

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

"ANALISIS ESTRUCTURAL DE PUENTES
ALLPLAN BRIDGE Y DIMENSIONADO CON
ALLPLAN INGENIERIA CON MODELOS BIM"

Autor: Marina López Borja

Tutores: Blas González González

Javier Bros Naranjo

Dpto. Construcciones Arquitectónicas I

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2024



Departamento de
Construcciones
Arquitectónicas 1

Trabajo Fin de Grado
Grado Universitario en Ingeniería Civil

"ANALISIS ESTRUCTURAL DE PUENTES ALLPLAN BRIDGE Y DIMENSIONADO CON ALLPLAN INGENIERIA CON MODELOS BIM"

Autor:

Marina López Borja

Tutores:

Blas González González

Javier Bros Naranjo

Dpto. Construcciones Arquitectónicas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Grado:

"ANALISIS ESTRUCTURAL DE PUENTES ALLPLAN BRIDGE Y DIMENSIONADO
CON ALLPLAN INGENIERIA CON MODELOS BIM"

Autor: Marina López Borja

Tutores: Blas González González
Javier Bros Naranjo

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

A mi padres, familia y amigos.

A mi tutor.

Agradecimientos

A mi familia por acompañarme y motivarme durante estos años, para poder lograr mis objetivos.

A mis compañeros de carrera y amigos, por su compañía y ayuda, que han hecho que la experiencia más entretenida y grata.

Marina López Borja

Sevilla, 2024

Resumen

En el presente Trabajo de Fin de Grado se realiza el cálculo del pilas y zapatas de un puente usando la tecnología de modelado de información de construcción (BIM), y la obtención de planos de armado, centrando el desarrollo en explicar la metodología a seguir para el uso de los programas.

Para llevar a cabo el cálculo, se utiliza Allplan Bridge, comenzando con el modelo del puente ya creado. A partir de este modelo, se obtienen los esfuerzos longitudinales que permiten calcular las cuantías mecánicas de acero necesarias.

Posteriormente, con el programa Allplan, se obtiene el modelo tridimensional del puente con la armadura calculada a lo largo de toda su longitud, y se trazan los planos para plasmar los resultados.

Finalmente se presentan conclusiones sobre el funcionamiento del programa. Además, se proponen futuras líneas en las que se puede trabajar y que complementarían el trabajo, acercando su aplicación al ámbito profesional.

Palabras clave

BIM BRIDGE, ALLPLAN, DESING OF BRIDGES, BIM CIVIL, ARMADURA

Abstract

In this Final Degree Project, the calculation of bridge piers and footings is carried out using Building Information Modeling (BIM) technology, along with the creation of reinforcement plans, focusing on explaining the methodology for using the software.

To perform the calculation, Allplan Bridge is used, starting with the pre-existing bridge model. From this model, the longitudinal forces are obtained, which allow for the calculation of the required mechanical quantities of steel.

Subsequently, using Allplan, the three-dimensional model of the bridge with the calculated reinforcement along its entire length is generated, and the plans to depict the results are drawn.

Finally, conclusions about the software's performance are presented. Additionally, future lines of work are proposed, which could complement the study and bring its application closer to the professional field.

Keywords

BIM BRIDGE, ALLPLAN, DESIGN OF BRIDGES, BIM CIVIL, REINFORCEMENT

ÍNDICE

Resumen	ix
Abstract	xi
Índice	xii
Índice de Tablas	xv
Índice de Figuras e Ilustraciones	xvi
Notación	xxi
1 Objeto y Alcance del Trabajo	1
1.1 <i>Objetivos</i>	1
1.2 <i>Justificación.</i>	2
1.3 <i>Estructura del Trabajo</i>	3
2 Revisión Bibliográfica	4
2.1 <i>Trabajos académicos</i>	4
2.1.1 <i>Diseño BIM de puentes</i>	4
2.1.2 <i>Modelos BIM de obras lineales</i>	4
3 El Caso Estudio	5
3.1 <i>La obra de paso</i>	6
3.2 <i>El modelo BIM de puente</i>	9
3.3 <i>Las normas de diseño a aplicar</i>	11
3.3.1 <i>Aspectos aplicados</i>	11
3.3.2 <i>Acciones a aplicar</i>	11
3.4 <i>El Análisis Estructural con ALLPLAN Bridge.</i>	13
3.5 <i>Limitaciones ferralla</i>	13
3.6 <i>El flujo de trabajo a desarrollar</i>	14
3.6.1 <i>Diseño de las etapas del análisis estructural</i>	16
3.6.2 <i>Fases de Análisis</i>	16
4 El análisis de las fases constructivas	19
4.1 <i>Fase1 – Pilas, Zapatas y Estribos</i>	19
4.2 <i>Fase 2-Vano 1</i>	21
4.3 <i>Fase 3-Vano 2</i>	23
4.4 <i>Fase 4-Vano 3</i>	24
5 El resto de las acciones	25
5.1 <i>Las Cargas muertas</i>	25
5.2 <i>Las deformaciones impuestas - Asientos</i>	27
5.3 <i>Las Acciones Térmicas</i>	28
5.3.1 <i>Temperaturas uniformes del tablero</i>	29

5.3.2	Gradientes de temperatura	29
5.4	<i>Los esfuerzos de Frenado</i>	31
5.5	<i>La acción eólica - Viento</i>	33
5.6	<i>Los efectos sísmicos</i>	35
5.7	<i>Las cargas de tráfico</i>	38
6	Envolventes y Combinaciones	45
6.1	<i>La Superposición</i>	45
6.1.1	Reglas de superposición	46
6.1.2	Superposición de hipótesis de acciones de temperatura	47
6.1.3	Superposición de hipótesis de asientos.	47
6.1.4	Superposición de hipótesis de cargas de viento	47
6.1.5	Superposición de hipótesis de carga de frenada	48
6.1.6	Superposición de cargas de trafico	48
6.1.7	La superposición de las acciones sísmicas	53
6.2	<i>Las Combinaciones</i>	55
7	Cálculo de tensiones y armado en Allplan Bridge	61
7.1	<i>Cálculo de tensiones</i>	61
7.2	<i>Armado.</i>	62
7.2.1	Disposición de la armadura	62
7.2.2	Diseño de armadura	66
7.2.3	Comprobación del diseño	67
8	Armado con Allplan Ingeniería	69
8.1	<i>Flujo de trabajo</i>	70
8.2	<i>El armado de la pila</i>	72
8.2.1	Área de armadura necesaria	74
8.2.2	Armadura Transversal-Estribos	74
8.2.3	Armadura Longitudinal-Barras	81
8.3	<i>El armado de la zapata</i>	86
8.3.1	Área de armadura necesaria	87
8.3.2	Parilla	87
8.3.3	Armadura de refuerzo	94
9	Los entregables	101
9.1	<i>Informes de Allplan Bridge</i>	101
9.1.1	Tareas de cálculo	102
9.1.2	Tipos de Informe	102
9.1.3	Resultados	104
9.2	<i>Informes Allplan Ingeniería</i>	109
9.2.1	Informes de armado	109
9.2.2	Documento-leyenda. Planos	111
9.2.3	Exel	115
10	Conclusiones y Futuros Trabajos	118
	Referencias	120
Anejo 1.	DIAGRAMAS DE RESULTADOS	1

Anejo 2.	INFORMES DE ARMADO	1
Anejo 3.	PLANOS DE FERRALLA	1

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4-1. ELEMENTOS Y DURACIÓN. FASE 1 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	20
TABLA 4-2. ELEMENTOS Y DURACIÓN. FASE 1 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	21
TABLA 4-3. ELEMENTOS Y DURACIÓN. FASE 2 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	22
TABLA 4-4. ELEMENTOS Y DURACIÓN. FASE 2 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	22
TABLA 4-5. ELEMENTOS Y DURACIÓN. FASE 2 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	22
TABLA 5-1.ELEMENTOS ESTRUCTURALES. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	27
TABLA 5-2.CASOS DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	27
TABLA 5-3.ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	28
TABLA 5-4.CASOS DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	28
TABLA 5-5.ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	29
TABLA 5-6. CASOS DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	31
TABLA 5-7. ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	33
TABLA 5-8. CASOS DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	33
TABLA 5-9. ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	35
TABLA 5-10. CASOS DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	35
TABLA 5-11. TAREAS CONSTRUCTIVAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	38
TABLA 6-1. TAREAS DE CÁLCULO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	55
TABLA 6-2. COMBINACIONES NUEVA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	56
TABLA 6-3. COMBINACIONES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	57
TABLA 6-4. COMBINACIONES CONTINUACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	57
TABLA 6-5. GRUPOS DE COMBINACIONES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	57
TABLA 6-6. TAREAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	58
TABLA 6-7. TAREAS. COMBINACIONES. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	59
TABLA 7-1. TAREAS DE CÁLCULO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	62
TABLA 7-2. TAREAS DE CÁLCULO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	67
TABLA 7-3. TAREAS DE CÁLCULO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	68
TABLA 9-1. TAREAS DE CÁLCULO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	102

ÍNDICE DE FIGURAS E ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 3-1. PORTADA DEL TFM (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	5
ILUSTRACIÓN 3-2. ZONA DEL PROYECTO (FUENTE: [2])	5
ILUSTRACIÓN 3-3 ÁMBITO DEL TFM DE INGENIERO DAVID PÉREZ (FUENTE: [2])	6
ILUSTRACIÓN 3-4. PLANTA DEL PROYECTO (FUENTE: [2])	6
ILUSTRACIÓN 3-5. PERFIL DEL PROYECTO (FUENTE: [2])	7
ILUSTRACIÓN 3-6. SECCIONES DEL ÁMBITO DEL PUENTE (FUENTE: [2])	7
ILUSTRACIÓN 3-7. SECCIONES DEL ÁMBITO DEL PUENTE (FUENTE: [2])	7
ILUSTRACIÓN 3-8. SECCIONES DEL ÁMBITO DEL PUENTE (FUENTE: [2])	8
ILUSTRACIÓN 3-9. SECCIONES DEL ÁMBITO DEL PUENTE (FUENTE: [2])	8
ILUSTRACIÓN 3-10. SECCIONES DEL ÁMBITO DEL PUENTE (FUENTE: [2])	8
ILUSTRACIÓN 3-11. SECCIONES DEL ÁMBITO DEL PUENTE (FUENTE: [2])	9
ILUSTRACIÓN 3-12. SECCIONES DEL ÁMBITO DEL PUENTE (FUENTE: [2])	9
ILUSTRACIÓN 3-13. MODELO BIM (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	10
ILUSTRACIÓN 3-14. MODELO BIM (FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA)	10
ILUSTRACIÓN 3-15. MODELO BIM (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	10
ILUSTRACIÓN 3-16. MODELO BIM (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	10
ILUSTRACIÓN 3-17. APARIENCIA DEL MENÚ DE ANÁLISIS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	15
ILUSTRACIÓN 3-18. INTERFAZ DE <i>CONSTRUCCIONES</i> (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	17
ILUSTRACIÓN 4-1. ACTIONBAR PESTAÑA CONSTRUCCIONES.CONCRETE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	19
ILUSTRACIÓN 4-2. VENTANA GEOMETRÍA, PESTAÑA ESTRUCTURA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	19
ILUSTRACIÓN 4-3. SELECCIÓN DE ELEMENTOS FASE 1 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	20
ILUSTRACIÓN 4-4. ACTIONBAR PESTAÑA CONSTRUCCIONES.INSTSUPP (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	20
ILUSTRACIÓN 4-5. FASE 1. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	21
ILUSTRACIÓN 4-6. ACTIONBAR PESTAÑA CONSTRUCCIONES. TENDON (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	22
ILUSTRACIÓN 4-7. VENTANA GEOMETRÍA, PESTAÑA TENDONES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	22
ILUSTRACIÓN 4-8. FASE 2. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	23
ILUSTRACIÓN 4-9. FASE 3. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	24
ILUSTRACIÓN 4-10. FASE 4. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	24
ILUSTRACIÓN 5-1. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	25
ILUSTRACIÓN 5-2. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	26
ILUSTRACIÓN 5-3. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	26
ILUSTRACIÓN 5-4. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	27
ILUSTRACIÓN 5-5.MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	28
ILUSTRACIÓN 5-6. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	29
ILUSTRACIÓN 5-7. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	30
ILUSTRACIÓN 5-8. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE "PROPERTY SET" EN LA SECCIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	30
ILUSTRACIÓN 5-9. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	31
ILUSTRACIÓN 5-10. UBICACIÓN DE LOS "PROPERTY SET" (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	32
ILUSTRACIÓN 5-11. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	32
ILUSTRACIÓN 5-12. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	33
ILUSTRACIÓN 5-13. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	34
ILUSTRACIÓN 5-14. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	34
ILUSTRACIÓN 5-15. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	35
ILUSTRACIÓN 5-16. SISMO EN DIRECCIÓN HORIZONTAL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	36

ILUSTRACIÓN 5-17. SISMO EN DIRECCIÓN VERTICAL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	36
ILUSTRACIÓN 5-18. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	37
ILUSTRACIÓN 5-19. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	37
ILUSTRACIÓN 5-20. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	38
ILUSTRACIÓN 5-21. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	39
ILUSTRACIÓN 5-22. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	39
ILUSTRACIÓN 5-23. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	39
ILUSTRACIÓN 5-24. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	40
ILUSTRACIÓN 5-25. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	40
ILUSTRACIÓN 5-26. TRENES DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	41
ILUSTRACIÓN 5-27. REPRESENTACIÓN DE TRENES DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	41
ILUSTRACIÓN 5-28. REPRESENTACIÓN DE TRENES DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	41
ILUSTRACIÓN 5-29. REPRESENTACIÓN DE TRENES DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	42
ILUSTRACIÓN 5-30. REPRESENTACIÓN DE TRENES DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	42
ILUSTRACIÓN 5-31. REPRESENTACIÓN DE TRENES DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	42
ILUSTRACIÓN 5-32. REPRESENTACIÓN DE TRENES DE CARGA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	43
ILUSTRACIÓN 6-1. INTERFAZ DE LA PESTAÑA DE SUPERPOSICIONES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	46
ILUSTRACIÓN 6-2. SELECCIÓN DE TIPO DE ENLACE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	47
ILUSTRACIÓN 6-3. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	47
ILUSTRACIÓN 6-4. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	47
ILUSTRACIÓN 6-5. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	48
ILUSTRACIÓN 6-6. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	48
ILUSTRACIÓN 6-7. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	48
ILUSTRACIÓN 6-8. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	49
ILUSTRACIÓN 6-9. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	49
ILUSTRACIÓN 6-10. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	49
ILUSTRACIÓN 6-11. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	50
ILUSTRACIÓN 6-12. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	50
ILUSTRACIÓN 6-13. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	51
ILUSTRACIÓN 6-14. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	52
ILUSTRACIÓN 6-15. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	52
ILUSTRACIÓN 6-16. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	53
ILUSTRACIÓN 6-17. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	53
ILUSTRACIÓN 6-18. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	53
ILUSTRACIÓN 6-19. DIAGRAMAS DE SUPERPOSICIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	54
ILUSTRACIÓN 6-20. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	54
ILUSTRACIÓN 6-21. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	55
ILUSTRACIÓN 6-22. VENTANA ANÁLISIS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	56
ILUSTRACIÓN 6-23. ACTIONBAR PESTAÑA CONSTRUCCIONES. COMBGROUP (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	58
ILUSTRACIÓN 6-24. INDICACIONES DEL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	58
ILUSTRACIÓN 6-25. ACTIONBAR PESTAÑA CONSTRUCCIONES. COMBROW (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	58
ILUSTRACIÓN 6-26. INDICACIONES DEL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	59
ILUSTRACIÓN 6-27. MENÚ DE PROPIEDADES. COMBINACIONES. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	59
ILUSTRACIÓN 7-1. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	61
ILUSTRACIÓN 7-2. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	62
ILUSTRACIÓN 7-3. INDICACIONES EN EL PROGRAMA. COMBINACIONES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	63
ILUSTRACIÓN 7-4. MENÚ DE PROPIEDADES.(FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	64
ILUSTRACIÓN 7-5. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	64
ILUSTRACIÓN 7-6. SECCIÓN TRANSVERSAL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	65
ILUSTRACIÓN 7-7. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	65

ILUSTRACIÓN 7-8. MENÚ DE PROPIEDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	66
ILUSTRACIÓN 7-9. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	66
ILUSTRACIÓN 7-10. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	67
ILUSTRACIÓN 7-11. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	68
ILUSTRACIÓN 8-1. INTERFAZ ALLPLAN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	69
ILUSTRACIÓN 8-2. ACTIONBAR (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	69
ILUSTRACIÓN 8-3. SELECCIÓN DE MÓDULO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	70
ILUSTRACIÓN 8-4. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	70
ILUSTRACIÓN 8-5. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	71
ILUSTRACIÓN 8-6. IMPORTACIÓN DEL MODELO A ALLPLAN	71
ILUSTRACIÓN 8-7. OPCIONES DE VENTANAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	72
ILUSTRACIÓN 8-8. PLANTA SECCIÓN 1-1'	73
ILUSTRACIÓN 8-9. SECCIONES 1-1' Y 2-2'	73
ILUSTRACIÓN 8-10. DIBUJO DE AYUDA SECCIÓN 2-2' (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	74
ILUSTRACIÓN 8-11. PALETA DE FORMA DE BARRA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	75
ILUSTRACIÓN 8-12. PROPIEDADES ESTRIBO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	76
ILUSTRACIÓN 8-13. PALETA DE ETIQUETAS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	76
ILUSTRACIÓN 8-14. SECCIÓN TRANSVERSAL PILA. CERCO CENTRAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	77
ILUSTRACIÓN 8-15. PALETA DE EMPLAZAMIENTO. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	77
ILUSTRACIÓN 8-16. SECCIÓN LONGITUDINAL PILA (1-1'). CERCO CENTRAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	78
ILUSTRACIÓN 8-17. SECCIÓN LONGITUDINAL PILA (1-1'). CERCO CENTRAL. ACOTADA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	78
ILUSTRACIÓN 8-18. MENÚ DE PROPIEDADES FORMA DE BARRA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	79
ILUSTRACIÓN 8-19. ORIENTACIÓN A CAMBIAR. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	79
ILUSTRACIÓN 8-20. SECCIÓN TRANSVERSAL PILA (2-2'). DOS CERCOS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	80
ILUSTRACIÓN 8-21. SECCIÓN TRANSVERSAL PILA (2-2'). (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	80
ILUSTRACIÓN 8-22. SECCIÓN LONGITUDINAL PILA (1-1'). ACOTADA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	81
ILUSTRACIÓN 8-23. PROPIEDADES BARRA RECTA COMO PUNTO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	81
ILUSTRACIÓN 8-24. PUNTO MEDIO LADO PLANO. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	82
ILUSTRACIÓN 8-25. PALETA DE EMPLAZAMIENTO. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	82
ILUSTRACIÓN 8-26. SITUACIÓN BARRA EN SECCIÓN 1-1'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	83
ILUSTRACIÓN 8-27. SITUACIÓN BARRA EN SECCIÓN 1-1'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	83
ILUSTRACIÓN 8-28. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	84
ILUSTRACIÓN 8-29. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	84
ILUSTRACIÓN 8-30. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	84
ILUSTRACIÓN 8-31. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	84
ILUSTRACIÓN 8-32. BARRA DESPLAZADA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	85
ILUSTRACIÓN 8-33. SECCIÓN TRANSVERSAL PILA (2-2'). ARMADA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	85
ILUSTRACIÓN 8-34. SECCIÓN LONGITUDINAL PILA (1-1'). ARMADA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	86
ILUSTRACIÓN 8-35. SECCIÓN TRANSVERSAL ZAPATA (3-3'). (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	86
ILUSTRACIÓN 8-36. SECCIÓN 3-3' Y SECCIÓN 4-4'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	87
ILUSTRACIÓN 8-37. SECCIÓN 4-4'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	87
ILUSTRACIÓN 8-38. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	88
ILUSTRACIÓN 8-39. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	88
ILUSTRACIÓN 8-40. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	88
ILUSTRACIÓN 8-41. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	89
ILUSTRACIÓN 8-42. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	89
ILUSTRACIÓN 8-43. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	89
ILUSTRACIÓN 8-44. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	90
ILUSTRACIÓN 8-45. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	90

ILUSTRACIÓN 8-46. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	90
ILUSTRACIÓN 8-47. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	91
ILUSTRACIÓN 8-48. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	91
ILUSTRACIÓN 8-49. SECCIÓN 3-3'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	91
ILUSTRACIÓN 8-50. SECCIÓN 4-4'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	91
ILUSTRACIÓN 8-51. SECCIÓN 1-1'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	92
ILUSTRACIÓN 8-52. SECCIÓN 3-3' Y SECCIÓN 5-5'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	92
ILUSTRACIÓN 8-53. SECCIÓN 5-5'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	92
ILUSTRACIÓN 8-54. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	93
ILUSTRACIÓN 8-55. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	93
ILUSTRACIÓN 8-56. SECCIÓN 3-3'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	94
ILUSTRACIÓN 8-57. SECCIÓN 1-1'. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	94
ILUSTRACIÓN 8-58. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	95
ILUSTRACIÓN 8-59. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	95
ILUSTRACIÓN 8-60. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	96
ILUSTRACIÓN 8-61. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	96
ILUSTRACIÓN 8-62. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	97
ILUSTRACIÓN 8-63. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	97
ILUSTRACIÓN 8-64. SECCIÓN 6-6' (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	97
ILUSTRACIÓN 8-65. SECCIÓN 6-6' (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	98
ILUSTRACIÓN 8-66. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	98
ILUSTRACIÓN 8-67. ARMADO FINAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	99
ILUSTRACIÓN 8-68. ARMADO FINAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	99
ILUSTRACIÓN 8-69. ARMADO FINAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	100
ILUSTRACIÓN 9-1. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	101
ILUSTRACIÓN 9-2. ESQUEMA DE INFORMES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	103
ILUSTRACIÓN 9-3. EJEMPLO DE INFORME (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	103
ILUSTRACIÓN 9-4. EJEMPLO DE INFORME (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	104
ILUSTRACIÓN 9-5. EJEMPLO DE INFORME (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	104
ILUSTRACIÓN 9-6. EJEMPLO DE INFORME (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	104
ILUSTRACIÓN 9-7. MENÚ DE RESULTADOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	105
ILUSTRACIÓN 9-8. OPCIONES EN PESTAÑA DE RESULTADOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	105
ILUSTRACIÓN 9-9. EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS EN ALLPLAN BRIDGE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	106
ILUSTRACIÓN 9-10. EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS EN ALLPLAN BRIDGE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	106
ILUSTRACIÓN 9-11. EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS EN ALLPLAN BRIDGE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	107
ILUSTRACIÓN 9-12. EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS EN ALLPLAN BRIDGE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	107
ILUSTRACIÓN 9-13. EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS EN ALLPLAN BRIDGE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	107
ILUSTRACIÓN 9-14. EJEMPLO DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS EN ALLPLAN BRIDGE (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	108
ILUSTRACIÓN 9-15. ESQUEMA DE GRÁFICOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	108
ILUSTRACIÓN 9-16. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	109
ILUSTRACIÓN 9-17. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	109
ILUSTRACIÓN 9-18. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	110
ILUSTRACIÓN 9-19. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	110
ILUSTRACIÓN 9-20. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	111

ILUSTRACIÓN 9-21. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	111
ILUSTRACIÓN 9-22. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	112
ILUSTRACIÓN 9-23. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	112
ILUSTRACIÓN 9-24. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	112
ILUSTRACIÓN 9-25. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	113
ILUSTRACIÓN 9-26. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	113
ILUSTRACIÓN 9-27. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	114
ILUSTRACIÓN 9-28. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	114
ILUSTRACIÓN 9-29. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	114
ILUSTRACIÓN 9-30. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	115
ILUSTRACIÓN 9-31. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	115
ILUSTRACIÓN 9-32. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	116
ILUSTRACIÓN 9-33. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	116
ILUSTRACIÓN 9-34. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	116
ILUSTRACIÓN 9-35. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	116
ILUSTRACIÓN 9-36. INDICACIONES EN EL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	117
ILUSTRACIÓN 9-37. INDICACIONES HOJA EXCEL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	117
ILUSTRACIÓN 9-38. INDICACIONES HOJA EXCEL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	117

Notación

BIM	Building Information Modeling
TFG	Trabajo fin de Grado
TFM	Trabajo fin de Máster
ISO	International Organization for Standardization
UNE	Una Norma Española
AEC	Architecture, Engineering and Construction
DWG	Archivo Drawing
IFC	Archivo Industry Foundation Classes
TCL	Archivo de Allplan

1 OBJETO Y ALCANCE DEL TRABAJO

El siguiente documento, titulado "*ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PUENTES ALLPLAN BRIDGE Y DIMENSIONADO CON ALLPLAN INGENIERIA CON MODELOS BIM*" se enmarca dentro de la normativa referente al Trabajo de Fin de Grado de la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla**, para la obtención de los créditos ECTS correspondientes de la titulación de GRADO EN INGENIERÍA CIVIL, por parte de la alumna **Dña. Marina López Borja**, que ha cursado en dicha escuela los estudios correspondientes a la referida titulación, y tiene como objetivo último mostrar una parte de las capacidades profesionales que dichos estudios universitarios le han permitido adquirir.

Este Trabajo de Fin de Grado está dentro de la línea de **investigación en materia de Construcción Digital aplicada a la Ingeniería Civil** que está desarrollando el Departamento de CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS I, siendo el tutor de este trabajo, el ingeniero de caminos, canales y puertos D. Blas González González, profesor del Departamento, que imparte la docencia de varias asignaturas del Máster, e investigador en la aplicación de la tecnología BIM en materia de construcciones civiles; y como cotutor el ingeniero de caminos, canales y puertos D. Javier Bros Naranjo, profesor del Departamento de INGENIERÍA Y MORFOLOGÍA DEL TERRENO de la E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid y especialista BIM en Ingeniería Civil y en especial en las herramientas del ALLPLAN.

El objeto de este trabajo es la obtención de las cantidades de **armadura pasiva** de un puente de tablero continuo, así como obtener sus planos, haciendo uso de herramientas del **modelado de información de construcción** (*Building Information Modeling*) como es la de ALLPLAN INGENIERÍA.

El puente a estudiar será el usado en el TFG de Diego Laffón Fernández-Trueba "DIMENSIONAMIENTO DE MODELOS BIM DE PUENTES CON ALLPLAN BRIDGE", con algunas modificaciones. Partimos del análisis de tensiones y deformaciones de este modelo, para poder empezar a sacar la armadura.

1.1 Objetivos

El objetivo de este trabajo es la obtención de armadura pasiva de las pilas y de la zapata, así como elaborar sus planos de ferralla, utilizando el paquete de Allplan Ingeniería, mostrando los flujos de trabajo a seguir para usar el programa.

Siguiendo con el puente utilizado en el TFG de Diego Laffón, y con las cargas introducidas, podremos comenzar el cálculo de la ferralla. El puente ha sufrido las siguientes modificaciones: se ha decidido eliminar los pilotes y encepados del puente, añadiendo zapatas. También se ha decidido cambiar la sección de la pila poniéndola constante para mejorar su comportamiento frente a sismos.

El presente Trabajo Fin de Grado tiene los siguientes objetivos **principales**:

1. **Presentar los flujos de trabajo del análisis estructural de tableros de puentes de vanos continuos de sección en cajón y de las pilas y zapatas de hormigón mediante un modelo BIM** conforme las directrices de la norma EN-UNE ISO 19.657 Parte 1[1], **con el programa ALLPLAN BRIDGE** del grupo NEMESTCHEK.

2. **Evaluar la capacidad para realizar los planos de armadura pasiva** estableciendo el flujo de trabajo necesario en estos trabajos de ingeniería, mediante la **herramienta ALLPLAN**.

Y se han fijado varios objetivos de carácter secundario, esenciales para la correcta comprensión de los principales.

Dentro de los **objetivos secundarios** se plantearon los siguientes:

- a) **Obtención de los diagramas de esfuerzos** a los que experimentarán las pilas y zapatas del puente; considerando distintas **etapas constructivas** que incluyen la aplicación gradual de cargas de peso propio y los efectos reológicos del hormigón. Este análisis permitirá comprender los estados de esfuerzos a los que estará sometida la estructura en cada fase de construcción. Posteriormente, se agregarán otras cargas relevantes, como las cargas de asiento, las variaciones de temperatura, las fuerzas del viento, las fuerzas de frenado, la sobrecarga de uso y los efectos sísmicos."
- b) **Disponer la armadura pasiva de la estructura**, y realizar el modelo tridimensional que incluya la armadura además de **elaborar los planos de ferralla**.

Con estos propósitos, se partirá de un **modelo BIM elaborado por Diego Laffón** con el fin de materializar la propuesta y proporcionar claridad y comprensibilidad a los conceptos presentados a lo largo del trabajo.

1.2 Justificación.

Las nuevas tecnologías de **construcción digital** (*Modelos BIM, Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Inteligencia Artificial aplicada a los datos de obra, etc.*) están permitiendo la transición digital del sector de la ingeniería civil **desde la tradicional tecnología CAD hasta la tecnología BIM**, que es un nivel superior de excelencia en la gestión de la información de la construcción, y esto va a constituir un hecho diferencial de cómo los profesionales ejerzan sus trabajos ordinarios.

Por otro lado, la **contratación pública de proyectos y obras en España**, tras el impulso realizado por el Ministerio de Fomento en 2016 constituyendo la Comisión es.BIM con trabajos sobre BIM en infraestructuras lineales [17], la continuación con la posterior **modificación de la legislación de contratos del sector público** [1] y, finalmente en 2019, formalizando una **COMISIÓN INTERMINISTERIAL PARA IMPLANTACIÓN BIM EN LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS ESPAÑOLAS**, para cumplir con la Directiva 2004/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, **hace necesaria la adopción en el campo del proyecto y la ejecución de obras de ingeniería de la tecnología BIM**. Además, ya se ha identificado los procesos de licitación en los que es posible aplicar la tecnología de construcción digital mediante el uso de modelado BIM.

Ante estas necesidades actuales para el profesional de la ingeniería civil, el **Grupo BIM Civil del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I** de la **Universidad de Sevilla**, se ha fijado entre sus objetivos implantar la enseñanza de la construcción digital en las asignaturas de la cual es responsable de su docencia, y fruto de esa línea de trabajo se enmarca la investigación acometida en el desarrollo de este trabajo fin de grado.

Por tanto, este trabajo queda justificado por la creciente demanda de conocimiento de la metodología BIM aplicada a la ingeniería civil que se está produciendo en España en el ámbito del sector de las empresas de consultoría y de las empresas de construcción. Como respuesta a la ausencia de formación reglada dentro de la titulación que permita a otros estudiantes de ingeniería civil, así como a otros investigadores, ampliar el campo de aplicación de la metodología BIM en **la construcción digital de obras civiles**.

1.3 Estructura del Trabajo

En base a lo expuesto anteriormente, se presentará inicialmente una introducción sobre el estado del arte actual en relación a la investigación realizada en otras escuelas de ingeniería de las universidades españolas en relación con la tecnología BIM aplicadas al diseño de puentes con tecnología BIM, en primer lugar y a otros tipos de obras civiles en segundo lugar.

Los objetivos secundarios se abordarán en los capítulos del cuarto al noveno, proporcionando al lector como una visión actualizada y una interpretación generalizada de los conceptos siguientes:

- Estrategias de modelado.
- Flujos para la obtención de esfuerzos.
- Flujos para la obtención de armado.
- Representación del armado en el modelo tridimensional.
- Obtención de resultados.

Además, se presentará un último capítulo, el nº 10 “Conclusiones y Futuros trabajos” donde se recogerán las conclusiones del presente estudio, así como posibles líneas de trabajo futuras.

En los anejos, se adjuntan los resultados del cálculo las pilas y zapatas. En primer lugar, los diagramas de resultados, luego los informes de armado y por último los planos. Todos ellos han sido obtenidos directamente del software Allplan.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se procede a realizar una revisión bibliográfica sobre los objetivos principales del trabajo, es decir: (i) la [aplicación de la metodología colaborativa BIM a los diseños de puentes](#), y (ii) las estrategias de [modelado de puentes](#). Para ello se procedió a una revisión bibliográfica en las siguientes tres fuentes:

- Trabajos académicos que tratasen sobre el modelado digital de infraestructuras civiles, en los repositorios de las universidades españolas de libre distribución
- Bibliografía de referencia, que se puede consultar en la Biblioteca de la Universidad de Sevilla.

2.1 Trabajos académicos

Una vez analizados los trabajos académicos del tipo Trabajos Fin de Grado, Trabajos Fin de Máster y las Tesis Doctorales, ya no solo dentro de la Universidad de Sevilla, que nos permitan ampliar el panorama de las líneas de investigación que se están desarrollando actualmente, y que versaran sobre los dos aspectos señalados en los objetivos del trabajo.

2.1.1 Diseño BIM de puentes

- 1) D. Pérez Viera and B. González González, “*MODELADO BIM DE UNA LÍNEA FERROVIARIA DE ALTA VELOCIDAD CON DYNAMO PARA DIRECCIÓN DE OBRA*,” Sevilla, 2021 [2]
- 2) Paula Sánchez Cristo and Blas González González “*VIRTUALIZACIÓN DEL PUENTE DEL CENTENARIO CON ALLPLAN BRIDGE MEDIANTE MODELO BIM*”, Sevilla 2023. [3]
- 3) Diego Laffón Fernández-Trueba and Blas González González “*DIMENSIONAMIENTO DE MODELOS BIM DE PUENTES CON ALLPLAN BRIDGE*”, Sevilla 2023. [4]
- 4) Tomás de la Hera de Oya and Blas González González “*DISEÑO DE PUENTES CON TECNOLOGÍA BIM. APLICACIÓN DE ALLPLAN BRIDGE*”, Sevilla 2023. [5]

2.1.2 Modelos BIM de obras lineales

- 1) Vera Galindo, C. and González González, B. (2018) ‘*TRABAJO FIN DE MÁSTER MODELO BIM 5D COSTES*’. [6]
- 2) Juan Bautista Bermejo and Blas González González (2018) ‘*APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM AL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN CORREDOR DE TRANSPORTE PARA UN COMPLEJO INDUSTRIAL - MODELO BIM 4D PLANIFICACIÓN*’. [7]
- 3) Monar González, J. and González González, B. (2020) *MODELADO BIM PARA PROYECTO AS-BUILT DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES*. [8]
- 4) A. Hernandez and B. Gonzalez, *CONSTRUCCIÓN DIGITAL DE UNA CONEXIÓN VIARIA DE LA RED DE CARRETERAS DE ANDALUCÍA CON MODELOS BIM*. 2020. [8]
- 5) D. Perez Viera and B. González González, “*MODELADO BIM DE UNA LÍNEA FERROVIARIA DE ALTA VELOCIDAD CON DYNAMO PARA DIRECCIÓN DE OBRA*,” Sevilla, 2021. [9]

3 EL CASO ESTUDIO

En este TFG de **análisis de esfuerzos y armado de pilas y zapatas de puentes** vamos a partir de un modelo BIM del mismo, que va a desarrollar sobre un **diseño inicial de un puente que estaría dentro de un tramo de una línea ferroviaria de alta velocidad, que se incluía en el** Trabajo Fin de Máster del ingeniero de caminos, canales y puertos David Pérez, exalumno de la ETSI. En dicho trabajo se desarrollaron una serie de modelos BIM del tramo de línea de alta velocidad:

- Modelo PIM de Obra Lineal, adaptado para dirección de obra
- Modelos PIM de Obras de Paso, en fase de diseño básico. Entre el que se encuentra el que es objeto de estudio en este TFG

Ilustración 3-1. Portada del TFM (Fuente: Elaboración Propia)



Ilustración 3-2. Zona del Proyecto (Fuente: [2])



3.1 La obra de paso

Tomando como referencia el “*PROYECTO CONSTRUCTIVO ENLACE DEL P.A.E.T. DE MEDINA DEL CAMPO CON LA LÍNEA DE MEDINA DEL CAMPO A SALAMANCA*”, cuyo objetivo era definir todas las actuaciones necesarias para construir los ejes de plataforma ferroviaria que conectarán el Puesto de Adelantamiento y Estacionamiento de Trenes (PAET) de Medina del Campo, ubicado en el tramo Olmedo-Zamora de la LAV Madrid-Galicia, con la futura LAV Medina del Campo – Salamanca, que discurre en paralelo a la línea existente de ancho ibérico que une estas localidades.

Ilustración 3-3 ámbito del TFM de ingeniero David Pérez (Fuente: [2])



El TFM citado desarrolló los modelos BIM de las obras que comprendía dicho proyecto y entre ellos

- **Viaducto del P.K. 0+500 Ramal AV Norte:** Para salvar el arroyo de la Golosa en el nuevo eje, se debe construir un puente que sea capaz de contener la infraestructura de la doble vía y los elementos de la red electrificada como catenarias.

Ilustración 3-4. Planta del proyecto (Fuente: [2])

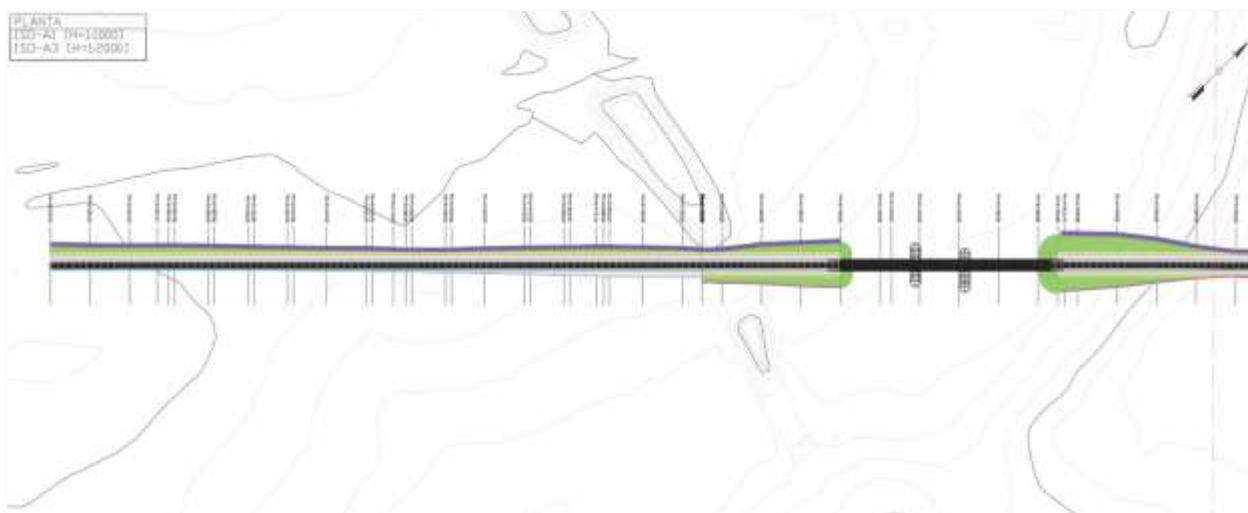


Ilustración 3-5. Perfil del proyecto (Fuente: [2])

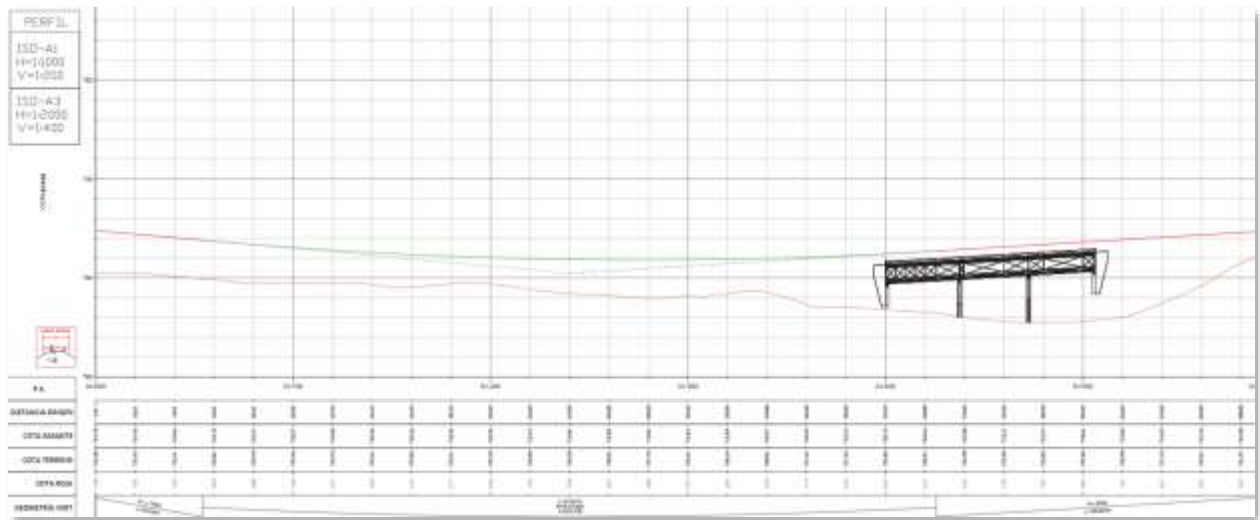


Ilustración 3-6. Secciones del ámbito del puente (Fuente: [2])

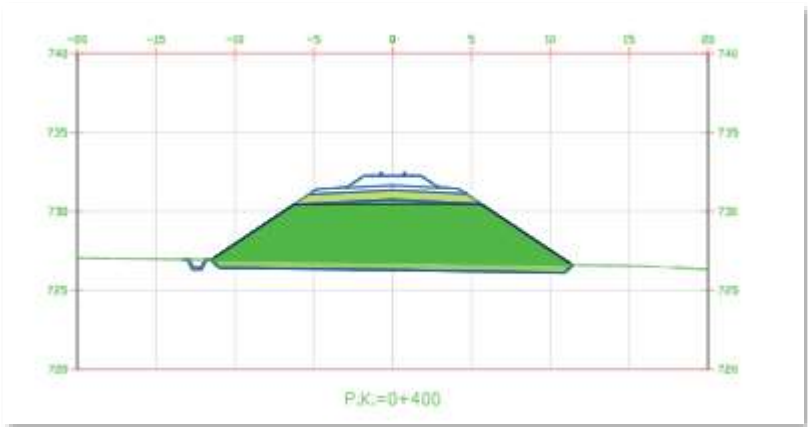


Ilustración 3-7. Secciones del ámbito del puente (Fuente: [2])

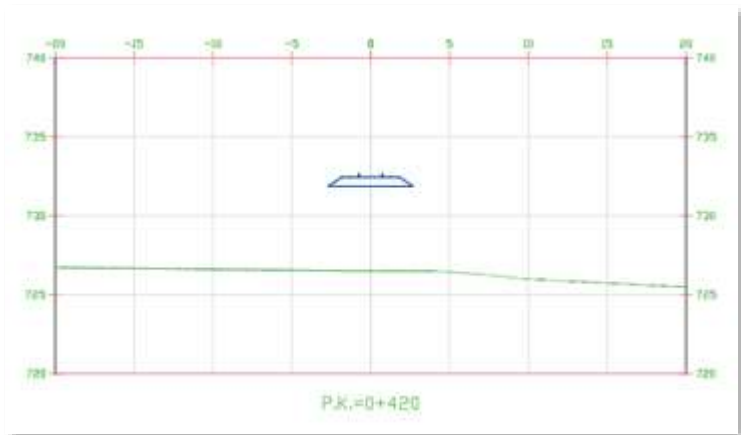


Ilustración 3-8. Secciones del ámbito del puente (Fuente: [2])

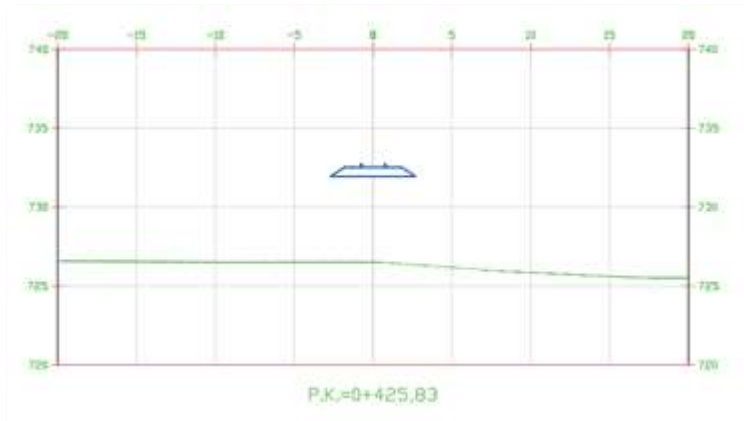


Ilustración 3-9. Secciones del ámbito del puente (Fuente: [2])

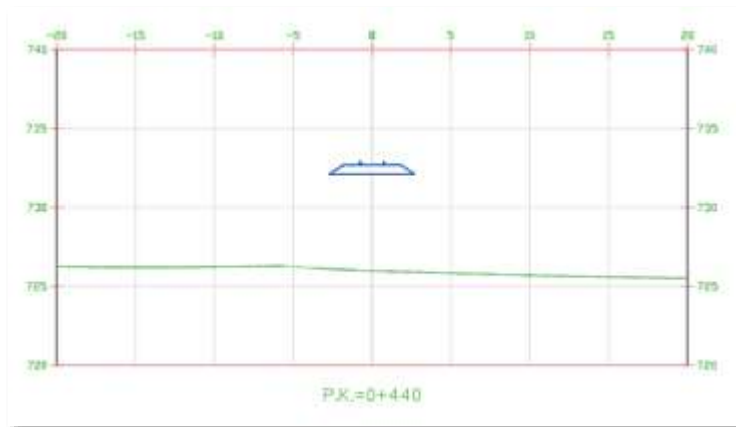


Ilustración 3-10. Secciones del ámbito del puente (Fuente: [2])

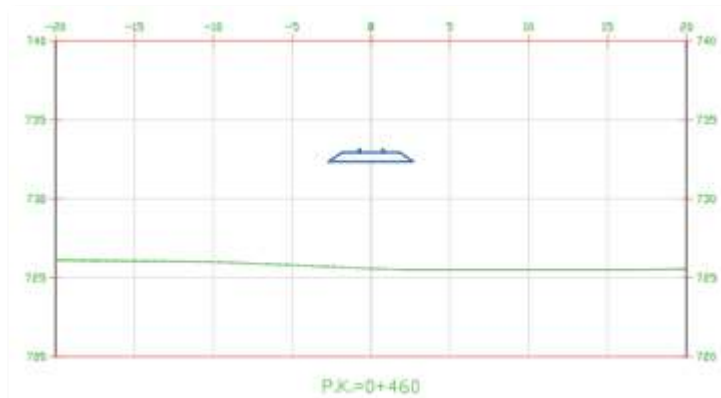


Ilustración 3-11. Secciones del ámbito del puente (Fuente: [2])

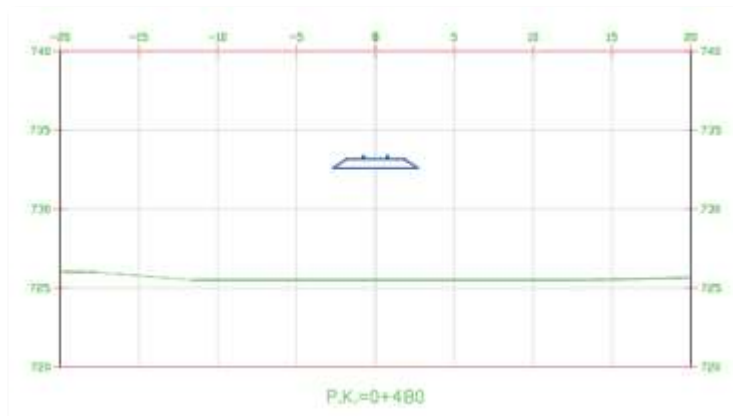
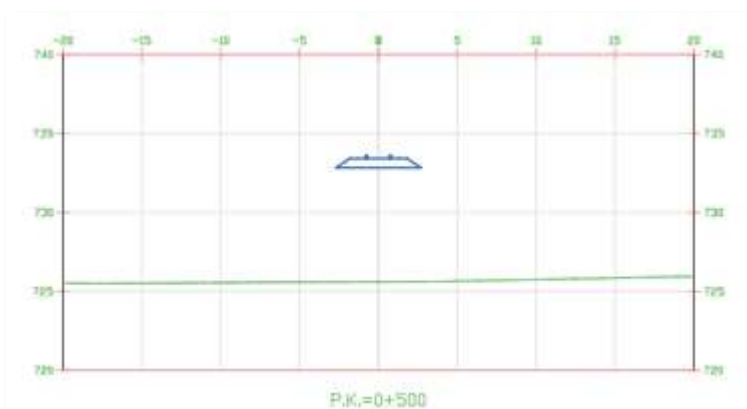


Ilustración 3-12. Secciones del ámbito del puente (Fuente: [2])



3.2 El modelo BIM de puente

Este trabajo está dirigido por el tutor Blas González quien actúa como coordinador BIM (BIM Manager), desarrollando un modelo PIM del puente ([modelo de información de construcción de proyecto](#), según la [17]). Este modelo se basa en el Trabajo Fin de Máster realizado por el ingeniero de caminos, canales y puertos D. David Pérez Viera.

Para este TFG, se ha modificado la funcionalidad del puente ferroviario a uno viario, ya que estamos ante un trabajo académico perteneciente al Grado en Ingeniería Civil y aún no se han adquirido los conocimientos para poder realizar el otro análisis. Además, se han modificado las pilas, eliminando los pilotes y poniendo zapatas, para no entrar en el análisis geotécnico. Para mejorar su resistencia frente a sismos, la sección de la pila que era variable pasa a ser constante.

A pesar de estos cambios, el objetivo de este TFG no varía, ya que lo que queremos es aprovechar al máximo las herramientas de análisis estructural de ALLPLAN Bridge en su versión 2.024, para poder sacar los planos de ferralla en ALLPLAN Ingeniería de elementos estructurales del puente.

La tipología de puente considerada ha sido el puente **de tres vanos con tablero continuo ejecutado in-situ**, con sección en **cajón de canto variable**, mediante **postensado del tablero según las fases constructivas**.

El modelo BIM desarrollado puede verse en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 3-13. Modelo BIM (Fuente: Elaboración propia)

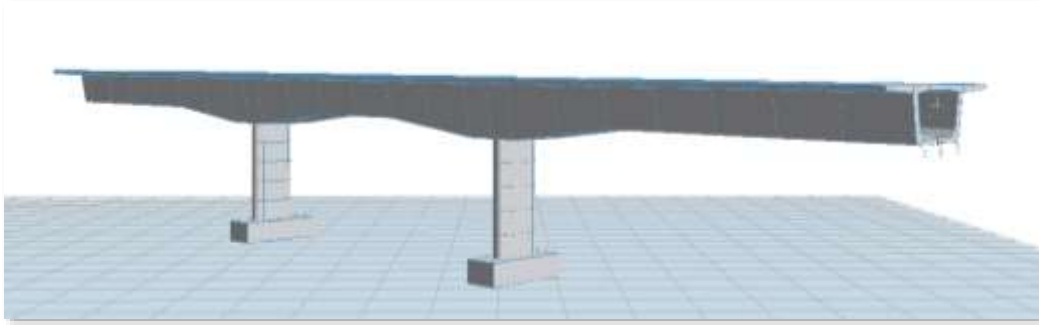


Ilustración 3-14. Modelo BIM (Fuente:Elaboración propia)

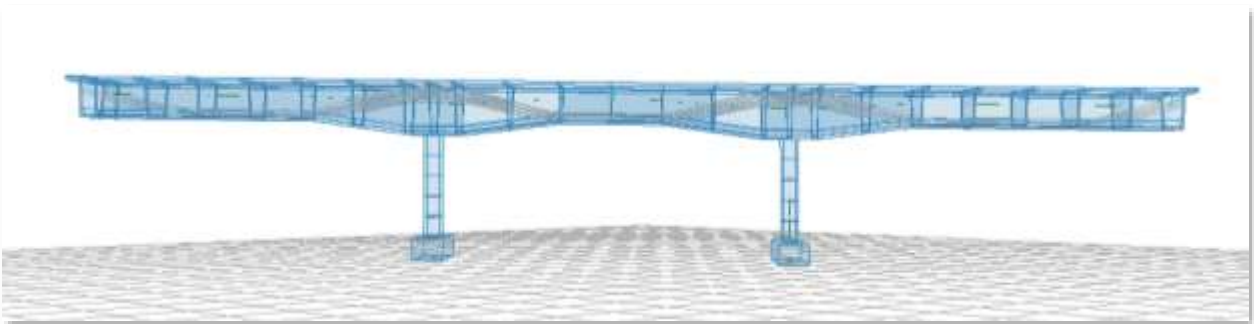


Ilustración 3-15. Modelo BIM (Fuente: Elaboración Propia)

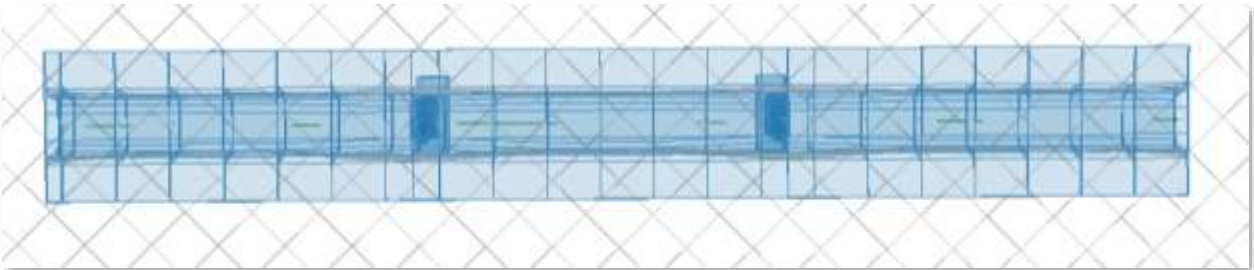
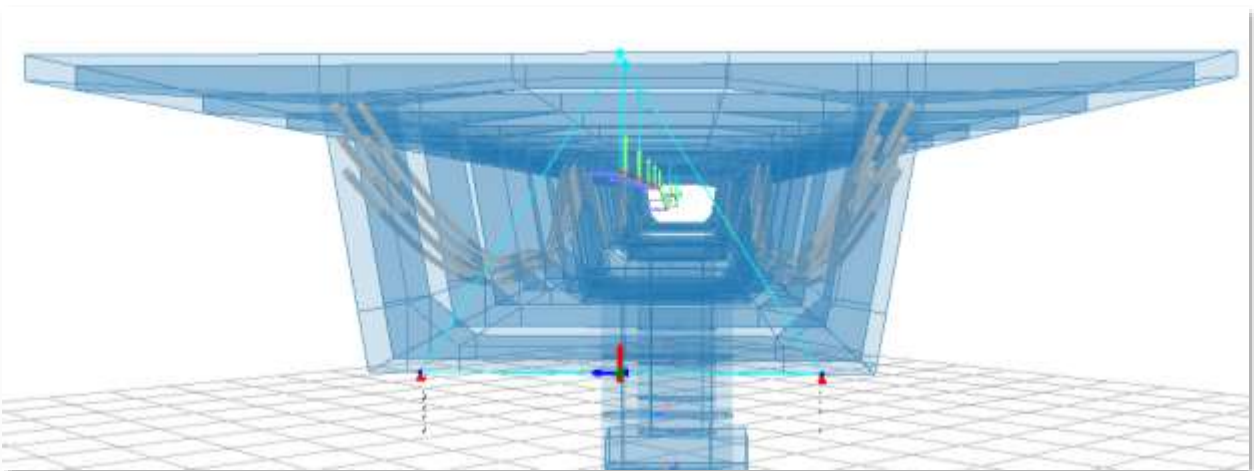


Ilustración 3-16. Modelo BIM (Fuente: Elaboración propia)



3.3 Las normas de diseño a aplicar

Las normas de diseño que se aplicarán serán principalmente la NCSE-02 y la IAP-11, ambas destinadas a calcular las cargas que deberán introducirse.

