

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

***CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE  
UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO***

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*

## RESUMEN TRILINGÜE

**Alumno:** Andoni Martin Sanz.

**Director:** Jesús Cuadrado Rojo.

**Departamento:** Departamento de Ingeniería Mecánica.

**Título del proyecto:** Cálculo de la estructura de madera de un edificio polideportivo.

**Plazo de ejecución:** Abril 2021 – Septiembre 2021.

**Resumen:** en un mercado en el que la sostenibilidad adquiere cada vez mayor relevancia, el uso de la madera toma un papel protagonista. El uso de la madera como material estructural se ha expandido de países escandinavos y orientales a mercados hasta ahora más reacios a su uso, como los países de la zona del Mediterráneo; y de usos en los que los requisitos estructurales no son tan exigentes, como las viviendas unifamiliares, a edificios de varias plantas y de uso público.

En este trabajo se ha realizado el cálculo estructural de un edificio de carácter polideportivo construido sobre rasante íntegramente con elementos estructurales compuestos por madera, mediante el software modular de *Dlubal Software*.

Para ello, se ha diseñado la estructura del edificio desde cero, condicionada por la máxima de que cualquier elemento sobre rasante debe ser de madera. Se le han aplicado las cargas definidas por el reglamento y se ha realizado el cálculo estructural de forma iterativa, optimizando en cada iteración la estructura calculada en la iteración anterior, y obteniendo al final una estructura perfectamente resistente a las exigencias solicitadas a un edificio de sus características.

**Palabras clave:** madera, CLT, hormigón armado, cálculo estructural, Método de Elementos Finitos.

**Ikaslea:** Andoni Martin Sanz.

**Zuzendaria:** Jesús Cuadrado Rojo.

**Saila:** Ingeniaritza Mekanikako Saila.

**Proiektuaren izenburua:** Kiroldegi baten egurrezko egituraren kalkulua.

**Iraupena:** Apirilak 2021 – Irailak 2021.

**Laburpena:** jasangarritasunak gero eta garrantzi handiagoa duen merkatu batean, egurraren erabilerak eginkizun protagonista du. Egurraren erabilera egitura material bezala herri eskandinaviar eta ekialdeko herrietatik orain arte bere erabilerari uzkur ziren herrialde mediterraniarretara hedatu da; eta eskakizun ez hain zorrotzak dituzten etxebizitza familiabakarretatik hainbat solairutako eta erabilera publikoko eraikuntzetara.

Lan honetan izaera kirolanitzeko eraikuntza baten egituraren kalkulua egin da, zeina lur-arrase gaintetik osorik egurrez konposatutako elementuz osotuta dagoen, *Dlubal Software*-aren software modularraren bidez.

Horretarako, eraikuntzaren egitura zerotik diseinatu da, lur-arrase gaintetik dagoen elementu oro egurrezkoa izan beharko delaren arauak baldintzatuta. Araudiak definitutako kargak aplikatu zaizkio eta egituraren kalkulua egin da iteratiboki, iterazio bakoitzean aurreko iterazioan kalkulaturako egitura optimizatuz, eta amaieran bere izaera duen eraikuntzari dagozkion eskakizunak ezin hobeki betetzen dituen eraikuntza bat lortuz.

**Hitz gakoak:** egurra, CLT, hormigoi armatua, egituren kalkulua, Elementu Finituen Metodoa.

**Student:** Andoni Martin Sanz.

**Director:** Jesús Cuadrado Rojo.

**Department:** Department of Mechanical Engineering.

**Project name:** Calculation of the timber-based structure of a sports center.

**Execution time:** April 2021 – September 2021.

**Abstract:** in a market in which sustainability acquires an increasing relevance, the use of timber has a major spot. The use of timber as a structural material has expanded from scandinavian and oriental countries to countries that were more reluctant to its use up until now, as the mediterranean ones; and from structural uses that were not as demanding, such as single family homes, to multiple story buildings and of public usage.

Thus, in this work, a structural calculus of a sports-center-characteristics building was conducted, in which all the elements above ground were made out of timber, using *Dlubal Softwares* modular software.

To perform this, the structure of the building was designed from scratch, conditioned by the maxim that any element above ground must be made out of timber. The leads defined by the regulation were applied, and an iterative structural calculus was conducted, optimizing the structure in each iteration based on the structure calculated in the prior iteration, and obtaining in the end a structure perfectly resistant to the requirements of a building of its characteristics.

**Key words:** timber, CLT, reinforced concrete, structural calculation, Finite Element Method.



# ÍNDICE

## MEMORIA DESCRIPTIVA

RESUMEN TRILINGÜE.....	ii
LISTA DE TABLAS, ILUSTRACIONES, ECUACIONES Y ACRÓNIMOS .....	xi
Tablas .....	xi
Ilustraciones.....	xi
Acrónimos .....	xvi
REGLAMENTACIÓN Y MATERIAL DE AYUDA .....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CONTEXTO .....	3
2.1. MADERA Y SOSTENIBILIDAD .....	3
2.2. MEF Y DLUBAL SOFTWARE.....	4
3. ALCANCE.....	6
4. OBJETIVOS .....	7
5. BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	8
5.1. BENEFICIOS SOCIALES .....	8
5.2. BENEFICIOS AMBIENTALES .....	8
5.3. BENEFICIOS TECNOLÓGICOS .....	8
6. ANÁLISIS DE RIESGOS .....	9
7. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	12
7.1. LOCALIZACIÓN DEL EDIFICIO .....	12
7.2. VENTANA PRINCIPAL DE RFEM Y CONFIGURACIÓN INICIAL.....	14
7.3. DEFINICIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL EN RFEM .....	19
7.3.1. SÓTANO.....	20
7.3.2. EDIFICIO PRINCIPAL.....	31
7.3.3. NAVE DE LA PISCINA .....	35
7.4. CASOS DE CARGA .....	38
7.4.1. CARGAS PERMANENTES O DE PESO PROPIO (CC1) .....	39
7.4.2. SOBRECARGA DE USO (CC2).....	39
7.4.3. CARGAS DE NIEVE (CC3) .....	41
7.4.4. CARGAS DE VIENTO (DE CC4 A CC11).....	43

7.4.5.	COMBINACIONES .....	45
7.5.	RF-CONCRETE SURFACES.....	45
7.6.	RF-CONCRETE MEMBERS.....	47
7.7.	RF-CONCRETE COLUMNS .....	49
7.8.	RF-FOUNDATION PRO .....	52
7.9.	RF-PUNCH PRO .....	53
7.10.	RF-TIMBER PRO.....	55
7.11.	RF-JOINTS.....	58
7.12.	RF-LAMINATE .....	62
7.13.	LANZAMIENTO DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	65
8.	DESCRIPCIÓN DE TAREAS. DIAGRAMA DE GANTT .....	66
9.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	69
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	70

## PLIEGO DE CONDICIONES

1.	PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS .....	72
1.1.	DISPOSICIONES GENERALES.....	72
1.1.1.	NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL .....	72
1.1.2.	DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.....	72
1.2.	DISPOSICIONES FACULTATIVAS .....	73
1.2.1.	DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS.....	73
1.2.2.	OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA	78
1.2.3.	RESPONSABILIDAD CIVIL DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EDIFICACIÓN .....	81
1.2.4.	PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES:.....	83
1.2.5.	RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS .....	87
1.3.	DISPOSICIONES ECONÓMICAS .....	90
1.3.1.	PRINCIPIO GENERAL .....	90
1.3.2.	FIANZAS .....	91
1.3.3.	PRECIOS.....	92
1.3.4.	OBRAS POR ADMINISTRACIÓN .....	94

1.3.5.	VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS .....	97
1.3.6.	INDEMNIZACIONES MUTUAS .....	100
1.3.7.	VARIOS .....	101
2.1.	PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES .....	104
2.1.1.	CONDICIONES GENERALES .....	104
2.1.2.	CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES .....	104
2.1.3.	PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA Y PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO .....	110
ANEXOS	.....	132

## PLANOS

### CÁLCULOS Y RESULTADOS

1.	RESULTADOS GENERALES EN RFEM .....	161
1.1.	DEFORMACIONES EN BARRAS .....	161
1.2.	ESFUERZOS EN BARRAS .....	162
1.3.	DEFORMACIONES EN SUPERFICIES .....	167
1.4.	TENSIONES EN SUPERFICIES .....	169
1.5.	REACCIONES EN LOS APOYOS .....	171
2.	RESULTADOS EN RF-CONCRETE Surfaces .....	172
2.1.	ARMADURA NECESARIA .....	172
3.	RESULTADOS EN RF-CONCRETE Members .....	175
3.1.	ARMADURA EXISTENTE .....	175
3.2.	COMPORTAMIENTO EN SERVICIO .....	179
4.	RESULTADOS EN RF-CONCRETE Columns .....	180
4.1.	ARMADURA EXISTENTE .....	180
4.2.	COMPORTAMIENTO EN SERVICIO .....	180
5.	RESULTADOS EN RF-FOUNDATION Pro .....	181
6.	RESULTADOS EN RF-PUNCH Pro .....	183
7.	RESULTADOS EN RF-TIMBER Pro .....	184
8.	RESULTADOS EN RF-LAMINATE .....	189

## PRESUPUESTO

### ESTUDIO DE SALUD Y SEGURIDAD

1.	MEMORIA DESCRIPTIVA E INFORMATIVA .....	195
1.1.	DATOS DEL ENCARGO .....	195
1.2.	DATOS DEL PROYECTO .....	195
1.3.	CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	195
1.3.1.	OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	195
2.	RIESGOS EN LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO .....	196
2.1.	DIRECTORES Y TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO.....	196
2.2.	OPERARIOS DE MANTENIMIENTO.....	197
2.2.1.	HERRAMIENTAS MANUALES .....	198
2.2.2.	MEDIOS AUXILIARES.....	199
2.2.3.	TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS .....	203
2.2.4.	SOLDADURA OXIACETILENCIA-OXICORTE.....	210
2.2.5.	TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO .....	212
3.	SISTEMAS DE CONTROL DE LA PREVENCIÓN .....	213
3.1.	CONTROL DEL NIVEL DE LA SEGURIDAD .....	213
3.2.	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS .....	213
3.3.	FORMACIÓN PREVISTA DE SEGURIDAD Y SALUD .....	214
4.	PLAN DE ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE O EMERGENCIA .....	214
4.1.	ACCIDENTE .....	214
4.1.1.	ACTUACIÓN PREVIA A ACCIDENTES.....	214
4.1.2.	PROCEDIMIENTO PARA LA ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL .....	214
4.1.3.	PRIMEROS AUXILIOS .....	215
4.1.4.	COMUNICACIONES .....	216
4.2.	EMERGENCIA .....	216
5.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	218
5.1.	CARÁCTER GENERAL.....	218
5.2.	CARÁCTER LEGAL.....	218

5.2.1.	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES .....	218
5.2.1.1.	Equipos de protección colectiva .....	218
5.2.1.2.	Equipos de protección individual .....	219
5.2.2.	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD DE INSTALACIONES PROVISIONALES.....	221
5.3.	OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS .....	223
5.3.1.	OBLIGACIONES DE LA PROPIEDAD Y DIRECCIÓN FACULTATIVA .....	223
5.3.2.	OBLIGACIONES DE LA EMPRESA ENCARGADA DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO .....	223
6.	CROQUIS Y PLANOS .....	225
7.	PRESUPUESTO.....	235

## GESTIÓN DE RESIDUOS

1.	INTRODUCCION.....	237
1.1.	ANTECEDENTES .....	237
2.	ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN .....	237
2.1.	BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	237
2.2.	RESIDUOS GENERADOS EN OBRA NUEVA .....	238
3.	MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN OBRA.....	242
3.1.	PREVENCIÓN EN LA ADQUISICIÓN DE MATERIALES.....	242
3.2.	PREVENCIÓN EN EL COMIENZO DE LA OBRA.....	242
3.3.	PREVENCIÓN EN LA PUESTA EN OBRA.....	243
3.4.	PREVENCIÓN EN EL ALMACENAMIENTO EN OBRA .....	243
4.	OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORACIÓN O ELIMINACIÓN A LAS QUE SE DESTINAN LOS RCDS GENERADOS .....	245
5.	MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA .....	247
6.	DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.....	248
7.	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.....	248
7.1.	OBLIGACIONES DE LOS ACTORES .....	248
7.2.	GESTIÓN DE RESIDUOS .....	249
7.3.	SEPARACIÓN .....	249
7.4.	DOCUMENTACIÓN .....	250
8.	NORMATIVA.....	251

8.1.	NORMATIVA ESTATAL.....	251
8.2.	NORMATIVA ESPECÍFICA DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA .....	251
8.3.	ORDENANZAS LOCALES .....	251
8.4.	INVENTARIO DE RESIDUOS PELIGROSOS QUE SE GENERARÁN .....	251
9.	VALORACIÓN DEL COSTE DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS.....	253

## LISTA DE TABLAS, ILUSTRACIONES, ECUACIONES Y ACRÓNIMOS

### Tablas

Tabla 1. Análisis de riesgos. ....	9
Tabla 2. Características de la parcela del edificio. ....	12
Tabla 3. Características geotécnicas del estrato 1. ....	12
Tabla 4. Características geotécnicas del estrato 2. ....	13
Tabla 5. Amortizaciones. ....	192
Tabla 6. Horas internas. ....	192
Tabla 7. Gastos totales. ....	193
Tabla 8. Criterios de sobrantes en construcción. ....	239
Tabla 9. Estimación de la generación de residuos durante la fase de construcción de la obra. ....	240
Tabla 10. Estimación de la generación de residuos durante la totalidad de la obra. ....	241
Tabla 11. Destino previsto para los residuos no peligrosos. ....	245
Tabla 12. Destino previsto para los residuos peligrosos. ....	246
Tabla 13. Necesidad de separar las fracciones de residuos. ....	247
Tabla 14. Límites de generación previstos en futuro Decreto Vasco de RDC. ....	248
Tabla 15. Valoración del coste previsto de la gestión de residuos. ....	253

### Ilustraciones

Ilustración 1. Parcela del edificio en el polígono industrial Larramendi, Bergara. ....	13
Ilustración 2. Ventana principal de RFEM5. ....	14
Ilustración 3. Navegador de proyectos. Pestaña Datos. ....	15
Ilustración 4. Navegador de proyectos. Pestaña Mostrar (izqda.) y pestaña Vistas (dcha). ....	15
Ilustración 5. Tabla. ....	16
Ilustración 6. Unidades utilizadas en el modelo. ....	17
Ilustración 7. Unidades utilizadas en las cargas. ....	17
Ilustración 8. Unidades utilizadas en los resultados. ....	18
Ilustración 9. Unidades utilizadas en las dimensiones. ....	18
Ilustración 10. Vista isométrica del modelo (1 - frontal). ....	19
Ilustración 11. Vista isométrica del modelo (2 - trasera). ....	19
Ilustración 12. Vista isométrica del sótano del modelo. ....	20
Ilustración 13. Losas de cimentación del sótano. ....	21
Ilustración 14. Ventana para la definición de superficies de hormigón. ....	22
Ilustración 15. Apoyos de la losa de cimentación en el terreno. ....	22
Ilustración 16. Muros del sótano. ....	23
Ilustración 17. Condiciones de apoyo de los muros del sótano. ....	23
Ilustración 18. Columnas del sótano. ....	24
Ilustración 19. Ventana para definir las características de una columna. ....	24
Ilustración 20. Vigas principales del sótano. ....	25
Ilustración 21. Ventana para definir las características de una viga. ....	25

Ilustración 22. Vigas de atado del sótano.....	26
Ilustración 23. Diferencia entre el diseño a ejes y el diseño a caras.....	27
Ilustración 24. Ventana de diseño de excentricidad de barras.....	27
Ilustración 25. Caja del ascensor y de las escaleras del sótano. ....	28
Ilustración 26. Estructura soporte del vaso de la piscina.....	29
Ilustración 27. Región media.....	30
Ilustración 28. Ventana para la definición de la región media. ....	30
Ilustración 29. Vista isométrica del eificio principal. ....	31
Ilustración 30. Edificio principal. Planta baja. ....	31
Ilustración 31. Edificio principal. Primera planta.....	32
Ilustración 32. Edificio principal. Cubierta. ....	32
Ilustración 33. Ventana para definir las características de los paneles de CLT en RFEM. ....	33
Ilustración 34. Ventana para definir las características de las columnas del edificio principal. ...	34
Ilustración 35. Disposición de columnas y vigas en el edificio principal.....	34
Ilustración 36. Vista isométrica de la nave de la piscina. ....	35
Ilustración 37. Columnas de la nave de la piscina.....	36
Ilustración 38. Correas de fachada de la nave de la piscina.....	36
Ilustración 39. Cerchas de la nave de la piscina.....	37
Ilustración 40. Cercha del techo de la nave de la piscina. Articulaciones libres definidas por círculos blancos.....	37
Ilustración 41. Correas de cubierta de la nave de la piscina.....	37
Ilustración 42. Ventana para la definición de casos de carga. ....	38
Ilustración 43. Cargas permanentes añadidas al estado de carga CC1.....	39
Ilustración 44. Sobrecargas de uso (CC2) en los forjados de la estructura. De arriba abajo: solera; suelo de la planta baja; suelo de la primera planta; cubierta del edificio principal. ....	40
Ilustración 45. Sobrecarga de uso (CC2). Cargas generadas por el agua en el vaso de la piscina..	41
Ilustración 46. Mapa de zonas de nieve en España.....	41
Ilustración 47. Ventana "Generar cargas de nieve". Tipología cubierta a dos aguas.....	42
Ilustración 48. Cargas de nieve (CC3). ....	43
Ilustración 49. Mapa de zonas de viento en España. ....	43
Ilustración 50. Ventana "Generar cargas de viento". Tipología cubierta plana con barandillas. ...	44
Ilustración 51. Cargas de viento del caso de carga CC8. ....	44
Ilustración 52. Ventana principal de RF-CONCRETE Surfaces. ....	45
Ilustración 53. Armado del caso CA1: losas del sótano.....	46
Ilustración 54. Ventana principal de RF-CONCRETE Members. ....	47
Ilustración 55. Características de las armaduras de las vigas en el módulo RF-CONCRETE Members.....	48
Ilustración 56. Armadura secundaria del caso CA2. ....	49
Ilustración 57. Ventana principal de RF-CONCRETE Columns.....	49
Ilustración 58. Ventanar para la definición de los cercos de la armadura longitudinal en RF-CONCRETE Columns.....	50



Ilustración 59. Características de las armaduras longitudinales de las columnas en el módulo RF-CONCRETE Columns.....	51
Ilustración 60. Tipología de zapata de la estructura en RF-FOUNDATION Pro.....	52
Ilustración 61. Datos de entrada del proceso iterativo para realizar el cálculo de las dimensiones de las zapatas.....	52
Ilustración 62. Cargas a considerar en el módulo RF-FOUNDATION Pro para cada comprobación. ....	53
Ilustración 63. Datos de la armadura longitudinal de las losas definidos en RF-CONCRETE Surfaces y exportados al módulo RF-PUNCH Pro. Pestaña "Armadura longitudinal".....	54
Ilustración 64. Pestaña "Nudos de punzonamiento" del módulo RF-PUNCH Pro.....	55
Ilustración 65. Optimización automática de las secciones de los elementos tipo barra en RF-TIMBER Pro.....	56
Ilustración 66. Ventana para definir las clases de duración de carga y servicio de cada caso de carga en RF-TIMBER Pro.....	57
Ilustración 67. Ventana para definición de características de pandeo en RF-TIMBER Pro. ....	57
Ilustración 68. Ejemplo de cambio de sección o recorte en un elemento de madera. ....	58
Ilustración 69. Ventana principal del módulo RF-JOINTS.....	59
Ilustración 70. Pestaña "Nudos y barras" del módulo RF-JOINTS.....	59
Ilustración 71. Pestaña "Geometría" del módulo RF-JOINTS.....	60
Ilustración 72. Uniones entre columnas y vigas de la planta baja del edificio principal: unión intermedia (izqda.); unión en esquina (dcha). ....	60
Ilustración 73. Uniones entre columnas y vigas de la primera planta del edificio principal: tipología de la unión (izqda.); localización de la unión (dcha). ....	60
Ilustración 74. Uniones entre columnas y vigas de la cubierta del edificio principal. ....	61
Ilustración 75. Uniones en las cerchas de la nave de la piscina.....	61
Ilustración 76. Pestaña "Características del material" de RF-LAMINATE.....	62
Ilustración 77. Propiedades de los paneles EGO CLT 7c 300: parámetros geométricos (arriba); elementos de la matriz de rigidez (abajo).....	63
Ilustración 78. Disposición de ejes locales en los paneles de CLT.....	64
Ilustración 79. Resistencia de los muros de CLT dependiendo de la disposición. ....	64
Ilustración 80. Activar el cálculo de segundo orden. ....	65
Ilustración 81. Diagrama de Gantt. ....	68
Ilustración 82. Edificio completo. Vista isométrica.....	142
Ilustración 83. Planos de la cimentación.....	143
Ilustración 84. Planos de las zapatas.....	144
Ilustración 85. Planos del sótano: vista isométrica y vista superior. ....	145
Ilustración 86. Planos del sótano: vista lateral. ....	146
Ilustración 87. Planos del sótano: vaso de la piscina.....	147
Ilustración 88. Armadura de las vigas principales.....	148
Ilustración 89. Armadura de las vigas de atado.....	148
Ilustración 90. Armadura de las vigas del vaso de la piscina.....	149
Ilustración 91. Armadura de las columnas. ....	149

Ilustración 92. Planos planta baja.....	150
Ilustración 93. Planos planta baja: detalle 1.....	151
Ilustración 94. Planos planta baja: detalle 2.....	152
Ilustración 95. Planos primera planta.....	153
Ilustración 96. Planos cubierta.....	154
Ilustración 97. Planos del techo del edificio principal: vista superior.....	155
Ilustración 98. Planos: paneles de CLT recurrentes en el edificio principal.....	156
Ilustración 99. Planos de la nave de la piscina.....	157
Ilustración 100. Planos de las cerchas de la nave de la piscina.....	158
Ilustración 101. Planos: paneles de CLT recurrentes en la nave de la piscina.....	159
Ilustración 102. Deformaciones globales de las barras de hormigón armado del sótano.....	161
Ilustración 103. Deformaciones globales z de las barras de hormigón armado del vaso de la piscina.....	161
Ilustración 104. Deformaciones globales de las barras de madera.....	162
Ilustración 105. Columnas de hormigón armado del sótano. Esfuerzos normales.....	162
Ilustración 106. Vigas principales del sótano. Momentos flectores.....	163
Ilustración 107. Vigas de atado del sótano. Momentos flectores.....	163
Ilustración 108. Vigas de atado del sótano. Momentos torsores.....	164
Ilustración 109. Vigas del vaso de la piscina. Momentos flectores.....	164
Ilustración 110. Columnas del edificio principal. Esfuerzos normales.....	165
Ilustración 111. Vigas de edificio principal. Momentos flectores.....	165
Ilustración 112. Pórtico de la nave de la piscina. Esfuerzos normales.....	166
Ilustración 113. Pórtico de la nave de la piscina. Esfuerzos cortantes.....	166
Ilustración 114. Pórtico de la nave de la piscina. Momentos flectores.....	167
Ilustración 115. Deformaciones globales en la solera y en los muros del sótano.....	167
Ilustración 116. Deformaciones globales en el suelo de la nave de la piscina.....	168
Ilustración 117. Deformaciones globales en el vaso de la piscina.....	168
Ilustración 118. Tensiones equivalentes máximas de Von Mises en la solera y en los muros del sótano.....	169
Ilustración 119. Tensiones tangenciales máximas en la solera y en los muros del sótano.....	169
Ilustración 120. Tensiones equivalentes máximas de Von Mises en el suelo de la nave de la piscina.....	170
Ilustración 121. Tensiones tangenciales máximas de Von Mises en el suelo de la nave de la piscina.....	170
Ilustración 122. Tensiones equivalentes máximas de Von Mises en el vaso de la piscina.....	170
Ilustración 123. Tensiones tangenciales máximas en el vaso de la piscina.....	171
Ilustración 124. Reacciones verticales de los elementos estructurales en contacto con el terreno.....	171
Ilustración 125. Armadura necesaria en las losas del sótano.....	172
Ilustración 126. Armadura necesaria en los muros del sótano.....	173
Ilustración 127. Armadura necesaria en la losa del vaso de la piscina.....	173
Ilustración 128. Armadura necesaria en los muros del vaso de la piscina.....	174

Ilustración 129. Armadura necesaria en el suelo de la nave de la piscina. ....	174
Ilustración 130. Cantidad de armadura existente en las vigas del vaso de la piscina. ....	175
Ilustración 131. Ejemplo de armadura longitudinal en las vigas del vaso de la piscina. ....	175
Ilustración 132. Ejemplo de armadura a cortante de una de las vigas del vaso de la piscina. ....	175
Ilustración 133. Lista de aceros de las vigas del vaso de la piscina. ....	176
Ilustración 134. Cantidad de armadura existente en las vigas principales del sótano. ....	176
Ilustración 135. Ejemplo de armadura longitudinal en las vigas principales del sótano. ....	176
Ilustración 136. Ejemplo de armadura a cortante en una de las vigas principales del sótano. ....	177
Ilustración 137. Lista de acero de las vigas principales del sótano. ....	177
Ilustración 138. Cantidad de armadura existente en las vigas de atado. ....	178
Ilustración 139. Ejemplo de armadura longitudinal en las vigas de atado. ....	178
Ilustración 140. Ejemplo de armadura a cortante en una de las vigas de atado. ....	178
Ilustración 141. Lista de acero de las vigas de atado. ....	179
Ilustración 142. Armadura existente en las columnas de hormigón armado del sótano. ....	180
Ilustración 143. Lista de aceros de las columnas del sótano. ....	180
Ilustración 144. Dimensiones de las zapatas. ....	181
Ilustración 145. Disposición de las zapatas. ....	181
Ilustración 146. Criterios de cálculo de las zapatas. ....	181
Ilustración 147. Cubicación del hormigón. ....	182
Ilustración 148. Armadura de las zapatas. ....	182
Ilustración 149. Listado de barras de acero para las zapatas. ....	182
Ilustración 150. Zonas reforzadas con armadura de punzonamiento. ....	183
Ilustración 151. Razón de tensiones de las correas de cubierta de la nave de la piscina. ....	184
Ilustración 152. Porcentaje de deformaciones permitidas en las correas de cubierta de la nave de la piscina. ....	184
Ilustración 153. Listado de piezas para las correas de cubierta de la nave de la piscina. ....	184
Ilustración 154. Razón de tensiones de las correas de fachada de la nave de la piscina. ....	185
Ilustración 155. Listado de piezas para las correas de fachada de la nave de la piscina. ....	185
Ilustración 156. Razón de tensiones de las columnas de la nave de la piscina. ....	186
Ilustración 157. Listado de piezas para las columnas de la nave de la piscina. ....	186
Ilustración 158. Razón de tensiones de las cerchas de la nave de la piscina. ....	187
Ilustración 159. Listado de piezas para las cerchas de la nave de la piscina. ....	187
Ilustración 160. Razón de tensiones de las columnas del edificio principal. ....	187
Ilustración 161. Listado de piezas para las columnas de la nave principal. ....	188
Ilustración 162. Razón de tensiones de las vigas del edificio principal. ....	188
Ilustración 163. Listado de piezas para las vigas de la nave principal. ....	188
Ilustración 164. Deformaciones de los paneles de CLT. ....	189

## Acrónimos

TFM: Trabajo Fin de Máster.

UPV/EHU: Universidad del País Vasco.

EIB: Escuela de Ingeniería de Bilbao.

CLT: Madera contralaminada.

MEF: Método de los Elementos Finitos.

a.C.: Antes de Cristo.

EEUU: Estados Unidos de América.

BIM: Building Information Modeling.

NUI: Interfaz Natural de Usuario.

DB SE-AE: Documento Base de Seguridad Estructural. Acciones estructurales.

ELS: Estado Límite de Servicio.

ELU: Estado Límite Último.

CAM: Fabricación Asistida por Computadora (*Computer-Aided Manufacturing*)

M: metro.

M<sup>2</sup>: metro cuadrado.

cm: centímetro.

mm: milímetro.

mm<sup>2</sup>: milímetro cuadrado.

kg: kilogramo.

N: newton.

kN: kilonewton.

## REGLAMENTACIÓN Y MATERIAL DE AYUDA

DB SE-AE (Acciones Estructurales).

DB SE-C (Cimientos).

DB SE-M (Madera).

DB SI (Seguridad ante Incendios).

DB SUA (Seguridad de Utilización y Accesibilidad)

Catálogos de EGOIN.

Catálogos de KLH.

EN 1991.1.1 (Actions – densities, self-weight and imposed loads).

EN 1991.1.3 (Actions – Snow).

EN 1991.1.4 (Actions – Wind).

EN 1992.1.1 (Concrete – General rules).

EN 1995.1.1 (Timber – General rules).

EN 1997.1 (Geotechnia – General rules).

Structural timber designs to Eurocode 3, por Jack Porteus y Abdy Kermani. (2007).

# MEMORIA DESCRIPTIVA

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

### *CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO*

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se recoge el Trabajo Fin de Máster (TFM) realizado por Andoni Martin Sanz, estudiante de 2º curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), con la dirección y supervisión del Dr. Jesús Cuadrado Rojo, sin cuya ayuda este estudio no habría sido posible.

Este estudio se ha llevado a cabo parcialmente en las instalaciones del centro de cálculo del departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela de Ingeniería de Bilbao (EIB).

El autor desea agradecer, además, que se le haya facilitado la licencia de software necesaria para realizar las simulaciones que han comprendido parte de este proyecto a la compañía Dlubal Software.

A continuación, se procederá a realizar una memoria descriptiva del proyecto realizado. Para ello, se situará el proyecto en el contexto al que se adscribe, así como su alcance y sus objetivos, y el valor que un estudio como el presente pudiera aportar a su género. Tras esto, se profundizará en la metodología llevada a cabo a lo largo del desarrollo del proyecto. Se estudiarán también apartados relacionados con los posibles riesgos que pudieran haber acontecido en algún punto del estudio o la descripción de las tareas realizadas, para cerrar la memoria con las conclusiones extraídas del proyecto y las posibles líneas futuras a estudio.

El objetivo principal de este estudio es realizar el cálculo de una estructura de carácter polideportivo construida, sobre rasante, únicamente de elementos de madera, que comprenden desde elementos longitudinales hasta paneles de madera contralaminada (CLT). Para ello, se deberá diseñar y modelar el edificio en el software de cálculo por elementos finitos (MEF) RFEM5, de la compañía Dlubal Software, obteniendo así las predicciones del comportamiento del edificio ante situaciones que pudieran aparecer a lo largo de su vida útil, y asegurando del mismo modo su resistencia ante tales.

Para terminar, se presentarán otros documentos comunes en trabajos del sector de la ingeniería civil, como lo son: los planos, la discusión de los cálculos y los resultados, el pliego de condiciones, el presupuesto del estudio, el estudio de seguridad y el estudio sobre la gestión de residuos.

## 2. CONTEXTO

El municipio de Bergara se halla en el territorio histórico de Guipúzcoa, y cubre una superficie aproximada de 75,97 km<sup>2</sup>. Para cubrir las necesidades de sus 15036 habitantes (a 21 de septiembre del 2021), se ha solicitado la construcción de un edificio de características polideportivas que contenga, al menos, una piscina de 25 metros de largo y 4 carriles, un gimnasio de al menos 120 m<sup>2</sup>, una zona de restauración y dos vestuarios, además de los baños que se consideren necesarios.

Como requisito obligatorio se ha impuesto, además, que el edificio debe estar íntegramente compuesto de elementos de madera, como mínimo, en su parte visible, es decir, sobre rasante, permitiendo el uso de otro tipo de elementos constructivos siempre que no afecten a esta condición.

Se ha facilitado una parcela en la que construir el polideportivo, por lo que las dimensiones de este deberán adaptarse a la parcela.

Se va a desarrollar un modelo de cálculo MEF para estudiar el comportamiento del edificio y la viabilidad para construirlo con los criterios solicitados.

### 2.1. MADERA Y SOSTENIBILIDAD

Se cree que la madera ha acompañado a los humanos desde sus primeros asentamientos, en el neolítico; la accesibilidad de este material, así como la capacidad de los humanos para tratarlo (por aquel entonces ya se usaban ampliamente objetos cortantes como hachas o cuchillos de piedra, que permitían su manipulación) hacía de él un elemento atractivo para construir refugios allí donde la orografía no ofreciese refugios naturales. Si bien las suposiciones sobre el uso de la madera en construcciones tan antiguas son solamente eso: suposiciones (ya que la madera no fosiliza y por tanto no se pueden encontrar evidencias de utilización tan antigua), es posible remontarse al siglo I a.C., a la civilización romana, para encontrar el primer tratado sobre edificación, escrito por Marco Viturbio y titulado *De architectura*. Entre otros muchos aspectos, esta obra recoge las primeras descripciones sobre la composición, cualidades y usos de la madera [1].

De esta civilización se ha heredado también, en la zona del Mar Mediterráneo, la percepción negativa sobre la madera como material de construcción de alta peligrosidad ígnea, y desde entonces se optó por realizar construcciones con materiales de menor combustibilidad, como el adobe, los ladrillos de arcilla cocida, la piedra o el mármol. Esta mala fama no se expandió a otros territorios: en la arquitectura escandinava, por ejemplo, la madera siempre ha sido el principal material de construcción; en las culturas asiáticas como la china o la japonesa, la madera es el elemento principal de edificios con siglos de antigüedad (las pagodas son un claro ejemplo), lo que evidencia su buena durabilidad, siempre que sea bien tratada [1]; e incluso hoy, en los Estados Unidos de América (EEUU), la madera es uno de los materiales favoritos a la hora de construir viviendas unifamiliares.



Recientemente, y gracias a los tratamientos que se le aplican, la madera ha recobrado su buena fama como material de construcción fiable, y su uso se está expandiendo en la zona del Mediterráneo también. Dentro de este campo, el método de construcción por entramado ligero, que data del siglo XIX, es el que mayor relevancia tiene actualmente. En este, la estructura se compone de tres tipos de elemento, cada cual con su función particular: entramado, cerramiento y revestimiento. Entre el 60 y el 80 % de todas las viviendas que se construyen en países como Finlandia, Suecia, Austria, EEUU o Australia son edificios de entramado ligero [1].

Hoy en día, la sostenibilidad es casi un requisito, no solo en la construcción, sino en otras industrias como la textil, el transporte, etc. La concienciación de la sociedad sobre los problemas medioambientales es cada vez más sólida, y ello sobreviene en una adaptación de las empresas. La madera, en esta revolución del mercado, ocupa un puesto destacado [2].

Entre los beneficios de hacer un edificio o la reforma de un edificio ya existente con elementos de madera, pueden resaltarse los siguientes: la reducción del consumo energético tanto en su puesta en obra como en su vida útil [3] [4], su gran capacidad de aislamiento eléctrico, térmico y acústico, la velocidad y eficiencia de puesta en obra, la flexibilidad de diseño, la durabilidad (tiene una vida útil superior a un siglo, siempre que sea bien tratada) y su bajo coste en comparación a otras soluciones constructivas [5].

## 2.2. MEF Y DLUBAL SOFTWARE

El uso generalizado de los ordenadores ha otorgado a los ingenieros actuales una herramienta capaz de automatizar una serie de cálculos complejos, aligerando su trabajo de formas que un siglo atrás habrían sido impensables. Como cualquier otro sector beneficiado de los avances tecnológicos y matemáticos que esto conlleva, la ingeniería civil o de estructuras, y más concretamente el cálculo estructural, ha experimentado un importante impulso.

Fruto del desarrollo científico e informático, se ha creado el Método de los Elementos Finitos (MEF), que basándose en el Método Matricial (que se ciñe a elementos unidimensionales), permite aproximar de forma numérica el análisis tensional y de deformaciones de los sistemas estructurales, a elementos espaciales, elevándolo de estructura discretizada a continua, mediante la interacción de esos elementos discretos conocidos como *nodos* [6].

Cada vez son más los softwares que pretenden cubrir los huecos existentes en el mercado del MEF. Algunos se centran en el cálculo estructural, mientras otros se centran en otras dimensiones de la metodología BIM (Building Information Modeling), que se define de la siguiente manera:

*«Una metodología de trabajo colaborativa para la concepción y gestión de proyectos de edificación y obra civil. Dicha metodología centraliza toda la información de un proyecto – geométrica o 3D, tiempos o 4D, costes o 5D, ambiental o 6D, y mantenimiento o 7D – en un modelo digital desarrollado por todos sus agentes [7].»*

La posición que el MEF ocupa dentro de esta metodología de trabajo es troncal.

Dlubal Software, una empresa dedicada al desarrollo de softwares de análisis y dimensionamiento de estructuras, tiene como producto MEF el software RFEM. El programa de análisis estructural

RFEM es la base de un sistema de software modular. El programa principal se utiliza para definir estructuras, materiales y cargas para tanto sistemas de estructuras planas como espaciales compuestas de placas, muros, láminas y barras. La creación de estructuras combinadas, así como el modelado de sólidos y elementos de contacto también es posible. RFEM proporciona resultados de deformaciones, esfuerzos internos, esfuerzos en apoyos, así como tensiones de contacto del suelo [8].

### 3. ALCANCE

El primer paso a realizar en el presente estudio es la concepción de la estructura del edificio. Para ello, se deberá tener en cuenta el uso que se le va a dar a lo largo de su vida útil, así como su localización y su aforo. Estos aspectos condicionarán el tamaño y la sectorización del edificio, los materiales y las secciones de elementos estructurales a utilizar. De este modo, se ha diseñado un edificio de carácter polideportivo situado en una localidad vasca de población moderada (unos 15000 habitantes).

Una vez concebido el edificio, se deberá modelar en el software de Dlubal la parte estructural de este, esto es, todos aquellos elementos que tienen como función transmitir las cargas que vayan a aparecer en el edificio, otorgándole a este la capacidad portante para poder sostenerlas sin alterar las condiciones de habitabilidad, seguridad o comodidad. Para este objeto, será necesario servirse, además del módulo principal, llamado RFEM5, de otros módulos adicionales, específicos para ciertos detalles y que cubren las carencias que RFEM5 pudiera tener. Estos son: RF-CONCRETE Surfaces, RF-CONCRETE Members, RF-CONCRETE Columns, RF-PUNCH Pro, RF-TIMBER-Pro, RF-JOINTS, RF-FOUNDATION Pro y RF-LAMINATE.

Introducidos los detalles de cada elemento estructural (material, secciones, características resistentes, etc.) sus uniones y sus apoyos, se definirán los distintos casos de carga a los que la estructura estará sometida a lo largo de su vida útil: cargas permanentes y de peso propio, sobrecargas de uso, cargas de viento y cargas de nieve; en cada una de ellas, y de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE), se introducirán las cargas pertinentes. El programa realizará de forma automática las combinaciones de carga. En este punto, ya es posible lanzar una primera simulación.

Más adelante, se realizarán retoques en la estructura, que tienen como objeto su optimización. Algunos módulos permiten realizar optimizaciones de sección de forma automatizada; otras optimizaciones, en cambio, requieren de una readaptación manual de la estructura. Queda en manos del autor decidir qué elementos es conveniente rediseñar y cuáles no, argumentando en cada caso dichas decisiones. Este proceso será iterativo, alcanzando su punto final cuando el ratio peso de los materiales-capacidad resistente sea satisfactorio.

El proyecto se dará por finalizado con la redacción de un documento que recoja el trabajo llevado a cabo y los resultados y las conclusiones obtenidas, así como una serie de documentos de apoyo.

Las dimensiones de todos los elementos utilizados en este proyecto cumplen con la reglamentación española y europea y con los catálogos de diseño de los fabricantes mencionados. Asimismo, se cumplen los requisitos establecidos en el DB SUA.

## 4. OBJETIVOS

En este apartado se enumeran los objetivos que se esperan cumplir con la realización de este proyecto.

El objetivo principal es realizar el cálculo estructural de un edificio de carácter polideportivo compuesto, principalmente y al menos sobre rasante, mediante elementos de madera. Estos elementos pueden abarcar un amplio rango, pero por cuestiones de simplicidad se ha optado por limitarlos a dos tipos: elementos longitudinales rectos (vigas, columnas y correas) y paneles de CLT.

Del objetivo principal se desglosan los siguientes objetivos secundarios.

- Realizar un estudio detallado del comportamiento estructural de la madera, observando los resultados ofrecidos mediante un programa de cálculo MEF.
- Estudiar la funcionalidad de RFEM como software MEF de cálculo estructural.

## 5. BENEFICIOS DEL PROYECTO

En este apartado se profundizará en los beneficios de la realización del presente proyecto. Los beneficios que aporta este proyecto pueden adscribirse a diversos campos, siendo los más destacados sus contribuciones al campo social y al tecnológico.

### 5.1. BENEFICIOS SOCIALES

Respecto al ámbito social, la construcción de un edificio de carácter polideportivo aportará al municipio de Bergara un recinto público capaz de albergar distintos acontecimientos deportivos, entre los que destacan aquellos relacionados con la natación.

Además, aportará a los vecinos un espacio donde realizar deporte de forma no competitiva, añadiendo a la infraestructura ya existente del pueblo, además de la piscina de acceso libre, un gimnasio y varias salas que se podrán equipar para realizar en ellas actividades como baile, yoga u otras.

El complejo incluirá también una zona dedicada a la repostería en su segunda planta, lo que sumará a los beneficios obtenidos mediante las tasas del polideportivo, devolviendo así parte de la inversión hecha por el ayuntamiento, y generará nuevos empleos.

### 5.2. BENEFICIOS AMBIENTALES

Si bien el diseño de edificios con cierto grado de sostenibilidad es una práctica en boga, el diseño de un proyecto de este tipo no es la primera opción a la hora de idear un polideportivo, siendo las primeras opciones aquellas en que priman el uso de elementos constructivos como el hormigón o el acero, históricamente menos maltratados y que permiten la disposición de grandes espacios libres.

Haber optado por la madera como elemento estructural principal, pues, aporta ventajas competitivas en el aspecto de la sostenibilidad frente a dichos proyectos, haciendo de este un polideportivo más sostenible durante su construcción y vida útil.

### 5.3. BENEFICIOS TECNOLÓGICOS

En el apartado tecnológico, el beneficio proviene del reto que supone diseñar un edificio de esta envergadura utilizando casi en su mayoría elementos estructurales conformados con madera. Realizar el cálculo estructural de este edificio implica saber manejar grandes luces con elementos de madera, lo cual no siempre es sencillo o cómodo. Resolver los problemas que durante el cálculo pudieran surgir implica por tanto haber desarrollado los conocimientos necesarios para saber operar con madera, ampliándolos considerablemente.

## 6. ANÁLISIS DE RIESGOS

Existen varios problemas que pudieran lastrar la realización del presente estudio. Con el fin de recopilar dichos problemas y poder preparar estrategias preventivas y respuestas óptimas, en este apartado se hace un recopilatorio esquematizado tanto de unas como de otras.

Estas consideraciones pueden consultarse en la Tabla 1.

*Tabla 1. Análisis de riesgos.*

ANÁLISIS DE RIESGOS			
Riesgo	Impacto	Probabilidad	Métodos de prevención y corrección
Diseño deficiente de la estructura	Alto	Baja	Tener un conocimiento básico del diseño estructural de los distintos elementos a utilizar a lo largo del proyecto. Revisar de forma periódica los resultados de cálculo obtenidos.
Error en la preparación de la simulación	Medio	Media	Proporcionar al usuario del software de cálculo estructural una formación adecuada sobre el funcionamiento de los distintos módulos que lo conforman.
Error de cálculo	Medio	Baja	Realizar una preparación del modelo óptima y revisar los parámetros de cálculo frecuentemente.
Error de simulación desconocido	Medio	Baja	Mantener una vía de contacto con el distribuidor de Dlubal Software.
Averías en el hardware	Alto	Baja	Contar con copias de seguridad actualizadas del proyecto. Trabajar con un equipo de expertos de informática.
Capacidad del hardware insuficiente	Medio	Baja	Contar con un hardware capaz de soportar las características recomendadas por Dlubal Software.

