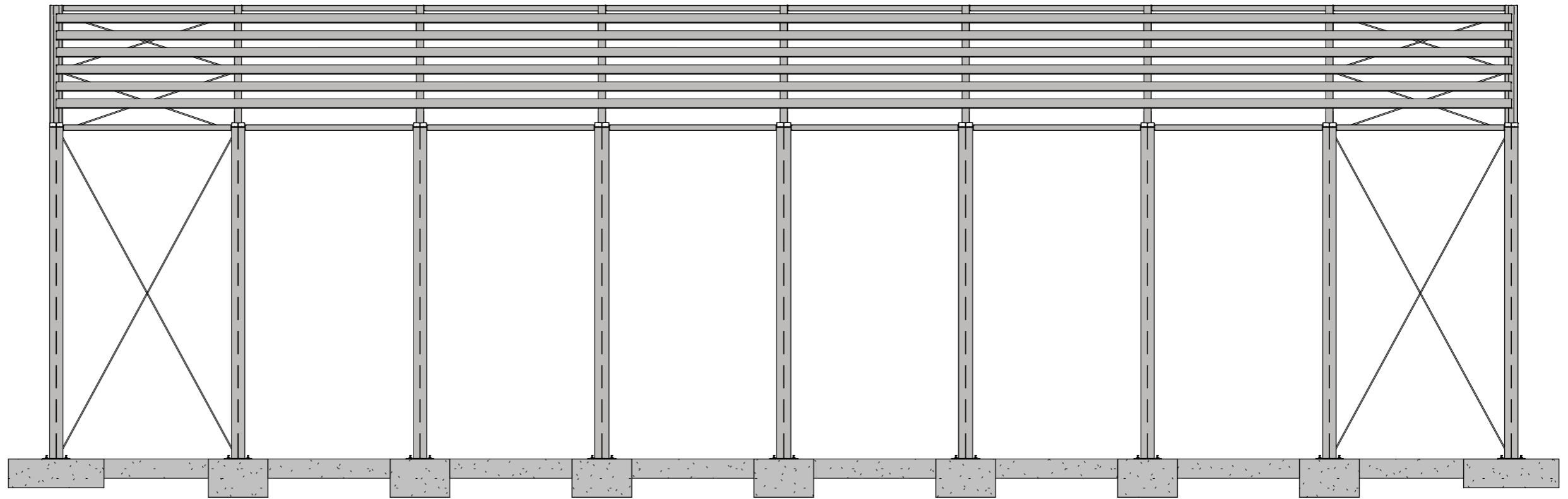
2 ALZADOS

3 ALZADOS FRONTALES

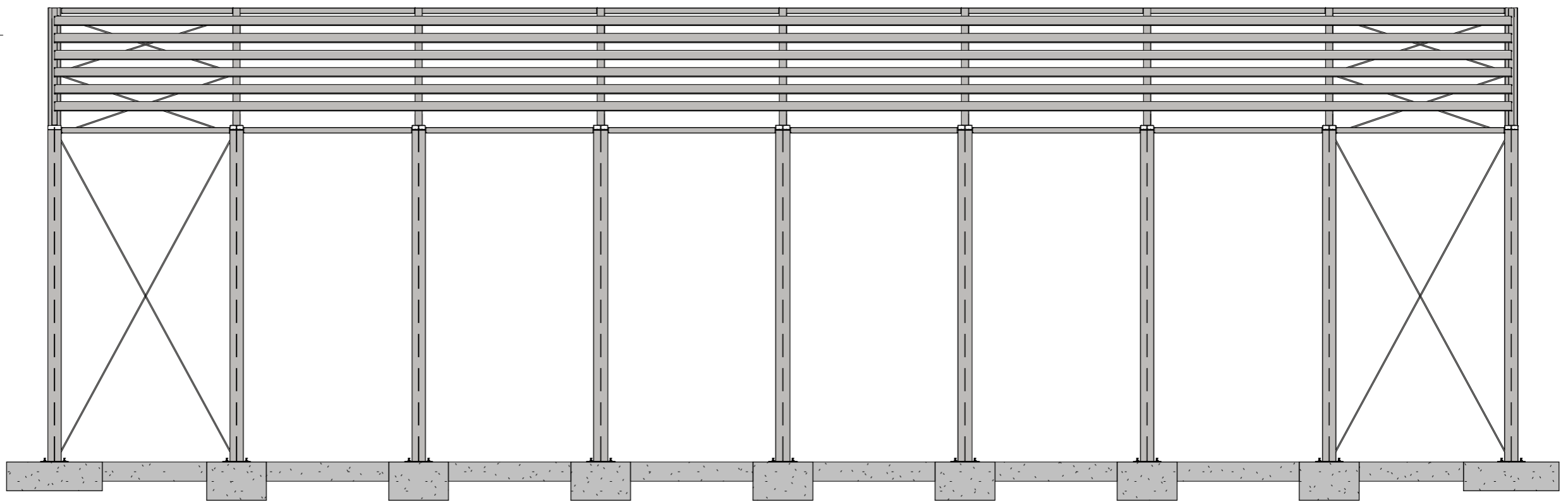
4 DETALLES UNIONES



	Aprobado por:	María Gloria del Río		Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA	
	Comprobado por:	Miguel Ángel López			
	Dibujado por:	Jose Manuel Cava			
Escala 1:100	Proyecto de nave industrial para sala de uso polivalente Planta 3D			Nº	1
				Fecha	24/06/21