3.3.1 Aspectos aplicados

De la NCSE-02 [19], se aplicarán los apartados 2.1, 2.2 y 2.4. además del ANEJO 1. El apartado 2.2 se utiliza para calcular la aceleración básica, mientras que el resto de apartados mencionados y parte del mismo apartado 2.2 se emplean para calcular parámetros implicados en este cálculo.

De la IAP-11 [20] se aplicarán los apartados 4.3.1 para el cálculo de las acciones térmicas, el 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.3 para calcular el empuje del viento y el 4.1.3.1 para las cargas de frenado.

3.3.2 Acciones a aplicar

A continuación, se exponen los cálculos mencionados en el apartado anterior.

3.3.2.1 Las acciones térmicas.

Para el cálculo de los valores de carga de temperatura que se usarán posteriormente, primero se obtienen los valores de **temperatura máxima y mínima** de la FIGURA 4.3-a y de la TABLA 4.3-a de la IAP-11, correspondientemente.

$$T_{max,50} = 36^{\circ}\text{C}; T_{min,50} = -16^{\circ}\text{C}$$

A continuación, se extraen los $\Delta T_{e,min}$ y $\Delta T_{e,max}$ de la TABLA 4.3-b teniendo en cuenta que se trata de un tablero de hormigón.

$$\Delta T_{e,min} = 8^{\circ}\text{C}; \Delta T_{e,max} = 2^{\circ}\text{C}$$

Se calcula la componente uniforme de temperatura con:

$$T_{e,min} = T_{min} + \Delta T_{e,min} = -18 + 8 = -8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,max} = T_{max} + \Delta T_{e,max} = 36 + 2 = 38^{\circ}\text{C}$$

Por último, para calcular la **variación de temperatura con respecto a la temperatura media del tablero** en el momento en que se coacciona el tablero, t_0 (tomada como 10°C):

$$dT_{pos} = 38 - 10 = 28^{\circ}\text{C}$$

$$dT_{neg} = -8 - 10 = -18^{\circ}\text{C}$$

En cuanto al **gradiente lineal de temperatura**, atendiendo a la TABLA 4.3-d se obtiene que:

$$\Delta T_{M,calor,50mm} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,frio,50mm} = 5^{\circ}\text{C}$$

Suponiendo un espesor de pavimento de 100 milímetros, y con los datos de la TABLA 4.3-e:

$$\Delta T_{M,calor} = \Delta T_{M,calor,50mm} * k_{sur,100mm} = 10 * 0.7 = 7^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,frio} = \Delta T_{M,frio,50mm} * k_{sur,100mm} = 5 * 1 = 5^{\circ}\text{C}$$

3.3.2.2 Los esfuerzos de frenado.

En cuanto a la fuerza longitudinal debido al frenado, esta puede calcularse como:

$$Q_{lk} = 360 + 2.7L$$

Siendo L la longitud, queda:

$$Q_{lk} = 360 + 2.7 * 106.463 = 647.4501 \text{ kN}$$

Para calcularla como una fuerza por unidad de longitud:

$$q_{lk} = \frac{Q_{lk}}{L} = \frac{647.4501}{106.463} = 6.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.3.2.3 La acción eólica. El viento.

Para calcular el empuje del viento se usa la fórmula:

$$\frac{F_w}{A_{ref}} = \left[\frac{1}{2} \rho V_b^2(t) \right] C_e(z) C_f$$

Siendo $V_b^2(t) = C_{dir} C_{season} v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 26 = 26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; obteniendo $v_{b,0}$ de la FIGURA 4.2-a y siendo los otros dos factores 1 de forma general.

Para calcular $C_e(z)$ se tiene que:

$$C_e(z) = k_r^2 \left[C_0^2 \left(\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right)^2 + 7k_l C_0 \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right]$$

Siendo:

$$k_r = 0.19; \text{ factor terreno según la TABLA 4.2-b}$$

$$k_l = 1; \text{ factor de turbulencia por defecto}$$

$$C_0 = 1; \text{ factor topografía según la TABLA 4.2-b}$$

$$z_0 = 0.05; \text{ longitud de rugosidad según la TABLA 4.2-b}$$

Tomando $z=12.5$ m para el caso de viento sin tráfico y $z=13.5$ m, queda para ambos casos un valor aproximado de $C_e = 2.5$

Considerenado C_f como el valor máximo de la FIGURA 4.2-b, es decir, 2, queda finalmente;

$$\frac{F_w}{A_{ref}} = 2.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ en ambos casos.}$$

3.3.2.4 La acción sísmica.

Para calcular a_g (aceleración sísmica de cálculo), se obtiene primero a_b (aceleración básica de cálculo), que atendiendo al ANEJO 1 de la NCSE-02 es 0.04g.

Debido al bajo valor de a_g , se calcula S (coeficiente de amplificación de terreno, según el apartado 2.2 de la NCSE-02) como $S = \frac{C}{1.25}$. C (coeficiente de terreno, del apartado 2.4 de la NCSE-02, tabla 2.01) se supone como 2 y se obtiene $S = 1.6$.

Por último, se calcula usando la fórmula del apartado 2.2 de la NCSE-02:

$$a_g = S * \rho * a_b = 1.6 * 1 * 0.04 * 9.81 = 0.628 \frac{m}{s^2}$$

Estando determinado ρ por la importancia de la construcción.

3.4 El Análisis Estructural con ALLPLAN Bridge.

En este trabajo nos centraremos en el cálculo de las pilas y zapatas de un puente utilizando el programa de Allplan Bridge, mostrando a su vez el flujo de trabajo a seguir para utilizar correctamente el programa.

Una vez realizado el cálculo del puente, exportaremos el puente a Allplan, donde, a través del módulo de Ingeniería, podremos disponer las cuantías de armadura pasiva, tanto longitudinal como transversal. Para ello introduciremos una armadura en el modelo y se hará un barrido de esta, teniendo que ir ajustando lo máximo posible en cada sección la cuantía obtenida en Allplan Bridge. En un capítulo posterior, el programa nos proporcionará detalles sobre la armadura dispuesta, lo que nos permitirá realizar mediciones que podrán ser empleadas en un proyecto de construcción.

Lamentablemente, estos objetivos no pudieron alcanzarse completamente, ya que fue necesario recurrir a programas externos para completar los cálculos que el Allplan Bridge no pudo realizar.

3.5 Limitaciones ferralla

A la hora de elaborar los planos de armadura, hay que tener en cuenta limitaciones de esta. Para ello seguiremos el Anejo 19 del Código Estructural [22].

La primera está relacionada con la longitud de las barras. La máxima permitida es de 12 metros, ya que longitudes mayores no se transportan. La pila tiene una longitud de 10 metros, por lo que a priori no habría problema.

En cuanto la longitud de anclaje de las barras y cercos, el programa las calcula automáticamente siguiendo la normativa actual.

Para el anclaje de la armadura longitudinal seguiremos el apartado 8.4 del Anejo 19 [22]. Para este TFG tendremos que tener en cuenta:

1. Longitud básica de anclaje (apartado 8.4.3 de [22]):

- Suponiendo una tensión de adherencia constante igual a f_{bd} , la longitud básica de anclaje, $l_{b,rqd}$, necesaria para anclar una fuerza $A_s \sigma_{sd}$ en una barra recta se establece mediante: $l_{b,rqd} = \left(\frac{\sigma}{4}\right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right)$

donde σ_{sd} es la tensión de cálculo de la barra en la sección desde la que se mide el anclaje.

Los valores de f_{bd} se indican en el apartado 8.4.2.

- Para las patillas, la longitud básica de anclaje necesaria, $l_{b,rqd}$, y la longitud neta de anclaje, l_{bd} , deben medirse a lo largo del eje de la barra (véase la figura A19.8.1a).

2. Longitud neta de anclaje (apartado 8.4.4 de [22]): $l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$.

Donde :

- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ y α_5 son coeficientes indicados en la tabla A19.8.2.

- $l_{b,rqd}$ se toma a partir de la expresión (8.3)
- $l_{b,min}$ es la longitud mínima de anclaje si no se aplica ninguna limitación:
 - Para anclajes en tracción, $l_{b,min} \geq \max\{0,3l_{b,rqd}; 10\phi; 100\text{ mm}\}$
 - Para anclajes en compresión, $l_{b,min} \geq \max\{0,6l_{b,rqd}; 10\phi; 100\text{ mm}\}$

En cuanto al anclaje de cercos y armaduras de cortante, el Código Estructural [22] recoge lo siguiente:

1. El anclaje de cercos y armaduras de cortante debe realizarse mediante patillas y ganchos, o mediante armadura transversal soldada. Debe disponerse una barra dentro del gancho o patilla.
2. El anclaje debe cumplir con lo indicado en la figura A19.8.5. Las soldaduras se realizarán conforme a la norma UNE-EN ISO 17660, además de presentar una capacidad de soldadura conforme a lo establecido en el apartado 8.6 (2)

En el caso de tener que solapar barras, haciendo uso del Anejo 19 [22], apartado 8.7.2. La disposición de las barras solapadas debe ser tal que cumpla lo establecido en la figura A19.8.7.

La longitud de solape de cálculo será: $l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$

Donde :

- $l_{b,rqd}$ se calcula mediante la expresión (8.3)
- $l_{0,min} \geq \max\{0,3 \alpha_6 l_{b,rqd}; 15\phi; 200\text{ mm}\}$
- Los valores de α_1 , α_2 , α_3 y α_5 pueden tomarse de la tabla A19.8.2; sin embargo, para el cálculo de α_3 , se tomará $\sum A_{st,min} = 1,0 A_s (\sigma_{sd}/f_{yd})$, donde A_s es el área de la barra solapada.
- $\alpha_6 = (\rho/25)^{0,5}$ (siempre dentro del intervalo comprendido entre 1,0 y 1,5), donde ρ es el porcentaje de armadura solapada en una longitud igual o inferior a $0,65 l_0$ desde el centro de la longitud de solape considerada (véase la figura A19.8.8). Los valores de α_6 se indican en la tabla A19.8.3

3.6 El flujo de trabajo a desarrollar

Basándonos en el modelo BIM del puente incorporado a la sesión de trabajo de ALLPLAN Bridge [21], se procede a continuación a describir el flujo de trabajo para realizar el análisis estructural de las pilas y zapatas.

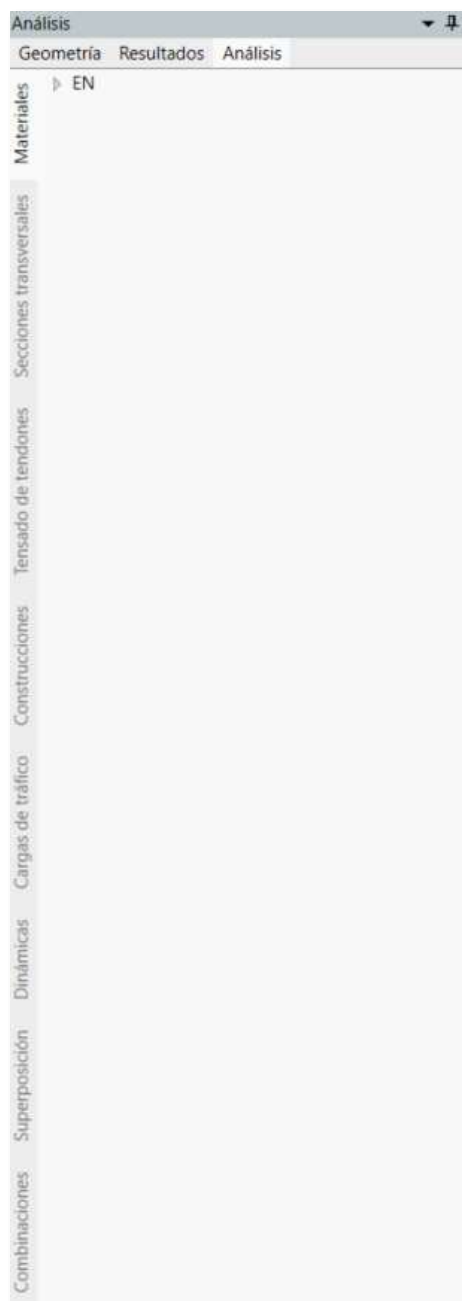
Para ello, a partir de ahora se trabajará en el menú de **ANÁLISIS**, de las opciones que presenta (**Geometría / Análisis / Resultados / Datos...**) el espacio de trabajo. Utilizando todas las pestañas de este espacio de trabajo, como son:

- Materiales
- Secciones Transversales
- Tendones
- Construcciones
- Cargas de Trafico

- Dinámicas
- Superposiciones
- Combinaciones

herramientas de **CONSTRUCCIONES**, donde se realizará gran parte del trabajo, incluyéndose ahí las fases constructivas.

Ilustración 3-17. Apariencia del menú de análisis. (Fuente: Elaboración Propia)



Los flujos de trabajo de Allplan Bridge son muy intuitivos, ya que suelen seguir un orden basado en su disposición dentro del programa. Siguiendo esta lógica, los primeros pasos del menú de ANÁLISIS, se encontrarán en las pestañas de **MATERIALES**, **SECCIONES TRANSVERSALES** y **TENSADO DE TENDONES**. Sin embargo, es importante destacar que dichas operaciones vienen ya realizadas en el modelo procedente del TFG de Diego Laffón Fernández-Trueba.

3.6.1 Diseño de las etapas del análisis estructural

Desde el menú previamente mostrado, se llevarán a cabo las siguientes operaciones:

- Establecer las fases constructivas, de modo que el programa realice un cálculo estructural parcial para cada una de ellas
- Definir las acciones a considerar en el análisis estructural del tablero.
- Establecer las reglas de superposición para la creación de envolventes y las combinaciones que se tendrán en cuenta.
- Finalmente, definir qué se pretende calcular y comprobar, obteniendo así la cuantía mecánica de acero mínima.

El centro de operaciones de este proceso será siempre la pestaña de “*Construcciones*”, donde se reflejará todo lo mencionado anteriormente. No obstante, para completar lo que ahí se refleja, se utilizarán el resto de pestañas y en ocasiones también habrá que recurrir al menú de “*Geometría*”.

Se puede afirmar que la pestaña de construcciones será un listado de tareas que realizará el programa en estricto orden. Dichas tareas, cuando sea necesario, harán llamadas al contenido de otras pestañas o incluso de otros menús para completar sus procesos.

Es importante destacar que estos procesos serán independientes en algunas ocasiones, mientras que en otras dependerán de lo que se haya hecho previamente, entendiendo por “previamente” lo que se haya indicado antes en la cronología de la pestaña de *Construcciones*. Todos los análisis que se indican se realizarán simultáneamente una vez se ordene el cálculo.

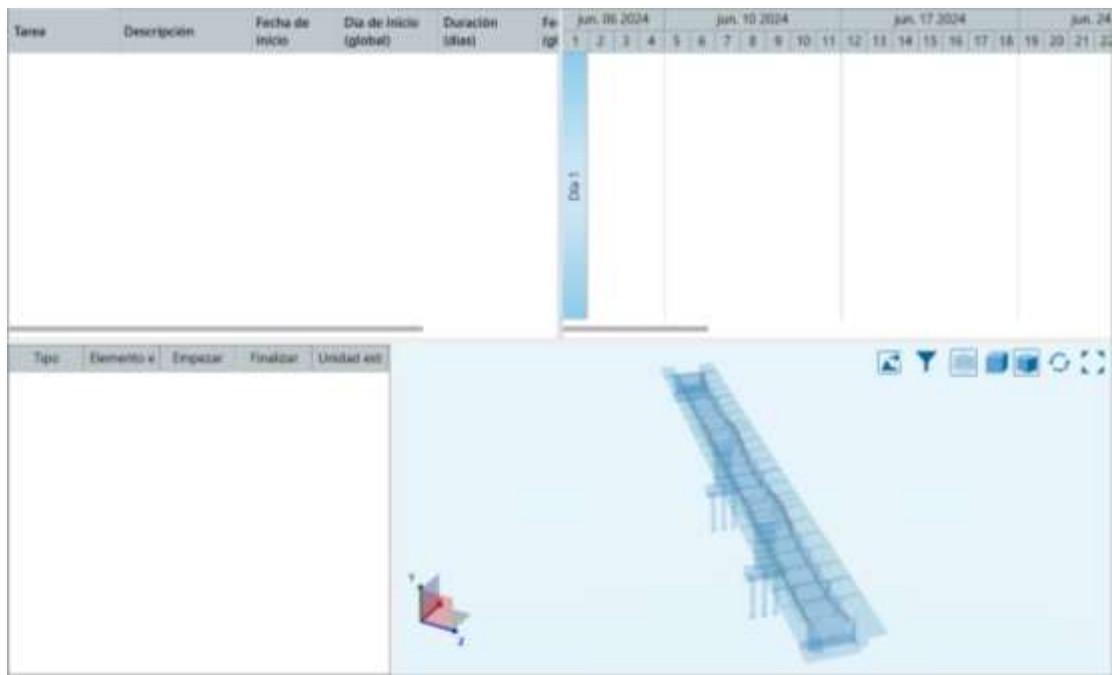
Por ejemplo, el cálculo lineal de tensiones no dependerá de ningún cálculo previamente hecho, al igual que el análisis dinámico. Sin embargo, para llevar a cabo la tarea de comprobación según la normativa, será preciso haber realizado previamente la tarea de diseño según la normativa.

3.6.2 Fases de Análisis

El análisis comienza determinando las *tareas de análisis* que el programa que debe realizar, creando para ello en el espacio de trabajo un conjunto de *fases del análisis* (conjunto de tareas) de una de las posibles *alternativas del proceso de construcción*. Para ello, se hace clic derecho sobre el menú en blanco y se selecciona *Nuevo proceso de construcción*: En este momento se solicitará un nombre, que en este caso es *ALTERNATIVA A1*. Aunque *el programa ofrece la posibilidad de trabajar con varias alternativas del proceso de construcción*, en este trabajo académico solo se utilizará una alternativa ya que no se trata de un trabajo definitivo.

Cuando se crea esta primera alternativa del proceso de construcción, la pantalla del entorno de trabajo cambia del modelo 3D a otro entorno, como se mostrará de la siguiente ilustración,

Ilustración 3-18 - Interfaz de *Construcciones* (Fuente: Elaboración propia)



con cuatro áreas:

- **Tareas:** En la esquina superior izquierda se mostrarán las “Tareas de cálculo”, que definen las actividades que se realizan en el proceso de construcción. Estas tareas se irán detallando conforme sean necesarias.
- **Cronograma:** La esquina superior derecha muestra el diagrama de Gantt que se genera en función de las actividades que se definan
- **Elementos estructurales:** Por último, las dos interfaces de abajo son relativas a los elementos involucrados. La de la izquierda permite seleccionar cuáles son, mientras que la derecha mostrará visualmente la selección realizada.

Sobre esta alternativa del proceso de construcción creado se definirán las sucesivas **fases del análisis**, para establecer un mayor orden, haciendo clic derecho sobre el nombre (“ALTERNATIVA A-1”) y seleccionando la opción *Nueva fase*. Nuevamente se solicitará un nombre para dicha fase de análisis.

4 EL ANÁLISIS DE LAS FASES CONSTRUCTIVAS

Aunque nos vamos a centrar en el armado de las pilas y las zapatas, hay que tener en cuenta las consecuencias de usar un proceso constructivo u otro. Por ello, vamos a considerar las siguientes fases.

4.1 Fase1 – Pilas, Zapatas y Estribos

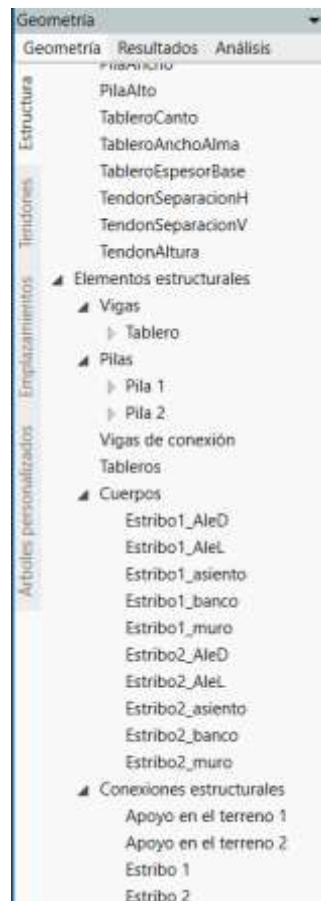
Para la ejecución de las pilas, vamos a tener que hormigonar, para ello en la pestaña “*Construcciones*”, seleccionamos “CONCRETE”, la tarea que lleva tanto el vertido como el curado del hormigón.

Ilustración 4-1. Actionbar pestaña Construcciones.CONCRETE (Fuente: Elaboración propia)



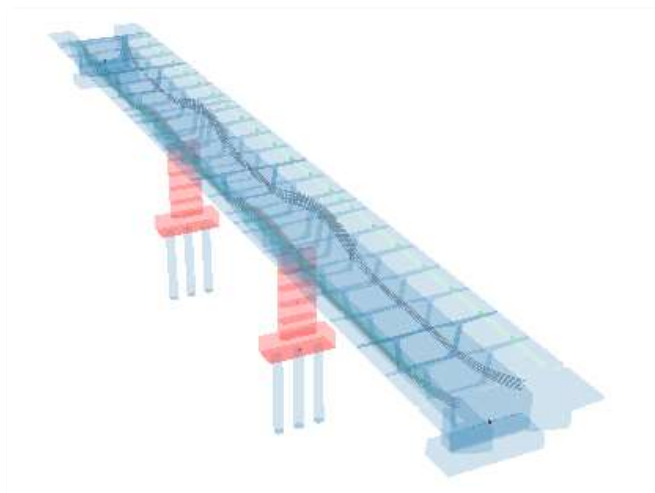
Una vez seleccionado ya aparece en la ventana de tareas. Tenemos que definir la fecha de inicio y la duración de la tarea. Vemos que el diagrama de Gantt se representa correctamente. A continuación, tenemos que seleccionar las pilas para esta tarea, por lo que en la ventana de “*Geometría*”, dentro de “Elementos estructurales” selecciono la “Pila 1” y “Pila 2”, y las arrastro hasta la ventana inferior.

Ilustración 4-2. Ventana Geometría, Pestaña Estructura (Fuente: Elaboración propia)



Si seleccionamos la tarea, vemos que se ponen de color rojo las pilas, así nos podemos asegurar de que estamos realizando la tarea de forma correcta.

Ilustración 4-3. Selección de elementos Fase 1 (Fuente: Elaboración propia)



El proceso explicado es el que seguirá para todas las tareas.

Para la construcción de las pilas, tenemos que ver qué elementos participan. En este caso el apoyo en terreno empieza a estar activo el día en el que se terminen de ejecutar las pilas (día 15). Para activarlo, usamos la tarea de “INSTSUPP”

Ilustración 4-4. Actionbar pestaña Construcciones.INSTSUPP (Fuente: Elaboración propia)



Por un tema analítico, la duración de esta tarea va a ser de cero días, esto es debido a que se trata de un hito, veremos que en el diagrama de Gantt queda representado como un punto. Los elementos para arrastrar a la ventana inferior serán “Apoyo en el terreno 1” y “Apoyo en el terreno 2” (construimos ambas pilas a la vez).

Tabla 4-1. Elementos y duración. Fase 1 (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento estructural	Empezar	Finalizar
Elemento	Apoyo en el terreno 1	-	-
Elemento	Apoyo en el terreno 2	-	-

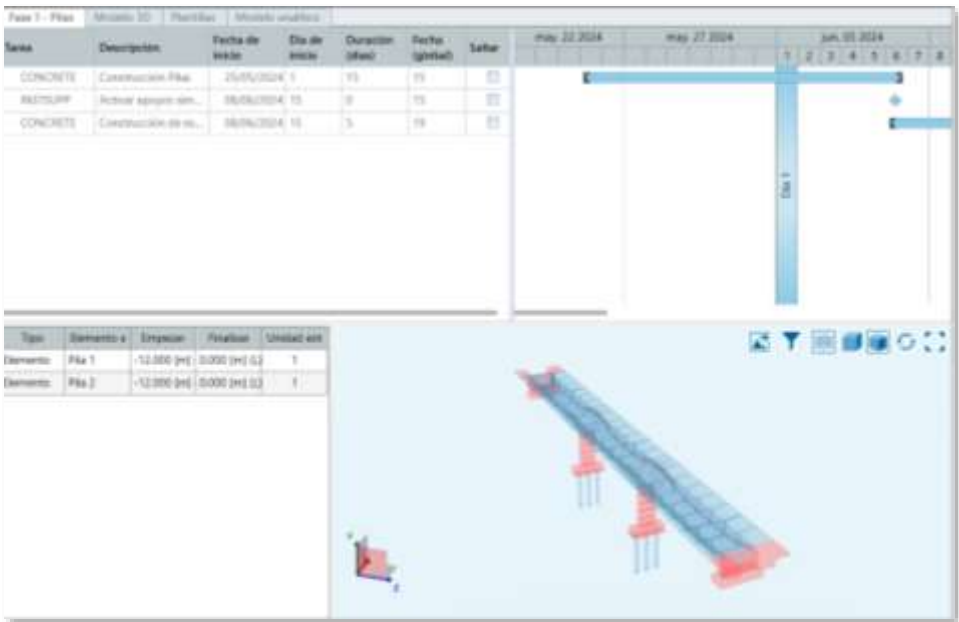
Para finalizar con esta fase, definimos el hormigonado de los estribos, de la misma forma que con las pilas, haciendo uso de la tarea “CONCRETE”. Comenzarán a hormigonarse el día 15, una vez finalizadas las pilas. Los elementos estructurales que serán arrastrados son todos los estribos que se hayan definido.

Tabla 4-2. Elementos y duración. Fase 1 (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento estructural	Empezar	Finalizar
Elemento	Estribo1_asiento	-	-
Elemento	Estribo1_banco	-	-
Elemento	Estribo1_muro	-	-
Elemento	Estribo1_AleL	-	-
Elemento	Estribo1_AleD	-	-
Elemento	Estribo2_asiento	-	-
Elemento	Estribo2_banco	-	-
Elemento	Estribo2_muro	-	-
Elemento	Estribo2_AleL	-	-
Elemento	Estribo2_AleD	-	-

Las tareas de esta fase quedan:

Ilustración 4-5. Fase 1. (Fuente: Elaboración propia)



4.2 Fase 2-Vano 1

Creamos una nueva fase, que se va a corresponder con la construcción del vano izquierdo.

Los vanos se hacen hormigonando, por lo que volvemos a usar la tarea de “CONCRETE”. En cuanto a la fecha de inicio vamos a dejar unos días de margen entre que se finalizan las pilas y se comienza a ejecutar el vano, por lo que el día de inicio será el 25 y tendrá una duración de 15 días.

El elemento estructural para arrastrar será el tablero, pero en este caso no lo queremos completo. Para seleccionar únicamente lo que deseamos, en la tabla de la ventana inferior seleccionamos el tablero y, seleccionamos las estaciones que deseamos. En este caso queremos las estaciones correspondientes al primer vano (desde la 400.000 m a la 445.000 m).

Tabla 4-3. Elementos y duración. Fase 2 (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento estructural	Empezar	Finalizar	Unidad estructural
Elemento	Tablero	400.000 [m] (L)	445.000 [m] (L)	-

A continuación, tenemos que poner en funcionamiento los tendones. Para ello, usamos la tarea “TENSION”, que aplica todo lo que necesita un tendón (instalación, tesado e inyección).

Ilustración 4-6. Actionbar pestaña Construcciones. TENDON (Fuente: Elaboración propia)

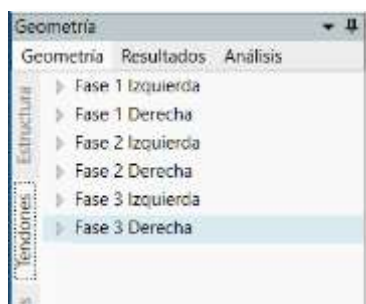


Una vez este todo lo anterior hecho, es cuando comienzan los tendones a funcionar. Van a estar un día trabajando. De forma análoga a lo que ocurría con el tablero, tenemos que arrastrar sólo los tendones correspondientes al primer vano. A diferencia del resto de elementos, los tendones se encuentran dentro del menú “*Geometría*” en la pestaña “Tendones”

Tabla 4-4. Elementos y duración. Fase 2 (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento estructural	Empezar	Finalizar	Unidad estructural
Grupo de tendones	Fase 1 Izquierda	-	-	-
Grupo de tendones	Fase 1 Derecha	-	-	-

Ilustración 4-7. Ventana Geometría, Pestaña Tendones (Fuente: Elaboración propia)



La denominación de las fases de tesado no coincide con la de las fases de construcción, las fases de tesado uno, dos y tres se corresponden con las de construcción dos, tres y cuatro respectivamente.

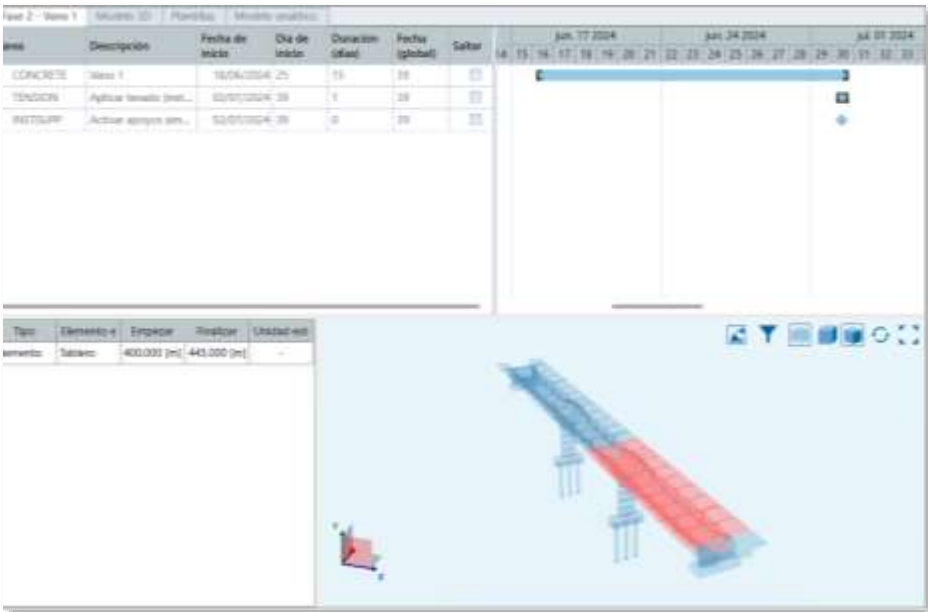
Finalmente, el apoyo del estribo entra también en funcionamiento. Como realmente es un apoyo, volvemos repetir el procedimiento usado en la fase 1 con los apoyos del terreno, usando la tarea de “INSTSUPP”. En este caso es únicamente el “Estribo 1”.

Tabla 4-5. Elementos y duración. Fase 2 (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento estructural	Empezar	Finalizar	Unidad estructural
Elemento	Estribo 1	-	-	-

Las tareas de esta fase quedan como:

Ilustración 4-8. Fase 2. (Fuente: Elaboración propia)



4.3 Fase 3-Vano 2

Analizando las fases 3 y 4, vemos que vamos a tener que hacer un hormigonado de tablero y poner unos tendones. Además, en la fase 4 tenemos que introducir unos apoyos. Vemos que las tareas se parecen mucho a las de la fase 2, por lo que vamos a copiar esta fase y vamos a modificarla.

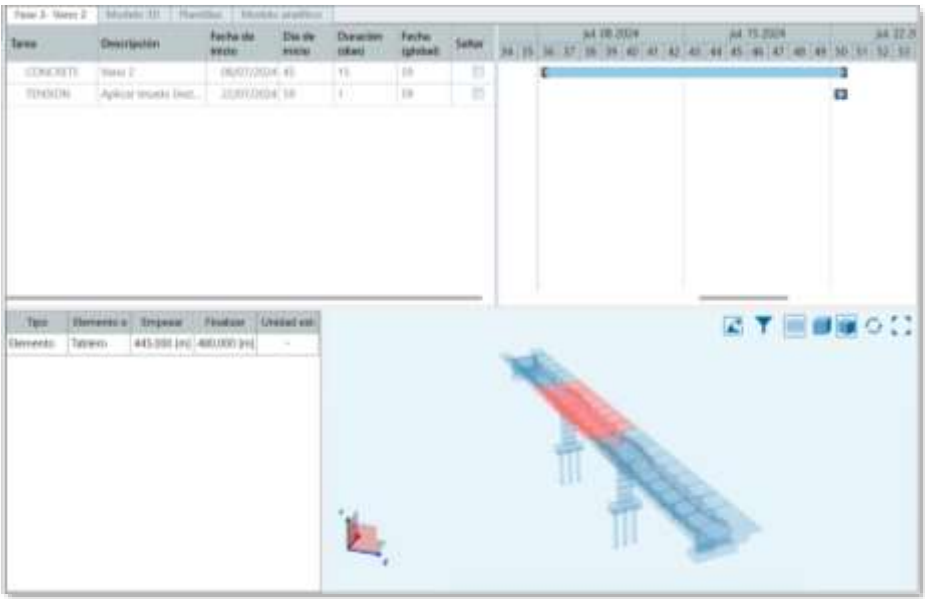
Una vez copiada, le cambiamos el nombre a “Fase 3- Vano2”. Vemos que ya están introducidas las tareas vamos a tener que cambiar el texto de las tareas y las fechas. Esta fase se corresponde con el vano central, por lo que al arrastrar el tablero en la tarea “CONCRETE”, las estaciones correspondientes serán desde el 445.000 m al 480.000 m.

Ahora pasamos a añadir los tendones de la fase 2, en la tarea “TENSION”.

Al estar en el vano central, los apoyos rígidos que se han realizado en el modelado del puente, como son rígidos (es decir, el tablero y las pilas están conectados) no hace falta meterlos como una tarea. Haciendo clic derecho sobre la tarea “INSTSUPP”, la borramos.

Las tareas de esta fase quedan como:

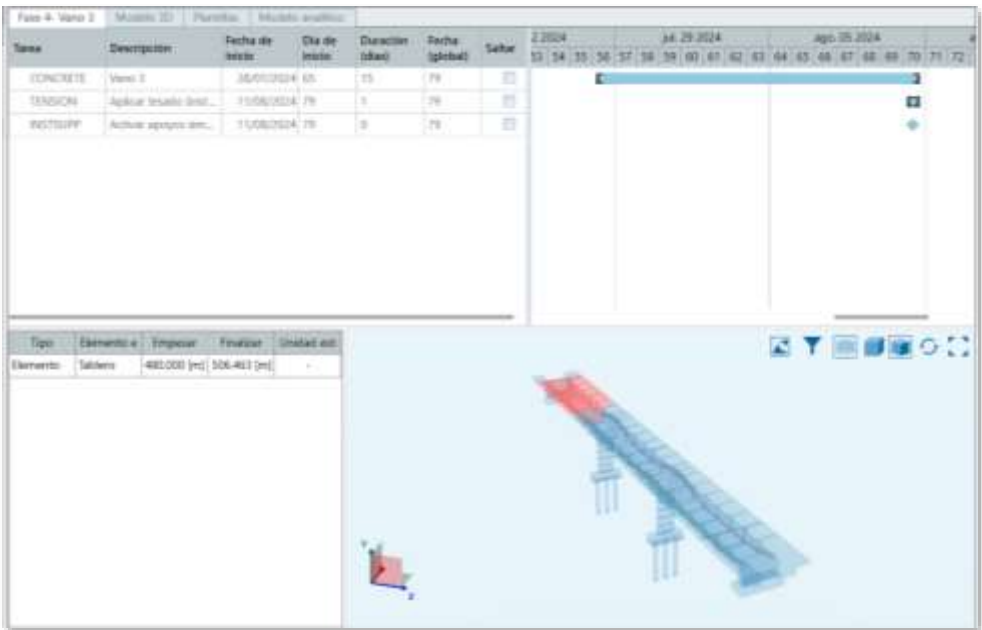
Ilustración 4-9. Fase 3. (Fuente: Elaboración propia)



4.4 Fase 4-Vano 3

Para ello copiamos la fase 2 y la modificamos. Le cambiamos el nombre a “Fase 4- Vano3”. Siguiendo los pasos de la “Fase 3-Vano 2”, cambiamos las estaciones del tablero desde la 480.000 m hasta la 506.463 m, y los tendones a introducir son los de la fase 3. En cuanto al apoyo, esta vez arrastramos el “Estribo” en la tarea “INSTSUPP”.

Ilustración 4-10. Fase 4. (Fuente: Elaboración propia)



Finaliza de esta forma la definición del proceso constructivo dentro del programa.

5 EL RESTO DE LAS ACCIONES

Para el cálculo de esfuerzos a los que se somete cada sección de la pila y zapata es necesario introducir las cargas existentes en el tablero. Como tenemos una unión rígida entre el tablero y la pila, los esfuerzos se transmiten correctamente a la pila. En este cálculo se tendrán en cuenta las cargas muertas, los asientos, la temperatura, la frenada, el viento y la sismicidad.

Para introducir las cargas, en el programa se trabaja añadiendo nuevas fases. Si bien esto puede sonar ilógico, todas estas fases se programarán al último día y no tendrán duración. Siendo estrictos, podrían denominarse listas de tareas de análisis, ajustándose mejor este nombre a su función. Sin embargo, en la descripción de los pasos a seguir en adelante, se le seguirá llamando fase con el objetivo de no mezclar nomenclatura del programa y nomenclatura del presente trabajo.

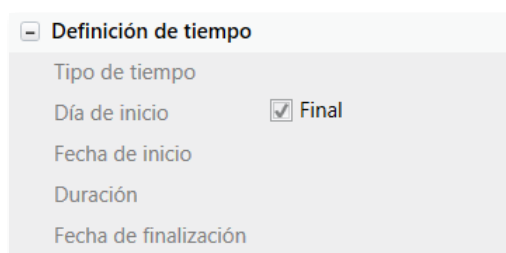
5.1 Las Cargas muertas

En primer lugar, introduzco las cargas muertas. Las únicas en este caso son las correspondientes al peso de los muros.

Para ello, creamos una nueva fase en el menú de **CONSTRUCCIONES** del espacio de trabajo **ANÁLISIS**, haciendo clic derecho sobre Análisis de construcción existente y lo llamamos “SDL”. Aunque resulte un nombre poco intuitivo, más adelante se observará que este es el nombre con el que el programa trata las cargas muertas.

Haciendo clic en esta nueva fase, seleccionamos en el menú de propiedades, en el apartado de definición de tiempo, que esta fase se tenga en cuenta al final, quedando de la siguiente forma:

Ilustración 5-1. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



La selección de esta casilla se llevará a cabo en todas las fases que se describan con posterioridad, por lo que se obviará en el desarrollo que sigue.

Una vez creada la fase, ya se pueden introducir las cargas. Lo primero será crear un caso de carga, ‘LOADCASE’, usando la primera opción que aparece en la cinta de Cargas & Comprobaciones. Aparecerá una ventana que debe quedar rellena como en la siguiente imagen:

Ilustración 5-2. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Solo hay que introducir el nombre del caso de carga y marcar la casilla ‘Añadir a SDL’, que implica que se añadirá a las cargas muertas.

Se crea ahora una carga lineal vertical, ‘LOADQY’, que será la encargada de añadir el peso de los muros. Se detallará en este caso la correspondiente al muro izquierdo. Operando el menú de propiedades de la carga lineal vertical, debe obtenerse lo siguiente:

Ilustración 5-3. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)



El argumento ‘uload’ indica la unidad estructural de la que calculará de forma automática la carga que introduce usando las propiedades del material.

Una vez definido esto habrá que asignar la unidad estructural tablero a la carga.

Tabla 5-1.Elementos estructurales. (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento est	Inicio	Finalizar	Unidad estru
Elemento	Tablero	-	-	-

La carga introducida por el muro derecho se introduce igual, teniendo en cuenta que su ‘uload’ será el 3.
El caso de carga quedará:

Tabla 5-2.Casos de carga (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
☒ LOADCASE	SDL	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADQY	Muro Izq	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADQY	Muro Dcho	12/08/2024	80	0	80

5.2 Las deformaciones impuestas - Asientos

Se crea ahora una nueva fase llamada “Asientos”. Dentro de ella se crea un caso de carga con las siguientes características:

Ilustración 5-4. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Solo es necesario introducir el nombre del caso de carga. La casilla de “Añadir a SDL” no debe marcarse ya que esta casilla corresponde a las cargas muertas. Por este motivo, esta casilla tampoco se marcará más en adelante aunque no se indique nada.
Con el caso de carga creado, es el momento de introducir la carga de asiento correspondiente, usando la opción ‘LOADSETTLE: Carga de asiento’. Seleccionando esta opción, la carga se creará automáticamente, y será desde el menú de propiedades desde donde habrá que atribuirle valores.

Ilustración 5-5.Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)

General

Nombre

LOADSETTLE

Info

Carga de asiento

Descripción

Carga de asiento

Número de subtareas

1

Saltar

☐

Definición de tiempo

Tipo de tiempo

Día de referencia

Día de inicio

☒ Final

Fecha de inicio

Duración

Fecha de finalización

Argumentos

dx

-0.010

(m)

dy

(m)

dz

(m)

local

☒

En este caso los únicos valores que es necesario modificar son la descripción y dx, que de modo ilustrativo al ser un trabajo académico se toma como -0.01 m.

Por último, es necesario asignar los elementos a los que esta carga afecta. En este caso, la carga afecta al Estribo 1, por lo que será este el elemento que arrastraremos desde geometría, quedando la tabla de elementos con el siguiente aspecto:

Tabla 5-3.Elementos estructurales (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento est	Inicio	Finalizar	Unidad estruct
Elemento	Estribo 1	-	-	-

Explicada la forma de introducir la carga de asiento en el Estribo 1, queda explicada por analogía la de la Pila 1, Pila 2 y Estribo 2. Es importante asignar a cada carga de asiento su elemento correspondiente. Para todos los casos se ha tomado el mismo valor de dx.

La tabla de los casos de carga debería quedar como se muestra.

Tabla 5-4.Casos de carga (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADSETT...	Carga de asiento	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADSETT...	Carga de asiento	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADSETT...	Carga de asiento	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADSETT...	Carga de asiento	12/08/2024	80	0	80

5.3 Las Acciones Térmicas

Para la carga de temperatura se tendrán en cuenta dos tipos de carga: temperatura uniforme y gradiente

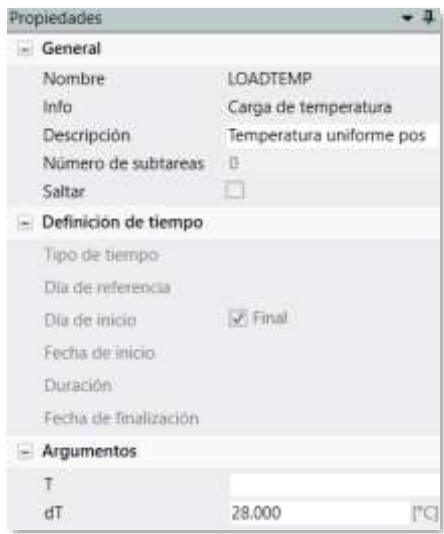
lineal de temperatura. En ambos casos se tiene en cuenta los casos positivo y negativo.

5.3.1 Temperaturas uniformes del tablero

Lo primero será, como siempre, crear una nueva fase denominada “Temperatura”.

Comenzando por el caso de temperatura uniforme, lo primero será crear un caso de carga llamado “Temperatura uniforme pos”. A continuación se crea una carga de temperatura, ‘LOADTEMP’, dentro del caso de carga anterior. Las propiedades de la carga de temperatura serán las siguientes:

Ilustración 5-6. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)



Siendo dT la diferencia de temperatura calculada. Por último, se añade el elemento estructural al que afecta. En este caso es el tablero, pero a diferencia de los anteriores, indicaremos que afecta únicamente a la unidad estructural 1, lo que significa que excluye a los muros.

Tabla 5-5.Elementos estructurales (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento est	Inicio	Finalizar	Unidad estru
Elemento	Tablero	-	-	1

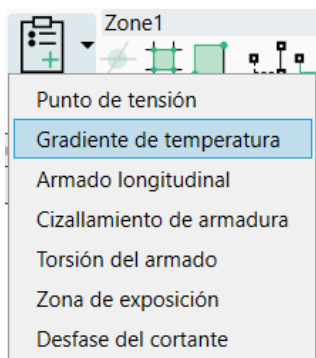
Se define siguiendo estos pasos la temperatura uniforme negativa teniendo en cuenta que dT en este caso es -18 °C.

El flujo para definir las cargas correspondientes a los gradientes lineales de temperatura seguirá un proceso distinto.

5.3.2 Gradientes de temperatura

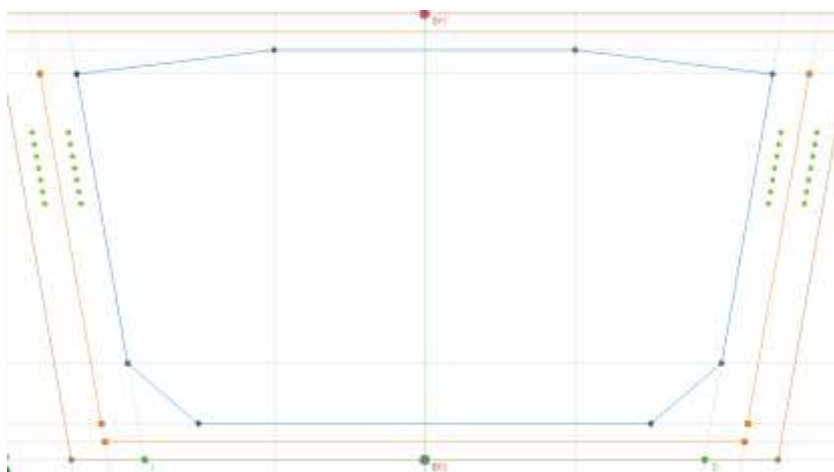
En primer lugar, habrá que definir los gradientes lineales de temperatura. Para ello, es necesario [abrir la sección transversal del tablero](#) en la pestaña de **Estructura** en el espacio de trabajo **GEOMETRÍA**. A su vez, se abre la pestaña de **Sección transversal** de la cinta superior de opciones. Desde ahí, en el apartado de Configuración de propiedades, se crearán dos ‘**Property set**’ de temperatura con los nombres “GradCalor-Lin-Temp” y “GradFrio-Lin-Temp” como nombre.

Ilustración 5-7. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración Propia)



Comenzando por “GradCalor-Lin-Temp”, seleccionamos a continuación el icono  para definir puntos de ‘Property set’. Se usarán dos puntos para definir cada gradiente, el primero en la fibra superior del centro del tablero y el segundo en la fibra inferior, también en el centro, tal y como se ve en los puntos rojos de la imagen inferior.

Ilustración 5-8. Ubicación de los puntos de "Property set" en la sección (Fuente: Elaboración propia)



Una vez definidos los dos puntos de “GradCalor-Lin-Temp”, se selecciona “GradFrio-Lin-Temp” y se definen sus dos puntos en el mismo sitio.

El siguiente paso será atribuirle los valores correspondientes a cada punto. Para ello solo habrá que seleccionarlos y se abrirá el menú de propiedades uno por uno. Para ello hay que tener en cuenta que los puntos superiores se denominan TP1 y los inferiores TP2 y que lo único que hay que introducir es la temperatura. Los valores asignados serán para “GradCalor-Lin-Temp”, TP1 temperatura de 7°C y TP2 0°C. Para “GradFrio-Lin-Temp”, TP1 0°C y TP2 5°C. Conocidos estos datos el programa hará una interpolación automática que asigne un valor a cada punto de la sección.

Llegado a este punto, es momento de volver a la pestaña de Construcciones del menú de Análisis, a la fase de temperatura.

Se creará un [caso de carga para ambos gradientes](#) y a continuación sus correspondientes ‘LOADTEMP’. A diferencia de los casos de [temperatura uniforme](#), ahora el argumento a rellenar será “T”, y en él se escribirá el nombre que se ha dado con anterioridad a los gradientes, es decir, “GradCalor-Lin-Temp” y “GradFrio-Lin-Temp” para cada caso. Por ejemplo, la pestaña de propiedades de “GradCalor-Lin-Temp” quedará:

Ilustración 5-9. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)

Por último, se define el elemento estructural al que afectan, que es idéntico al de la temperatura uniforme. La tabla de casos de carga debería haber quedado así:

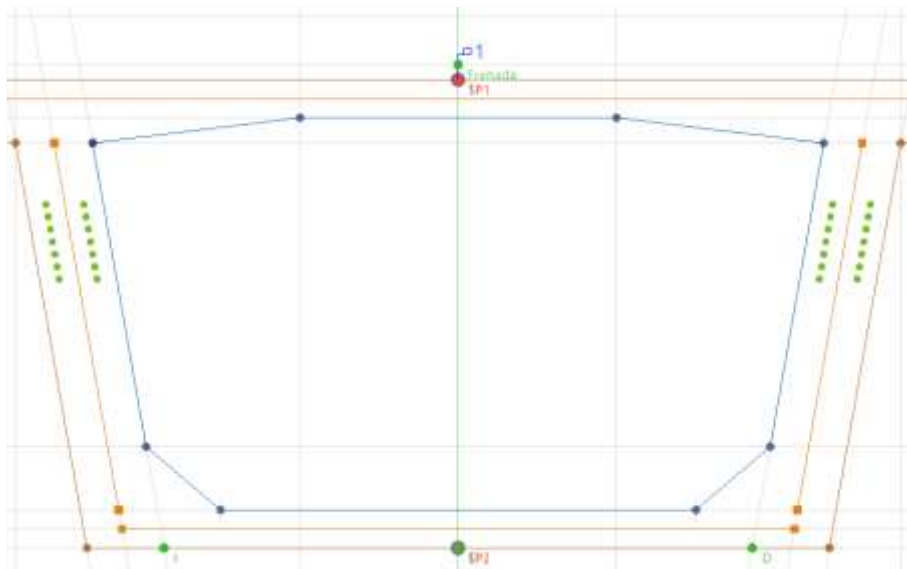
Tabla 5-6. Casos de carga (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
LOADTEMP	Temperatura unifor...	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
LOADTEMP	Temperatura unifor...	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
LOADTEMP	Gradiente lineal de...	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
LOADTEMP	Gradiente lineal de...	12/08/2024	80	0	80

5.4 Los esfuerzos de Frenado

Para la carga de frenada también hay que empezar definiendo un punto sobre el que se aplica. Volviendo a abrir la sección transversal del tablero en la pestaña de Estructura en el menú de Geometría y en la pestaña de Sección transversal de la cinta superior de opciones, se selecciona la opción de “Punto de referencia”. Previamente debe definirse una línea desfasada 0.12 metros con respecto a la de la fibra superior de la sección. La intersección de esta línea con la línea vertical mediatriz de la sección será el punto de frenada que se busca.

Ilustración 5-10. Ubicación de los "Property set" (Fuente: Elaboración propia)



De nuevo en la pestaña de Construcciones del menú de Análisis, se crea una nueva fase denominada “Frenada”. Contendrá dos casos de carga, correspondientes a la frenada en dirección positiva y a la frenada en dirección negativa. Para definir la carga se usan Cargas lineales en dirección longitudinal, ‘LOADQX’. Para el caso de la frenada en dirección positiva, las propiedades quedarán:

Ilustración 5-11. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)

Propiedades		
General		
Nombre	LOADQX	
Info	Carga lineal en dirección	
Descripción	Frenada X pos	
Número de...	0	
Saltar	☐	
Definición de tiempo		
Tipo de tiempo		
Día de referencia		
Día de inicio	☒ Final	
Fecha de inicio		
Duración		
Fecha de finalizac		
Argumentos		
upload		
q	6.080	[kN/m]
qe		[kN/m]
qm		[kN/m]
pos	Frenada	
exb		[m]
exe		[m]
qfact		

Siendo el argumento “q” el valor calculado para la carga de frenada y “pos” el lugar donde se ha ubicado anteriormente el punto de intersección.

La unidad estructural asignada será igual que en el caso de la temperatura:

Tabla 5-7. Elementos estructurales (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento estr	Inicio	Finalizar	Unidad estruc
Elemento	Tablero	-	-	1

Para la frenada en dirección negativa solo cambiará el valor del argumento “q”, que será el mismo pero negativo.

Una vez definidos ambos casos, la tabla de casos de cargas será:

Tabla 5-8. Casos de carga (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
LOADQX	Frenada X pos	12/08/2024	80	0	80
LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
LOADQX	Frenada X neg	12/08/2024	80	0	80

5.5 La acción eólica - Viento

Se crea una nueva fase llamada “Viento” y a continuación los casos de carga. Para la carga de viento habrá cuatro casos de carga, que distinguirán el sentido del mismo y la existencia o no de tráfico.

Para el caso en el cual si hay tráfico, se comienza definiendo un punto de intersección de forma análoga al de la carga de frenada, ubicado en esta ocasión a la altura de un metro.

Se crea un ‘LOADCASE’ para cada uno de los casos anteriormente descritos. Se describirá a continuación el caso de carga “Viento con tráfico pos”. Para introducir las cargas de viento se utiliza la opción de carga repartida en dirección z, ‘LOADPAZ’.

En primer lugar, se define el viento sobre la estructura, es decir, el tablero, cuyas propiedades serán:

Ilustración 5-12. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)



Siendo el argumento “q” la carga de viento calculada.