A continuación, se profundizará en los riesgos expuestos en la Tabla 1:

- *Diseño deficiente de la estructura:* idear deficientemente una estructura es consecuencia directa de un vacío de conocimiento teórico de la industria. Es deber del autor del proyecto tener los conocimientos necesarios sobre esta, pues si bien un software de cálculo estructural puede en ocasiones ser útil para detectar carencias en este campo, no es capaz de sustituirlas. Una correcta formación debe ser aquella capaz de cubrir dichas carencias, y puede completarse con material de apoyo, como los Eurocódigos o el CTE y sus Documentos Base. Este tipo de errores son los más graves, pues implican proyectar sobre una base equivocada, y comprenden desde un desconocimiento de las propiedades físicas del material hasta el desconocimiento de sus modos de uso, las secciones aproximadas necesarias dependiendo del caso, etc.
- *Error en la preparación de la simulación:* a la hora de trabajar con cualquier tipo de software, es imprescindible que el usuario sepa introducir en el programa la información que tiene y pedir la que desea obtener. Para ello, además de los conocimientos técnicos del sector en que vaya a desarrollarse el proyecto, como en este caso serían aquellos relacionados con la teoría del cálculo de estructuras, se requieren los conocimientos del medio en que se vaya a trabajar. En el caso presente, el medio de trabajo es la herramienta informática de que se vaya a hacer uso, es decir, del software de cálculo estructural. Una formación en el software acorde al proyecto es lo mínimo exigible para el usuario que vaya a desarrollarlo, y es responsabilidad suya formarse en este aspecto, sirviéndose de materiales como guías, vídeos o seminarios formativos. La ayuda de un equipo humano experimentado puede reducir considerablemente el tiempo de aprendizaje.
- *Error de cálculo:* este error no es sino una extensión del error en la preparación de la simulación, pero pudiendo darse en una etapa más avanzada del proyecto. Llegados a este punto, se da por hecho que la simulación ha podido lanzarse y que el usuario ha sido capaz de superar por eso mismo una serie de escollos que evidencian un cierto grado de conocimiento del software. Los errores de cálculo pueden deberse así a pequeños descuidos fácilmente detectables y sencillos de corregir.
- *Error de simulación desconocido:* en ocasiones, el cálculo puede detenerse y mostrar errores de simulación desconocidos para el usuario, definidos mediante un número y sin mayores explicaciones. Para su solución, el usuario debe estar familiarizado con las distintas guías de que Dlubal Software dispone en su página web, si no en su totalidad, al menos sí en los módulos que le competen. La página web contiene formación suficiente para resolver este tipo de problemas, ya sea mediante los antes mencionadas guías o mediante la sección del foro, en que otros usuarios han hecho anteriormente consultas parecidas a las que el usuario pudiera tener.
- *Averías en el hardware:* el uso continuado del equipo físico del ordenador puede llevar a la avería de alguno de sus componentes. Para evitar dicho problema, se recomienda dar plazos de descanso al ordenador, además de trabajar con el apoyo de un equipo especializado en informática.

- *Capacidad del hardware insuficiente:* el correcto funcionamiento de un software depende de las características del hardware en que se usa, pues estos requieren de un equipo capaz de procesar los cálculos que en ellos se operan. Por ello, la empresa programadora del software suele ofrecer unos prerequisites que el ordenador en que este software vaya a instalarse debe tener, para poder usar correctamente el programa. Es responsabilidad del usuario asegurarse que la capacidad del hardware disponible cumple con los requisitos planteados por la empresa suministradora, renovando el equipo hardware en caso necesario.



## 7. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este apartado, se procede a describir detalladamente el proceso de desarrollo del modelo estructural definitivo a calcular en el proyecto. Se han suprimido, por tanto, detalles relativos a prototipos anteriores de la estructura, salvo los relativos a la localización de esta, pues es necesario situar el edificio en su contexto, esto es, en su parcela.

### 7.1. LOCALIZACIÓN DEL EDIFICIO

Como se ha mencionado en anteriores apartados, el edificio estará situado en el municipio de Bergara. El ayuntamiento ha ofrecido para el proyecto una parcela sin edificar, situada en el polígono industrial Larramendi, a las afueras del núcleo urbano. Las características constructivas de dicha parcela se muestran en la Tabla 2.

*Tabla 2. Características de la parcela del edificio.*

<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>	
<b>Superficie total</b>	4800 m <sup>2</sup>
<b>Superficie ocupación máxima</b>	3208 m <sup>2</sup>
<b>Superficie edificable máxima</b>	3849 m <sup>2</sup>
<b>Parcela urbanizada</b>	No
<b>Instalaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acometida eléctrica</li> <li>• Acometida telecomunicaciones</li> <li>• Acometida agua</li> <li>• Acometida gas</li> <li>• Acometida fecales</li> <li>• Red incendios</li> <li>• Fibra óptica</li> </ul>
<b>Dimensiones</b>	80 x 60 m <sup>2</sup>

En cuanto a las características litográficas del terreno, se concluye lo siguiente. Se diferencian dos estratos: el primero es un terreno granular, formado por cantos de naturaleza y tamaño diversas y de matriz arcillosa. Los resultados del estudio geotécnico para este primer estrato se muestran en la Tabla 3.

*Tabla 3. Características geotécnicas del estrato 1.*

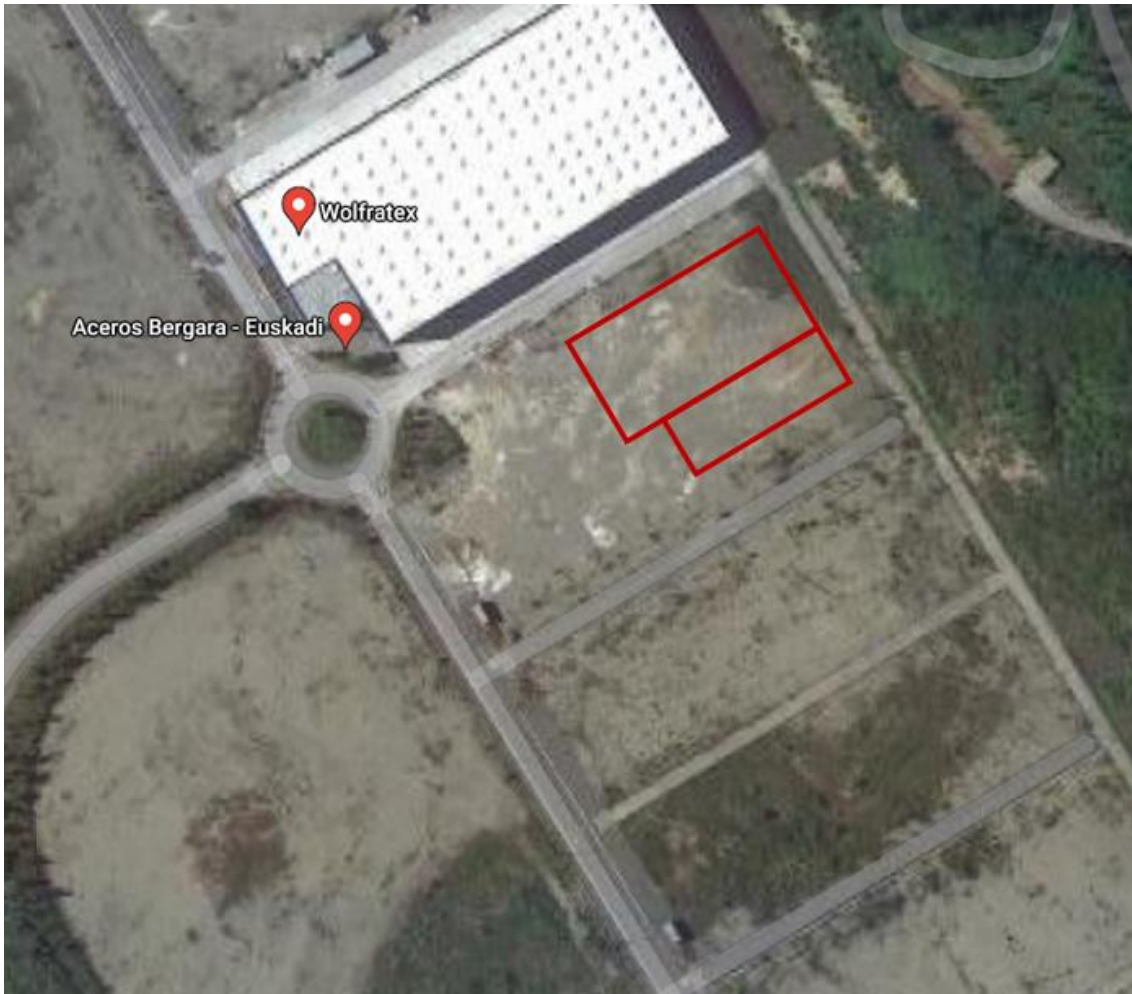
<b>CARACTERÍSTICAS ESTRATO 1</b>	
<b>Profundidad</b>	[0, -4) m
<b>Cohesión</b>	0,55 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ángulo de rozamiento interno</b>	35 <sup>0</sup>
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>	65 kN/m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de Poisson (ν)</b>	0,25
<b>Compresión simple</b>	10 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de balasto</b>	50 kg/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad</b>	20 kN/m <sup>2</sup>

El segundo terreno es un estrato rocoso. Los resultados del estudio geotécnico para este segundo estrato se muestran en la Tabla 4.

*Tabla 4. Características geotécnicas del estrato 2.*

<b>CARACTERÍSTICAS ESTRATO 2</b>	
<b>Profundidad</b>	[-4, 15) m
<b>Cohesión</b>	2,1 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ángulo de rozamiento interno</b>	40 <sup>0</sup>
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>	580 kN/m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de Poisson (v)</b>	0,27
<b>Compresión simple</b>	80 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de balasto</b>	50 kg/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad</b>	23 kN/m <sup>2</sup>

El perímetro del edificio en su parcela puede apreciarse en la Ilustración 1.

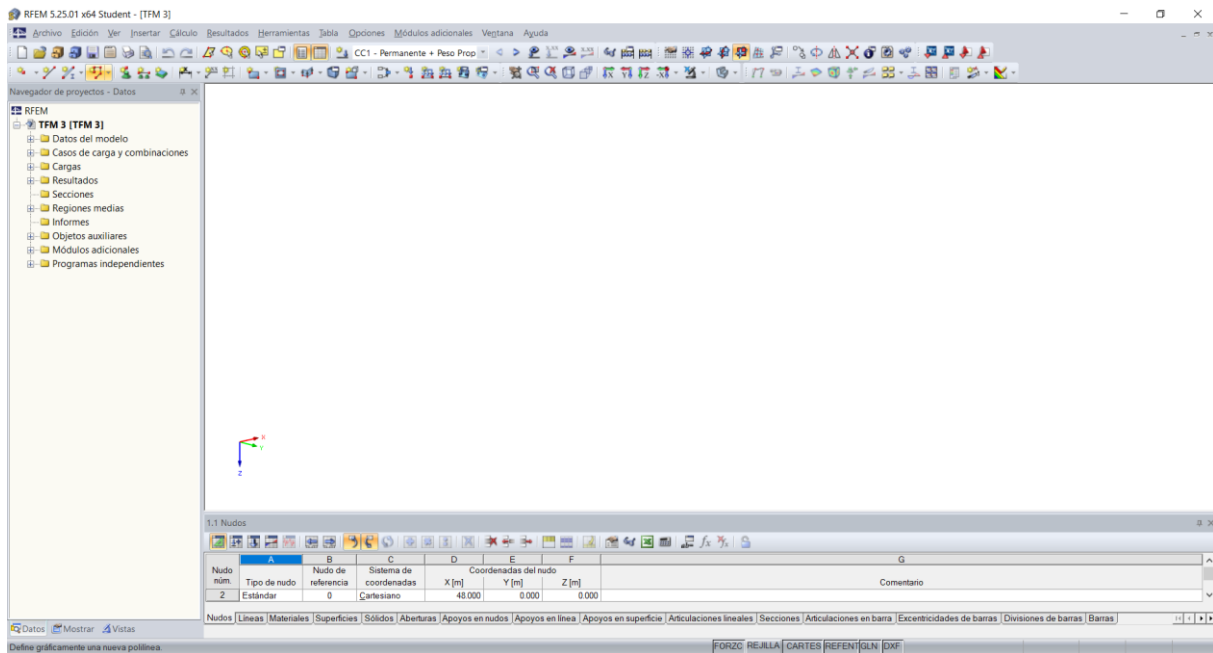


*Ilustración 1. Parcela del edificio en el polígono industrial Larramendi, Bergara.*

## 7.2. VENTANA PRINCIPAL DE RFEM Y CONFIGURACIÓN INICIAL

Como se ha mencionado en anteriores apartados, Dlubal Software es un software modular para el cálculo estructural. En este apartado se describirán en detalle las acciones llevadas a cabo en el módulo troncal de dicho sistema modular: RFEM5, también conocido como RFEM.

Cabe realizar, en primer término, una descripción del programa en sí. Al iniciar RFEM, se cargará el software, y aparecerá ante el usuario lo que comúnmente se conoce como Interfaz Natural de Usuario (NUI, por sus siglas en inglés), donde el usuario operará y construirá paso por paso la estructura. Acompañan a la NUI tres medios para interoperar con este:



*Ilustración 2. Ventana principal de RFEM5.*

- **Barra de herramientas:** la barra de herramientas es la base para interoperar que tienen comúnmente los softwares. Esta se compone de varios comandos, algunos definidos por su nombre (archivo, edición, ver, insertar...) o por pequeñas imágenes que intuitivamente sugieren su utilidad, y se sitúa en la parte superior de la NUI (Ilustración 2).
- **Navegador:** el navegador abarca la parte izquierda de la ventana principal (Ilustración 2). En este aparece en formato listado toda la información del proyecto. En la parte baja se pueden diferenciar, desde el principio, tres pestañas (Datos, Mostrar y Vistas), y tras realizar el cálculo de la estructura, aparecerá una cuarta, llamada Resultados.

*Datos* es la pestaña principal. En ella aparece el listado de datos del modelo (nodos, superficies, barras, etc.), el de las cargas, el de los objetos auxiliares, el de las secciones y el de los módulos adicionales, entre otros que, llegado el caso, se mencionarán en caso de ser necesario. Las carpetas de los listados pueden observarse en la

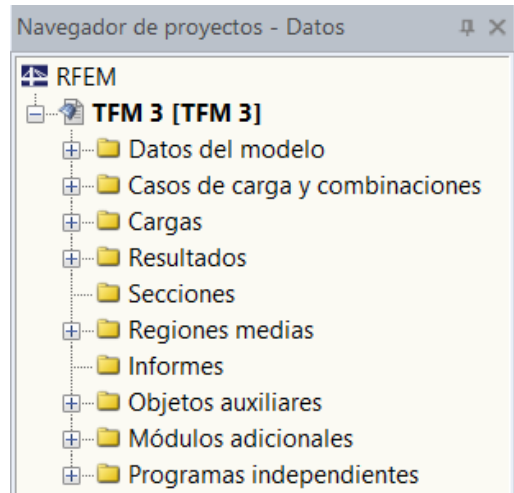


Ilustración 3. Navegador de proyectos. Pestaña Datos.

Las pestañas *Mostrar* y *Vistas* realizan una función parecida de dos maneras distintas: en la primera (Ilustración 4), aparece el listado de todos los grupos de elementos que se pueden definir en RFEM, y pulsando sobre cada uno de los grupos, aparecerán o desaparecerán de la NUI los elementos que forman parte de estos; en la segunda (Ilustración 4), se pueden ocultar o mostrar los grupos dependiendo de sus características, como la sección o el material.

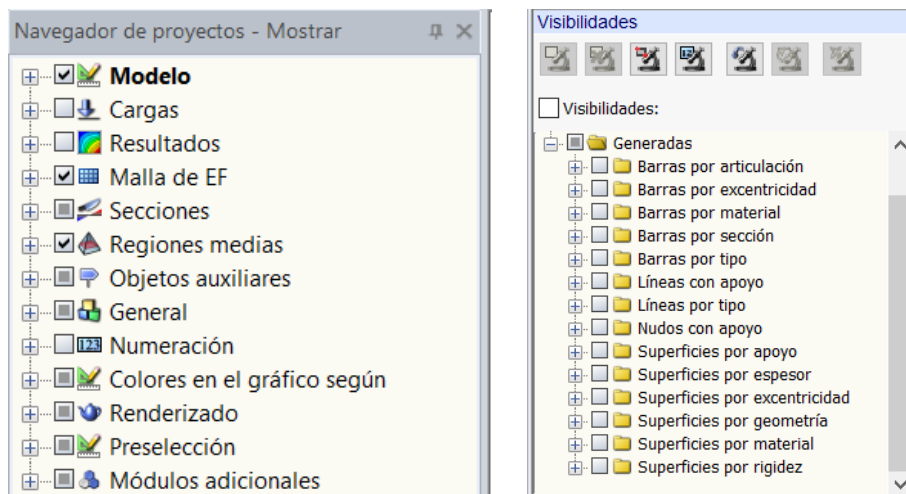
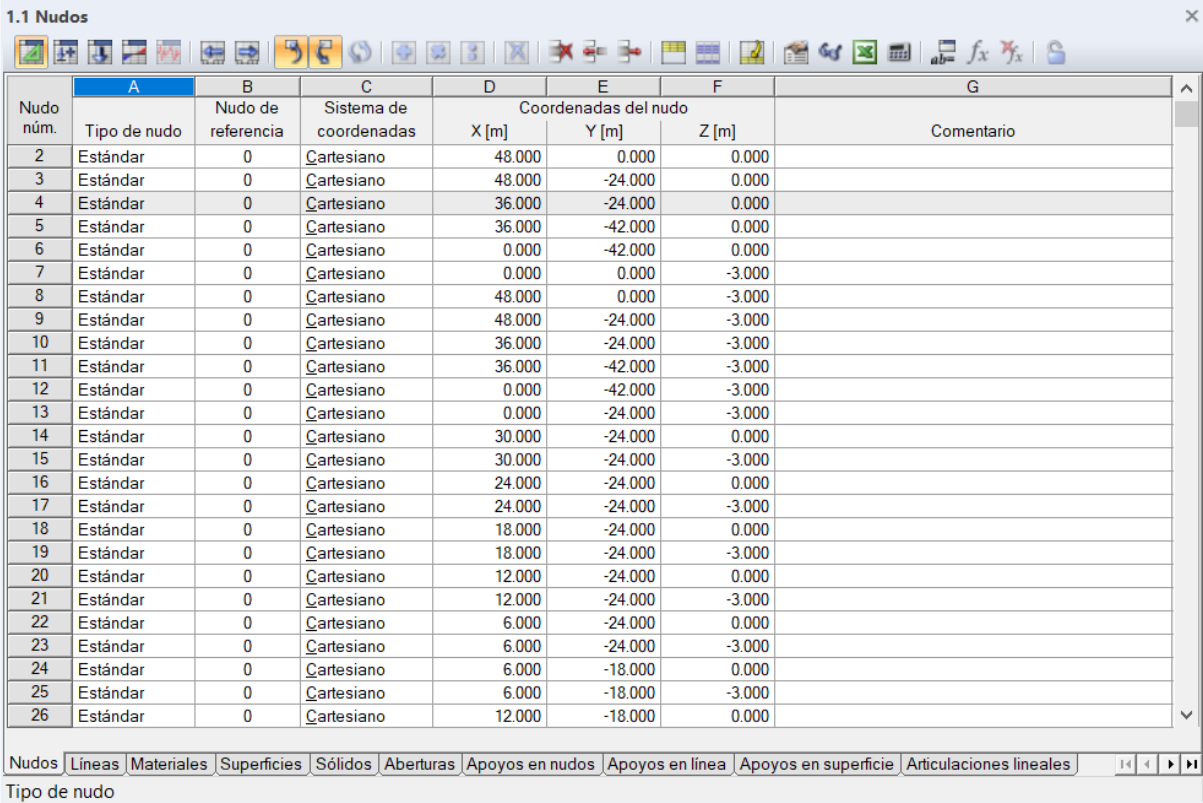


Ilustración 4. Navegador de proyectos. Pestaña Mostrar (izqda.) y pestaña Vistas (dcha).

- Tabla:** la tabla ocupa la parte superior de la ventana principal, como puede apreciarse en la Ilustración 2. En ella, pueden introducirse, bien manualmente o exportando desde un documento Excel, todos los datos que pueden introducirse desde la barra de herramientas y desde el navegador. La introducción de los datos difiere en que resulta más numérica pero menos visual, es decir, menos intuitiva. En la Ilustración 5 puede observarse el formato de la tabla en su pestaña Nudos. En la barra inferior de la ventana de tabla, se lista una serie de pestañas relativas a cada uno de los elementos que es posible definir en RFEM.

1.1 Nudos



Nudo núm.	A	B	C	D			E			F	G
	Tipo de nudo	Nudo de referencia	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			X [m]	Y [m]	Z [m]		Comentario
2	Estándar	0	Cartesiano	48.000	0.000	0.000					
3	Estándar	0	Cartesiano	48.000	-24.000	0.000					
4	Estándar	0	Cartesiano	36.000	-24.000	0.000					
5	Estándar	0	Cartesiano	36.000	-42.000	0.000					
6	Estándar	0	Cartesiano	0.000	-42.000	0.000					
7	Estándar	0	Cartesiano	0.000	0.000	-3.000					
8	Estándar	0	Cartesiano	48.000	0.000	-3.000					
9	Estándar	0	Cartesiano	48.000	-24.000	-3.000					
10	Estándar	0	Cartesiano	36.000	-24.000	-3.000					
11	Estándar	0	Cartesiano	36.000	-42.000	-3.000					
12	Estándar	0	Cartesiano	0.000	-42.000	-3.000					
13	Estándar	0	Cartesiano	0.000	-24.000	-3.000					
14	Estándar	0	Cartesiano	30.000	-24.000	0.000					
15	Estándar	0	Cartesiano	30.000	-24.000	-3.000					
16	Estándar	0	Cartesiano	24.000	-24.000	0.000					
17	Estándar	0	Cartesiano	24.000	-24.000	-3.000					
18	Estándar	0	Cartesiano	18.000	-24.000	0.000					
19	Estándar	0	Cartesiano	18.000	-24.000	-3.000					
20	Estándar	0	Cartesiano	12.000	-24.000	0.000					
21	Estándar	0	Cartesiano	12.000	-24.000	-3.000					
22	Estándar	0	Cartesiano	6.000	-24.000	0.000					
23	Estándar	0	Cartesiano	6.000	-24.000	-3.000					
24	Estándar	0	Cartesiano	6.000	-18.000	0.000					
25	Estándar	0	Cartesiano	6.000	-18.000	-3.000					
26	Estándar	0	Cartesiano	12.000	-18.000	0.000					

Nudos | Líneas | Materiales | Superficies | Sólidos | Aberturas | Apoyos en nudos | Apoyos en línea | Apoyos en superficie | Articulaciones lineales

Tipo de nudo

Ilustración 5. Tabla.

RFEM permite interactuar con la NUI por medio de cualquiera de las tres. Recae sobre el usuario decidir cuál de ellas usar, dependiendo de las facilidades o fortalezas que cada una de ellas ofrezca. Para este proyecto, se han usado la barra de herramientas y el navegador, debido a las facilidades intuitivas que estas ofrecen respecto a la tabla.

Por otro lado, la NUI muestra en todo momento los ejes globales del proyecto en su parte inferior izquierda (Ilustración 2). Y además, en la parte inferior de la ventana principal, aparece una barra de ayuda, que muestra mensajes de apoyo al usuario, en la que también se pueden activar y desactivar otras opciones que serán útiles en el uso de Dlubal Software. De las seis opciones, cabe mencionar las dos primeras:

- FORZC: es el forzocursor. Permite que, al pulsar un punto sobre la NUI, el programa interprete que se ha pulsado el nodo más cercano a dicho punto.
- REJILLA: permite configurar y mostrar una rejilla de apoyo, muy útil para definir la geometría.

Las unidades utilizadas en el presente proyecto se reflejan en las siguientes ilustraciones:

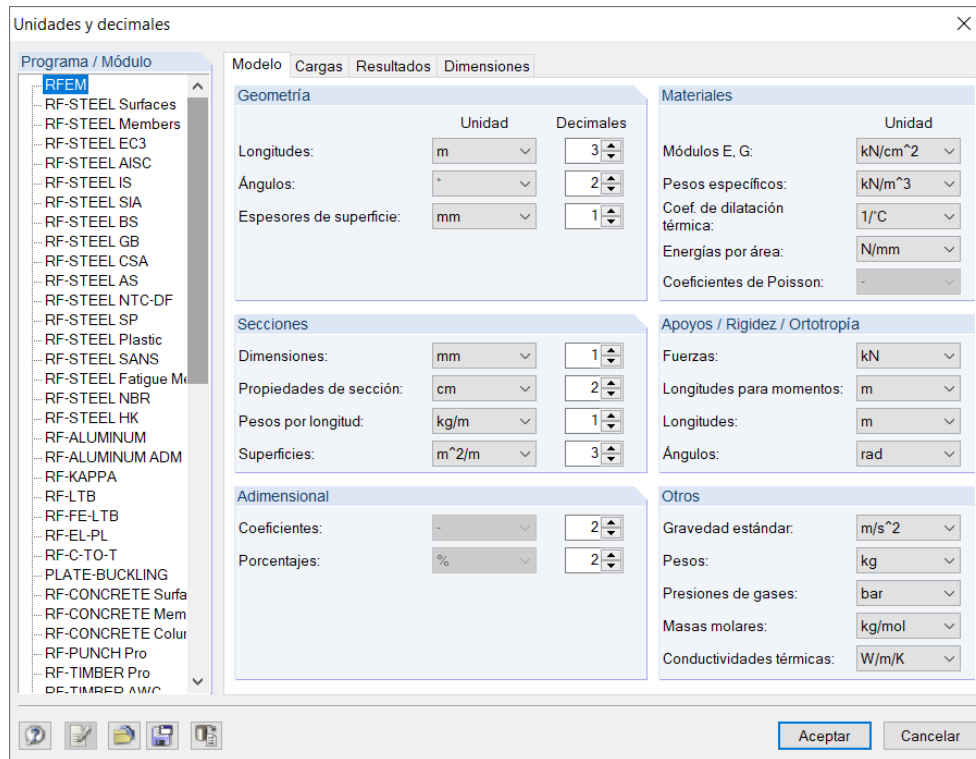


Ilustración 6. Unidades utilizadas en el modelo.

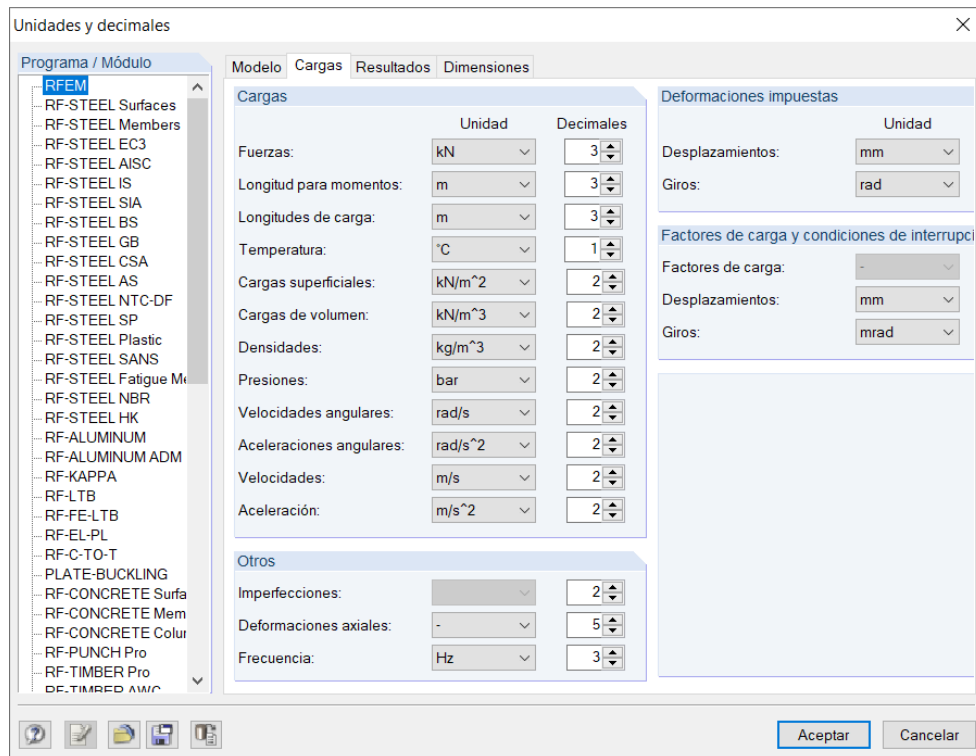


Ilustración 7. Unidades utilizadas en las cargas.

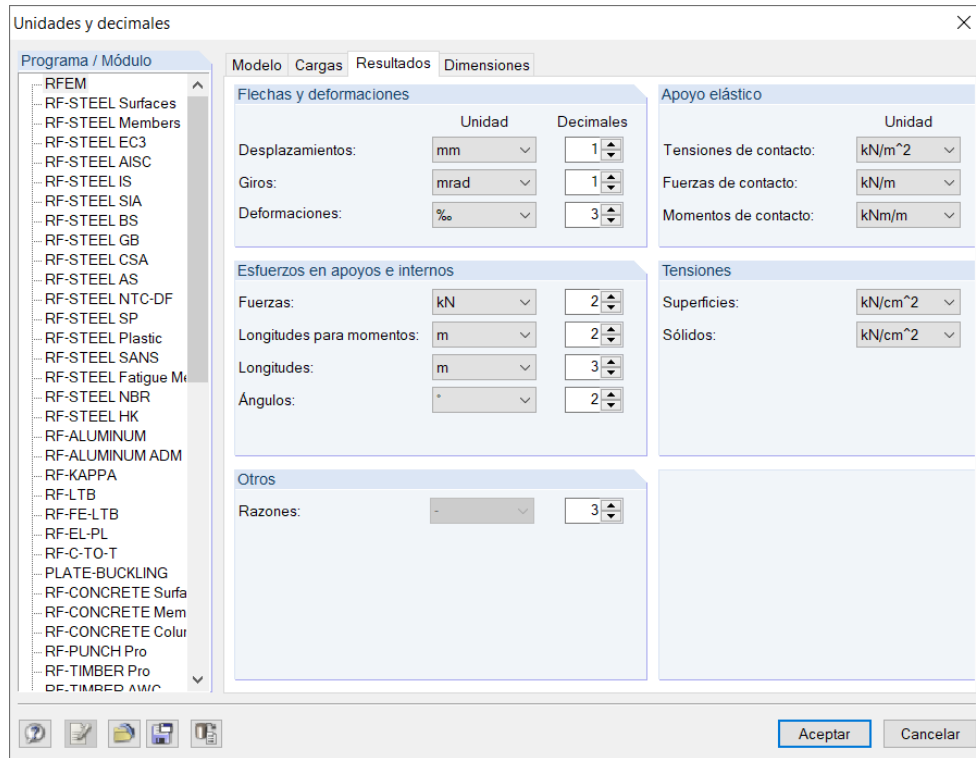


Ilustración 8. Unidades utilizadas en los resultados.

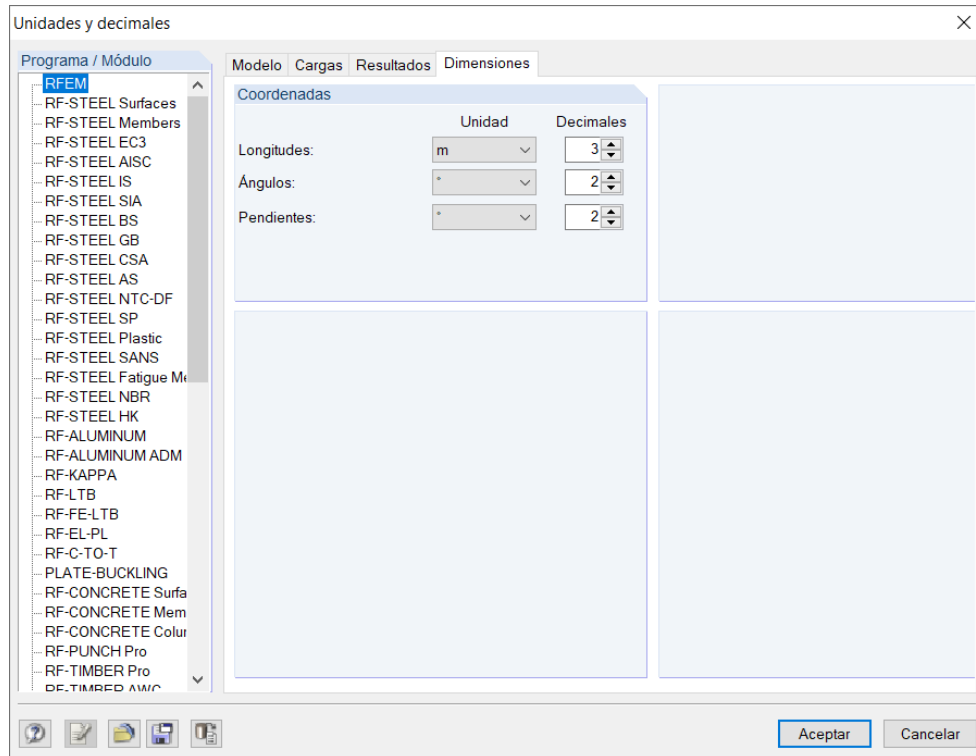


Ilustración 9. Unidades utilizadas en las dimensiones.



### 7.3. DEFINICIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL EN RFEM

El modelo del edificio polideportivo se muestra en la Ilustración 10 y en la Ilustración 11 en dos vistas isométricas que servirán de ayuda para su descripción.

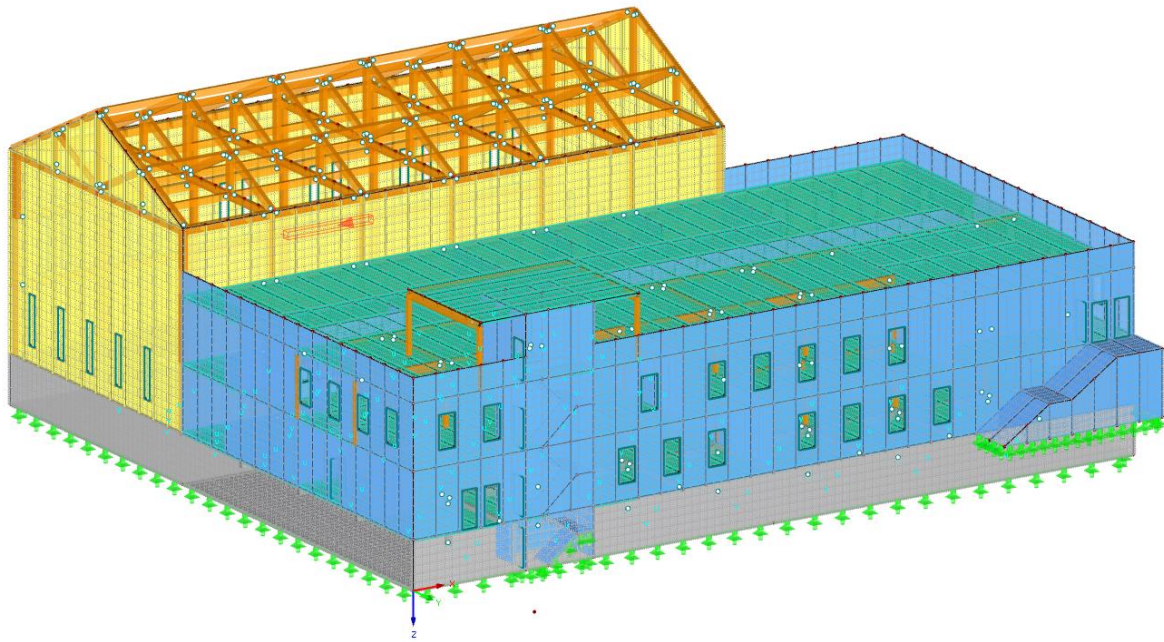


Ilustración 10. Vista isométrica del modelo (1 - frontal).

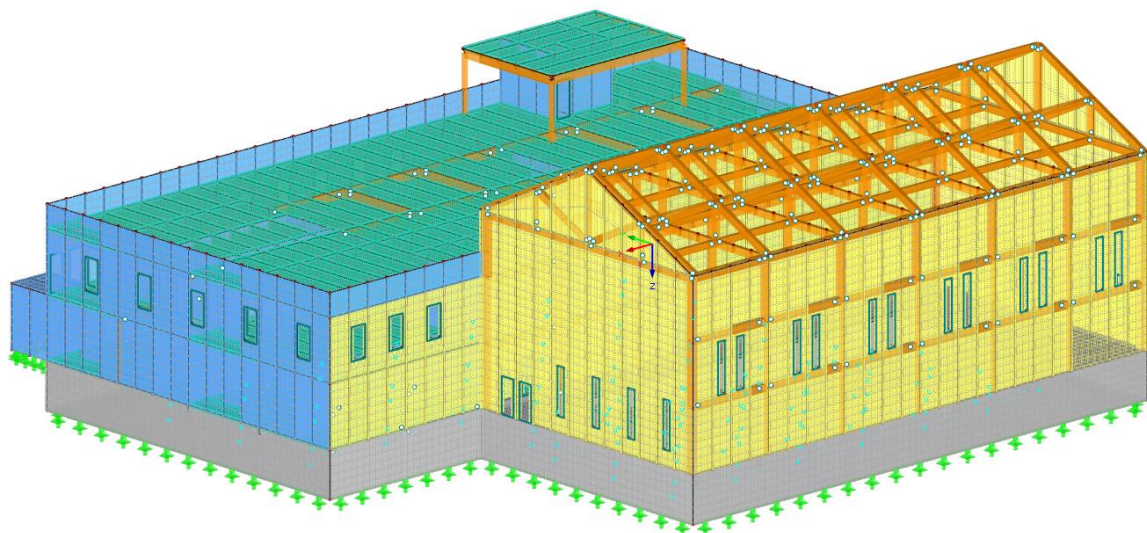


Ilustración 11. Vista isométrica del modelo (2 - trasera).

Se pueden observar tres partes bien diferenciadas: la nave de la piscina, el edificio principal y el sótano, que sirve como base a las dos anteriores.



- **Sótano:** el sótano es la única parte del edificio polideportivo bajo rasante, y por tanto la única compuesta de hormigón, ya que este material se adecúa mejor a las características del suelo que la madera. Abarca el piso inferior del edificio principal y de la nave de la piscina, y actuará como almacén, como sala de máquinas y como base de la estructura. Se recomienda mantener el espacio lo más abierto posible, evitando acumulaciones masivas de objetos.
- **Nave de la piscina:** consiste en una nave de CLT reforzada con perfiles rectangulares de madera conífera C24 de distintos tamaños, con un techo de faldones de carga de un peso igual a  $1 \text{ kN/m}^2$  en su proyección horizontal, según el DB SE-AE (Acciones estructurales). El suelo está formado por una losa de hormigón armado.
- **Edificio principal:** formado por paneles de CLT y perfiles rectangulares de madera conífera C24 de distintos tamaños, contiene la recepción, distintas salas de uso libre, un gimnasio, vestuarios, baños, un restaurante, una zona administrativa, una cubierta plana y las zonas de paso necesarias. Lo conforman la planta baja, la primera planta y la cubierta.

En los siguientes apartados se procederá a describir la información introducida en el módulo principal de Dlubal Software: RFEM.

### 7.3.1. SÓTANO

Como se ha mencionado anteriormente, el sótano está conformado principalmente por elementos de hormigón armado. En este apartado, se procederá a descubrir los pasos seguidos para realizar el modelo de este en RFEM. En la Ilustración 12 puede observarse de forma isométrica el sótano del modelo.

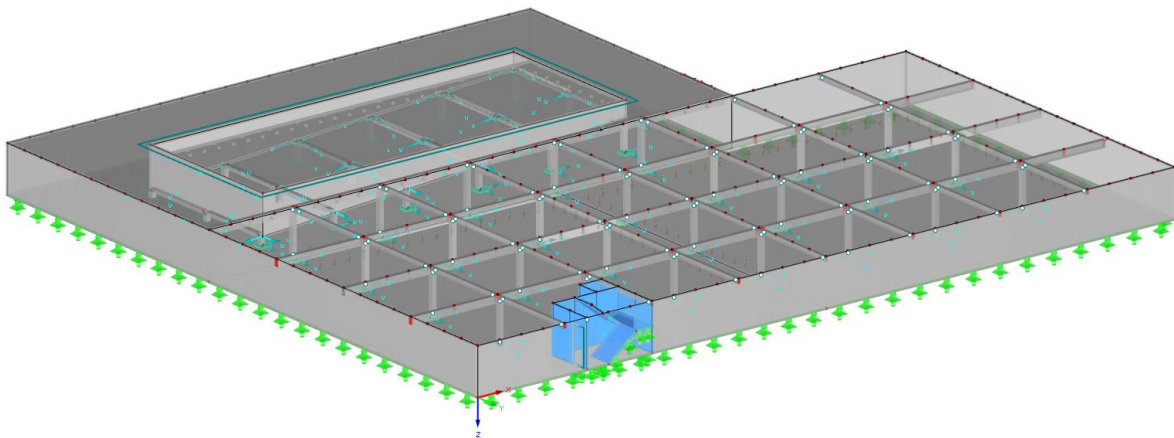
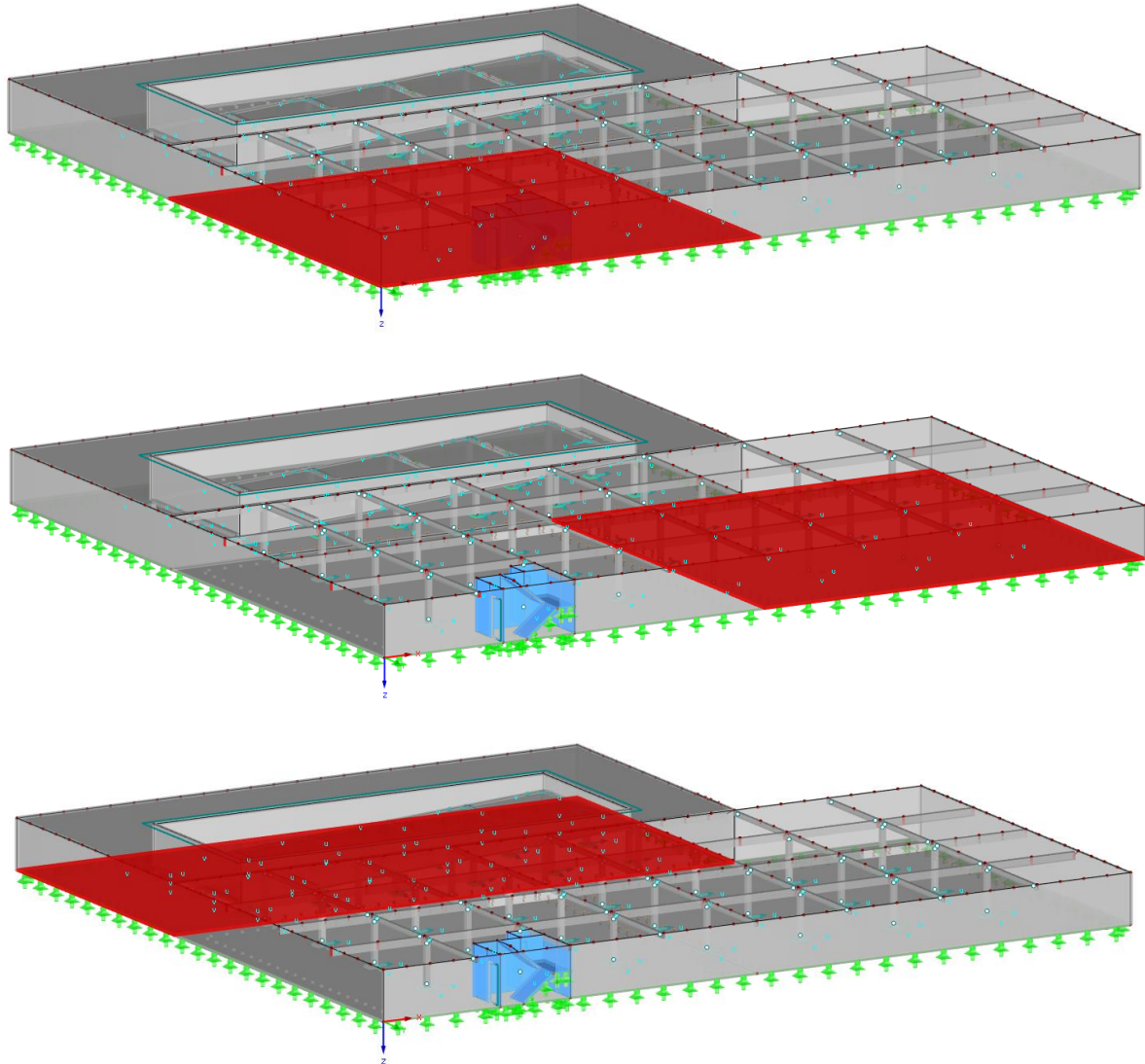


Ilustración 12. Vista isométrica del sótano del modelo.