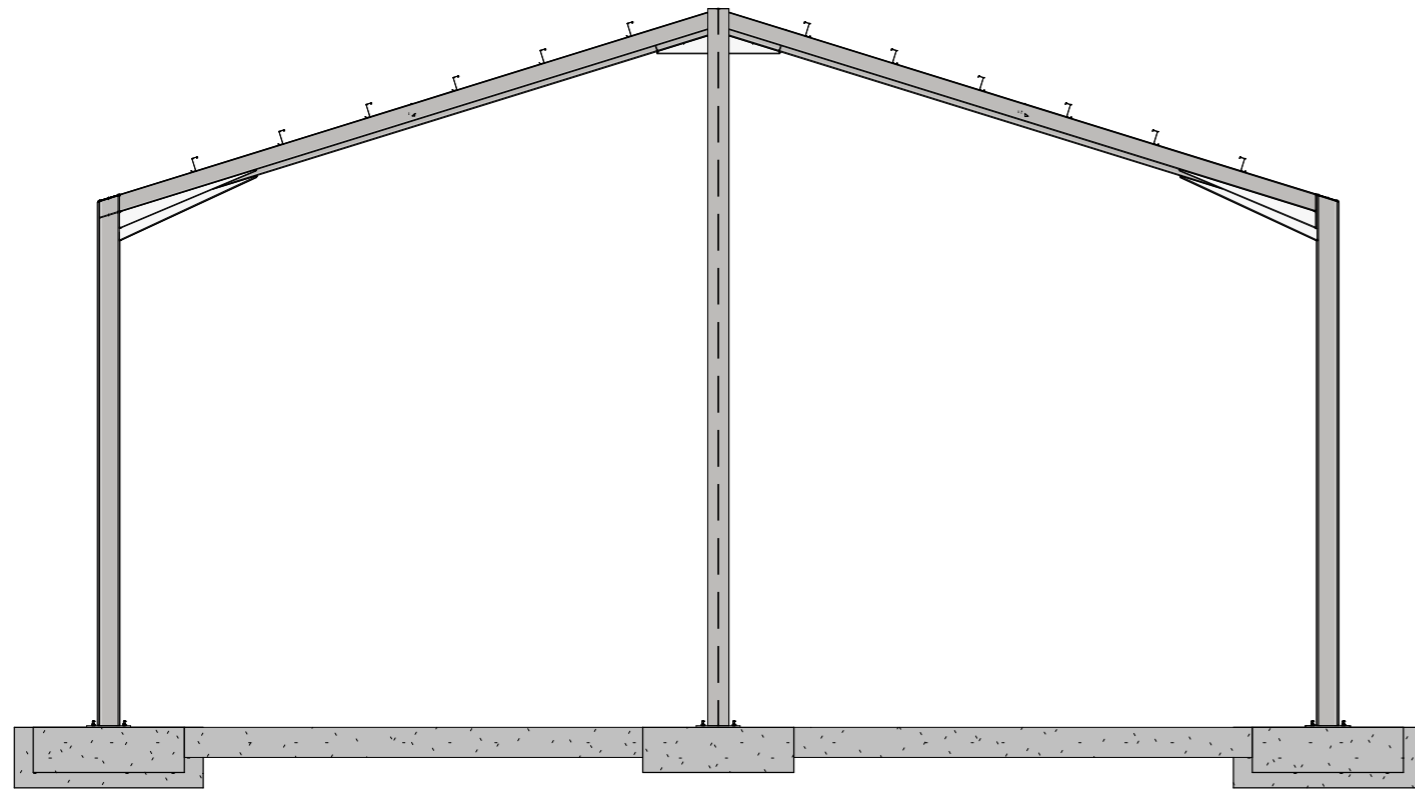


1 Este
1 : 100

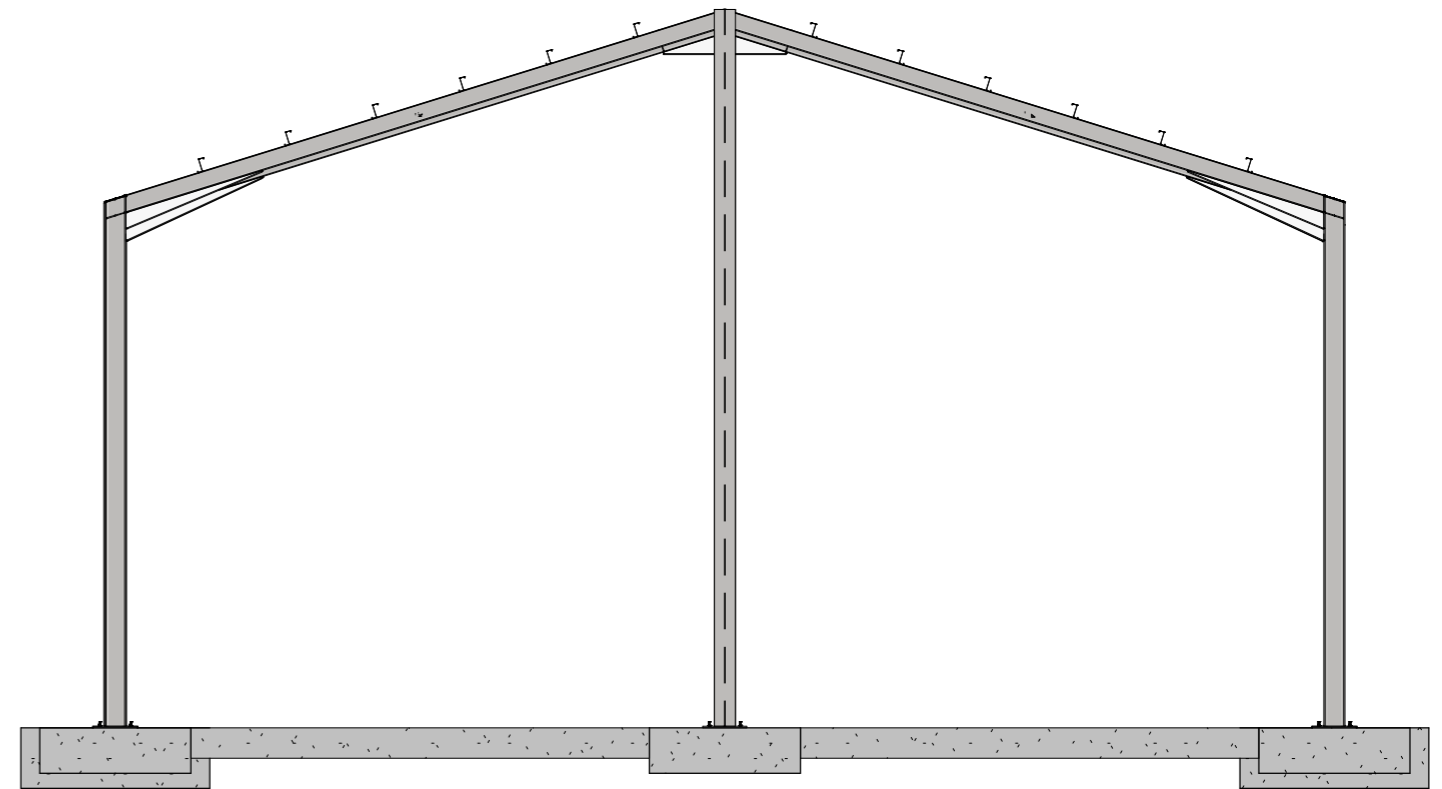


2 Oeste
1 : 100

	Aprobado por:	Autorizador	 Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA
	Comprobado por:	Verificador	
	Dibujado por:	Jose Manuel Cava	
Escala 1 : 100	Proyecto de nave industrial para sala de uso polivalente Alzados		N° 2
			Fecha 24/06/21