A continuación se define la carga sobre el equipamiento, es decir, el muro.

Ilustración 5-13. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)

Propiedades	
General	
Nombre	LOADPAZ
Info	Carga de presión en la di
Descripción	Viento sobre el equipam
Número de subtareas	0
Saltar	☐
Definición de tiempo	
Tipo de tiempo	
Día de referencia	
Día de inicio	☒ Final
Fecha de inicio	
Duración	
Fecha de finalización	
Argumentos	
upload	2
q	2.11 [kN/m²]
qe	[kN/m²]
qm	[kN/m²]
pos	[m]
leff	[m]

Siendo el argumento “upload” el elemento estructural sobre el que se define.

Por último, se define el viento sobre el tráfico.

Ilustración 5-14. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)

Propiedades	
General	
Nombre	LOADPAZ
Info	Carga de presión en la di
Descripción	Viento sobre el trafico
Número de subtareas	0
Saltar	☐
Definición de tiempo	
Tipo de tiempo	
Día de referencia	
Día de inicio	☒ Final
Fecha de inicio	
Duración	
Fecha de finalización	
Argumentos	
upload	2
q	2.11 [kN/m²]
qe	[kN/m²]
qm	[kN/m²]
pos	Trafico
leff	2.000 [m]

Siendo el argumento “pos” el punto anteriormente definido y “leff” la altura media de los vehículos que circulan.

Para las tres cargas definidas se define como elemento el Tablero completo.

Tabla 5-9. Elementos estructurales (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Elemento estr	Inicio	Finalizar	Unidad estruc
Elemento	Tablero	-	-	-

De esta forma, queda totalmente definido el viento con tráfico positivo. Para definir el viento con tráfico negativo únicamente hay que cambiar los valores del argumento “q” por sus opuestos y tener en cuenta que el argumento “uload” para el viento sobre el equipamiento será 3, correspondiente al muerro derecho.

Para los casos de carga de viento sin tráfico, el proceso será idéntico pero excluyendo la carga sobre el tráfico, quedando de esta forma en cada ‘LOADCASE’ solo dos ‘LOADPAZ’.

La tabla resultante de los casos de carga será:

Tabla 5-10. Casos de carga (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre la estr...	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre el equ...	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre el trafi...	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre la estr...	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre el equ...	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre el trafi...	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre la estr...	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre el equ...	12/08/2024	80	0	80
☒ LOADCASE	Caso de carga	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre la estr...	12/08/2024	80	0	80
☐ LOADPAZ	Viento sobre el equ...	12/08/2024	80	0	80

5.6 Los efectos sísmicos

Para definir las cargas de sismicidad será necesario definir, en primer lugar, los sismos a los que se somete. Para ello, en el menú de Análisis se abre la pestaña de Dinámicas. Haciendo clic derecho en “Modal”, se crea un nuevo evento sísmico basándose en el Eurocódigo. Habrá que crear dos, uno horizontal y otro vertical.

Ilustración 5-15. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Los eventos sísmicos creados son:

Ilustración 5-16. Sismo en dirección horizontal (Fuente: Elaboración propia)

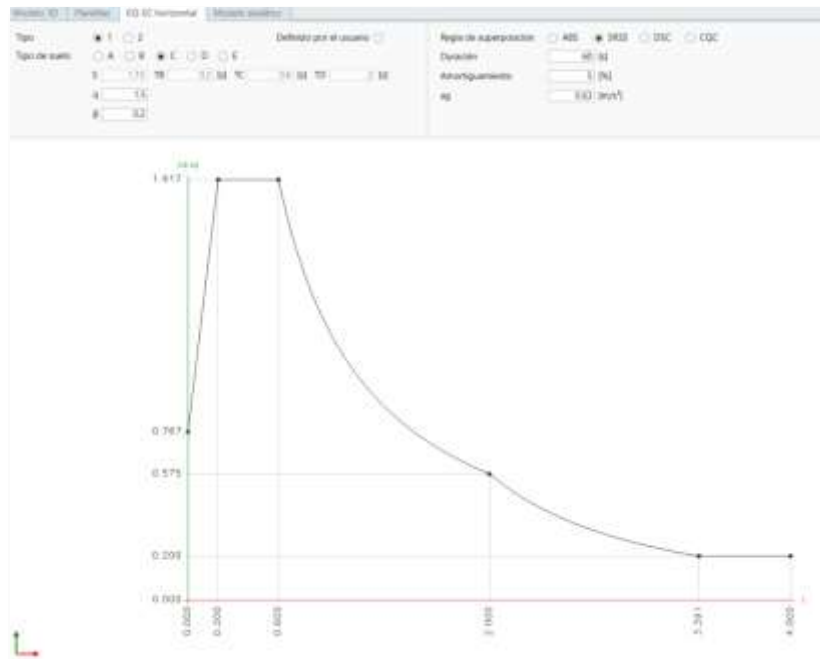
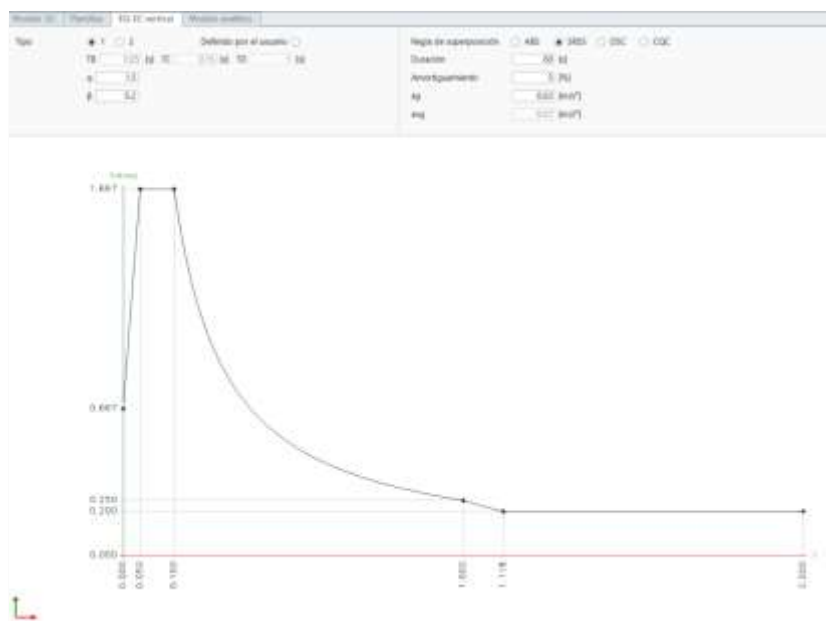


Ilustración 5-17. Sismo en dirección vertical (Fuente: Elaboración propia)

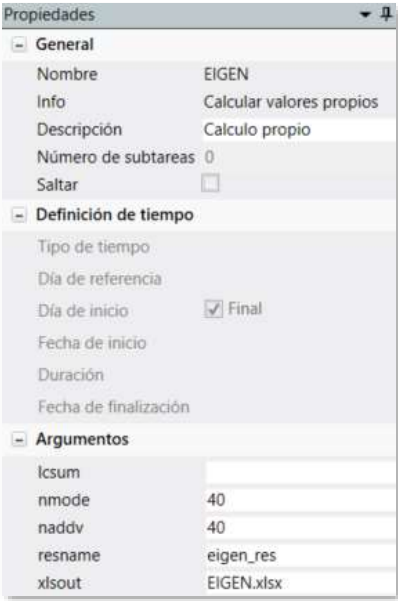


En ambos casos todos los parámetros son modificables y están recogidos en la normativa sismorresistente.

Una vez creados los eventos sísmicos, se vuelve a la pestaña de Construcciones en el menú de Análisis y se crea una nueva fase denominada “Sismicidad”. Dentro de esta fase se definirán distintas tareas.

La primera de ellas se denomina ‘EIGEN’ y la llamaremos cálculo propio. Esta tarea es la encargada de calcular los modos de vibración del puente. Su pestaña de propiedades es la siguiente.

Ilustración 5-18. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)



Propiedades	
General	
Nombre	EIGEN
Info	Calcular valores propios
Descripción	Calculo propio
Número de subtarear	0
Saltar	☐
Definición de tiempo	
Tipo de tiempo	
Día de referencia	
Día de inicio	☒ Final
Fecha de inicio	
Duración	
Fecha de finalización	
Argumentos	
lcsun	
nmode	40
naddv	40
resname	eigen_res
xlsout	EIGEN.xlsx

Donde los argumentos “nmode” indica el número de modos a calcular y “naddv” el número de vectores adicionales que debe calcular para converger si con los anteriormente definidos no es suficiente. “resname” es el nombre que reciben los resultados y “xlsout” el nombre del fichero donde se almacenaran estos resultados.

La siguiente tarea que se define es la tarea ‘EQRESPONSE’, que dará respuesta de la estructuro al sismo. Las propiedades para definir serán las siguientes, poniendo como ejemplo el terremoto en la dirección X.

Ilustración 5-19. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)



Propiedades	
General	
Nombre	EQRESPONSE
Info	Evaluar evento sísmico
Descripción	EC horizontal - X
Número de subtarear	0
Saltar	☐
Definición de tiempo	
Tipo de tiempo	
Día de referencia	
Día de inicio	☒ Final
Fecha de inicio	
Duración	
Fecha de finalización	
Argumentos	
eq	EQ-EC horizontal
vx	1.00
vy	0.00
vz	0.00
resname	eigen_res
env	Resp_Horizontal_X
xlsout	EQRESPONSE.xlsx

Los argumentos no descritos anteriormente son: “eq” que es el nombre del evento sísmico correspondiente creado anteriormente, “vx”, “vy” y “vz” que son las componentes del vector que define

la dirección del terremoto y “env” que es el nombre de la envolvente en la que se almacenarán los resultados.

Las dos tareas restantes serán las correspondientes a la respuesta de la estructura ante sismos en dirección Y y Z. Se definir análogamente prestando especial atención al nombre del evento sísmico y la dirección.

La tabla de tareas quedará como:

Tabla 5-11. Tareas constructivas (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
EIGEN	Calculo propio	12/08/2024	80	0	80
EQRESPONSE	EC horizontal - X	12/08/2024	80	0	80
EQRESPONSE	EC horizontal - Z	12/08/2024	80	0	80
EQRESPONSE	EC vertical - Y	12/08/2024	80	0	80

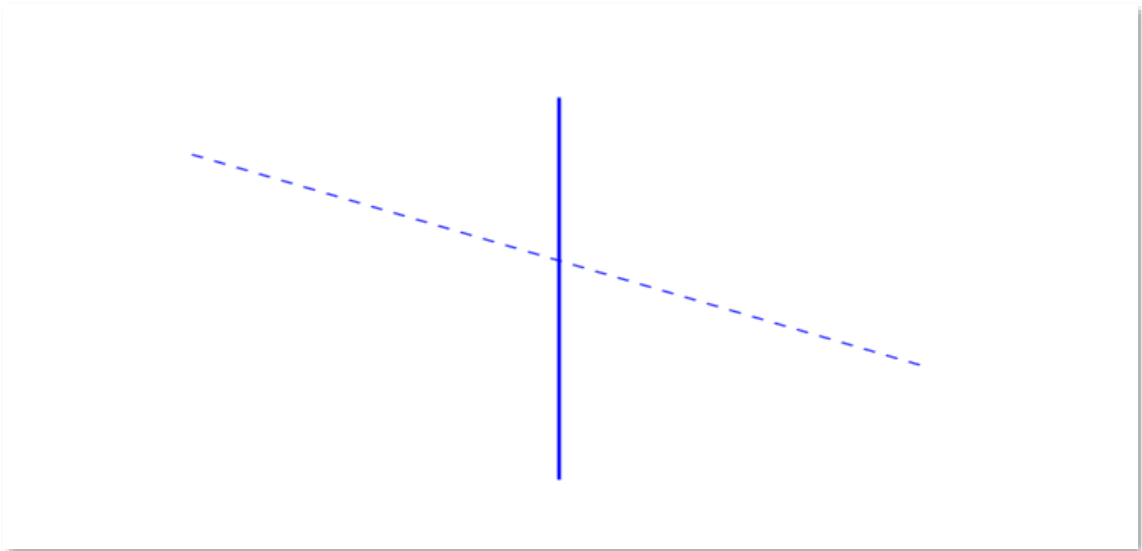
5.7 Las cargas de tráfico

Las cargas de tráfico se definen desde la pestaña de **Cargas de tráfico** del menú de **ANÁLISIS**.

Para ello, lo primero que hay que hacer es crear dos **grupos de carril**, uno desde la izquierda y otro desde la derecha. Esto se hace con clic derecho sobre la opción grupos de carril y seleccionando “Nuevo”. En este instante deberá darse nombre al grupo de carril, siendo estos “CarrilesDesdeIzquierda” y “CarrilesDesdeDerecha”.

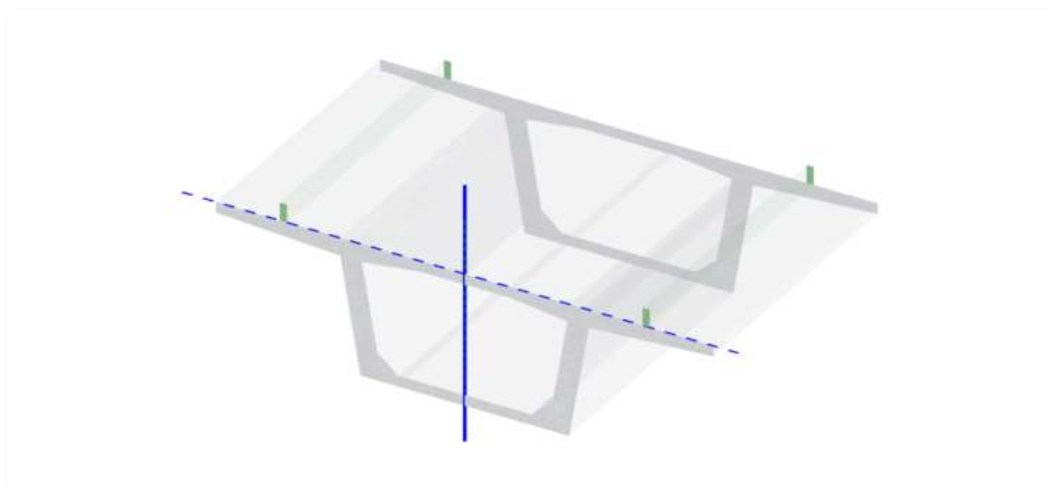
Una vez creado cada grupo, teniendo uno de ellos seleccionado, la pantalla adquiere el siguiente aspecto:

Ilustración 5-20. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



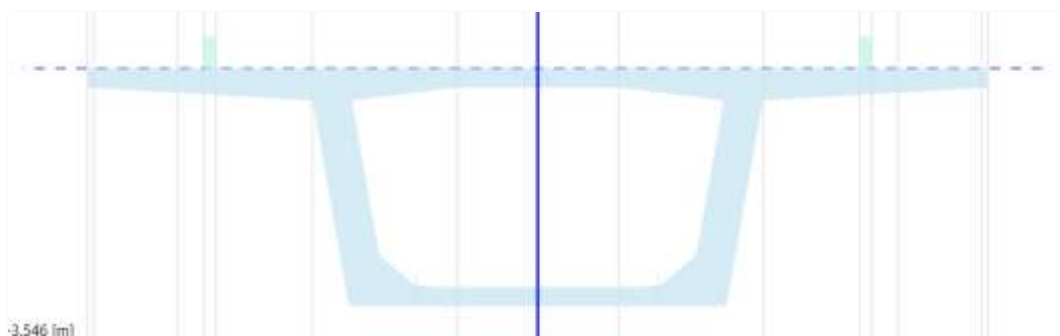
A continuación, como en las fases constructivas, se le debe asignar un elemento estructural a la carga, siendo este el tablero. Se llega a la siguiente forma:

Ilustración 5-21. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



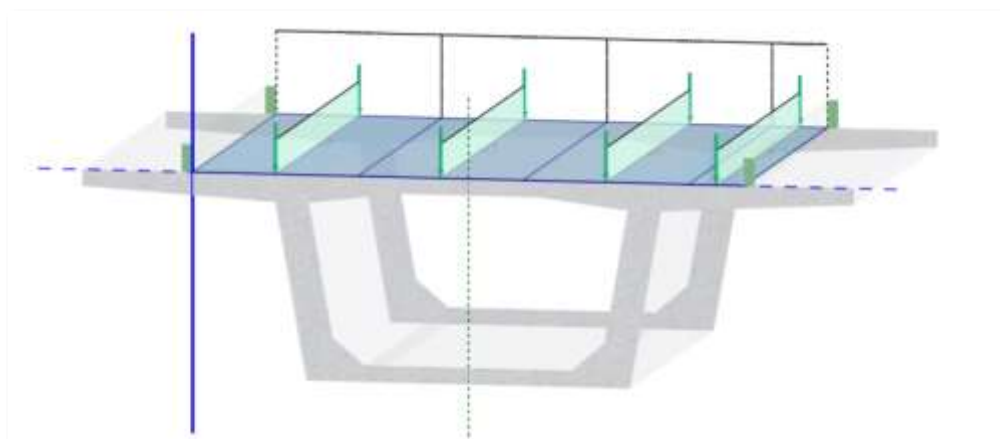
Se utiliza ahora la herramienta “Carriles según normativa”  de la pestaña de Cargas & Comprobaciones de la cinta de opciones y aparece este menú:

Ilustración 5-22. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Se desarrolla en el ejemplo el grupo de carriles desde izquierda, por lo que a continuación se selecciona la primera línea que ejerce de límite de la calzada, que es la que delimita el muro izquierdo, y a continuación la del muro derecho. En ambos casos refiriéndose a la línea que delimita el contorno interior. Se obtiene el siguiente esquema:

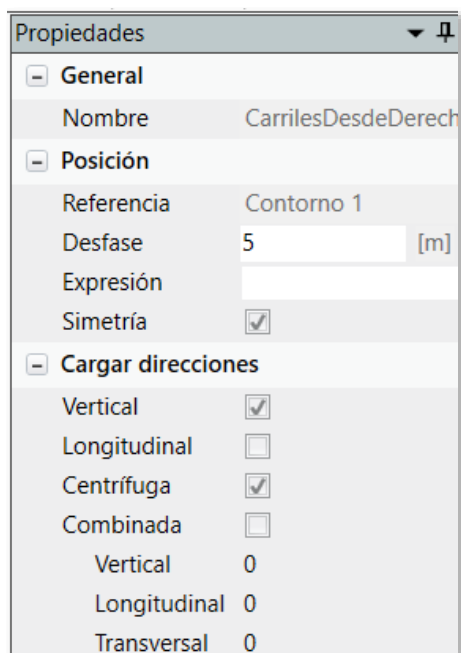
Ilustración 5-23. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Por último, para alinear la posición de los carriles con la capa superior, si esta no coincidiera con el eje

global, se haría clic en la línea azul y se seleccionaría la opción “Contorno de referencia”. Además, en la ventana de propiedades del grupo de carriles deben marcarse las siguientes casillas:

Ilustración 5-24. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)

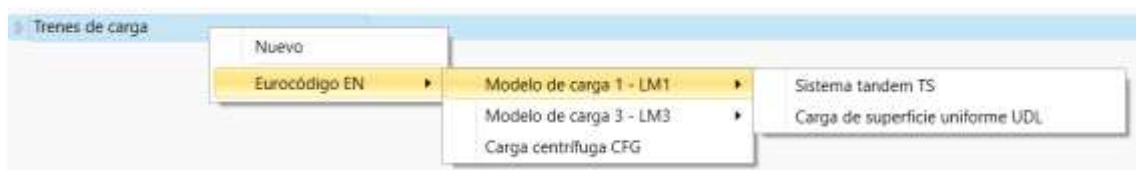


Estas casillas se marcan ya que las cargas verticales se definirán en todos los carriles, pero la centrífuga solo en algunos.

Para los carriles desde la derecha se sigue el mismo proceso, cambiando la primera línea que se selecciona cuando se usa la herramienta anteriormente mencionada.

Ahora es momento de añadir los trenes de carga. Para ello, dentro de la pestaña de Cargas de tráfico del menú de análisis, se hace clic derecho sobre “Trenes de carga” y se selecciona “Eurocódigo EN”, “Modelo de carga 1 – LM1” y luego tanto “Sistema tándem TS” como “Carga de superficie uniforme UDL”.

Ilustración 5-25. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



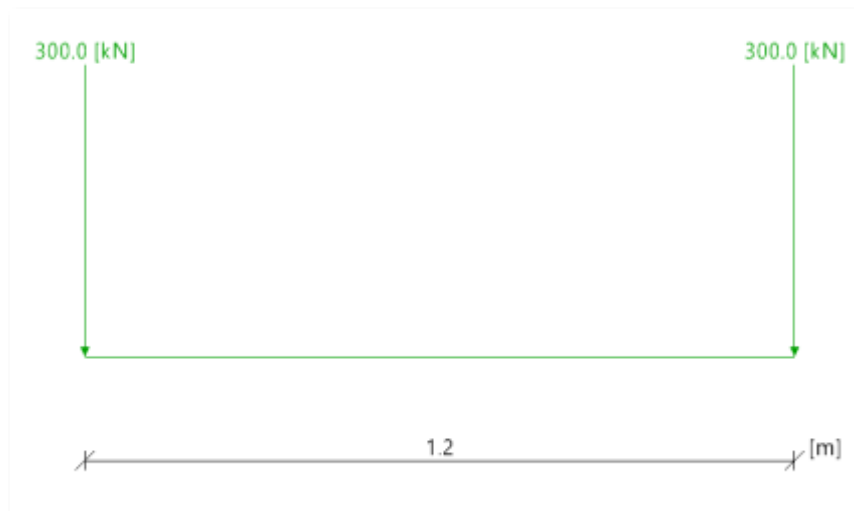
Se crearán los siguientes trenes de carga, sobre los que no habrá que realizar ninguna acción.

Ilustración 5-26. Trenes de carga (Fuente: Elaboración propia)

TS-300
TS-200
TS-100
UDL-9.0
UDL-2.5

TS-300 será el tándem aplicado sobre el carril ficticio 1.

Ilustración 5-27. Representación de trenes de carga (Fuente: Elaboración propia)



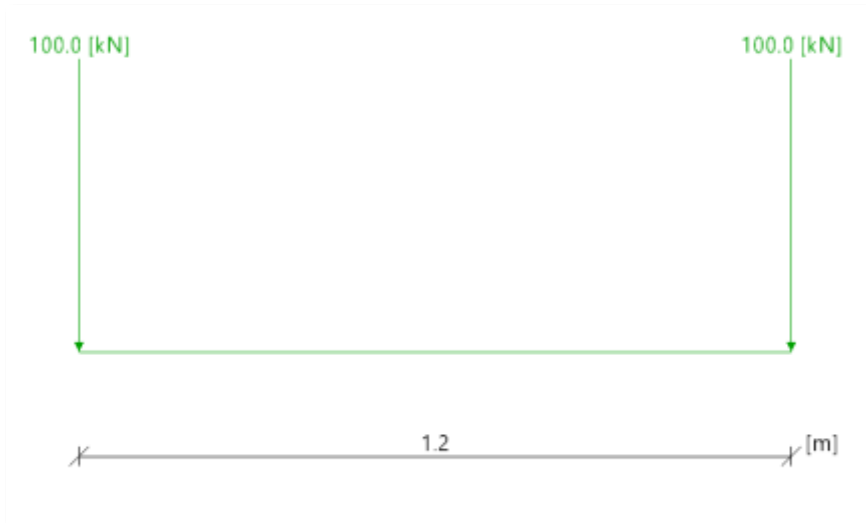
TS-200 será el tándem aplicado sobre el carril ficticio 2.

Ilustración 5-28. Representación de trenes de carga (Fuente: Elaboración propia)



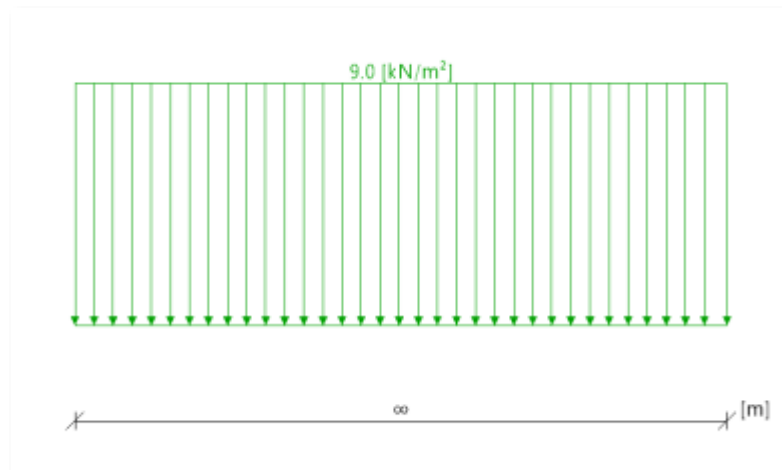
TS-100 será el tándem aplicado sobre el carril ficticio 3.

Ilustración 5-29. Representación de trenes de carga (Fuente: Elaboración propia)



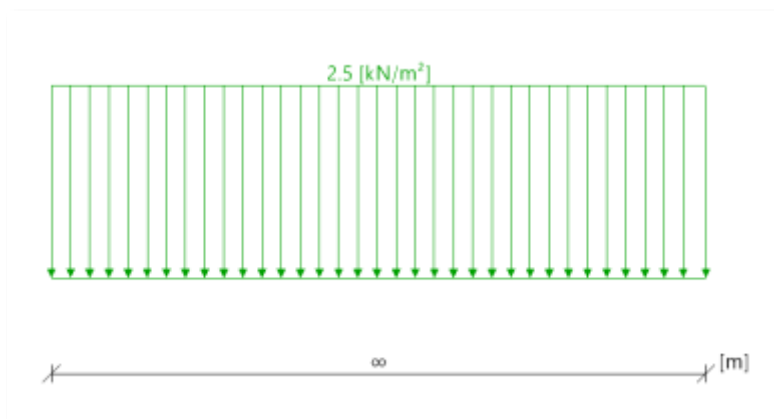
UDL-9.0 se aplicará únicamente al carril 1.

Ilustración 5-30. Representación de trenes de carga (Fuente: Elaboración propia)



Y UDL-2.5 se aplicará al resto de carriles.

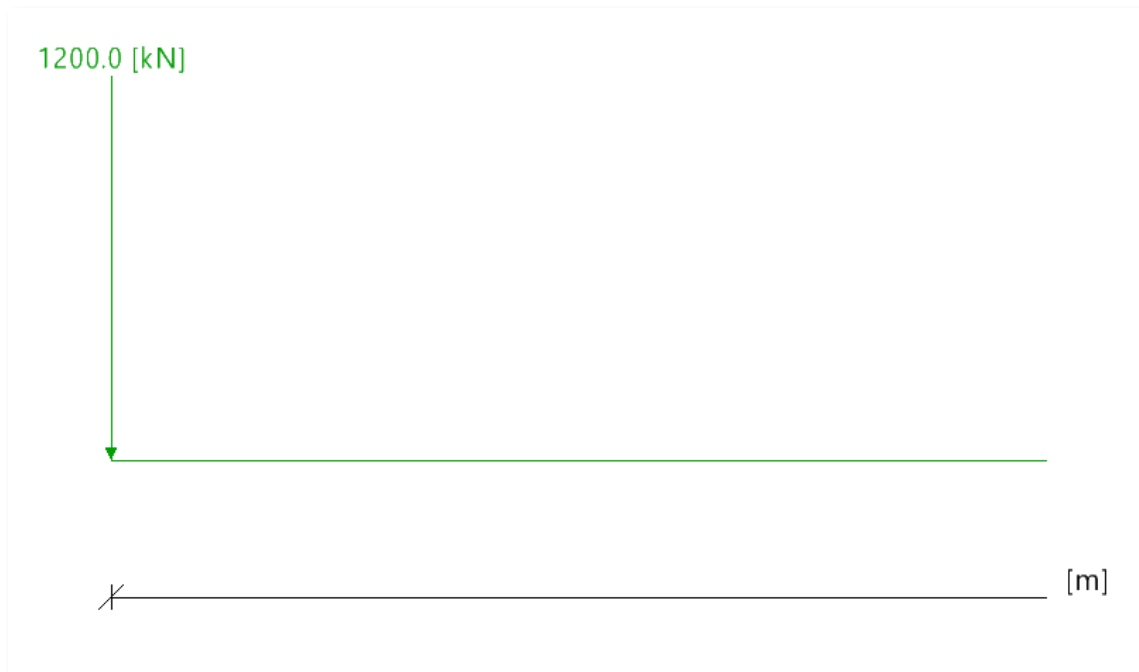
Ilustración 5-31. Representación de trenes de carga (Fuente: Elaboración propia)



Para terminar con las cargas de tráfico, se añadirá la “Carga centrífuga CFG” mostrada anteriormente, a

la que habrá que indicar, en kN, el valor calculado de dicha fuerza.

Ilustración 5-32. Representación de trenes de carga (Fuente: Elaboración propia)



De este modo, quedan definidas ya todas las cargas que actúan sobre la estructura.

6 ENVOLVENTES Y COMBINACIONES

En este capítulo se explicarán los procedimientos a seguir para la creación de envolventes y combinaciones. En ambos casos, se trabajará desde la pestaña de *Construcciones* del menú de *Análisis*, combinando el trabajo con la pestaña de *Superposición* en el caso de las envolventes y la de *Combinaciones* en el caso que recibe el mismo nombre.

Las envolventes que a continuación se crean son el producto de combinar las cargas anteriormente introducidas usando las reglas de superposición del programa.

Una vez tenemos todas las cargas calculadas, necesitamos crear las distintas combinaciones de carga. Para ello comenzamos a ponderar las cargas según el estado en el que estemos, obteniendo una carga correspondiente a cada estado.

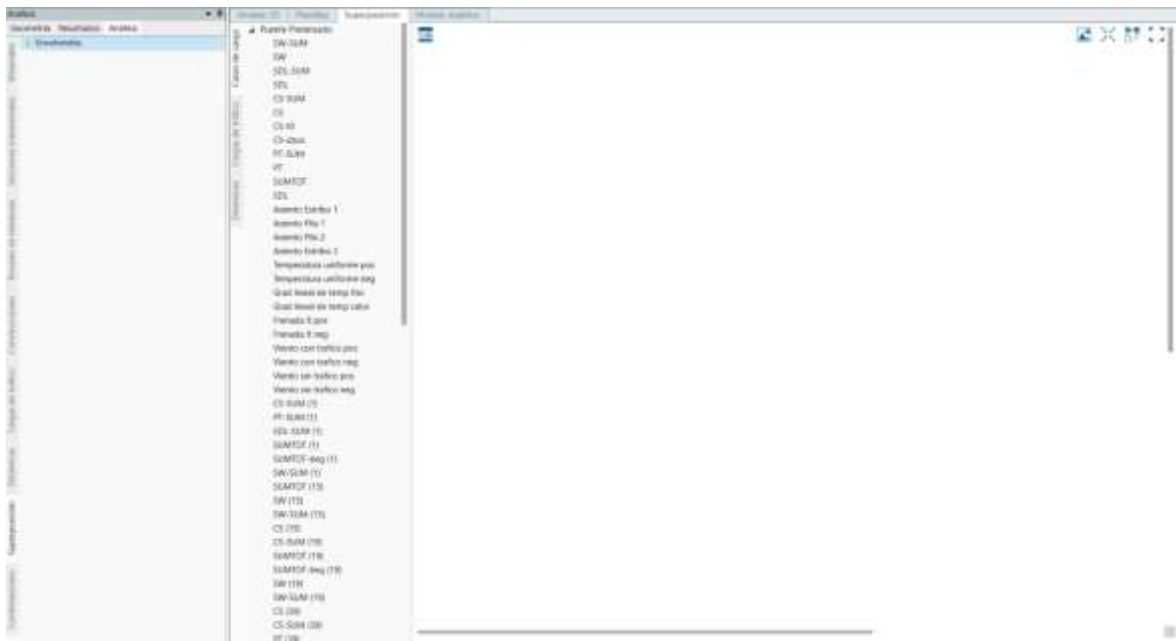
Para la creación de combinaciones trabajaremos dentro del menú de análisis, en la pestaña *Combinaciones*.

6.1 La Superposición

Para *comenzar a crear las envolventes*, se abre la pestaña “*Superposición*” del menú “*ANÁLISIS*”. Haciendo doble clic en “*Envolventes*”, se abrirá una pantalla en blanco y un menú donde aparecen todos los casos de carga, cargas de tráfico y dinámicas que se han creado con anterioridad.

Antes de continuar, es relevante indicar el significado de la notación que hace el programa para las cargas que calcula automáticamente, es decir, todas aquellas que no se han introducido manualmente. Cuando se use **SW**, se refiere a peso propio; **CS**, acciones reológicas; **PT**, pretensado y **SDL**, como ya se indicó anteriormente, cargas muertas. Cuando las siglas anteriores vayan acompañadas de **SUM**, significa que hace un sumatorio de todas las cargas de ese tipo (para este proyecto siempre hay una sola carga, por lo que no variará). Las siglas **SUMTOT** se referirán siempre a la suma de todas las cargas, sin importar su tipología. Por último, cuando haya un **paréntesis** a la derecha del nombre de la carga, este se refiere al día en que se aplica la carga, siendo este el motivo por el que inicialmente se introdujeron las fases constructivas.

Ilustración 6-1. Interfaz de la pestaña de superposiciones (Fuente: Elaboración Propia)



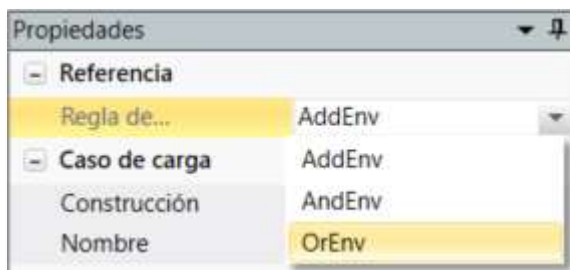
En el presente capítulo se crearán envolventes de todas las cargas que se han introducido manualmente, a excepción de las cargas muertas.

Para introducir los casos de carga tan solo habrá que arrastrarlos del menú a la pantalla. Para crear una **envolvente**, se hará clic derecho sobre la pantalla blanca y seleccionar “*Nueva envolvente*”. Haciendo clic en el caso de carga y deslizando la flecha que emerge, se puede unir con la envolvente creada. De igual forma se puede unir una envolvente a otra que englobe a varias envolventes.

6.1.1 Reglas de superposición

Existen tres tipos de reglas de superposición, o enlaces hablando de su forma esquemática, entre casos de carga y envolventes o envolventes entre sí. El enlace “O” (o *OrEnv*, en amarillo), escoge el caso más desfavorable de entre todos; el enlace “Y” (o *AndEnv*, en negro) suma los casos entre sí siempre que sea desfavorable; y el enlace “Añadir” (o *AddEnv*, en verde) sumas los casos entre sí sean desfavorables o desfavorables. Además, es posible asignar coeficientes de ponderación asociados a cada enlace. Para elegir el enlace que deseamos tan solo hay que hacer clic sobre ellos y determinarlo en el menú de propiedades.

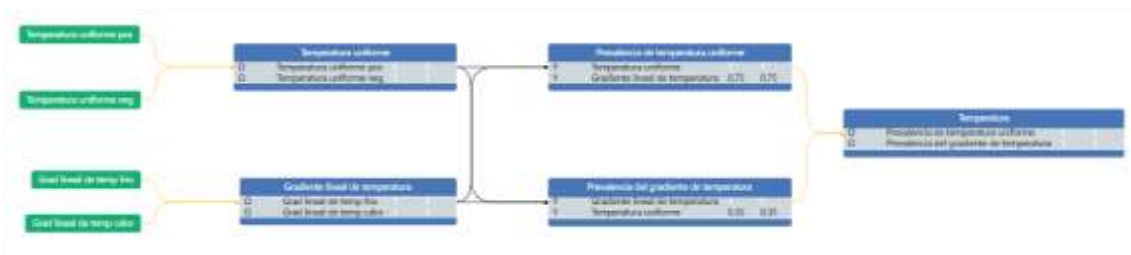
Ilustración 6-2. Selección de tipo de enlace (Fuente: Elaboración Propia)



6.1.2 Superposición de hipótesis de acciones de temperatura

Para superponer la [temperatura](#) se evalúa en primer lugar si es mayor la carga de temperatura uniforme positiva o la negativa por un lado y por otro lado si es mayor la carga del gradiente lineal de temperatura positivo o negativo (enlace “O” en ambos casos). A continuación se combinan de forma ponderada los resultados procedentes de dichas envolventes (enlace “Y”) para posteriormente evaluar cual es el más desfavorable (enlace “O” nuevamente). El diagrama quedaría de la siguiente forma:

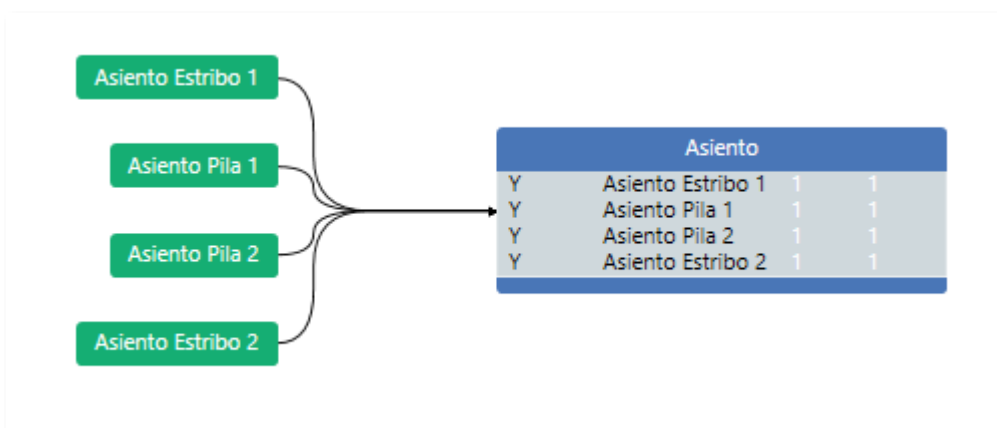
Ilustración 6-3. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



6.1.3 Superposición de hipótesis de asientos.

En el [caso de los asientos](#) la superposición se limita a sumar entre sí las cargas originadas por los cuatro asientos definidos con un enlace “Y”.

Ilustración 6-4. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



6.1.4 Superposición de hipótesis de cargas de viento

Análogamente se superponen los [casos de viento](#) con tráfico, viento sin tráfico y frenada.

Ilustración 6-5. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)

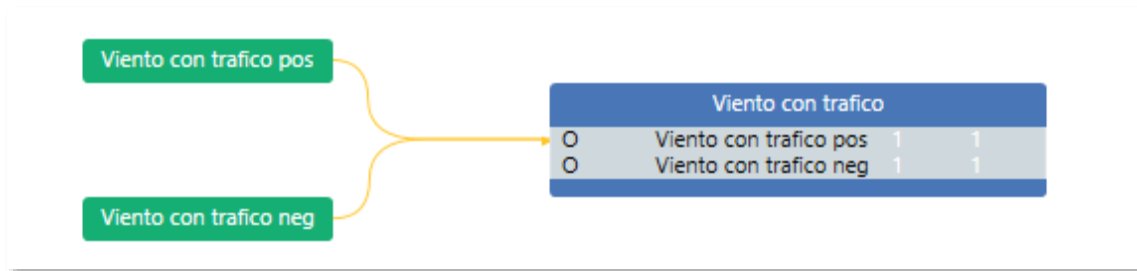
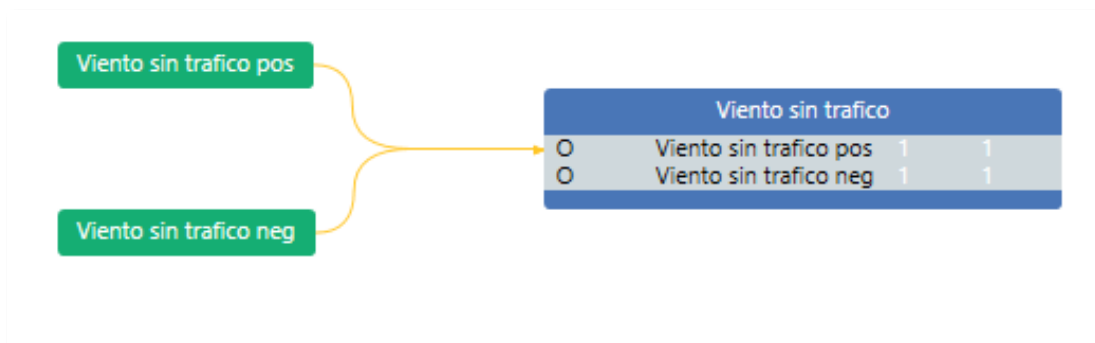
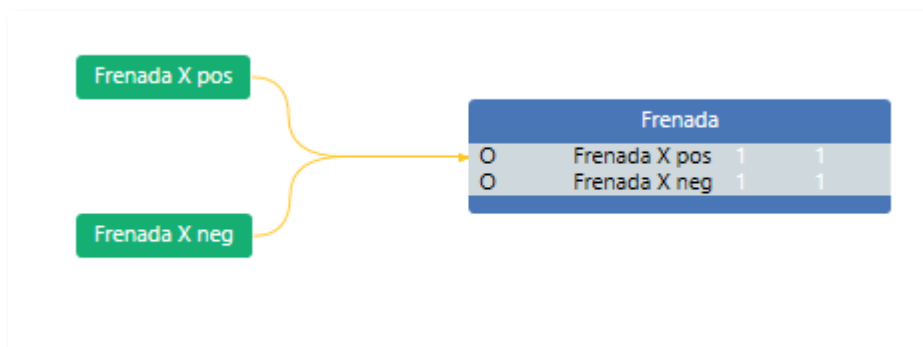


Ilustración 6-6. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



6.1.5 Superposición de hipótesis de carga de frenada

Ilustración 6-7. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



6.1.6 Superposición de cargas de trafico

La superposición de las **cargas de tráfico** es la más compleja.

En primer lugar, se asigna a cada línea de influencia (carril virtual) el tren de carga correspondiente, como se especificó anteriormente. Es necesario repetir esta operación tanto para carriles desde derecha como desde izquierda. (Carril 1 como ejemplo)

Ilustración 6-8. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)

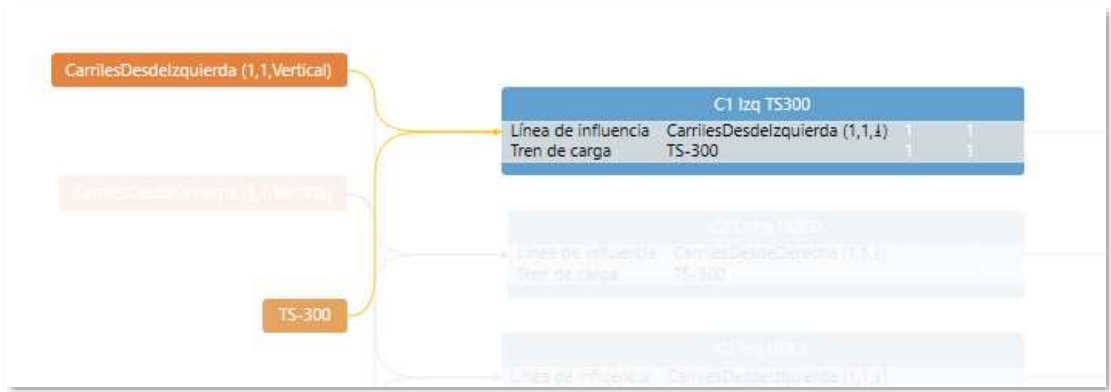
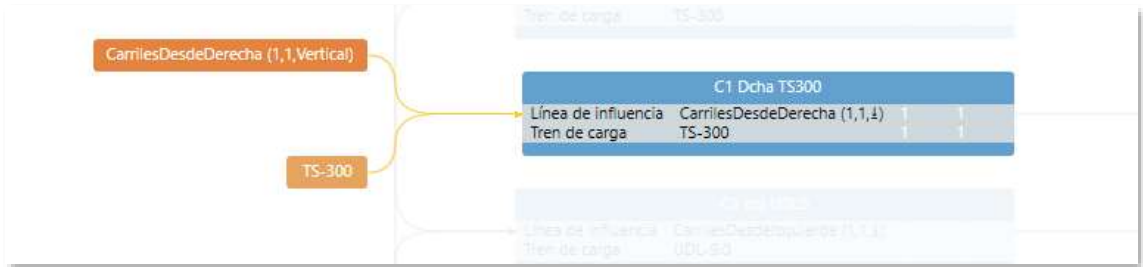


Ilustración 6-9. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



Se lleva a cabo el proceso análogo pero asignando la carga uniformemente repartida.

Ilustración 6-10. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)

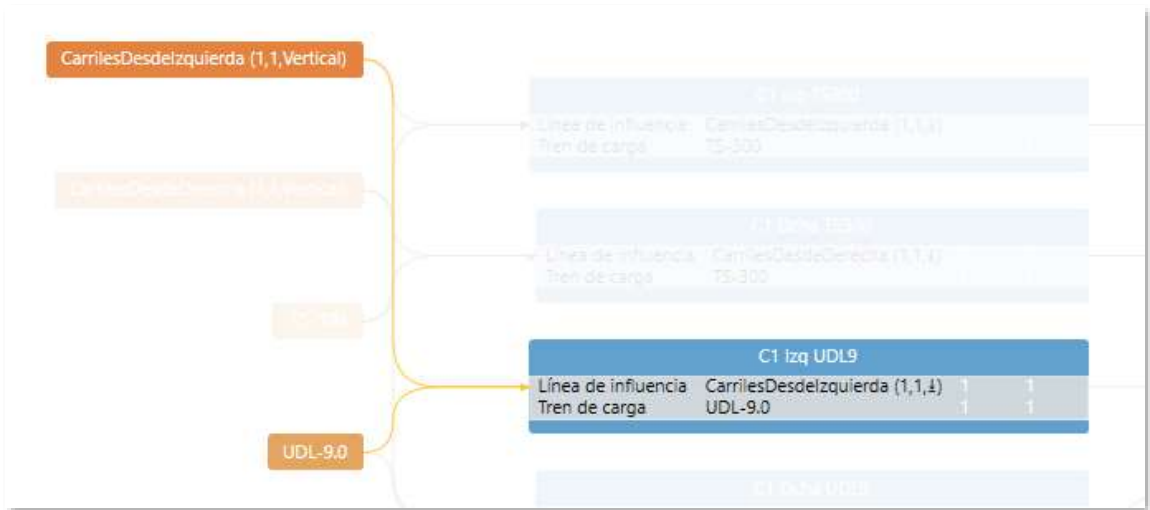
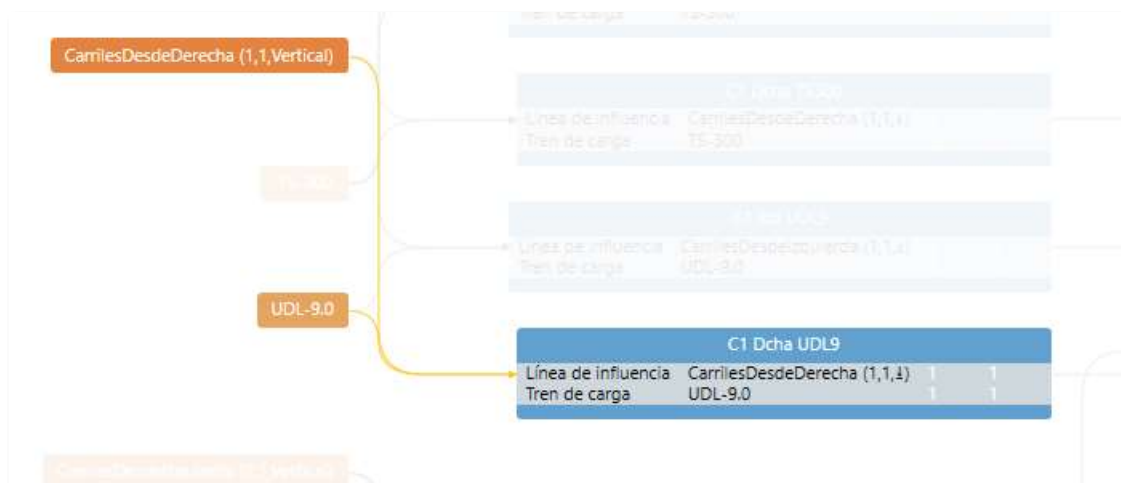


Ilustración 6-11. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



A continuación se crean envolventes que suman con enlaces “Y” los valores obtenidos en los cuatro carriles, distinguiendo ejes tándem de cargas uniformemente repartidas y derecha de izquierda. (derecha como ejemplo)

Ilustración 6-12. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)

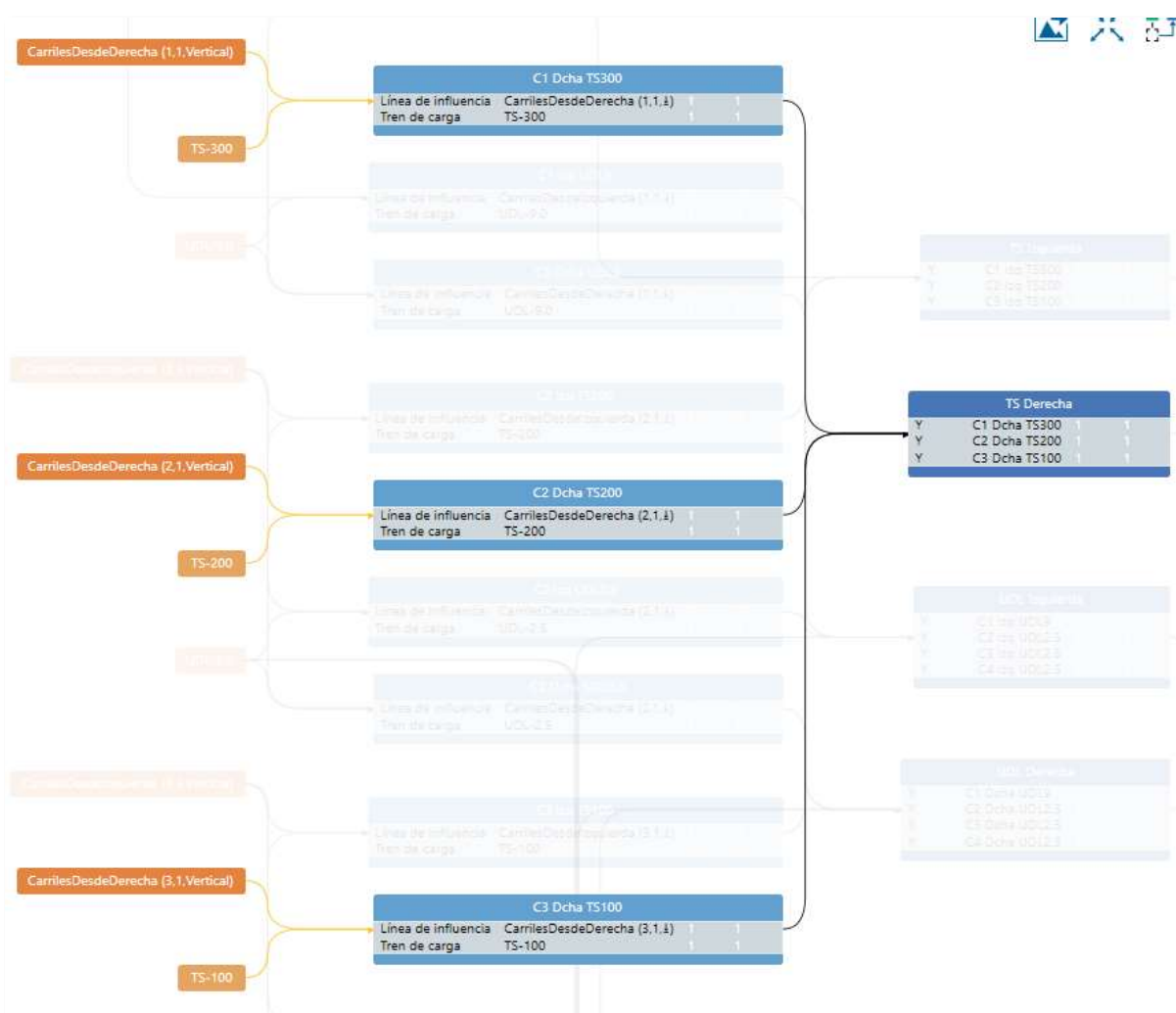


Ilustración 6-13. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



Por último, se crean envolventes que evalúen si es más desfavorable el caso desde derecha o el caso desde izquierda usando enlaces “O”.