El sótano está compuesto por los siguientes elementos:

Tres losas de cimentación de hormigón armado de 200 mm de espesor cada una, dispuestas como se observa en la Ilustración 13 y con dimensiones de  $24 \times 24 \text{ m}^2$  para las dos primeras losas y de  $18 \times 36 \text{ m}^2$  para la tercera:



*Ilustración 13. Losas de cimentación del sótano.*

Las características de las losas de cimentación a introducir en RFEM son las siguientes:

- Geometría: plana.
- Rigidez: estándar.
- Material: hormigón HA30/35.
- Espesor  $d$ : 200 mm.

Se puede ver la ventana que se usa para introducir estos datos en la Ilustración 14. Asimismo, se deben definir los apoyos de la losa en el terreno. A falta de material gráfico detallado sobre la estratigrafía del suelo, se ha optado por definir dichos apoyos de acuerdo a los datos del estudio geotécnico facilitados, como se observa en la Ilustración 15. El valor 500000 kN/m hace referencia al módulo de balasto, que aparece en la Tabla 4.

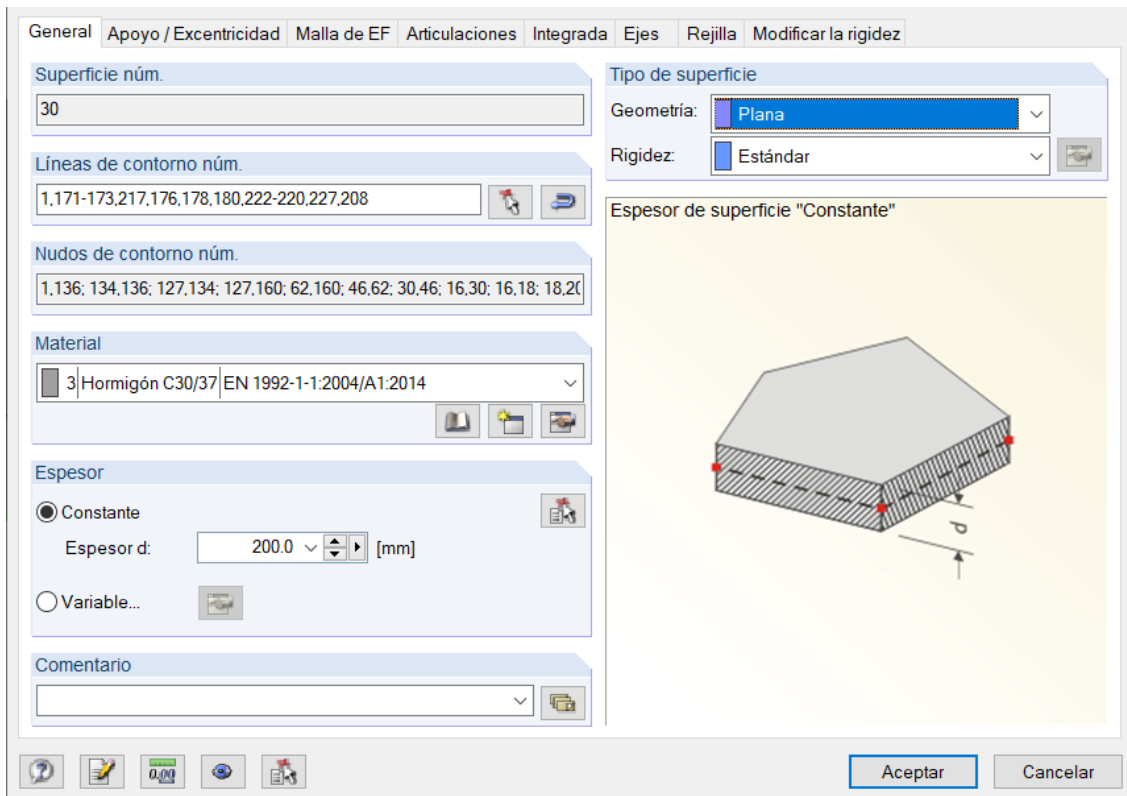


Ilustración 14. Ventana para la definición de superficies de hormigón.

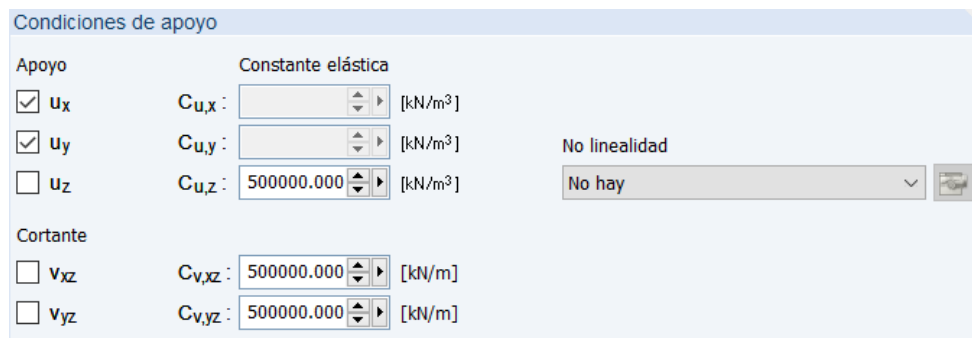


Ilustración 15. Apoyos de la losa de cimentación en el terreno.

Las características del armado de los elementos estructurales de hormigón armado se definirán en módulos aparte.

Por cuestiones de simplicidad, se han definido todos los muros del sótano con el mismo espesor. Dichos muros se señalan en la Ilustración 16. Las características de estos se definen en una ventana igual a la de la Ilustración 14, y son las siguientes:

- Geometría: plana.
- Rigidez: estándar.
- Material: hormigón HA30/35.
- Espesor d: 300 mm.

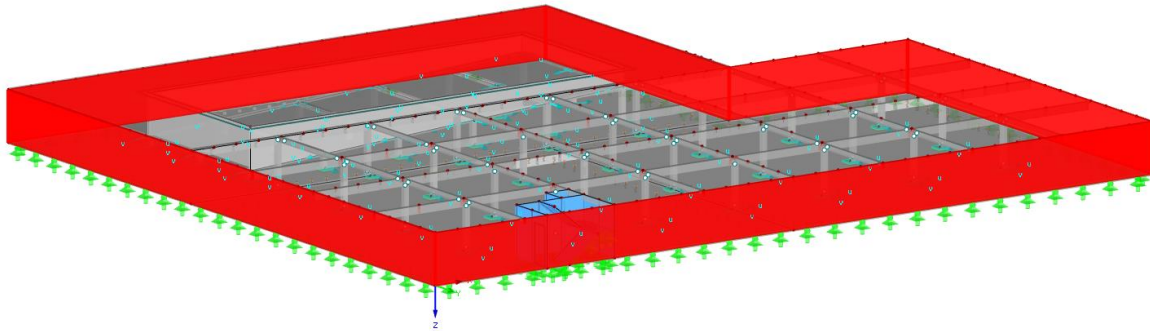


Ilustración 16. Muros del sótano.

El espesor de 300 mm se ha definido por medio de iteraciones de cálculo, pues un espesor de 200 mm resultaba insuficiente para el Estado Límite de Servicio (ELS). La altura de los muros es de 3 m.

Los apoyos de los muros se han definido siguiendo las recomendaciones del material bibliográfico disponible en la web oficial de Dlubal Software. Las condiciones de apoyo cumplen con los requisitos de la Ilustración 17, y se definen en la arista inferior de la superficie, como puede observarse (verde) en la Ilustración 16. Dichas condiciones equivalen a un apoyo empotrado respecto a las losas de cimentación, es decir: se coacciona el desplazamiento relativo respecto a la losa, pero se permite el giro relativo respecto a esta, si los empujes laterales del terreno lo imponen.

Condiciones de apoyo				
Apoyo	Constante elástica		No linealidad	
<input checked="" type="checkbox"/> $u_x$ :	$C_{u,x}$	<input type="text" value=""/>	[kN/m <sup>2</sup> ]	No hay
<input checked="" type="checkbox"/> $u_y$ :	$C_{u,y}$	<input type="text" value=""/>	[kN/m <sup>2</sup> ]	No hay
<input checked="" type="checkbox"/> $u_z$ :	$C_{u,z}$	<input type="text" value=""/>	[kN/m <sup>2</sup> ]	No hay
Coacción				
<input type="checkbox"/> $\varphi_x$ :	$C_{\varphi,x}$	<input type="text" value="0.000"/>	[kNm/rad/m]	No hay
<input type="checkbox"/> $\varphi_y$ :	$C_{\varphi,y}$	<input type="text" value="0.000"/>	[kNm/rad/m]	No hay
<input type="checkbox"/> $\varphi_z$ :	$C_{\varphi,z}$	<input type="text" value="0.000"/>	[kNm/rad/m]	No hay

Ilustración 17. Condiciones de apoyo de los muros del sótano.

Las columnas del sótano tienen como objetivo transmitir los esfuerzos que aparecerán en el edificio a la cimentación. Cabe mencionar que, gracias al módulo RF-CONCRETE Columns, en RFEM solo será necesario definir la sección aproximada de las columnas, ya que en RF-CONCRETE Columns se puede realizar una optimización automática de la sección, para que esta se ajuste a los esfuerzos requeridos en cada caso.

En la Ilustración 18 se muestran las columnas y su posicionamiento en la vista isométrica del sótano.

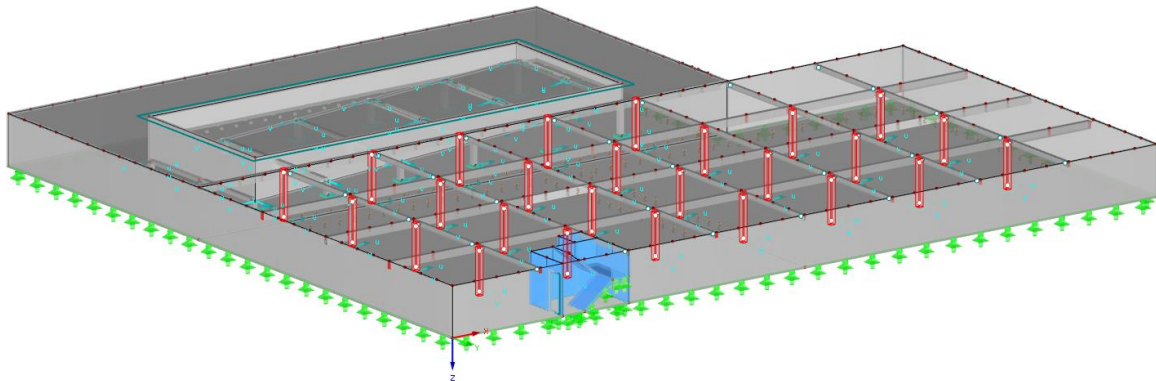


Ilustración 18. Columnas del sótano.

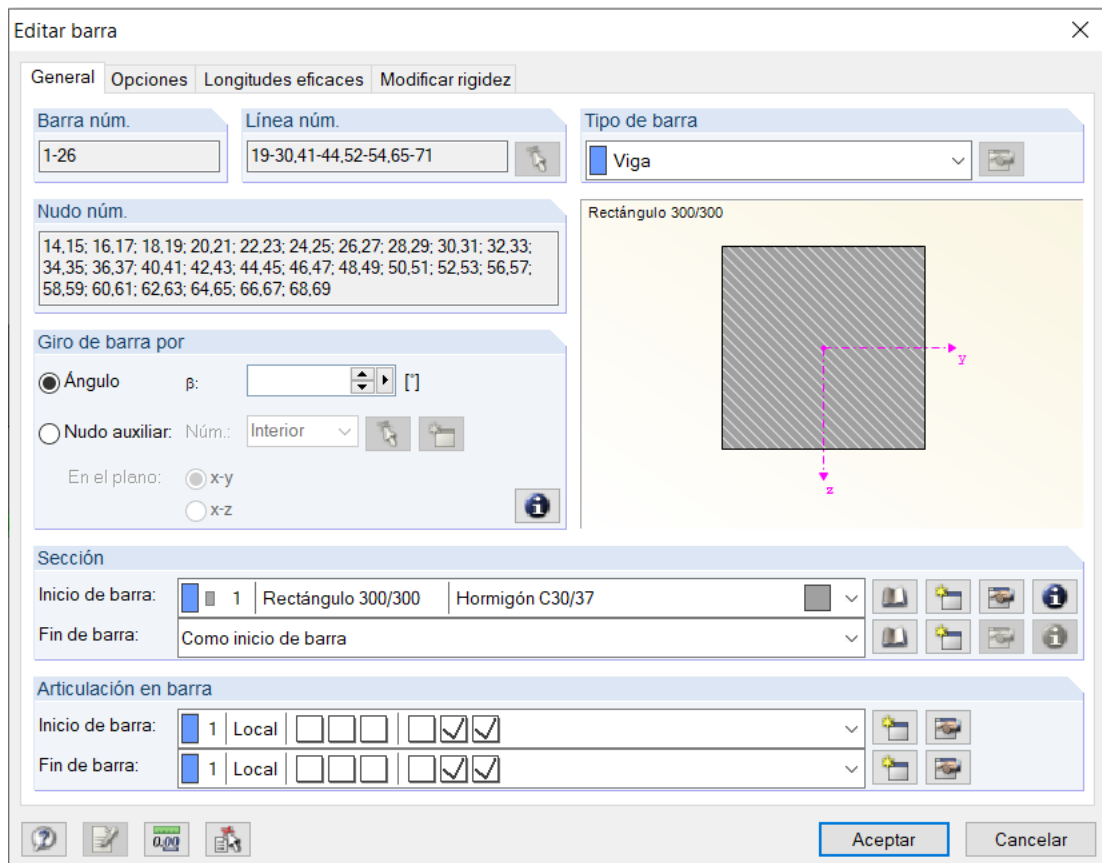
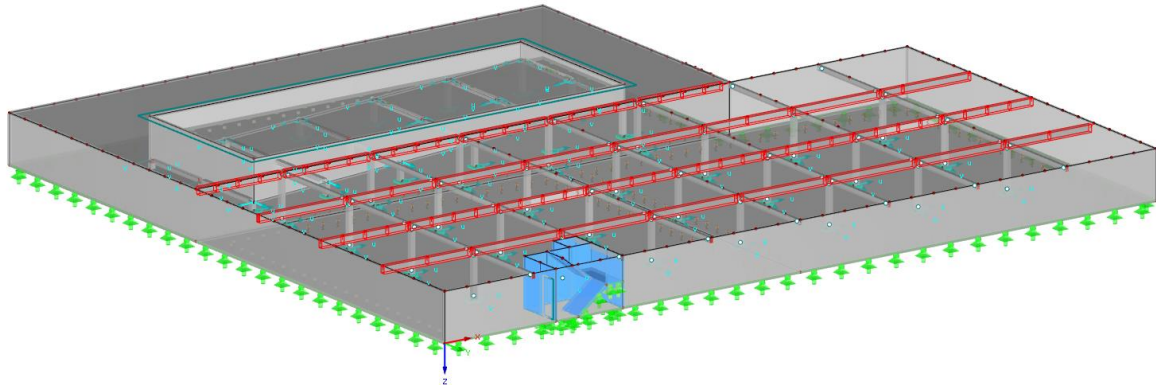


Ilustración 19. Ventana para definir las características de una columna.

Las características de las columnas que se han introducido en RFEM (Ilustración 19) son las siguientes:

- Tipo de barra: viga.
- Sección: 300 x 300 mm<sup>2</sup>.
- Material: hormigón HA30/35.
- Articulación en barra: articulación simple en dos extremos.

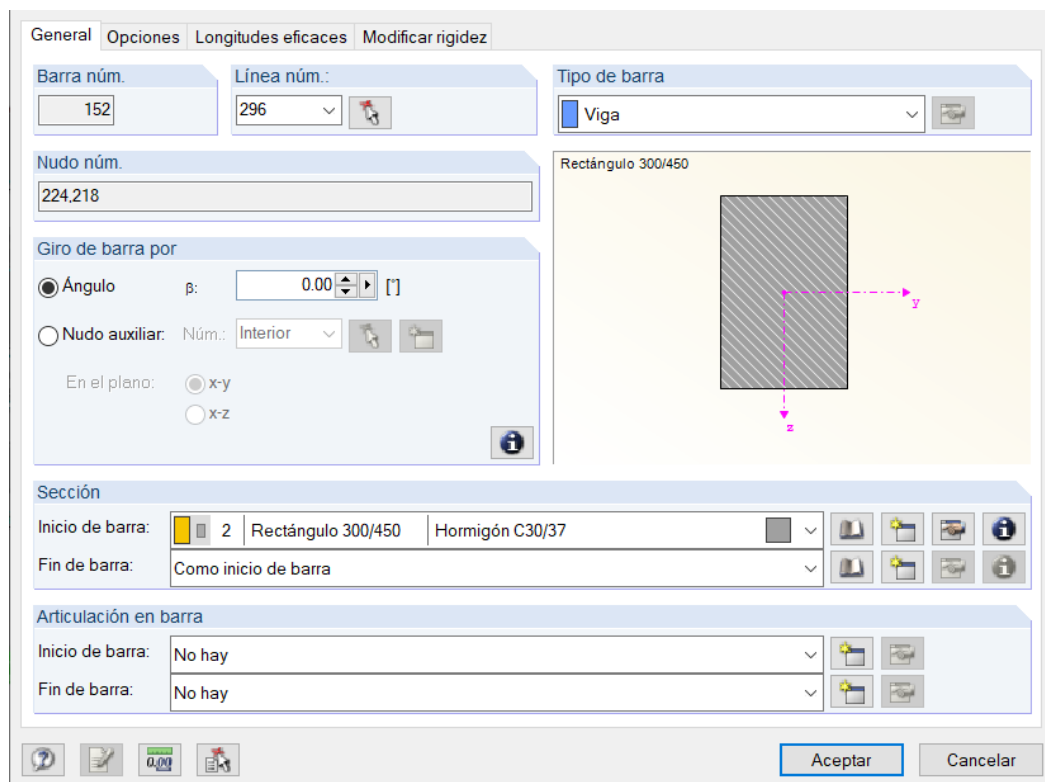




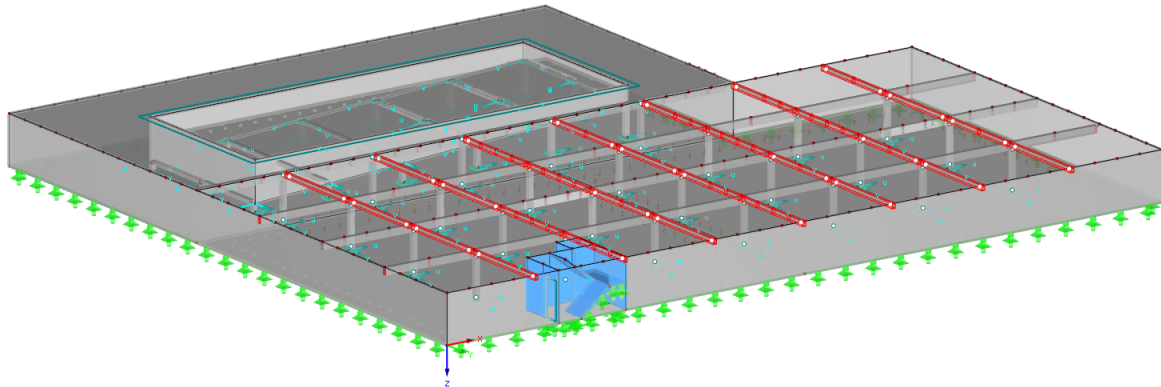
*Ilustración 20. Vigas principales del sótano.*

En la Ilustración 20 se pueden observar las vigas principales del sótano. El objetivo de estas vigas es el de servir de punto de apoyo al forjado de láminas de CLT que hace de suelo de la planta baja del edificio principal y transmitir los esfuerzos que de estos se absorben a las columnas. Son de hormigón HA30/35 de sección 300 x 450 mm<sup>2</sup>. Sus características son las que siguen, y pueden observarse en la Ilustración 21:

- Tipo de barra: viga.
- Sección: 300 x 450 mm<sup>2</sup>.
- Material: hormigón HA30/35.
- Articulación en barra: sin articulaciones.



*Ilustración 21. Ventana para definir las características de una viga.*



*Ilustración 22. Vigas de atado del sótano.*

El techo del sótano cuenta con otro tipo de vigas: las vigas de atado. Estas vigas, como su nombre indica, sirven para atar los distintos pórticos principales del sótano. Con su uso, se evitan posibles desviaciones fuera del plano que los pórticos pudieran tener al resistir las sobrecargas del edificio. En los primeros prototipos del edificio, se optó por realizar un entramado de vigas sin vigas de atado, lo que dio como resultado movimientos fuera del plano de los pórticos principales, cada uno de un valor distinto, evidenciando así la conveniencia de usar las vigas de atado. Se trata de vigas de menor sección que las vigas principales, dado que no tienen una función estructural demasiado demandante.

Su disposición en el modelo puede observarse en la Ilustración 22, y las características a cumplir, que deben introducirse en una ventana idéntica a la de la Ilustración 21, son las siguientes:

- Tipo de barra: viga.
- Sección: 200 x 300 mm<sup>2</sup>.
- Material: hormigón HA30/35.
- Articulación en barra: articulación libre en dos extremos.

Por norma general, los softwares de cálculo estructural suelen simplificar algunos elementos tridimensionales como vigas o columnas a elementos unidimensionales, que definen como barras. Esta simplificación obliga a considerar varios parámetros de diseño. Uno a tener en cuenta es tipo de diseño de barras que se quiera realizar. Existen dos opciones: el diseño a ejes y el diseño a caras. Elegir una u otra opción alterará la rigidez de las uniones y por tanto la de la estructura, más concretamente en un grado inversamente proporcional al exponente al cubo de la distancia entre los puntos de estudio ( $1/L^3$ ). Así, un modelo diseñado y calculado a ejes, resulta  $L^3$  veces más flexible que uno diseñado a caras. Conviene pues diseñar a caras, especialmente en hormigón, pues errores de cálculo en la rigidez pueden alterar las previsiones de fisuración y por tanto de los Estados Límite, generando una degradación prematura de la estructura.

Este fenómeno se explica mediante un esquema en la Ilustración 23:

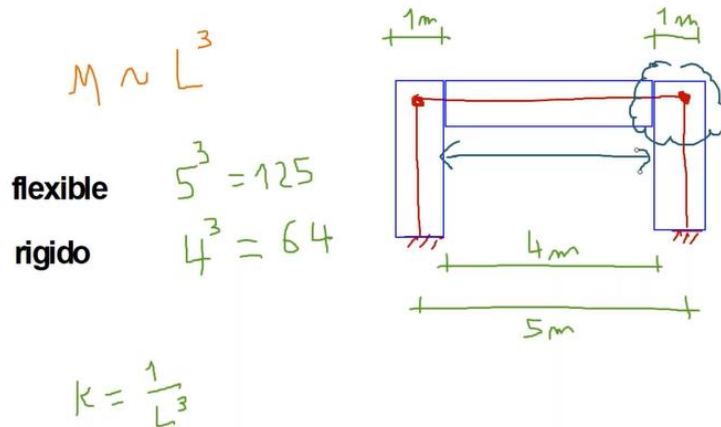


Ilustración 23. Diferencia entre el diseño a ejes y el diseño a caras.

En la Ilustración 24 (“desviación axial de barras adyacentes en...”) puede definirse si cada elemento se diseña a ejes o a caras. En el caso de inicio de barra, se ha optado por diseño a caras; mientras que al final de la barra, se ha optado por un diseño a caras. Se puede observar de manera intuitiva en el cuadro “desviación axial” que, en el caso del fin de la barra, el perfil horizontal se extiende hasta el eje de la columna, evidenciando que esa parte está diseñada a ejes; en la otra columna, el perfil horizontal se corta en la cara, señal de que está diseñado a caras.

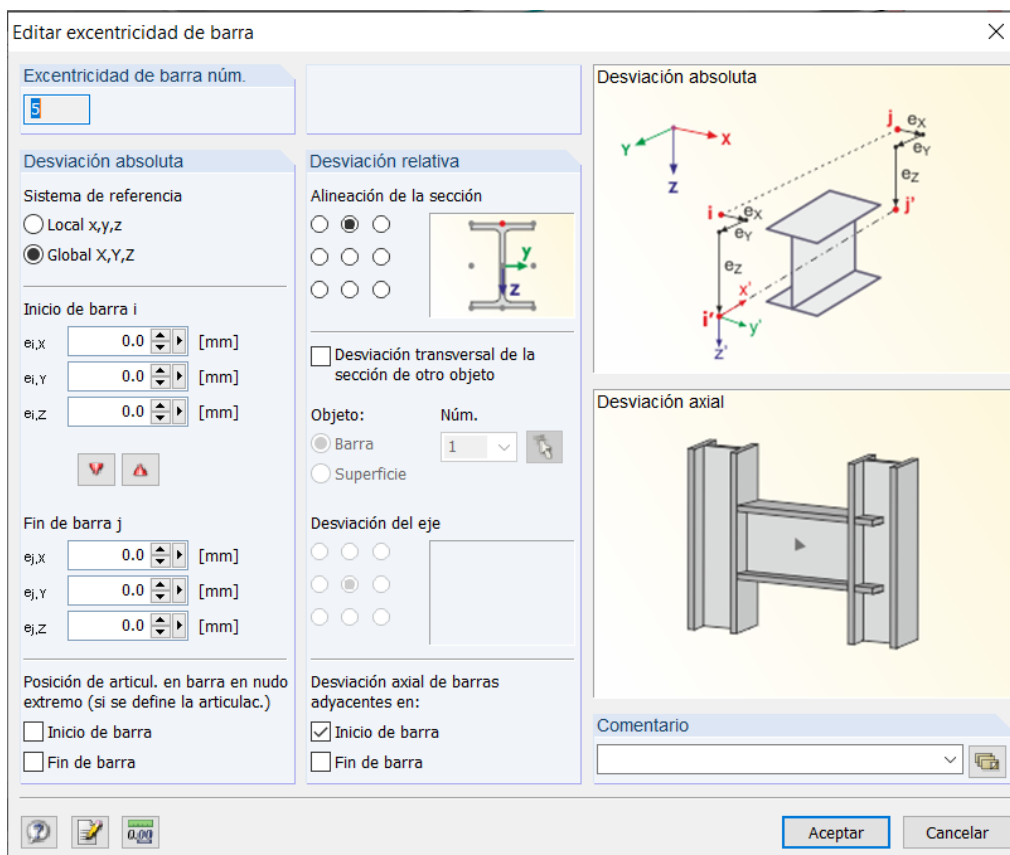
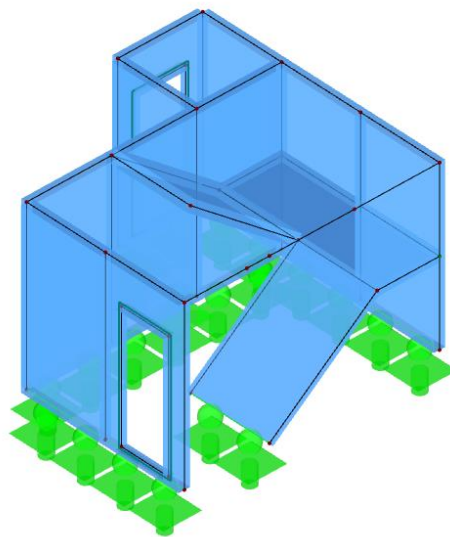


Ilustración 24. Ventana de diseño de excentricidad de barras.



En la ventana de la Ilustración 24 se puede definir también la excentricidad de la barra, ya sea columna o viga, lo que permite al usuario alinear los elementos como desee. Para ello, cuenta con dos opciones: alterar la desviación relativa respecto al eje del elemento o definir la desviación absoluta de la barra.

El sótano, como todos los pisos del edificio principal, también cuenta con la caja del ascensor y de las escaleras. Esta es la única parte del sótano compuesta de elementos de madera, concretamente de paneles de CLT, pero debido a que su naturaleza es más afín a la del edificio principal, se definirá de modelizado en el apartado correspondiente a este. Los paneles tienen una altura de 3 m y una anchura de 1,5 m. Su disposición puede observarse en la



*Ilustración 25. Caja del ascensor y de las escaleras del sótano.*

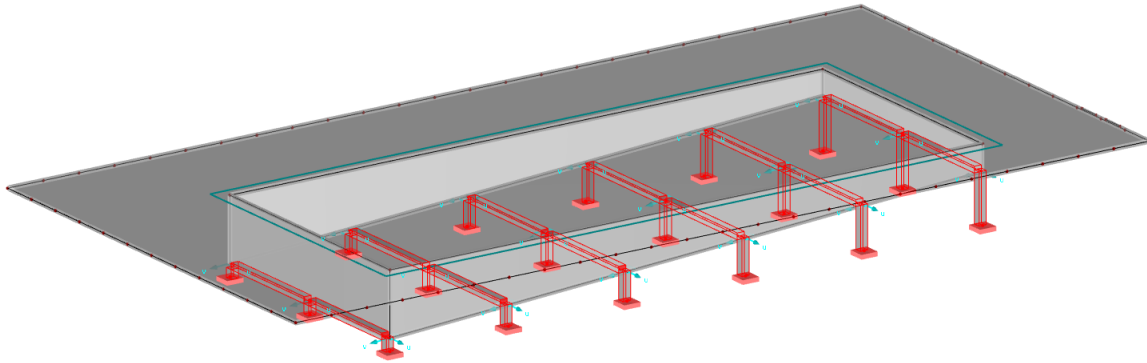
La estructura que sostiene el vaso de la piscina está formada por pórticos de altura variable de tres columnas y dos vigas que las conectan. Las dimensiones de las columnas son las siguientes:

- Tipo de barra: viga.
- Sección: 300 x 300 mm<sup>2</sup>.
- Material: hormigón HA30/35.
- Articulación en barra: articulación libre en dos extremos.

Y las de las vigas son las siguientes:

- Tipo de barra: viga.
- Sección: 300 x 300 mm<sup>2</sup>.
- Material: hormigón HA30/35.
- Articulación en barra: sin articulación.

Ambas se introducen en ventanas idénticas a las mostradas en la Ilustración 19 y en la Ilustración 21, respectivamente. Las vigas y las columnas de la estructura soporte del vaso de la piscina se muestra en la Ilustración 26.



*Ilustración 26. Estructura soporte del vaso de la piscina.*

La geometría del vaso de la piscina está diseñada considerando la reglamentación vigente por el Documento Base de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (DB SUA). Son de especial interés los apartados relativos a profundidades mínimas y máximas: debe haber una zona en la piscina en la que al menos la distancia sea igual o menor a 1,4 m (la piscina tiene una profundidad de 1 m en su zona menos profunda); la profundidad máxima no puede ser superior a 3 m (en el modelo, la profundidad máxima es de 2,5 m); la pendiente de la piscina debe ser inferior al 35 %.

Las paredes del vaso están diseñadas como superficies de hormigón HA30/35 de 200 mm de espesor. El techo del sótano de esta parte del edificio está conformado también por una losa de hormigón HA30/35 de 200 mm de espesor. Así, los parámetros a introducir en RFEM para estos elementos constructivos son los siguientes:

- Geometría: plana.
- Rigidez: estándar.
- Material: hormigón HA30/35.
- Espesor d: 200 mm.

Como consideración final para los elementos estructurales superficiales de hormigón armado, especialmente para las losas, conviene hacer un estudio de las posibles singularidades que vayan a aparecer en estas. Las singularidades son un problema común en los programas de cálculo MEF: son zonas donde se produce una sobre-rigidización no convergente a nivel de resultados con la reducción del mallado. Es un fenómeno intrínseco al tipo de elemento finito y a las condiciones de contorno aplicadas. Así, pueden aparecer en cambios bruscos de sección, esquinas, aristas y otros puntos singulares, como en este caso, los puntos de contacto entre columnas y losas. En casos de aparición de singularidades, a medida que se reduce el tamaño de los elementos finitos, los valores de las tensiones en esa zona suben de manera exponencial en los cálculos, pero no ocurre así en la realidad. Por ello, conviene suavizar dichas zonas y no considerar el valor máximo de las tensiones en el punto, sino el de un punto algo más alejado. La calibración de este punto depende del criterio del autor. Para este estudio, la zona suavizada es un poco mayor que la sección de las columnas (0,7 x 0,7 m<sup>2</sup>); dicho criterio se adopta de ejemplos accesibles en la página web de Dlubal Software.

La calibración se hace por medio de las Regiones medias: un instrumento de RFEM que permite realizar los mencionados efectos de suavizado. Quedan ilustrados en la NUI como se puede observar en la Ilustración 27. En la Ilustración 28 se muestra la ventana para definir las regiones medias.

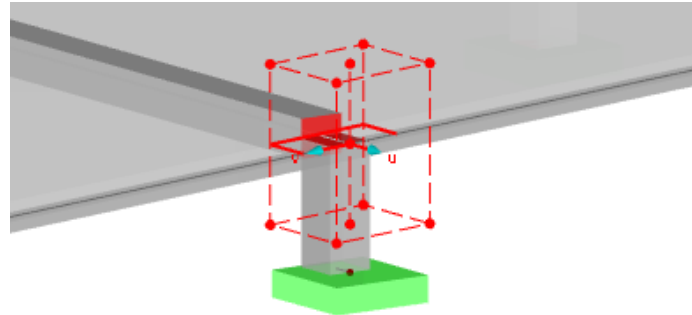


Ilustración 27. Región media.

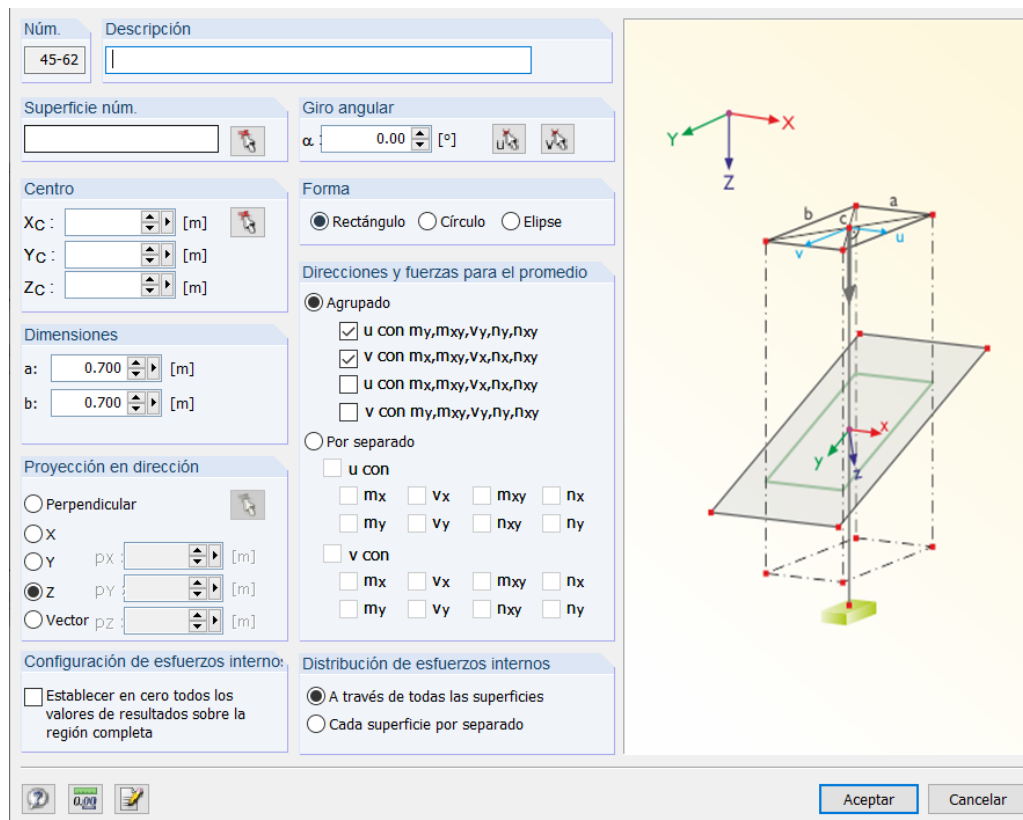
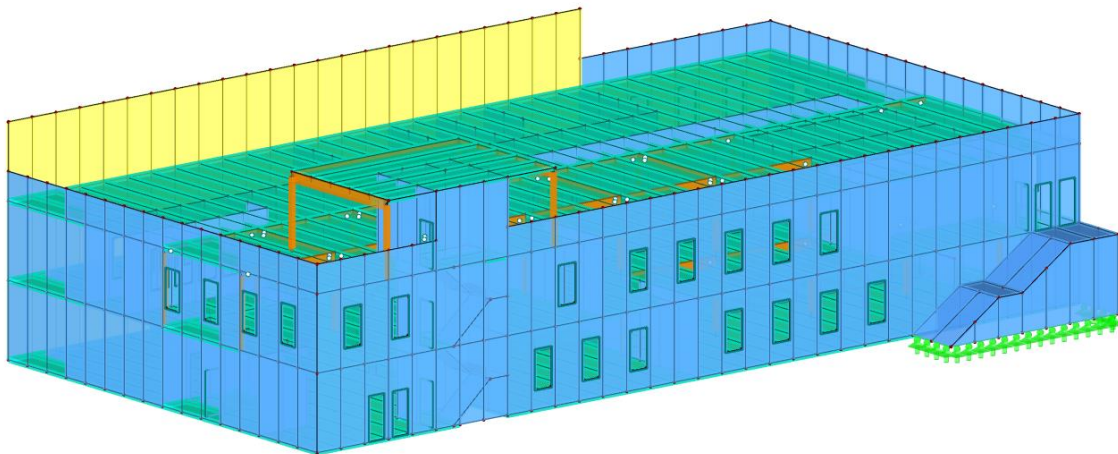


Ilustración 28. Ventana para la definición de la región media.

### 7.3.2. EDIFICIO PRINCIPAL

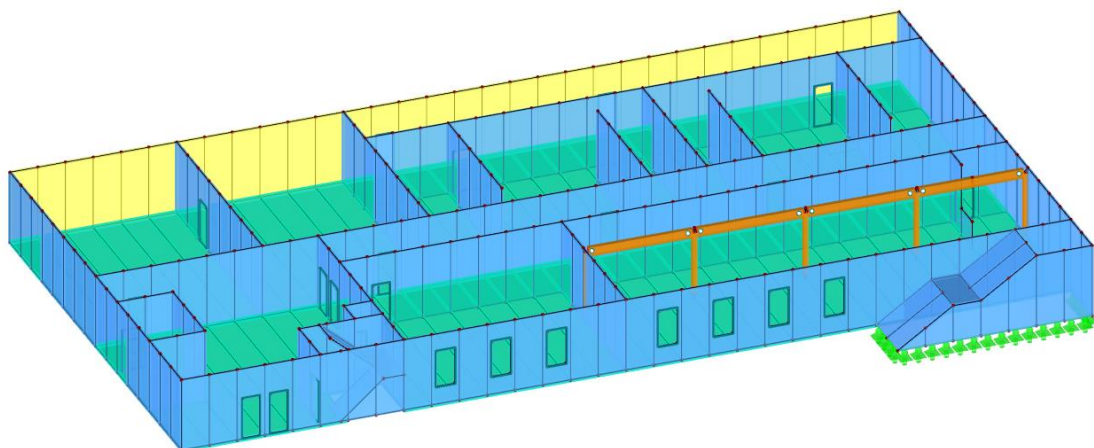
El edificio principal es, junto con la nave de la piscina, uno de los dos edificios sobre rasante, y por tanto está compuesto íntegramente por elementos de madera. Los elementos de madera que componen el edificio principal son perfiles de distintas secciones, que se han optimizado por medio del módulo RF-TIMBER Pro, y por paneles de CLT. La Ilustración 29 muestra una vista isométrica del edificio principal.



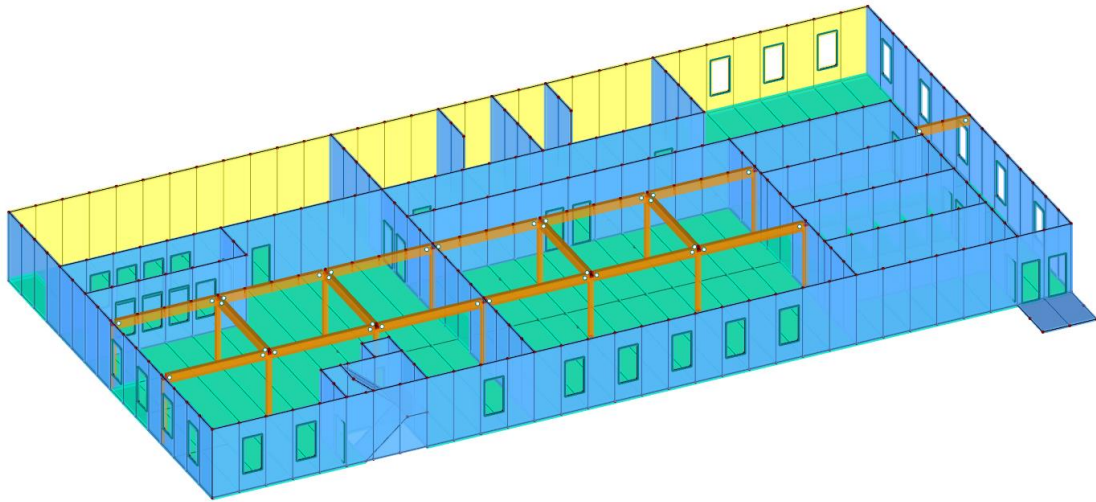
*Ilustración 29. Vista isométrica del edificio principal.*

Como se puede observar, hay paneles de tres colores: esto es debido a que sus secciones ya están definidas en el módulo RF-LAMINATE en tres tipos de panel distintos; en caso de que aún no se hubiesen definido, aparecerían únicamente superficies de color rojo.

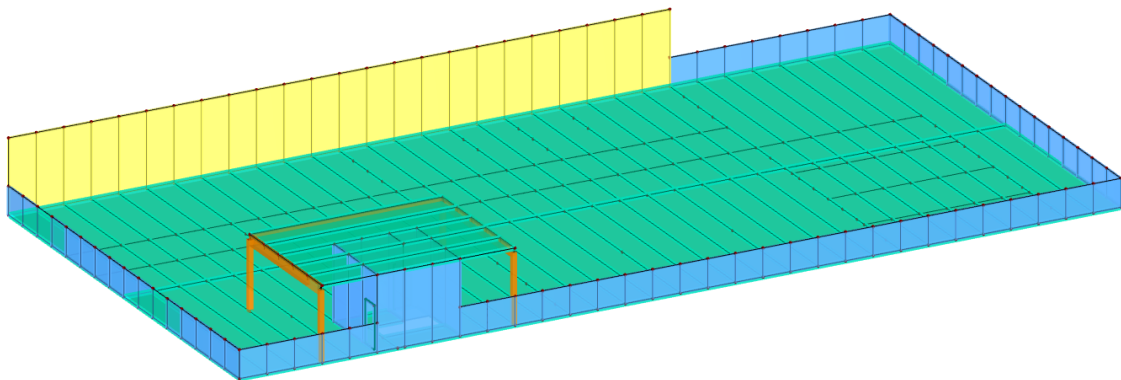
En la Ilustración 30 se muestra una vista isométrica de la planta baja, en la Ilustración 31, se muestra otra de la primera planta, y en la Ilustración 32, la de la cubierta.