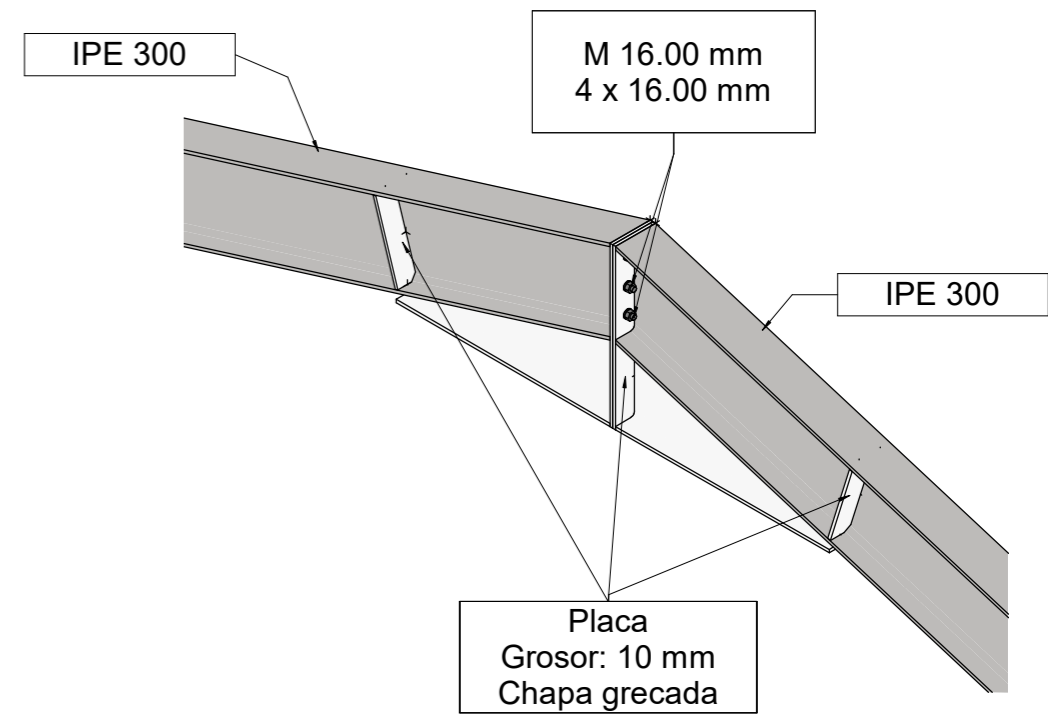
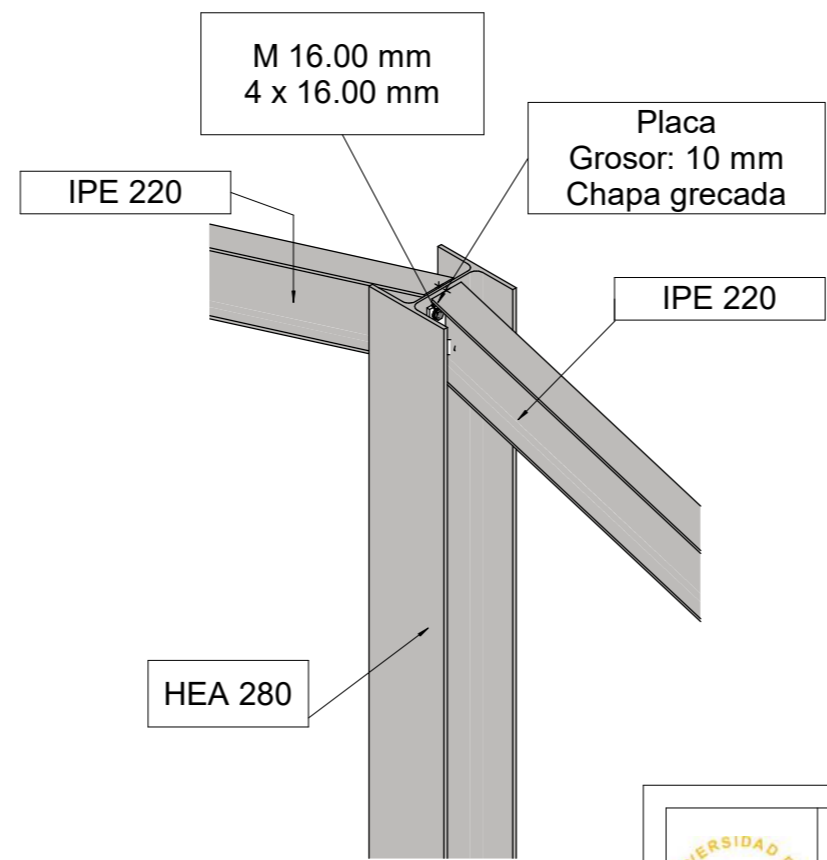
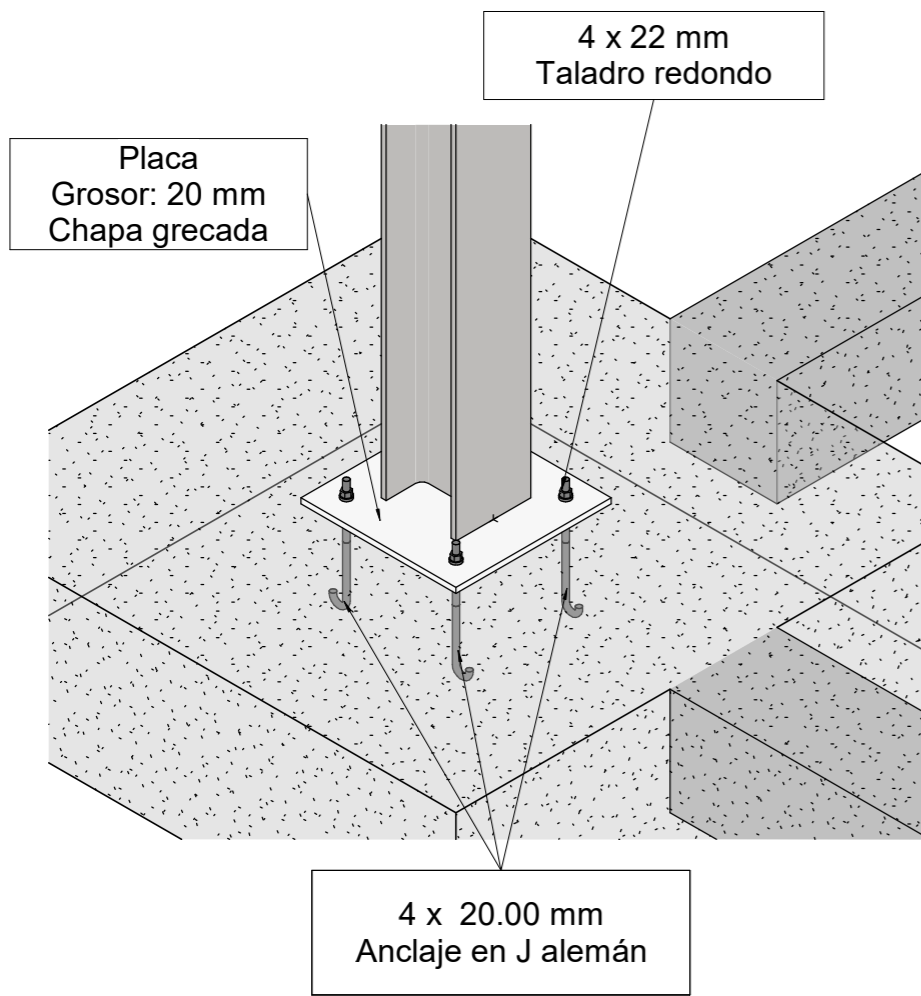
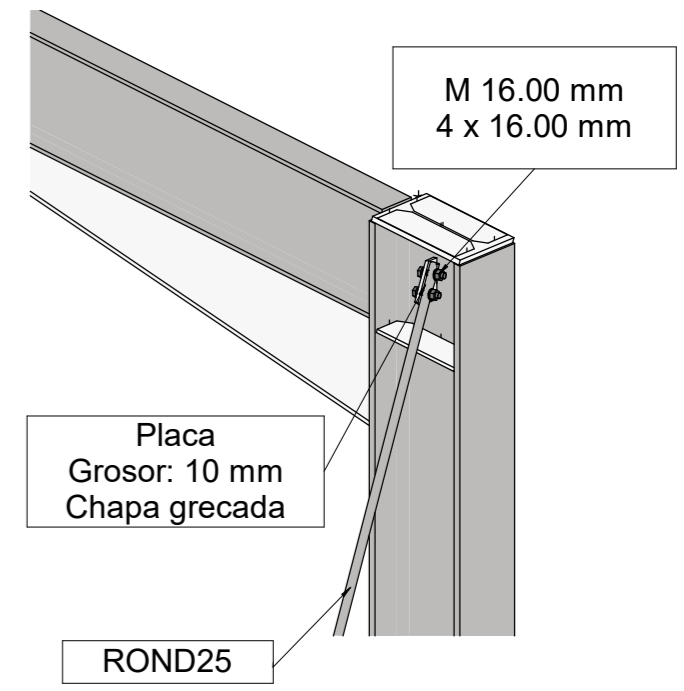
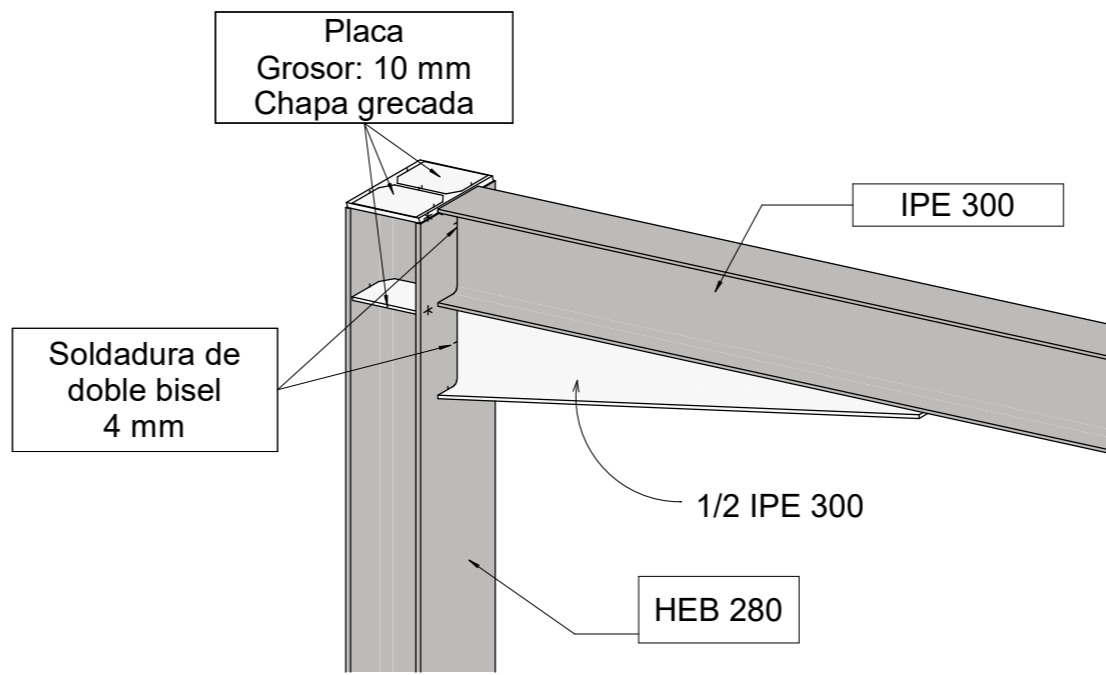