Ilustración 6-14. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)

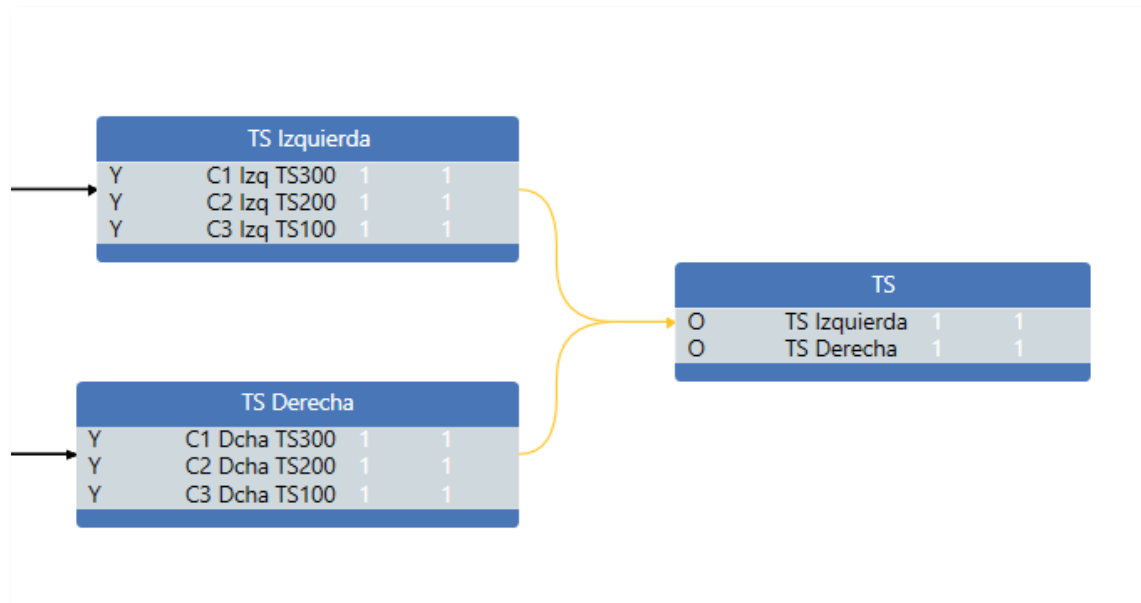
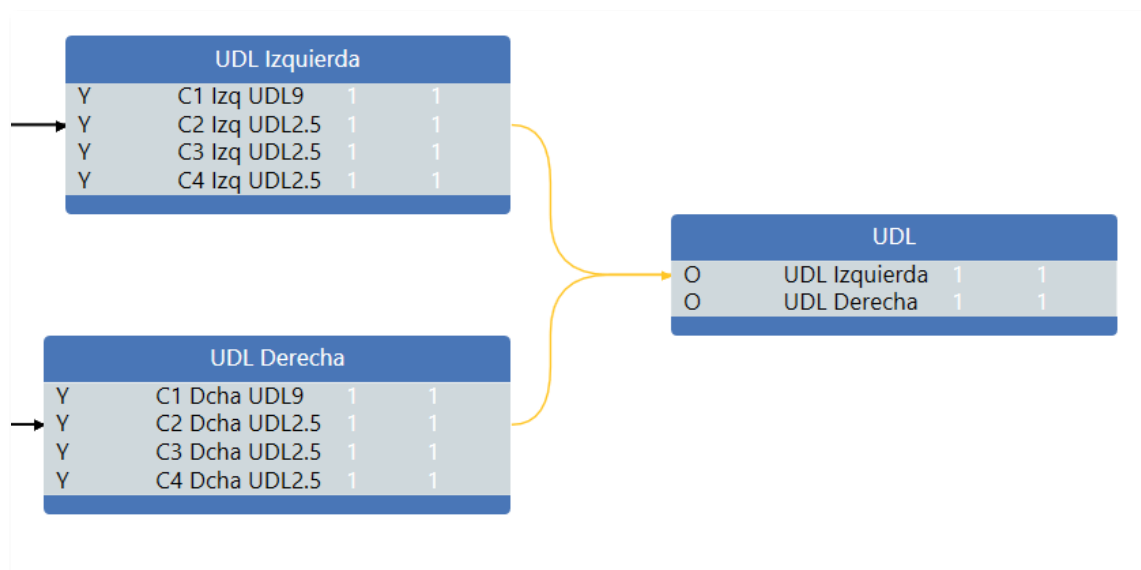
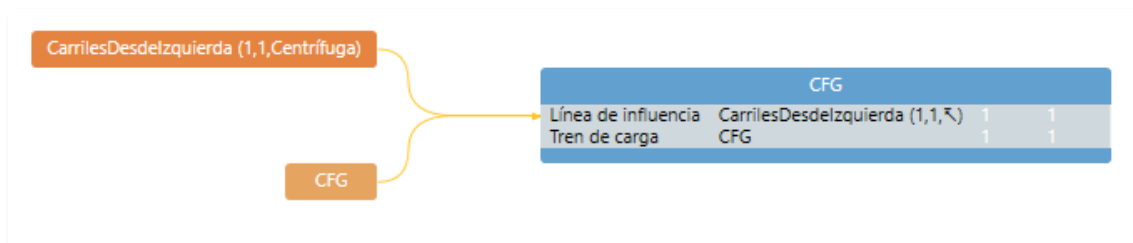


Ilustración 6-15. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



La superposición de las fuerzas centrífugas solo asigna la fuerza centrífuga al carril correspondiente. Al no haber peralte ni curvatura da igual que sea desde derecha o desde izquierda, lo importante es que sea en el carril virtual 1.

Ilustración 6-16. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



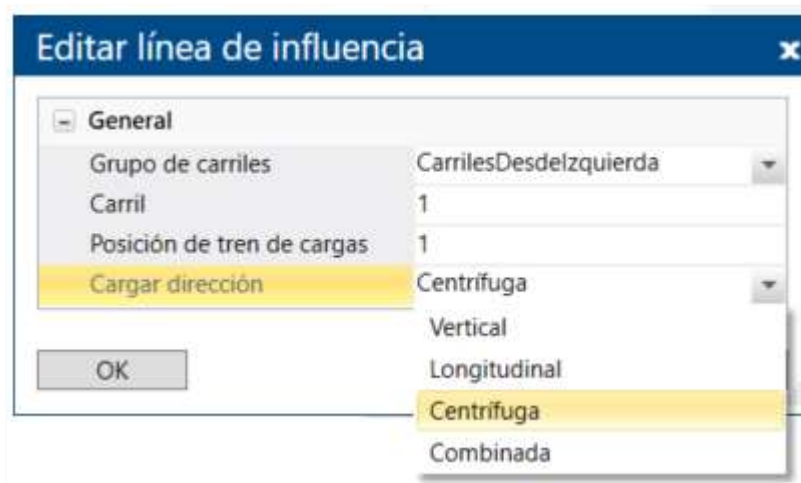
Es importante que el grupo de carriles que se combina con la fuerza centrífuga sea modificado pulsando el siguiente botón:

Ilustración 6-17. Diagramas de superposición (Fuente: Elaboración propia)



Dentro de la ventana de opciones que mostrará habrá que seleccionar “Centrífuga” en “Cargar dirección”, ya que por defecto vendrá marcado “Vertical”.

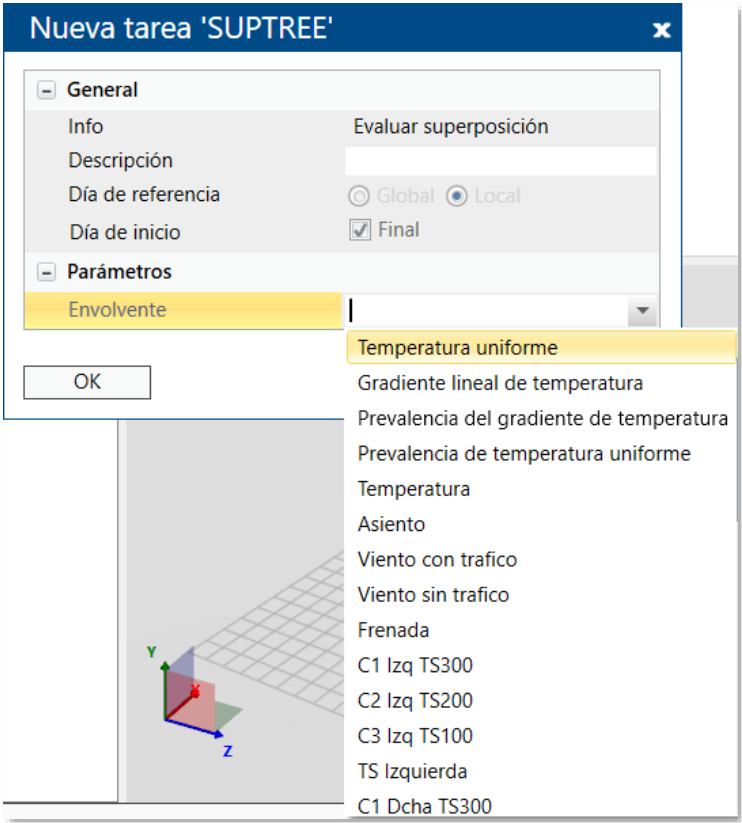
Ilustración 6-18. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



6.1.7 La superposición de las acciones sísmicas

La superposición de las cargas sísmicas consistirá en el cálculo ponderado del máximo terremoto en cada dirección usando enlaces “Añadir” para posteriormente evaluar cuál de las respuestas es más desfavorables.

Ilustración 6-21. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración Propia)



Como se puede observar, este menú permite asociar una de las envolventes anteriormente creada a cada una de las tareas de cálculo que se generen.

Siguiendo las indicaciones anteriores la tabla de las tareas de cálculo queda como a continuación:

Tabla 6-1. Tareas de cálculo (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
SUPTREE	Temperatura	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	Asiento	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	Viento con trafico	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	Viento sin trafico	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	Frenada	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	CFG	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	UDL	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	TS	12/08/2024	80	0	80
SUPTREE	Sismicidad	12/08/2024	80	0	80

6.2 Las Combinaciones

En la ventana en blanco de la pestaña combinaciones, creamos una nueva tabla de combinaciones. Vemos que se forma un nuevo grupo con las combinaciones que admite el programa, grupos de combinación y

Tabla 6-3. Combinaciones (Fuente: Elaboración propia)

			Cargas permanentes				Cargas de pret		Efectos de tierra		Asientos		Nombre
Supuesto de carga/Envolvente			SW-SUM		SDL-SUM		PT-SUM		CS-SUM		Asiento		
Regla de superposición			Add ▾		Add ▾		Add ▾		Add ▾		Add ▾		
Nº	Nombre	Tipo	Desfa	Favor.	Desfa	Favor.	Desfa	Favor.	Desfa	Favor.	Desfa	Favor.	
1	ELS Car	Característica	1	1	1	1	1	1	1	1	1		ELS Car
2	ELS Frec	Frecuente	1	1	1	1	1	1	1	1	1		ELS Frec
3	ELS Cuasi	Casi permanente	1	1	1	1	1	1	1	1	1		ELS Cuasi
4	C4	ELU	1.35	1	1.35	1	1	1	1	1	1.2		C4
5	C5	ELU	1.35	1	1.35	1	1	1	1	1	1.2		C5
6	Accid	Accidental	1	1	1	1	1	1	1	1	1		Accid

Tabla 6-4. Combinaciones continuación (Fuente: Elaboración propia)

			Cargas variables												Nomb		
Supuesto de carga/Envolvente		TS		UDL		Frenada		CFG		Viento con traf		Temperatura		Sismicidad			
Regla de superposición			Add ▾		Add ▾		Add ▾		Add ▾		Add ▾		Add ▾			Add ▾	
Nº	Nomb	Tipo	Desfa	Favor	Desfa	Favor	Desfa	Favor	Desfa	Favor	Desfa	Favor	Desfa	Favor		Desfa	Favor
1	ELS Car	Característica	1	1	1	1					0.6		0.6				
2	ELS Fre	Frecuente	0.75	0.75	0.4	0.4							0.5				
3	ELS Cua	Casi permanente											0.5				
4	C4	ELU	1.35	1.35	1.35	1.35					0.9		0.9				
5	C5	ELU	1.013	1.013	0.54	0.54	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9		0.9				
6	Accid	Accidental											0.5		1	1	

Podemos observar que para el caso del Estado Límite Último, tenemos dos cargas. En el programa vamos imponer que formen un grupo y para el cálculo que utilice la combinación más desfavorable.

Para ello, en la tabla de la izquierda, seleccionamos en un mismo grupo de combinación, las dos combinaciones de ELU.

Tabla 6-5. Grupos de combinaciones (Fuente: Elaboración propia)

Nomb	Grupos				
	1	2	3	4	5
ELS Car					
ELS Frec					
ELS Cuasi					
C4	✓				
C5	✓				
Accid					

Si se desea, se pueden eliminar el resto de columnas de grupos de combinación, ya que no se van a necesitar más.

Como tanto el número de casos de carga como el número de grupos son variables, tenemos que indicar en el programa el número que tenemos de cada uno.

Para ello en el menú “Análisis”, en la pestaña “Construcciones” es donde vamos a ir definiendo todos los cálculos que tiene que ir haciendo.

Creamos una nueva fase dentro de “Puente Pretensado” y la vamos a llamar “Combinaciones”. Para

incluir las combinaciones que hemos creado previamente, en la actionbar, nos vamos a la pestaña “Cargas & Comprobaciones” y seleccionamos “COMBGROUP”. Esta opción será la necesaria para el caso del ELU.

Ilustración 6-23. Actionbar pestaña Construcciones. COMBGROUP (Fuente: Elaboración propia)



Se abre una nueva pestaña y cambiamos la descripción a ELU y seleccionamos el grupo correspondiente a este. En cuanto a la casilla de “Día”, la dejamos vacía; si no hay valor, significa que lo está calculando a tiempo “infinito”, para saber el estado del puente en tiempo infinito. Sino lo haría el primer día y aún no está todo, por lo que podríamos tener un problema.

Ilustración 6-24. Indicaciones del programa (Fuente: Elaboración propia)

A screenshot of a dialog box titled 'Nueva tarea 'COMBGROUP''. It has two main sections: 'General' and 'Argumentos'. In the 'General' section, 'Info' is 'Evaluar grupo de combinaciones', 'Descripción' is 'ELU', 'Día de referencia' has radio buttons for 'Global' and 'Local' (with 'Local' selected), and 'Día de inicio' is 'Final'. In the 'Argumentos' section, 'Envolvente' is set to 'Grupo 1' in a dropdown menu, 'Día' is an empty text field, and 'Eliminar resultados provisionales' is checked. 'OK' and 'Cancelar' buttons are at the bottom.

Cuando pulsamos “OK”, vemos que se añade en la tabla de tareas.

Tabla 6-6. Tareas (Fuente: Elaboración propia)

Combinaciones	Modelo 3D	Plantillas	Modelo analítico			
Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)	
COMBGROUP	ELU	14/07/2024	80	0	80	

Para el resto de las combinaciones de cargas, en la pestaña “Construcciones”, seleccionamos “COMBROW”.

Ilustración 6-25. Actionbar pestaña Construcciones. COMBROW (Fuente: Elaboración propia)



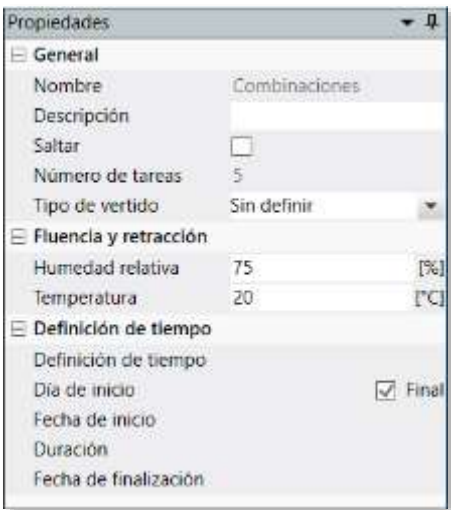
Por ejemplo, para el caso de “ELS Car”, cambiamos la descripción poniendo ese nombre y en la envolvente, en el menú desplegable, seleccionamos la que le corresponda. Para el resto de las combinaciones se realizará de forma análoga.

Ilustración 6-26. Indicaciones del programa (Fuente: Elaboración propia)



Una vez introducidas, en el menú “Análisis”, seleccionamos “Combinaciones” y en el menú de propiedades, seleccionamos que el día de inicio, se corresponda con el día final.

Ilustración 6-27.Menú de propiedades. Combinaciones. (Fuente: Elaboración propia)



Finalmente, la tabla con todas las combinaciones quedará de la siguiente forma:

Tabla 6-7. Tareas. Combinaciones. (Fuente: Elaboración propia)

Combinaciones		Modelo 3D	Plantillas	Modelo analítico		
Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)	
COMBGROUP	ELU	14/07/2024	80	0	80	
COMBROW	ELS Car	14/07/2024	80	0	80	
COMBROW	ELS frec	14/07/2024	80	0	80	
COMBROW	ELS Cuasi	14/07/2024	80	0	80	
COMBROW	Accid	14/07/2024	80	0	80	

Ahora, procedemos a ejecutar el programa para poder obtener la armadura que queremos y lo que puede resistir el puente, según será explicado en los siguientes capítulos.

7 CÁLCULO DE TENSIONES Y ARMADO EN ALLPLAN BRIGDE

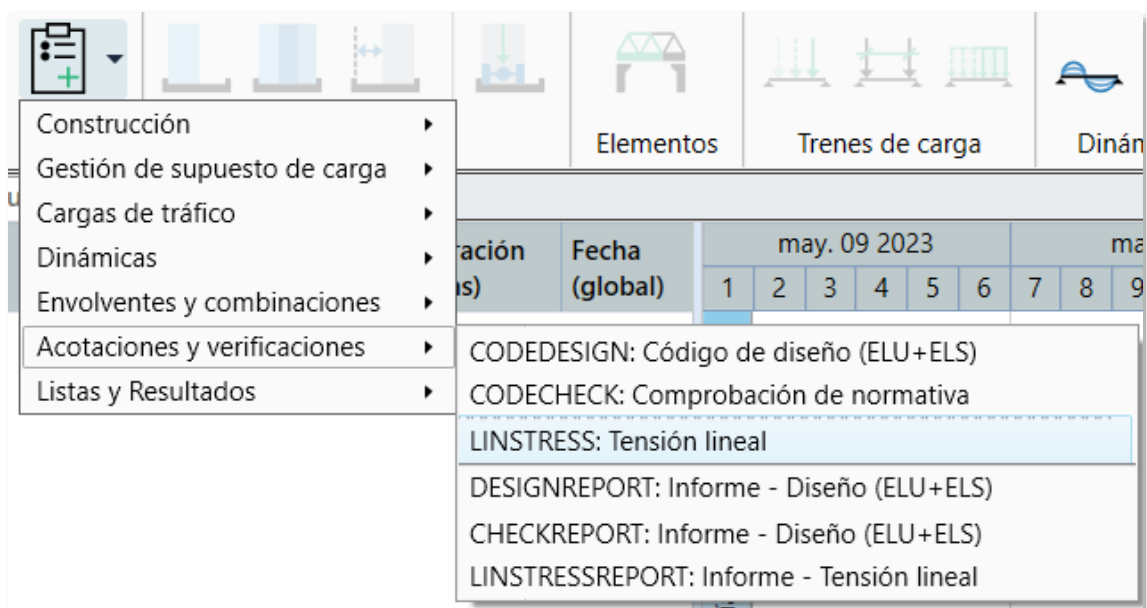
Para los cálculos y comprobaciones necesarios se añadirá una nueva **fase de análisis** en la pestaña de “**Construcciones**” del menú de “**ANÁLISIS**”, la cual se denominará “**Cálculo**”. Al igual que en las fases previas, se configurará de manera que el día de inicio de esta fase sea el día final.

Se emplearán diversas tareas de cálculo, comenzando con el cálculo de tensiones.

7.1 Cálculo de tensiones

Desde la cinta de herramientas superior, se abre la pestaña de “Cargas & Comprobaciones” y se selecciona la tarea “LINSTRESS”

Ilustración 7-1. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



También se puede realizar pulsando directamente el icono



Aparecerá entonces un menú donde podremos dar una descripción al cálculo además de dar nombre al resultado. Es importante tener en cuenta que este nombre deberá transcribirse posteriormente en otros **argumentos**, por lo que debemos dar un nombre sencillo que no de lugar a equivocaciones. El menú del que se habla es:

Ilustración 7-2. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Como se puede observar, también se ha elegido la **envolverte** que se utilizará para realizar el cálculo. Igual que anteriormente, es necesario asignar la unidad estructural a la que corresponde el cálculo. Dado que el ámbito del trabajo se limita al tablero, se arrastra desde el menú de geometría de la misma forma que anteriormente. Este procedimiento se aplicará en todas las tareas de cálculo venideras exclusivamente en el tablero, por lo que de ahora en adelante, aunque no se mencione específicamente, se considerará imprescindible.

El ejemplo presentado corresponde al cálculo de tensiones para el estado límite de servicio característico. A continuación, se realiza el cálculo de tensiones para el estado límite de servicio cuasipermanente, obteniendo la tabla de las tareas de cálculo con el siguiente aspecto.

Tabla 7-1. Tareas de cálculo (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio (global)	Duración (días)	Fecha (global)
LINSTRESS	ELS Car	12/08/2024	80	0	80
LINSTRESS	ELS Frec	12/08/2024	80	0	80
LINSTRESS	ELS Cuasi	12/08/2024	80	0	80
LINSTRESS	ELU	12/08/2024	80	0	80
LINSTRESS	Accidental	12/08/2024	80	0	80

Para que se lleve a cabo el cálculo de tensiones lineales es imprescindible introducir los puntos en los que se realiza. Para ello, desde la pestaña de “**Estructura**” del menú de “**Geometría**” se abre el tablero y se define un “**Property set**” como se ha hecho anteriormente. En este caso, es un “**Property set**” de “Punto de tensión”. Análogamente al caso de los gradientes de temperatura, se definen dos puntos de “**Property set**”, que se ubican también en los mismos puntos que para el gradiente.

7.2 Armado.

7.2.1 Disposición de la armadura

Para la disposición de la armadura, únicamente necesitaremos indicar el diámetro de las barras que se pretendemos colocar. A partir de ahí, el programa calculará automáticamente el área de acero necesaria

en cada sección. En caso de que no fuera posible cumplir la distancia mínima requerida entre barras con el diámetro seleccionado, cuando se realice el cálculo aparecerá un error indicándolo.

Dicho esto, podemos decir que Allplan se trata de un programa de cálculo y no de comprobación, aunque también nos ofrece la posibilidad de comprobar si un armado deseado es válido mientras que calcula cuál es el necesario.

Para ello, tendremos que indicar dónde se va a colocar la armadura, utilizando nuevamente los “[Property set](#)” que se usaron para la definición de algunas de las cargas.

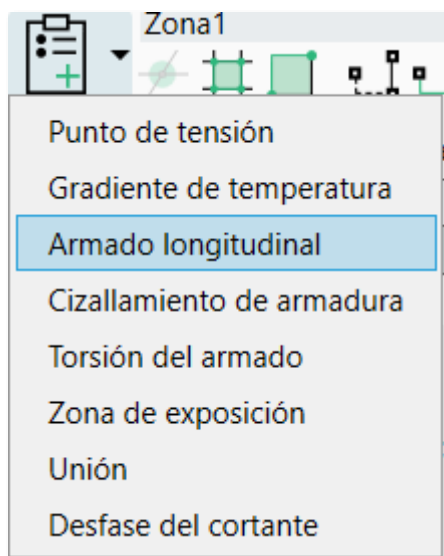
De este modo, se procede abriendo la sección transversal del tablero en la pestaña de “[Estructura](#)” del menú de “[GEOMETRÍA](#)” y se opera desde la pestaña “[Sección transversal](#)” de la cinta superior de herramientas.

7.2.1.1 Armadura longitudinal

Comenzando por el armado longitudinal, se desarrollará a continuación el flujo de trabajo seguido para definir el armado longitudinal inferior.

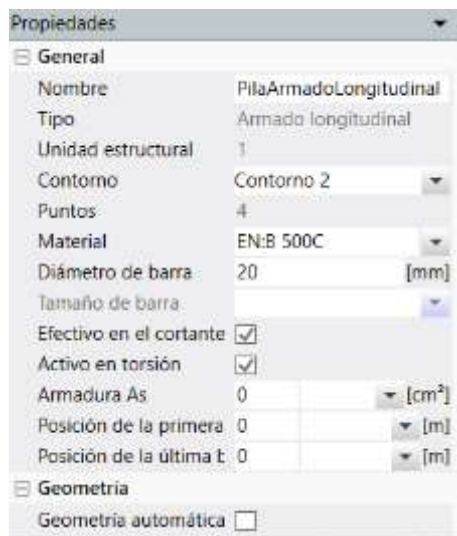
De entre los distintos “Property set” se seleccionará el que hace referencia al armado longitudinal.

Ilustración 7-3. Indicaciones en el programa. Combinaciones (Fuente: Elaboración propia)



Una vez elegido, lo primero que pedirá es elegir la unidad estructural sobre la que se actúa, que será el tablero, en este caso el número 1. Seleccionado el número 1, se abrirá el menú de propiedades del armado longitudinal, sobre el que definiremos los siguientes parámetros.

Ilustración 7-4. Menú de propiedades.(Fuente: Elaboración propia)



Se le da nombre, diámetro de barras que se usará y material. Las dos casillas que quedan marcadas indican que el armado longitudinal se tendrá en cuenta en las comprobaciones de cortante y de torsión, adicionalmente a las armaduras colocadas con dicha finalidad.

Del apartado “General” el parámetro denominado “Armadura como”, es en el que se introduciría la armadura dispuesta que se quiere comparar con la armadura mínima necesaria que calculará el programa. El resto de los argumentos que quedan en blanco no es necesario rellenarlos a excepción del de “Contorno”, que será el que aporte el resto de información necesaria.

Para definir el contorno, queda habilitada una nueva opción en el menú de “Property set” llamada “Contorno/línea de configuración de propiedades” . Haciendo clic en ella, nos permite seleccionar los vértices del contorno que define la ubicación del armado. Esta opción es útil cuando vamos a disponer la armadura en una línea recta.

Dado que disponemos la armadura también en las zonas arqueadas, para mayor exactitud, realizaremos el contorno de la misma forma en la que se elaboró la sección transversal de la pila. Hecho esto, aparecerá en la sección la línea que lo define.

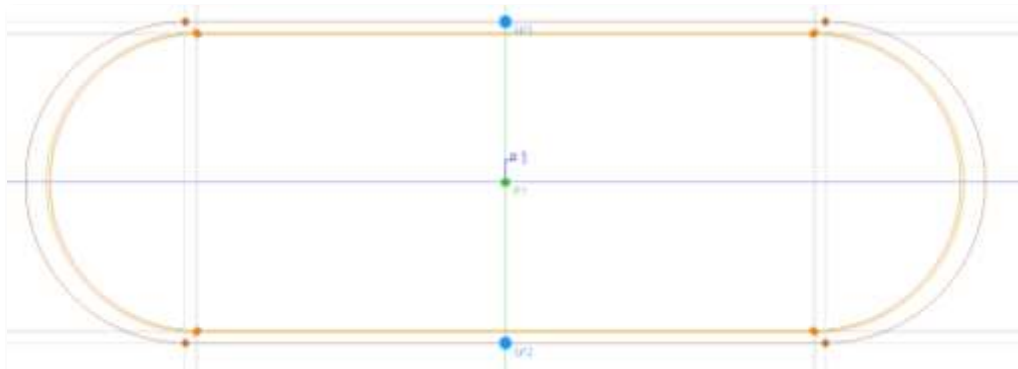
Añadiremos el contorno en la Menú de propiedades para asignarlo con el armado longitudinal

Ilustración 7-5. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Podemos ver el resultado:

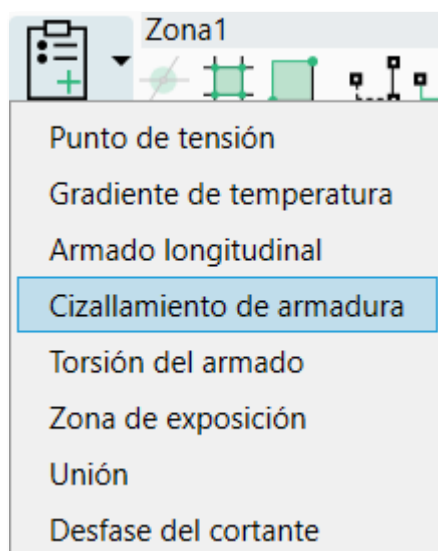
Ilustración 7-6. Sección transversal (Fuente: Elaboración propia)



7.2.1.2 Armadura de cortante

Siguiendo una metodología similar, se selecciona ahora el “[Property set](#)” destinado a la definición del armado a cortante.

Ilustración 7-7. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



De nuevo, lo primero que habrá que hacer es clicar en el número de la unidad estructural a la que pertenece y a continuación se abrirá de forma automática el menú de propiedades del armado a cortante. Completándolo, quedará de la siguiente forma:

Ilustración 7-8. Menú de propiedades (Fuente: Elaboración propia)



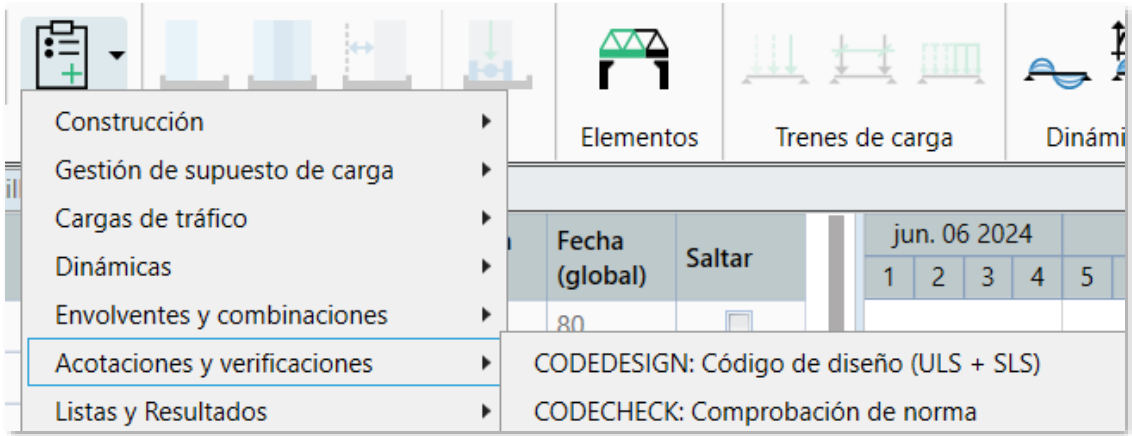
En este caso, se trata de una verificación de la armadura introducida y no del cálculo del área mínima necesaria, por lo que es necesario especificar el número de patillas, el diámetro y el espaciado. El contorno se define de la misma manera que en el caso anterior.

Una vez definida esta armadura, todas las armaduras necesarias quedarán establecidas y se podrá continuar con el flujo de trabajo para el cálculo.

7.2.2 Diseño de armadura

Una vez calculadas las tensiones, se procederá al cálculo de las armaduras mínimas necesarias. Para este propósito, se usará la tarea de cálculo “CODEDESIGN”.

Ilustración 7-9. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Se puede acceder directamente en .

Una vez seleccionado aparecerá un cuadro en el que introducir los argumentos necesarios para el cálculo.

Ilustración 7-10. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



En este cuadro, se describirá la tarea de cálculo, se asignarán las envolventes correspondientes a ELU y los ELS, y se seleccionarán las comprobaciones a realizar, además de introducir datos relativos a la armadura como el ángulo theta. En cuanto al día, es necesario indicar que sea un día antes del día final para evitar futuras advertencias al ordenar el cálculo. Esto se refiere al diseño respecto al tiempo inicial, es decir, una vez finalizada la ejecución de la estructura.

Para un tiempo equivalente al denominado “tiempo infinito”, se procederá de la misma forma, pero en lugar de especificar un día de inicio, este campo se dejará en blanco. En ambos casos el nombre del resultado puede mantenerse igual, siendo el elegido “DiseñoArmado”.

De esta forma, la tabla de tareas de cálculo queda como:

Tabla 7-2. Tareas de cálculo (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio	Duración (días)	Fecha (global)	Salta
LINSTRESS	ELS Car	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	ELS Frec	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	ELS Cuasi	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	ELU	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	Accidental	12/08/2024	80	0	80	
CODEDESIGN	Diseño ELU+ELS t=0	12/08/2024	80	0	80	
CODEDESIGN	Diseño ELU+ELS t=...	12/08/2024	80	0	80	

7.2.3 Comprobación del diseño

Pasamos ahora a comprobar el diseño realizado para corroborar que concuerda con respecto a la normativa.

Para ello se usará la tarea de cálculo “CODECHECK” que se observaba también en la ilustración anterior

y que se encuentra adicionalmente en el icono

Se desplegará un menú muy similar al de “CODEDESIGN”, y se cumplimentará de forma idéntica tanto para tiempo cero como para tiempo infinito. A diferencia del “CODEDESIGN”, EN “CODECHECK” si es necesario dar diferentes nombres al resultado. El menú para tiempo infinito quedaría de la siguiente forma:

Ilustración 7-11. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Una vez agregadas las dos tareas de cálculo, el aspecto de la tabla será:

Tabla 7-3. Tareas de cálculo (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio	Duración (días)	Fecha (global)	Salta
LINSTRESS	ELS Car	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	ELS Frec	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	ELS Cuasi	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	ELU	12/08/2024	80	0	80	
LINSTRESS	Accidental	12/08/2024	80	0	80	
CODEDESIGN	Diseño ELU+ELS t=0	12/08/2024	80	0	80	
CODEDESIGN	Diseño ELU+ELS t=...	12/08/2024	80	0	80	
CODECHECK	Comprobación ELU...	12/08/2024	80	0	80	
CODECHECK	Comprobación ELU...	12/08/2024	80	0	80	

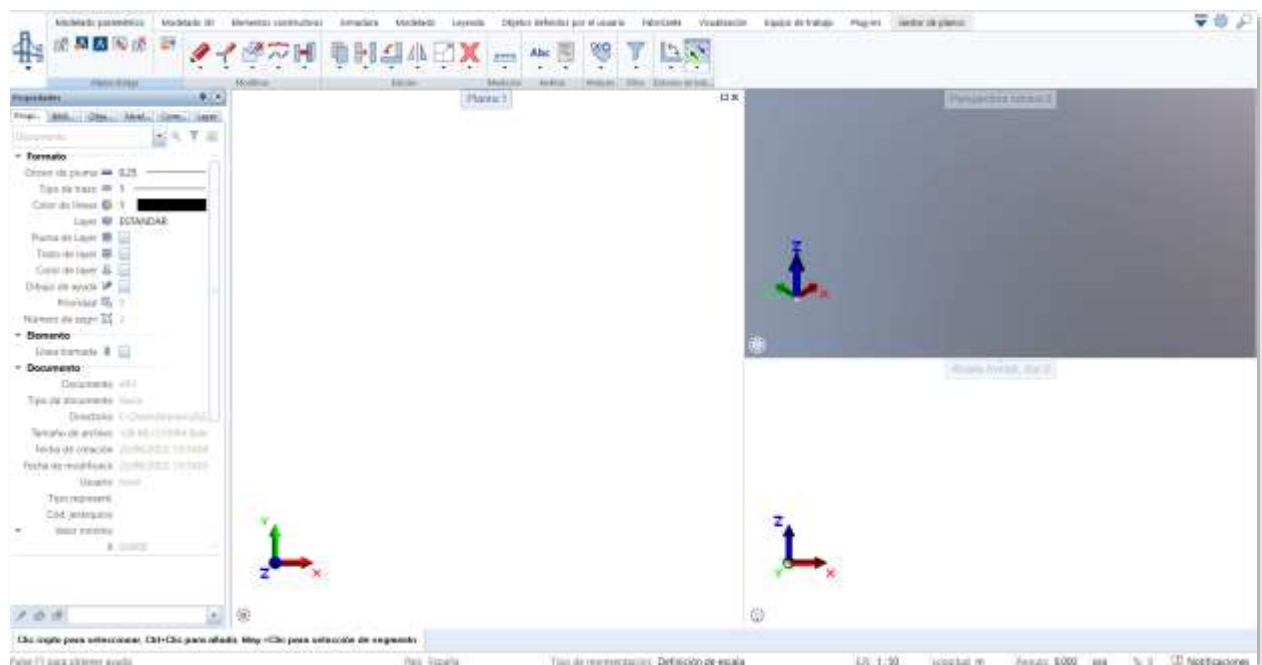
Una vez realizados todos estos pasos, se podrá pulsar el botón de **recalcular activando todas las casillas**, a excepción de la de **saltar estaciones intermedias**, para obtener así un cálculo completo de la estructura. De esta forma, el apartado de cálculo habrá finalizado por completo

8 ARMADO CON ALLPLAN INGENIERÍA

Para insertar la armadura en el modelo tridimensional, se exportará todo lo realizado en **ALLPLAN Bridge** a **ALLPLAN**, programa en el que además, se trazarán los planos. Para ello, será necesario exportar los datos de un módulo a otro mediante el correspondiente flujo de trabajo, que se desarrolla en el apartado 8.1.

La pantalla de inicio del programa se presenta de la siguiente manera:

Ilustración 8-1. Interfaz Allplan (Fuente: Elaboración Propia)



En la sección superior, se ubica la barra de herramientas, desde la cual se pueden seleccionar las diversas funciones disponibles.

Ilustración 8-2. Actionbar (Fuente: Elaboración Propia)



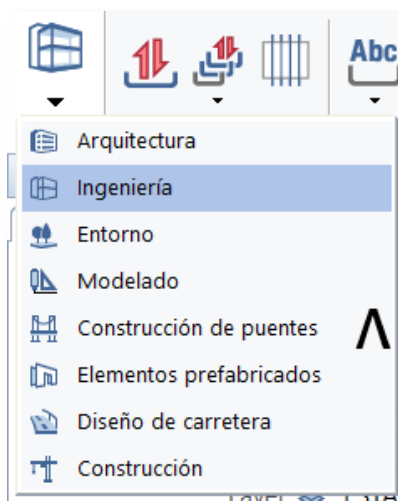
En el lado izquierdo, encontramos el menú de propiedades, que resulta útil a la hora de trabajar con las diversas herramientas.

En el centro, se encuentran las vistas del modelo en uso, las cuales se pueden ajustar para visualizar distintos estilos o perspectivas, así como abrir nuevas ventanas.

Finalmente, en la esquina superior izquierda, se puede seleccionar el módulo con el que se está trabajando. En este caso, se empleará el módulo de “Ingeniería”, desde el cual podremos colocar la armadura. La principal diferencia entre los módulos radica en la barra de herramientas, aunque muchos

de ellos comparten una gran cantidad de funcionalidades.

Ilustración 8-3. Selección de módulo (Fuente: Elaboración Propia)



Una vez completadas las operaciones en Allplan Bridge, se procede a trabajar en Allplan. En esta etapa, se dibujarán las armaduras sobre la sección correspondiente y, a partir de esta, se distribuirán por todo el elemento.

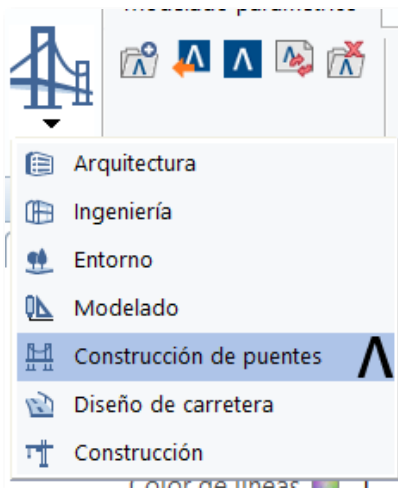
Cabe recalcar, que en Allplan Bridge se hace una diferenciación entre el modelo geométrico (modelo con pilotes y encepado) y modelo analítico (modelo con zapata), es por ello por lo que cuando hacemos la exportación de datos, el modelo que aparece en Allplan es el geométrico.

8.1 Flujo de trabajo

Lo primero que habrá que hacer es abrir el programa Allplan y seleccionar el proyecto sobre el que se está trabajando.

A continuación, se deben importar los datos de Allplan Bridge. Esta operación se lleva a cabo desde el menú de “Construcción de puentes” ubicado arriba a la izquierda:

Ilustración 8-4. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Desde ahí, en la pestaña de “Modelado Paramétrico” seleccionamos la opción de “Importar datos de

Allplan Bridge”, representada por el símbolo . Es necesario aceptar que se sobrescriban los datos e inmediatamente aparece un menú con opciones de la operación. Las casillas deberán marcarse como a continuación, es decir, seleccionando “Archivos de dibujo distintos” siempre que sea posible y “Nuevo archivo de dibujo” cuando no lo sea.

Ilustración 8-5. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)

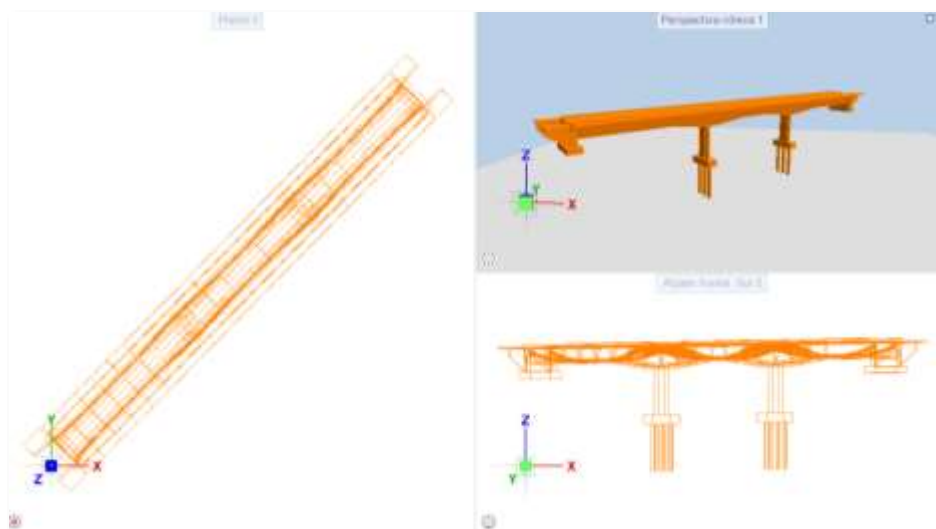
Elementos estructurales:		☐ Archivo de dibujo activo ☐ Nuevo archivo de dibujo ☒ Archivos de dibujo distintos
☒ Construcciones:		☐ Mismo dibujo que los elementos estructurales ☒ Nuevo archivo de dibujo
☒ Ejes:		☐ Mismo dibujo que los elementos estructurales ☒ Nuevo archivo de dibujo
☒ Rutas de extrusión		☐ Mismo dibujo que los elementos estructurales ☒ Nuevo archivo de dibujo
☒ Secciones:		☐ Mismo dibujo que los elementos estructurales ☒ Nuevo archivo de dibujo
☒ Tendones:		☐ Archivo de dibujo activo ☐ Nuevo archivo de dibujo ☒ Archivos de dibujo distintos

Esta selección se realiza de manera para permitir futuras operaciones.

Si por algún motivo el diseño del puente cambiara, no será necesario repetir este proceso de nuevo. Sería suficiente seleccionar la opción “Actualizar datos de Allplan Bridge”, representada por .

Una vez importados los datos de Allplan Bridge, la interfaz tendrá la siguiente apariencia:

Ilustración 8-6 Importación del modelo a ALLPLAN

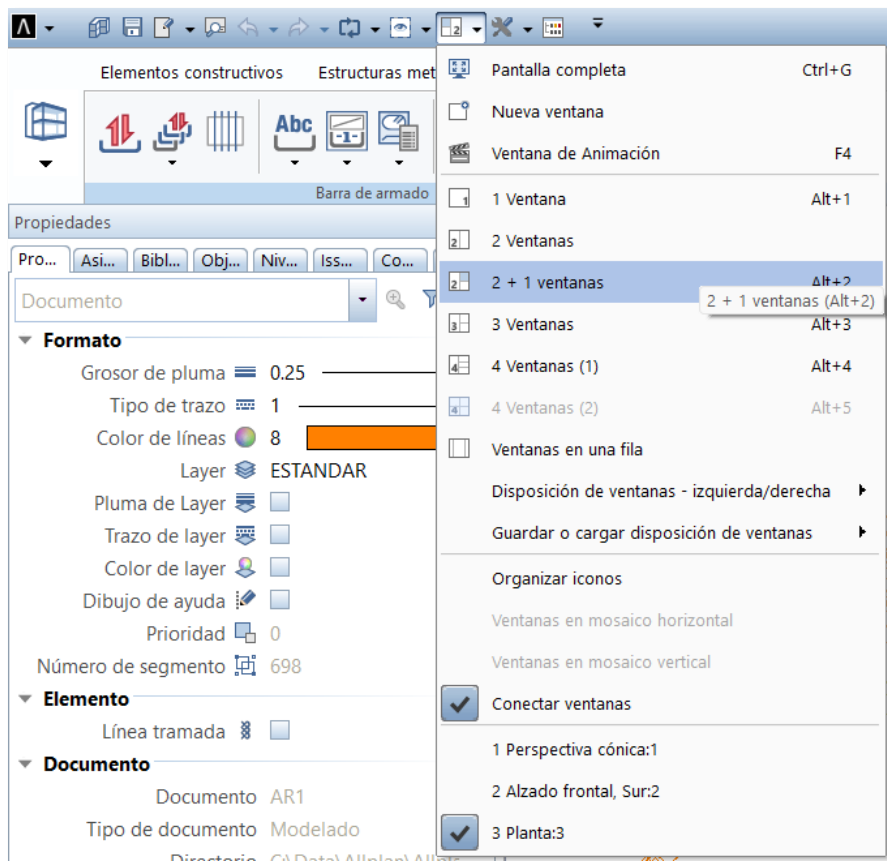


Si las vistas apareciesen en blanco, la solución es hacer doble clic con la rueda del ratón sobre una de ellas.

Hay que tener en cuenta una cosa muy importante y es que en Allplan, para poder disponer la armadura tenemos que trabajar sobre secciones transversales de los elementos (armamos en 2D, en planta). Antes

de empezar, es importante poner la vista “2+1 ventanas” para asegurarnos que la ventana que está abierta es la de la planta.

Ilustración 8-7. Opciones de ventanas (Fuente: Elaboración propia)



Una vez dicho esto, comenzamos el flujo de trabajo para disponer la armadura en las pilas y las zapatas.

8.2 El armado de la pila

En primer lugar, definiremos la geometría de la pila, definida en Allplan Bridge. Tenemos una sección constante rectangular de 1.5 x 0.75 m con arqueos en el lado mayor y de altura 10 metros.

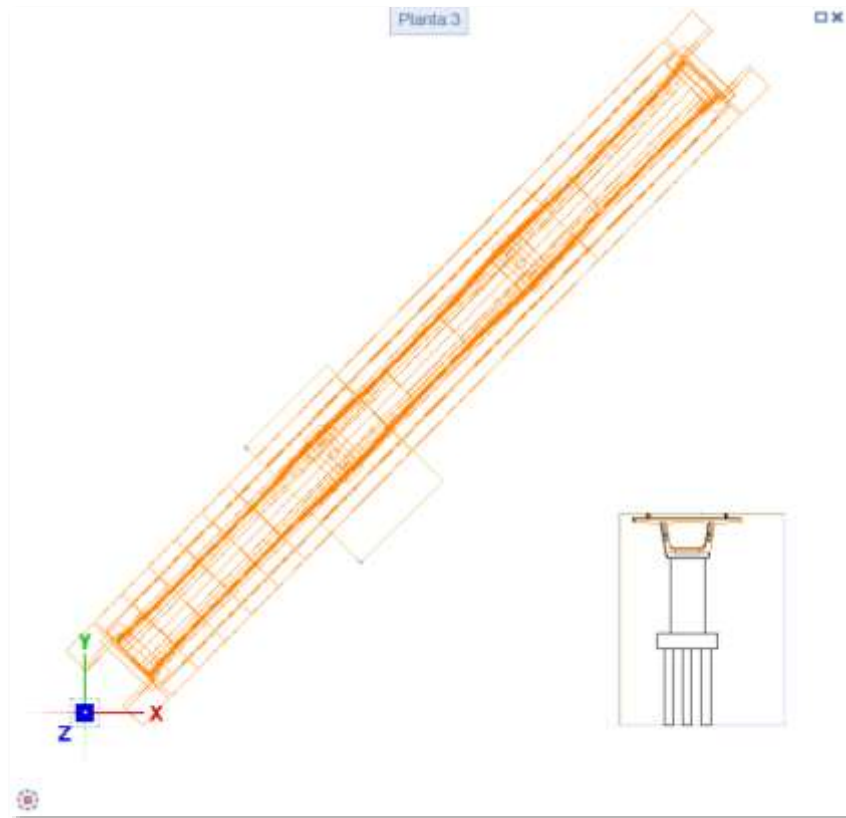
Como se ha comentado anteriormente, necesitamos obtener una sección transversal de la pila para poder comenzar a disponer la armadura.

Para generala, buscamos en el actionbar el apartado de “Vistas y secciones”, y seleccionamos el siguiente

icono.  .

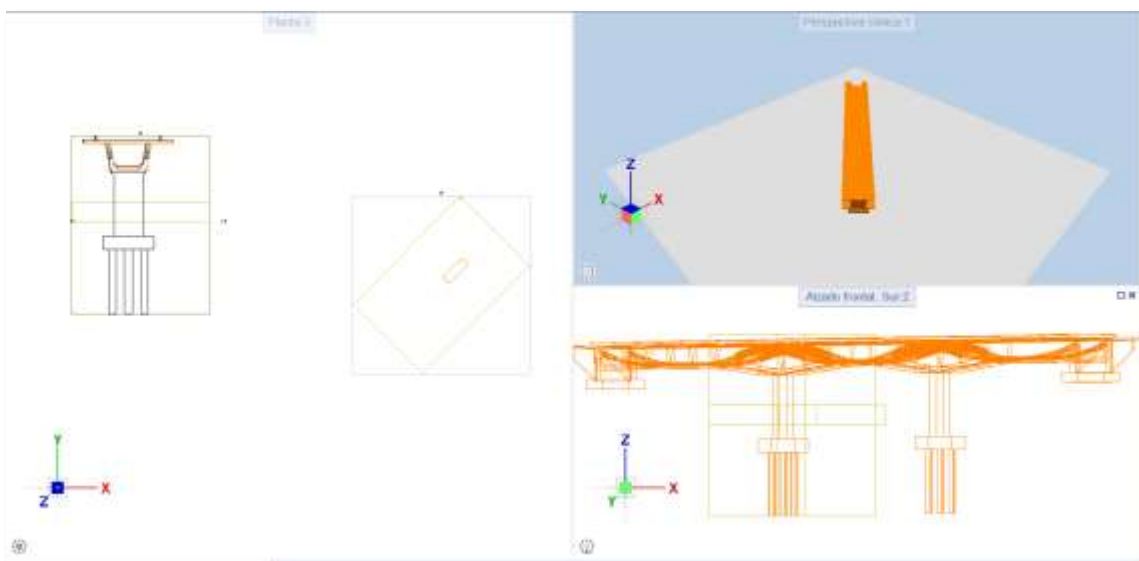
En la ventana “Planta”, hacemos la línea que va a definir la sección 1-1’, que es por donde vamos a cortar el puente. Una vez hecha esa línea, en el teclado pulsamos la tecla “Esc”, y lo que hace aparecer la opción para darle profundidad a la sección, es decir qué queremos que se vea en la sección. Una vez elegido el lado, y definida la profundidad, aparece la sección creada y la colocamos en la posición deseada en la pantalla. Para finalizar con esta sección volvemos a presionar “Esc”.

Ilustración 8-8. Planta Sección 1-1'



Para sacar la sección transversal de la pila (sección 2-2'), tenemos que hacer una sección dentro de la sección creada anteriormente. Para ello, repetimos el proceso anterior con la precaución de que, al empezar a dibujar la sección, tenemos que pulsar primero sobre el borde azul de la sección 1-1'. Una vez hecho esto, se realiza con normalidad, obteniendo finalmente la sección de la pila.

Ilustración 8-9. Secciones 1-1' y 2-2'



Una forma de comprobar que está correctamente hecha la sección, es mirar el “Alzado frontal” para ver por dónde está realizado el corte, representado por líneas amarillas.

Para dibujar la armadura, se continúa trabajando desde la pestaña de “**Armadura**” del menú de “**INGENIERÍA**”.

8.2.1 Área de armadura necesaria

De Allplan Bridge obtenemos cuantías de armadura para cada sección. Dado a que es un trabajo académico y no hay mucha variación entre las secciones, nos quedamos con la más desfavorable

- Armadura transversal: 13.57 cm². Para ello, vamos a distribuirla en cercos de $\varnothing 12$ mm con 4 ramas activas, obteniendo un total de 3 cercos separados cada 15 cm. Dada la forma de la pila, vamos a obtener 3 secciones distintas de cercos.
- Armadura longitudinal: 213.62 cm². Para ello, vamos a distribuirlas en barras de $\varnothing 20$ mm con una separación de 15 cm.

8.2.2 Armadura Transversal-Estribos

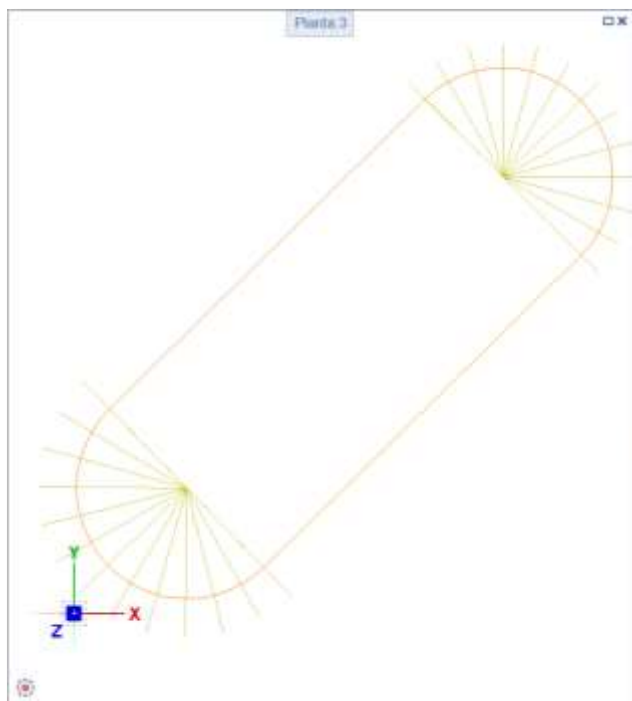
Para una mayor simplicidad, comenzaremos armando por los estribos. Vamos a disponer 3 estribos diferentes, uno rectangular correspondiente a la zona central de la sección, y dos con media circunferencia para disponerlos en las zonas extremas de la pila.

Comenzaremos dibujando los límites del rectángulo, para ello crearemos una línea, seleccionando en la Menú de propiedades la opción de “Dibujo de ayuda”, y veremos como automáticamente se cambia el color de la línea a un tono amarillento. Dibujaremos los límites del rectángulo donde dispondremos el cerco.

Es importante utilizar dibujos de ayuda, ya que aunque estén dibujados en planta, a la hora de elaborar los planos, estas líneas no aparecen.

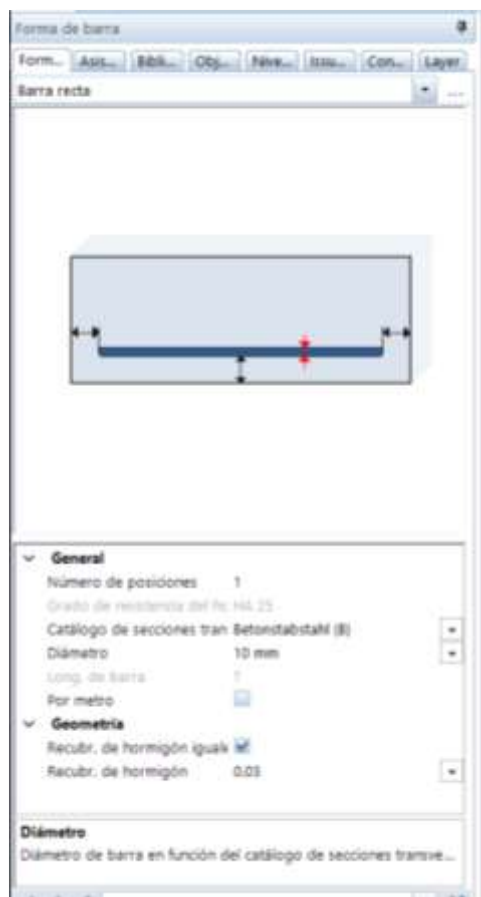
Dado que no podemos usar la opción de estribo circular, en las zonas arqueadas tendremos que definir algunos puntos para el trazado del estribo. Para ello dividiremos la circunferencia a partes iguales.