*Ilustración 30. Edificio principal. Planta baja.*



*Ilustración 31. Edificio principal. Primera planta.*

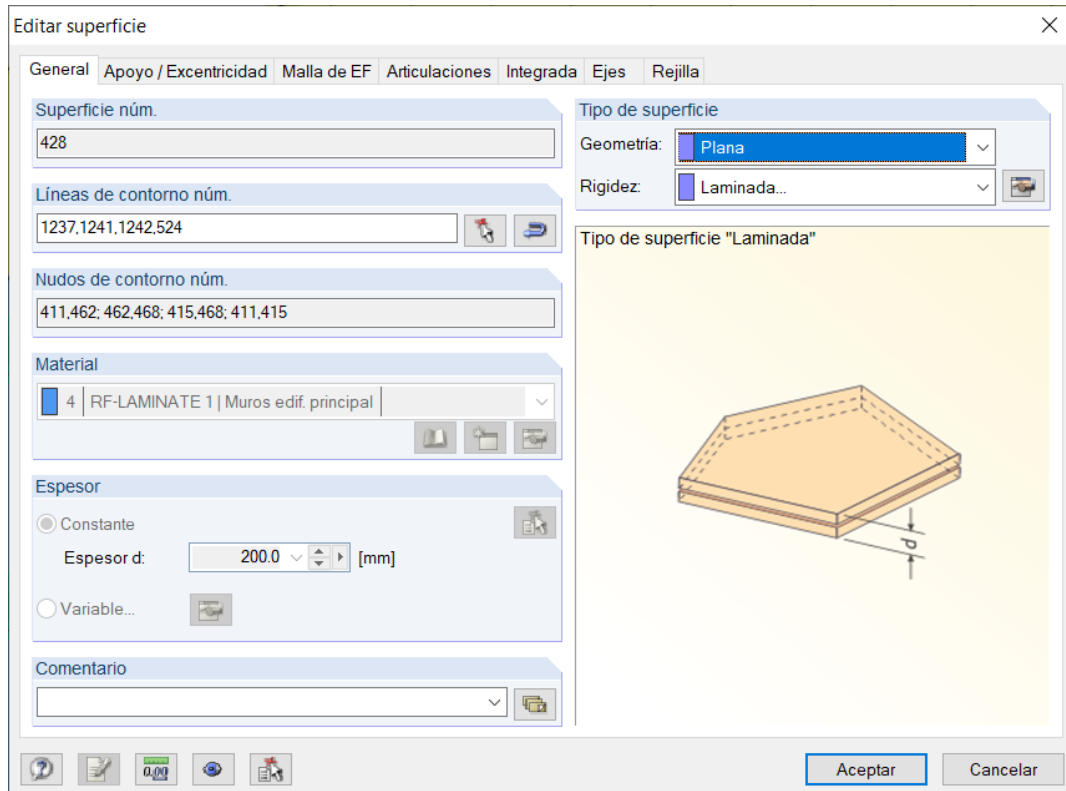


*Ilustración 32. Edificio principal. Cubierta.*

La geometría de los paneles de CLT debe definirse en el módulo principal de Dlubal Software, mientras que sus características se definirán en RF-LAMINATE. Las características a definir en RFEM, por tanto, son tan solo las siguientes:

- Geometría: plana.
- Rigidez: laminada.

La ventana para definir dichas características se observa en la Ilustración 33. Dicha ilustración está actualizada con las características ya definidas en RFEM, por lo que, aunque las únicas características definidas en este apartado sean la geometría y la rigidez, el resto de características también aparecen definidas.



*Ilustración 33. Ventana para definir las características de los paneles de CLT en RFEM.*

Las superficies de las fachadas y los cerramientos interiores son de geometría  $1,5 \times 4 \text{ m}^2$ , y las de las fachadas son de  $1,5 \times 12 \text{ m}^2$ . Dichas medidas entran dentro de los límites de fabricación establecidos por el fabricante EGOIN ( $2,5 \times 13,5 \text{ m}^2$ ), cuyos modelos de paneles CLT han sido usados para el proyecto. Se han usado también otras geometrías, que se mostrarán más adelante en el listado de materiales.

Las columnas y vigas del edificio principal son de madera conífera C24, y su sección ha sido optimizada con el módulo RF-TIMBER Pro. Las columnas tienen las siguientes características:

- Tipo de barra: viga.
- Sección:  $250 \times 250 \text{ mm}^2$ .
- Material: madera de coníferas C24.
- Articulación en barra: sin articulaciones.

Las vigas tienen las siguientes características:

- Tipo de barra: viga.
- Sección:  $250 \times 510 \text{ mm}^2$ .
- Material: madera de coníferas C24.
- Articulación en barra: articulación libre en dos extremos.

La ventana para la definición de las características de las columnas se refleja en la Ilustración 34 (la ventana para definir las características de las vigas es parecida). La disposición de todas las vigas y las columnas del edificio principal se presenta en la Ilustración 35.

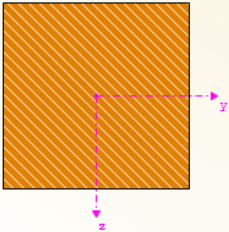


General Opciones Longitudes eficaces Modificar rigidez

Barra núm. 196-203,205-207,217,2
   
 Línea núm. 328,451,452,715,852,952,1198,15
   
 Tipo de barra **Viga**

Nudo núm.
   
 422,383; 906,569; 838,553; 948,561; 1002,577; 1004,585; 965,593;
   
 899,212; 1010,677; 1013,1012; 958,335; 1009,1005; 1017,615;
   
 1716,444; 1725,394; 1239,1240; 1191,1247; 1716,1129; 1725,1225;

Giro de barra por
   
 Ángulo  $\beta$ : [ ]
   
 Nudo auxiliar: Núm.: Interior
   
 En el plano:
   
 x-y
   
 x-z

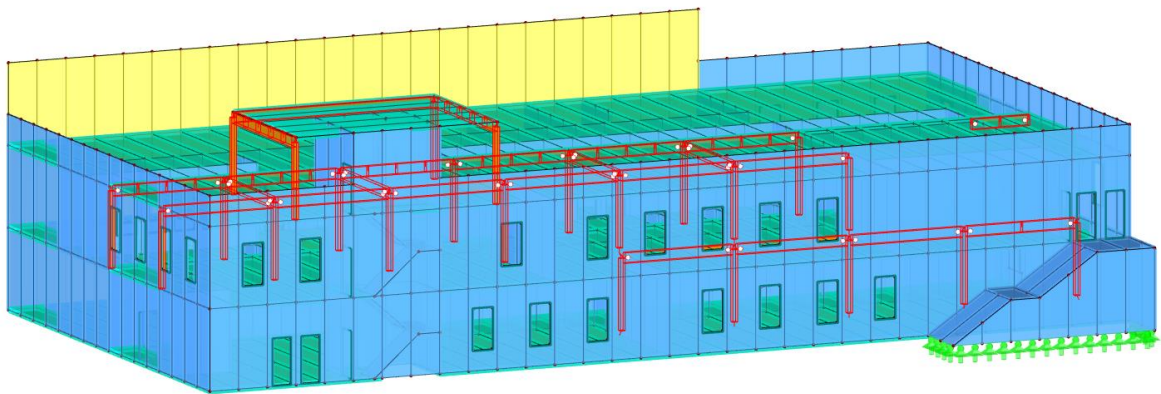
M-Rectángulo 250/250
   


Sección
   
 Inicio de barra: 6 M-Rectángulo 250/250 Madera de coníferas C24
   
 Fin de barra: Como inicio de barra

Articulación en barra
   
 Inicio de barra: No hay
   
 Fin de barra: No hay

Aceptar Cancelar

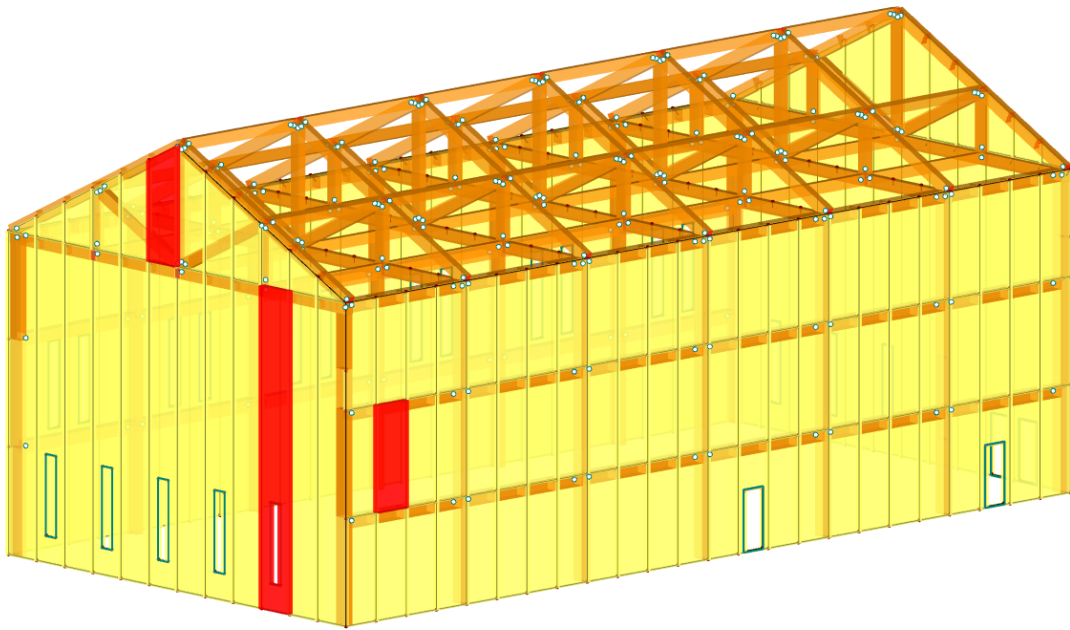
*Ilustración 34. Ventana para definir las características de las columnas del edificio principal.*



*Ilustración 35. Disposición de columnas y vigas en el edificio principal.*

### 7.3.3. NAVE DE LA PISCINA

La nave de la piscina es, junto con el edificio principal, uno de los dos edificios sobre rasante, y por tanto está compuesto íntegramente por elementos de madera. Los elementos de madera que componen el edificio principal son perfiles de distintas secciones, que se han optimizado por medio del módulo RF-TIMBER Pro, y por paneles de CLT. La Ilustración 36 muestra una vista isométrica de la nave de la piscina.



*Ilustración 36. Vista isométrica de la nave de la piscina.*

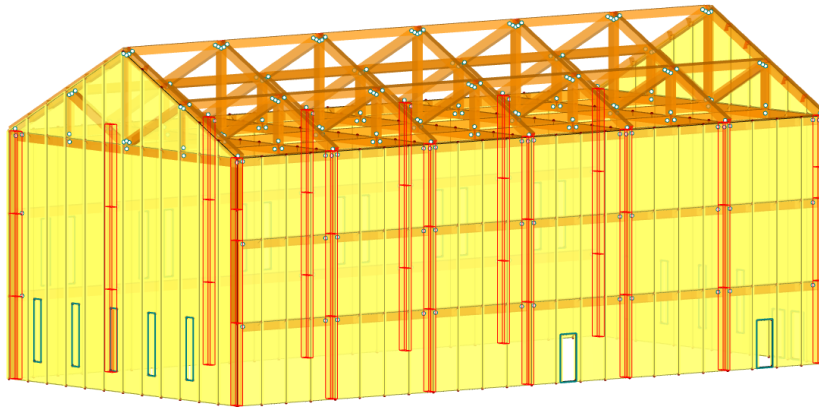
En cuanto a los paneles de CLT, existen dos tamaños principales: los paneles de  $1,5 \times 4 \text{ m}^2$  son aquellos que separan el edificio principal; el resto del perímetro están conformados por paneles de  $1,5 \times 12 \text{ m}^2$ . Se han usado otras geometrías de paneles de CLT en las zonas de las cerchas del techo. Los tres tipos de geometrías mencionadas se muestran en la Ilustración 36.

El resto de los elementos son perfiles de madera conífera C24. Existen cuatro grupos de elementos estructurales: columnas, correas de fachada, cerchas y correas de cubierta; cada uno de los cuatro grupos tiene una sección distinta, y cada una se ha optimizado mediante el módulo RF-TIMBER Pro.

Se señalan las columnas en la Ilustración 37. Sus características son las siguientes:

- Tipo de barra: viga.
- Sección:  $300 \times 550 \text{ mm}^2$ .
- Material: madera de coníferas C24.
- Articulación en barra: sin articulaciones.

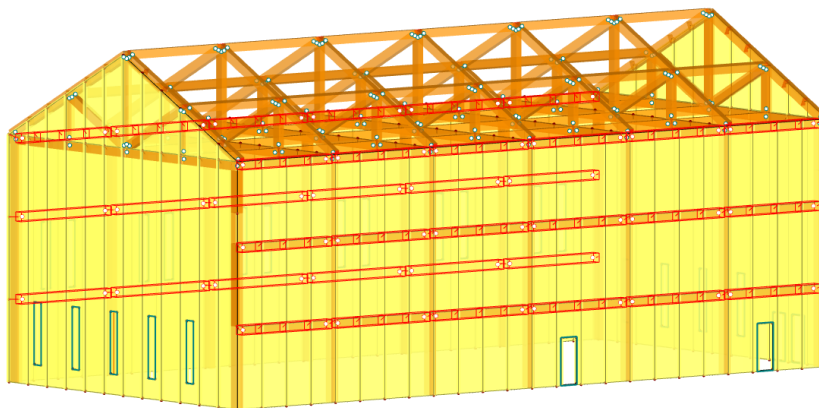




*Ilustración 37. Columnas de la nave de la piscina.*

Se señalan las correas de fachada en la Ilustración 38. Sus características son las siguientes:

- Tipo de barra: viga.
- Sección: 450 x 450 mm<sup>2</sup>.
- Material: madera de coníferas C24.
- Articulación en barra: articulación libre en dos extremos.



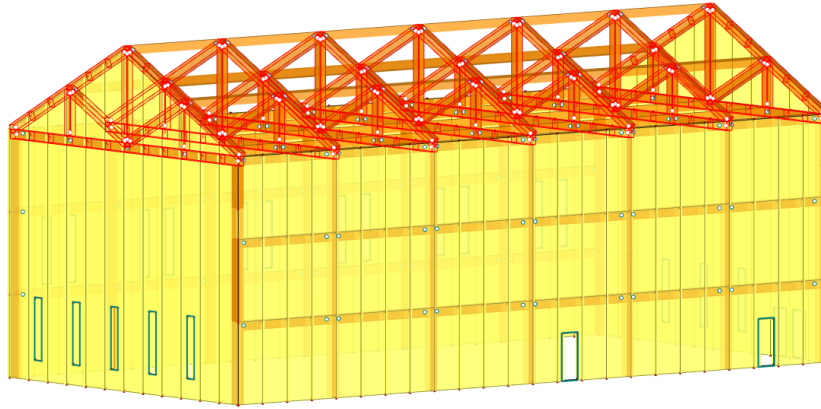
*Ilustración 38. Correas de fachada de la nave de la piscina.*

Se señalan las cerchas en la Ilustración 39. Sus características son las siguientes:

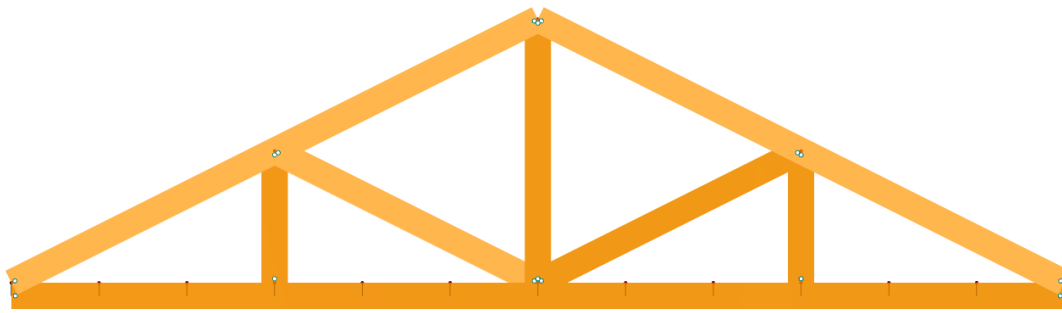
- Tipo de barra: viga.
- Sección: 300 x 450 mm<sup>2</sup>.
- Material: madera de coníferas C24.
- Articulación en barra: definido en Ilustración 40.

Se señalan las correas de cubierta en la Ilustración 41. Sus características son las siguientes:

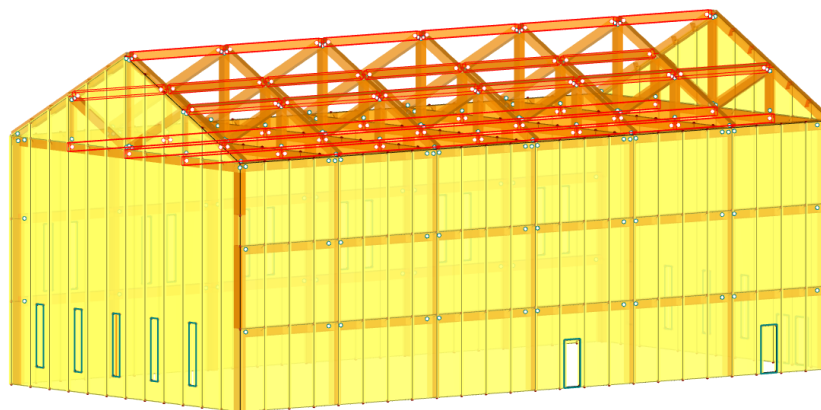
- Tipo de barra: viga.
- Sección: 250 x 420 mm<sup>2</sup>.
- Material: madera de coníferas C24.
- Articulación en barra: articulación libre en dos extremos.



*Ilustración 39. Cerchas de la nave de la piscina.*



*Ilustración 40. Cercha del techo de la nave de la piscina. Articulaciones libres definidas por círculos blancos.*



*Ilustración 41. Correas de cubierta de la nave de la piscina.*

## 7.4. CASOS DE CARGA

RFEM permite definir distintos casos de carga de manera manual, para después generar por sí mismo las combinaciones de carga exigidas por el reglamento. En la Ilustración 42 se refleja la ventana para la definición de los casos de carga. Los casos de cargas se definen en base a cuatro tipos de acciones: permanentes, de sobrecarga de uso, de nieve y de viento. Se han definido los siguientes casos de carga:

- Permanentes o de peso propio (CC1).
- Sobrecarga de uso (CC2).
- Nieve (CC3).
- Viento: en sentido X positivo a presión presión (CC4) y a succión succión (CC5); en sentido X negativo a presión presión (CC6) y a succión succión (CC7); en sentido Y positivo a presión presión (CC8) y a succión succión (CC9); en sentido Y negativo a presión presión (CC10) y a succión succión (CC11).

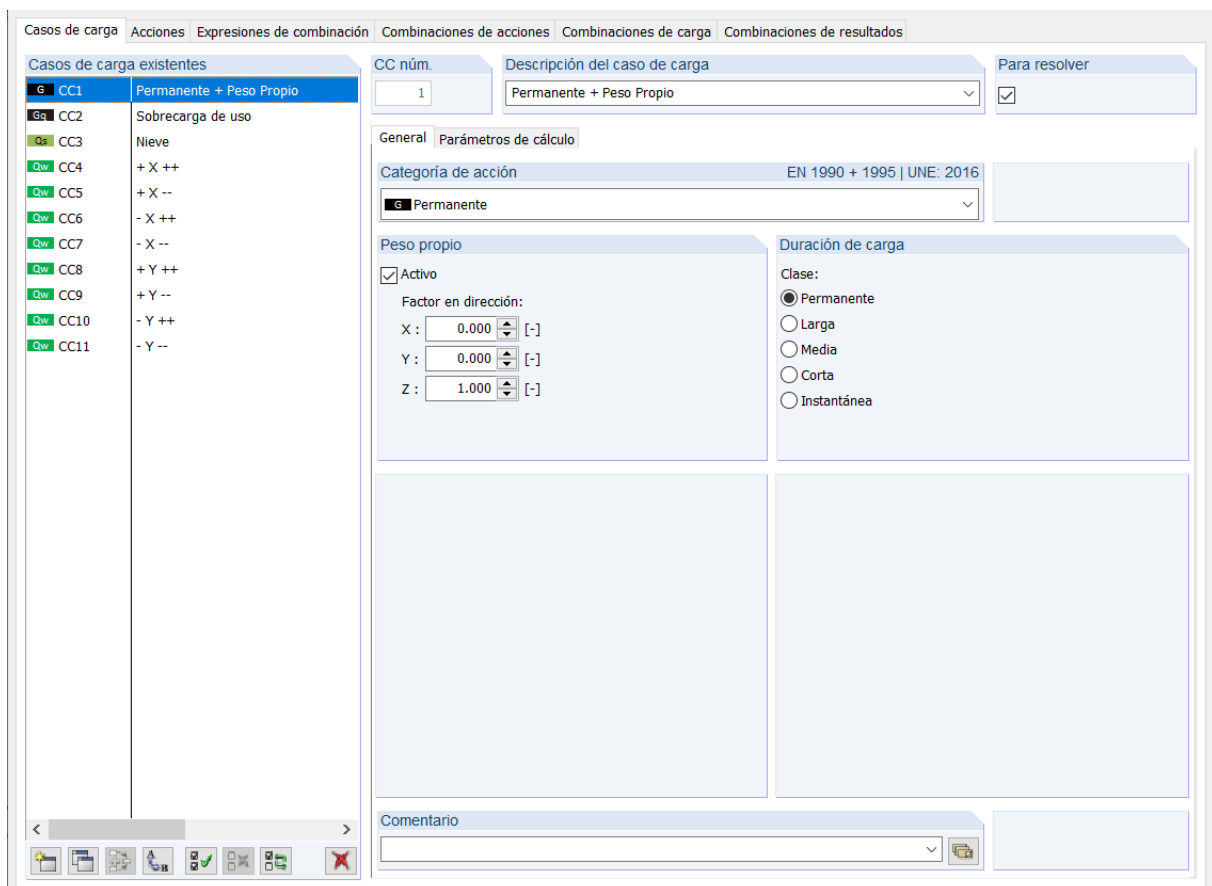


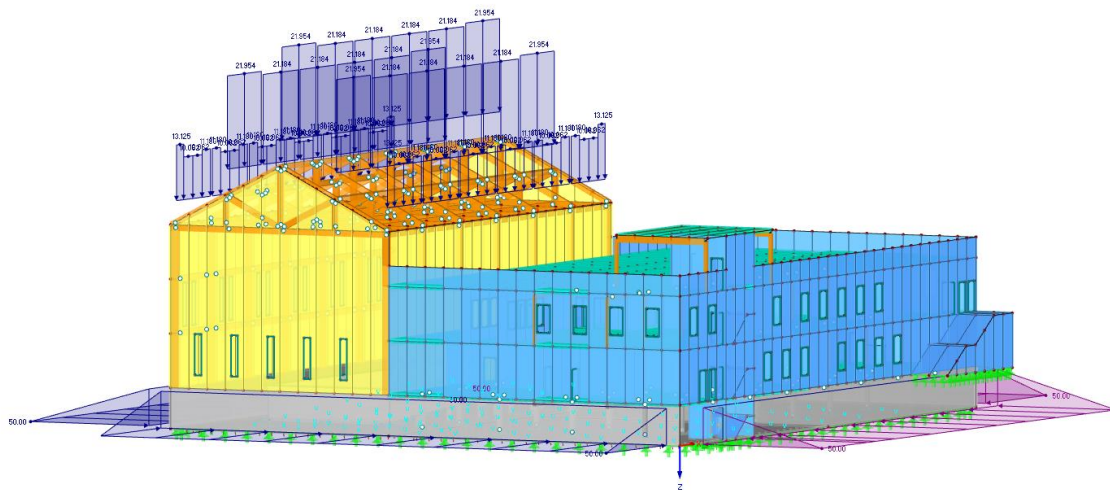
Ilustración 42. Ventana para la definición de casos de carga.

Definidos los casos de carga, deben definirse las cargas presentes en cada uno. Este paso se realiza de forma manual. Para ello, hay que asignar en la barra de herramientas el estado de cargas en el que se va a operar, y posteriormente, definir las cargas presentes en este. Una vez realizado este

proceso para el primer caso de carga, se define nuevamente en la barra de herramientas el siguientes caso de carga y se repite el proceso. Las cargas se han definido de acuerdo a los Eurocódigos y al CTE. Se han definido las siguientes cargas:

#### 7.4.1. CARGAS PERMANENTES O DE PESO PROPIO (CC1)

Se definen como cargas permanentes o de peso propio aquellas que van a estar presentes en toda la vida útil de la estructura. En el caso de este proyecto, se consideran cargas permanentes las cargas de peso propio de la estructura y los empujes laterales del terreno a los muros del sótano. Para definir las, basta con activar el peso propio en la ventana para la definición de los casos de carga (Ilustración 42) y definir la dirección y el sentido en que estas van a actuar (en este caso en Z positivo, en el sentido de la fuerza potencial gravitatoria).



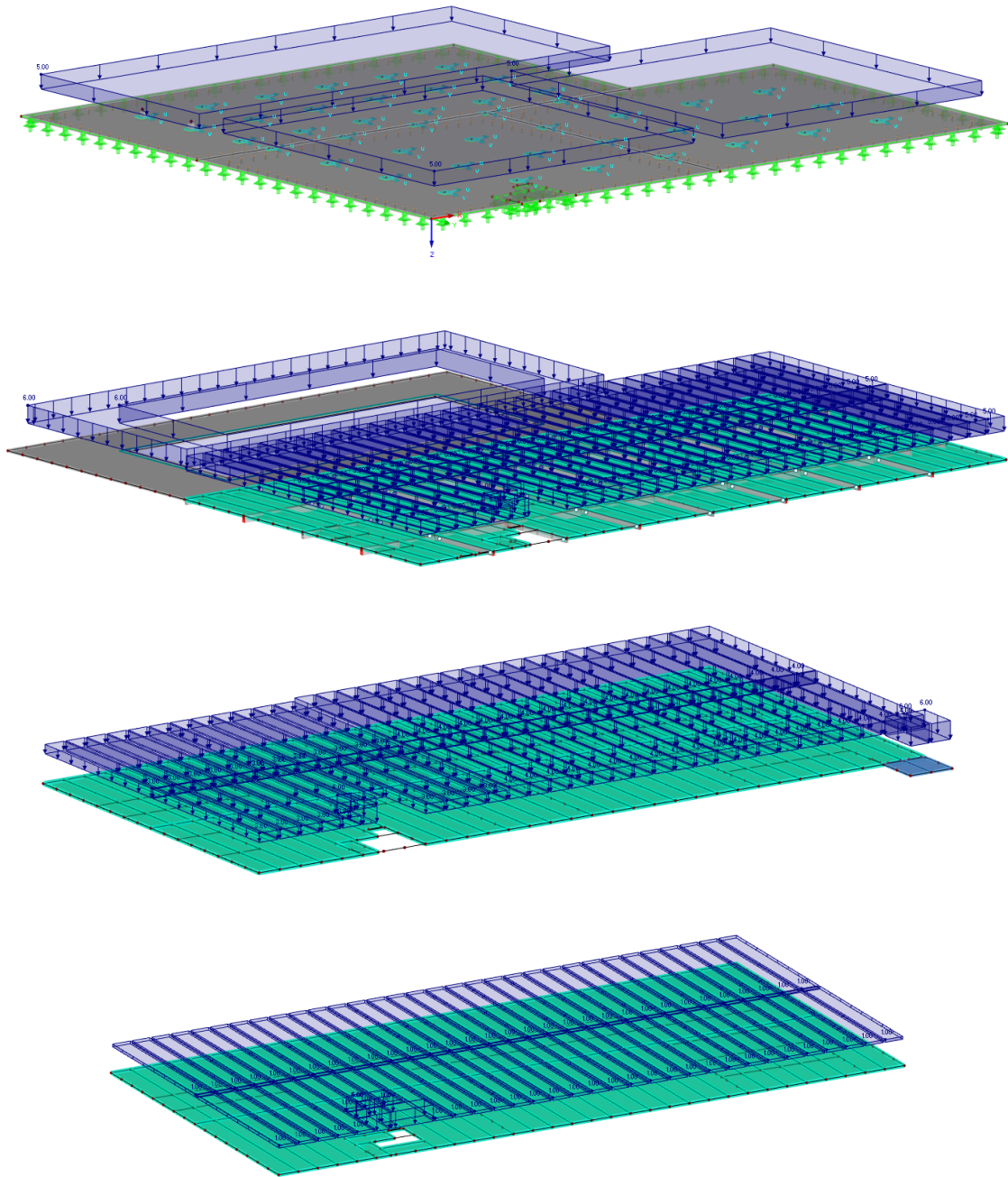
*Ilustración 43. Cargas permanentes añadidas al estado de carga CC1.*

En la Ilustración 43 se muestran las cargas permanentes definidas manualmente para el caso de cargas permanentes. Estas son los empujes laterales y el peso propio de los materiales de la cubierta de la nave de la piscina, definidos como paneles de chapa ligeros; la introducción de estas segundas cargas se debe a que Dlubal Software no puede modelizar los elementos de chapa. El peso propio de los paneles de chapa de la cubierta lo soportarán las correas de cubierta.

Por defecto, los pesos propios de los elementos no se muestran en la NUI. Su visibilidad se activa desde la pestaña Mostrar del navegador. Por cuestiones de simplicidad visual, en la Ilustración 43 se han omitido dichas cargas.

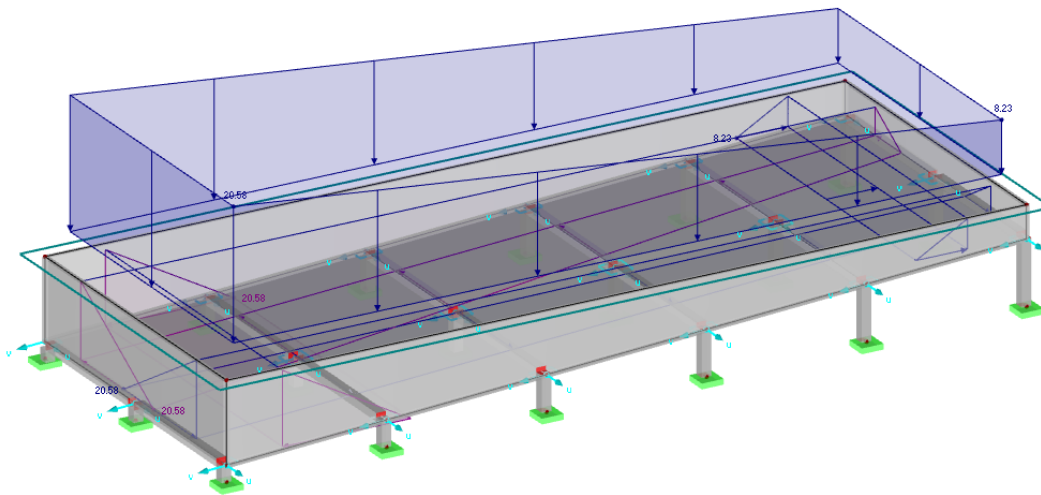
#### 7.4.2. SOBRECARGA DE USO (CC2)

Las sobrecargas de uso abarcan las cargas que se espera tener de manera frecuente a lo largo de la vida útil del proyecto. Se definen como tales las sobrecargas superficiales sobre los forjados y el peso del agua en el vaso de la piscina. Pueden observarse en la Ilustración 44 y en la Ilustración 45 respectivamente.



*Ilustración 44. Sobrecargas de uso (CC2) en los forjados de la estructura. De arriba abajo: solera; suelo de la planta baja; suelo de la primera planta; cubierta del edificio principal.*





*Ilustración 45. Sobrecarga de uso (CC2). Cargas generadas por el agua en el vaso de la piscina.*

Todas las cargas introducidas cumplen con los requisitos exigidos por los Eurocódigos y el CTE.

### 7.4.3. CARGAS DE NIEVE (CC3)

Las cargas de nieve pueden definirse automáticamente con una herramienta facilitado por RFEM. Dicha herramienta se llama “Generar cargas de nieve”. En ella, se introduce la tipología de cubierta, la zona geográfica (Ilustración 46), la altitud de la parcela, el coeficiente de exposición y se define a geometría de la cubierta, así como las barras que soportarán la carga de nieve (Ilustración 47), y dichas cargas se generarán de forma automática.



*Ilustración 46. Mapa de zonas de nieve en España.*

Generar cargas de nieve - Cubierta a dos aguas (1)

**Parámetros de carga de nieve**

Según la norma: CTE DB-SE-AE

Anejo Nacional: CTE

Número de zona Z: 1

Altitud A: 110.000 [m]

Carga de nieve sobre terreno  $s_k$ : 0.41 [kN/m<sup>2</sup>]

Tipo de topografía: Normal

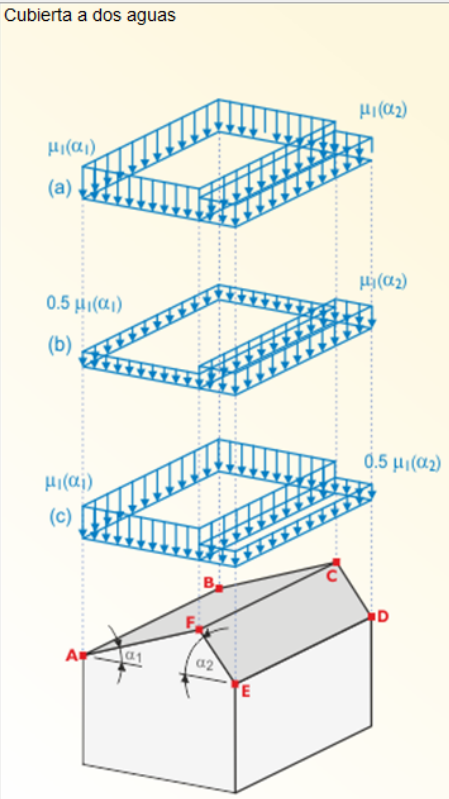
**Cargas de nieve adicionales**

Carga de nieve redistribuida según 5.3.4(3)

Nieve que sobresale...

Defensa contra la nieve/obstáculo...

**Cubierta a dos aguas**



Inclinación  $\alpha_1$  26.6 [°]  
 $\alpha_2$  26.6 [°]

**Geometría de cubierta**

Nudo A: 1503	Nudo D: 1449
Nudo B: 1457	Nudo E: 1450
Nudo C: 1317	Nudo F: 1319

**Posición de carga de nieve redistribuida**

Carga de nieve acumulada por  $\mu_2$  en lugar

Nudo A:	Nudo D:
Nudo B:	Nudo E:
Nudo C:	Nudo F:

**Casos de carga para generar**

CC s1,a : CC3

CC s1,b :

CC s1,c :

**CC para cargas de nieve redistribuidas**

CC s2,a :

CC s2,b :

CC s2,c :

**Crear tipo de carga**

Cargas en barras

Cargas superficiales

**Tipo de distribución de carga**

Ejes de ángulos

Combinada

Constante

**Quitar influencia de**

Barras simples:

Barras paralelas a la barra:

559,561

**Generar cargas de nieve en las barras núm.**

295-322,378,391-409,580-582,586-588,592-594,598-600,604

Aceptar Cancelar

Ilustración 47. Ventana "Generar cargas de nieve". Tipología cubierta a dos aguas.

En la Ilustración 48 se reflejan las cargas de nieve definidas en la estructura de este proyecto.

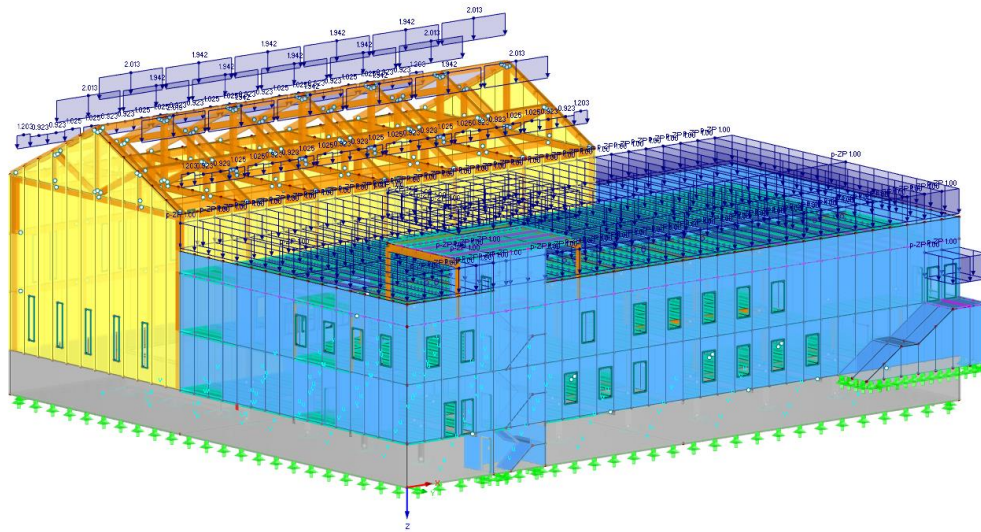


Ilustración 48. Cargas de nieve (CC3).

#### 7.4.4. CARGAS DE VIENTO (DE CC4 A CC11)

Las cargas de viento, al igual que las cargas de nieve, se definen automáticamente gracias a una herramienta presente en RFEM: “Generar cargas de viento”. Para definir las, basta introducir la tipología de la cubierta, la zona de vientos (Ilustración 49), la categoría del terreno, la altura del edificio y la dirección del viento (Ilustración 50).



Ilustración 49. Mapa de zonas de viento en España.



**Presión de velocidad**  
 Según la norma: 
  
 Anejo Nacional: 
  
 Zona de vientos: 
  
 Categoría de terreno: 
  
 Altura de la estructura:  $h$ :  [m]
   
 Velocidad fundamental del viento:  $V_{b,0}$ :  [m/s]

**Geometría de cubierta**  
 Nudo núm.  
 Nudo A: 
  
 Nudo B: 
  
 Nudo C: 
  
 Nudo D:

**Tipos de aleros**  
 Cubierta con aleros afilados
   
 Con barandillas
   
 $h_p$ :  [m]
   
 Alero curvado
   
 $r$ :  [m]
   
 Alero amansardado
   
 $\alpha$ :  [°]


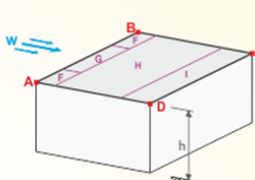
**Casos de carga para generar**  
 CC w+: 
  
 CC w-:

**Establecer el viento en la cara**  
 A - B     B - C
   
 C - D     D - A

**Crear tipo de carga**  
 Cargas en barras
   
 Cargas superficiales

**Tipo de distribución de carga**  
 Ejes de ángulos     Combinada
   
 Constante

**Quitar influencia de**  
 Barras simples: 
  
 Barras paralelas a la barra:

**Cubierta plana Con barandillas**  

  


Generar cargas de viento en superficies núm.

Ilustración 50. Ventana “Generar cargas de viento”. Tipología cubierta plana con barandillas.

Se definen así ocho estados de carga, nombrados del CC4 al CC11 tal como se ha definido en la sección “CASOS DE CARGA”. En la Ilustración 51 se plasman las cargas de viento del caso de carga CC8, por ser este el más ilustrativo de entre todos los casos de carga de viento.

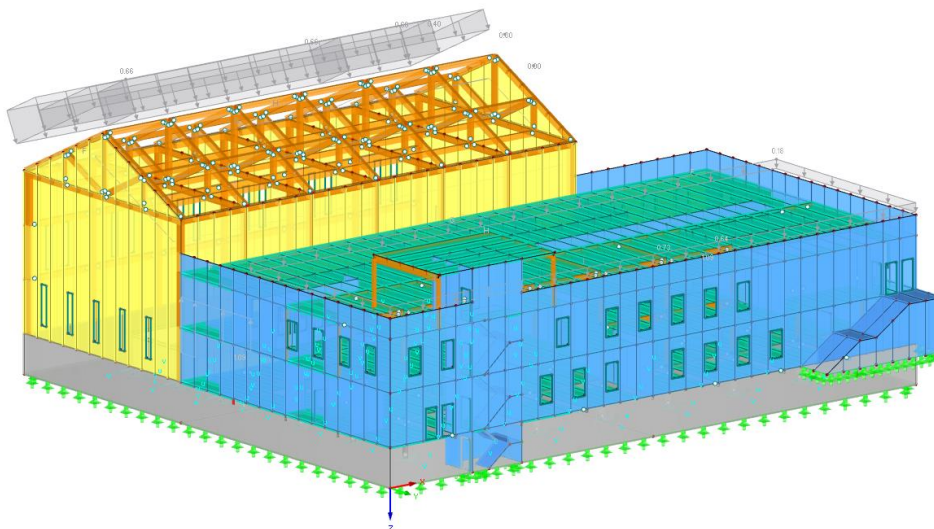


Ilustración 51. Cargas de viento del caso de carga CC8.

## 7.4.5. COMBINACIONES

RFEM a calculado las siguientes combinaciones de casos de carga de manera automática:

- 4 expresiones de combinación, siendo una de ellas el Estado Límite Último (ELU) y las otras tres de Estado Límite de Servicio (ELS): integridad, confort y apariencia.
- 32 combinaciones de acciones (siendo los cuatro tipos de acciones los siguientes: cargas permanentes, sobrecargas de uso, nieve y viento).
- 131 combinaciones de carga.
- 4 combinaciones de resultados: las envolventes del ELU y de los tres ELS.