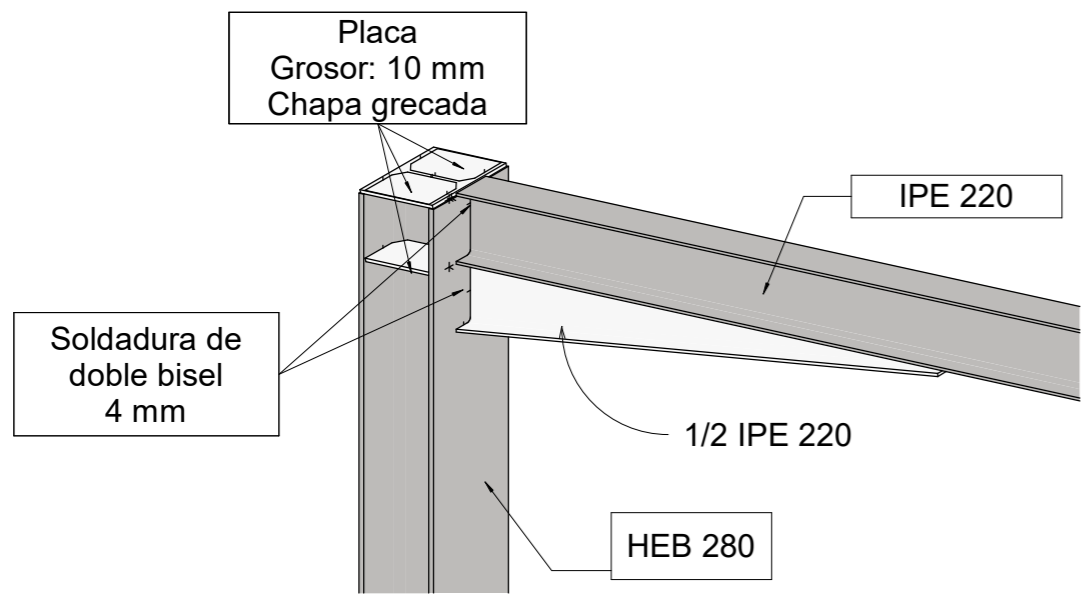


1 Norte
1 : 100



2 Sur
1 : 100

	Aprobado por:	Autorizador	 Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA
	Comprobado por:	Verificador	
	Dibujado por:	Jose Manuel Cava	
Escala 1 : 100	Proyecto de nave industrial para sala de uso polivalente Alzados Frontales		Nº 3
			Fecha 24/06/21



	Aprobado por:	María Gloria del Río	
	Comprobado por:	Miguel Ángel López	
	Dibujado por:	Jose Manuel Cava	
Escala 1:20	Proyecto de nave industrial para sala de uso polivalente Detalles Uniones		N° 4
			Fecha 24/06/21