Ilustración 8-10. Dibujo de ayuda sección 2-2' (Fuente: Elaboración propia)



Ahora podemos comenzar a armar, para ello vamos al comando de forma de barra  ubicado arriba a la izquierda. Una vez lo activamos se abre una nueva paleta donde se pueden ver los distintos tipos de barra que hay en el programa:

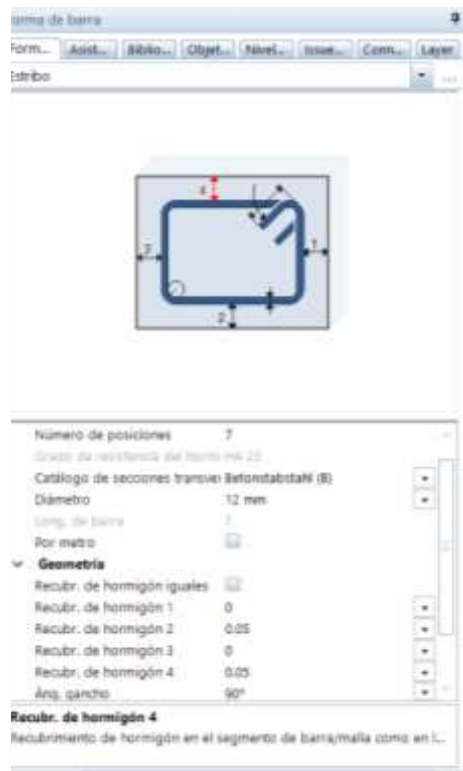
Ilustración 8-11. Paleta de Forma de Barra (Fuente: Elaboración propia)



Vemos las distintas formas de barras que ofrece el programa y la que mejor se ajusta a la forma del estribo central es “Estribo”.

En esta paleta definiremos las propiedades del elemento, en nuestro caso vamos a armar con barras de $\varnothing 12$ mm. En cuanto a los recubrimientos, pondremos únicamente recubrimientos en las zonas superior e inferior, ya que en los laterales queremos que se quede justo en el borde de la zona rectangular. Pondremos recubrimientos de 5 cm

Ilustración 8-12. Propiedades estribo (Fuente: Elaboración propia)



La longitud de gancho se calcula automáticamente usando la normativa actual. Una vez definidas, volvemos a la ventana de la planta y marcamos las cuatro esquinas de nuestro rectángulo. Luego escogemos en qué vértice vamos a tener el gancho. Para finalizar presionamos “Esc”.

En este momento irán saltando distintas pantallas, la primera es la de las etiquetas. Estas, son paramétricas, es decir podemos elegir qué queremos ver en esa etiqueta.

Ilustración 8-13. Paleta de etiquetas. (Fuente: Elaboración propia)



Decidimos marcar únicamente el número de posición, el número de piezas y el diámetro. Esto es configurable y se puede cambiar en cualquier momento.

Una vez lo tengamos, decidimos dónde va, pinchamos y se queda

Ilustración 8-14. Sección transversal pila. Cerco central. (Fuente: Elaboración propia)



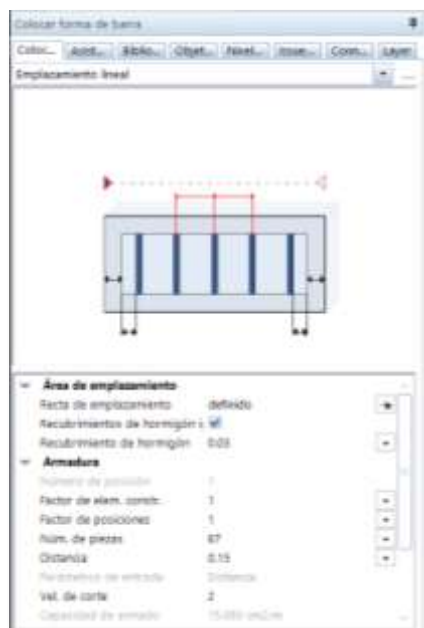
A continuación, salta la siguiente pantalla que sirve para la distribución de los cercos. Hay dos formas:

- Pinchando en la sección 1-1', la longitud por la que se van a distribuir los cercos.
- Hacemos un emplazamiento automático, marcando el siguiente símbolo en la pestaña

emergente: . Automáticamente detecta el elemento en el que está puesto el acero y lo va distribuyendo.

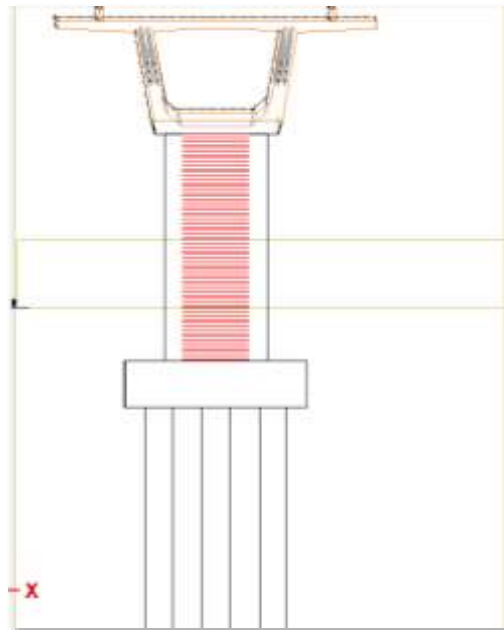
Procedemos con la segunda opción. De esta manera, ahora podemos modificar en la forma en la que están distribuidos los cercos. En nuestro caso, tenemos que disponer cercos cada 15 cm. Una vez introducida esta magnitud, el programa automáticamente calcula el número de piezas a disponer. Una vez lo tengamos pulsamos “Esc”.

Ilustración 8-15. Paleta de emplazamiento. (Fuente: Elaboración propia)



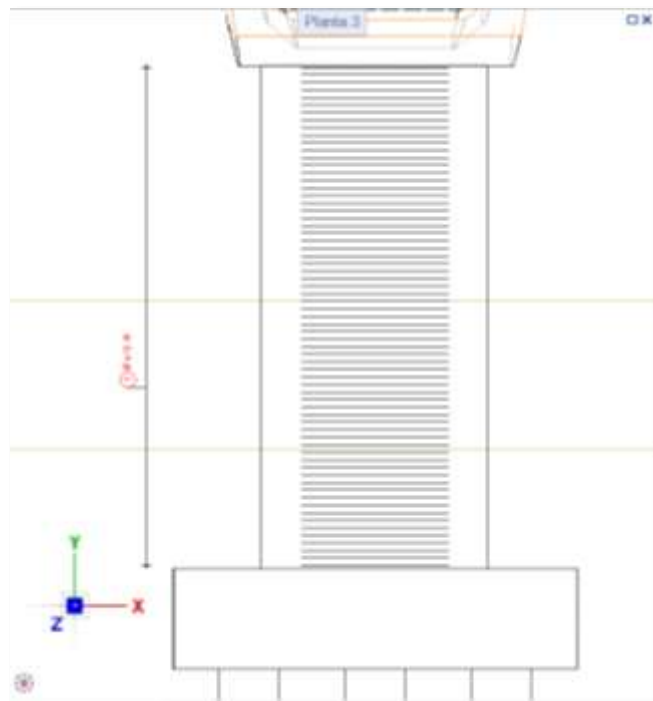
En la sección 1-1', se puede observar como queda la distribución:

Ilustración 8-16. Sección longitudinal pila (1-1'). Cerco central. (Fuente: Elaboración propia)



La siguiente pantalla, sirve para acotar donde están colocados los estribos. Vuelven a aparecer las mismas opciones que en las etiquetas. En este caso marcamos también “Distancia”.

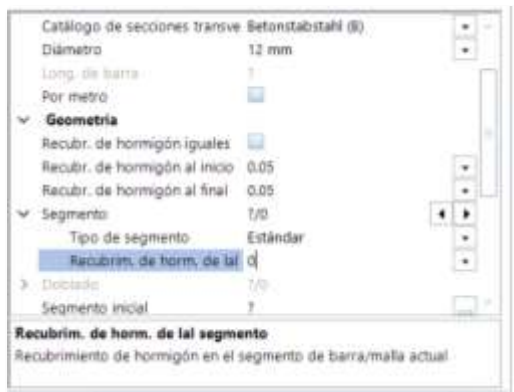
Ilustración 8-17. Sección longitudinal pila (1-1'). Cerco central. Acotada. (Fuente: Elaboración propia)



Ya hemos finalizado con el estribo central rectangular. Para los dos estribos restantes, usaremos la opción de “Forma libre”, siguiendo el mismo proceso anterior. Para realizar el estribo, vamos seleccionando por el contorno los puntos que nos interesan, es decir dos vértices del rectángulo y también las intersecciones de las rectas con los arcos.

En este caso, en el lado recto no queremos recubrimiento, para ello, en la Menú de propiedades, antes de dibujar la línea correspondiente a ese tramo, cambiamos el recubrimiento a 0.

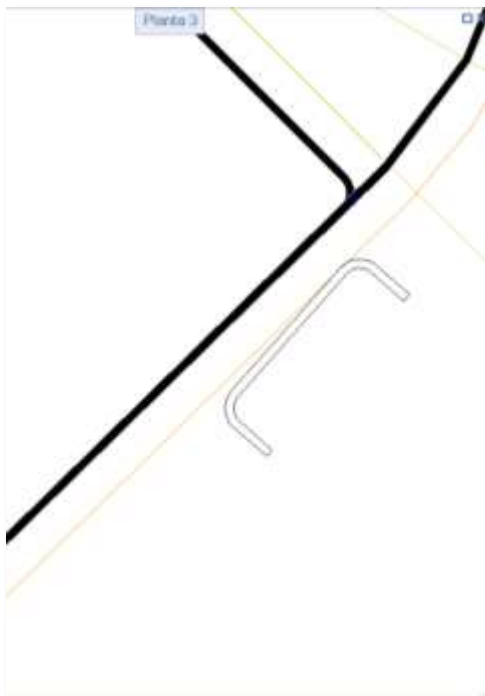
Ilustración 8-18. Menú de propiedades forma de barra. (Fuente: Elaboración propia)



Una vez hemos definido ese tramo, cambiamos ese recubrimiento a 0.05 y continuamos definiendo el estribo.

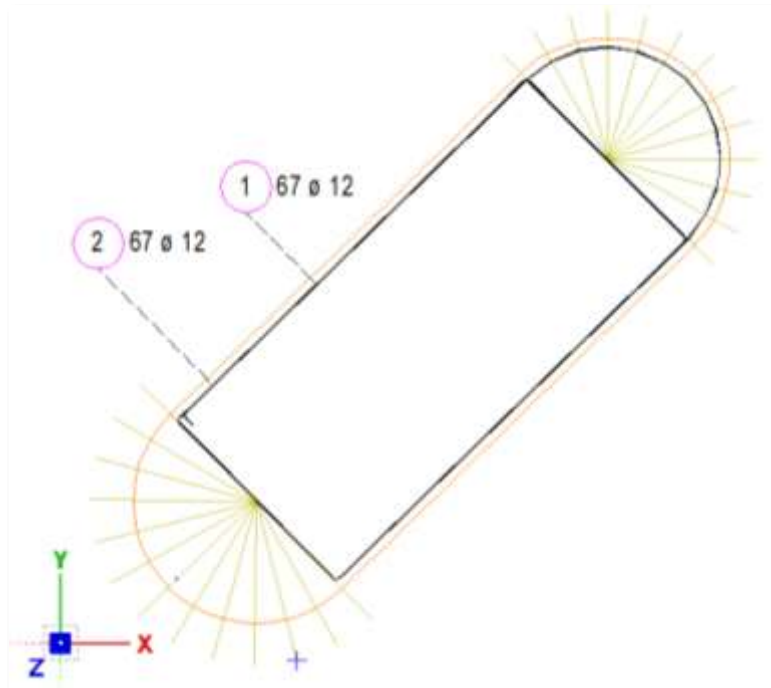
Es importante tener en cuenta la orientación de la armadura, si fuera necesario cambiar el lado por donde estamos definiendo la armadura, simplemente pulsamos en la pestaña emergente “Cambiar recubrimiento del hormigón” 

Ilustración 8-19. Orientación a cambiar. (Fuente: Elaboración propia)



Obteniendo así la siguiente forma:

Ilustración 8-20. Sección transversal pila (2-2'). Dos cercos. (Fuente: Elaboración propia)



A continuación, seguimos el mismo procedimiento que con la forma “Estribos”, realizando un emplazamiento automático para distribuir los cercos a lo largo de la pila.

Para terminar realizamos el estribo que queda también usando la forma libre siguiendo el mismo procedimiento que el caso anterior.

Finalmente tenemos la sección armada con los estribos:

Ilustración 8-21. Sección transversal pila (2-2'). (Fuente: Elaboración propia)

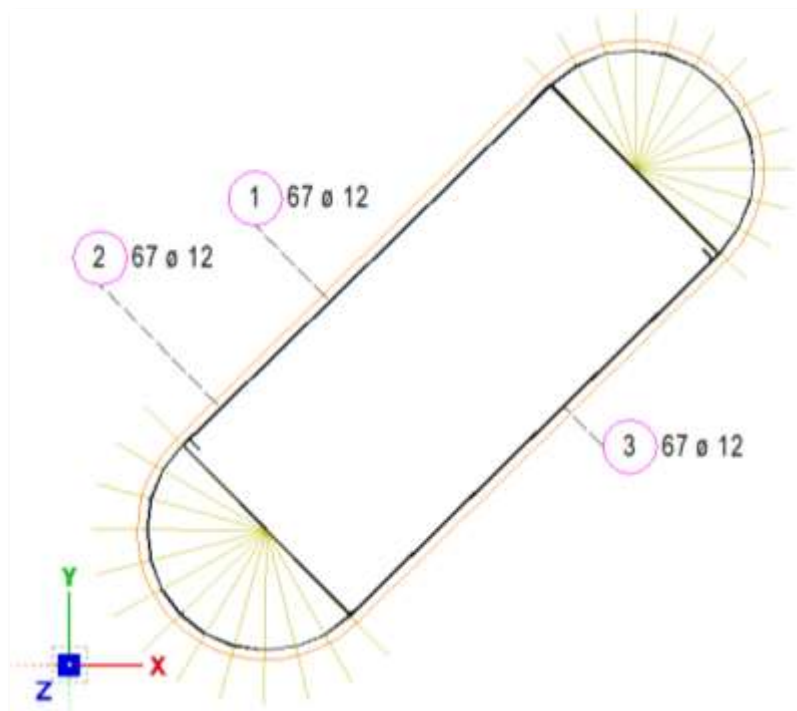
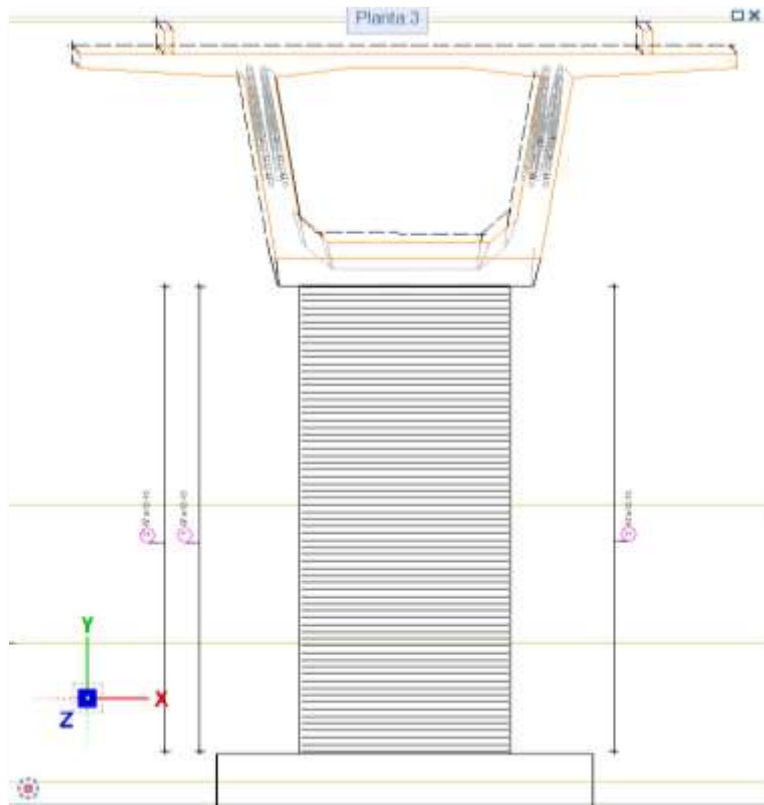


Ilustración 8-22. Sección longitudinal pila (1-1'). Acotada. (Fuente: Elaboración propia)



8.2.3 Armadura Longitudinal-Barras

Pasamos a poner las barras transversalmente a la sección. Estas van a ser de $\varnothing 20$ mm cada 15 cm.

Comenzamos seleccionando “Barra recta” pero escogemos la opción “Como punto” en la ventana emergente. En el menú de propiedades cambiamos el diámetro a $\varnothing 20$ mm.

Ilustración 8-23. Propiedades Barra recta como punto (Fuente: Elaboración propia)



En la ventana emergente seleccionamos la siguiente opción de entrada: 

Vamos a tener unos “puntos de referencia” que van a ser los puntos de simetría del armado. Estos serán los puntos medios de la sección rectangular en el lado de mayor longitud y otro en la zona arqueada

Para ello, trazaremos las siguientes perpendiculares por el punto medio de la pila en la sección 1-1', por el punto medio del rectángulo tanto en el lado mayor como menor en la sección 2-2', como dibujo de ayuda. Estas líneas van a ser de gran utilidad para disponer el armado.

Dibujamos una barra como punto, en un punto de simetría, en la sección transversal. Una vez lo tengamos, disponemos la etiqueta donde deseemos y pasamos a extrudir la barra.

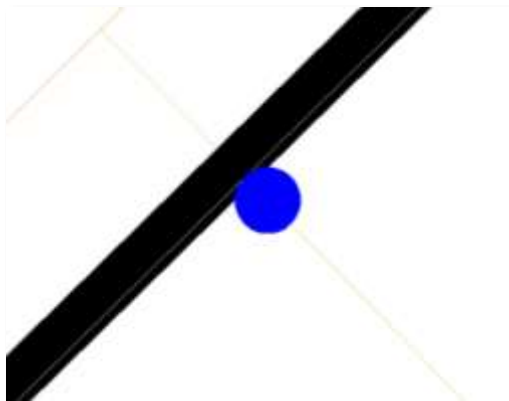
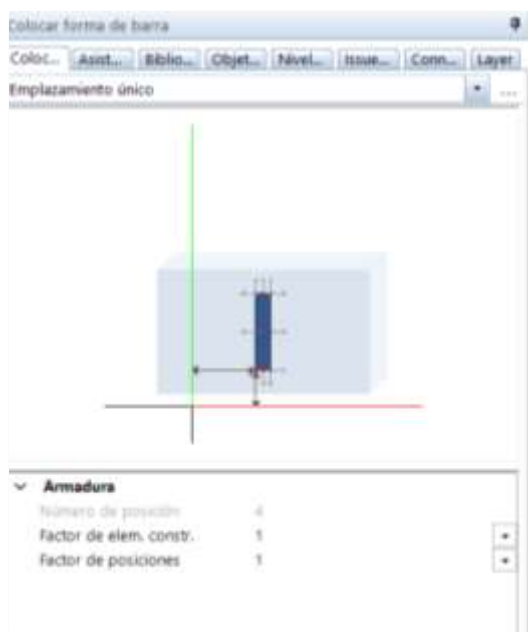


Ilustración 8-24: Punto medio lado plano. (Fuente: Elaboración propia)

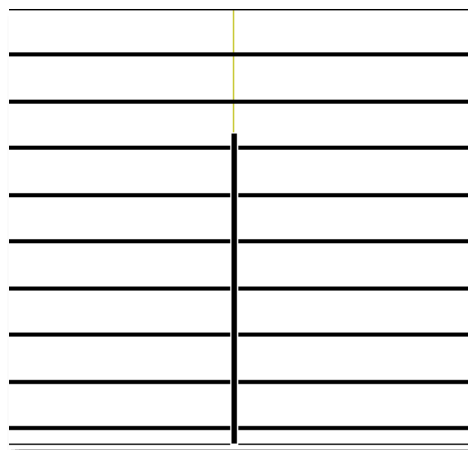
Para barrer la barra, en este caso usaremos la opción de emplazamiento único, un lugar del emplazamiento lineal que el que estamos más habituados a usar.

Ilustración 8-25. Paleta de emplazamiento. (Fuente: Elaboración propia)



En la sección 1-1', disponemos la barra que aparece en un extremo para después alargarlo por toda la longitud que queramos (esto último se realizará más adelante).

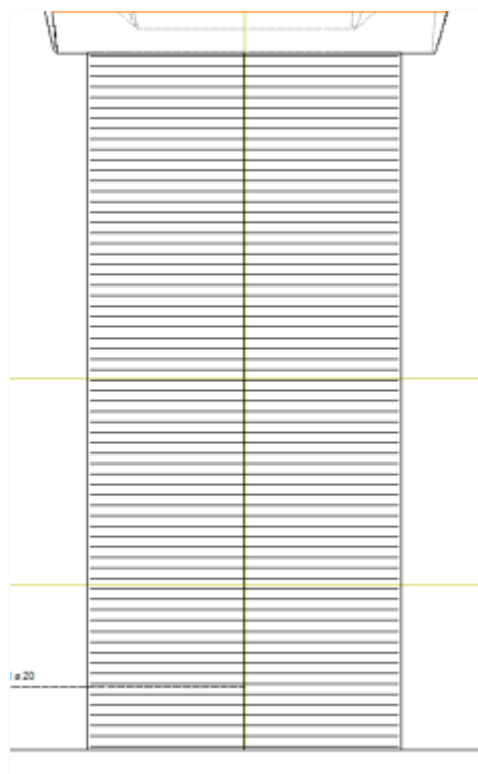
Ilustración 8-26. Situación barra en sección 1-1'. (Fuente: Elaboración propia)



A continuación, volvemos a disponer la etiqueta.

Una vez finalizado este proceso, alargamos la barra anteriormente dispuesta en la sección 1-1'. Para ello, seleccionamos la barra y por un extremo, barremos la barra hasta el final.

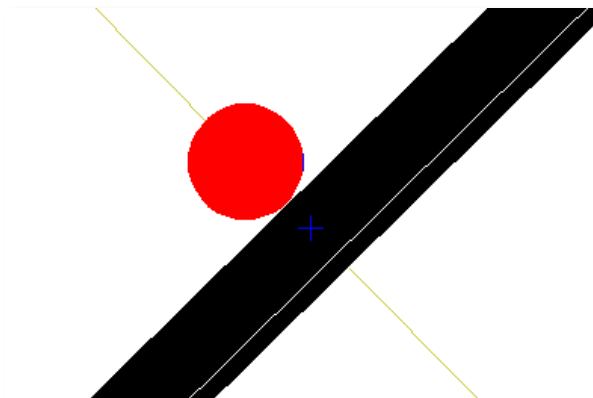
Ilustración 8-27. Situación barra en sección 1-1'. (Fuente: Elaboración propia)



Una vez tenemos la barra correctamente hecha, la copiamos por un cuarto de la sección (desde el punto de simetría del lado recto hasta el punto de simetría del lado arqueado), para después poder aplicar la copia con simetría.

Para crear las copias, se selecciona la opción “Copiar” , que podremos encontrar también en la pestaña de armadura, y a continuación se selecciona la barra y su punto de referencia.

Ilustración 8-28. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



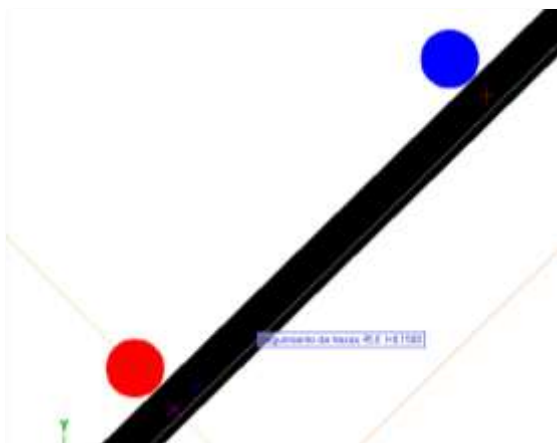
Se indica el número de copias deseado en el espacio que aparece en la barra inferior y se presiona “Enter”:

Ilustración 8-29. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)

«Copiar» A punto / No. de copias 10

A continuación, se coloca el cursor sobre la dirección que se desea que sigan las barras a copiar como se muestra en la imagen:

Ilustración 8-30. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Y por último, sin mover el cursor, se indica el espaciamiento en la barra inferior.

Ilustración 8-31. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)

«Copiar» A punto 0.1500 0.0000 0.0000

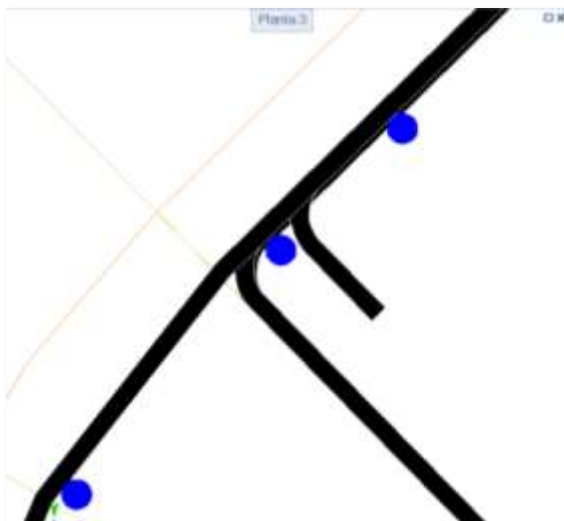
Una vez, ya tenemos la barra copiada, utilizaremos la opción de copiar con simetría para terminar de armar . Seleccionamos las barras en la sección 2-2' y a continuación seleccionamos dos puntos del eje de simetría que deseemos

Es posible que tengamos que hacer algunos ajustes, ya que puede que no encajen las barras con los estribos. Para ello, desplazaremos la barra al interior del estribo ya que este debe fabricarse/doblarse in

situ de la misma forma todos salvo razones muy justificadas pues obliga a mayor control de calidad de ejecución (vigilancia).

Usaremos la orden de “Desplazar” , ubicado en la action bar, parte derecha. Seleccionamos la barra y siguiendo la traza, lo movemos al sitio que deseemos.

Ilustración 8-32. Barra desplazada. (Fuente: Elaboración propia)



Finalmente obtenemos la siguiente sección:

Ilustración 8-33. Sección transversal pila (2-2'). Armada. (Fuente: Elaboración propia)

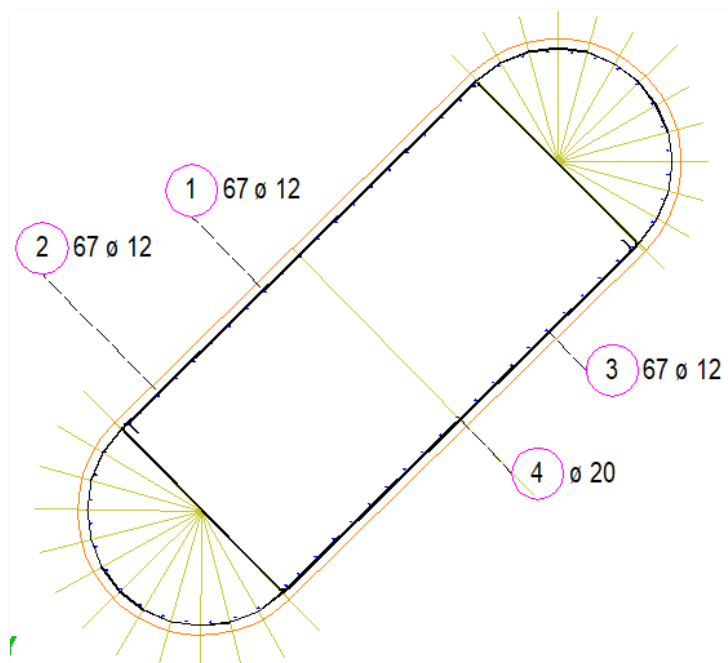
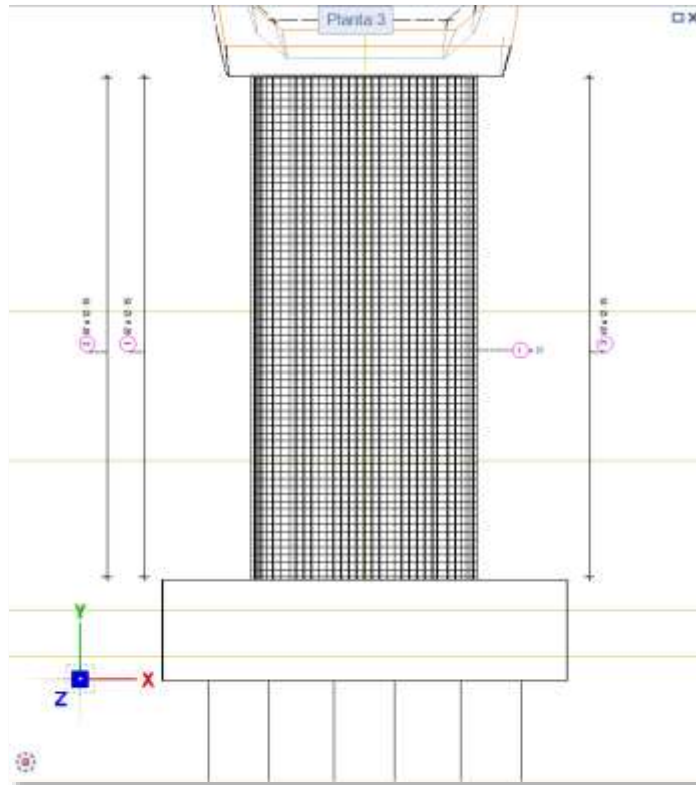


Ilustración 8-34. Sección longitudinal pila (1-1'). Armada. (Fuente: Elaboración propia)



8.3 El armado de la zapata

En primer lugar, definiremos la geometría de la zapata, definida en Allplan Bridge. Tenemos una sección constante rectangular de 8 x 3 m y de altura 2 metros.

Como se ha comentado anteriormente, necesitamos obtener una sección transversal de la zapata (sección 3-3') para poder comenzar a disponer la armadura.

Ilustración 8-35. Sección transversal zapata (3-3'). (Fuente: Elaboración propia)



8.3.1 Área de armadura necesaria

Para la zapata volvemos a tener el mismo caso anterior.

- Dirección perpendicular al lado mayor: 94.24 cm^2 . Para ello, vamos a disponer barras de $\varnothing 20 \text{ mm}$ con una separación de 10 cm
- Dirección perpendicular al lado menor: 251.32 cm^2 . Para ello, vamos a disponer barras de $\varnothing 20 \text{ mm}$ con una separación de 10 cm

8.3.2 Parrilla

Para armar la parrilla vamos a necesitar dos grupos de barras. Comenzaremos armando las barras en dirección perpendicular al lado menor.

De nuevo, haremos una sección (4-4'), dentro de la sección de la zapata (3-3'), para ayudarnos a colocar la armadura.

Ilustración 8-36. Sección 3-3' y sección 4-4'. (Fuente: Elaboración propia)

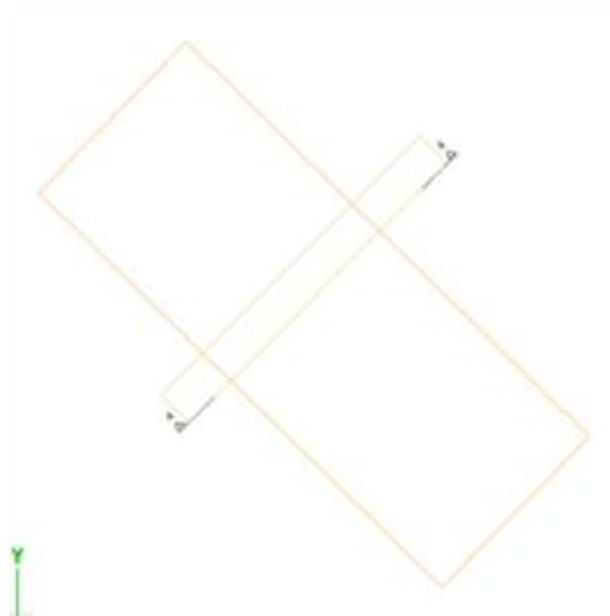
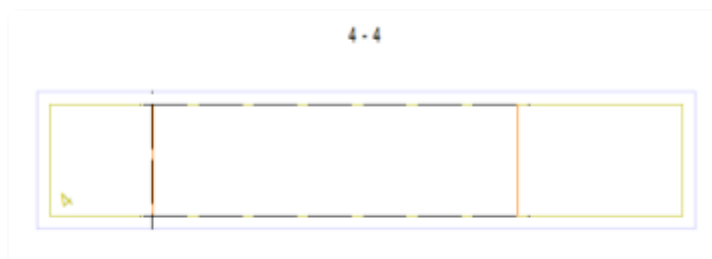


Ilustración 8-37. Sección 4-4'. (Fuente: Elaboración propia)



A continuación, como forma de barra, usaremos “Barra recta”. Seleccionaremos el diámetro de la barra, $\varnothing 20 \text{ mm}$, y marcaremos la opción de “Expandir para adaptar al elemento” de forma que recorra todo el lateral de la zapata.

Ilustración 8-38. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)

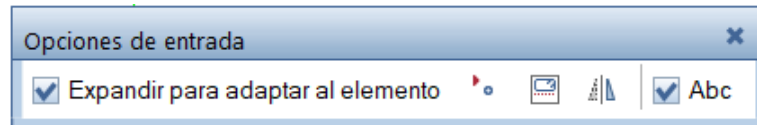
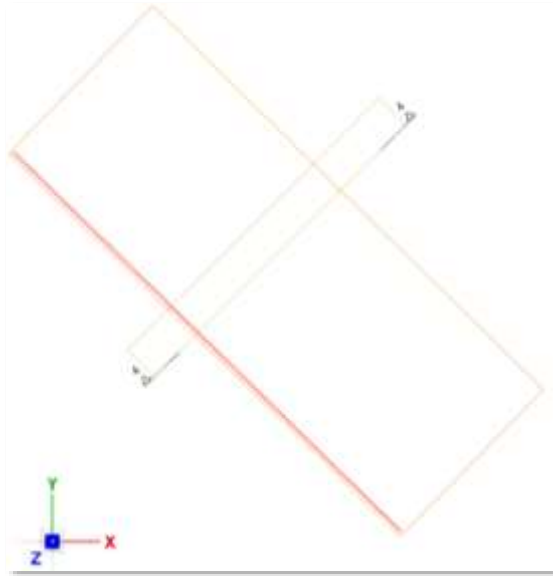
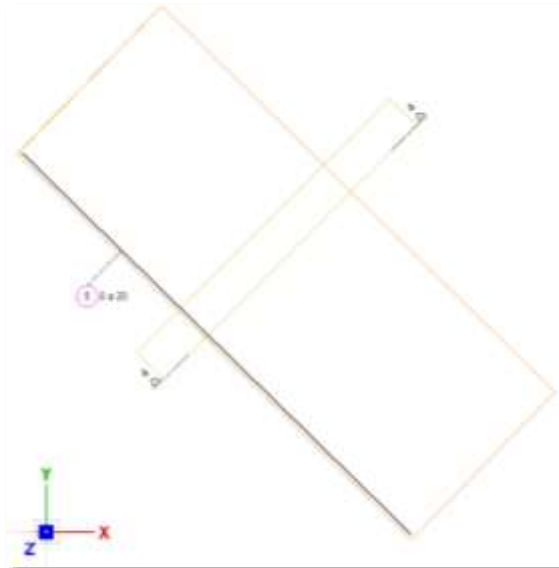


Ilustración 8-39. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



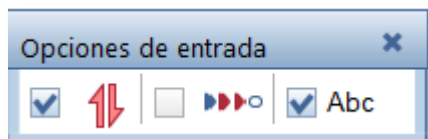
Una vez presionamos “Esc”, aparece la ventana de las etiquetas, colocándola de la forma que deseemos.

Ilustración 8-40. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



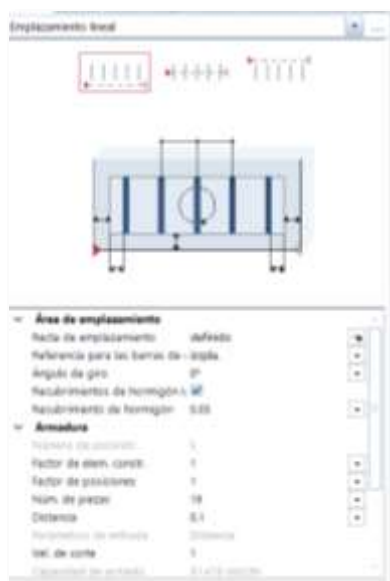
Seguidamente, en la ventana emergente, seleccionaremos la opción de “Emplazamiento automático”, de forma que las barras queden correctamente distribuidas por la zapata.

Ilustración 8-41. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



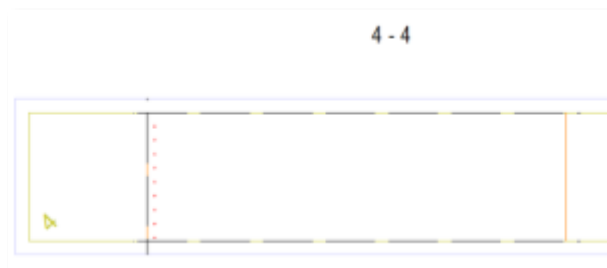
Como hemos comentado anteriormente, las barras tendrán una separación de 10 cm, por lo que el menú de propiedades quedará de la siguiente forma:

Ilustración 8-42. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



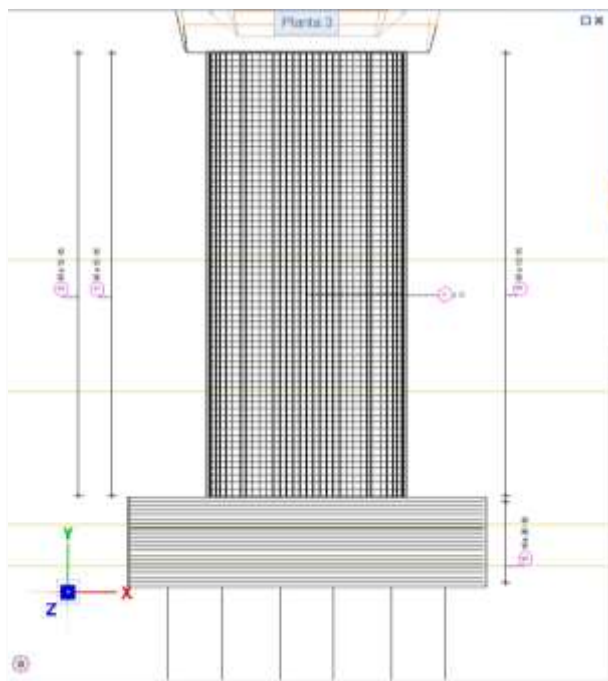
Si observamos la sección anteriormente creada (4-4'), podemos observar la distribución de las barras.

Ilustración 8-43. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



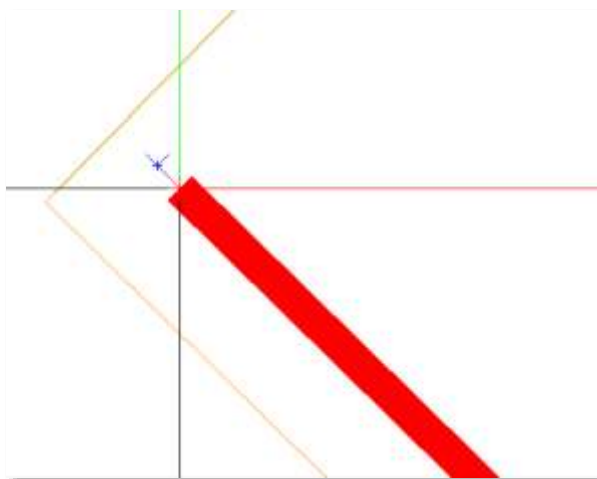
Para disponer la línea de acotación, vamos a la sección 1-1', quedando:

Ilustración 8-44. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Una vez finalizada esta parte, pasaremos a disponer esta armadura por el resto de la zapata. Con este propósito, vamos a copiar la barra definida en la sección 3-3', por el ancho de la zapata. En el actionbar, usamos “Copiar”  y seleccionamos la barra y desde qué punto queremos copiarla.

Ilustración 8-45. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



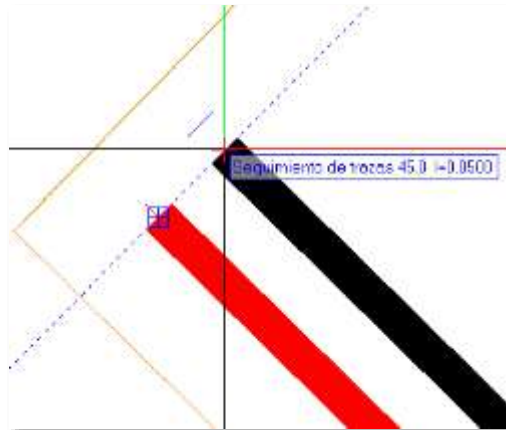
Introducimos el número de copias:

Ilustración 8-46. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



A continuación colocamos el cursor sobre la dirección que se deseamos que sigan las barras a copiar como se muestra en la imagen:

Ilustración 8-47. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Y por último, sin mover el cursor, se indicamos el espaciamiento en la barra inferior:

Ilustración 8-48. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Obteniendo la siguiente distribución:

Ilustración 8-49. Sección 3-3'. (Fuente: Elaboración propia)

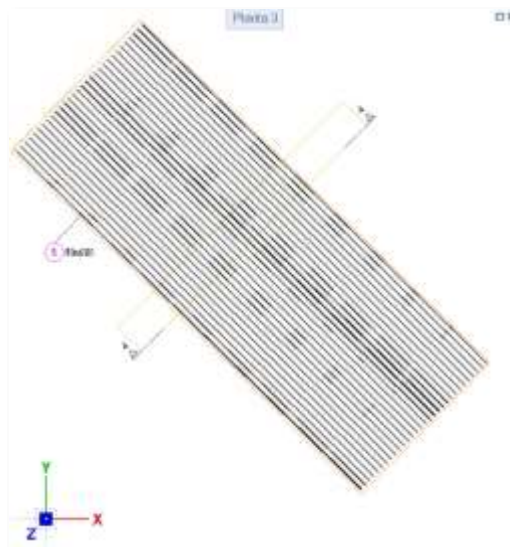


Ilustración 8-50. Sección 4-4'. (Fuente: Elaboración propia)

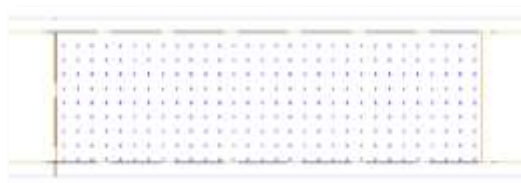
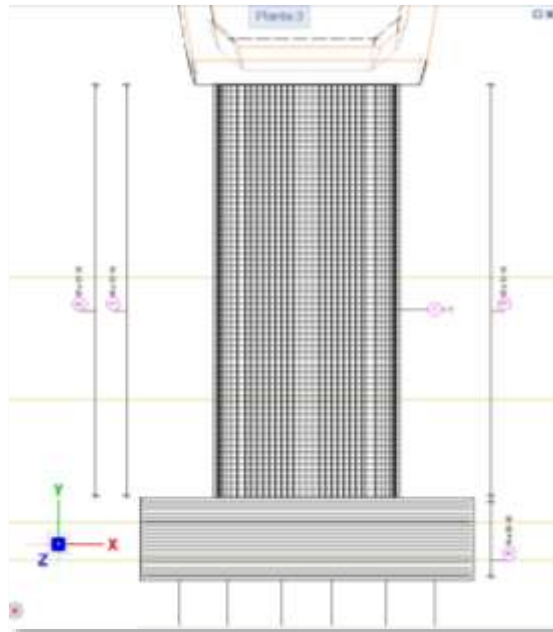


Ilustración 8-51. Sección 1-1'. (Fuente: Elaboración propia)



Una vez finalizado este grupo de barras, realizaremos las barras en dirección perpendicular al lado menor. Realizaremos una nueva sección (5-5') dentro de la sección de la zapata (3-3'), para ayudarnos a colocar la armadura.

Ilustración 8-52. Sección 3-3' y sección 5-5'. (Fuente: Elaboración propia)

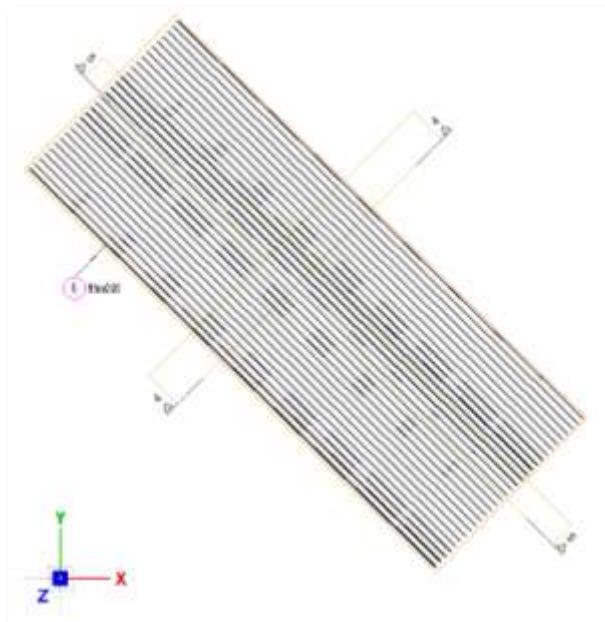
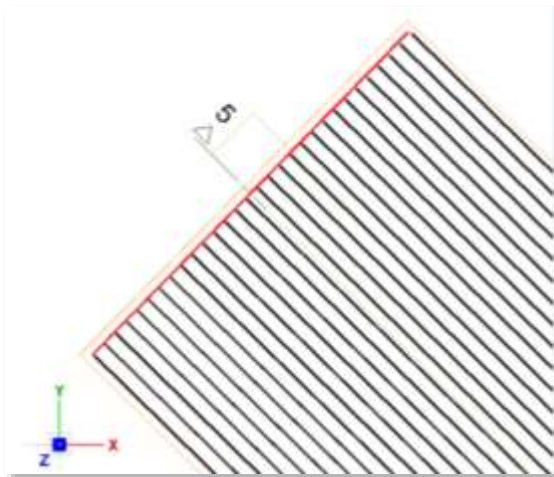


Ilustración 8-53. Sección 5-5'. (Fuente: Elaboración propia)



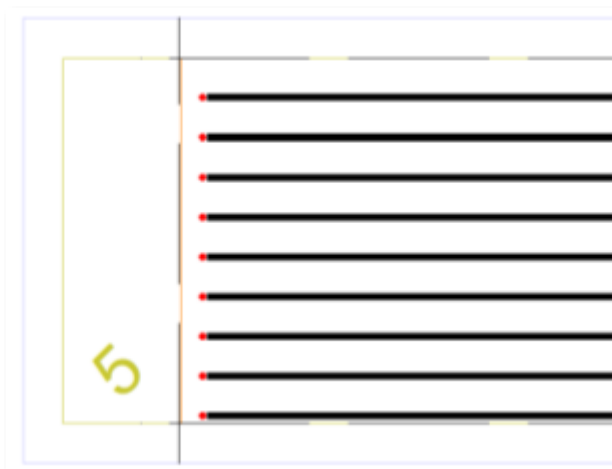
El procedimiento para seguir será el mismo que el anterior. Seleccionamos “Barra recta”, elegimos $\phi 20$ mm y marcamos la opción de “Expandir para adaptar al elemento”.

Ilustración 8-54. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



A continuación, colocaremos la etiqueta y seguidamente en la ventana emergente, seleccionaremos la opción de “Emplazamiento automático”. Dispondremos las barras con una separación de 10 cm.

Ilustración 8-55. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Procederemos a copiar la barra dispuesta en la sección de la zapata (3-3'), por todo el largo de esta, siguiendo el procedimiento anteriormente explicado. Logramos así la siguiente parrilla:

Ilustración 8-56. Sección 3-3'. (Fuente: Elaboración propia)

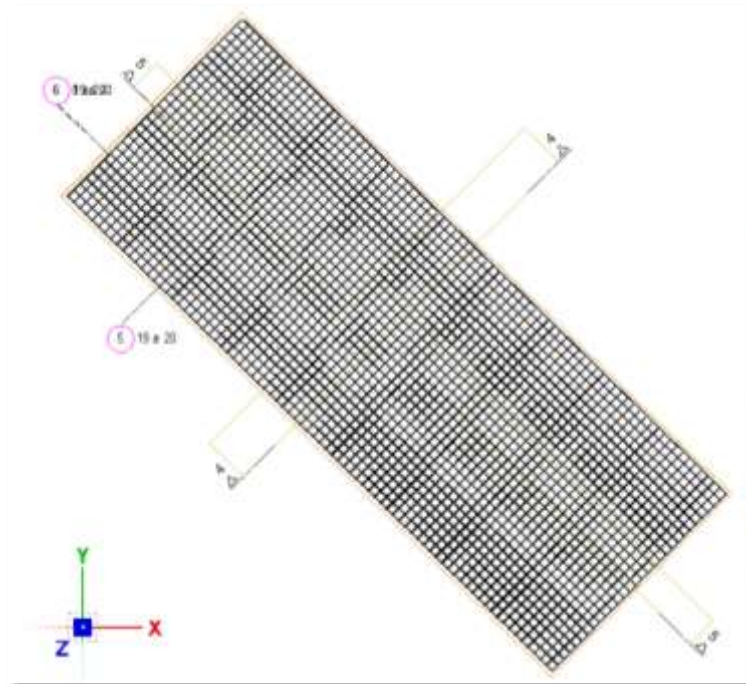
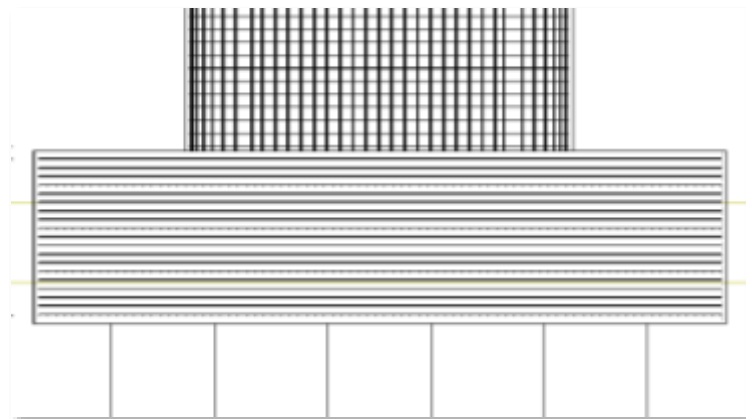


Ilustración 8-57. Sección 1-1'. (Fuente: Elaboración propia)

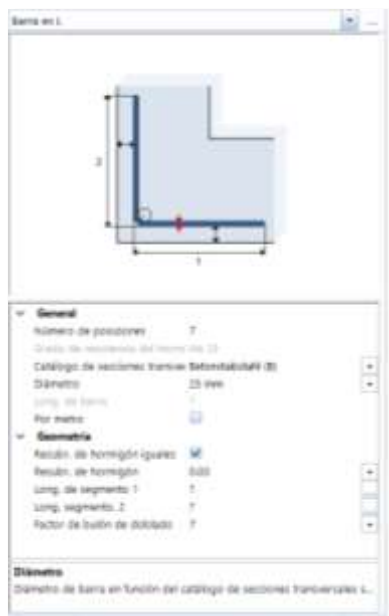


8.3.3 Armadura de refuerzo

Para dar por concluido el armado, tendremos que colocar una armadura que conecte la pila con la zapata, que sobresalga 1.5 m de la zapata.

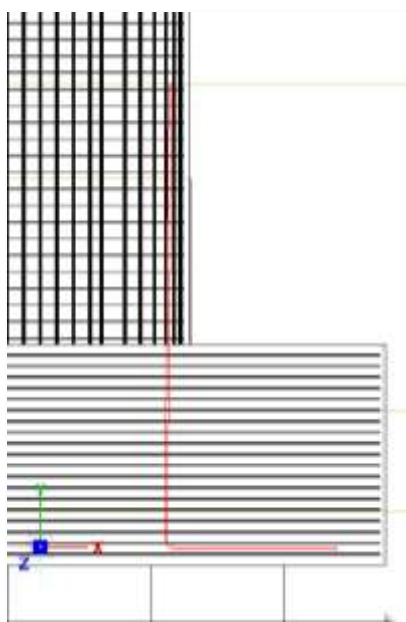
Entonces, seleccionaremos la forma de barra “Barra en L” y seleccionamos $\varnothing 25$ mm.

Ilustración 8-58. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



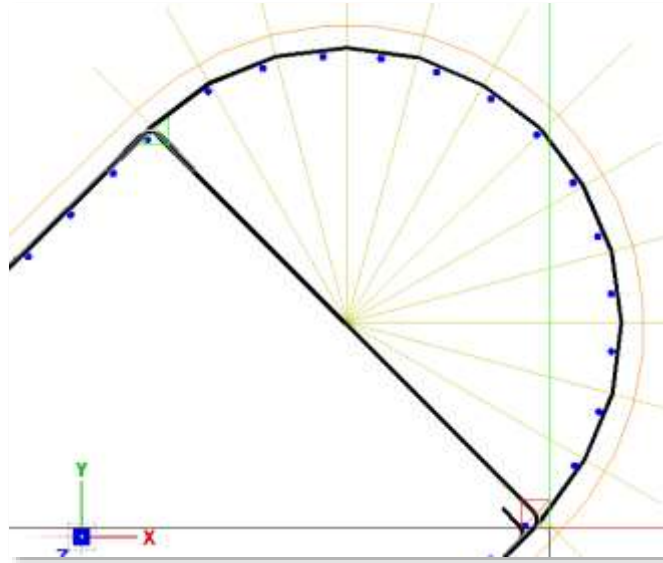
Con la opción de “Expandir para adaptar al elemento” desmarcada, situamos la barra en el lugar que deseamos. Para ello hemos creado un dibujo de ayuda para saber a qué distancia colocarla.