## 7.5. RF-CONCRETE SURFACES

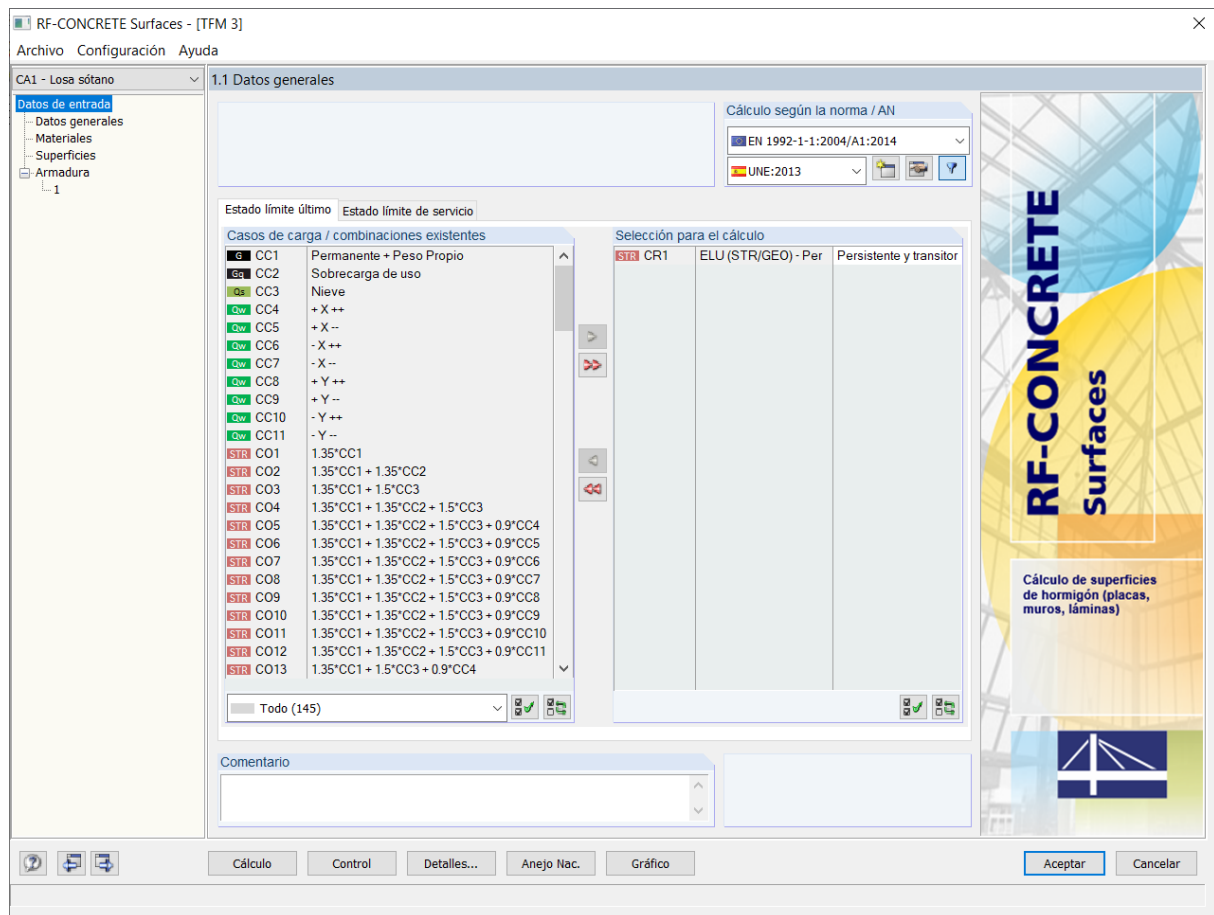
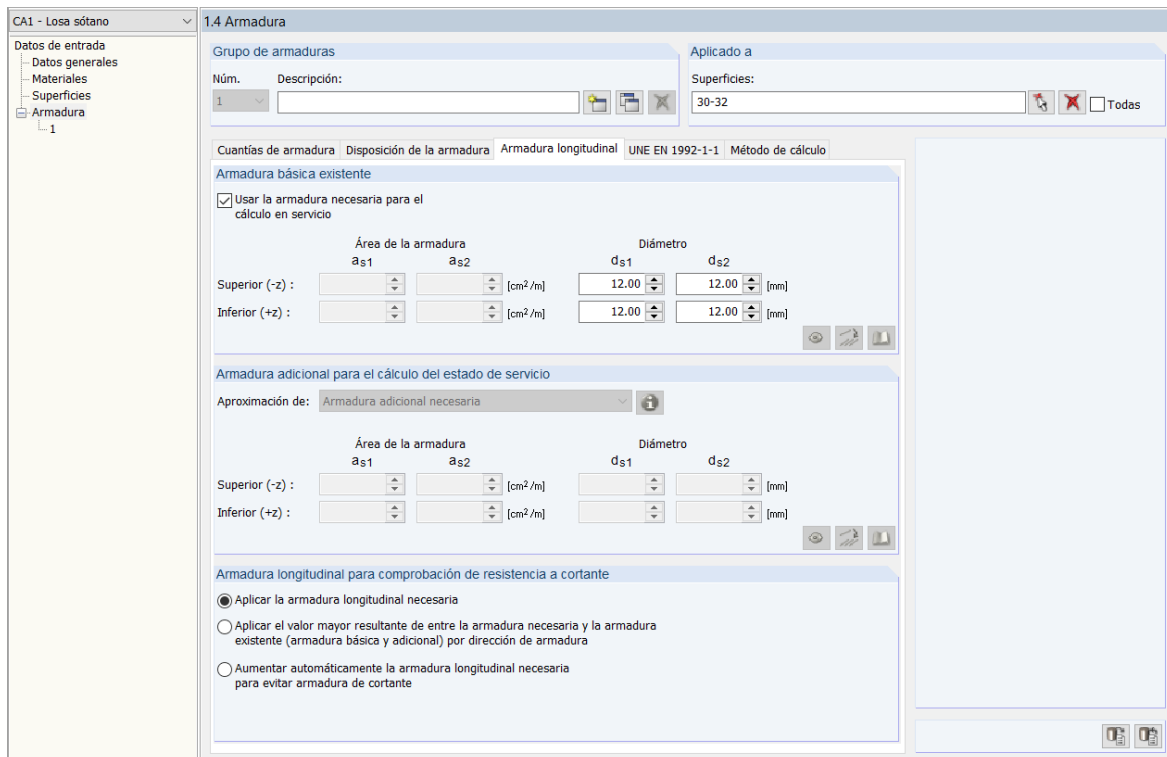


Ilustración 52. Ventana principal de RF-CONCRETE Surfaces.

El módulo RF-CONCRETE Surfaces sirve para calcular, con mayor exactitud que RFEM, los esfuerzos que vayan a aparecer en los elementos de hormigón con forma de superficies (losas y muros, para el presente proyecto), y, además, permiten calcular el armado mínimo necesario en cada zona de estos. Al abrir RF-CONCRETE Surfaces desde el navegador, se mostrará la ventana

principal del módulo (Ilustración 52). Para calcular el armado necesario en cada elemento, deberán seguirse los siguientes pasos:

- Definir el caso a estudio: se debe definir un caso por cada tipo de elemento a calcular. En el presente estudio, se han definido los siguientes casos:
  - CA1: losas del sótano.
  - CA2: muros del sótano.
  - CA3: losa del suelo de la nave de la piscina.
  - CA4: muros del baso de la piscina.
  - CA5: losa del vaso de la piscina.
- Para cada caso, definir la norma en base a la cual vayan a realizarse los cálculos en el módulo. Para este proyecto, se usarán los Eurocódigos con el anejo nacional español. Posteriormente, definir el ELU y el ELS de la lista de combinaciones de cargas y de combinaciones de resultados, es decir, las cargas para las cuales se van a realizar los cálculos.
- Definir el tipo de hormigón utilizado: HA30/35. Y el acero de la armadura pasiva: B 500 S (A).
- Seleccionar las superficies a calcular.
- Definido todo lo anterior, deben definirse las características del armado a utilizar. Para el presente proyecto, se usarán barras de acero corrugado de 12 mm de diámetro (Ilustración 53).



CA1 - Losa sótano

1.4 Armadura

Grupo de armaduras

Aplicado a

Núm. Descripción: 1

Superficies: 30-32

Cuantías de armadura Disposición de la armadura Armadura longitudinal UNE EN 1992-1-1 Método de cálculo

Armadura básica existente

Usar la armadura necesaria para el cálculo en servicio

	Área de la armadura		Diámetro	
	$a_{s1}$	$a_{s2}$	$d_{s1}$	$d_{s2}$
Superior (-z):			12.00	12.00
Inferior (+z):			12.00	12.00

Armadura adicional para el cálculo del estado de servicio

Aproximación de: Armadura adicional necesaria

	Área de la armadura		Diámetro	
	$a_{s1}$	$a_{s2}$	$d_{s1}$	$d_{s2}$
Superior (-z):				
Inferior (+z):				

Armadura longitudinal para comprobación de resistencia a cortante

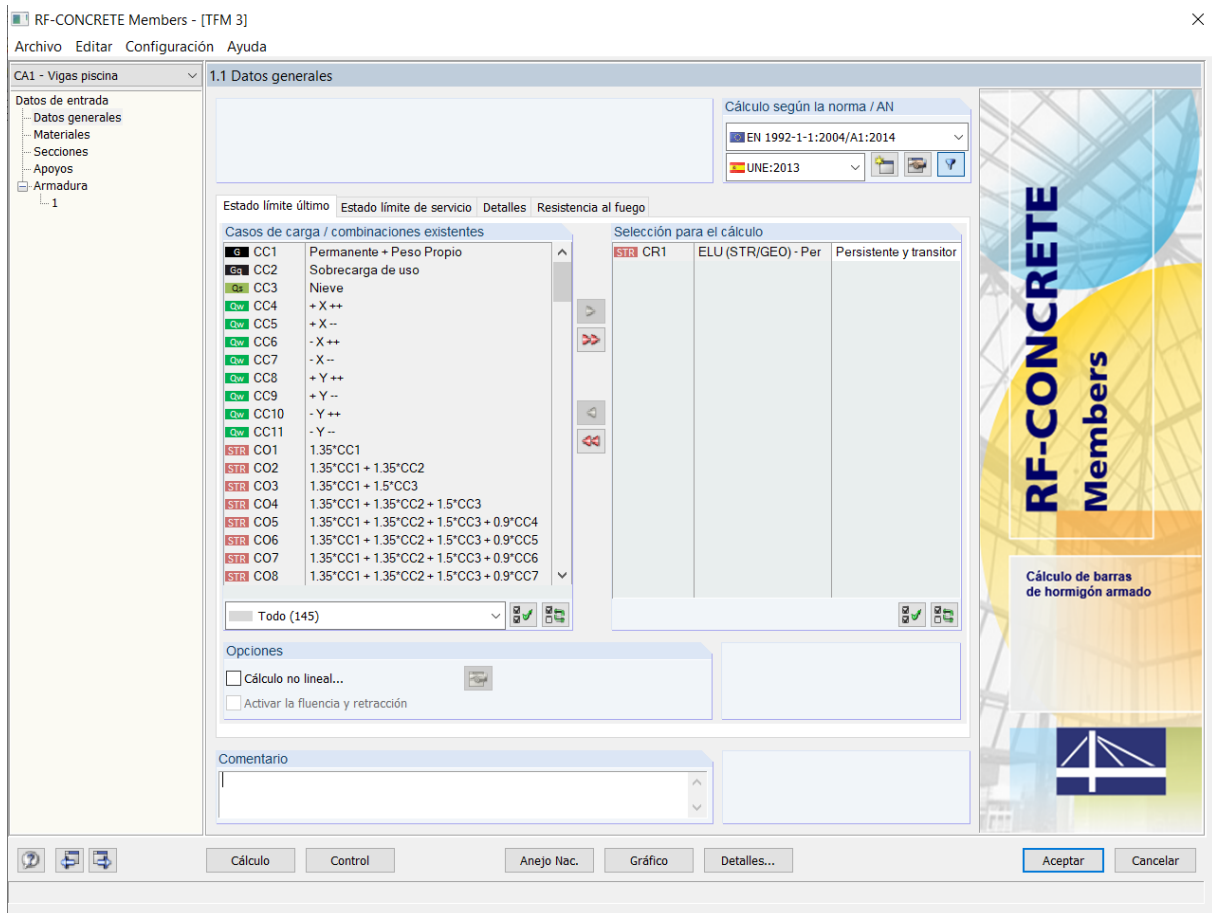
Aplicar la armadura longitudinal necesaria

Aplicar el valor mayor resultante de entre la armadura necesaria y la armadura existente (armadura básica y adicional) por dirección de armadura

Aumentar automáticamente la armadura longitudinal necesaria para evitar armadura de cortante

Ilustración 53. Armado del caso CA1: losas del sótano.

## 7.6. RF-CONCRETE MEMBERS



*Ilustración 54. Ventana principal de RF-CONCRETE Members.*

El módulo RF-CONCRETE Members sirve para calcular, con mayor exactitud que RFEM, los esfuerzos que vayan a aparecer en las vigas de hormigón y, además, permiten calcular el armado longitudinal y transversal de estas. Al abrir RF-CONCRETE Members desde el navegador, se mostrará la ventana principal del módulo (Ilustración 54). Para calcular el armado necesario en cada viga, deberán seguirse los siguientes pasos:

1. Definir el caso a estudio: se debe definir un caso por cada tipo de elemento a calcular. En el presente estudio, se han definido los siguientes casos:
  - CA1: vigas de la estructura soporte de la piscina.
  - CA2: vigas principales del sótano.
  - CA3: vigas de atado.
  
2. Para cada caso, definir la norma en base a la cual vayan a realizarse los cálculos en el módulo. Para este proyecto, se usarán los Eurocódigos con el anejo nacional español. Posteriormente, definir el ELU y el ELS de la lista de combinaciones de cargas y de combinaciones de resultados, es decir, las cargas para las cuales se van a realizar los cálculos.

3. Definir el tipo de hormigón utilizado: HA30/35. Y el acero de la armadura pasiva: B 500 S (A). También puede seleccionarse la opción de optimizado, en caso de que quiera optimizarse la sección de la viga. Dicha optimización seleccionará la sección óptima de la viga más comprometida y se la asignará a todas las vigas del grupo (CA1, CA2 o CA3).
4. Seleccionar las vigas a calcular, así como sus características. También puede definirse, en este punto, si se desea realizar un cálculo con redistribución de momentos. Las secciones optimizadas han dado los siguientes valores para cada grupo de vigas:
  - CA1: 250 x 300 mm<sup>2</sup>.
  - CA2: 300 x 450 mm<sup>2</sup>.
  - CA3: 200 x 300 mm<sup>2</sup>.
5. Definido todo lo anterior, deben definirse las características del armado a utilizar. Se han definido los mismos diámetros de barras de armado para todos los grupos de vigas. Se ha dado a elegir a Dlubal Software entre barras de 12, 16 y 20 mm de diámetro para el armado longitudinal y barras de 8 y 10 mm de diámetro para los cercos (con 90° de inclinación respecto a la armadura longitudinal); y en las columnas del grupo CA2, debido a su canto, se ha definido además una armadura secundaria o de piel como se observa en la Ilustración 56. Además, se han definido tres zonas de decalaje, como límite superior. Los recubrimientos y las cantidades de armado mínimas se han definido de acuerdo a los Eurocódigos.

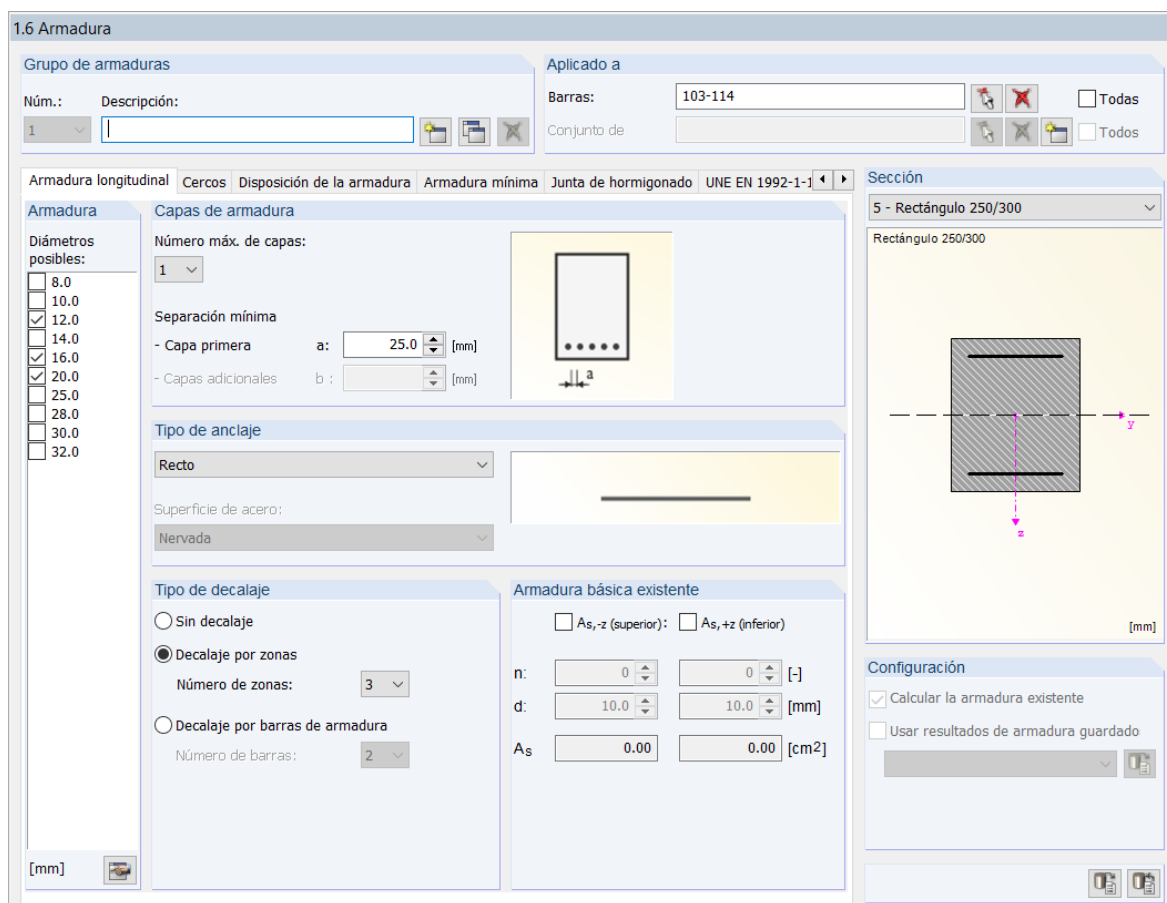


Ilustración 55. Características de las armaduras de las vigas en el módulo RF-CONCRETE Members.

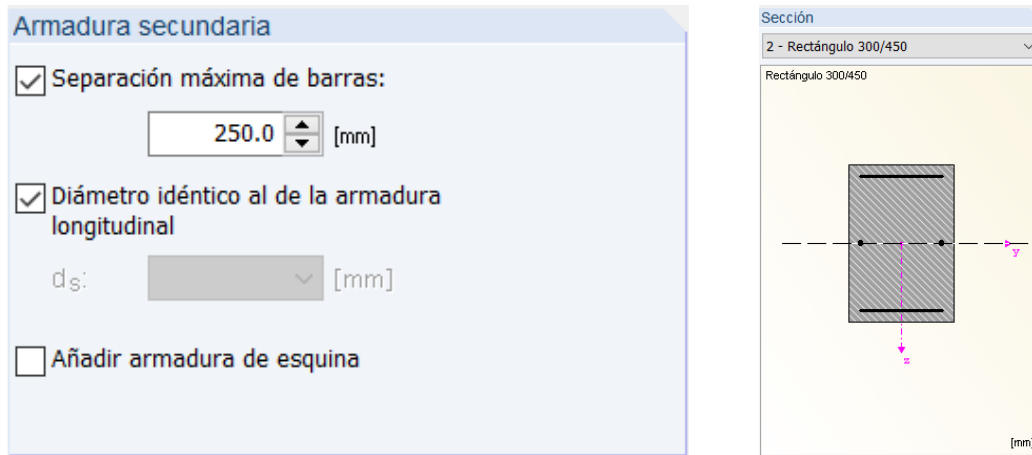


Ilustración 56. Armadura secundaria del caso CA2.

## 7.7. RF-CONCRETE COLUMNS

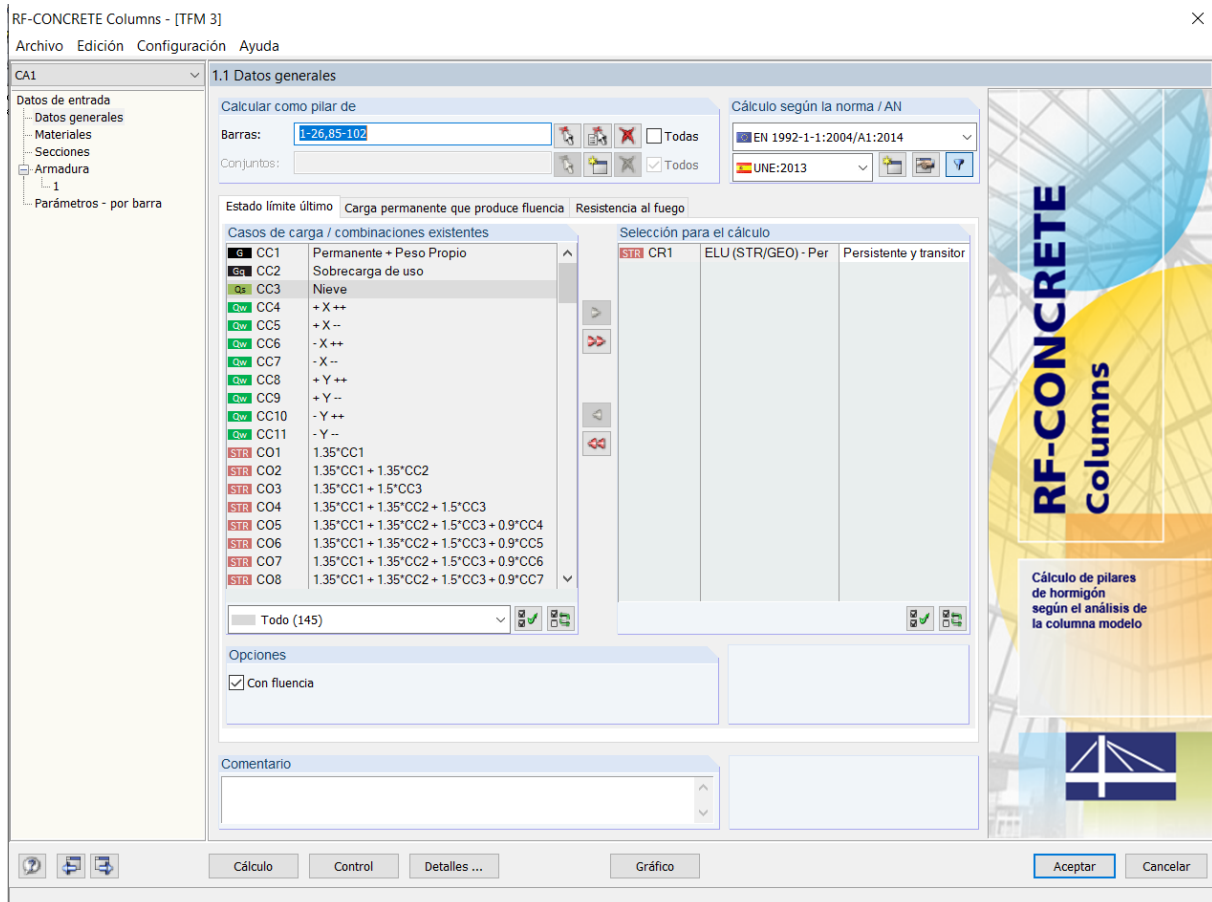


Ilustración 57. Ventana principal de RF-CONCRETE Columns.

El módulo RF-CONCRETE Columns sirve para calcular, con mayor exactitud que RFEM, los esfuerzos que vayan a aparecer en las columnas de hormigón y, además, permiten calcular el armado longitudinal y transversal de estas. Al abrir RF-CONCRETE Columns desde el navegador,



se mostrará la ventana principal del módulo (Ilustración 57). Para calcular el armado necesario en cada columna, deberán seguirse los siguientes pasos:

1. Definir el caso a estudio: se debe definir un caso por cada tipo de elemento a calcular. En el presente estudio, dado que todas las columnas de hormigón armado son de la misma sección, se ha definido un solo caso (CA1).
2. Para el caso a estudio, definir la norma en base a la cual vayan a realizarse los cálculos en el módulo. Para este proyecto, se usarán los Eurocódigos con el anejo nacional español. Posteriormente, definir el ELU y el ELS de la lista de combinaciones de cargas y de combinaciones de resultados, es decir, las cargas para las cuales se van a realizar los cálculos.
3. Definir el tipo de hormigón utilizado: HA30/35. Y el acero de la armadura pasiva: B 500 S (A). También puede seleccionarse la opción de optimizado, en caso de que quiera optimizarse la sección de la columna. Dicha optimización seleccionará la sección óptima de la viga más comprometida y se la asignará a todas las vigas del grupo CA1.
4. Seleccionar las columnas a calcular, así como sus características. También puede definirse, en este punto, si se desea realizar un cálculo con redistribución de momentos. Las secciones optimizadas han dado como resultado una sección de 300 x 300 mm<sup>2</sup>.
5. Definido todo lo anterior, deben definirse las características del armado a utilizar. Se le ha dado a elegir al módulo entre barras corrugadas de 12, 16 y 20 mm de diámetro, con la disposición que se observa en la Ilustración 59. Asimismo, se ha limitado el tamaño de las barras de acero corrugado utilizadas para calcular los cercos de la armadura longitudinal a 8 mm de diámetro (Ilustración 58). Los recubrimientos y las cantidades de armado mínimas se han definido de acuerdo a los Eurocódigos.

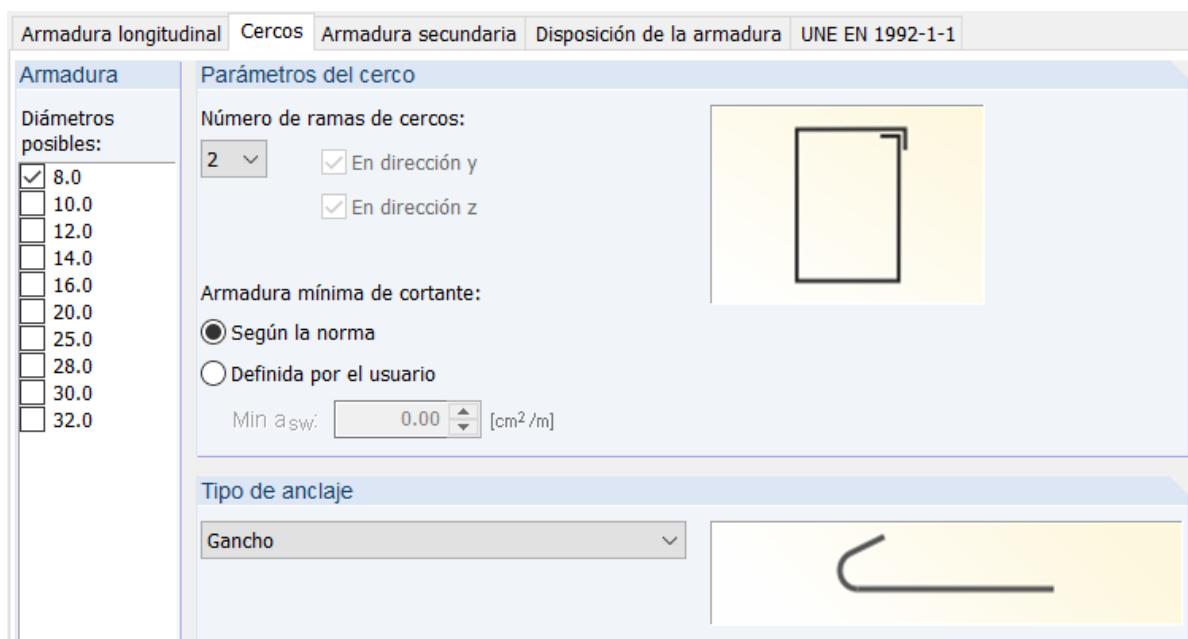


Ilustración 58. Ventana para la definición de los cercos de la armadura longitudinal en RF-CONCRETE Columns.

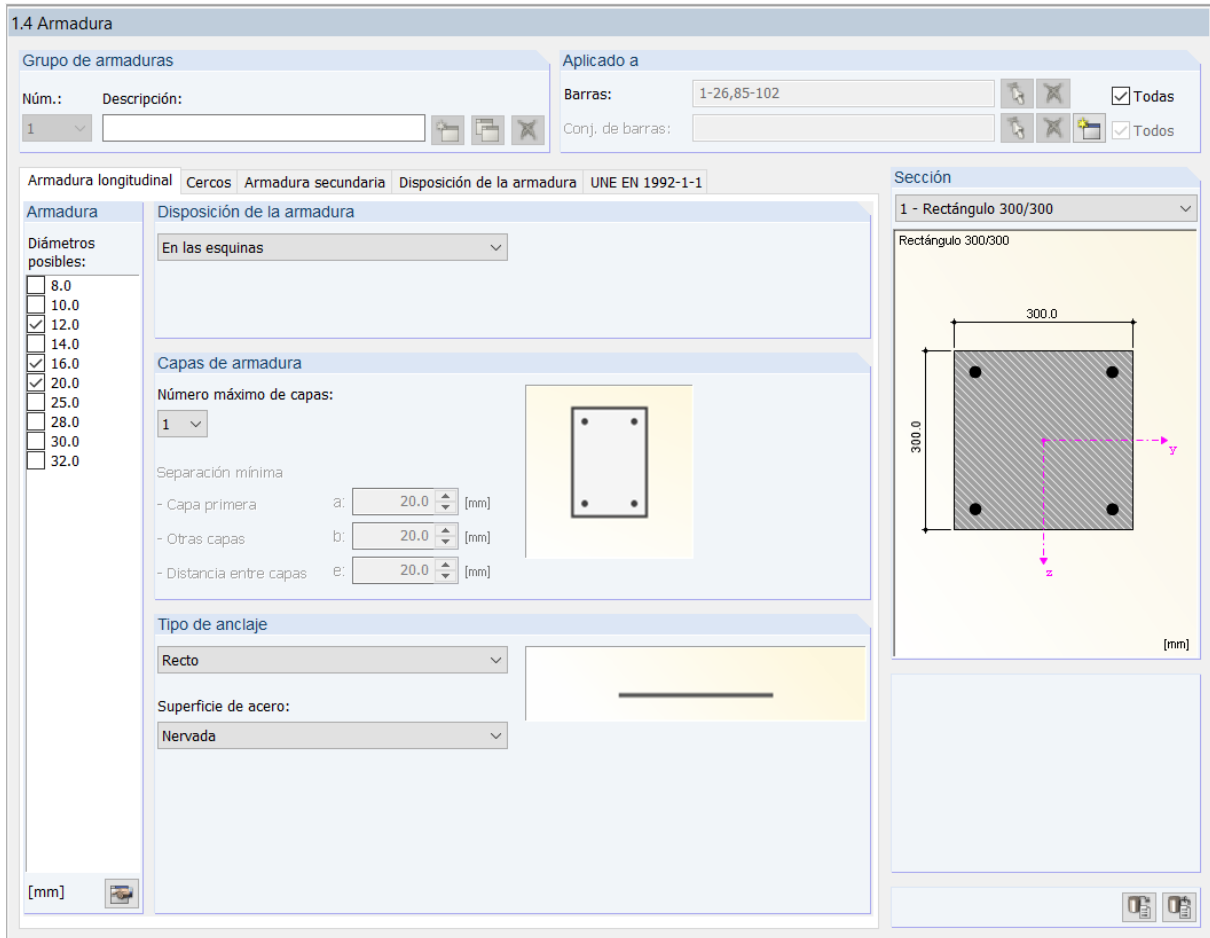


Ilustración 59. Características de las armaduras longitudinales de las columnas en el módulo RF-CONCRETE Columns.



## 7.8. RF-FOUNDATION PRO

El módulo RF-FOUNDATION Pro permite calcular la cimentación de la estructura, cuando esta cimentación es superficial, es decir, cuando está constituida por zapatas. Además, dichas zapatas deben estar aisladas. Para realizar el cálculo, basta con entrar en el módulo RF-FOUNDATION Pro desde el navegador del programa.

En la ventana principal, deberán definirse los nodos a partir de los cuáles se calcularán las zapatas, y posteriormente, la tipología de zapata a construir. Para el presente proyecto, se ha optado por la tipología “Losa de cimentación” (Ilustración 60). Se definirá también en esta ventana el reglamento a cumplir (Eurocódigos y anejo nacional español).

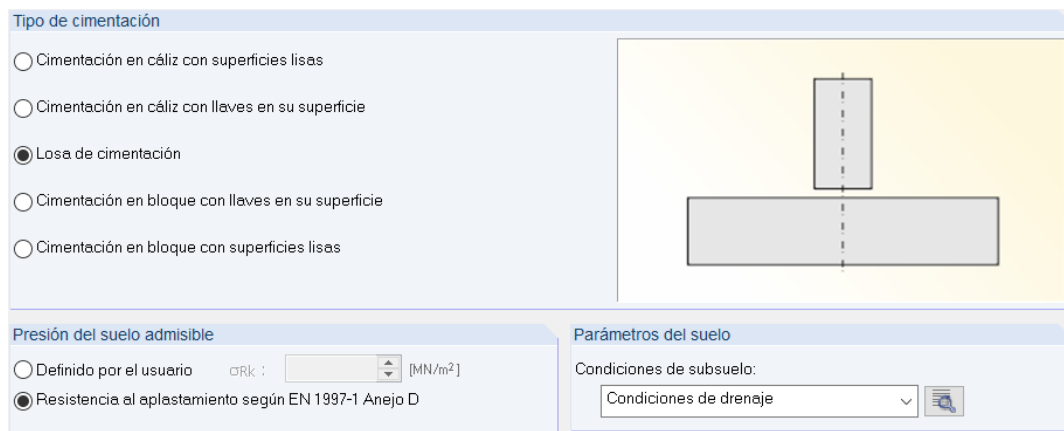


Ilustración 60. Tipología de zapata de la estructura en RF-FOUNDATION Pro.

En el apartado de geometría, se podrán definir las dimensiones de la zapata. RF-FOUNDATION Pro permite solicitar al software un proceso iterativo para calcular las dimensiones óptimas de la zapata. Para ello, en el apartado “Losa de cimentación”, se introducirán los datos de la Ilustración 61:

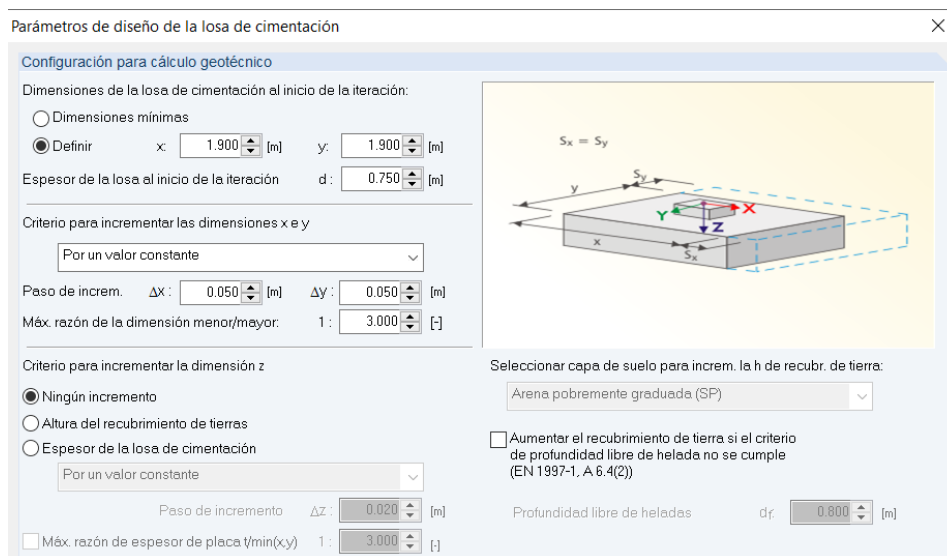


Ilustración 61. Datos de entrada del proceso iterativo para realizar el cálculo de las dimensiones de las zapatas.

Entre el resto de características a definir, se encuentran las siguientes:

- Calidad de hormigón: C25/30.
- Calidad de acero corrugado: B 500 S (C).
- Diámetros posibles de las barras de acero corrugado (en mm): 12, 16, 20.

Para concluir con los datos a introducir en el módulo, se definirán las cargas que deberán soportar las zapatas. En la Ilustración 62 se muestran las cargas a considerar en el módulo para cada comprobación:

- Estructural (STR) y geotécnico (GEO): se debe considerar la envolvente del ELU.
- Levantamiento (UPL), equilibrio estático (EQU) y valores característicos: se deben considerar las envolventes de los ELS de integridad y confort.

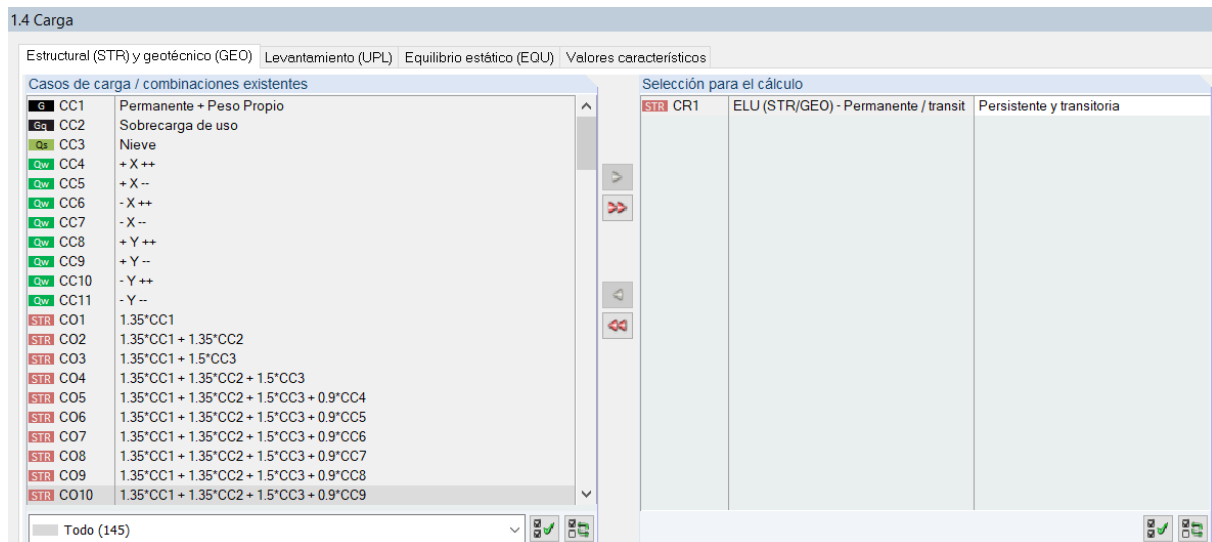


Ilustración 62. Cargas a considerar en el módulo RF-FOUNDATION Pro para cada comprobación.

## 7.9. RF-PUNCH PRO

El módulo RF-PUNCH Pro permite realizar un cálculo detallado de los efectos de punzonamiento que pudieran aparecer en losas de cimentación. Se ha decidido crear cuatro casos distintos, uno por cada losa en la que pudiera aparecer este efecto, para poder realizar armados independientes en cada una, en caso de que fuera necesario. Así, quedan los siguientes casos:

- CA1: losa de cimentación 1. Ilustración 13, arriba.
- CA2: losa de cimentación 2. Ilustración 13, centro.
- CA3: losa de cimentación 3. Ilustración 13, abajo.
- CA4: losa del vaso de la piscina.

RFEM calcula el punzonamiento a Estado Límite Último, y ello se deberá indicar en la ventana principal de RF-PUNCH Pro, así como el reglamento que se le aplica (Eurocódigos y anejo nacional español). Para cada caso, se deben definir también los materiales (hormigón HA30/35 y acero corrugado B 500 S (A)) y el espesor de la losa. También podrían definirse, en caso de existir, aberturas próximas a las zonas de donde las losas pueden conectar con las columnas, las cuales complicarían el armado en la zona de punzonamiento; en este proyecto, no se pondrán aberturas.

Es importante considerar la armadura longitudinal ya definida en RF-CONCRETE Surfaces, pues esta, en sí misma, puede llegar a ser capaz de soportar los esfuerzos de punzonamiento, o en caso de que no sea capaz de soportarlos íntegramente, al menos sí servirá para reducir el armado específico diseñado para resistir el punzonamiento, evitando así sobrearmer la zona. La armadura longitudinal preexistente se exporta en parte de RF-CONCRETE Surfaces a la pestaña “Armadura longitudinal” (Ilustración 63), y que son el tipo de disposición de la armadura longitudinal y los recubrimientos de las barras de acero corrugado.

RF-PUNCH Pro - [TFM 3]

Archivo Configuración Ayuda

CA1 - Losa cimentación 1

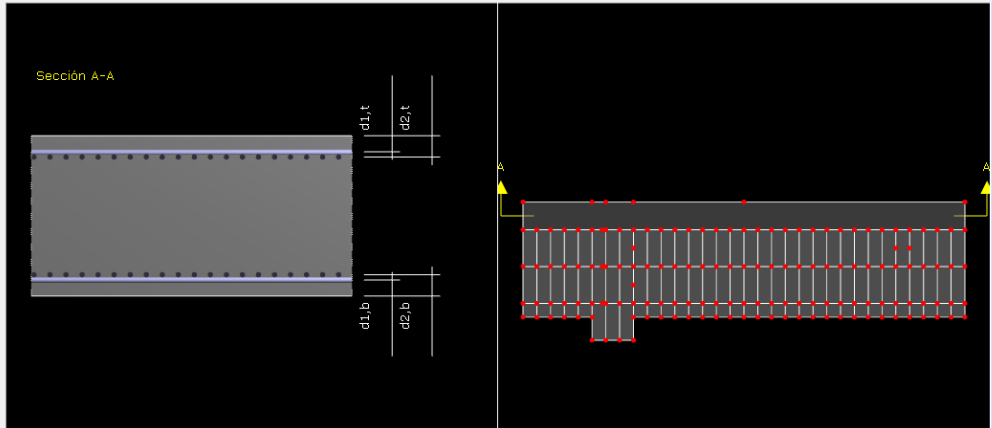
1.4 Armadura longitudinal

Datos de entrada

- Datos generales
- Materiales y superficies
- Aberturas adicionales
- Armadura longitudinal
- Nudos de punzonamiento

Superf. núm.	A	B	C	D			G			J
				Recubrimiento de hormigón [cm]			Dirección de las capas [°]			
	Posición	Número de capas	Recubrimiento de hormigón de refere	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	φ <sub>1</sub>	φ <sub>2</sub>	φ <sub>3</sub>	
1	superior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
	inferior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
6	superior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
	inferior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
12	superior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
	inferior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
17	superior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
	inferior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		
18	superior	2	Eje	3.00	4.00		0.00	90.00		

Sección A-A



Cálculo Anejo Nac. Gráfico Aceptar Cancelar

Ilustración 63. Datos de la armadura longitudinal de las losas definidos en RF-CONCRETE Surfaces y exportados al módulo RF-PUNCH Pro. Pestaña “Armadura longitudinal”.

Hay una parte de los datos, en cambio, que no se introduce de manera automática y que por tanto es necesario introducir manualmente en la pestaña “Nudos de punzonamiento” (Ilustración 64). Dicha información comprende las secciones de los pilares, las cuantías de armado máximas de la superficie o caso a calcular y, en caso de querer considerarlo, también los esfuerzos normales

transmitidos por cada columna a la losa (en este proyecto no se han considerado dichos esfuerzos, para calcular del lado de la seguridad).

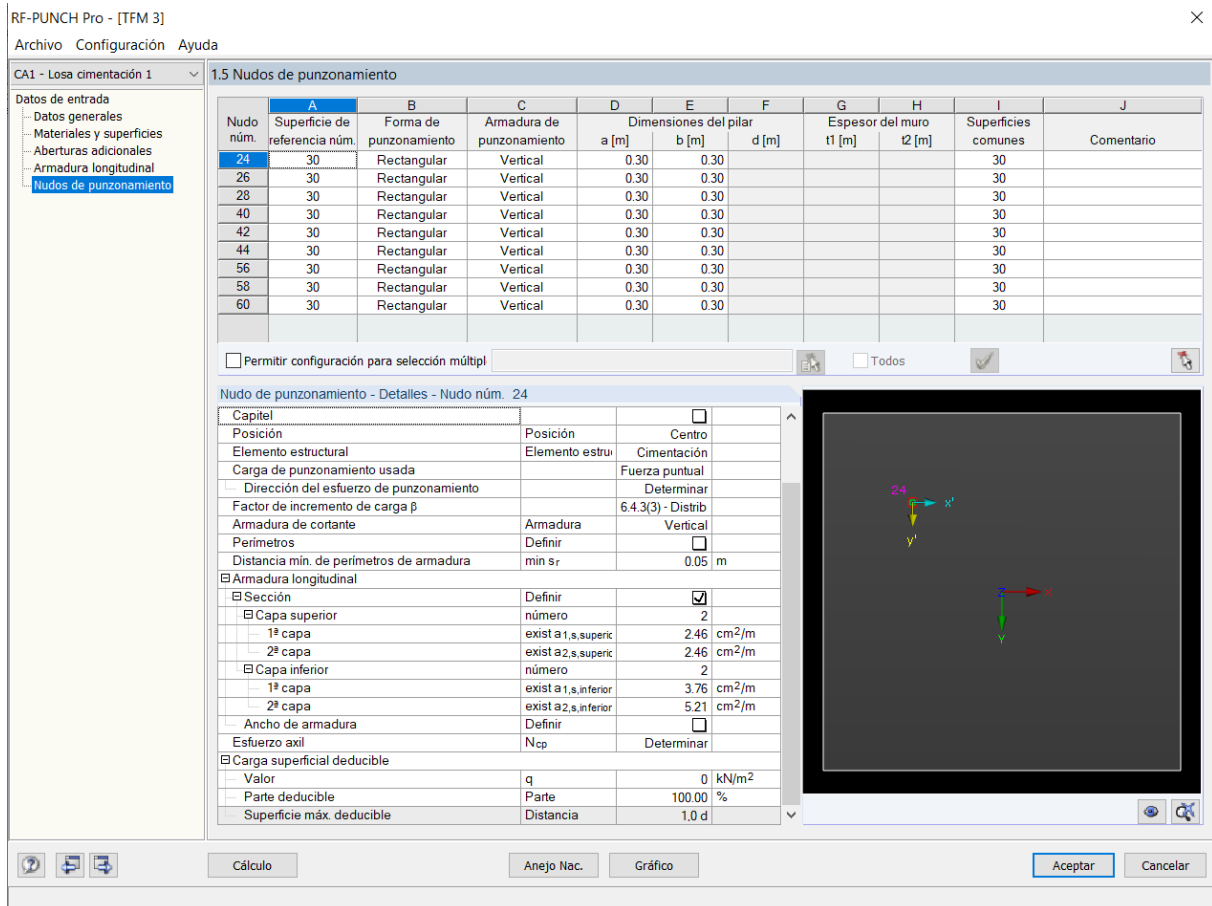


Ilustración 64. Pestaña "Nudos de punzonamiento" del módulo RF-PUNCH Pro.