Ilustración 8-59. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



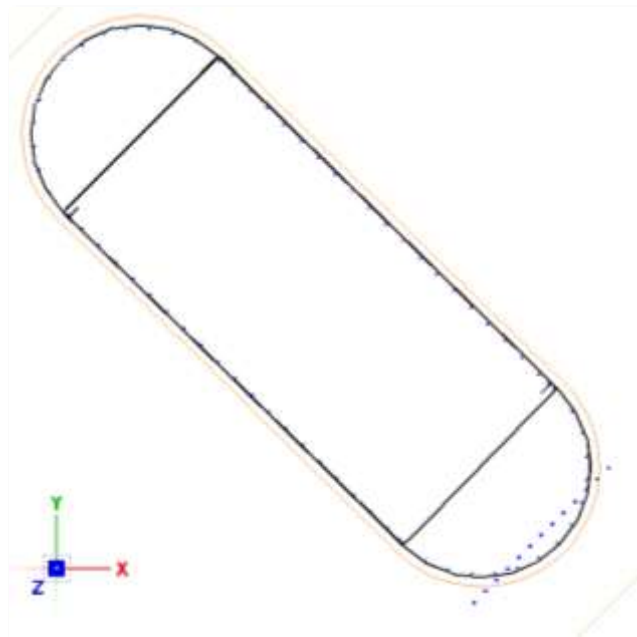
A continuación, colocaremos la etiqueta en el lugar que deseamos. Una vez hecho esto, situamos las barras por la pila. Por lo tanto, con la opción de “Emplazamiento automático” desmarcada, marcaremos en la pila (sección 2-2') el recorrido que va a seguir.

Ilustración 8-60. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



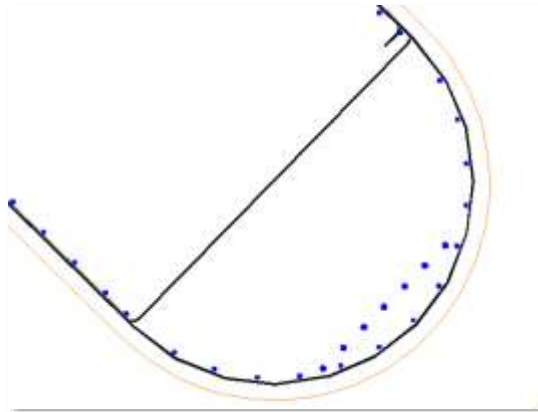
En la sección 1-1', podemos observar que la sección 2-2' no corta a las barras actualmente creadas, por lo que crearemos una nueva sección (6-6'), para ver que las barras se han creado correctamente.

Ilustración 8-61. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



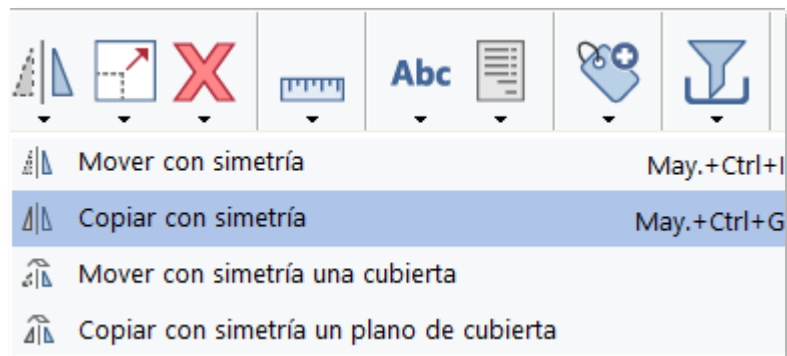
Podemos observar que las barras no se han ajustado correctamente y de hecho hay barras que sobresalen. Estas últimas las eliminaremos, para ello las seleccionamos y pulsamos la tecla "Supr"

Ilustración 8-62. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Para poner la armadura en el lado contrario de la pila, usaremos la opción de “Copiar con simetría”

Ilustración 8-63. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



En la sección 6-6', seleccionamos las barras y a continuación seleccionamos dos puntos del eje de simetría que deseemos. Obteniendo:

Ilustración 8-64. Sección 6-6' (Fuente: Elaboración propia)

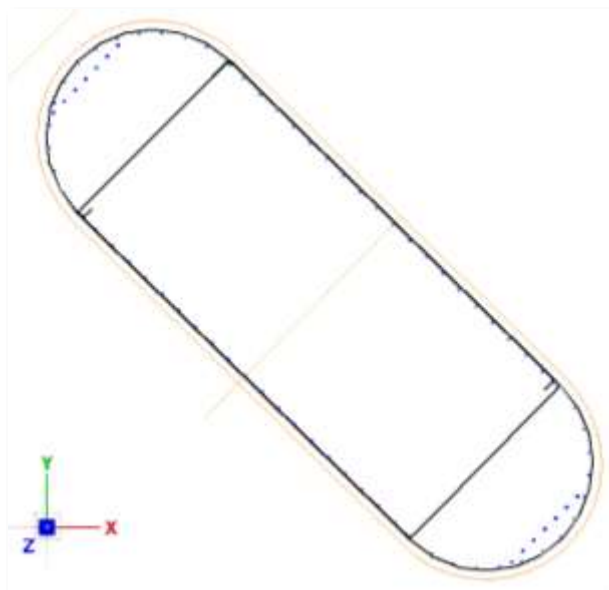
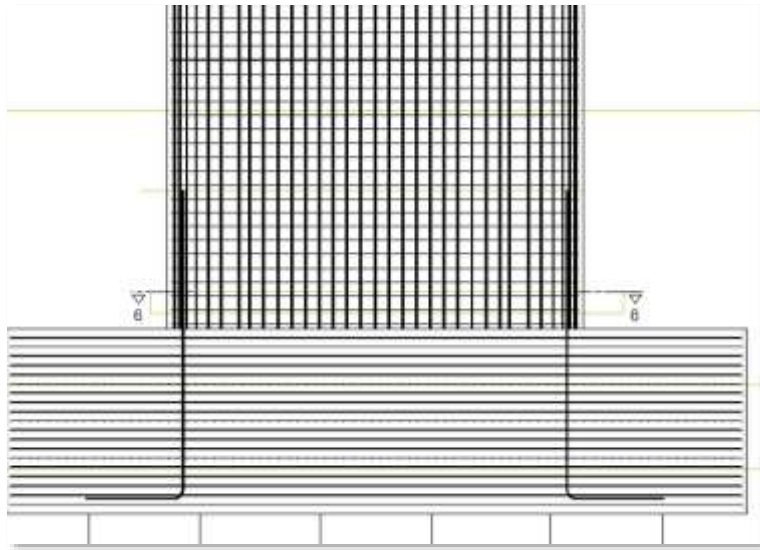


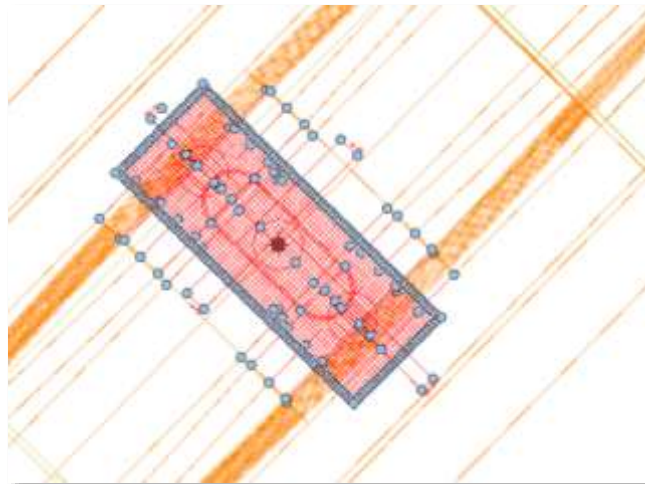
Ilustración 8-65. Sección 6-6' (Fuente: Elaboración propia)



Damos por finalizado el armado de la primera pila y zapata. Para armar la siguiente, vamos a la vista en planta copiaremos el armado y lo pegaremos.

Seleccionamos todo el armado y con el comando “Copiar” , lo llevamos a la otra pila.

Ilustración 8-66. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Finalmente obtenemos el siguiente armado:

Ilustración 8-67. Armado final. (Fuente: Elaboración propia)

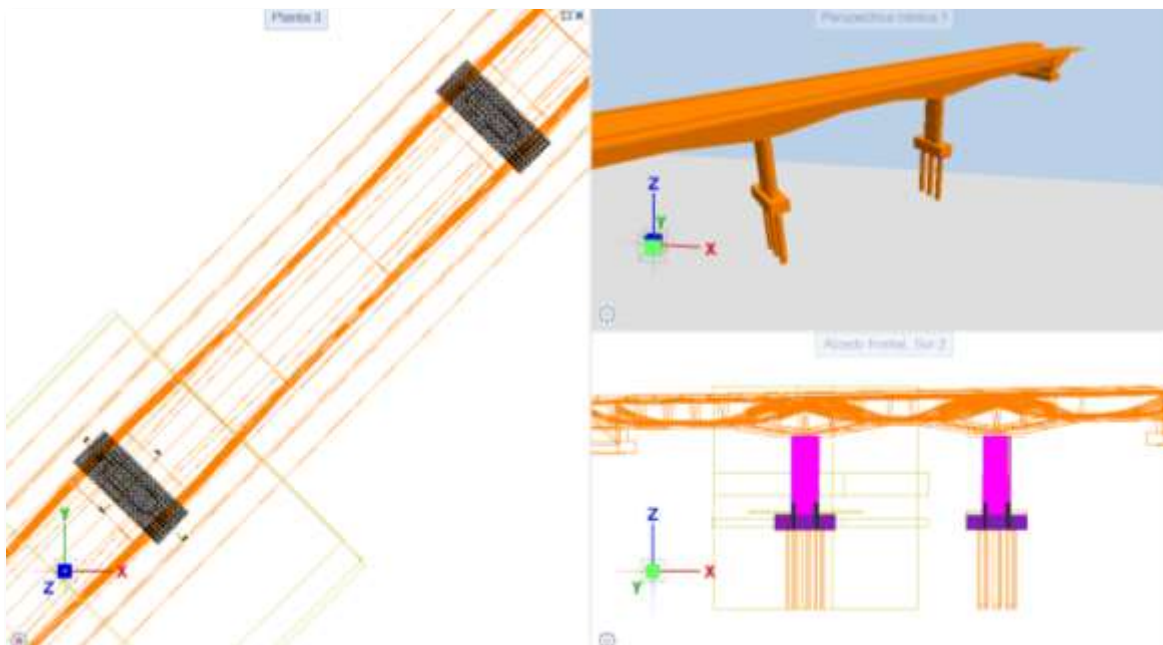


Ilustración 8-68. Armado final. (Fuente: Elaboración propia)

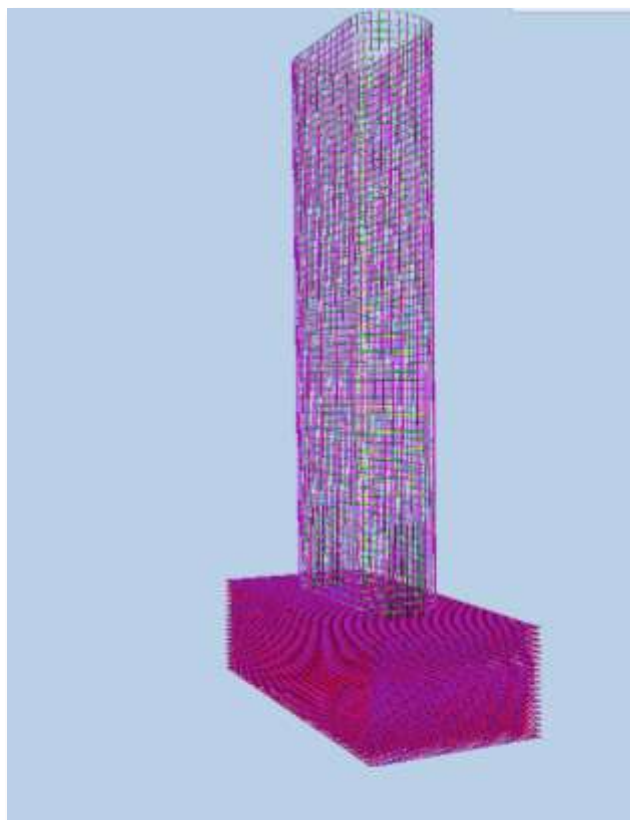
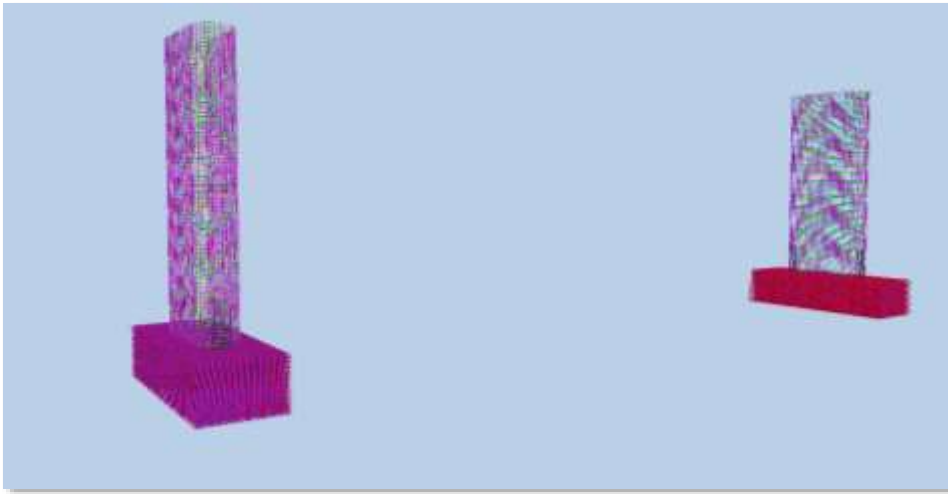


Ilustración 8-69. Armado final. (Fuente: Elaboración propia)



En el Anejo 3 “PLANOS DE FERRALLA”, se pueden encontrar todos los detalles

9 LOS ENTREGABLES

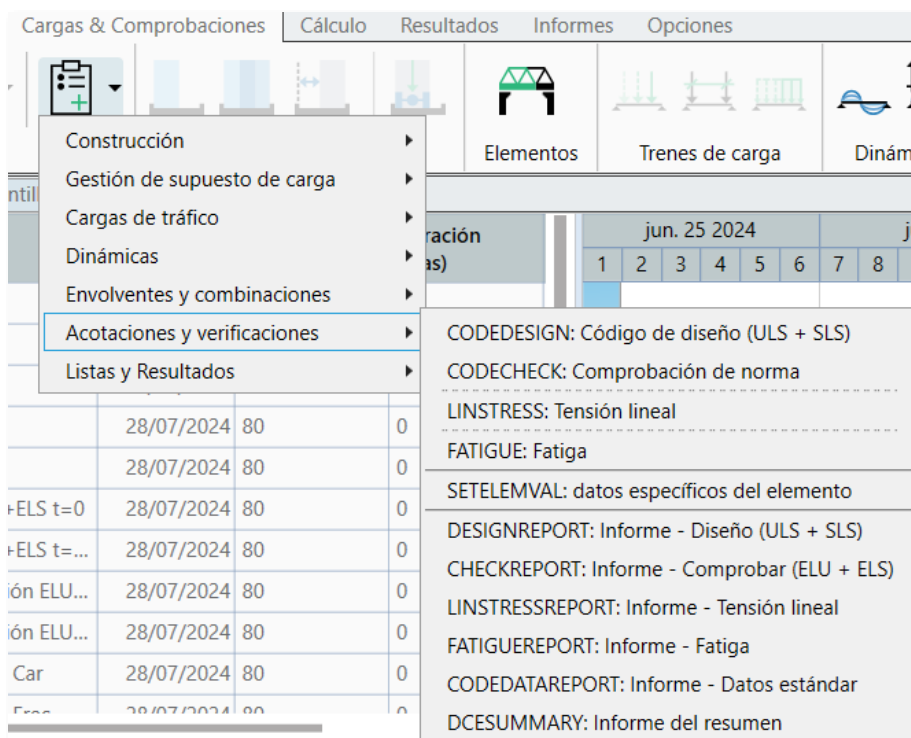
Si siguiendo el flujo de trabajo análisis estructural descrito, se obtendrán varios tipos de entregables. Uno de ellos proviene de Allplan Bridge y es resultado directo del cálculo, es decir, no es necesario hacer nada más para obtenerlos. En Allplan, sacaremos distintos tipos de informes, como es el documento-leyenda de armado, que es el más relevante de este programa. Para poder guardar el resultado, tendremos que elaborar una serie de planos.

9.1 Informes de Allplan Bridge

Una vez realizados todos los cálculos, Allplan Bridge ofrece la posibilidad de elaborar automáticamente informes de los resultados. Es imprescindible seguir el orden que se ha especificado para las tareas de cálculo, puesto que de no haberse realizado alguno de los cálculos, diseños o comprobaciones, no se podrá realizar el informe.

Para la elaboración de los informes se usarán tres tareas de cálculo: “LINSTRESSREPORT”, “DESIGNREPORT” y “CHECKREPORT”.

Ilustración 9-1. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



El funcionamiento de estas tareas de cálculo es muy sencillo y tan solo habrá que indicarles el nombre de los resultados a los que se tienen que acoger para elaborar los informes. Es en este momento cuando es importante recordar los nombres de los resultados teniendo cuidado, ya que como anteriormente se indicó, deben transcribirse exactamente iguales para no dar fallo.

9.1.1 Tareas de cálculo

Una vez añadidos todos los informes, la tabla de tareas de cálculo será de la siguiente forma:

Tabla 9-1. Tareas de cálculo (Fuente: Elaboración propia)

Tarea	Descripción	Fecha de inicio	Día de inicio	Duración (días)	Fecha (global)	Saltar
LINSTRESS	ELS Car	12/08/2024	80	0	80	☐
LINSTRESS	ELS Frec	12/08/2024	80	0	80	☐
LINSTRESS	ELS Cuasi	12/08/2024	80	0	80	☐
LINSTRESS	ELU	12/08/2024	80	0	80	☐
LINSTRESS	Accidental	12/08/2024	80	0	80	☐
CODEDESIGN	Diseño ELU+ELS t=0	12/08/2024	80	0	80	☐
CODEDESIGN	Diseño ELU+ELS t=...	12/08/2024	80	0	80	☐
CODECHECK	Comprobación ELU...	12/08/2024	80	0	80	☐
CODECHECK	Comprobación ELU...	12/08/2024	80	0	80	☐
LINSTRESSR...	Informe ELS Car	12/08/2024	80	0	80	☒
LINSTRESSR...	Informe ELS Frec	12/08/2024	80	0	80	☒
LINSTRESSR...	Informe ELS Cuasip...	12/08/2024	80	0	80	☒
LINSTRESSR...	Informe ELU	12/08/2024	80	0	80	☒
LINSTRESSR...	Informe Accidental	12/08/2024	80	0	80	☒
DESIGNREP...	Informe ELU	12/08/2024	80	0	80	☒

Como se observa en ella, se ha añadido también un informe de tendones, que aportará datos sobre la geometría de los mismo y permitirá completar el trabajo.

Cabe destacar que los informes referidos se generan en archivos de Microsoft Word de forma independiente, es decir, por cada informe requerido habrá un informe para cada una de las secciones que se hayan definido del tablero. Por este motivo, se recomienda que mientras el proyecto se encuentre en un proceso iterativo hasta la consecución de resultados satisfactorios, se mantenga activa la casilla de saltar, como se observa en la imagen anterior. En caso contrario, cada vez que se ordene el cálculo los tiempos de espera serán muy elevados.

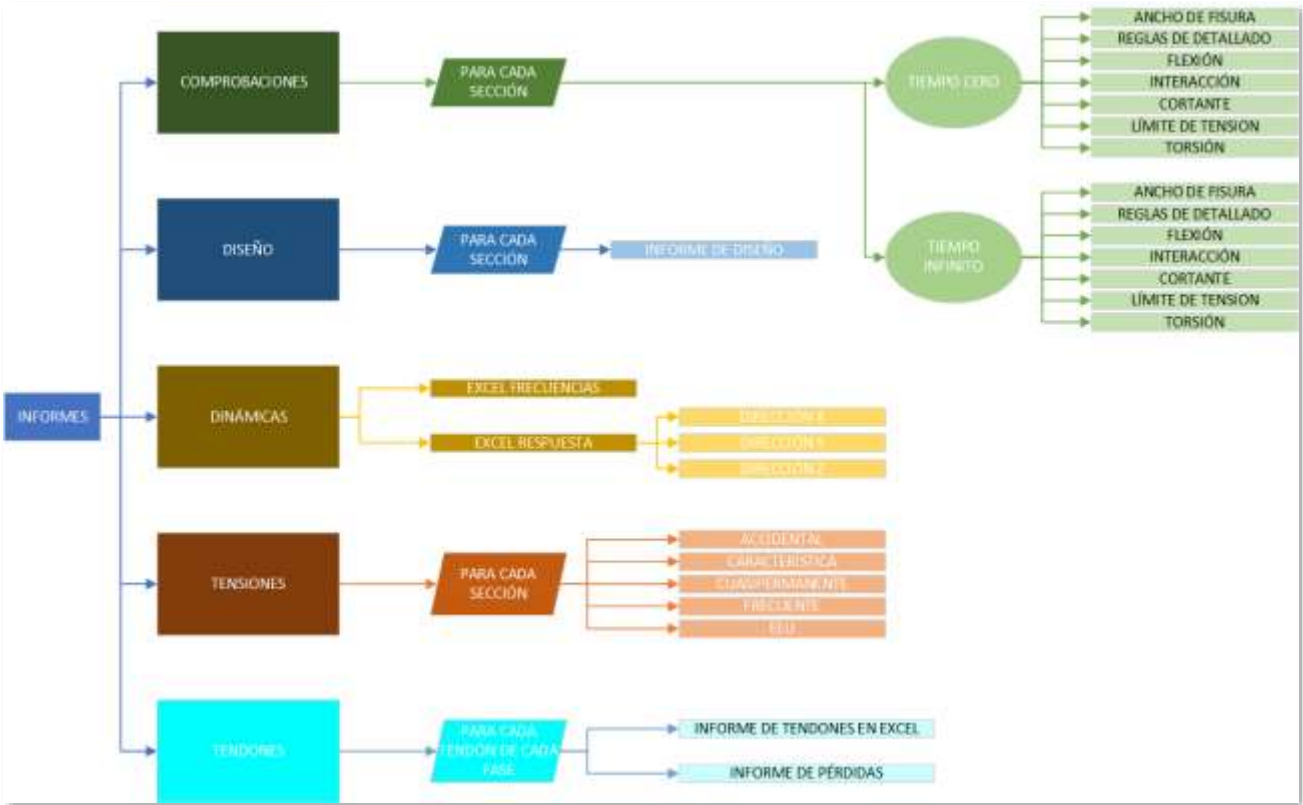
Contradiendo lo anterior, puede resultar útil su activación cuando dentro de ese proceso iterativo sea difícil localizar por qué no se cumplen algunas condiciones.

Estos informes se almacenarán automáticamente en la carpeta del proyecto en que se esté trabajando. Se puede observar dicha ruta en la barra superior azul del programa.

9.1.2 Tipos de Informe

El siguiente esquema resume la [variedad de informes](#) que se pueden obtener:

Ilustración 9-2. Esquema de informes (Fuente: Elaboración propia)



Vamos a disponer un ejemplo, para analizar el esquema que suelen seguir.

En primer lugar, muestra siempre la sección que se estudia, junto al aprovechamiento máximo y datos de materiales y geometría:

Ilustración 9-3. Ejemplo de informe (Fuente: Elaboración Propia)



En segundo lugar, muestra los datos de las fuerzas calculadas en el programa:

Ilustración 9-4. Ejemplo de informe (Fuente: Elaboración Propia)

Fuerzas internas			
MAXVY	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]
Total Resultant	-46560.1	4250.1	-38.9
Primary Effects	-45396.0	0.0	0.0
By External Load	195.5	4250.1	-38.9
Total	-45200.5	4250.1	-38.9

Note: Primary effects are effects of prestressing after long-term losses.

A continuación, los resultados de las comprobaciones que se realizan, usualmente acompañado de gráficos que complementan la información:

Ilustración 9-5. Ejemplo de informe (Fuente: Elaboración Propia)

Vista previa de los resultados de comprobación del cortante						
	V _{Ed} [kN]	V _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,s} [kN]	V _{Rd,max} [kN]	V _{Rd} [kN]	U [%]
Pieza de transferencia de carga-1	2114.3	1540.9	5817.9	11823.9	5817.9	36.3
Pieza de transferencia de carga-2	2135.8	1540.6	5808.1	11804.1	5808.1	36.8
Pieza de transferencia de carga-3	26.3	3172.0	0.0	23664.8	3172.0	0.8
Pieza de transferencia de carga-4	12.6	1392.8	0.0	10273.2	1392.8	0.9

Distribución de cortante en las partes resistentes del cortante

Por último, se muestra siempre el cálculo detallado del resultado más desfavorable de los mostrados anteriormente:

Ilustración 9-6. Ejemplo de informe (Fuente: Elaboración Propia)

Resultados detallados para: Pieza de transferencia de carga-2	
$\sigma_{cp} = 3.97 \text{ MPa}$; $b_w = 500.0 \text{ mm}$; $d = 3498.9 \text{ mm}$; $\nu_{min} = 0.29 \text{ MPa}$; $a_{ex} = 40.21 \text{ cm}^2/\text{m}$; $f_{ywd} = 434.78 \text{ MPa}$; $z = 3322.0 \text{ mm}$; $\theta = 45.0^\circ$	
$V_{Rd,c(0.20)} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d k_{0.001} =$ $= [0.120 \times 1.239 \times (100 \times 0.000 \times 35.00)^{\frac{1}{3}} + 0.150 \times 3.97] \times 500.0 \times 3498.9 \times 0.001 =$ $= 1040.9 \text{ kN}$	
$V_{Rd,c(0.20)} = (\nu_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d k_{0.001} = (0.29 + 0.150 \times 3.97) \times 500.0 \times 3498.9 \times 0.001 =$ $= 1540.6 \text{ kN}$	
$V_{Rd,s} = a_{ex} z f_{ywd} \cot(\theta) k_{0.001} =$ $= 40.21 \times 3322.0 \times 434.78 \times \cot(45.0) \times 0.0001 = 5808.1 \text{ kN}$	
$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} k_{0.001} = \frac{1.194 \times 500.0 \times 3322.0 \times 0.600 \times 19.83}{\cot(45.0) + \tan(45.0)} \times 0.001 =$ $= 11804.1 \text{ kN}$	
$V_{Rd} = V_{Rd,s} + V_{cfd} + V_{td} = 5808.1 + 0.0 + 0.0 = 5808.1 \text{ kN}$	
$U = \frac{ V_{Ed} }{V_{Rd}} k_{100} = \frac{2135.8}{5808.1} \times 100 = 36.8 \%$	

9.1.3 Resultados

Estos se visualizan dentro del programa Allplan Bridge. Para ello, se abre el menú de **RESULTADOS**

en la ventana que se encuentra a la izquierda, y la pestaña del mismo nombre de la cinta superior de opciones.

Desde el primero, se podrá seleccionar el tipo de diagrama o tabla, para posteriormente elegir los datos de dicho resultado:

Ilustración 9-7. Menú de resultados (Fuente: Elaboración Propia)



Desde el segundo, se podrán seleccionar qué esfuerzos o desplazamientos se quieren ver.

Ilustración 9-8. Opciones en pestaña de resultados (Fuente: Elaboración Propia)

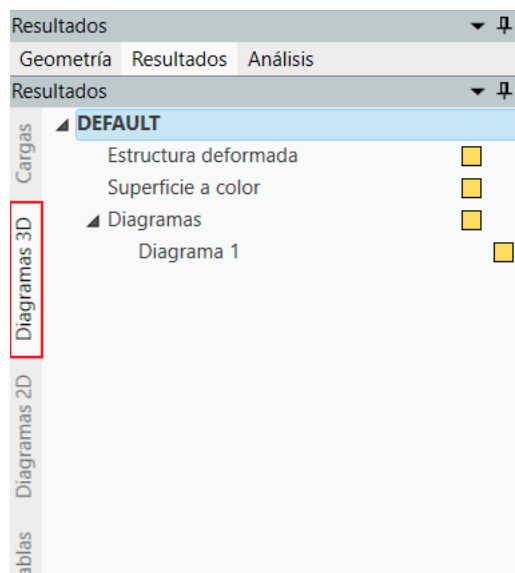


A continuación se muestra de ejemplo cómo se obtienen el diagrama 3D de momentos flectores que

generan las cargas de peso propio el día 39.

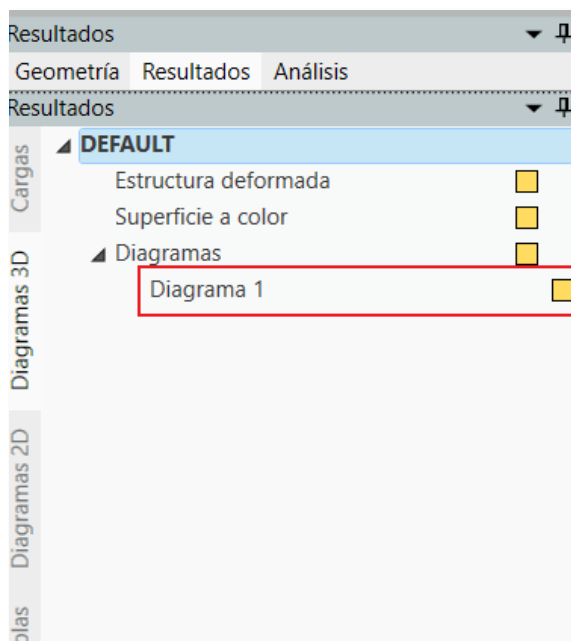
En primer lugar se selecciona el tipo de diagrama, en este caso Diagramas 3D:

Ilustración 9-9. Ejemplo de obtención de resultados en Allplan Bridge (Fuente: Elaboración Propia)



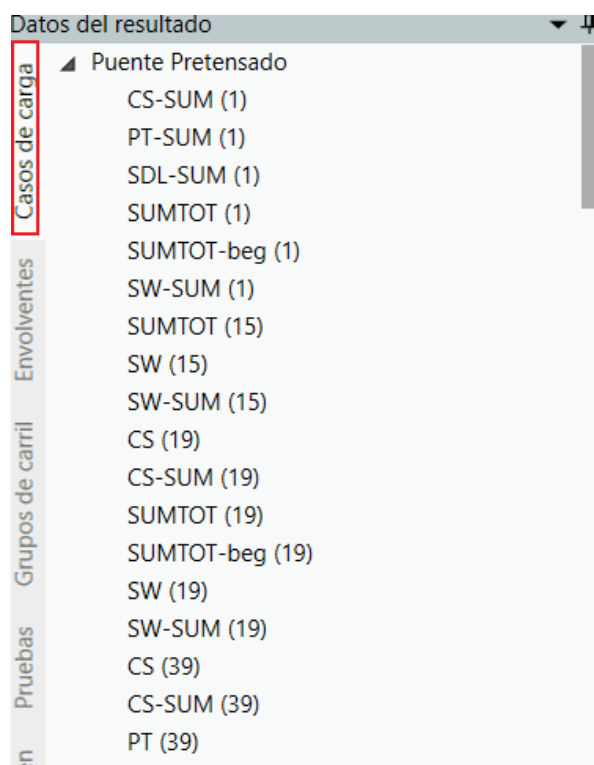
En segundo lugar, se selecciona el tipo de diagrama 3D:

Ilustración 9-10. Ejemplo de obtención de resultados en Allplan Bridge (Fuente: Elaboración Propia)



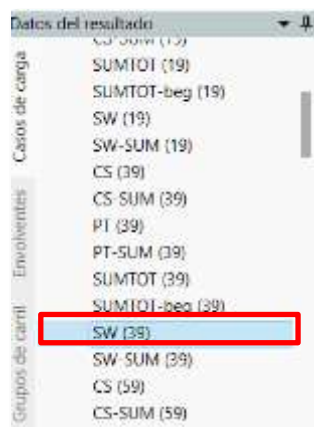
En tercer lugar, en la parte inferior del mismo menú se seleccionan los datos del resultado, que para el ejemplo será casos de carga:

Ilustración 9-11. Ejemplo de obtención de resultados en Allplan Bridge (Fuente: Elaboración Propia)



Y a continuación el caso de carga deseado:

Ilustración 9-12. Ejemplo de obtención de resultados en Allplan Bridge (Fuente: Elaboración Propia)



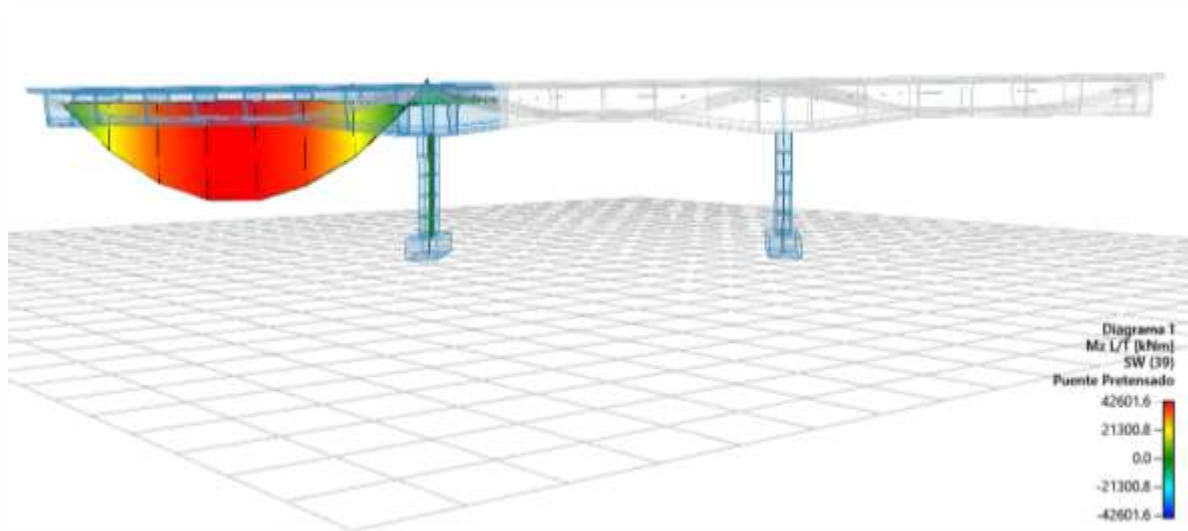
Por último, se seleccionará en la cinta superior de opciones los esfuerzos que se quieren representar:

Ilustración 9-13. Ejemplo de obtención de resultados en Allplan Bridge (Fuente: Elaboración Propia)



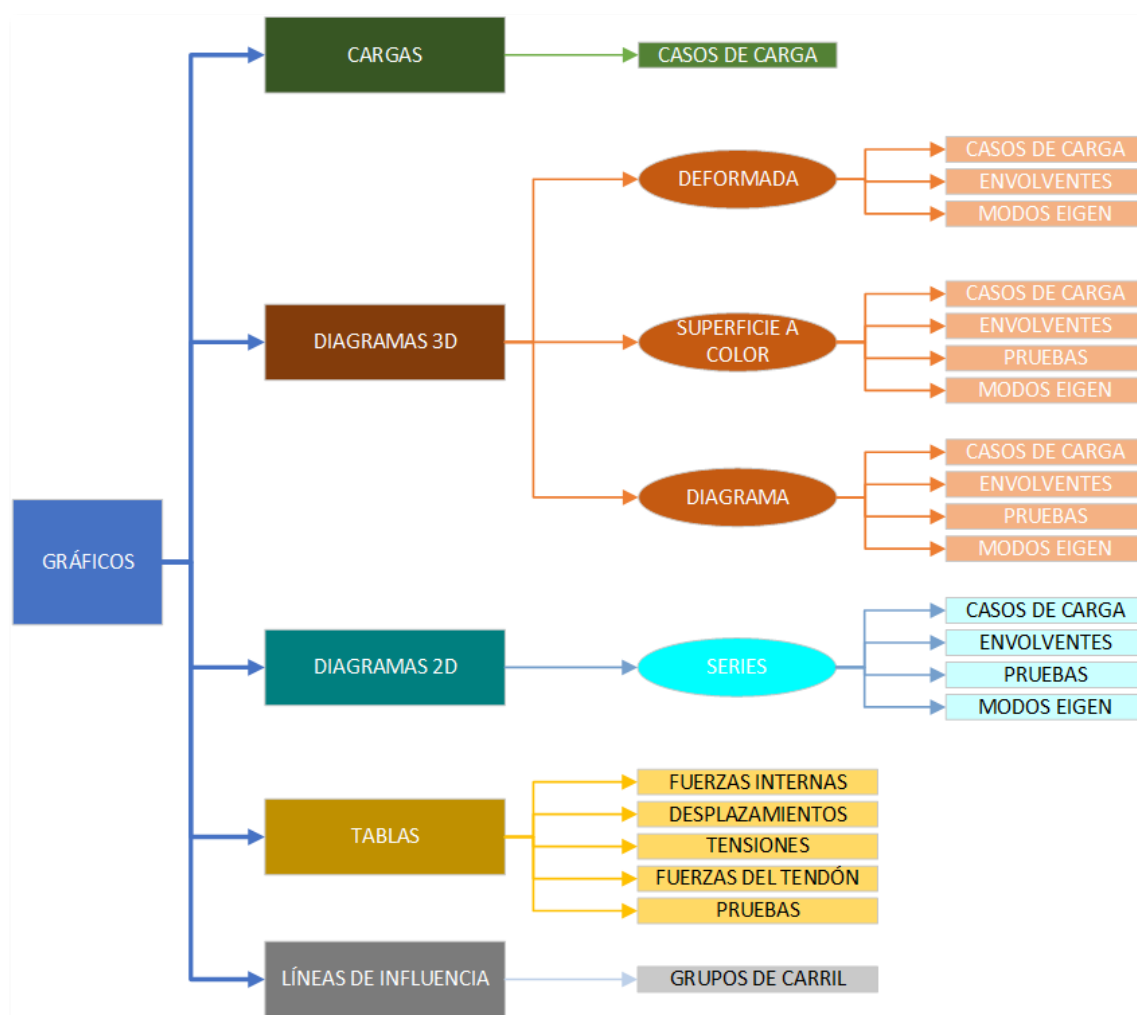
Quedando el gráfico que se buscaba:

Ilustración 9-14. Ejemplo de obtención de resultados en Allplan Bridge (Fuente: Elaboración Propia)



Todos los tipos de resultados que se pueden obtener se detallan en este esquema:

Ilustración 9-15. Esquema de gráficos (Fuente: Elaboración propia)



Los resultados que se obtienen aquí son principalmente **diagramas y gráficos**, aunque también se obtienen

las clásicas [tablas de resultados](#).

Con el fin de dar a conocer algunos tipos de gráficos, en el Anejo 1 de “DIAGRAMAS DE RESULTADOS” se exponen algunos ejemplos.

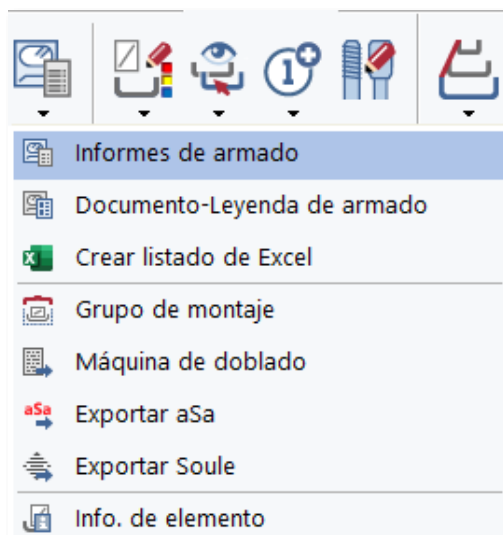
9.2 Informes Allplan Ingeniería

9.2.1 Informes de armado

Los informes son despieces de armado que pueden ser exportados a pdf, word, excel... El contenido es el mismo que el del documento-leyenda, pero con la diferencia que el informe no está vinculado al proyecto. Es decir, si posteriormente se modifica un armado, el informe de armado no se modificará mientras que el documento-leyenda lo hará automáticamente.

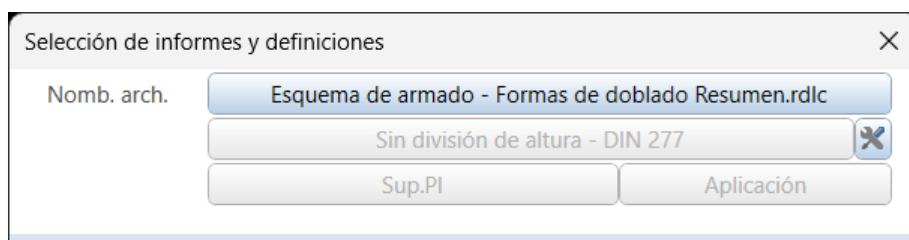
Para obtenerlo desde la pestaña de “Armadura”, se selecciona la opción de “Informes de armado” y dentro de ella “Informes de armado”.

Ilustración 9-16. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



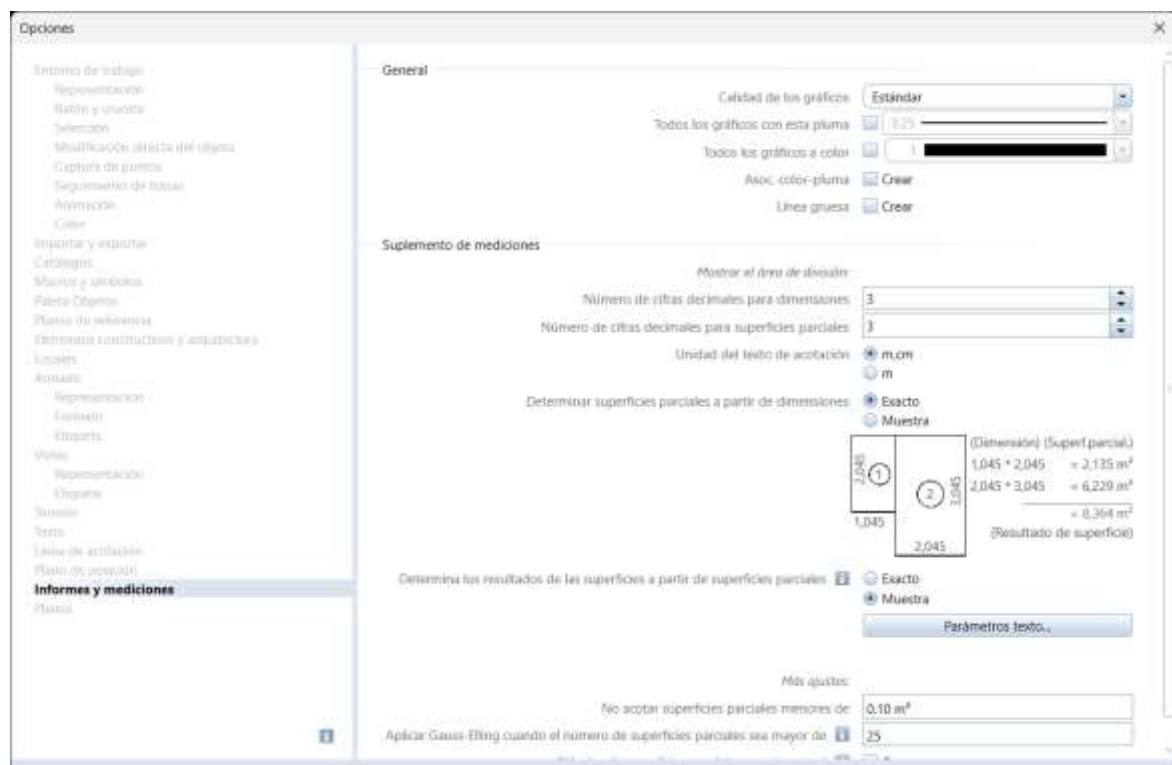
A continuación, aparece una ventana emergente, donde seleccionaremos , para ver los distintos tipos de información que podemos obtener.

Ilustración 9-17. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Posteriormente, se abre una nueva pestaña donde podemos ver y modificar la información que queramos obtener. En el caso de “Informes y mediciones”, se pueden ajustar los parámetros a gusto de la persona que los elabore.

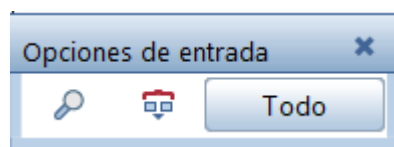
Ilustración 9-18. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Una vez establecidos, seleccionamos “Aceptar” en la nueva pestaña, devolviéndonos a la ventana que apareció en primer lugar y una vez ahí seleccionamos de nuevo “Aceptar”.

Finalmente aparece una ventana para seleccionar los elementos a introducir en el listado, en este caso seleccionaremos “Todos”

Ilustración 9-19. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Una vez seleccionados, el programa elabora unos informes que podremos obtener en los distintos formatos.

Ilustración 9-20.Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)

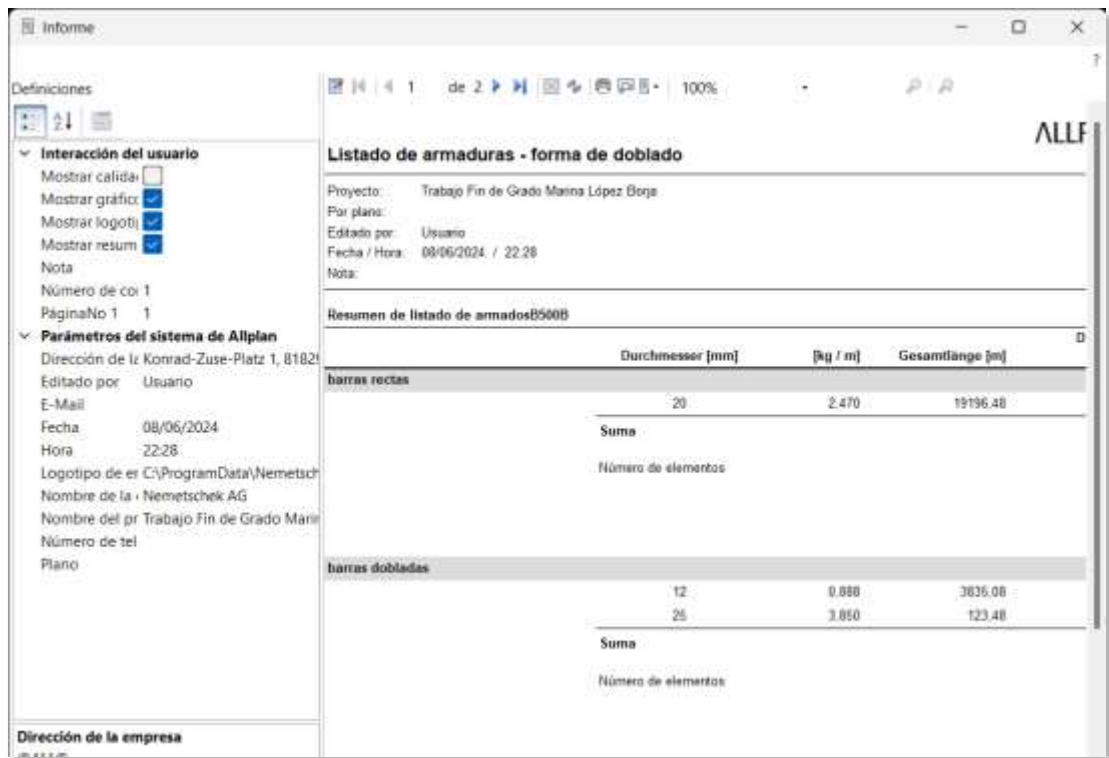
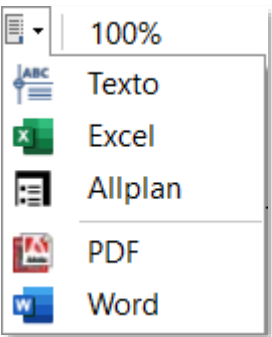


Ilustración 9-21.Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



En el Anejo 2 “INFORMES DE ARMADO”, se encontrarán todos los informes que el programa nos puede dar dentro es este ámbito.

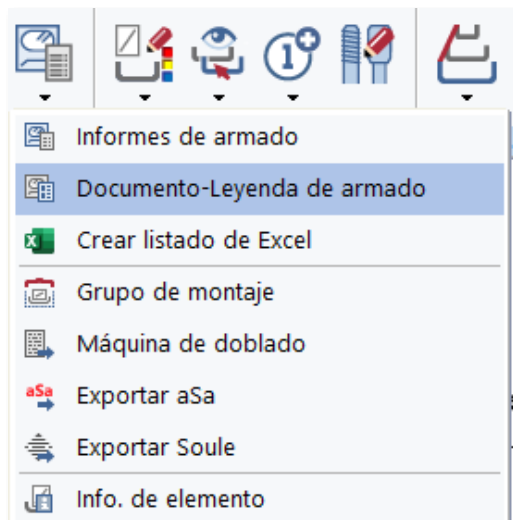
9.2.2 Documento-leyenda. Planos

En cuanto a los resultados obtenidos en Allplan, la obtención de estos no es automática y es necesario trazarlos.

En primer lugar, resulta imprescindible saber que todo aquello que se desee plasmar en un plano debe ser dibujado en la vista en planta, que en el modelo de trabajo mostrado es la ventana de la izquierda.

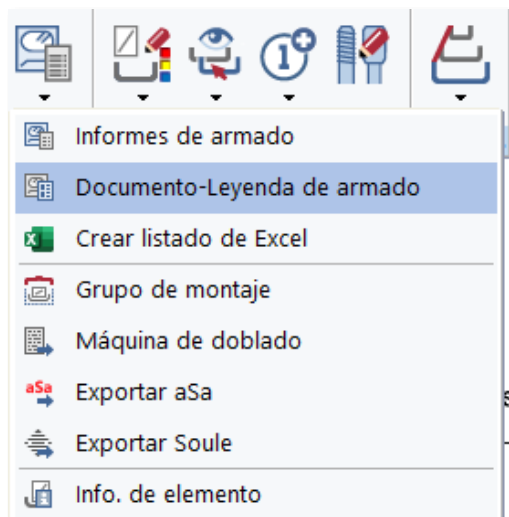
El programa ofrece infinidad de opciones que mostrar, pero la más atractiva es el listado de barras según las formas de doblado. Para obtenerlo, desde la pestaña de “Armadura”, se selecciona la opción de “Informes de armado” y dentro de ella “Documento-Leyenda de armado”, como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 9-22. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



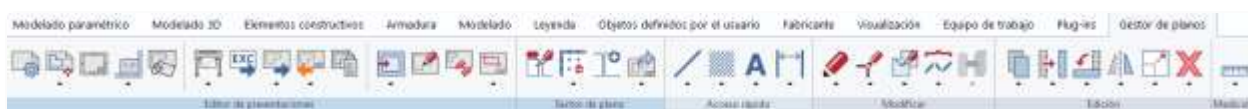
El listado de barras que se muestra contendrá parámetros para agrupar las barras por su forma y no por sus dimensiones exactas. Para poder ver las dimensiones exactas de cada barra, desde la pestaña de “Armado”, se selecciona la opción de “Esquema completo” y dentro de ella la de “Esquema global”. Después, se indica el número de la barra que interesa y ya se podrá insertar en la vista de planta dicha tabla. A continuación, se muestra la ubicación de la opción en cuestión:

Ilustración 9-23. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Una vez se haya dibujado en planta todo lo que se quiere plasmar en los planos, se comienza a trabajar en la pestaña “Gestor de planos”.

Ilustración 9-24. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



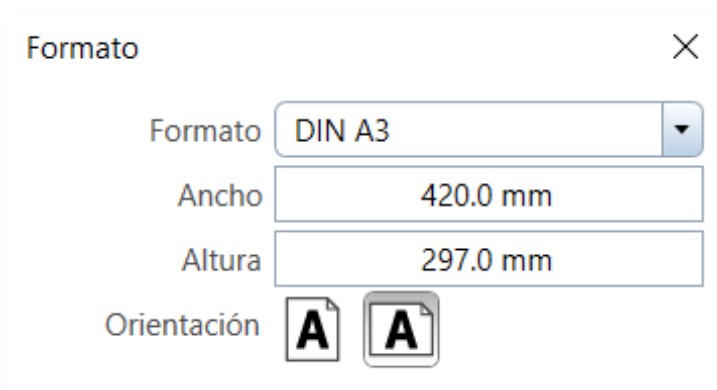
Para empezar, se seleccionará el formato de la hoja pulsando la opción “Configurar página”  de la sección de “Editor de presentaciones”.

Ilustración 9-25. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



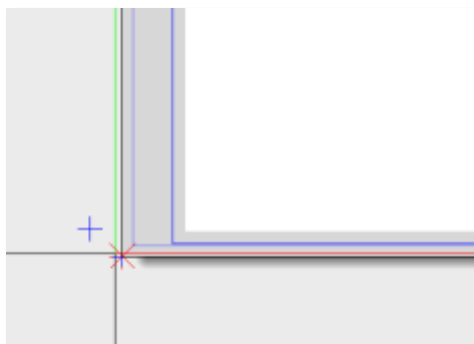
A continuación, se establecerán los límites de dibujo con la opción “Borde de plano”  de la misma sección.

Ilustración 9-26. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



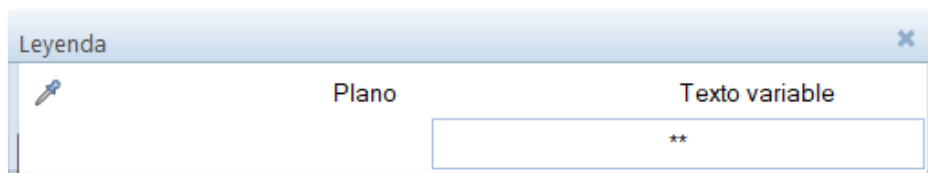
Y se inserta en la esquina inferior izquierda:

Ilustración 9-27. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



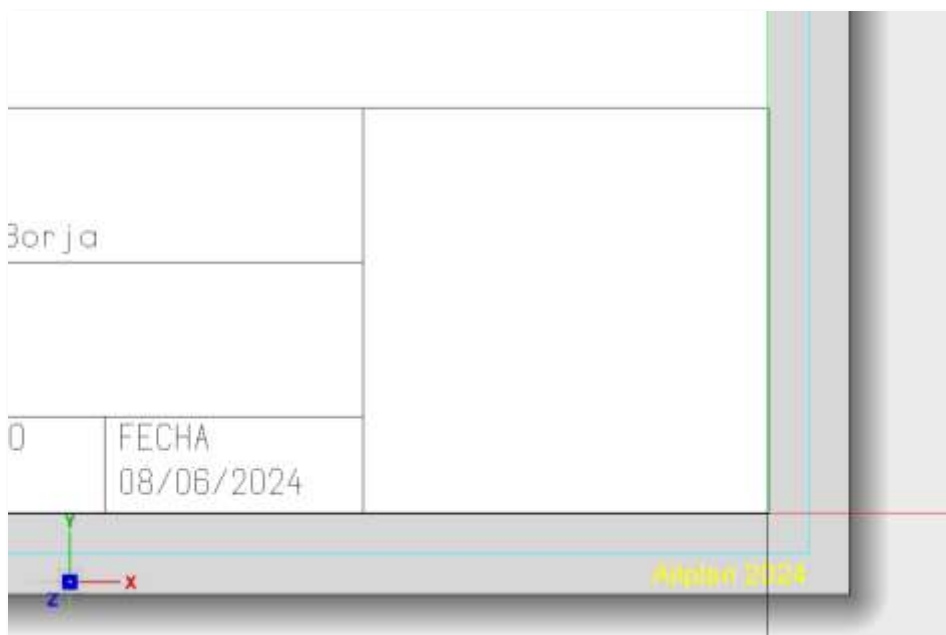
Para terminar de dar formato al plano se puede insertar un cajetín desde la opción “Etiquetar borde del plano” . Una vez pulsado el borde del plano que se ha insertado en el paso anterior, saldrá el siguiente menú:

Ilustración 9-28. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



En el que se podrá seleccionar el tipo de cajetín pulsando en el recuadro inferior derecho. Una vez seleccionado el cajetín, se inserta en el plano:

Ilustración 9-29. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Con el formato establecido, es hora de insertar aquello que se había dibujado en planta. Esto es posible con la herramienta “Elemento de plano” , también dentro de la sección de “Editor de presentaciones”. Una vez seleccionada, se despliega un menú en el que se hará clic sobre “Jerarquía del modelo”,

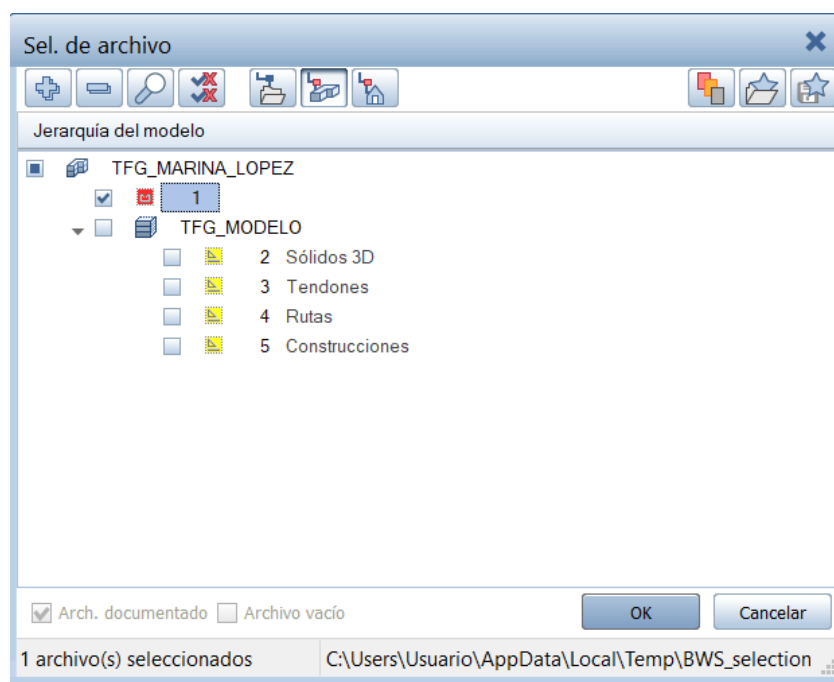
destacada en la siguiente imagen:

Ilustración 9-30. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Allí, se podrán observar todos los archivos del programa y se seleccionará exclusivamente el llamado “1”, que se observa a continuación y es donde se almacena todo lo dibujado en planta:

Ilustración 9-31. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Se insertará todo lo dibujado en planta en una gran ventana. Haciendo doble clic sobre ella se puede modificar la escala del dibujo y de la fuente. Para recortarla y que se quede solo aquello que nos interesa, se usa la herramienta “Ventana de plano”  y se selecciona la opción “*Crear sector de un archivo insertado*”. Habrá que indicar la ventana a recortar y el recorte que se desea realizar. Este proceso se llevará a cabo para cada uno de los elementos que se quiera insertar en el plano.

Para gestionar los planos, en la esquina superior izquierda se puede cambiar de plano en el icono .

Por último, para imprimir los planos se usa la herramienta “Trazar planos”

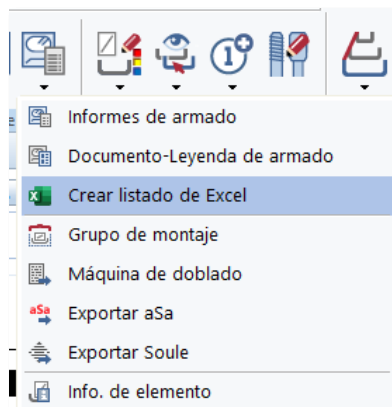
Los planos trazados para el presente trabajo se muestran en el Anejo 3 “PLANOS DE FERRALLA”.

9.2.3 Exel

Por último, el programa nos ofrece una hoja de cálculo de Excel. Al igual que ocurre con el informe de armado, una vez se ha obtenido, no se modificará automáticamente.

Para obtenerlo lo haremos desde la pestaña de “Armadura”, seleccionando la opción de “Informes de armado” y dentro de ella “Crear listado de Excel”, como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 9-32. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)

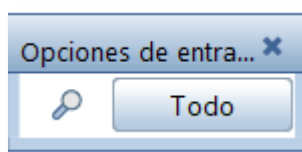


A continuación, seleccionamos los elementos de los cuales queremos obtener más información, en este caso, queremos información de todos los elementos, por lo que hacemos doble clic para seleccionarlo todo o en la ventana emergente directamente “Todo”.

Ilustración 9-33. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)

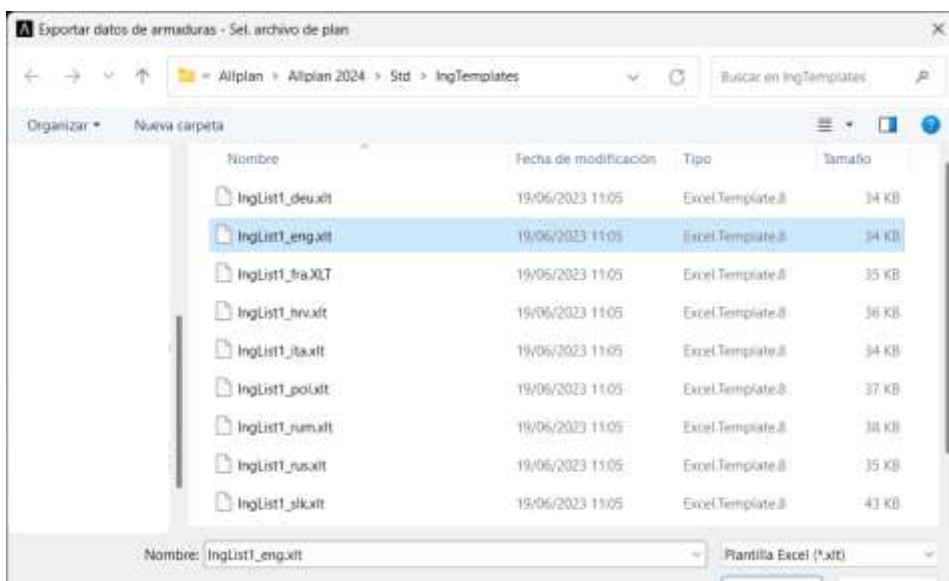
«Crear listado de Excel» Sel. elementos a incluir en el listado/ Doble clic=Todo

Ilustración 9-34. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



Una vez seleccionado, se abre la siguiente ventana:

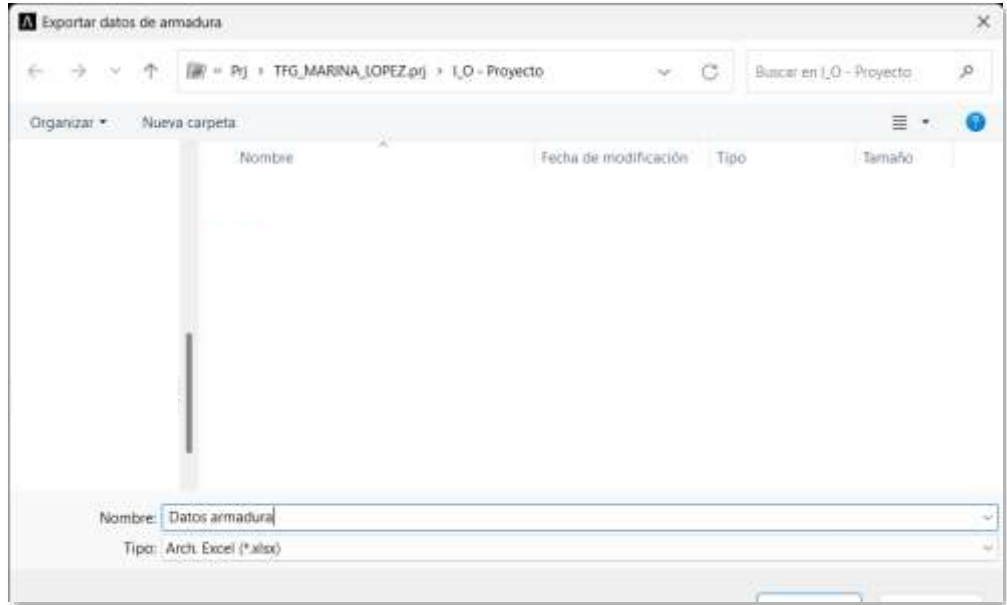
Ilustración 9-35. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



En esta ventana, elegimos el idioma en el que queremos exportar los datos de Excel, dado que no está el

castellano, elegiremos el inglés, y aceptamos. Luego, se abre la siguiente ventana. Le ponemos el nombre que deseemos a la hoja de Excel y aceptamos.

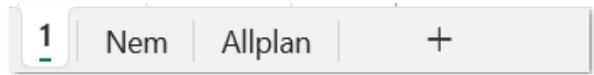
Ilustración 9-36. Indicaciones en el programa (Fuente: Elaboración propia)



A continuación pasamos a analizar el Excel.

Aparecen 3 hojas:

Ilustración 9-37. Indicaciones hoja Excel (Fuente: Elaboración propia)



Analizamos la hoja “1”, donde encontraremos resumida la información del armado como por ejemplo el diámetro usado, longitudes de barras, etc. Así como el peso del acero dispuesto.

Ilustración 9-38. Indicaciones hoja Excel (Fuente: Elaboración propia)

Mark	Φ	Length [m]	Pcs	Total length [m]
				B500B
				B500B12
1	B500B12	9.14	134	1224760.00
2	B500B12	9.73	134	1303820.00
3	B500B12	9.75	134	1306500.00
4	B500B20	9.96	138	1374480.00
5	B500B20	7.90	1140	9006000.00
6	B500B20	2.90	3040	8816000.00
7	B500B25	4.41	28	123480.00
Total		m (m ²)		23155040.00
		kg/m (kg/m ²)		2.215
		kg		51296255.00
		kg		51296255.00

10 CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

En el presente capítulo proporcionaremos al lector en las conclusiones del trabajo fin de grado, y sugeriremos posibles nuevas líneas de trabajos para futuros trabajos fin de grados o de máster, a realizar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.

10.1 Conclusiones

Como conclusión de este trabajo, se pueden establecer los siguientes puntos basados en la experiencia adquirida durante el desarrollo del diseño de una tipología de puentes con tecnología BIM y su viabilidad para la redacción de proyectos de construcción:

1. El potencial de este programa para futuros proyectos es inmenso, ya que proporciona resultados e informes muy detallados, especialmente en lo que respecta al armado y los listados de barras.
2. La capacidad del programa para compartir archivos facilita el seguimiento de la metodología BIM, permitiendo un trabajo en equipo eficiente y colaborativo.
3. En comparación a otros programas usados en la carrera, como Midas Civil, el manejo de Allplan Bridge resulta intuitivo y sencillo desde el principio, ya que sigue un orden lógico de funcionamiento según la disposición de los menús. Sin embargo, los procesos que se ejecutan en Allplan dejan de ser tan intuitivos y si admiten margen de mejora.
4. El orden a la hora de disponer una forma de barra resulta muy instintivo y cómodo, aunque hay veces que es mejor seguir otro orden.
5. La amplia gama de formas de barras es muy útil ya que permite armar secciones de formas muy distintas. Sin embargo, en el momento en el que se necesita una forma de armado más rara, estaría bien disponer de alguna herramienta que permita una superposición de armados. Por ejemplo a la hora de elaborar los estribos, al tener zonas rectas y zonas circulares, al usar la “Forma libre”, la parte circular deja bastante que desear.
6. En cuanto a la elaboración de planos, sería más cómodo usar la forma de trazar planos seguida en AutoCAD.

10.2 Futuras Líneas de investigación

En el presente trabajo se han desarrollado diversos aspectos de la construcción digital de los puentes de tablero continuos y canto variable de sección cajón de hormigón, así como la elaboración de planos de armado para elementos de sección constante, pero para la eficiente aplicación del programa en el ámbito profesional, sería bueno investigar sobre:

La capacidad de conexión del programa con otros, especialmente con programas informáticos de mediciones y presupuesto como podría ser Presto o de programación y planificación como Project.

·Evolución del programa en años venideros acerca de los cálculos que le faltan por realizar, o en su defecto, mejores soluciones que la empleada en este trabajo

REFERENCIAS

- [1] AENOR, “Norma UNE-EN ISO 19650-2:2019 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1,” 2019.
- [2] D. Pérez Viera and B. González González, “MODELADO BIM DE UNA LÍNEA FERROVIARIA DE ALTA VELOCIDAD CON DYNAMO PARA DIRECCIÓN DE OBRA,” Sevilla, 2021.
- [3] Paula Sánchez Cristo and Blas González Gnazález “*VIRTUALIZACIÓN DEL PUENTE DEL CENTENARIO CON ALLPLAN BRIDGE MEDIANTE MODELO BIM*”, Sevilla 2023.
- [4] Diego Laffón Fernández-Trueba and Blas González Gnazález “*DIMENSIONAMIENTO DE MODELOS BIM DE PUENTES CON ALLPLAN BRIDGE*”, Sevilla 2023.
- [5] Tomás de la Hera de Oya and Blas González Gnazález “*DISEÑO DE PUENTES CON TECNOLOGÍA BIM. APLICACIÓN DE ALLPLAN BRIDGE*”, Sevilla 2023.
- [6] Carmen Vera Galindo; Blas González González, “Trabajo Fin de Máster MODELO BIM 5D COSTES,” 2018.
- [7] Juan Bautista Bermejo: Blas González González, “Aplicación De La Metodología Bim Al Proyecto De Construcción De Un Corredor De Transporte Para Un Complejo Industrial - Modelo Bim 4D Planificación,” 2018.
- [8] J. Monar González and B. González González, “Trabajo Fin de Grado Ingeniería Civil Modelado BIM para Proyecto AS-BUILT de Infraestructuras Lineales.”
- [9] A. Hernandez and B. Gonzalez, *Construcción Digital de una Conexión Viaria de la Red de Carreteras de Andalucía con Modelos BIM*. 2020.
- [10] D. Perez Viera and B. González González, “MODELADO BIM DE UNA LÍNEA FERROVIARIA DE ALTA VELOCIDAD CON DYNAMO PARA DIRECCIÓN DE OBRA,” Sevilla, 2021.
- [11] J. Manterola, “Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción.”
- [12] S. Cremades Monleón, *INGENIERIA DE PUENTES análisis estructural*. .
- [13] MIDAS, “MIDAS CIVIL.” [Online]. Available: <https://www.midasoft.com/es/latinoamerica/productos/ingenieriadepuentes/midascivil>. [Accessed: 22-Jun-2024].
- [14] Autodesk, “Robot Structural Analysis.” [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. [Accessed: 22-Jun-2024].
- [15] Sofistik, “SOFISTIK.” [Online]. Available: <https://www.sofistik.de/produkte/statik-fem/brueckenbau>. [Accessed: 22-Jun-2024].

- [16] NEMETSCHEK, "ALLPLAN Bridge." [Online]. Available: <https://www.allplan.com/es/productos/allplan-bridge/>. [Accessed: 22-Jun-2024].
- [17] Asociación Española de Normalización UNE, "Norma UNE-EN ISO 19650-1:2019 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling) Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling) Parte 2: ," *Une-En-Iso-19650-2-2019*, 2019.
- [18] R. Bäck and A. Niedermaier, *Allplan Compendio BIM Teoría y práctica*. .
- [19] Ministerio de Fomento, *Norma Sismorresistente NCSE-02*, no. 1. 2004.
- [20] Ministerio de Fomento, "Instrucción sobre las acciones a cosniderar en el proyecto de puentes de carretera - IAP-11," p. 88, 2012.
- [21] ALLPLAN GmbH, Ed., *ALLPLAN BRIDGE 2023 Guía de inicio*. 2023.
- [22] Código Estructural. "Anejo 19 Proyecto de estructuras de hormigón. Reglas generales y reglas para edificación"

Anejo 1. DIAGRAMAS DE RESULTADOS

DIAGRAMA 1. REPRESENTACIÓN DE CASO DE CARGA. PESO PROPIO

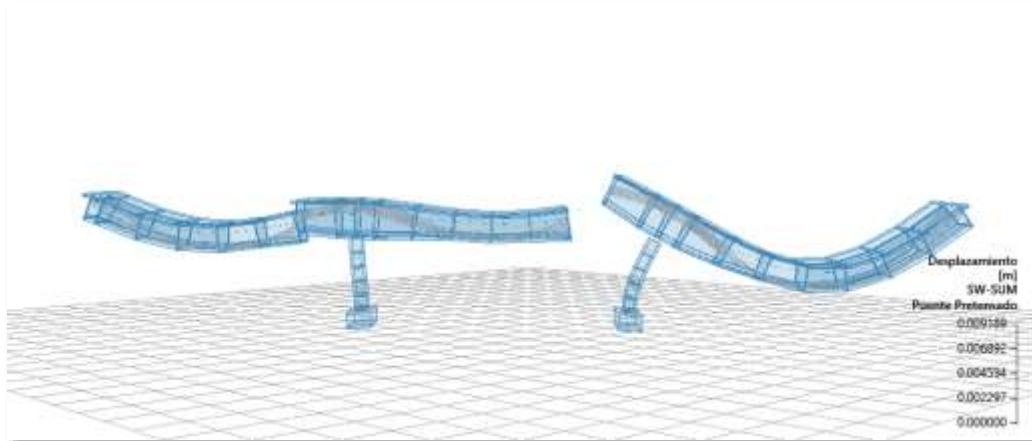


Ilustración Anejo 1. 1. Deformada peso propio (Fuente: Elaboración Propia)

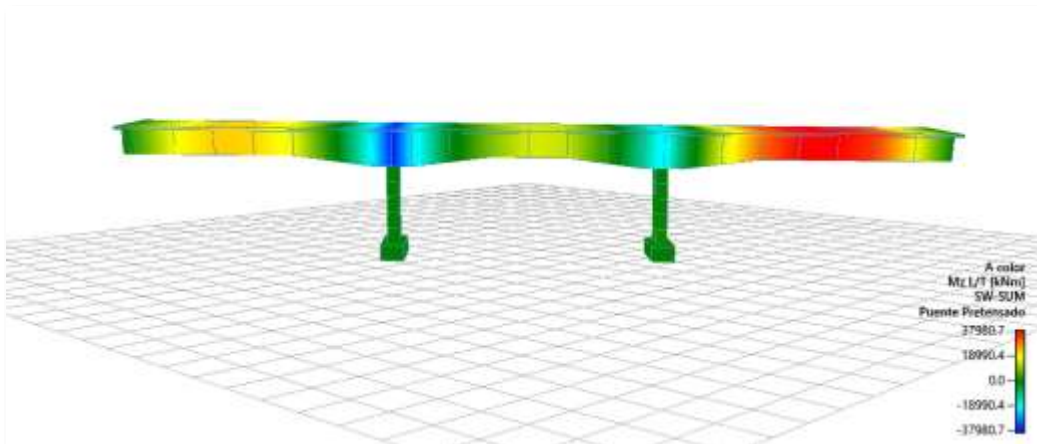


Ilustración Anejo 1. 2. Superficie a color del Mz del peso propio (Fuente: Elaboración Propia)

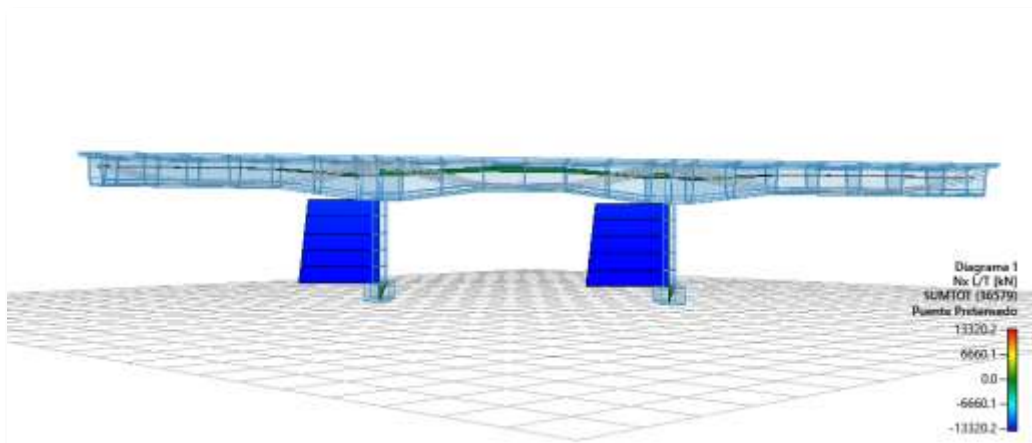


Ilustración Anejo 1. 3. Diagrama 3D del Mz del peso propio (Fuente: Elaboración Propia)

DIAGRAMA 2. REPRESENTACIÓN DE ENVOLVENTE. ELS FRECUENTE.

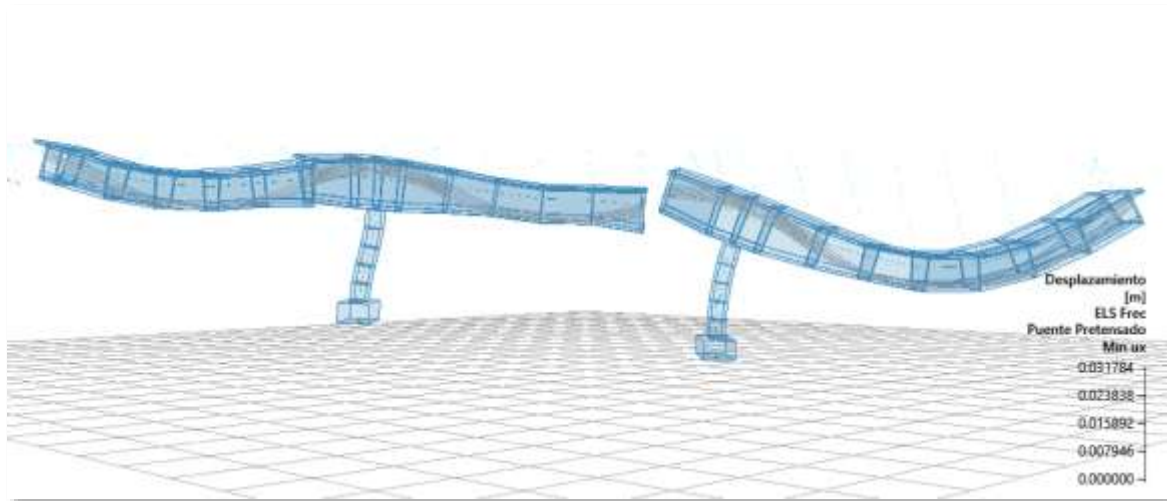


Ilustración Anejo 1. 4. Deformada ELS Frecuente (Fuente: Elaboración Propia)

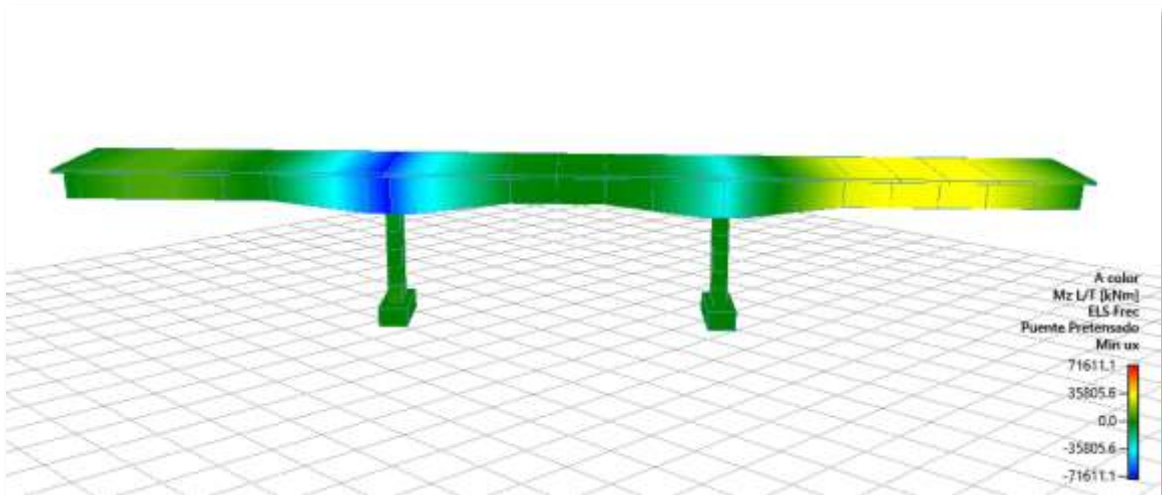


Ilustración Anejo 1. 5. Superficie a color del Mz del ELS Frecuente (Fuente: Elaboración Propia)

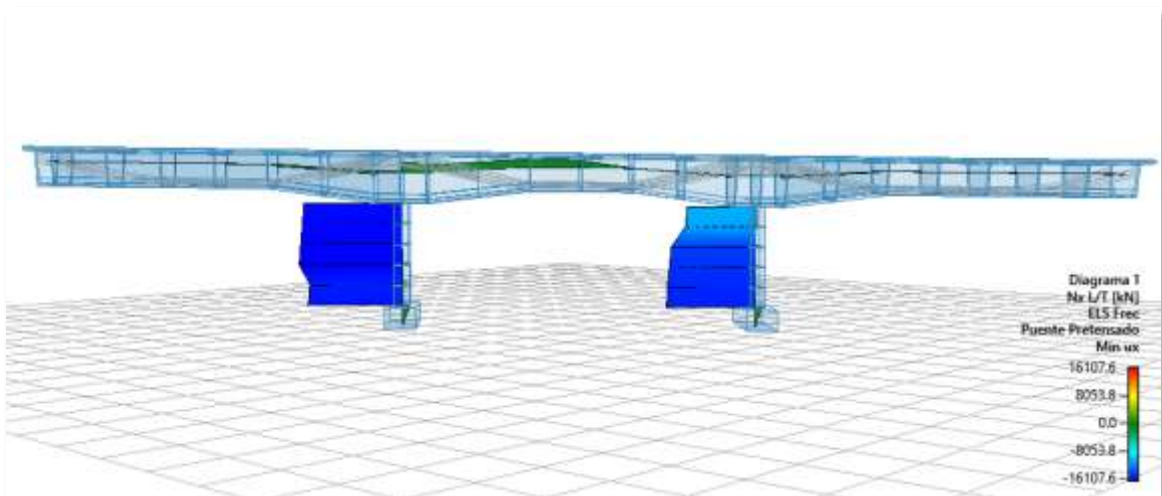


Ilustración Anejo 1. 6. Diagrama 3D del Mz del ELS Frecuente (Fuente: Elaboración Propia)