## 7.10. RF-TIMBER PRO

RF-TIMBER Pro permite optimizar las secciones de los elementos tipo barra (vigas y columnas) de madera. Se deben definir tantos casos como secciones optimizadas distintas se quieran obtener. En el presente proyecto, se han definido los siguientes casos:

- CA1: correas de la cubierta de la nave (Ilustración 41).
- CA2: correas de la fachada de la nave (Ilustración 38).
- CA3: columnas de la nave (Ilustración 37).
- CA4: cerchas de la nave (Ilustración 39).
- CA5: columnas del edificio principal (Ilustración 35).
- CA6: vigas del edificio principal (Ilustración 35).

Seleccionados los elementos que forman parte de cada caso, así como definidos el reglamento a seguir (Eurocódigos y anejo español), debe indicarse que al Estado Límite Último y al Estado Límite de Servicio se le aplicarán las cargas de sus respectivas envolventes. Posteriormente, se definirán los materiales y secciones en las pestañas “Materiales” y “Secciones”; es en esta segunda pestaña donde se habilita la opción de optimizado de la sección, en la que se introducen manualmente un límite inferior y un límite superior para la sección, así como los intervalos en los que se deseen calcular las secciones óptimas. En la Ilustración 65 se muestra un ejemplo de los datos a introducir para dicha optimización:

- Anchura: desde un ancho mínimo de 50 mm, a un ancho máximo de 400 mm, con incrementos de 25 mm (50, 75, 100... 350, 375, 400 mm).
- Altura: desde un alto mínimo de 200 mm, a un alto máximo de 500 mm, con incrementos de 50 mm (200, 250... 400, 450, 500 mm).

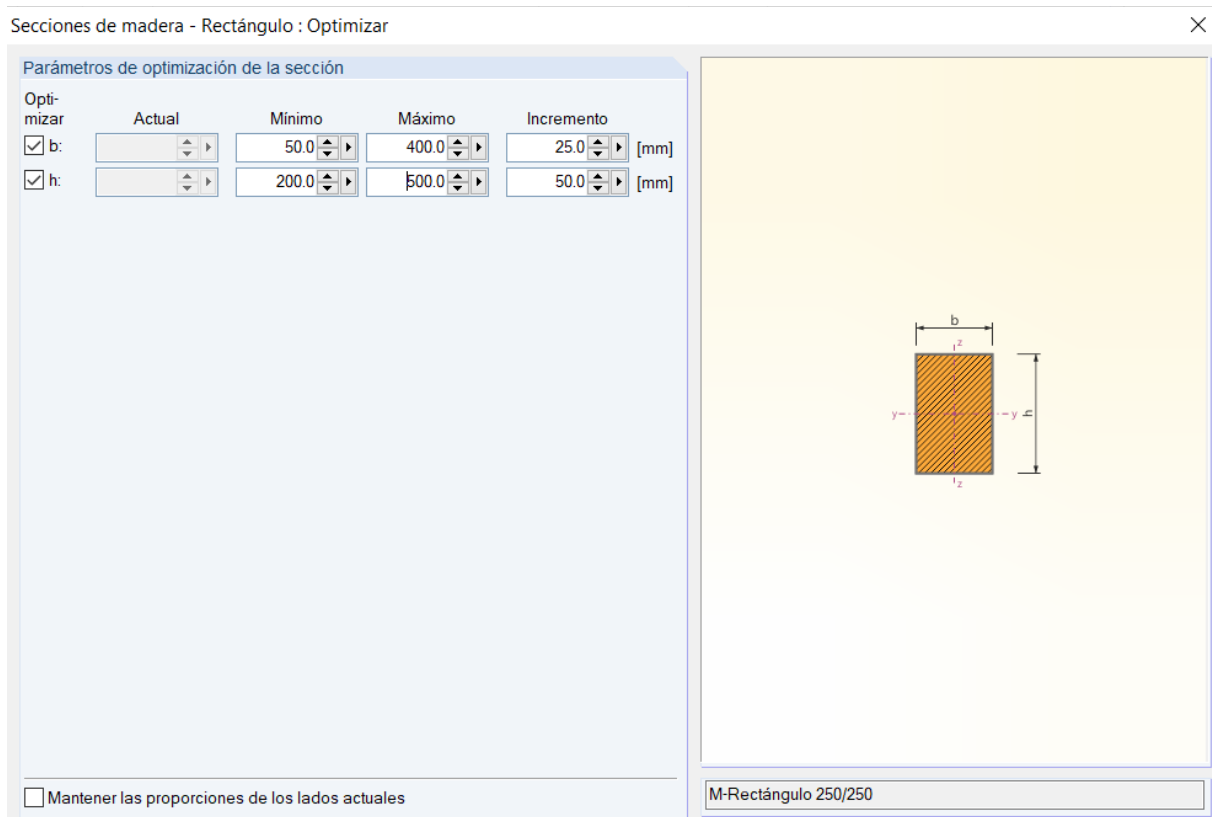


Ilustración 65. Optimización automática de las secciones de los elementos tipo barra en RF-TIMBER Pro.

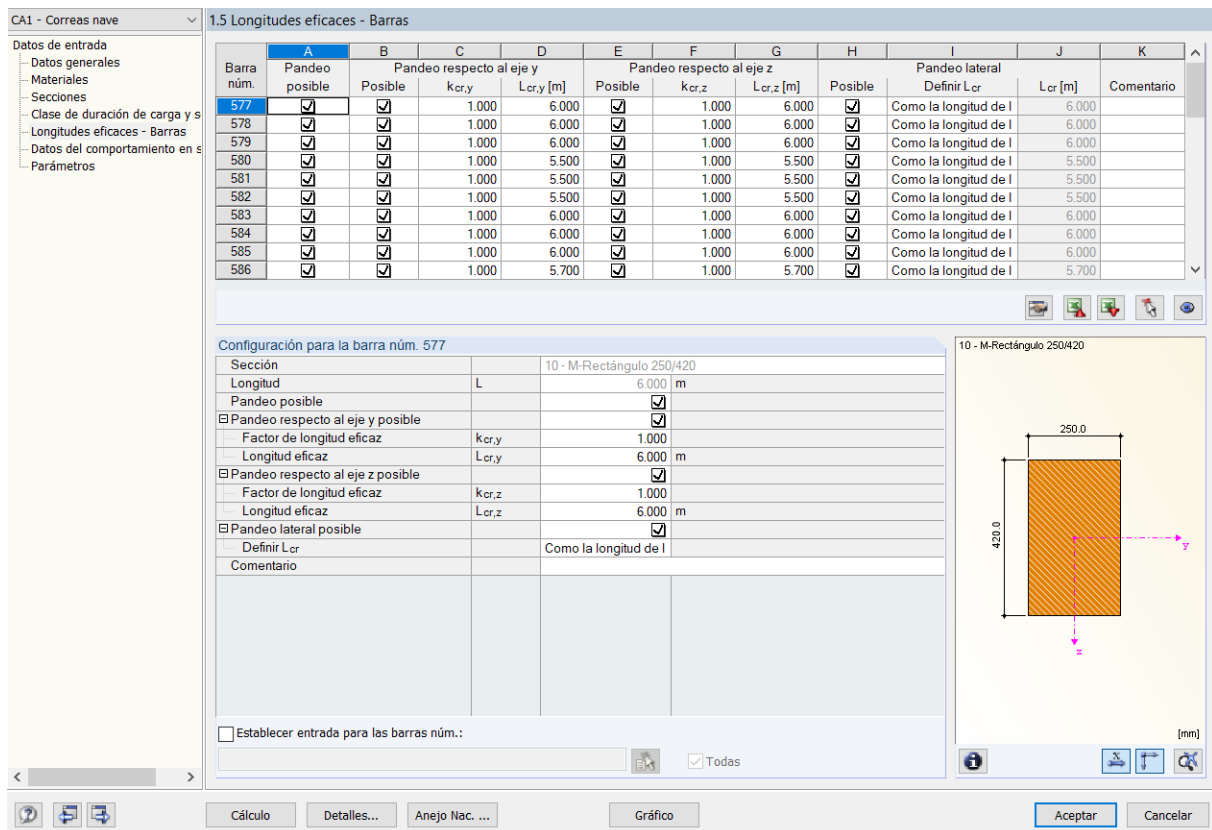
El próximo paso es definir las clases de duración de cada caso de carga. Como se observa en la Ilustración 66, en este proyecto se ha decidido definir las clases de carga de la siguiente manera:

- Permanente + Peso Propio: permanente.
- Sobrecarga de uso: larga.
- Nieve: media.
- Viento (CC4 a CC1): corta.

Esta decisión se ha tomado siguiendo las recomendaciones hechas en casos prácticos realizados en la web de Dlubal Software.

1.4 Clase de duración de carga y servicio			
Carga	A	B	C
	Descripción	Tipo de carga	Clase de duración de carga CDC
CC1	Permanente + Peso Propio	Permanente	Permanente
CC2	Sobrecarga de uso	Permanente/Sobrecarga c	Larga
CC3	Nieve	Nieve (H ≤ 1000 m.s.n.m.)	Media
CC4	+ X ++	Viento	Corta
CC5	+ X --	Viento	Corta
CC6	- X ++	Viento	Corta
CC7	- X --	Viento	Corta
CC8	+ Y ++	Viento	Corta
CC9	+ Y --	Viento	Corta
CC10	- Y ++	Viento	Corta
CC11	- Y --	Viento	Corta

Ilustración 66. Ventana para definir las clases de duración de carga y servicio de cada caso de carga en RF-TIMBER Pro.



CA1 - Correas nave
   
 1.5 Longitudes eficaces - Barras

Barra núm.	A	B	C		D			E			F			G			H			I			J			K		
			Pandeo posible	Pandeo respecto al eje y	Posible	k <sub>cr,y</sub>	L <sub>cr,y</sub> [m]	Posible	k <sub>cr,z</sub>	L <sub>cr,z</sub> [m]	Posible	Pandeo lateral	Definir L <sub>cr</sub>	L <sub>cr</sub> [m]	Comentario													
577	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	6.000												
578	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	6.000												
579	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	6.000												
580	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	5.500												
581	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	5.500												
582	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	5.500	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	5.500												
583	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	6.000												
584	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	6.000												
585	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	6.000												
586	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.700	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.700	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	5.700	<input checked="" type="checkbox"/>	5.700	<input checked="" type="checkbox"/>	Como la longitud de l	5.700												

Configuración para la barra núm. 577
   
 Sección: 10 - M-Rectángulo 250/420
   
 Longitud: L = 6.000 m
   
 Pandeo posible: 
  
 Pandeo respecto al eje y posible
   
 Factor de longitud eficaz: k<sub>cr,y</sub> = 1.000
   
 Longitud eficaz: L<sub>cr,y</sub> = 6.000 m
   
 Pandeo respecto al eje z posible
   
 Factor de longitud eficaz: k<sub>cr,z</sub> = 1.000
   
 Longitud eficaz: L<sub>cr,z</sub> = 6.000 m
   
 Pandeo lateral posible
   
 Definir L<sub>cr</sub>: Como la longitud de l
   
 Comentario:

Establecer entrada para las barras núm.:

10 - M-Rectángulo 250/420
   
 Diagrama de la sección: 250.0 mm x 420.0 mm

Cálculo Detalles... Anejo Nac. ... Gráfico Aceptar Cancelar

Ilustración 67. Ventana para definición de características de pandeo en RF-TIMBER Pro.

El módulo RF-TIMBER Pro también considera el cálculo a pandeo. Dicho cálculo se hace de forma intrínseca al realizar un cálculo de segundo orden (el que se ha realizado en este proyecto), pero si se desea realizar un cálculo lineal para hallar la sección óptima (lo cual es recomendable, ya que tiene un menor coste computacional), pueden introducirse las longitudes características de pandeo en la pestaña "Longitudes eficaces - Barras" (Ilustración 67). Las longitudes eficaces de

pandeo se exportan desde RFEM, pero se recomienda al usuario revisar estas una por una, por si se presentara algún error de exportación.

Además, si se quisiera hacer un cálculo más detallado, sería posible definir cambios de sección (Ilustración 68) en la pestaña “Parámetros”.

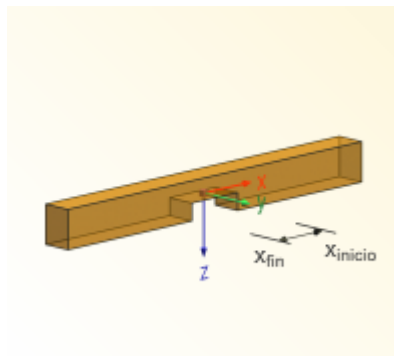


Ilustración 68. Ejemplo de cambio de sección o recorte en un elemento de madera.

### 7.11. RF-JOINTS

RF-JOINTS permite realizar el cálculo de las uniones y de los elementos de las uniones entre elementos estructurales de madera o de metal. En este proyecto, al no utilizar elementos metálicos, solo se han realizado cálculos de uniones entre elementos de madera. Para realizar el cálculo de las uniones, deben seguirse los siguientes pasos:

1. Definir un caso por cada tipo de unión a calcular. En este proyecto, se han definido 10 casos distintos.
2. Para cada unión, los materiales de los elementos a unir (madera), los materiales de los elementos auxiliares en la unión (metal), los tipos de elementos de unión (pernos de acero S 235 y clase resistente 10,9), el tipo de unión (sólo con barra principal, con barra continua o sin barra continua), y el tipo de corte de la unión. Todo esto se define en la pestaña “Datos generales” (Ilustración 69).
3. Seleccionar los nudos en los que existen las uniones a calcular en cada caso, así como la naturaleza de cada barra, que depende del tipo de unión definida en el apartado anterior. Este paso se realiza en la pestala “Nudos y barras” (Ilustración 70).
4. Al igual que en el módulo RF-TIMBER Pro, definir las clases de cada de cada caso de carga existente, que son iguales que en la sección RF-TIMBER PRO.
5. En la pestaña “Geometría” (Ilustración 71), diseñar de manera individualiza la tipología de la unión en cada caso.



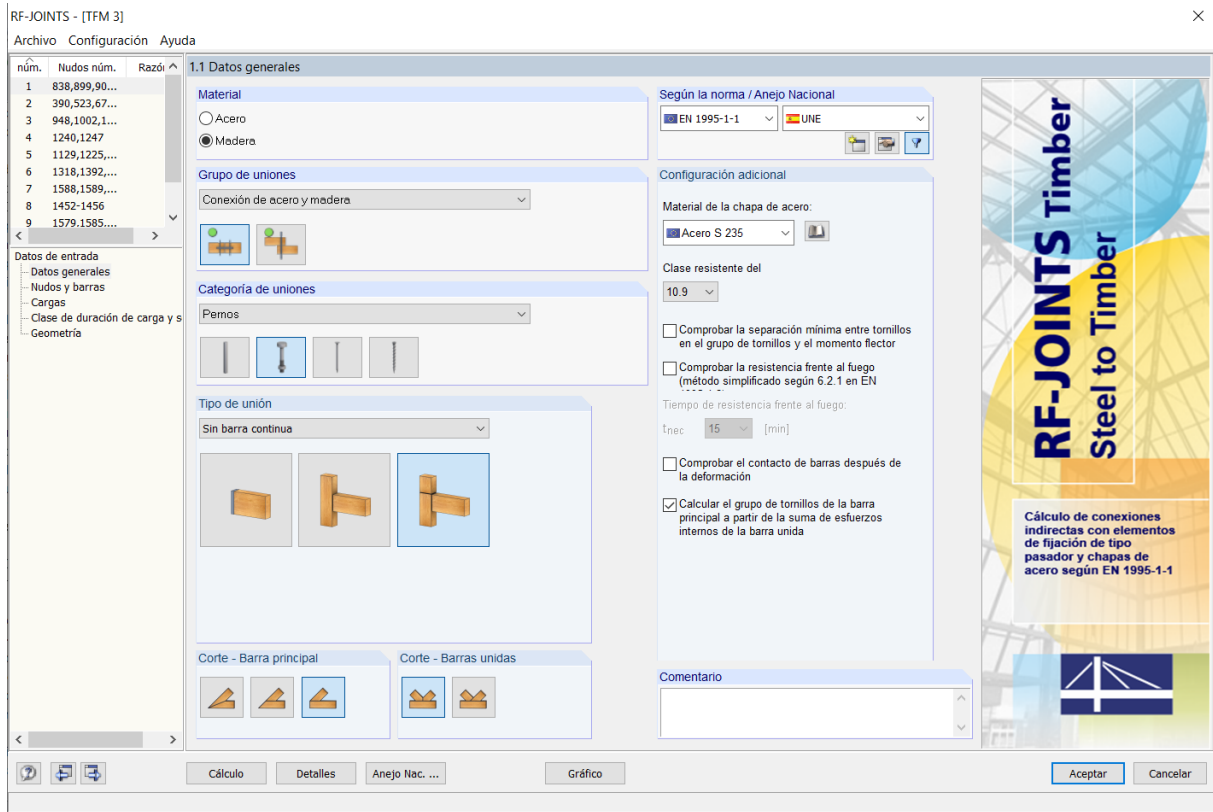


Ilustración 69. Ventana principal del módulo RF-JOINTS.

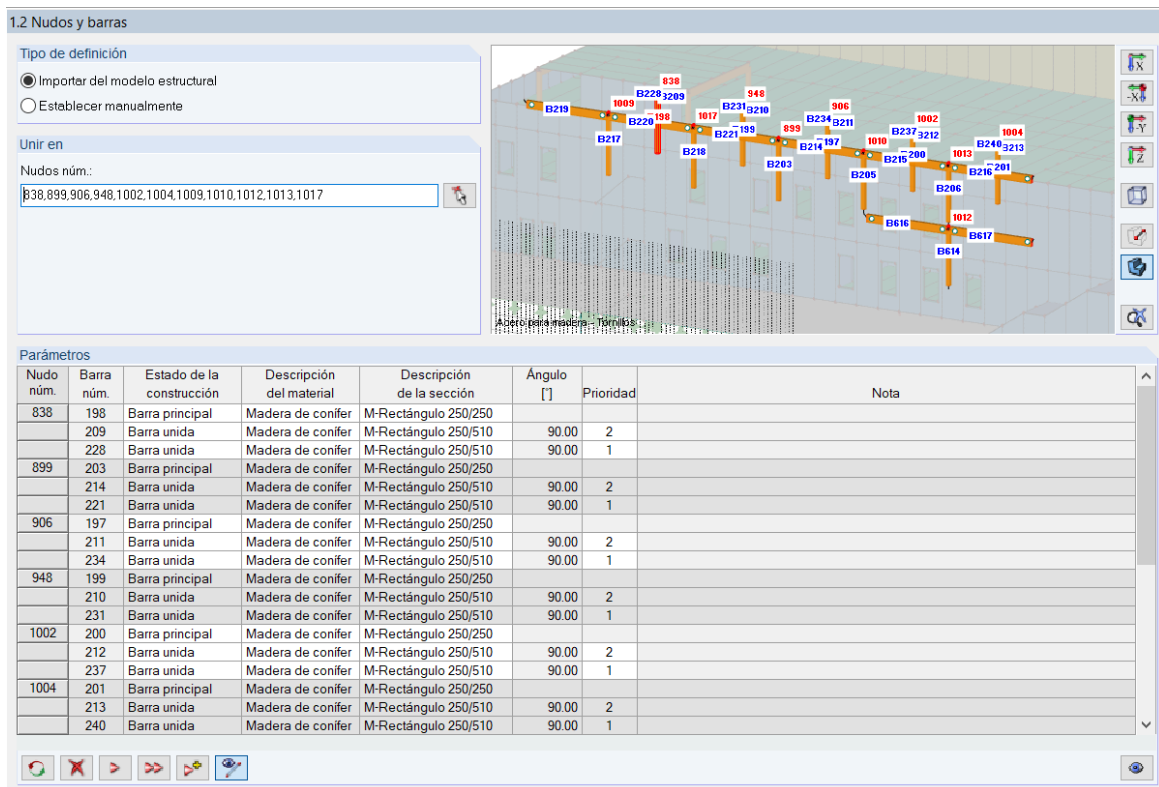


Ilustración 70. Pestaña "Nudos y barras" del módulo RF-JOINTS.

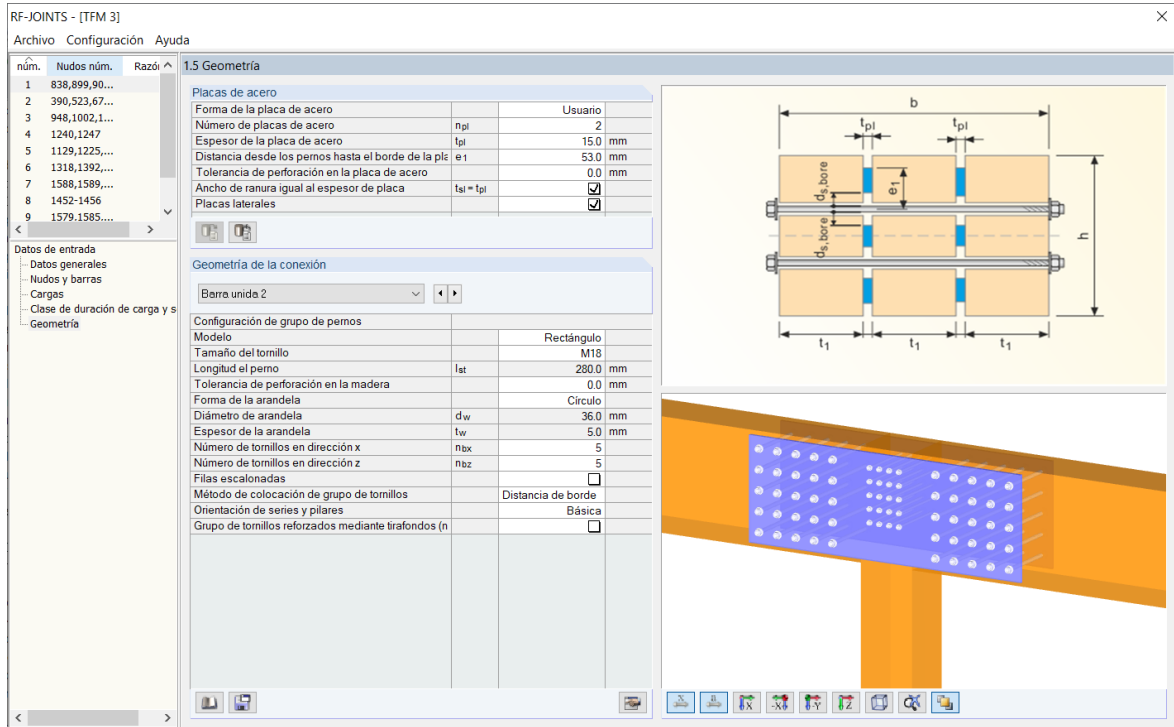


Ilustración 71. Pestaña "Geometría" del módulo RF-JOINTS.

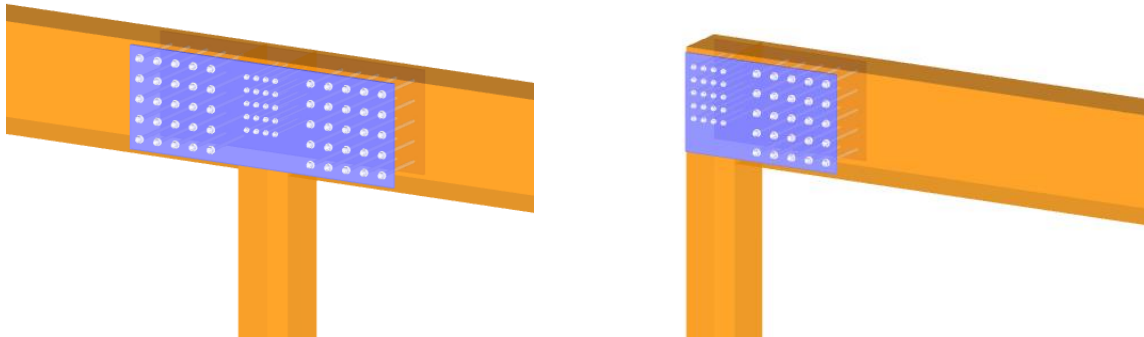


Ilustración 72. Uniones entre columnas y vigas de la planta baja del edificio principal: unión intermedia (izqda.); unión en esquina (dcha).

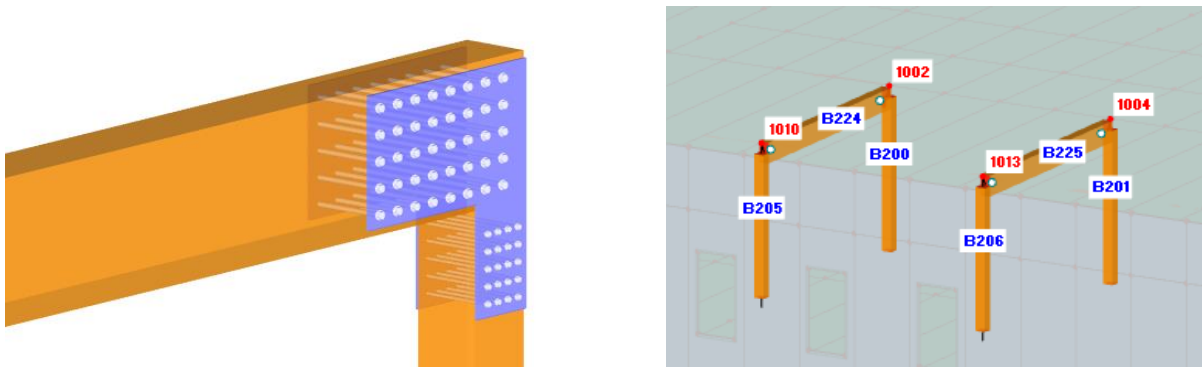
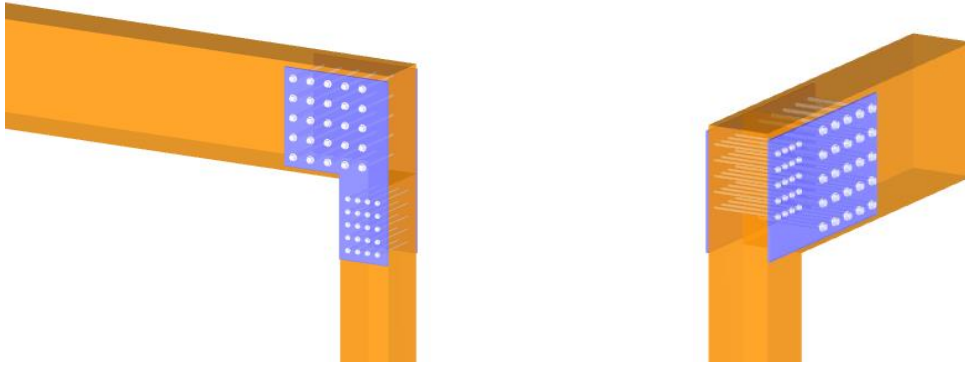
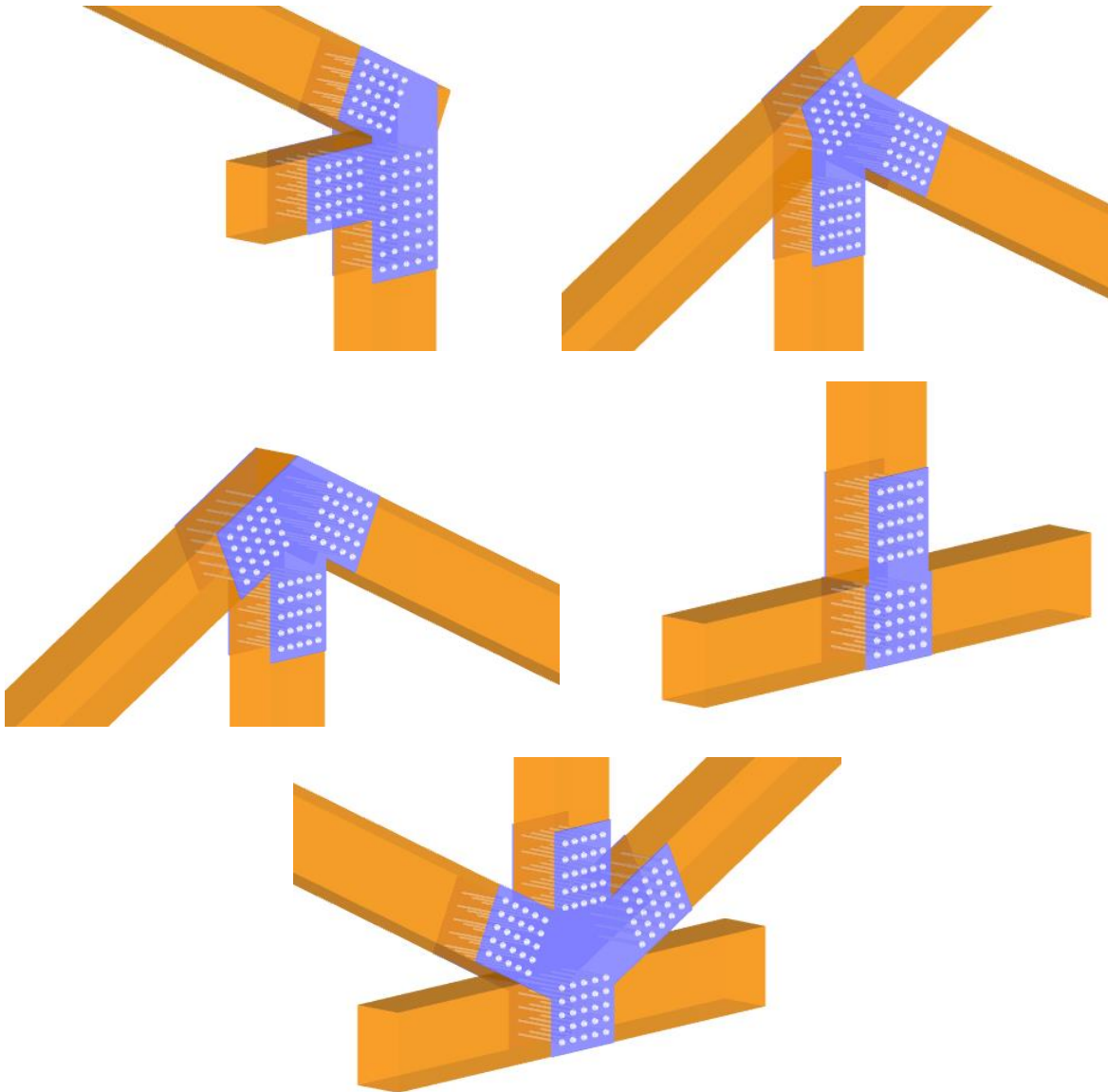


Ilustración 73. Uniones entre columnas y vigas de la primera planta del edificio principal: tipología de la unión (izqda.); localización de la unión (dcha).



*Ilustración 74. Uniones entre columnas y vigas de la cubierta del edificio principal.*



*Ilustración 75. Uniones en las cerchas de la nave de la piscina.*

RF-JOINTS solo permite diseñar uniones en dos dimensiones: no se han podido realizar, por tanto, los cálculos de las uniones de las vigas de atado ni de las correas de la nave de la piscina.

## 7.12. RF-LAMINATE

El módulo RF-LAMINATE permite definir las propiedades de las superficies definidas en RFEM como laminadas y calcular las tensiones y las deformaciones que van a tener que soportar a lo largo de la vida útil de la estructura. El primer paso a realizar es definir la norma en base a la cual se va a diseñar la estructura (Eurocódigo y anejo nacional español), y asignar las cargas que se van a soportar en su ELU y en su ELS, que serán sus respectivas envolventes.

1.2 Características del material - Ortótropo

Composición actual: 2. Forjados

Lista de superficies: 33-43,45,47,49-100,349-359,361,363,365-416,636-645,

Composición núm. 2

Capa núm.	A	B	C	D	E	F	G	H
	Descripción del material	Categoría del factor	Espesor t [mm]	Dirección ortótropa $\beta$ [°]	Módulo de elasticidad [N/mm <sup>2</sup> ]		Módulo de cortante	
					$E_x$	$E_y$	$G_{xz}$	$G_{yz}$
1	C24	Madera contralaminada	45.0	0.00	11600.0	370.0	690.0	
2	C24	Madera contralaminada	40.0	90.00	11600.0	370.0	690.0	
3	C24	Madera contralaminada	45.0	0.00	11600.0	370.0	690.0	
4	C24	Madera contralaminada	40.0	90.00	11600.0	370.0	690.0	
5	C24	Madera contralaminada	45.0	0.00	11600.0	370.0	690.0	
6	C24	Madera contralaminada	40.0	90.00	11600.0	370.0	690.0	
7	C24	Madera contralaminada	45.0	0.00	11600.0	370.0	690.0	
8								
9								

Información

Capa núm.: 0

- Peso específico: [ ] [kN/m<sup>3</sup>]

- Peso de: [ ] [kN/m<sup>2</sup>]

$\Sigma$  Espesor: 300.0 [mm]

$\Sigma$  Peso de superf.: 1.53 [kN/m<sup>2</sup>]

Plano de referencia

Desplaz. del plano de referenc.: 0.0 [mm]

Relacionado al:

Borde superior

Centro de la composición

Borde inferior

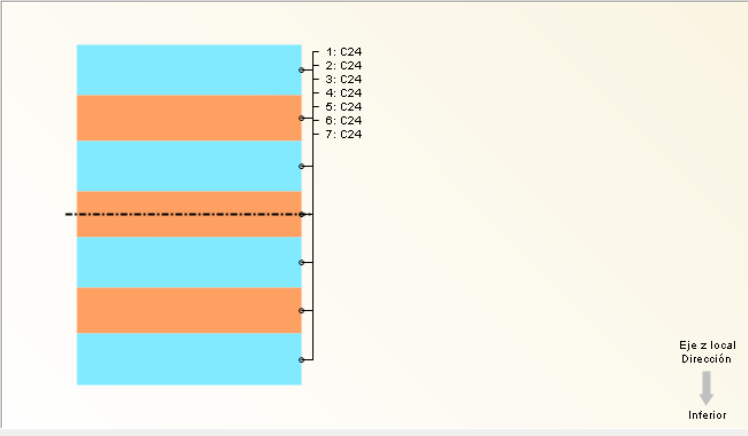


Ilustración 76. Pestaña "Características del material" de RF-LAMINATE.

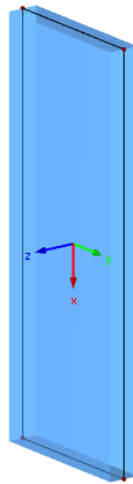
El segundo paso es definir las características geométricas de cada tipo de lámina, en la pestaña "Características del material" (Ilustración 76). Se han definido tres tipos de láminas de CLT, y para ello se han extraído de la biblioteca los paneles predefinidos y diseñados por el fabricante vasco EGOIN:

- Muros del edificio principal: muro EGO CLT 7c 300.
- Forjados: forjado EGO CLT 7c 300.
- Muros de la nave de la piscina: muro EGO CLT 7c 300.



Es importante destacar la importancia que la disposición del sistema de ejes local tiene a la hora de diseñar con láminas predefinidas por un fabricante, y no por el usuario, debido a que la manera de definir las características del material en RF-LAMINATE es dependiente de la esta. Se recomienda definir los ejes locales de la siguiente manera (Ilustración 78):

- Para muros: eje local x coincidente en dirección y sentido con el eje global z; eje local z normal a la superficie; eje local y definido mediante la regla de la mano derecha.
- Para forjados: eje local x en la dirección cartesiana de mayor longitud del panel; eje local z normal a la superficie; eje local y definido mediante la regla de la mano derecha.



*Ilustración 78. Disposición de ejes locales en los paneles de CLT.*

El mecanismo de fallo puede cambiar si se definen los ejes locales de otra forma, fallando antes para cualquier caso distinto a los recomendados. Esto se debe a que los fabricantes definen el ángulo  $\beta$  de los paneles extremos como  $0^\circ$ , otorgando a esta dirección de mayor resistencia (Ilustración 79).



*Ilustración 79. Resistencia de los muros de CLT dependiendo de la disposición.*



### 7.13. LANZAMIENTO DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL

Una vez realizados todos los detalles de diseño propuestos en los apartados anteriores, puede lanzarse el cálculo estructural.

Se ha optado por realizar un cálculo de segundo orden, debido a la sencillez de cálculos que esto implica para el usuario, al no tener que realizar por separado las posibles inestabilidades de la estructura.

Para seleccionar dicha opción, se debe activar en la ventana “Editar casos de carga y combinaciones” la opción “Análisis de segundo orden (P-Delta / P-delta)” (Ilustración 80) en todos los casos de carga.

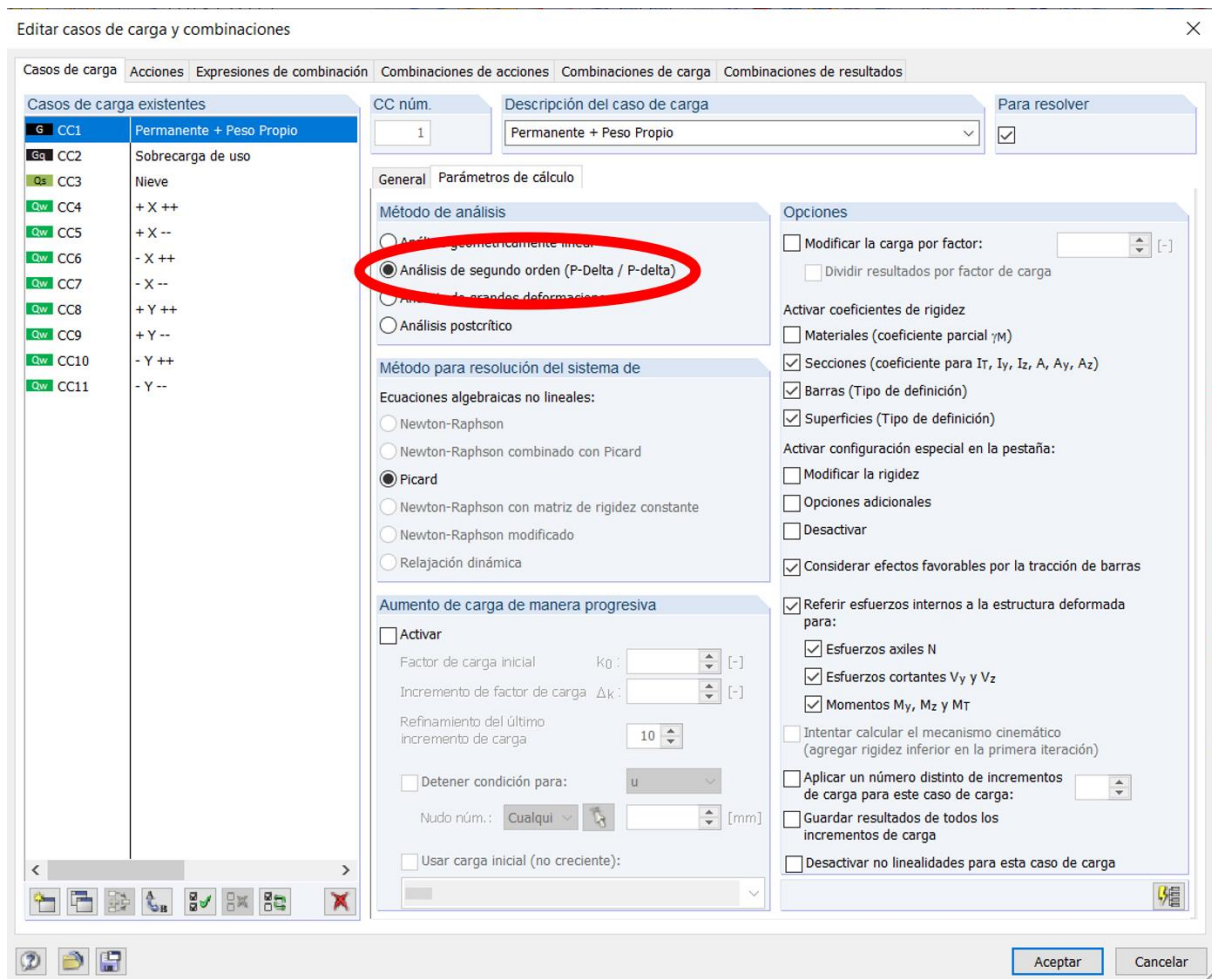


Ilustración 80. Activar el cálculo de segundo orden.



## 8. DESCRIPCIÓN DE TAREAS. DIAGRAMA DE GANTT

En este apartado se detallará de descripción de las tareas desarrolladas a lo largo de la realización del proyecto. Para ello se dividirá todo el proceso en cinco bloques troncales y bien diferenciados y otros dos apartados más breves.

### Tarea 1: estudio de la bibliografía.

Antes de iniciar un proyecto en cualquier campo de la ingeniería, es imprescindible contar con unos conocimientos mínimos en el campo en general y del proyecto en específico. Esta tarea debe realizarse siempre al principio del proyecto, para construir este sobre una base sólida. En el presente estudio, la bibliografía abarca los documentos base del CTE, los Eurocódigos, y otra serie de documentos de apoyo como manuales.

La primera tarea tiene como objetivo otorgar al autor el material suficiente para poder llevar a cabo, desde un principio y de manera satisfactoria, el presente proyecto. Comienza buscando y reuniendo los documentos anteriormente mencionados, para proceder después a su estudio detenido. Una vez obtenida la información legal a cumplimentar, podrá diseñarse un primer boceto de la estructura. Dicho boceto no tendrá carácter definitivo y podrá estar abierto a modificaciones, a medida que se vaya revisitando la bibliografía o vayan apareciendo en los cálculos problemáticas que exijan su alteración.

### Tarea 2: aprendizaje de Dlubal Software.

La formación en el uso de Dlubal Software es una tarea que puede desarrollarse en paralelo con el estudio de la bibliografía. En el presente estudio, se ha optado por coordinar el principio de dicha tarea con el desarrollo completo de la anterior, de manera que la parte más gruesa del proyecto (el diseño y la optimización) pudiese empezar una vez e aprendizaje en el manejo del software se considerase suficientemente avanzado, y sin necesidad de tener que realizar ninguna búsqueda bibliográfica más.

Esta tarea abarca desde la búsqueda de material formativo, ya sea audiovisual o escrito, pasando por su análisis, hasta realizar ejemplos prácticos en el software y, en último término, plasmar en este el modelo desarrollado al final de la tarea anterior. Realizado el cálculo de este prototipo, la tarea se considerará concluida.

### Tarea 3: proceso de modelizado.

El proceso de modelizado real empieza con la revisión del primer prototipo. Si bien este funcionaba como mecanismo para plasmar en el proyecto que ocupa los conocimientos adquiridos mediante el estudio de otras estructuras, resulta conformista dar el proyecto por finalizado con este. Revisando los resultados obtenidos mediante el cálculo del software MEF, podrá estudiarse el comportamiento de la estructura en todas sus partes y detectar zonas mejorables. De igual manera, en la primera lectura de la bibliografía, podrían haberse ignorado detalles que convendría considerar en una relectura y que una vez adquirida experiencia con el programa podrían entenderse mejor y ayudar a optimizar el edificio.

El paso final de esta tercera tarea implicaría el rediseño de la estructura, mejorando el uso de los materiales, añadiendo elementos, alterando distancias o cambiando la compartimentación.

#### Tarea 4: optimización de la estructura.

Tras calcular el segundo prototipo y estudiar los resultados, conviene realizar una optimización del prototipo final. Este paso difiere respecto a la realización del segundo modelo en que los únicos cambios a hacer que quedarán serán las posibles alteraciones de secciones, que tendrán como objeto el ahorro de material y, por consecuencia, de costes.

#### Tarea 5: redacción del TFM.

El autor deberá redactar un documento que abarque todos los pasos anteriormente mencionados y resuma los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de estos.

#### Otras tareas:

*Control:* el proceso de control es un factor muy importante en el éxito de un proyecto. Revisitar de vez en cuando las tareas concluidas del proyecto puede ser beneficioso a la hora de prevenir errores u optimizar la estructura.

*Preparación de la presentación:* como cierre del proyecto, el autor deberá preparar un documento que le servirá como material de apoyo para realizar una defensa del proyecto ante un tribunal. Dicho documento deberá reunir las ideas clave del proyecto de manera clara y resumida.

Completadas todas estas tareas, el proyecto podrá considerarse como concluido.

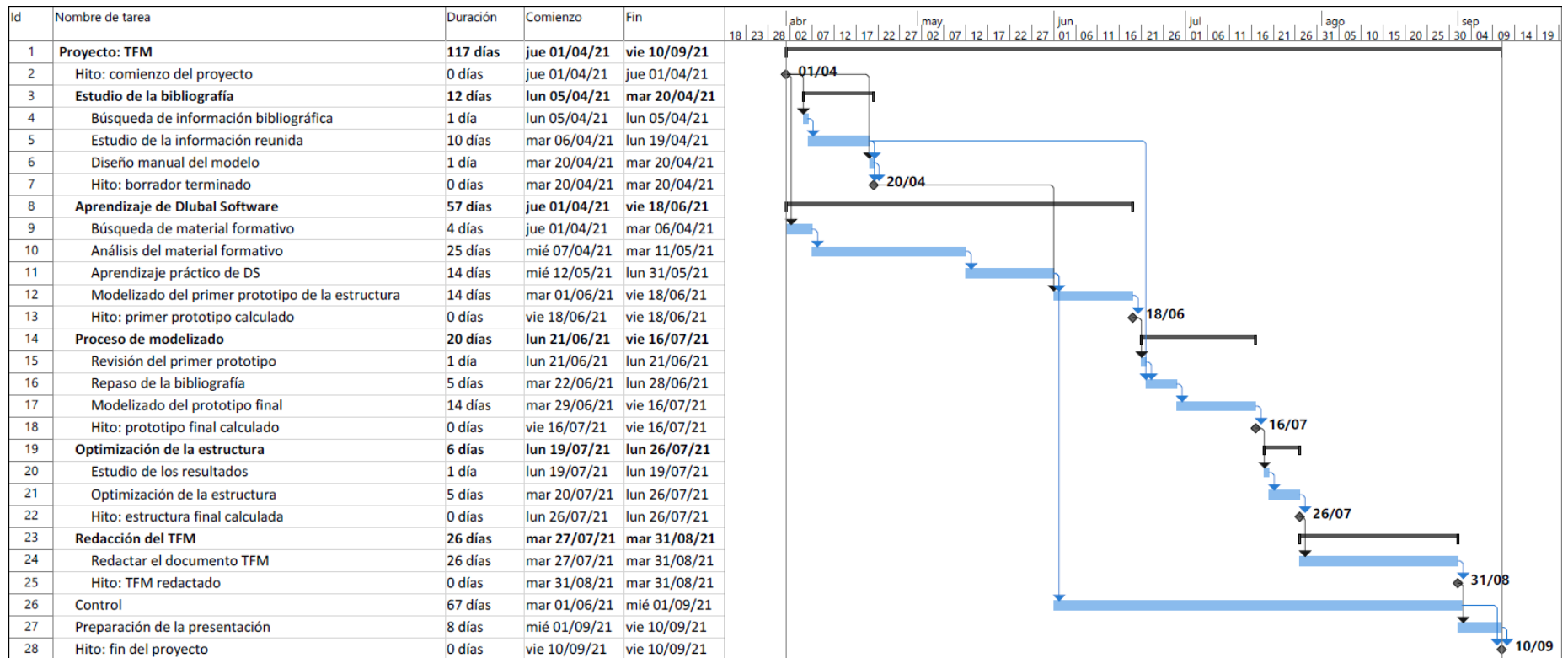


Ilustración 81. Diagrama de Gantt.

## 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Tras hacer un estudio de los datos obtenidos, en este apartado se resumirán las conclusiones extraídas y los puntos que sería de mayor interés desarrollar en futuras investigaciones.

- Por un lado, se ha demostrado la viabilidad para diseñar un edificio de las dimensiones de un polideportivo con elementos de madera. Si bien un diseño integral podría no ser la solución óptima (el punto dulce pasaría por combinar diferentes materiales, para aprovechar las ventajas de cada uno en cada caso), la madera, por sí sola, es un elemento capaz de soportar las cargas que pudieran aparecer a lo largo de la vida útil de un edificio público, como han demostrado los resultados de los cálculos. Queda demostrada, por tanto, la fiabilidad de este elemento estructural, que se presenta cada vez con más frecuencia como una alternativa sostenible a otros materiales más contaminantes, más allá de en viviendas unifamiliares.
- Por otro, se ha probado la eficacia del software RFEM como programa de cálculo estructural, tanto para construcciones de hormigón como de madera, resaltando especialmente en el caso segundo por el amplio abanico de posibilidades constructivas y operacionales que ofrece para trabajar con madera, como ha quedado demostrado en apartados anteriores.
- Como conclusión final, se recalca la importancia que el material de construcción tiene en cada caso. En el caso de la madera, que es la protagonista del presente estudio, una de las mayores dificultades ha radicado en tener que cubrir grandes luces entre puntos de apoyo para los forjados. Esto no impide, de todas formas, el diseño con madera para ciertas tipologías, sino que condiciona su diseño.

Además, se proponen las siguientes líneas de investigación futuras:

- Un proyecto relativo a las distintas instalaciones de la estructura, que puede ser especialmente interesante, al contar con elementos no demasiado comunes en otros edificios como lo es una piscina de grandes dimensiones.
- Trasladar la estructura a un programa CAM como *cadwork* o semejantes, de manera que pueda realizarse una estructura más detallada (con huecos de instalaciones, las distintas capas de cada elemento, acabados, etc.), más parecida a lo que sería el resultado final.
- Un estudio sobre las ventajas competitivas en cuanto a sostenibilidad y precio que este polideportivo de madera tendría frente a un polideportivo semejante construido con hormigón y acero, y que se podría diseñar con RFEM.
- Una prolongación del proyecto actual, que, valiéndose del módulo RF-STAGES, permita definir las distintas fases de construcción del proyecto.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Interempresas - Breve historia de la madera como material de construcción,» Borràs, Xavier, 20 Octubre 2010. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html>. [Último acceso: 02 Agosto 2021].
- [2] «Interempresas - Madera: una solución para una construcción más sostenible,» Grupo Operativo Madera Construcción Sostenible, 8 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/308490-Madera-una-solucion-para-una-construccion-mas-sostenible.html>. [Último acceso: 2 Agosto 2021].
- [3] «Carpintek - Carpintería Tecnológica,» ¿Qué es la madera sostenible?, [En línea]. Available: <https://www.carpintek.es/que-es-madera-sostenible/>. [Último acceso: 2 Agosto 2021].
- [4] J. Svajlenka y M. Kozlovská, «Evaluation of the efficiency and sustainability of timber-based construction,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 259, nº 120835, 2020.
- [5] «Madera sostenible,» La madera, un material sostenible en la construcción, 25 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://madera-sostenible.com/opinion/la-madera-un-material-sostenible-en-la-construccion/>. [Último acceso: 2 Agosto 2021].
- [6] «eadic formación y consultoría,» Cálculo estructural: El Método de los Elementos Finitos, 12 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.eadic.com/calculo-estructural-el-metodo-de-los-elementos-finitos/>. [Último acceso: 2 Agosto 2021].
- [7] «Espacio BIM,» BIM o Metodología BIM (qué es) más que tecnología, 16 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.espaciobim.com/bim>. [Último acceso: 2 Agosto 2021].
- [8] «Dlupal Software,» RFEM - El programa de análisis estructural para profesionales, [En línea]. Available: <https://www.dlupal.com/es/productos/rfem-software-del-mef/que-es-rfem>. [Último acceso: 2 Agosto 2021].

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

## **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

### ***CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO***

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*

# 1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

## 1.1. DISPOSICIONES GENERALES

### 1.1.1. NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL

Artículo 1. El presente pliego general de condiciones tiene carácter supletorio del pliego de condiciones particulares del proyecto.

Ambos, como parte del proyecto arquitectónico, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra, al contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al arquitecto y al aparejador o arquitecto técnico y a los laboratorios y entidades de control de calidad, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

### 1.1.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Artículo 2. Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiera.

- a) El pliego de condiciones particulares.
- b) El presente pliego general de condiciones.
- c) El resto de la documentación de proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

En las obras que lo requieran, también formarán parte el estudio de seguridad y salud y el proyecto de control de calidad de la edificación.

Deberá incluir las condiciones y delimitación de los campos de actuación de laboratorios y entidades de control de calidad, si la obra lo requiriese.

Las órdenes e instrucciones de la dirección facultativa de la obra se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.



## 1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

### 1.2.1. DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS

#### Artículo 3. Ámbito de aplicación de la Ley de Ordenación de la Edificación.

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) es de aplicación al proceso de la edificación, entendiéndose por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

- a) Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.
- b) Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.
- c) Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo b) la titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo c) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas:

#### **EL PROMOTOR**

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor:

- a) Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- b) Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- c) Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.

- d) Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- e) Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- f) Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

## **EL PROYECTISTA**

Artículo 4. Son obligaciones del proyectista:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- c) Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

## **EL CONSTRUCTOR**

Artículo 5. Son obligaciones del constructor:

- a) Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- b) Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- c) Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- d) Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera
- e) Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- f) Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- g) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.
- h) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- i) Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.

- j) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- k) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del aparejador o arquitecto técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- l) Custodiar los libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de seguridad y salud y el del control de calidad, estos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.
- m) Facilitar al aparejador o arquitecto técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- n) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- o) Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- p) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- q) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- r) Facilitar el acceso a la obra a los laboratorios y entidades de control de calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.
- s) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE.

## **EL DIRECTOR DE OBRA**

Artículo 6. Corresponde al director de obra:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- c) Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- d) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- e) Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se

adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.

- f) Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- g) Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.
- h) Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- i) Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- j) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- k) Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
- l) Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.
- m) A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.

## **EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

Artículo 7. Corresponde al aparejador o arquitecto técnico la dirección de la ejecución de la obra, que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra. Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- c) Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.

- d) Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.
- e) Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del arquitecto y del constructor.
- f) Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- g) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al arquitecto.
- h) Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- i) Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- j) Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- k) Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- l) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- m) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

## **EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD**

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- d) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de

trabajo.

- e) Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

## **LAS ENTIDADES Y LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN**

Artículo 8. Las entidades de control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad:

- a) Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.
- b) Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las comunidades autónomas con competencia en la materia.

### **1.2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA**

#### **VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

Artículo 9. Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

#### **PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD**

Artículo 10. El constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico de la dirección facultativa.

#### **PROYECTO DE CONTROL DE CALIDAD**

Artículo 11. El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas de calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el arquitecto o aparejador de la dirección facultativa.

## **OFICINA EN LA OBRA**

Artículo 12. El constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el contratista a disposición de la dirección facultativa:

- El proyecto de ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el arquitecto.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El plan de seguridad y salud y su libro de incidencias, si hay para la obra.
- El proyecto de control de calidad y su libro de registro, si hay para la obra.
- El reglamento y ordenanza de seguridad y salud en el trabajo.
- La documentación de los seguros suscritos por el constructor.

## **REPRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA. JEFE DE OBRA**

Artículo 13. El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del constructor según se especifica en el artículo 5.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de condiciones particulares de índole facultativa, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El pliego de condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al arquitecto para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

## **PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA**

Artículo 14. El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al arquitecto o al aparejador o arquitecto técnico, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.



## **TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE**

Artículo 15. Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el arquitecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el pliego de condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% del total del presupuesto en más de un 10%.

## **INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

Artículo 16. El constructor podrá requerir del arquitecto o del aparejador o arquitecto técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al constructor, estando este obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto del aparejador o arquitecto técnico como del arquitecto.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por estos crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 3 días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

## **RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA**

Artículo 17. Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa, solo podrá presentarlas, a través del arquitecto, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del arquitecto o del aparejador o arquitecto técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al arquitecto, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

## **RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR EL ARQUITECTO**

Artículo 18. El constructor no podrá recusar a los arquitectos, aparejadores o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de estos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa pueda interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

### **FALTAS DEL PERSONAL**

Artículo 19. El arquitecto, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

### **SUBCONTRATAS**

Artículo 20. El contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.

#### 1.2.3. RESPONSABILIDAD CIVIL DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EDIFICACIÓN

### **DAÑOS MATERIALES**

Artículo 21. Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- a) Durante 10 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.
- b) Durante 3 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del artículo 3 de la LOE.

El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de 1 año.

### **RESPONSABILIDAD CIVIL**

Artículo 22. La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.

No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de

intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente. En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad del promotor que se establece en la LOE se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.

Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriban el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

#### 1.2.4. PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES:

##### **CAMINOS Y ACCESOS**

Artículo 23. El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra. El aparejador o arquitecto técnico podrá exigir su modificación o mejora.

##### **REPLANTEO**

Artículo 24. El constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta.

El constructor someterá el replanteo a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico y una vez esto haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el arquitecto, siendo responsabilidad del constructor la omisión de este trámite.

##### **INICIO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Artículo 25. El constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquel señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al arquitecto y al aparejador o arquitecto técnico del comienzo de los trabajos al menos con 3 días de antelación.

##### **ORDEN DE LOS TRABAJOS**

Artículo 26. En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

##### **FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS**

Artículo 27. De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista general deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

##### **AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR**

Artículo 28. Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el arquitecto en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

### **PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR**

Artículo 29. Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del arquitecto. Para ello, el constructor expondrá, en escrito dirigido al arquitecto, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

### **RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA**

Artículo 30. El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

### **CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Artículo 31. Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el arquitecto o el aparejador o arquitecto técnico al constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el artículo 15.

### **DOCUMENTACIÓN DE OBRAS OCULTAS**

Artículo 32. De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose: uno, al arquitecto; otro, al aparejador; y, el tercero, al contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

### **TRABAJOS DEFECTUOSOS**

Artículo 33. El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales y particulares de índole técnica del pliego de condiciones y realizará

todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al aparejador o arquitecto técnico, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el aparejador o arquitecto técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si esta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el arquitecto de la obra, quien resolverá.

## **VICIOS OCULTOS**

Artículo 34. Si el aparejador o arquitecto técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al arquitecto.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la propiedad.

## **MATERIALES Y APARATOS. SU PROCEDENCIA**

Artículo 35. El constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar al aparejador o arquitecto técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

## **PRESENTACIÓN DE MUESTRAS**

Artículo 36. A petición del arquitecto, el constructor le presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el calendario de la obra.

## **MATERIALES NO UTILIZABLES**

Artículo 37. El constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de esta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el aparejador o arquitecto técnico, pero acordando previamente con el constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

## **MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS**

Artículo 38. Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquel, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el arquitecto, a instancias del aparejador o arquitecto técnico, dará orden al constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los 15 días de recibir el constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del arquitecto, se recibirán, pero con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

## **GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS**

Artículo 39. Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, irán a cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

## **LIMPIEZA DE LAS OBRAS**

Artículo 40. Es obligación del constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

## **OBRAS SIN PRESCRIPCIONES**

Artículo 41. En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este pliego ni en la restante documentación del proyecto, el constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que



dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

### 1.2.5. RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS

#### **ACTA DE RECEPCIÓN**

Artículo 42. La recepción de la obra es el acto por el cual el constructor, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el constructor, y en la misma se hará constar:

- a) Las partes que intervienen.
- b) La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- c) El coste final de la ejecución material de la obra.
- d) La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, estas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- e) Las garantías que, en su caso, se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.
- f) Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra (arquitecto) y el director de la ejecución de la obra (aparejador) y la documentación justificativa del control de calidad realizado.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los 30 días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos 30 días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

#### **RECEPCIÓN PROVISIONAL**

Artículo 43. Esta se realizará con la intervención de la propiedad, del constructor, del arquitecto y del aparejador o arquitecto técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los técnicos de la dirección facultativa extenderán el correspondiente certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

## **DOCUMENTACIÓN FINAL**

Artículo 44. El arquitecto, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la propiedad. Dicha documentación se adjuntará al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Esta documentación constituirá el libro del edificio, que ha de ser encargado por el promotor y será entregado a los usuarios finales del edificio.

A su vez dicha documentación se divide en:

### *a) DOCUMENTACIÓN DE SEGUIMIENTO DE OBRA*

Dicha documentación según el CTE se compone de:

- Libro de órdenes y asistencias, de acuerdo con lo previsto en el Decreto 461/1971, de 11 de marzo.
- Libro de incidencias en materia de seguridad y salud, según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.
- Proyecto, con sus anejos y modificaciones debidamente autorizadas por el director de la obra.
- Licencia de obras, de apertura del centro de trabajo y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

La documentación de seguimiento será depositada por el director de la obra en su colegio de arquitectos.

### *b) DOCUMENTACIÓN DE CONTROL DE OBRA*

Su contenido, cuya recopilación es responsabilidad del director de ejecución de obra, se compone de:

- Documentación de control, que debe corresponder a lo establecido en el proyecto, más sus anejos y modificaciones.
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros, que debe ser proporcionada por el constructor, siendo conveniente recordárselo fehacientemente.
- En su caso, documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el constructor y autorizada por el director de ejecución en su colegio profesional.

### *c) CERTIFICADO FINAL DE OBRA*

Este se ajustará al modelo publicado en el Decreto 462/1971, de 11 de marzo, en donde el director de la ejecución de la obra certificará haber dirigido la ejecución material de las obras y controlado cuantitativa y cualitativamente la construcción y la calidad de lo edificado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica que lo desarrolla y las normas de buena construcción.

El director de la obra certificará que la edificación ha sido realizada bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de la licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Al certificado final de obra se le unirán como anejos los siguientes documentos:

- Descripción de las modificaciones que, con la conformidad del promotor, se hubiesen introducido durante la obra, haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de la licencia.
- Relación de los controles realizados.

### **MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA**

Artículo 45. Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el aparejador o arquitecto técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el arquitecto con su firma, servirá para el abono por la propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza (según lo estipulado en el artículo 6 de la LOE).

### **PLAZO DE GARANTÍA**

Artículo 46. El plazo de garantía deberá estipularse en el pliego de condiciones particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a 9 meses (1 año en contratos con las administraciones públicas).

### **CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE**

Artículo 47. Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

## **RECEPCIÓN DEFINITIVA**

Artículo 48. La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán solo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

## **PÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA**

Artículo 49. Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase esta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el arquitecto director marcará al constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

## **RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA**

Artículo 50. En el caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el pliego de condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en este pliego de condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este pliego.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del arquitecto director, se efectuará una sola y definitiva recepción.

## **1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS**

### **1.3.1. PRINCIPIO GENERAL**

Artículo 51. Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

### 1.3.2. FIANZAS

Artículo 52. El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el pliego de condiciones particulares.

#### **FIANZA EN SUBASTA PÚBLICA**

Artículo 53. En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra, de un 4% como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta, o el que se determine en el pliego de condiciones particulares del proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10% de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el pliego de condiciones particulares, no excederá de 30 días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

#### **EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA**

Artículo 54. Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el arquitecto director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

#### **DEVOLUCIÓN DE FIANZAS**

Artículo 55. La fianza retenida será devuelta al contratista en un plazo que no excederá de 30 días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el

contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontrato, etc.

### **DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES**

Artículo 56. Si la propiedad, con la conformidad del arquitecto director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

### 1.3.3. PRECIOS

#### **COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS**

Artículo 57. El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

##### *a) COSTES DIRECTOS*

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

##### *b) COSTES INDIRECTOS*

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

##### *c) GASTOS GENERALES*

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la administración pública este porcentaje se establece entre un 13% y un 17%).

#### *d) BENEFICIO INDUSTRIAL*

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la administración.

#### *e) PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL*

Se denominará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del beneficio industrial.

#### *f) PRECIO DE CONTRATA*

El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

El IVA se aplica sobre esta suma (precio de contrata), pero no integra el precio.

### **PRECIOS DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA**

Artículo 58. En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material, más el % sobre este último precio en concepto de beneficio industrial del contratista. El beneficio se estima normalmente en el 6%, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

### **PRECIOS CONTRADICTORIOS**

Artículo 59. Se producirán precios contradictorios solo cuando la propiedad por medio del arquitecto decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el arquitecto y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

### **RECLAMACIÓN DE AUMENTO DE PRECIOS**

Artículo 60. Si el contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.



## **FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O DE APLICAR LOS PRECIOS**

Artículo 61. En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al pliego general de condiciones técnicas y, en segundo lugar, al pliego de condiciones particulares técnicas.

## **REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS**

Artículo 62. Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% del importe total del presupuesto de contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares, percibiendo el contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3%.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

## **ACOPIO DE MATERIALES**

Artículo 63. El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario son, de la exclusiva propiedad de este; de su guarda y conservación será responsable el contratista.

### **1.3.4. OBRAS POR ADMINISTRACIÓN**

#### **ADMINISTRACIÓN**

Artículo 64. Se denominan obras por administración aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- a) Obras por administración directa.
- b) Obras por administración delegada o indirecta.

#### **a) OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA**

Artículo 65. se denominan obras por administración directa aquellas en las que el propietario, por sí mismo o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio arquitecto director, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la

ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en estas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de propietario y contratista.

#### *b) OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DELEGADA O INDIRECTA*

Artículo 66. Se entiende por obra por administración delegada o indirecta la que convienen un propietario y un constructor para que este, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son, por tanto, características peculiares de las obras por administración delegada o indirecta las siguientes:

- a) Por parte del propietario, la obligación de abonar directamente, o por mediación del constructor, todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio del arquitecto director en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.
- b) Por parte del constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y, en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello del propietario un % prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el constructor.

#### **LIQUIDACIÓN DE OBRAS POR ADMINISTRACIÓN**

Artículo 67. Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las condiciones particulares de índole económica vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el constructor al propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el aparejador o arquitecto técnico:

- a) Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.
- b) Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.

- c) Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.
- d) Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el constructor, ya que su abono es siempre de cuenta del propietario.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un 15%, entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los gastos generales que al constructor originen los trabajos por administración que realiza y el beneficio industrial del mismo.

#### **ABONO AL CONSTRUCTOR DE LAS CUENTAS DE ADMINISTRACIÓN DELEGADA**

Artículo 68. Salvo pacto distinto, los abonos al constructor de las cuentas de administración delegada los realizará el propietario mensualmente según las partes de trabajos realizados aprobados por el propietario o por su delegado representante.

Independientemente, el aparejador o arquitecto técnico redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al constructor, salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

#### **NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES Y APARATOS**

Artículo 69. No obstante las facultades que en estos trabajos por administración delegada se reserva el propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al propietario, o en su representación al arquitecto director, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

#### **DEL CONSTRUCTOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS OBREROS**

Artículo 70. Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el constructor al arquitecto director, este advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el arquitecto director.

Si hecha esta notificación al constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del 15% que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

## **RESPONSABILIDADES DEL CONSTRUCTOR**

Artículo 71. En los trabajos de obras por administración delegada, el constructor solo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado en el artículo 70 precedente, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

### 1.3.5. VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS

#### **FORMAS DE ABONO DE LAS OBRAS**

Artículo 72. Según la modalidad elegida para la contratación de las obras, y salvo que en el pliego particular de condiciones económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

- a) Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- b) Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra. Este precio por unidad de obra es invariable y se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable, estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.

- c) Tanto variable por unidad de obra. Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del arquitecto director.

Se abonará al contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

- d) Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente pliego general de condiciones económicas determina.
- e) Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

#### **RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES**

Artículo 73. En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares que rijan en la obra, formará el contratista una relación valorada de las

obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el aparejador.

Lo ejecutado por el contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el aparejador los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el arquitecto director aceptará o rechazará las reclamaciones del contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo este, en el segundo caso, acudir ante el propietario contra la resolución del arquitecto director en la forma referida en los pliegos generales de condiciones facultativas y legales.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el arquitecto director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por cien que para la construcción de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del % de contrata.

Las certificaciones se remitirán al propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el arquitecto director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

### **MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS**

Artículo 74. Cuando el contratista, incluso con autorización del arquitecto director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de la obra, o, en general, introdujese en esta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del arquitecto director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponder en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

## **ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA**

Artículo 75. Salvo lo preceptuado en el pliego de condiciones particulares de índole económica, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- a) Si existen precios contratados para unidades de obras iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el arquitecto director indicará al contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el pliego de condiciones particulares en concepto de gastos generales y beneficio industrial del contratista.

## **ABONO DE AGOTAMIENTOS Y OTROS TRABAJOS ESPECIALES NO CONTRATADOS**

Artículo 76. Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por cien del importe total que, en su caso, se especifique en el pliego de condiciones particulares.

## **PAGOS**

Artículo 77. Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el arquitecto director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

## **ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA**

Artículo 78. Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- a) Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo; y el arquitecto

director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.

- b) Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido este utilizado durante dicho plazo por el propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- c) Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

### 1.3.6. INDEMNIZACIONES MUTUAS

#### **INDEMNIZACIÓN POR RETRASO DEL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS**

Artículo 79. La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra, salvo lo dispuesto en el pliego particular del presente proyecto.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

#### **DEMORA DE LOS PAGOS POR PARTE DEL PROPIETARIO**

Artículo 80. Si el propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido el contratista tendrá, además el derecho de percibir el abono de un 5% anual (o el que se defina en el pliego particular), en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran 2 meses a partir del término de dicho plazo de 1 mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que estos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.



### 1.3.7. VARIOS

#### **MEJORAS, AUMENTOS Y/O REDUCCIONES DE OBRA.**

Artículo 76. No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el arquitecto director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto a menos que el arquitecto director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el arquitecto director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

#### **UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS, PERO ACEPTABLES**

Artículo 77. Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del arquitecto director de las obras, este determinará el precio o partida de abono después de oír al contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

#### **SEGURO DE LAS OBRAS**

Artículo 78. El contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que esta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del contratista, hecho en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero solo en proporción equivalente a lo que suponga

la indemnización abonada por la compañía aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el arquitecto director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de este su previa conformidad o reparos.

Además, se han de establecer garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción, según se describe en el artículo 81, en base al artículo 19 de la LOE.

### **CONSERVACIÓN DE LA OBRA**

Artículo 79. Si el contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario antes de la recepción definitiva, el arquitecto director, en representación del propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el arquitecto director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente pliego de condiciones económicas.

### **USO POR EL CONTRATISTA DE EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO**

Artículo 80. Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el contratista, con la necesaria y previa autorización del propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

## **PAGO DE ARBITRIOS**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo de la contrata, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

## **GARANTÍAS POR DAÑOS MATERIALES OCASIONADOS POR VICIOS Y DEFECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN**

Artículo 81. El régimen de garantías exigibles para las obras de edificación se hará efectivo de acuerdo con la obligatoriedad que se establece en la LOE (el apartado c) exigible para edificios cuyo destino principal sea el de vivienda, según disposición adicional segunda de la LOE), teniendo como referente a las siguientes garantías:

- a) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 1 año, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras, que podrá ser sustituido por la retención por el promotor de un 5% del importe de la ejecución material de la obra.
- b) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 3 años, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad especificados en el artículo 3 de la LOE.
- c) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 10 años, el resarcimiento de los daños materiales causados por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.

## 2. *PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES*

### 2.1. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES

#### 2.1.1. CONDICIONES GENERALES

##### Artículo 1. Calidad de los materiales.

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

##### Artículo 2. Pruebas y ensayos de materiales.

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

##### Artículo 3. Materiales no consignados en proyecto.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la dirección facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

##### Artículo 4. Condiciones generales de ejecución.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura, aprobado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos en fecha 24 de abril de 1973, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la dirección facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista la baja subasta para variar esa esmerada ejecución, ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

#### 2.1.2. CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES

##### Artículo 5. Materiales para hormigones y morteros

###### 5.1. Áridos

###### 5.1.1. Generalidades

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exijan a este en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, machacados u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso, cumplirá las condiciones de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a emplear para otras aplicaciones distintas de las ya sancionadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convengan a cada caso.

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7243.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Se entiende por “arena” o “árido fino” el árido fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por “grava” o “árido grueso” el que resulta detenido por dicho tamiz; y por “árido total” (o simplemente “árido”, cuando no hay lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

#### *5.1.2. Limitación de tamaño*

Cumplirá las condiciones señaladas en la EHE.

#### *5.2. Agua para amasado*

Habrà de cumplir las siguientes prescripciones:

- Acidez tal que el pH sea mayor de 5. (UNE 7234:71).
- Sustancias solubles, menos de 15 gr/l, según UNE 7130:58.
- Sulfatos expresados en  $SO_4$ , menos de 1 gr/l, según ensayo UNE 7131:58.
- Ion cloro para hormigón con armaduras, menos de 6 gr/l, según UNE 7178:60.
- Grasas o aceites de cualquier clase, menos de 15 gr/l, según UNE 7235.
- Carencia absoluta de azúcares o carbohidratos, según ensayo UNE 7132:58.
- Demás prescripciones de la EHE.

#### *5.3. Aditivos*

Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros aquellos productos sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos o agua, que mezclados durante el amasado modifican o mejoran las características del mortero u hormigón, en especial en lo referente al fraguado, endurecimiento, plasticidad e inclusión de aire.

Se establecen los siguientes límites:

- Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor del 2% del peso del cemento y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del 3,5% del peso del cemento.
- Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de la resistencia a compresión producida por la inclusión del aireante sea inferior al 20%. En ningún caso la proporción de aireante será mayor del 4% del peso del cemento.
- En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al 10% del peso del cemento. No se emplearán colorantes orgánicos.
- Cualquier otro que se derive de la aplicación de la EHE.

#### *5.4. Cemento*

Se entiende como tal un aglomerante hidráulico que responda a alguna de las definiciones de la Instrucción para la recepción de cementos (RC-03).

Podrá almacenarse en sacos o a granel. En el primer caso, el almacén protegerá contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacenara a granel, no podrán mezclarse en el mismo sitio cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al contratista la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en el plazo máximo de 8 días. Los métodos de ensayo serán los detallados en la RC-03. Se realizarán en laboratorios homologados.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la EHE.

### Artículo 6. Acero

#### *6.1. Acero de alta adherencia en redondos para armaduras*

Se aceptarán aceros de alta adherencia que lleven el sello de conformidad CIETSID.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán ovalaciones, grietas, sopladuras, ni mermas de sección superiores al 5%.

El módulo de elasticidad será igual o mayor que 2.100.000 kg/cm<sup>2</sup>.

Entendiendo por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de 0,2%, se prevé el acero de límite elástico 4.200 kg/cm<sup>2</sup>, cuya carga de rotura no será inferior a 5.250 kg/cm<sup>2</sup>. Esta tensión de rotura es el valor de la ordenada máxima del diagrama tensión-deformación.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la EHE.

## 6.2. Acero laminado

El acero empleado en los perfiles de acero laminado será de los tipos establecidos en la norma UNE EN 10025, también se podrán utilizar los aceros establecidos por las normas UNE EN 10210-1:1994 y UNE EN 10219-1:1998.

En cualquier caso, se tendrán en cuenta las especificaciones del artículo 4.2 del DB SE-A Seguridad Estructural Acero del CTE.

Los perfiles vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, ovalizaciones, sopladuras ni mermas de sección superiores al 5%.

## Artículo 7. Materiales auxiliares de hormigones

### 7.1. Productos para curado de hormigones

Se definen como productos para curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporación.

El color de la capa protectora resultante será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción del calor solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante 7 días al menos después de una aplicación.

### 7.2. Desencofrantes

Se definen como tales a los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre estos y el hormigón, facilitando la labor de desmoldeo. El empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado, sin cuyo requisito no se podrán utilizar.

## Artículo 8. Encofrados y cimbras

### 8.1. Encofrados en muros

Podrán ser de madera o metálicos, pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima debida al empuje del hormigón fresco sea inferior a 1 cm respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 m de longitud, recta si se trata de una superficie plana, o curva si esta es reglada.

Los encofrados para hormigón visto necesariamente habrán de ser de madera.

### 8.2. Encofrado de pilares, vigas y arcos

Podrán ser de madera o metálicos, pero cumplirán la condición de que la deformación máxima de una arista encofrada respecto a la teórica, sea menor o igual de 1 cm de la longitud teórica. Igualmente deberán tener el confrontado lo suficientemente rígido para soportar los efectos



dinámicos del vibrado del hormigón, de forma que el máximo movimiento local producido por esta causa sea de 5 mm.

## Artículo 9. Aglomerantes, excluido cemento

### *9.1. Cal hidráulica. Cumplirá las siguientes condiciones:*

- Peso específico comprendido entre dos enteros y cinco décimas y dos enteros y ocho décimas.
- Densidad aparente superior a ocho décimas.
- Pérdida de peso por calcinación al rojo blanco menor del 12%.
- Fraguado entre 9 y 30 h.
- Residuo de tamiz 4900 mallas menor del 6%.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los 7 días superior a 8 kg/cm<sup>2</sup>. Curado de la probeta un 1 día al aire y el resto en agua.
- Resistencia a la tracción del mortero normal a los 7 días superior a 4 kg/cm<sup>2</sup>. Curado por la probeta 1 día al aire y el resto en agua.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los 28 días superior a 8 kg/cm<sup>2</sup> y también superior en 2 kg/cm<sup>2</sup> a la alcanzada al 7<sup>o</sup> día.

### *9.2. Yeso negro.*

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- El contenido en sulfato cálcico semihidratado (SO<sub>4</sub>Ca/2H<sub>2</sub>O) será como mínimo del 50% en peso.
- El fraguado no comenzará antes de los 2 min y no terminará después de los 30 min.
- En tamiz 0,2 UNE 7050 no será mayor del 20%.
- En tamiz 0,08 UNE 7050 no será mayor del 50%.
- Las probetas prismáticas 4-4-16 cm de pasta normal ensayadas a flexión, con una separación entre apoyos de 10,67 cm, resistirán una carga central de 120 kg como mínimo.
- La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo 75 kg/cm<sup>2</sup>. La toma de muestras se efectuará como mínimo en un 3% de los casos mezclando el yeso procedente hasta obtener por cuarteo una muestra de 10 kg como mínimo una muestra. Los ensayos se efectuarán según las normas UNE 7064 y UNE 7065.

## Artículo 10. Materiales de cubierta

### *10.1. Impermeabilizantes*

Las láminas impermeabilizantes podrán ser bituminosas, plásticas o de caucho.

Las láminas y las imprimaciones deberán llevar una etiqueta identificativa indicando la clase de producto, el fabricante, las dimensiones y el peso por m<sup>2</sup>. Dispondrán de Sello INCE/Marca AENOR y de homologación MICT, o de un sello o certificación de conformidad incluido en el registro del CTE del Ministerio de la Vivienda.

Podrán ser bituminosos, ajustándose a uno de los sistemas aceptados por el DB correspondiente del CTE, cuyas condiciones cumplirá, o, no bituminosos o bituminosos modificados teniendo concedido Documento de Idoneidad Técnica de IETCC, cumpliendo todas sus condiciones.

## Artículo 11. Carpintería metálica

### *11.1. Ventanas y puertas*

Los perfiles empleados en la confección de ventanas y puertas metálicas, serán especiales de doble junta y cumplirán todas las prescripciones legales. No se admitirán rebabas ni curvaturas, rechazándose los elementos que adolezcan de algún defecto de fabricación.

## Artículo 12. Colores, aceites, barnices, etc.

Todas las sustancias de uso general en la pintura deberán ser de excelente calidad.

Los colores reunirán las condiciones siguientes:

- Facilidad de extenderse y cubrir perfectamente las superficies.
- Fijeza en su tinta.
- Facultad de incorporarse al aceite, color, etc.
- Ser inalterables a la acción de los aceites o de otros colores.
- Insolubilidad en el agua.

Los aceites y barnices reunirán las siguientes condiciones:

- Ser inalterables por la acción del aire.
- Conservar la fijeza de los colores.
- Transparencia y color perfectos.

Los colores estarán bien molidos y serán mezclados con el aceite, bien purificados y sin posos. Su color será amarillo claro, no admitiéndose el que, al usarlos, dejen manchas o ráfagas que indiquen la presencia de sustancias extrañas.

### 2.1.3. PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA Y PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO

#### Artículo 13. Movimiento de tierras

##### *13.1. Explanación y préstamos*

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar, evacuar, rellenar y nivelar el terreno, así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

##### *13.1.1. Ejecución de las obras*

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los planos.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se hubiera extraído en el desbroce, se aceptará para su utilización posterior en protección de superficies erosionables.

En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación, excepción hecha de la tierra vegetal, se podrán utilizar en la formación de rellenos y demás usos fijados en este pliego y se transportarán directamente a las zonas previstas dentro del solar, o vertedero si no tuvieran aplicación dentro de la obra.

En cualquier caso, no se desechará ningún material excavado sin previa autorización. Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje.

El material excavado no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

Las operaciones de desbroce y limpieza se efectuarán con las precauciones necesarias, para evitar daño a las construcciones colindantes y existentes.

Los árboles a derribar caerán hacia el centro de la zona objeto de la limpieza, acotándose las zonas de vegetación o arbolado destinadas a permanecer en su sitio.

Todos los tocones y raíces mayores de 10 cm de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a 50 cm por debajo de la rasante de excavación y no menor de 15 cm por debajo de la superficie natural del terreno.

Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al existente, compactándose hasta que su superficie se ajuste al nivel pedido.

No existe obligación por parte del constructor de trocear la madera a longitudes inferiores a 3 m.

La ejecución de estos trabajos se realizará produciendo las menores molestias posibles a las zonas habitadas próximas al terreno desbrozado.

### *13.1.2. Medición y abono*

La excavación de la explanación se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de concluidos. La medición se hará sobre los perfiles obtenidos.

### *13.2. Excavación en zanjas y pozos*

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir emplazamiento adecuado para las obras de fábrica y estructuras, y sus cimentaciones; comprenden zanjas de drenaje u otras análogas. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

#### *13.2.1. Ejecución de las obras*

El contratista de las obras notificará con la antelación suficiente el comienzo de cualquier excavación, a fin de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación o se modificará ni renovará sin autorización.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en que aparezca el firme y obtenerse una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la dirección facultativa podrá modificar la profundidad, si a la vista de las condiciones del terreno lo estimara necesario, a fin de conseguir una cimentación satisfactoria.

El replanteo se realizará de tal forma que existirán puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación.

Se llevará en obra un control detallado de las mediciones de la excavación de las zanjas.

El comienzo de la excavación de zanjas se realizará cuando existan todos los elementos necesarios para su excavación, incluida la madera para una posible entibación.

La dirección facultativa indicará siempre la profundidad de los fondos de la excavación de la zanja, aunque sea distinta a la de proyecto, siendo su acabado limpio, a nivel o escalonado.

La contrata deberá asegurar la estabilidad de los taludes y paredes verticales de todas las excavaciones que realice, aplicando los medios de entibación, apuntalamiento, apeo y protección superficial del terreno que considere necesario, a fin de impedir desprendimientos, derrumbamientos y deslizamientos que pudieran causar daño a personas o a las obras, aunque tales medios no estuvieran definidos en el proyecto, o no hubiesen sido ordenados por la dirección facultativa.

La dirección facultativa podrá ordenar en cualquier momento la colocación de entibaciones, apuntalamientos, apeos y protecciones superficiales del terreno.

Se adoptarán por la contrata todas las medidas necesarias para evitar la entrada del agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose las ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios.

Las aguas superficiales deberán ser desviadas por la contrata y canalizadas antes de que alcancen los taludes, las paredes y el fondo de la excavación de la zanja.

El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia. Se limpiarán las grietas y hendiduras, rellenándose con material compactado u hormigón.

La separación entre el tajo de la máquina y la entibación no será mayor de vez y media la profundidad de la zanja en ese punto.

En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por viento o lluvia, las zanjas nunca permanecerán abiertas más de 8 días, sin que sean protegidas o finalizados los trabajos.

Una vez alcanzada la cota inferior de la excavación de la zanja para cimentación, se hará una revisión general de las edificaciones medianeras, para observar si se han producido desperfectos y tomar las medidas pertinentes.

Mientras no se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondos de la zanja, se conservarán las entibaciones, apuntalamientos y apeos que hayan sido necesarios, así como las vallas, cerramientos y demás medidas de protección.

Los productos resultantes de la excavación de la zanja, que sean aprovechables para un relleno posterior, se podrán depositar en montones situados a un solo lado de la zanja, y a una separación del borde de la misma de 0,60 m como mínimo, dejando libres, caminos, aceras, cunetas, acequias y demás pasos y servicios existentes.

### *13.2.2. Preparación de cimentaciones*

La excavación de cimientos se profundizará hasta el límite indicado en el proyecto. Las corrientes o aguas pluviales o subterráneas que pudieran presentarse, se cegarán o desviarán en la forma y empleando los medios convenientes.

Antes de proceder al vertido del hormigón y la colocación de las armaduras de cimentación, se dispondrá de una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor debidamente nivelada.

El importe de esta capa de hormigón se considera incluido en los precios unitarios de cimentación.

### *13.2.3. Medición y abono*

La excavación en zanjas o pozos se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de finalizados los mismos.

### *13.3. Relleno y apisonado de zanjas de pozos*

Consiste en la extensión o compactación de materiales terrosos, procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para relleno de zanjas y pozos.

#### *13.3.1. Extensión y compactación*

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido.

La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del 2%. Una vez extendida la tongada, se procederá a la humectación si es necesario.

El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas procediendo incluso a la desecación por oreo, o por adición de mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas (cal viva, etc.).

Conseguida la humectación más conveniente, posteriormente se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su composición.

Si el relleno tuviera que realizarse sobre terreno natural, se realizará en primer lugar el desbroce y limpieza del terreno, se seguirá con la excavación y extracción de material inadecuado en la profundidad requerida por el proyecto, escarificándose posteriormente el terreno para conseguir la debida trabazón entre el relleno y el terreno.

Cuando el relleno se asiente sobre un terreno que tiene presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución.

Si los terrenos fueran inestables, apareciera turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

Una vez extendida la tongada se procederá a su humectación si es necesario, de forma que el humedecimiento sea uniforme.

El relleno del trasdós de los muros se realizará cuando estos tengan la resistencia requerida y no antes de los 21 días si son de hormigón.

Después de haber llovido no se extenderá una nueva tongada de relleno o terraplén hasta que la última se haya secado, o se escarificará añadiendo la siguiente tongada más seca, hasta conseguir que la humedad final sea la adecuada.

Si por razones de sequedad hubiera que humedecer una tongada se hará de forma uniforme, sin que existan encharcamientos.

Se pararán los trabajos de terraplenado cuando la temperatura descienda de 2º C.

### *13.3.2. Medición y abono*

Las distintas zonas de los rellenos se abonarán por m<sup>3</sup> realmente ejecutados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciarse los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de compactar el terreno.

## Artículo 14. Hormigones

### *14.1. Dosificación de hormigones*

Corresponde al contratista efectuar el estudio granulométrico de los áridos, dosificación de agua y consistencia del hormigón de acuerdo con los medios y puesta en obra que emplee en cada caso, y siempre cumpliendo lo prescrito en la EHE.

### *14.2. Fabricación de hormigones*

En la confección y puesta en obra de los hormigones se cumplirán las prescripciones generales de la EHE.

Los áridos, el agua y el cemento deberán dosificarse automáticamente en peso. Las instalaciones de dosificación, lo mismo que todas las demás para la fabricación y puesta en obra del hormigón habrán de someterse a lo indicado en la normativa vigente.

Las tolerancias admisibles en la dosificación serán del 2% para el agua y el cemento, 5% para los distintos tamaños de áridos y 2% para el árido total. En la consistencia del hormigón se admitirá una tolerancia de 20 mm medida con el cono de Abrams.

La instalación de hormigonado será capaz de realizar una mezcla regular e íntima de los componentes proporcionando un hormigón de color y consistencia uniforme.

En la hormigonera deberá colocarse una placa en la que se haga constar la capacidad y la velocidad en revoluciones por minuto recomendadas por el fabricante, las cuales nunca deberán sobrepasarse.

Antes de introducir el cemento y los áridos en el mezclador, éste se habrá cargado de una parte de la cantidad de agua requerida por la masa completándose la dosificación de este elemento en un periodo de tiempo que no deberá ser inferior a 5 segundos ni superior a la tercera parte del



tiempo de mezclado, contados a partir del momento en que el cemento y los áridos se hayan introducido en el mezclador. Antes de volver a cargar de nuevo la hormigonera se vaciará totalmente su contenido.

No se permitirá volver a amasar en ningún caso hormigones que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, áridos y agua.

#### *14.3. Mezcla en obra*

La ejecución de la mezcla en obra se hará de la misma forma que la señalada para la mezcla en central.

#### *14.4. Transporte de hormigón*

El transporte desde la hormigonera se realizará tan rápidamente como sea posible.