DIAGRAMA 3. LÍNEAS DE INFLUENCIA DE CARRIL VIRTUAL

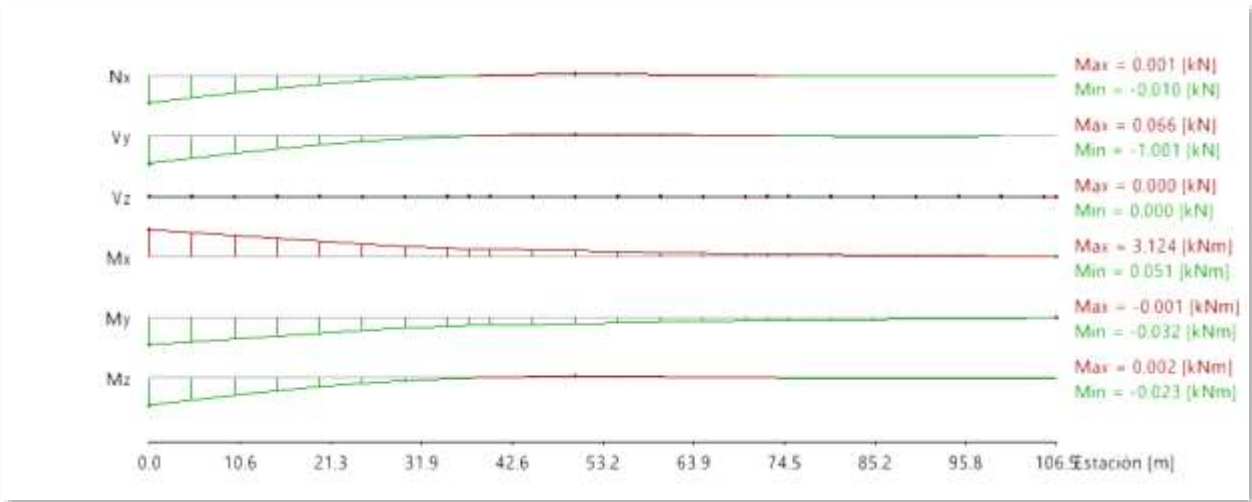


Ilustración Anejo 1. 7. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

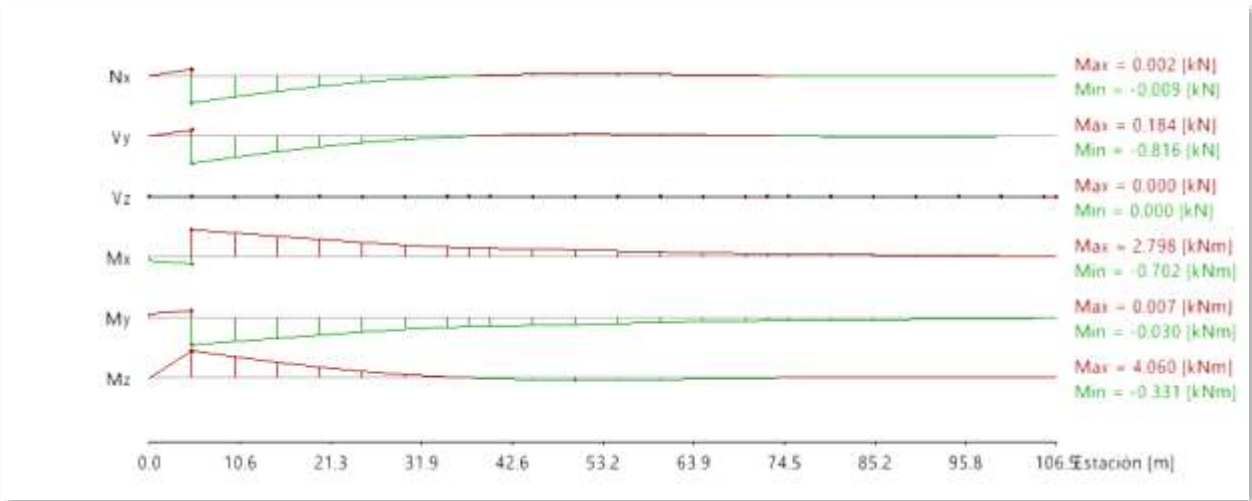


Ilustración Anejo 1. 8. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

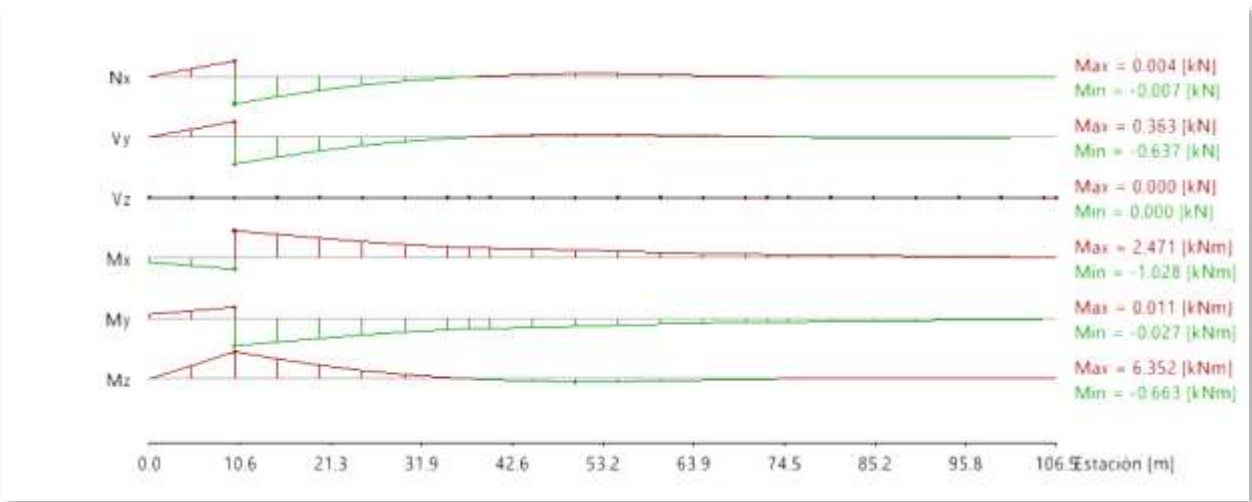


Ilustración Anejo 1. 9. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

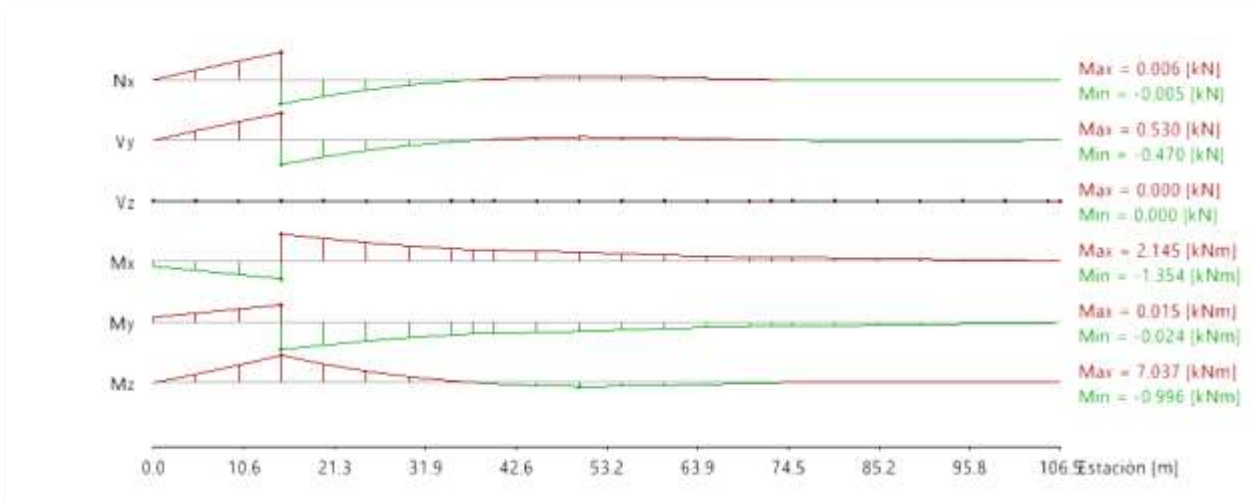


Ilustración Anejo 1. 10. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

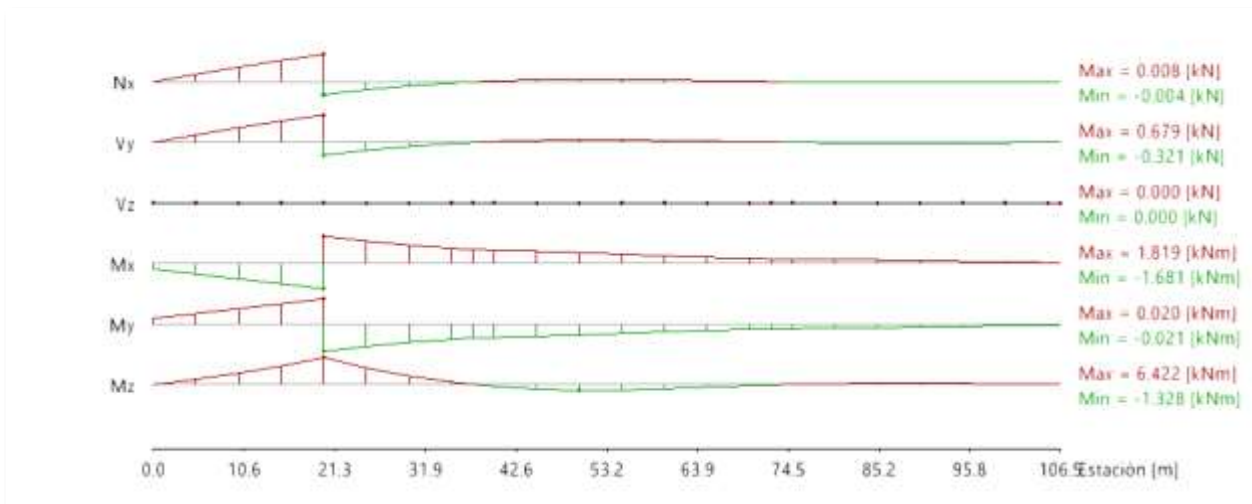


Ilustración Anejo 1. 11. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

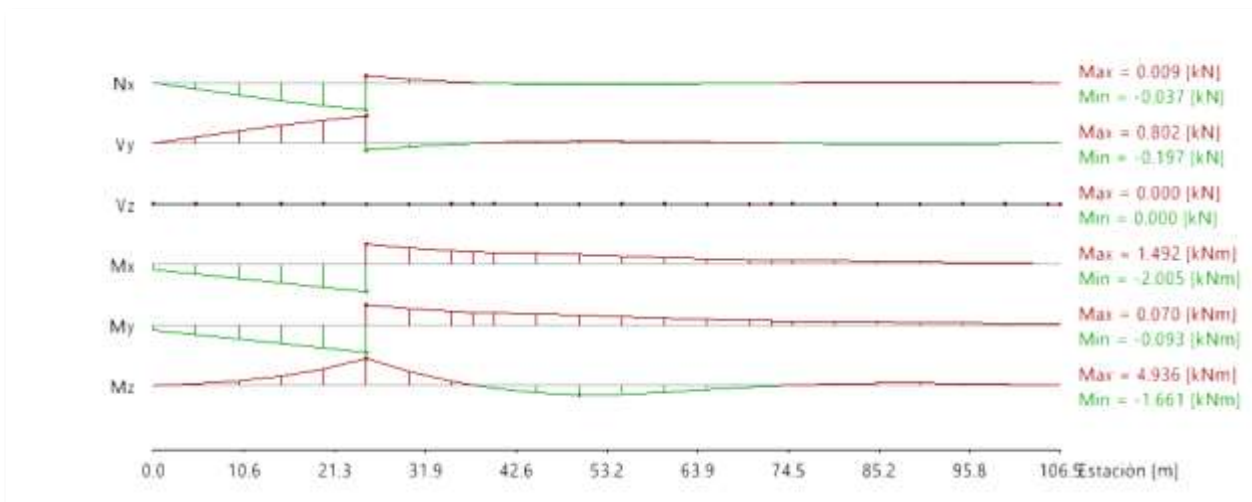


Ilustración Anejo 1. 12. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

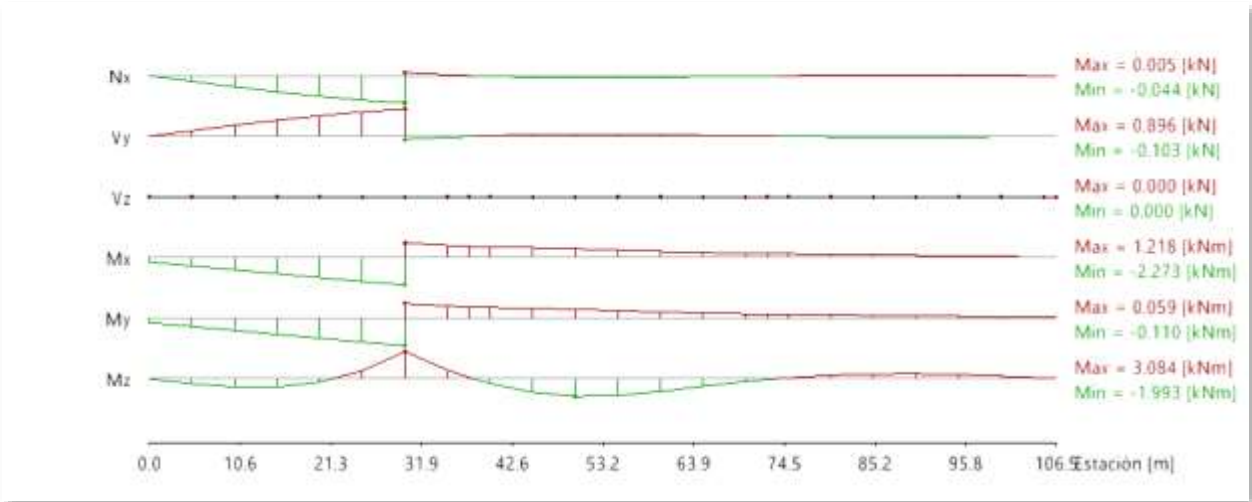


Ilustración Anejo 1. 13. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

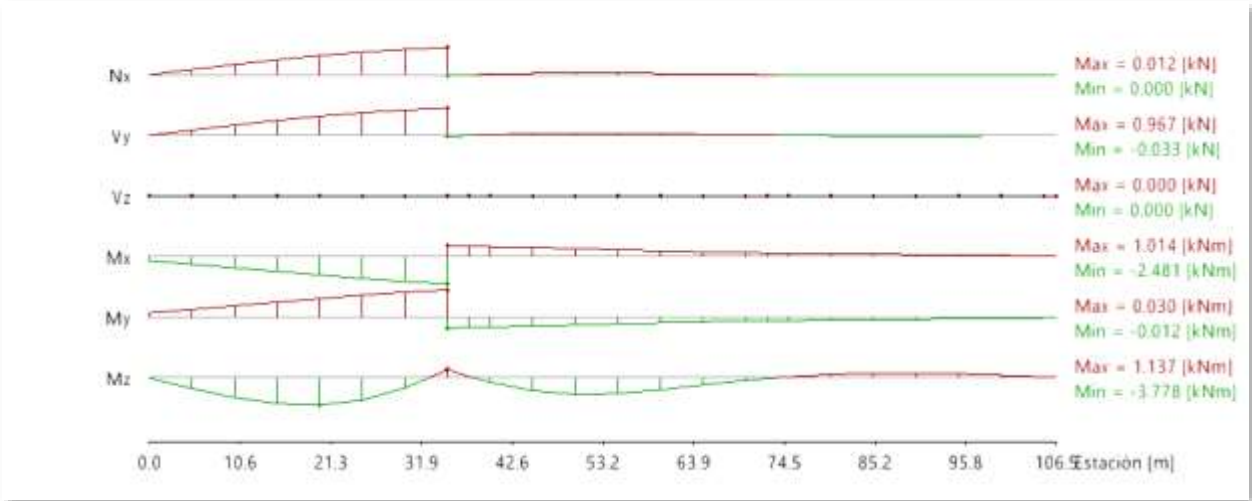


Ilustración Anejo 1. 14. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

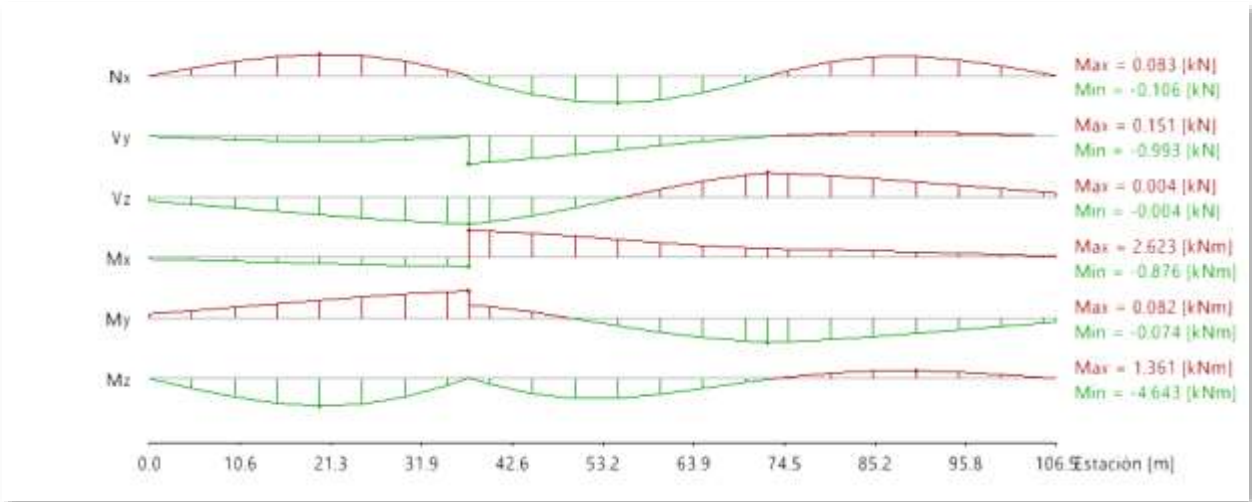


Ilustración Anejo 1. 15. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

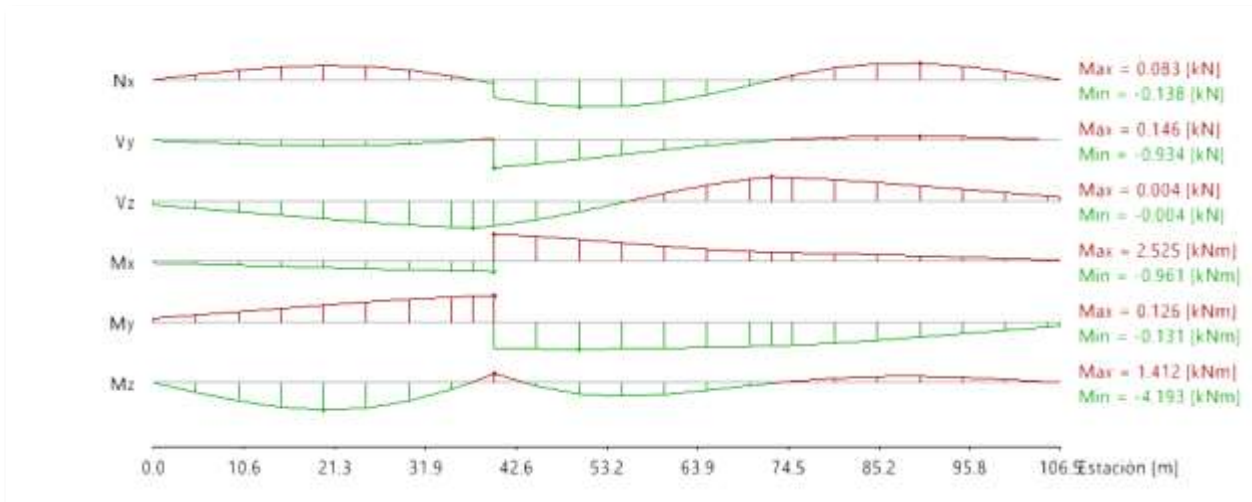


Ilustración Anejo 1. 16. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

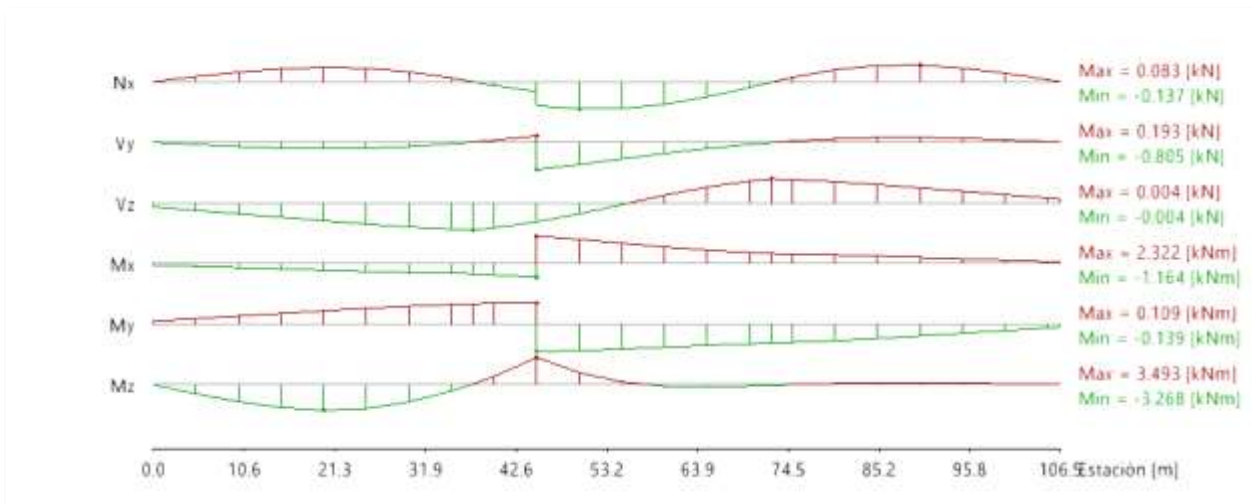


Ilustración Anejo 1. 17. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

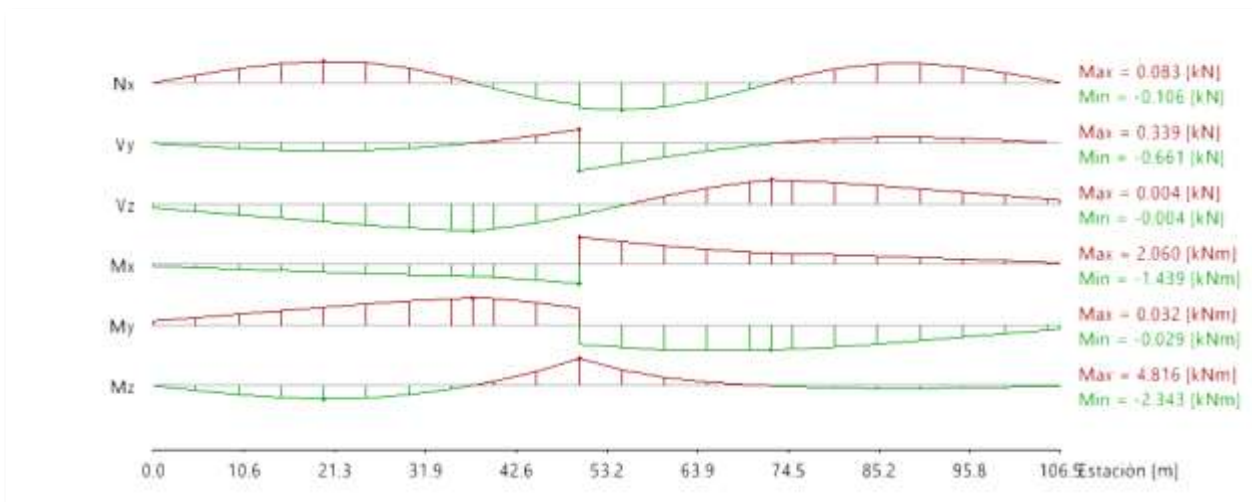


Ilustración Anejo 1. 18. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

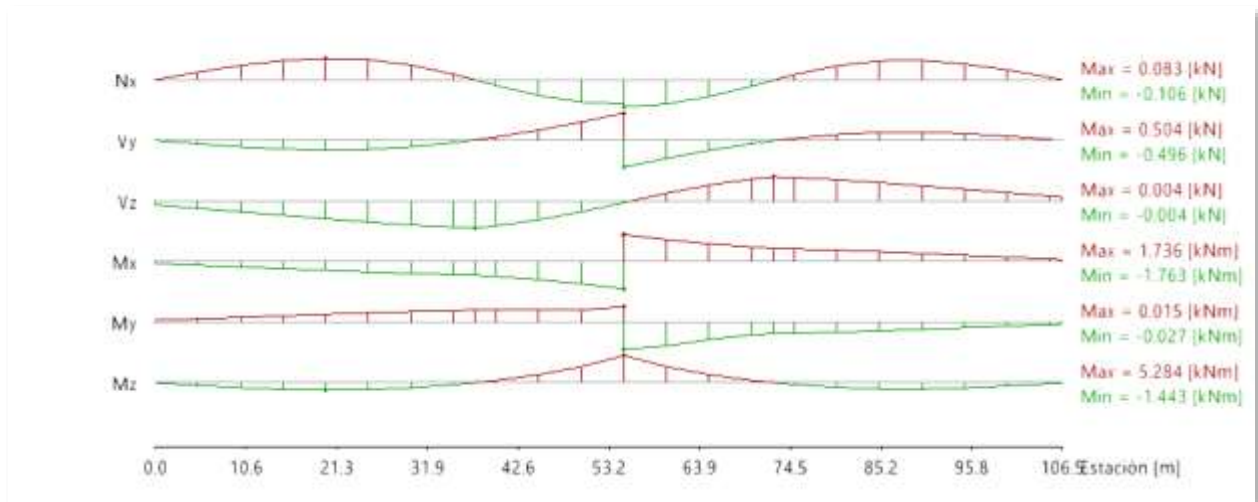


Ilustración Anejo 1. 19. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

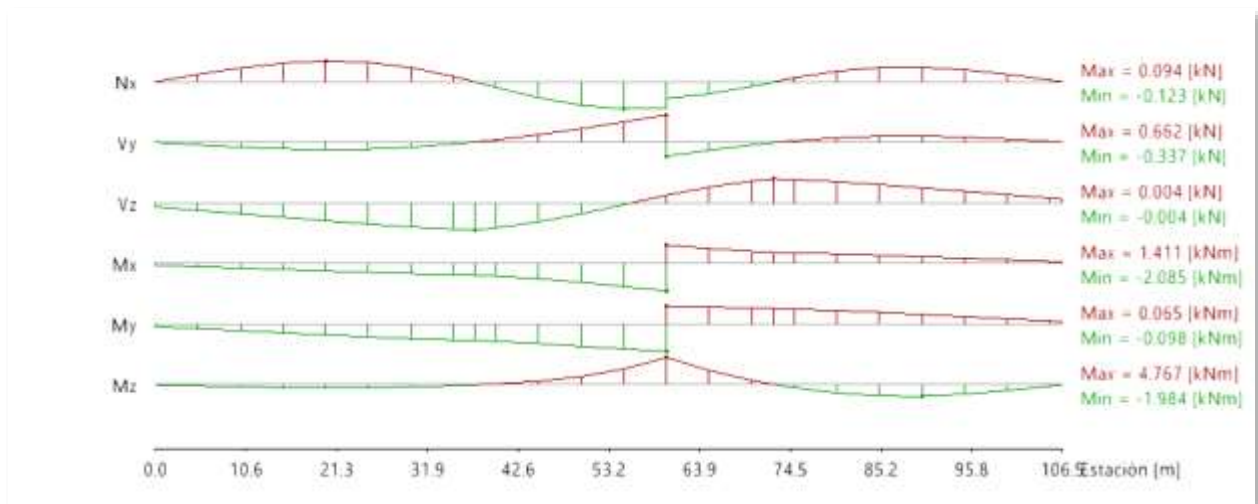


Ilustración Anejo 1. 20. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

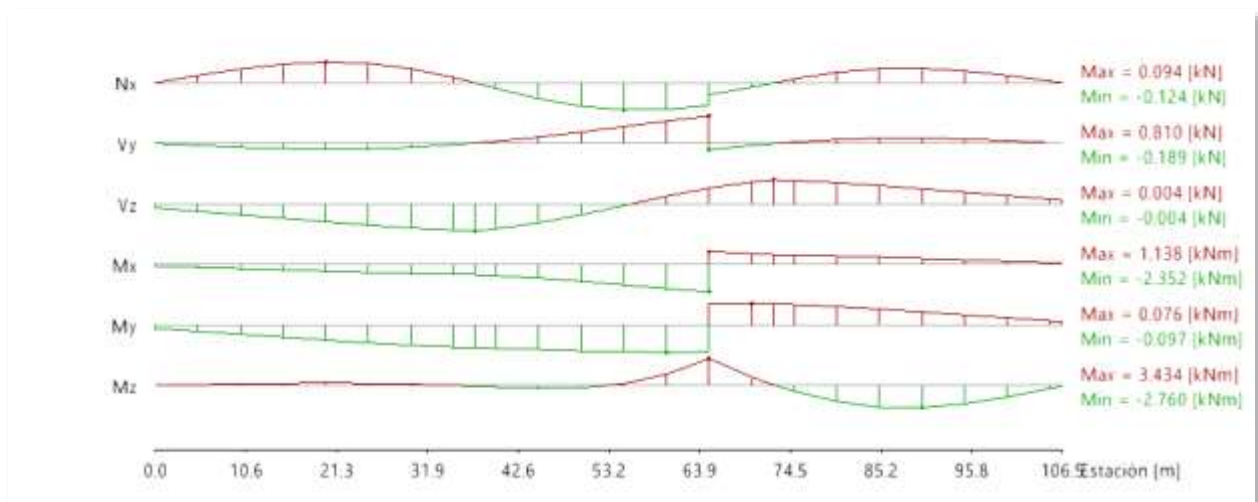


Ilustración Anejo 1. 21. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

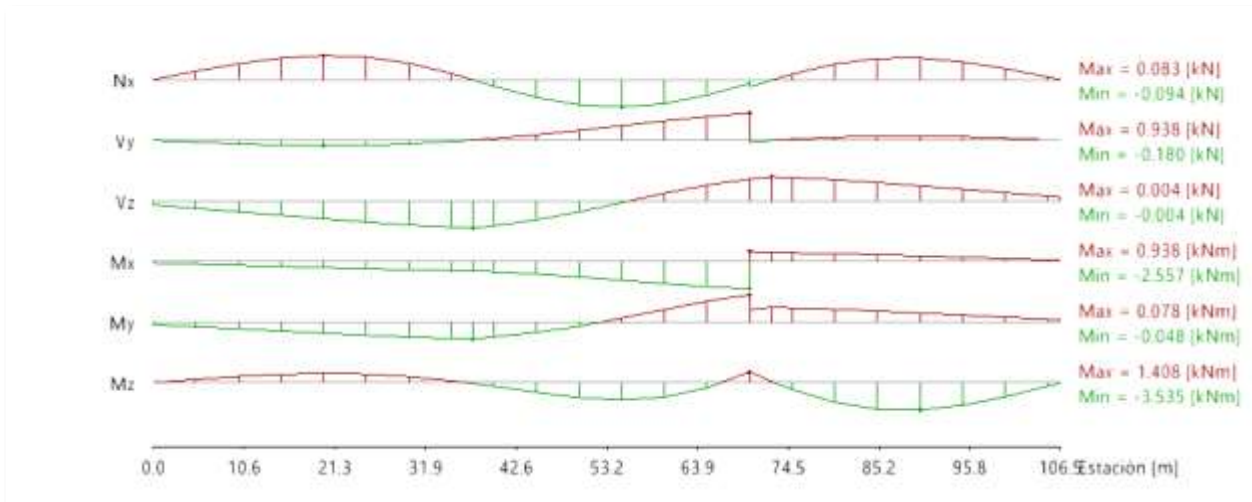


Ilustración Anejo 1. 22. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

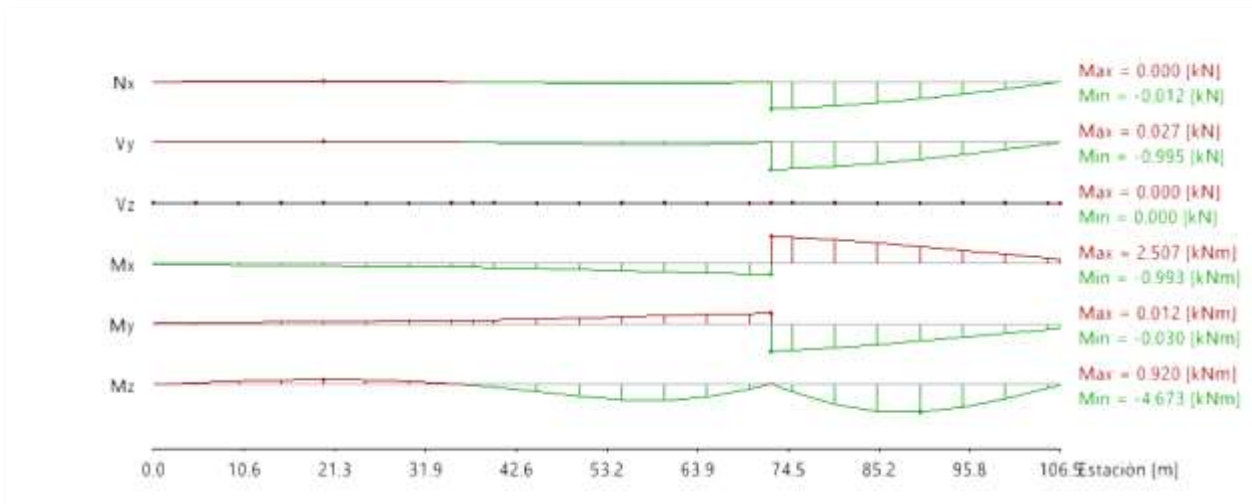


Ilustración Anejo 1. 23. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

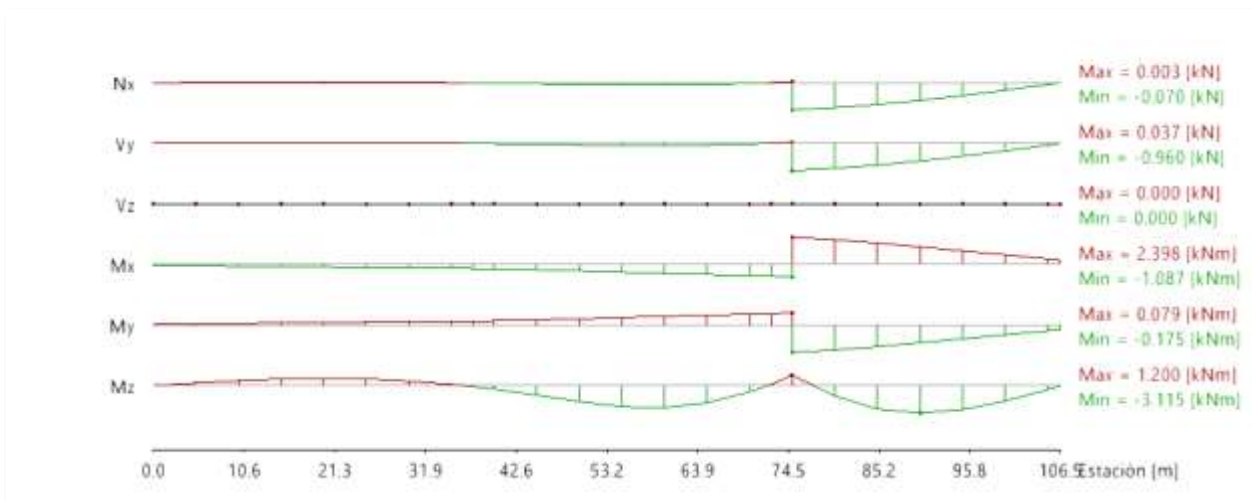


Ilustración Anejo 1. 24. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

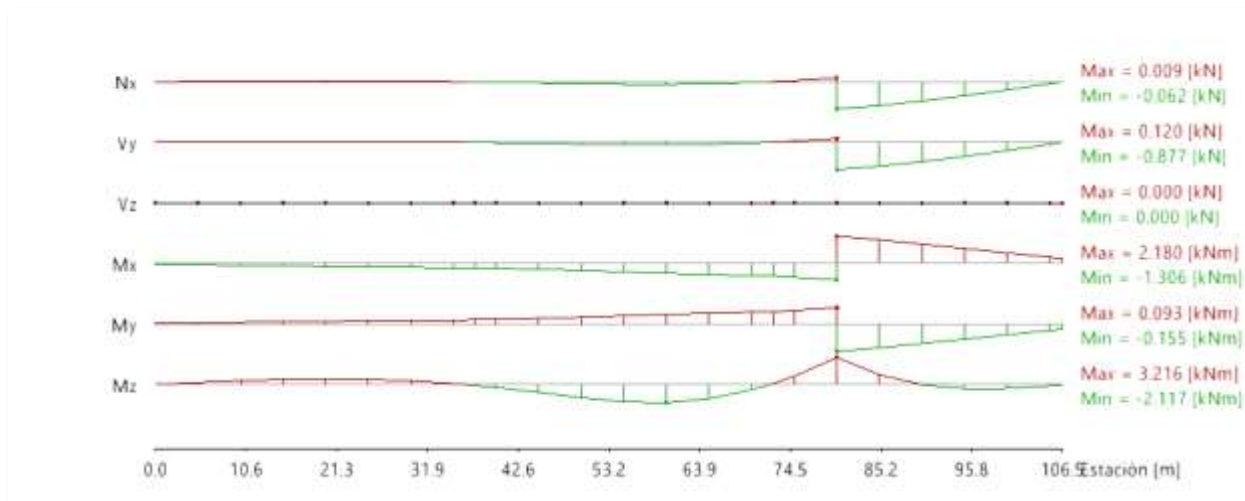


Ilustración Anejo 1. 25. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

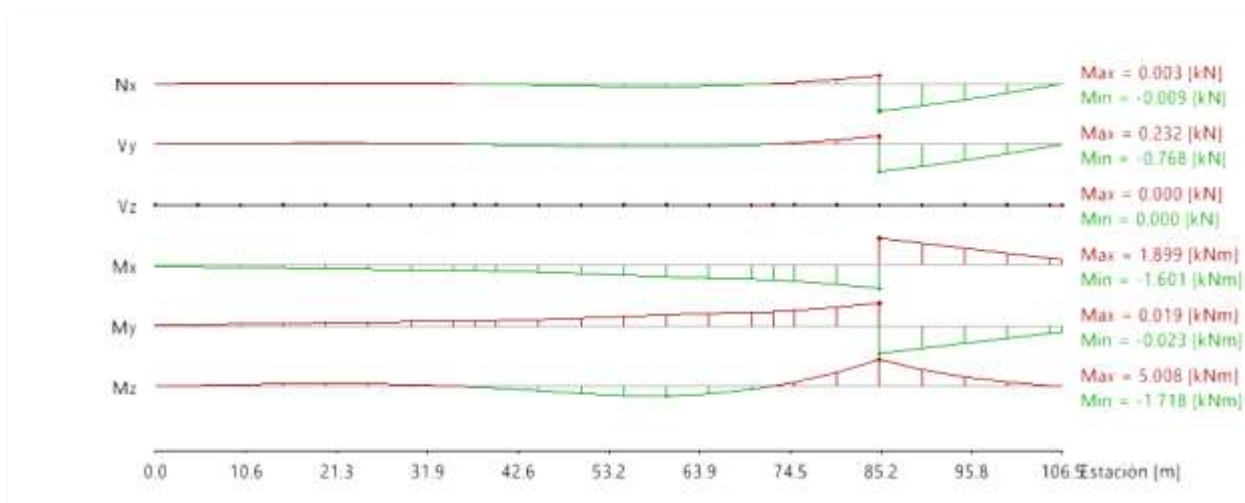


Ilustración Anejo 1. 26. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

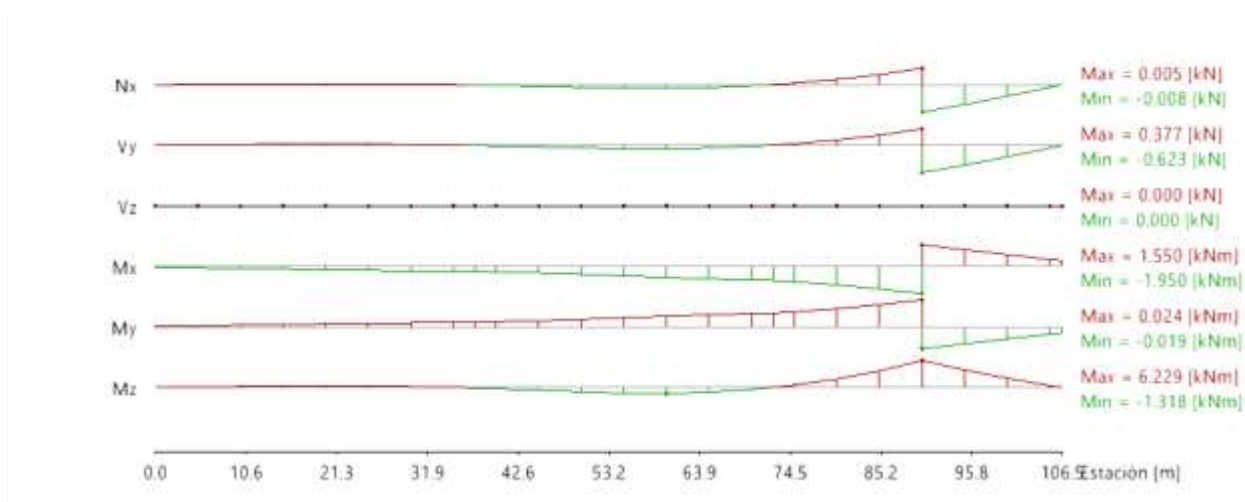


Ilustración Anejo 1. 27. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

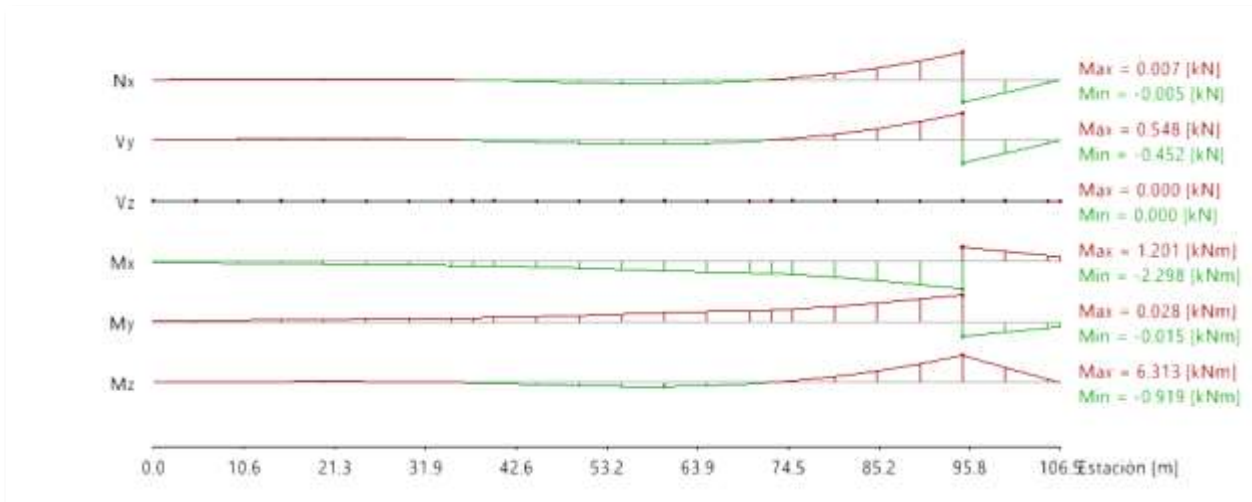


Ilustración Anejo 1. 28. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

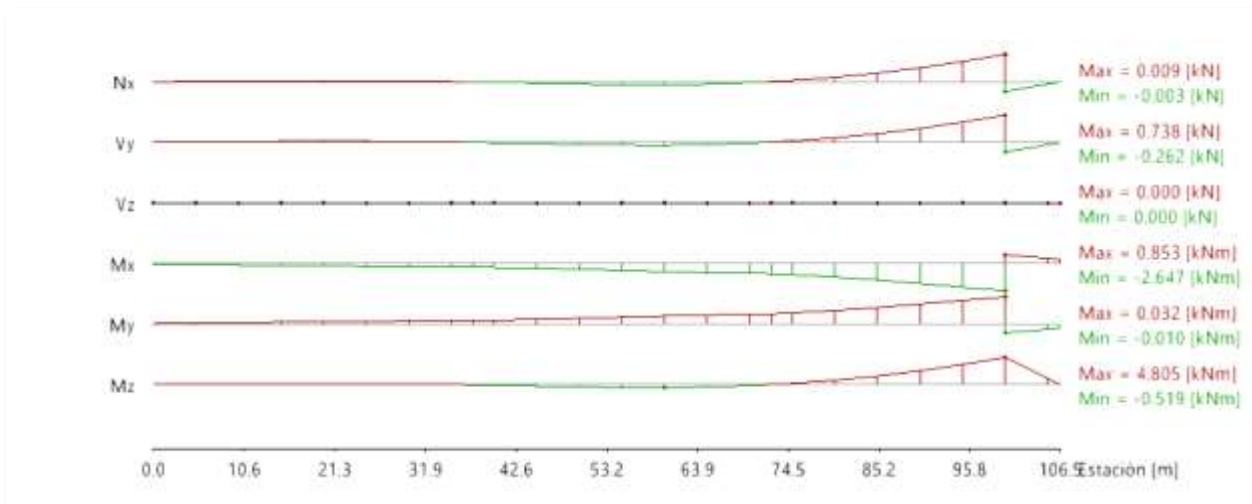


Ilustración Anejo 1. 29. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

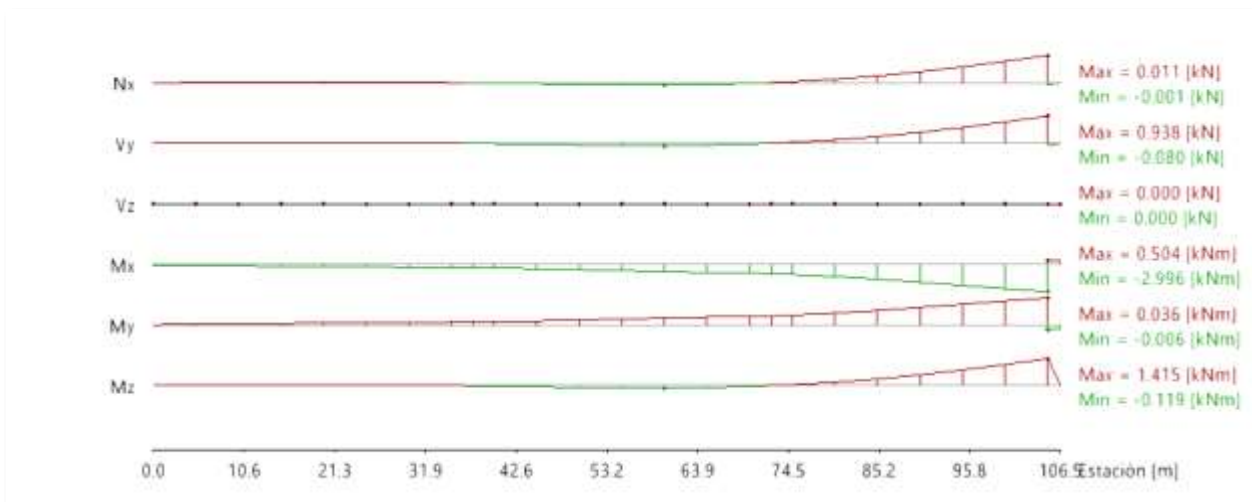


Ilustración Anejo 1. 30. Evolución de líneas de influencia (Fuente: Elaboración Propia)

ARMADO-VISTA GENERAL

Proyecto:	Trabajo Fin de Grado Marina López Borja
Nº de proyecto:	
Fecha / Hora:	08/08/2024 / 22:46
Nota:	

Elemento constructivo	ID Listado	Número de Modelo	Fusilangen [kg]					Edtård [kg]					Posición Número	Barras de armado [kg]	Mallas [kg]	
			6-8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	>14 mm	6-8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	>14 mm				
		1					47415,3					3405,6		475,4	51296,3	
Total							47415,3					3405,6		475,4	51296,3	
Peso total del acero [kg]																51296,3

Nametschke AG
Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany

147

ESQUEMA DE ARMADO- DENOMINACIONES

ALLPLAN

Listado de armado - nombres

Proyecto: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja
Por plano:
Editado por: Usuario
Fecha / Hora: 08/06/2024 / 22:48
Nota:

Posición	Nombres			Unidades	Masa [kg]	Comentario
1	Ø 12	B500B	L = 9.14	134	8,12	
2	Ø 12	B500B	L = 9.73	134	8,64	
3	Ø 12	B500B	L = 9.75	134	8,66	
4	Ø 20	B500B	L = 9.96	138	24,60	
5	Ø 20	B500B	L = 7.90	1140	19,51	
6	Ø 20	B500B	L = 2.90	3040	7,16	
7	Ø 25	B500B	L = 4.41	28	16,98	

ESQUEMA DE ARMADO- FORMAS DE DOBLADO RESUMEN

				ALLPLAN
Listado de armaduras - forma de doblado				
Proyecto: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja				
Por plano:				
Editado por: Usuario				
Fecha / Hora: 08/06/2024 / 22:49				
Nota:				
Resumen de listado de armadosB500B				
	Durchmesser [mm]	[kg / m]	Gesamtlänge [m]	Dimensiones [kg]
barras rectas				
	20	2,470	19196,48	47415,31
	Suma			47415,31
	Número de elementos			1
barras dobladas				
	12	0,888	3835,08	3405,55
	25	3,850	123,48	475,40
	Suma			3880,95
	Número de elementos			1
Volumen total (B500B)				51296,25
Número de posiciones				7

ALLPLAN

Listado de armaduras - forma de doblado

Proyecto: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja
Por plano:
Editado por: Usuario
Fecha / Hora: 08/06/2024 / 22:49
Nota:

Todas las formas de barra

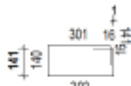
Posición	Unidades	Ø	Forma de plegado acotada	Longitud individual	Longitud total	Peso
		[mm]		[m]	[m]	[kg]
1	134	12		9.14	1.224,76	1.087,59
2	134	12		9.73	1.303,82	1.157,79
3	134	12		9.75	1.306,50	1.160,17
4	138	20		9.96	1.374,48	3.394,97
5	1140	20		7.90	9.006,00	22.244,82
6	3040	20		2.90	8.816,00	21.775,52
7	28	25		4.41	123,48	475,40
Suma						51.296,25
Sumar incluyendo todos los elementos						51.296,25
Número de elementos						1
Peso total						51.296,25

ESQUEMA DE ARMADO- FORMAS DE DOBLADO

ALLPLAN						
Listado de armaduras - forma de doblado						
Proyecto: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja						
Por plano:						
Editado por: Usuario						
Fecha / Hora: 08/06/2024 / 22:50						
Nota:						
Todas las formas de barra						
Posición	Unidades	Ø	Forma de plegado acotada	Longitud individual	Longitud total	Peso
		[mm]		[m]	[m]	[kg]
1	134	12		9.14	1.224,76	1.087,59
2	134	12		9.73	1.303,82	1.157,79
3	134	12		9.75	1.306,50	1.160,17
4	138	20		9.96	1.374,48	3.394,97
5	1140	20		7.90	9.006,00	22.244,82
6	3040	20		2.90	8.816,00	21.775,52
7	28	25		4.41	123,48	475,40
Suma						51.296,25
Sumar incluyendo todos los elementos						51.296,25
Número de elementos						1
Peso total						51.296,25
Nemetschek AG						1/1
Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany						

ALLPLAN

Proyecto: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja
Por plano:
Editado por: Usuario
Fecha / Hora: 08/06/2024 / 22:50

Pos	Form a	Esquema de forma	Unidades	Ø	Longitud total	Longitud individual	ha	he	a	b	c	d	e/R	h
1	99		134	12	1224760	9140	0	0	0	0	0	0	0	0
2	99		134	12	1303820	9730	0	0	0	0	0	0	0	0
3	99		134	12	1306500	9750	0	0	0	0	0	0	0	0
4	00		138	20	1374480	9960	0	0	9960	0	0	0	0	0
5	00		1140	20	9006000	7900	0	0	7900	0	0	0	0	0
6	00		3040	20	8816000	2900	0	0	2900	0	0	0	0	0
7	15		28	25	123480	4410	0	0	1060	3350	1060	0	0	0

LISTADO DE ARMADO-NORMATIVA BRITÁNICA

Proyecto: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja

Aviso:

Plano:

Nº Hoja:

Nota:

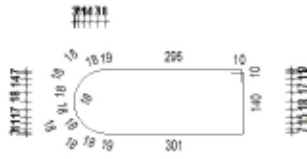
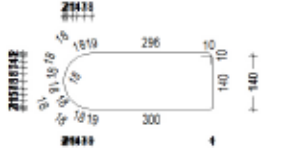
Contrato:

Fecha: 08/08/2024 / 22:51

Dibujado: Usuario

Comprobado:

ALLPLAN

Miembro	Marca de barra	Type & Size	Nº de miembros	Nº de barras	Nº total	Longitud total** mm	Código de forma	A* mm	B* mm	C* mm	D* mm	E/R* mm	Rev
	1	B500B12	1	134	134	9150	99						
	2	B500B12	1	134	134	9750	99						
	3	B500B12	1	134	134	9750	99						
	4	B500B20	1	138	138	9975	00	9980					
	5	B500B20	1	1140	1140	7900	00	7900					
	6	B500B20	1	3040	3040	2900	00	2900					
	7	B500B25	1	28	28	4425	99						

This schedule complies with BS 8866

*Specified in multiples of 5 mm

** Specified in multiples of 25mm

LISTADO DE ARMADO-SANS 282

Project: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja

ALLPLAN

Placement Drawing:

Drawing No:

Schedule No:

Page: 1

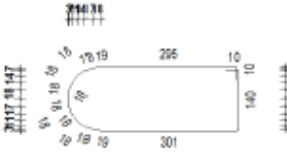
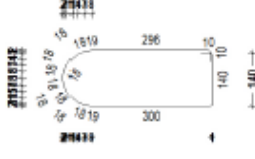
Revision details:

Date: 08/06/2024

Drawn: Usuario

Revision:

Checked:

Rev	Bar Mark	Type & Size	No. of mbr.	No. of bars	Total no	Total Length** mm	Shape Code	A* mm	B* mm	C* mm	D* mm	E/R* mm	Mass kg	Rev
	1	B500B12	1	134	134	9150	99						544	
	2	B500B12	1	134	134	9750	99						579	
	3	B500B12	1	134	134	9750	99						580	
	4	B500B20	1	138	138	9975	20	9960					26	
	5	B500B20	1	1140	1140	7900	20	7900					371	
	6	B500B20	1	3040	3040	2900	20	2900					136	
	7	B500B25	1	28	28	4425	62	3350	3350	1060			119	

This schedule complies with SANS 282

*Specified in multiples of 5 mm

** Specified in multiples of 25mm

BAR TYPE	R8	R10	R12	R16	R20	Y10	Y12	Y16	Y20	Y25	Y32	TOTAL
MASS (kg)												

LISTADO DE ARMADO-SUIZA

BAUINGENIEUR	ALLPLAN ENGINEERING 2018 Fügen Sie hier Ihr Logo ein - 10 x 2 cm Mehr Informationen unter: support.allplan.ch/FAQ	Listado de hormigón-acero N°.	
BAUOBJEKT	Trabajo Fin de Grado Marina López Borja	A plano n°	
BAUUNTERNEHMER		Fecha: 08.06.2024 Trazado: Usuario Modificado: rev.:	B500B

Cantidad total de hormigón armado						
Long. de anclaje y apoyo			Peso lineal	Modificado		
Ø mm	Longitud [m]	Peso [kg]		Ø mm	Longitud [m]	Peso [kg]
6			0.222	6		
8			0.395	8		
10			0.617	10		
12			0.888	12	3835.08	3405.55
14			1.210	14		
16			1.580	16		
20	19196.48	47415.31	2.470	20		
25			3.850	25	123.48	475.40
28			4.830	28		
32			6.313	32		
40			9.864	40		
Total fijo / longitudes		47415.31 kg	Total editado		3880.95 kg	
Número de posición (sin patillas)		7	Total final		51296.25 kg	

Jaulas especiales (JE) y estribos (EST) Productos de armado prefabricados (PaP)						
DK/Stb Bep	Producto / Tipo	Unidades	Altura [cm]	Longitud Total [m]	Base (DK)	Observación

MEDICIONES- NORMATIVA AUSTRIA

ALLPLAN

Mediciones

Proyecto: Trabajo Fin de Grado Marina López Borja

Por plano:

Elemento:

Editado por: Usuario

Fecha / Hora: 08/06/2024 / 22:57

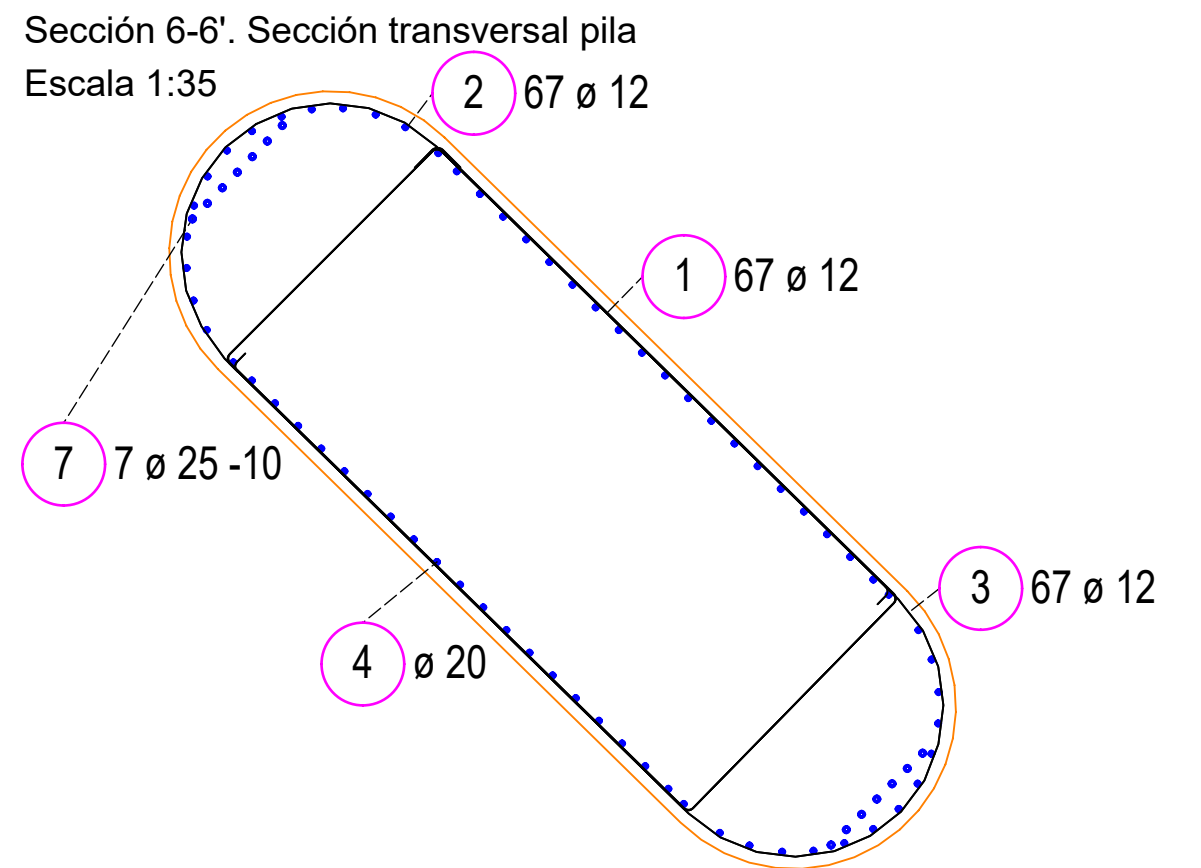
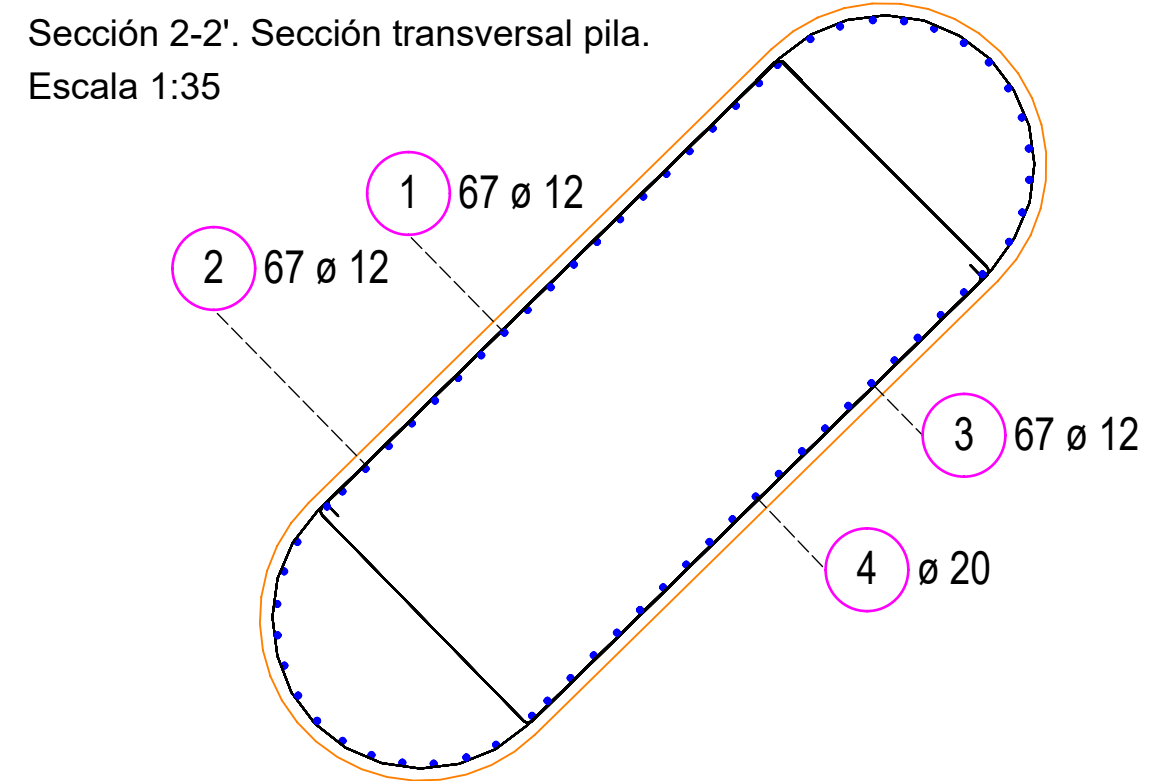
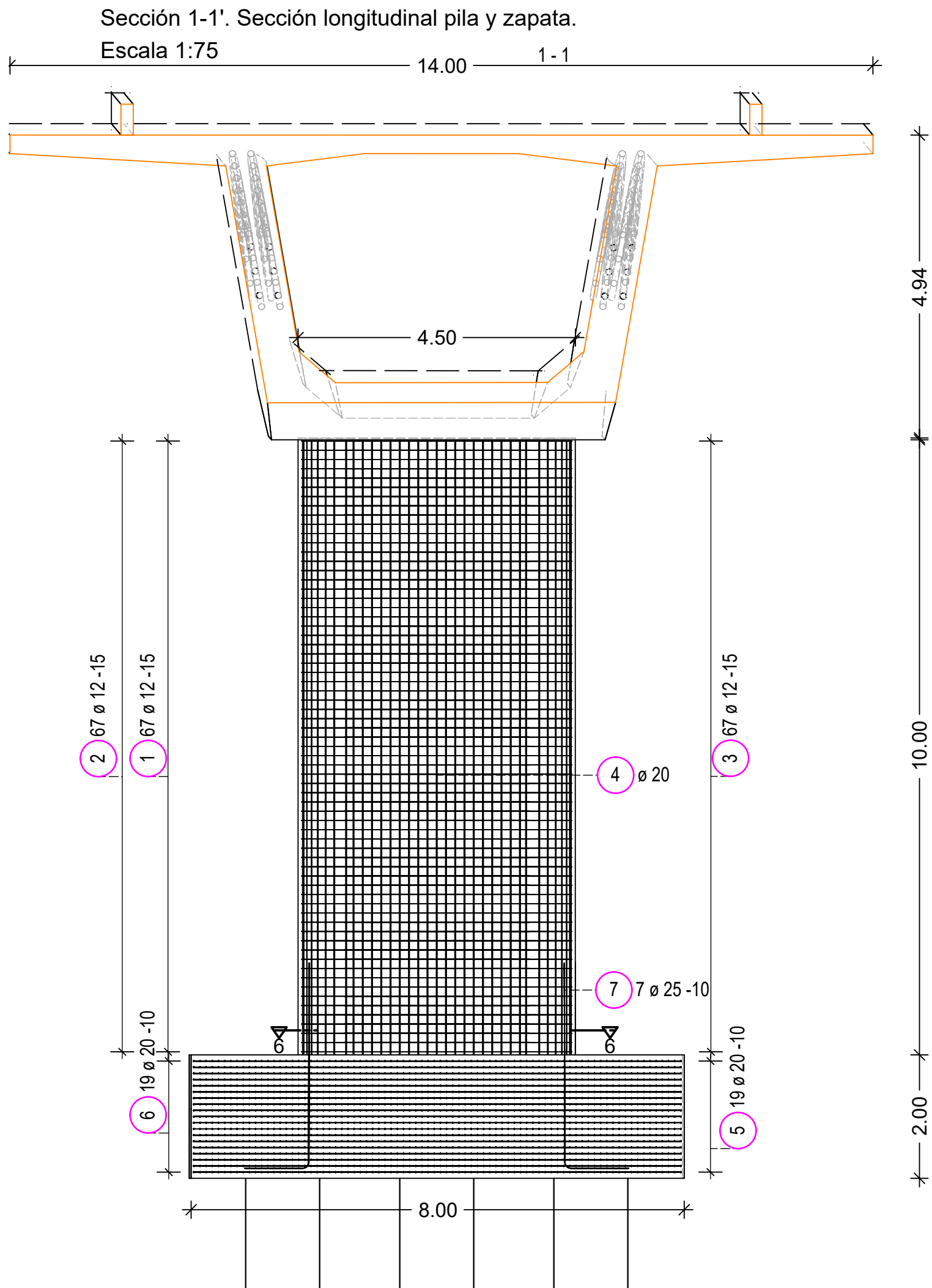
Nota:

Listado de mediciones B500B														
Posición	Uds.	Ø	Longitud individual [m]	TotalLength										
				Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20	Ø 26	Ø 30	Ø 36	Ø 40	Ø 50
1	134	12	9,14			1.224,76								
2	134	12	9,73			1.303,82								
3	134	12	9,75			1.306,50								
4	138	20	9,96											
5	1140	20	7,90											
6	3040	20	2,90											
7	28	25	4,41											
Longitud [m]						3.835,08			19.196,48					
Peso [kg / m]						0,888			2,470					
Masa [kg]						3.405,55			47.415,31					
Diámetro Ø 8 a Ø 10														
Diámetro Ø 12 a Ø 16							3.405,55							
Diámetro Ø 20 a Ø 30										47.890,70				
Diámetro Ø 36 a Ø 50														
Peso total [kg]										51.296,25				

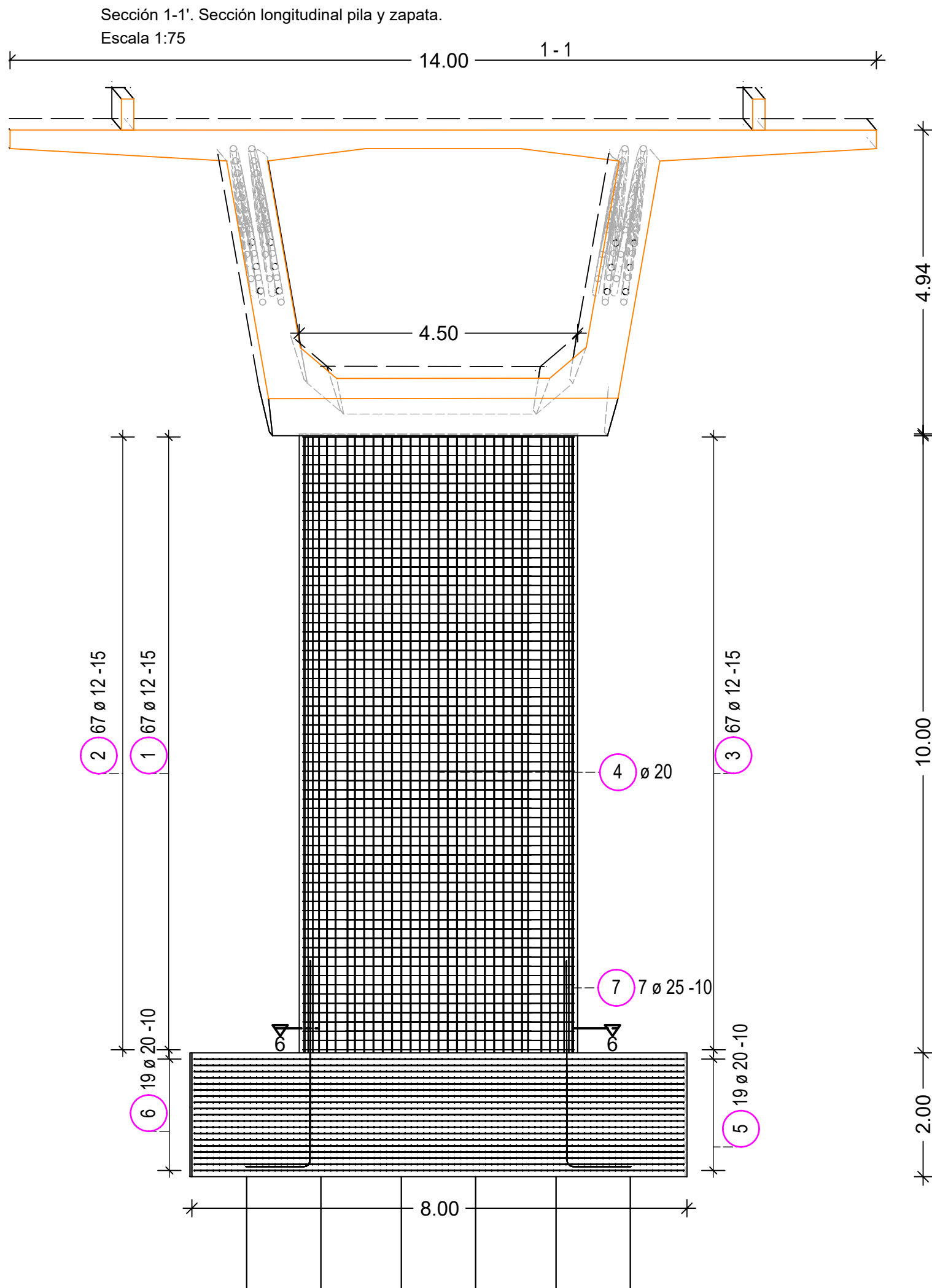
Anejo 3. PLANOS DE FERRALLA

Se adjuntan los resultados obtenidos como entregables derivados del PIM, y que son los siguientes:

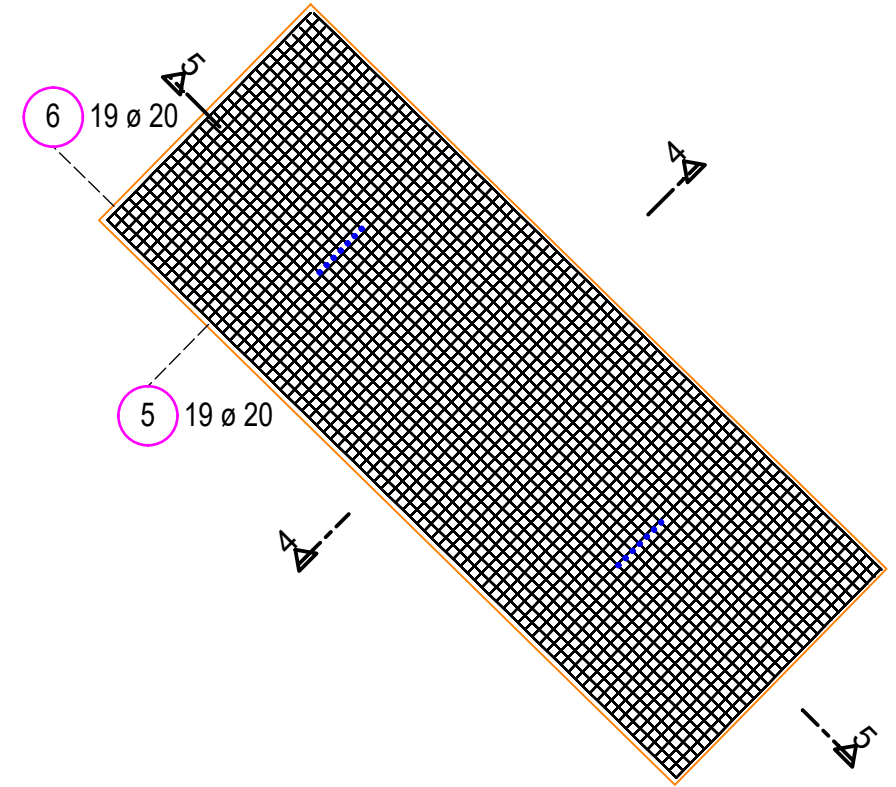
1. Plano armado pila.
2. Plano armado zapata.
3. Plano forma de doblado.
4. Plano esquema general 1, 2 y 3.
5. Plano esquema general 4, 5, 6 y 7.



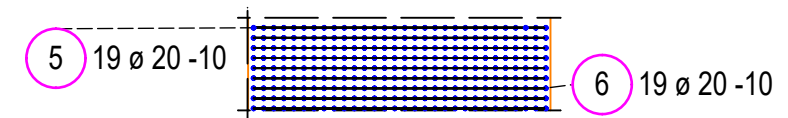
PROPIET./ OBJETO			
Trabajo Fin de Grado Marina López Borja			
CONT. PLANO			
Armado Pilas			
ESCALA	No. PROYECTO	No. PLANO	FECHA
Indicadas	1	1	24/06/2024



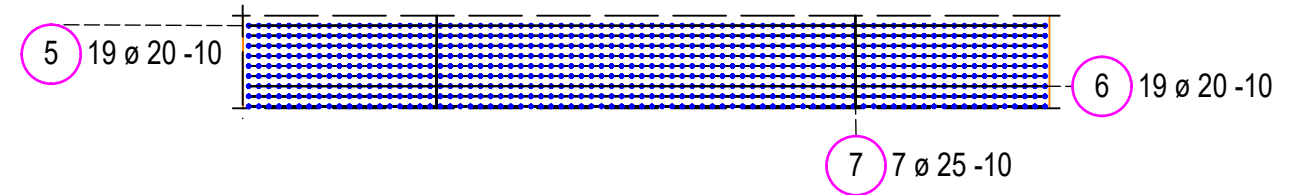
Sección 3-3'. Sección transversal zapata.
Escala 1:75



Sección 4-4'. Sección transversal pila
Escala 1:75



Sección 5-5'. Sección transversal pila
Escala 1:75



PROPIET./ OBJETO				
Trabajo Fin de Grado Marina López Borja				
CONT. PLANO				
Armado Zapatas				
ESCALA Indicadas	No. PROYECTO 1	No. PLANO 2	FECHA 24/06/2024	

Listado de barras- formas de doblado

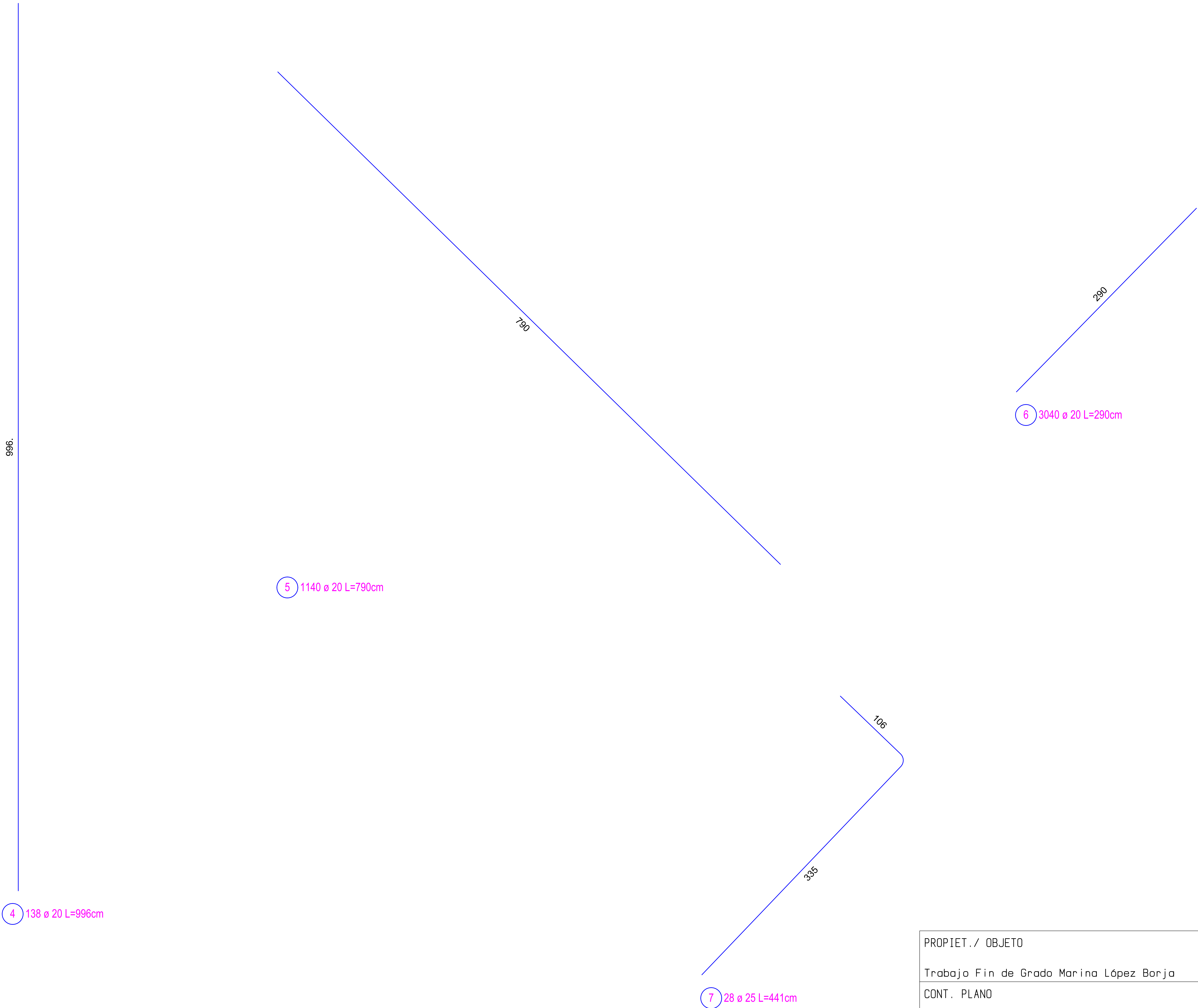
Pos.	Piez.	∅ [mm]	Long. Indiv. [m]	Forma de doblado acotada (no escalable)	Long. total [m]	Masa [kg]
1	134	12	9.14		1224.76	1087.59
2	134	12	9.73		1303.82	1157.79
3	134	12	9.75		1306.50	1160.17
4	138	20	9.96		1374.48	3394.97
5	1140	20	7.90		9006.00	22244.82
6	3040	20	2.90		8816.00	21775.52
7	28	25	4.41		123.48	475.40

Masa total [kg] : 51296.26

PROPIET./ OBJETO			
Trabajo Fin de Grado Marina López Borja			
CONT. PLANO			
Forma de doblado			
ESCALA 1:10	No. PROYECTO 1	No. PLANO 3	FECHA 24/06/2024



PROPIET./ OBJETO			
Trabajo Fin de Grado Marina López Borja			
CONT. PLANO			
Esquema general 1, 2 y 3			
ESCALA 1:10	No. PROYECTO 1	No. PLANO 4	FECHA 24/06/2024



PROPIET./ OBJETO				
Trabajo Fin de Grado Marina López Borja				
CONT. PLANO				
Esquema general 4, 5, 6 y 7				
ESCALA 1:15	No. PROYECTO 1	No. PLANO 5	FECHA 24/06/2024	