En ningún caso se tolerará la colocación en obra de hormigones que acusen un principio de fraguado o presenten cualquier otra alteración.

Al cargar los elementos de transporte no debe formarse con las masas montones cónicos, que favorecerían la segregación.

Cuando la fabricación de la mezcla se haya realizado en una instalación central, su transporte a obra deberá realizarse empleando camiones provistos de agitadores.

#### *14.5. Puesta en obra del hormigón*

Como norma general no deberá transcurrir más de 1 h entre la fabricación del hormigón, su puesta en obra y su compactación.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a 1 m, quedando prohibido arrojarlo con palas a gran distancia, distribuirlo con rastrillo, o hacerlo avanzar más de 0,5 m de los encofrados.

Al verter el hormigón se removerá enérgica y eficazmente para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en que se reúne gran cantidad de acero, y procurando que se mantengan los recubrimientos y la separación entre las armaduras.

En losas, el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realice en todo su espesor.

En vigas, el hormigonado se hará avanzando desde los extremos, llenándolas en toda su altura y procurando que el frente vaya recogido, para que no se produzcan segregaciones y la lechada escurra a lo largo del encofrado.

#### *14.6. Compactación del hormigón*

La compactación de hormigones deberá realizarse por vibración. Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extienda a toda la masa, sin que se produzcan segregaciones. Si

se emplean vibradores internos, deberán sumergirse longitudinalmente en la tongada subyacente y retirarse también longitudinalmente sin desplazarlos transversalmente mientras estén sumergidos en el hormigón. La aguja se introducirá y retirará lentamente, y a velocidad constante, recomendándose a este efecto que no se superen los 10 cm/seg, con cuidado de que la aguja no toque las armaduras. La distancia entre los puntos sucesivos de inmersión no será superior a 75 cm, y será la adecuada para producir en toda la superficie de la masa vibrada una humectación brillante, siendo preferible vibrar en pocos puntos prolongadamente. No se introducirá el vibrador a menos de 10 cm de la pared del encofrado.

#### *14.7. Curado de hormigón*

Durante el primer período de endurecimiento se someterá al hormigón a un proceso de curado según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climatológicas del lugar.

En cualquier caso, deberá mantenerse la humedad del hormigón y evitarse todas las causas tanto externas, como sobrecarga o vibraciones, que puedan provocar la fisuración del elemento hormigonado. Una vez humedecido el hormigón se mantendrán húmedas sus superficies, mediante arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos análogos durante 3 días si el conglomerante empleado fuese cemento Portland I-35, aumentándose este plazo en el caso de que el cemento utilizado fuese de endurecimiento más lento.

#### *14.8. Juntas en el hormigonado*

Las juntas podrán ser de hormigonado, contracción o dilatación, debiendo cumplir lo especificado en los planos.

Se cuidará que las juntas creadas por las interrupciones en el hormigonado queden normales a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión, o donde sus efectos sean menos perjudiciales.

Cuando sean de temer los efectos debidos a la retracción, se dejarán juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente. El ancho de tales juntas deberá ser el necesario para que, en su día, puedan hormigonarse correctamente.

Al reanudar los trabajos se limpiará la junta de toda suciedad, lechada o árido que haya quedado suelto, y se humedecerá su superficie sin exceso de agua, aplicando en toda su superficie lechada de cemento antes de verter el nuevo hormigón. Se procurará alejar las juntas de hormigonado de las zonas en que la armadura esté sometida a fuertes tracciones.

#### *14.9. Terminación de los paramentos vistos*

Si no se prescribe otra cosa, la máxima flecha o irregularidad que pueden presentar los paramentos planos, medida respecto a una regla de dos 2 m de longitud aplicada en cualquier dirección será la siguiente:

- Superficies vistas: 6 mm.
- Superficies ocultas: 25 mm.

#### 14.10. Limitaciones de ejecución

El hormigonado se suspenderá, como norma general, en caso de lluvias, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada de la lluvia a las masas de hormigón fresco o lavado de superficies. Si esto llegara a ocurrir, se habrá de picar la superficie lavada, regarla y continuar el hormigonado después de aplicar lechada de cemento.

Antes de hormigonar:

- Replanteo de ejes, cotas de acabado.
- Colocación de armaduras.
- Limpieza y humedecido de los encofrados.

Durante el hormigonado:

- El vertido se realizará desde una altura máxima de 1 m, salvo que se utilicen métodos de bombeo a distancia que impidan la segregación de los componentes del hormigón. Se realizará por tongadas de 30 cm. Se vibrará sin que las armaduras ni los encofrados experimenten movimientos bruscos o sacudidas, cuidando de que no queden coqueas y se mantenga el recubrimiento adecuado.
- Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura descienda de 0<sup>o</sup> C, o lo vaya a hacer en las próximas 48 h. Se podrán utilizar medios especiales para esta circunstancia, pero bajo la autorización de la dirección facultativa.
- No se dejarán juntas horizontales, pero si a pesar de todo se produjesen, se procederá a la limpieza, rascado o picado de superficies de contacto, vertiendo a continuación mortero rico en cemento, y hormigonando seguidamente. Si hubiesen transcurrido más de 48 h se tratará la junta con resinas epoxi.
- No se mezclarán hormigones de distintos tipos de cemento.

Después del hormigonado:

- El curado se realizará manteniendo húmedas las superficies de las piezas hasta que se alcance un 70% de su resistencia.
- Se procederá al desencofrado en las superficies verticales pasados 7 días, y de las horizontales no antes de los 21 días. Todo ello siguiendo las indicaciones de la dirección facultativa.

#### 14.11. Medición y abono

El hormigón se medirá y abonará por m<sup>3</sup> realmente vertido en obra, midiendo entre caras interiores de encofrado de superficies vistas.

En las obras de cimentación que no necesiten encofrado se medirá entre caras de terreno excavado. En el caso de que en el cuadro de precios la unidad de hormigón se exprese por m<sup>2</sup>, como es el caso de soleras, forjado, etc., se medirá de esta forma por m<sup>2</sup> realmente ejecutado,

incluyéndose en las mediciones todas las desigualdades y aumentos de espesor debidas a las diferencias de la capa inferior.

Si en el cuadro de precios se indicara que está incluido el encofrado, acero, etc., siempre se considerará la misma medición del hormigón por m<sup>3</sup> o por m<sup>2</sup>. En el precio van incluidos siempre los servicios y costos de curado de hormigón.

## Artículo 15. Encofrados

### *15.1. Construcción y montaje*

Tanto las uniones como las piezas que constituyen los encofrados, deberán poseer la resistencia y la rigidez necesarias para que, con la marcha prevista de hormigonado, y especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el sistema de compactación exigido o adoptado, no se originen esfuerzos anormales en el hormigón, ni durante su puesta en obra, ni durante su periodo de endurecimiento, así como tampoco movimientos locales en los encofrados superiores a los 5 mm.

Los enlaces de los distintos elementos o planos de los moldes serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje se verifique con facilidad.

Los encofrados de los elementos rectos o planos de más de 6 m de luz libre se dispondrán con la contraflecha necesaria para que, una vez encofrado y cargado el elemento, este conserve una ligera cavidad en el intradós.

Los moldes ya usados y que vayan a servir para unidades repetidas serán cuidadosamente rectificadas y limpiados.

Los encofrados de madera se humedecerán antes del hormigonado, a fin de evitar la absorción del agua contenida en el hormigón, y se limpiarán especialmente los fondos dejándose aberturas provisionales para facilitar esta labor.

Las juntas entre las distintas tablas deberán permitir el entumecimiento de las mismas por la humedad del riego y del hormigón, sin que, sin embargo, dejen escapar la pasta durante el hormigonado, para lo cual se podrá realizar un sellado adecuado.

Se tendrán en cuenta los planos de la estructura y de despiece de los encofrados.

Confección de las diversas partes del encofrado:

- Montaje según un orden determinado según sea la pieza a hormigonar: si es un muro primero se coloca una cara, después la armadura y, por último la otra cara; si es en pilares, primero la armadura y después el encofrado, y si es en vigas primero el encofrado y a continuación la armadura.
- No se dejarán elementos separadores o tirantes en el hormigón después de desencofrar, sobre todo en ambientes agresivos.
- Se anotará la fecha de hormigonado de cada pieza, con el fin de controlar su desencofrado.

- El apoyo sobre el terreno se realizará mediante tablonos/durmientes.
- Si la altura es excesiva para los puntales, se realizarán planos intermedios con tablonos colocados perpendicularmente a estos; las líneas de puntales inferiores irán arriostrados.
- Se vigilará la correcta colocación de todos los elementos antes de hormigonar, así como la limpieza y humedecido de las superficies.
- El vertido del hormigón se realizará a la menor altura posible.
- Se aplicarán los desencofrantes antes de colocar las armaduras.
- Los encofrados deberán resistir las acciones que se desarrollen durante la operación de vertido y vibrado, y tener la rigidez necesaria para evitar deformaciones, según las siguientes tolerancias:

Espesores en m	Tolerancia en mm
Hasta 0,10	2
De 0,11 a 0,20	3
De 0,21 a 0,40	4
De 0,41 a 0,60	6
De 0,61 a 1,00	8
Más de 1,00	10

Dimensiones horizontales o verticales entre ejes:

Parciales	20
Totales	40

Desplomes:

En una planta	10
En total	30

### 15.2. Apeos y cimbras. Construcción y montaje

Las cimbras y apeos deberán ser capaces de resistir su peso propio y el del elemento completo sustentado, así como otras sobrecargas accidentales que puedan actuar sobre ellas (operarios, maquinaria, viento, etc.).

Las cimbras y apeos tendrán la resistencia y disposición necesaria para que en ningún momento los movimientos locales, sumados en su caso a los del encofrado sobrepasen los 5 mm, ni los de conjunto la milésima de la luz (1/1.000).

### 15.3. Desencofrado y descimbrado del hormigón

El desencofrado de costeros verticales de elementos de poco canto podrá efectuarse a 1 día de hormigonada la pieza, a menos que durante dicho intervalo se hayan producido bajas temperaturas y otras cosas capaces de alterar el proceso normal de endurecimiento del hormigón. Los costeros verticales de elementos de gran canto no deberán retirarse antes de los 2 días con las mismas salvedades apuntadas anteriormente, a menos que se emplee curado a vapor.

El descimbrado podrá realizarse cuando, a la vista de las circunstancias y temperatura, en el resultado de las pruebas de resistencia el elemento de construcción sustentado haya adquirido el doble de la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos que aparezcan al descimbrar. El descimbrado se hará de modo suave y uniforme, recomendándose el empleo de cunas, gatos, cajas de arena y otros dispositivos, cuando el elemento a descimbrar sea de cierta importancia.

Condiciones de desencofrado:

- No se procederá al desencofrado hasta transcurrido un mínimo de 7 días para los soportes y 3 días para los demás casos, siempre con la aprobación de la dirección facultativa.
- Los tableros de fondo y los planos de apeo se desencofrarán siguiendo las indicaciones de la NTE-EH y la EHE, con la previa aprobación de la dirección facultativa. Se procederá al aflojado de las cuñas, dejando el elemento separado unos 3 cm durante 12 h, realizando entonces la comprobación de la flecha para ver si es admisible.
- Cuando el desencofrado sea dificultoso se regará abundantemente, también se podrá aplicar desencofrante superficial.
- Se apilarán los elementos de encofrado que se vayan a reutilizar, después de una cuidadosa limpieza.

### 15.4. Medición y abono

Los encofrados se medirán siempre por m<sup>2</sup> de superficie en contacto con el hormigón, no siendo de abono las obras o excesos de encofrado, así como los elementos auxiliares de sujeción o apeos necesarios para mantener el encofrado en una posición correcta y segura contra esfuerzos de viento, etc. En este precio se incluyen, además, los desencofrantes y las operaciones de desencofrado y retirada del material. En el caso de que en el cuadro de precios esté incluido el encofrado la unidad de hormigón, se entiende que tanto el encofrado como los elementos auxiliares y el desencofrado van incluidos en la medición del hormigón.

## Artículo 16. Armaduras

### 16.1. Colocación, recubrimiento y empalme de armaduras

Todas estas operaciones se efectuarán de acuerdo con la EHE.

## 16.2. Medición y abono

De las armaduras de acero empleadas en el hormigón armado se abonarán los kg realmente empleados, deducidos de los planos de ejecución, por medición de su longitud, añadiendo la longitud de los solapes de empalme, medida en obra y aplicando los pesos unitarios correspondientes a los distintos diámetros empleados.

En ningún caso se abonará con solapes un peso mayor del 5% del peso del redondo resultante de la medición efectuada en el plano sin solapes.

El precio comprenderá a la adquisición, los transportes de cualquier clase hasta el punto de empleo, el pesaje, la limpieza de armaduras, si es necesario, el doblado de las mismas, el izado, sustentación y colocación en obra, incluido el alambre para ataduras y separadores, la pérdida por recortes y todas cuantas operaciones y medios auxiliares sean necesarios.

## Artículo 17. Estructuras de madera

### 17.1 Descripción

Conjunto de elementos de madera que, unidos entre sí, constituyen la estructura de un edificio.

### 17.2 Condiciones previas

La madera a utilizar deberá reunir las siguientes condiciones:

- Color uniforme, carente de nudos y de medidas regulares, sin fracturas.
- No tendrá defectos ni enfermedades, putrefacción o carcomas.
- Estará tratada contra insectos y hongos.
- Tendrá un grado de humedad adecuado para sus condiciones de uso, si es desecada contendrá entre el 10 y el 15% de su peso en agua; si es madera seca pesará entre un 33 y un 35% menos que la verde.
- No se utilizará madera sin descortezar y estará cortada al hilo.

### 17.3 Componentes

- Madera.
- Clavos, tornillos, colas.
- Pletinas, bridas, chapas, estribos, abrazaderas.

### 17.4 Ejecución

Se construirán los entramados con piezas de las dimensiones y forma de colocación y reparto definidas en proyecto.

Las bridas estarán formadas por piezas de acero plano con secciones comprendidas entre 40x7 y 60x9 mm; los tirantes serán de 40 o 50x9 mm y entre 40 y 70 cm. Tendrán un talón en su extremo



que se introducirá en una pequeña mortaja practicada en la madera. Tendrán por lo menos tres pasadores o tirafondos.

No estarán permitidos los anclajes de madera en los entramados.

Los clavos se colocarán contrapeados, y con una ligera inclinación.

Los tornillos se introducirán por rotación y en orificio previamente practicado de diámetro muy inferior.

Los vástagos se introducirán a golpes en los orificios, y posteriormente clavados.

Toda unión tendrá por lo menos 4 clavos.

No se realizarán uniones de madera sobre perfiles metálicos, salvo que se utilicen sistemas adecuados mediante arpones, estribos, bridas, escuadras, y en general mediante piezas que aseguren un funcionamiento correcto, resistente, estable e indeformable.

#### *17.5 Control*

Se ensayarán a compresión, módulo de elasticidad, flexión, cortadura, tracción; se determinará su dureza, absorción de agua, peso específico y resistencia a ser hendida.

Se comprobará la clase, calidad y marcado, así como sus dimensiones.

Se comprobará su grado de humedad; si está entre el 20 y el 30%, se incrementarán sus dimensiones un 0,25% por cada 1% de incremento del contenido de humedad; si es inferior al 20%, se disminuirán las dimensiones un 0,25% por cada 1% de disminución del contenido de humedad.

#### *17.6 Medición*

El criterio de medición varía según la unidad de obra, por lo que se seguirán siempre las indicaciones expresadas en las mediciones.

#### *17.7 Mantenimiento*

Se mantendrá la madera en un grado de humedad constante del 20% aproximadamente.

Se observará periódicamente para prevenir el ataque de xilófagos.

Se mantendrán en buenas condiciones los revestimientos ignífugos y las pinturas o barnices.

### Artículo 18. Cubiertas. Formación de pendientes y faldones

#### *18.1 Descripción*

Trabajos destinados a la ejecución de los planos inclinados, con la pendiente prevista, sobre los que ha de quedar constituida la cubierta o cerramiento superior de un edificio.

### 18.2 Condiciones previas

Documentación arquitectónica y planos de obra:

Planos de planta de cubiertas con definición del sistema adoptado para ejecutar las pendientes, la ubicación de los elementos sobresalientes de la cubierta, etc. Escala mínima 1:100.

Planos de detalle con representación gráfica de la disposición de los diversos elementos, estructurales o no, que conformarán los futuros faldones para los que no exista o no se haya adoptado especificación normativa alguna. Escala 1:20. Los símbolos de las especificaciones citadas se referirán a la norma NTE-QT y, en su defecto, a las señaladas por el fabricante.

Solución de intersecciones con los conductos y elementos constructivos que sobresalen de los planos de cubierta y ejecución de los mismos: shunts, patinillos, chimeneas, etc.

En ocasiones, según sea el tipo de faldón a ejecutar, deberá estar ejecutada la estructura que servirá de soporte a los elementos de formación de pendiente.

### 18.3 Componentes

Se admite una gama muy amplia de materiales y formas para la configuración de los faldones de cubierta, con las limitaciones que establece la normativa vigente y las que son inherentes a las condiciones físicas y resistentes de los propios materiales.

Sin entrar en detalles morfológicos o de proceso industrial, podemos citar, entre otros, los siguientes materiales:

- Madera.
- Acero.
- Hormigón.
- Cerámica.
- Cemento.
- Yeso.

### 18.4 Ejecución

La configuración de los faldones de una cubierta de edificio requiere contar con una disposición estructural para conformar las pendientes de evacuación de aguas de lluvia y un elemento superficial (tablero) que, apoyado en esa estructura, complete la formación de una unidad constructiva susceptible de recibir el material de cobertura e impermeabilización, así como de permitir la circulación de operarios en los trabajos de referencia.

Formación de pendientes. Existen dos formas de ejecutar las pendientes de una cubierta:

- a) Pendiente conformada por la propia estructura principal de cubierta:
  - Cerchas: estructuras trianguladas de madera o metálicas sobre las que se disponen,

transversalmente, elementos lineales (correas) o superficiales (placas o tableros de tipo cerámico, de madera, prefabricados de hormigón, etc.). El material de cubrición podrá anclarse a las correas (o a los cabios que se hayan podido fijar a su vez sobre ellas) o recibirse sobre los elementos superficiales o tableros que se configuren sobre las correas.

- Placas inclinadas: placas resistentes alveolares que salvan la luz comprendida entre apoyos estructurales y sobre las que se colocará el material de cubrición o, en su caso, otros elementos auxiliares sobre los que clavarlo o recibirlo.
  - Viguetas inclinadas: que apoyarán sobre la estructura de forma que no ocasionen empujes horizontales sobre ella o estos queden perfectamente contrarrestados. Sobre las viguetas podrá constituirse bien un forjado inclinado con entrevigado de bovedillas y capa de compresión de hormigón, o bien un tablero de madera, cerámico, de elementos prefabricados, de paneles o chapas metálicas perforadas, hormigón celular armado, etc. Las viguetas podrán ser de madera, metálicas o de hormigón armado o pretensado; cuando se empleen de madera o metálicas llevarán la correspondiente protección.
- b) Pendiente conformada mediante estructura auxiliar: Esta estructura auxiliar apoyará sobre un forjado horizontal o bóveda y podrá ejecutarse de modo diverso:
- c) Tabiques conejeros: también llamados tabiques palomeros, se realizarán con fábrica aligerada de ladrillo hueco colocado a sardinel, recibida y rematada con maestra inclinada de yeso y contarán con huecos en un 25% de su superficie; se independizarán del tablero mediante una hoja de papel. Cuando la formación de pendientes se lleve a cabo con tabiquillos aligerados de ladrillo hueco sencillo, las limas, cumbreras, bordes libres, doblado en juntas estructurales, etc. se ejecutarán con tabicón aligerado de ladrillo hueco doble. Los tabiques o tabicones estarán perfectamente aplomados y alineados; además, cuando alcancen una altura media superior a 0,50 m, se deberán arriostrar con otros, normales a ellos. Los encuentros estarán debidamente enjarjados y, en su caso, el aislamiento térmico dispuesto entre tabiquillos será del espesor y la tipología especificados en la documentación técnica.
- d) Tabiques con bloque de hormigón celular: tras el replanteo de las limas y cumbreras sobre el forjado, se comenzará su ejecución (similar a los tabiques conejeros) colocando la primera hilada de cada tabicón dejando separados los bloques  $\frac{1}{4}$  de su longitud. Las siguientes hiladas se ejecutarán de forma que los huecos dejados entre bloques de cada hilada queden cerrados por la hilada superior.

#### Formación de tableros:

Cualquiera sea el sistema elegido, diseñado y calculado para la formación de las pendientes, se impone la necesidad de configurar el tablero sobre el que ha de recibirse el material de cubrición. Únicamente cuando éste alcanza características relativamente autoportantes y unas dimensiones superficiales mínimas suele no ser necesaria la creación de tablero, en cuyo caso las piezas de cubrición irán directamente ancladas mediante tornillos, clavos o ganchos a las correas o cabios estructurales.

El tablero puede estar constituido, según indicábamos antes, por una hoja de ladrillo, bardos, madera, elementos prefabricados, de paneles o chapas metálicas perforadas, hormigón celular armado, etc. La capa de acabado de los tableros cerámicos será de mortero de cemento u hormigón que actuará como capa de compresión, rellenará las juntas existentes y permitirá dejar una superficie plana de acabado. En ocasiones, dicha capa final se constituirá con mortero de yeso.

Cuando aumente la separación entre tabiques de apoyo, como sucede cuando se trata de bloques de hormigón celular, cabe disponer perfiles en T metálicos, galvanizados o con otro tratamiento protector, a modo de correas, cuya sección y separación vendrán definidas por la documentación de proyecto o, en su caso, las disposiciones del fabricante y sobre los que apoyarán las placas de hormigón celular, de dimensiones especificadas, que conformarán el tablero.

Según el tipo y material de cobertura a ejecutar, puede ser necesario recibir, sobre el tablero, listones de madera u otros elementos para el anclaje de chapas de acero, cobre o zinc, tejas de hormigón, cerámica o pizarra, etc. La disposición de estos elementos se indicará en cada tipo de cobertura de la que formen parte.

## Artículo 19. Cubiertas planas. Azoteas

### *19.1 Descripción*

Cubierta o techo exterior cuya pendiente está comprendida entre el 1% y el 15% que, según el uso, pueden ser transitables o no transitables; entre estas, por sus características propias, cabe citar las azoteas ajardinadas.

Pueden disponer de protección mediante barandilla, balaustrada o antepecho de fábrica.

### *19.2 Condiciones previas*

- a) Planos acotados de obra, con definición de la solución constructiva adoptada.
- b) Ejecución del último forjado o soporte, bajantes, petos perimetrales...
- c) Limpieza de forjado para el replanteo de faldones y elementos singulares.
- d) Acopio de materiales y disponibilidad de equipo de trabajo

### *19.3 Componentes*

Los materiales empleados en la composición de estas cubiertas, naturales o elaborados, abarcan una gama muy amplia debido a las diversas variantes que pueden adoptarse tanto para la formación de pendientes, como para la ejecución de la membrana impermeabilizante, la aplicación de aislamiento, los solados o acabados superficiales, los elementos singulares, etc.

### *19.4 Ejecución*

Siempre que se rompa la continuidad de la membrana de impermeabilización se dispondrán refuerzos. Si las juntas de dilatación no estuvieran definidas en proyecto, se dispondrán estas en consonancia con las estructurales, rompiendo la continuidad de estas desde el último forjado hasta la superficie exterior.

Las limahoyas, canalones y cazoletas de recogida de agua pluvial tendrán la sección necesaria para evacuarla sobradamente, calculada en función de la superficie que recojan y la zona pluviométrica de enclave del edificio. Las bajantes de desagüe pluvial no distarán más de 20 m entre sí.

Cuando las pendientes sean inferiores al 5% la membrana impermeable puede colocarse independiente del soporte y de la protección (sistema no adherido o flotante). Cuando no se pueda garantizar su permanencia en la cubierta, por succión de viento, erosiones de diversa índole o pendiente excesiva, la adherencia de la membrana será total.

La membrana será monocapa, en cubiertas invertidas y no transitables con protección de grava. En cubiertas transitables y en cubiertas ajardinadas se colocará membrana bicapa.

Las láminas impermeabilizantes se colocarán empezando por el nivel más bajo, disponiéndose un solape mínimo de 8 cm entre ellas. Dicho solape de lámina, en las limahoyas, será de 50 cm y de 10 cm en el encuentro con sumideros. En este caso, se reforzará la membrana impermeabilizante con otra lámina colocada bajo ella que debe llegar hasta la bajante y debe solapar 10 cm sobre la parte superior del sumidero.

La humedad del soporte al hacerse la aplicación deberá ser inferior al 5%; en otro caso pueden producirse humedades en la parte inferior del forjado.

La imprimación será del mismo material que la lámina impermeabilizante. En el caso de disponer láminas adheridas al soporte no quedarán bolsas de aire entre ambos.

La barrera de vapor se colocará siempre sobre el plano inclinado que constituye la formación de pendiente. Sobre la misma, se dispondrá el aislamiento térmico. La barrera de vapor, que se colocará cuando existan locales húmedos bajo la cubierta (baños, cocinas...), estará formada por oxiasfalto (1,5 kg/m<sup>2</sup>) previa imprimación con producto de base asfáltica o de pintura bituminosa.

### *19.5 Control*

El control de ejecución se llevará a cabo mediante inspecciones periódicas en las que se comprobarán espesores de capas, disposiciones constructivas, colocación de juntas, dimensiones de los solapes, humedad del soporte, humedad del aislamiento, etc.

Acabada la cubierta, se efectuará una prueba de servicio consistente en la inundación de los paños hasta un nivel de 5 cm por debajo del borde de la impermeabilización en su entrega a paramentos. La presencia del agua no deberá constituir una sobrecarga superior a la de servicio de la cubierta. Se mantendrá inundada durante 24 h, transcurridas las cuales no deberán aparecer humedades en la cara inferior del forjado. Si no fuera posible la inundación, se regará continuamente la superficie durante 48 h, sin que tampoco en este caso deban aparecer humedades en la cara inferior del forjado.

Ejecutada la prueba, se procederá a evacuar el agua, operación en la que se tomarán precauciones a fin de que no lleguen a producirse daños en las bajantes.

En cualquier caso, una vez evacuada el agua, no se admitirá la existencia de remansos o estancamientos.

### *19.6 Medición*

La medición y valoración se efectuará, generalmente, por m<sup>2</sup> de azotea, medida en su proyección horizontal, incluso entrega a paramentos y parte proporcional de remates, terminada y en condiciones de uso.

Se tendrán en cuenta, no obstante, los enunciados señalados para cada partida de la medición o presupuesto, en los que se definen los diversos factores que condicionan el precio descompuesto resultante.

### *19.7 Mantenimiento*

Las reparaciones a efectuar sobre las azoteas serán ejecutadas por personal especializado con materiales y solución constructiva análogos a los de la construcción original.

No se recibirán sobre la azotea elementos que puedan perforar la membrana impermeabilizante como antenas, mástiles, etc., o dificulten la circulación de las aguas y su deslizamiento hacia los elementos de evacuación.

El personal que tenga asignada la inspección, conservación o reparación deberá ir provisto de calzado con suela blanda. Similares disposiciones de seguridad regirán en los trabajos de mantenimiento que en los de construcción.

### Artículo 20. Carpintería de taller

La carpintería de taller se realizará en todo conforme a lo que aparece en los planos del proyecto. Todas las maderas estarán perfectamente rectas, cepilladas y lijadas y bien montadas a plano y escuadra, ajustando perfectamente las superficies vistas.

La carpintería de taller se medirá por m<sup>2</sup> de carpintería, entre lados exteriores de cercos, y del suelo al lado superior del cerco, en caso de puertas. En esta medición se incluye la medición de la puerta o ventana y de los cercos correspondientes más los tapajuntas y herrajes. La colocación de los cercos se abonará independientemente.

Condiciones técnicas:

Las hojas deberán cumplir las características siguientes, según los ensayos que figuran en el anexo III de la Instrucción de la marca de calidad para puertas planas de madera.

- a) Resistencia a la acción de la humedad.
- b) Comprobación del plano de la puerta.
- c) Comportamiento en la exposición de las dos caras a atmósfera de humedad diferente.
- d) Resistencia a la penetración dinámica.

- e) Resistencia a la flexión por carga concentrada en un ángulo.
- f) Resistencia del testero inferior a la inmersión.
- g) Resistencia al arranque de tornillos en los largueros, en un ancho no menor de 28 mm.
- h) Cuando el alma de las hojas resista el arranque de tornillos, no necesitará piezas de refuerzo. En caso contrario los refuerzos mínimos necesarios vienen indicados en los planos.
- i) En hojas canteadas, el picero irá sin cantear y permitirá un ajuste de 20 mm. Las hojas sin cantear permitirán un ajuste de 20 mm repartidos por igual en picero y cabecero.
- j) Los junquillos de la hoja vidriera serán como mínimo de 10x10 mm y cuando no esté canteado el hueco para el vidrio, sobresaldrán de la cara 3 mm como mínimo.
- k) En las puertas entabladas al exterior, sus tablas irán superpuestas o machihembradas de forma que no permitan el paso del agua.
- l) Las uniones en las hojas entabladas y de peinacería serán por ensamble, y deberán ir encoladas. Se podrán hacer empalmes longitudinales en las piezas, cuando estas cumplan las condiciones descritas en la NTE-FCM.
- m) Cuando la madera vaya a ser barnizada, estará exenta de impurezas o azulado por hongos. Si va a ser pintada, se admitirá azulado en un 15% de la superficie.

#### Cercos de madera:

- a) Los largueros de la puerta de paso llevarán quicios con entrega de 5 cm, para el anclaje en el pavimento.
- b) Los cercos vendrán de taller montados, con las uniones de taller ajustadas, con las uniones ensambladas y con los orificios para el posterior atornillado en obra de las plantillas de anclaje. La separación entre ellas será no mayor de 50 cm y de los extremos de los largueros 20 cm debiendo ser de acero protegido contra la oxidación.
- c) Los cercos llegarán a obra con riostras y rastreles para mantener la escuadra, y con una protección para su conservación durante el almacenamiento y puesta en obra.

#### Tapajuntas:

- a) Las dimensiones mínimas de los tapajuntas de madera serán de 10x40 mm.

### Artículo 21. Pintura

#### *21.1. Condiciones generales de preparación del soporte*

La superficie que se va a pintar debe estar seca, desengrasada, sin óxido ni polvo, para lo cual se empleará cepillos, sopletes de arena, ácidos y alices cuando sean metales.

Los poros, grietas, desconchados, etc., se llenarán con másticos o empastes para dejar las superficies lisas y uniformes. Se harán con un pigmento mineral y aceite de linaza o barniz y un cuerpo de relleno para las maderas. En los paneles se empleará yeso amasado con agua de cola, y



sobre los metales se utilizarán empastes compuestos de 60-70% de pigmento (albayalde), ocre, óxido de hierro, litopón, etc. y cuerpos de relleno (creta, caolín, tiza, espato pesado), 30-40% de barniz copal o ámbar y aceite de maderas.

Los másticos y empastes se emplearán con espátula en forma de masilla; los líquidos con brocha o pincel o con el aerógrafo o pistola de aire comprimido. Los empastes, una vez secos, se pasarán con papel de lija en paredes y se alisarán con piedra pómez, agua y fieltro, sobre metales.

Antes de su ejecución se comprobará la naturaleza de la superficie a revestir, así como su situación interior o exterior y condiciones de exposición al roce o agentes atmosféricos, contenido de humedad y si existen juntas estructurales.

Estarán recibidos y montados todos los elementos que deben ir en el paramento, como cerco de puertas, ventanas, canalizaciones, instalaciones, etc.

Se comprobará que la temperatura ambiente no sea mayor de 28º C ni menor de 6º C.

El soleamiento no incidirá directamente sobre el plano de aplicación.

La superficie de aplicación estará nivelada y lisa.

En tiempo lluvioso se suspenderá la aplicación cuando el paramento no esté protegido.

Al finalizar la jornada de trabajo se protegerán perfectamente los envases y se limpiarán los útiles de trabajo.

### *21.2. Aplicación de la pintura*

Las pinturas se podrán dar con pinceles y brocha, con aerógrafo, con pistola, (pulverizando con aire comprimido) o con rodillos.

Las brochas y pinceles serán de pelo de diversos animales, siendo los más corrientes el cerdo o jabalí, marta, tejón y ardilla. Podrán ser redondos o planos, clasificándose por números o por los gramos de pelo que contienen. También pueden ser de nylon.

Los aerógrafos o pistolas constan de un recipiente que contiene la pintura con aire a presión (1-6 atmósferas), el compresor y el pulverizador, con orificio que varía desde 0,2 mm hasta 7 mm, formándose un cono de 2 cm al metro de diámetro.

Dependiendo del tipo de soporte se realizarán una serie de trabajos previos, con objeto de que al realizar la aplicación de la pintura o revestimiento, consigamos una terminación de gran calidad.

Sistemas de preparación en función del tipo de soporte:

- a) Yesos y cementos, así como sus derivados:

Se realizará un lijado de las pequeñas adherencias e imperfecciones. A continuación, se aplicará una mano de fondo impregnado los poros de la superficie del soporte. Posteriormente se realizará

un plastecido de faltas, repasando las mismas con una mano de fondo. Se aplicará seguidamente el acabado final con un rendimiento no menor del especificado por el fabricante.

b) Madera:

Se procederá a una limpieza general del soporte seguida de un lijado fino de la madera.

A continuación, se dará una mano de fondo con barniz diluido mezclado con productos de conservación de la madera si se requiere, aplicado de forma que queden impregnados los poros.

Pasado el tiempo de secado de la mano de fondo, se realizará un lijado fino del soporte, aplicándose a continuación el barniz, con un tiempo de secado entre ambas manos y un rendimiento no menor de los especificados por el fabricante.

c) Metales:

Se realizará un rascado de óxidos mediante cepillo, seguido inmediatamente de una limpieza manual esmerada de la superficie.

A continuación, se aplicará una mano de imprimación anticorrosiva, con un rendimiento no inferior al especificado por el fabricante.

Pasado el tiempo de secado se aplicarán dos manos de acabado de esmalte, con un rendimiento no menor al especificado por el fabricante.

### *21.3. Medición y abono.*

La pintura se medirá y abonará en general, por m<sup>2</sup> de superficie pintada, efectuándose la medición en la siguiente forma:

Pintura sobre muros, tabiques y techos: se medirá descontando los huecos. Las molduras se medirán por superficie desarrollada.

Pintura sobre carpintería: se medirá por las dos caras, incluyéndose los tapajuntas.

Pintura sobre ventanales metálicos: se medirá una cara.

En los precios respectivos está incluido el coste de todos los materiales y operaciones necesarias para obtener la perfecta terminación de las obras, incluso la preparación, lijado, limpieza, plastecido, etc. y todos cuantos medios auxiliares sean precisos.

### Artículo 22. Precauciones a adoptar

Las precauciones a adoptar durante la construcción de la obra serán las previstas por la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

### Artículo 23. Control del hormigón

Además de los controles establecidos en anteriores apartados y los que en cada momento dictamine la dirección facultativa de las obras, se realizarán todos los que prescribe la EHE:

a) Resistencia característica ( $f_{ck}$ ) = 30 N/mm<sup>2</sup>.

b) Consistencia plástica y acero B-500S.

El control de la obra será el indicado en los planos de proyecto.

## ANEXOS

### ANEXO 1. EHE INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL

- a) Características generales.

Ver cuadro en planos de estructura.

- b) Ensayos de control exigibles al hormigón.

Ver cuadro en planos de estructura.

- c) Ensayos de control exigibles al acero.

Ver cuadro en planos de estructura.

- d) Ensayos de control exigibles a los componentes del hormigón.

Ver cuadro en planos de estructura.

- e) Cemento

Antes de comenzar el hormigonado o si varían las condiciones de suministro:

Se realizarán los ensayos físicos, mecánicos y químicos previstos en el RC-03.

Durante la marcha de la obra:

Cuando el cemento esté en posesión de un sello o marca de conformidad oficialmente homologado no se realizarán ensayos.

Cuando el cemento carezca de sello o marca de conformidad se comprobará al menos una vez cada 3 meses de obra; como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra; y cuando lo indique el director de obra, se comprobará al menos: pérdida al fuego, residuo insoluble, principio y fin de fraguado, resistencia a compresión y estabilidad de volumen, según RC-03.

- f) Agua de amasado.

Antes de comenzar la obra, si no se tiene antecedentes del agua que vaya a utilizarse, si varían las condiciones de suministro, y cuando lo indique el director de obra se realizarán los ensayos del artículo correspondiente de la EHE.

- g) Áridos.

Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes de los mismos, si varían las condiciones de suministro o se van a emplear para otras aplicaciones distintas a los ya sancionados por la práctica y siempre que lo indique el director de obra, se realizarán los ensayos de identificación mencionados en los artículos correspondientes a las condiciones fisicoquímicas, fisicomecánicas y granulométricas de la EHE.

## ANEXO 2. DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

a) Condiciones técnicas exigibles a los materiales aislantes.

Serán como mínimo las especificadas en el cálculo del coeficiente de transmisión térmica de calor. A tal efecto, y en cumplimiento del artículo 4.1 del DB-HE-1 del CTE, el fabricante garantizará los valores de las características higrotérmicas, que a continuación se señalan:

- Conductividad térmica: definida con el procedimiento o método de ensayo que en cada caso establezca la norma UNE correspondiente.
- Densidad aparente: se indicará la densidad aparente de cada uno de los tipos de productos fabricados.
- Permeabilidad al vapor de agua: deberá indicarse para cada tipo, con indicación del método de ensayo para cada tipo de material establezca la norma UNE correspondiente.
- Absorción de agua por volumen: para cada uno de los tipos de productos fabricados.
- Otras propiedades: en cada caso concreto según criterio de la dirección facultativa, en función del empleo y condiciones en que se vaya a colocar el material aislante, podrá además exigirse:
  - Resistencia a la comprensión.
  - Resistencia a la flexión.
  - Envejecimiento ante la humedad, el calor y las radiaciones.
  - Deformación bajo carga (módulo de elasticidad).
  - Comportamiento frente a parásitos.
  - Comportamiento frente a agentes químicos.
  - Comportamiento frente al fuego.

b) Control, recepción y ensayos de los materiales aislantes.

En cumplimiento del artículo 4.3 del DB-HE 1 del CTE, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- El suministro de los productos será objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, ajustado a las condiciones particulares que figuran en el presente proyecto.
- El fabricante garantizará las características mínimas exigibles a los materiales, para lo cual realizará los ensayos y controles que aseguran el autocontrol de su producción.
- Todos los materiales aislantes a emplear vendrán avalados por sello o marca de calidad, por lo que podrá realizarse su recepción, sin necesidad de efectuar comprobaciones o ensayos.

c) Ejecución.

Deberá realizarse conforme a las especificaciones de los detalles constructivos, contenidos en los planos del presente proyecto complementados con las instrucciones que la dirección facultativa dicte durante la ejecución de las obras.

d) Obligaciones del constructor.

El constructor realizará y comprobará los pedidos de los materiales aislantes de acuerdo con las especificaciones del presente proyecto.

e) Obligaciones de la dirección facultative.

La dirección facultativa de las obras, comprobará que los materiales recibidos reúnen las características exigibles, así como que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con las especificaciones del presente proyecto, en cumplimiento de los artículos 4.3 y 5.2 del DB-HE 1 del CTE.



### **ANEXO 3. DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO**

a) Características básicas exigibles a los materiales.

El fabricante indicará la densidad aparente, y el coeficiente de absorción,  $f$ , para las frecuencias preferentes y el coeficiente medio de absorción,  $m$ , del material. Podrán exigirse además datos relativos a aquellas propiedades que puedan interesar en función del empleo y condiciones en que se vaya a colocar el material en cuestión.

b) Características básicas exigibles a las soluciones constructivas.

Aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impacto: se justificará preferentemente mediante ensayo, pudiendo no obstante utilizarse los métodos de cálculo detallados en el CTE DB-HR.

c) Presentación, medidas y tolerancias.

Los materiales de uso exclusivo como aislante o como acondicionantes acústicos, en sus distintas formas de presentación, se expedirán en embalajes que garanticen su transporte sin deterioro hasta su destino, debiendo indicarse en el etiquetado las características señaladas en los apartados anteriores.

Asimismo, el fabricante indicará en la documentación técnica de sus productos las dimensiones y tolerancias de los mismos.

Para los materiales fabricados "in situ", se darán las instrucciones correspondientes para su correcta ejecución, que deberá correr a cargo de personal especializado, de modo que se garanticen las propiedades especificadas por el fabricante.

d) Garantía de las características.

El fabricante garantizará las características acústicas básicas señaladas anteriormente. Esta garantía se materializará mediante las etiquetas o marcas que preceptivamente deben llevar los productos según el epígrafe anterior.

e) Control, recepción y ensayo de los materiales.

e.1) Suministro de los materiales.

Las condiciones de suministro de los materiales, serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, ajustándose a las condiciones particulares que figuren en el proyecto de ejecución.

Los fabricantes, para ofrecer la garantía de las características mínimas exigidas anteriormente en sus productos, realizarán los ensayos y controles que aseguren el autocontrol de su producción.

e.2) Materiales con sello o marca de calidad.

Los materiales que vengán avalados por sellos o marca de calidad, deberán tener la garantía por parte del fabricante del cumplimiento de los requisitos y características mínimas exigidas en esta norma para que pueda realizarse su recepción sin necesidad de efectuar comprobaciones o ensayos.

### e.3) Composición de las unidades de inspección.

Las unidades de inspección estarán formadas por materiales del mismo tipo y proceso de fabricación. La superficie de cada unidad de inspección, salvo acuerdo contrario, la fijará el consumidor.

### e.4) Toma de muestras.

Las muestras para la preparación de probetas utilizadas en los ensayos se tomarán de productos de la unidad de inspección sacados al azar.

La forma y dimensión de las probetas serán las que señale para cada tipo de material la norma de ensayo correspondiente.

### e.5) Normas de ensayo.

Las normas UNE que a continuación se indican se emplearán para la realización de los ensayos correspondientes. Asimismo, se emplearán en su caso las normas UNE que la comisión técnica de aislamiento acústico del IRANOR CT-74, redacte con posterioridad a la publicación de esta NBE.

Ensayo de aislamiento a ruido aéreo: UNE 74040/I, UNE 74040/II, UNE 74040/III, UNE 74040/IV y UNE 74040/V.

Ensayo de aislamiento a ruido de impacto: UNE 74040/VI, UNE 74040/VII y UNE 74040/VIII.

Ensayo de materiales absorbentes acústicos: UNE 70041.

Ensayo de permeabilidad de aire en ventanas: UNE 85-20880.

### f) Laboratorios de ensayos.

Los ensayos citados, de acuerdo con las normas UNE establecidas, se realizarán en laboratorios reconocidos a este fin por el ministerio correspondiente.

#### **ANEXO 4. DB-SI SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

##### a) Condiciones técnicas exigibles a los materiales.

Los materiales a emplear en la construcción del edificio de referencia, se clasifican a los efectos de su reacción ante el fuego, de acuerdo con el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

Los fabricantes de materiales que se empleen vistos o como revestimiento o acabados superficiales, en el caso de no figurar incluidos en el capítulo 1.2 del Real Decreto 312/2005, deberán acreditar su grado de combustibilidad mediante los oportunos certificados de ensayo, realizados en laboratorios oficialmente homologados para poder ser empleados.

Aquellos materiales con tratamiento adecuado para mejorar su comportamiento ante el fuego (materiales ignifugados), serán clasificados por un laboratorio oficialmente homologado, fijando en un certificado el periodo de validez de la ignifugación.

Pasado el tiempo de validez de la ignifugación, el material deberá ser sustituido por otro de la misma clase obtenida inicialmente mediante la ignifugación, o sometido a nuevo tratamiento que restituya las condiciones iniciales de ignifugación.

Los materiales que sean de difícil sustitución y aquellos que vayan situados en el exterior, se consideran con clase que corresponda al material sin ignifugación. Si dicha ignifugación fuera permanente, podrá ser tenida en cuenta.

##### b) Condiciones técnicas exigibles a los elementos constructivos.

La resistencia ante el fuego de los elementos y productos de la construcción queda fijado por un tiempo,  $t$ , durante el cual dicho elemento es capaz de mantener las características de resistencia al fuego, estas características vienen definidas por la siguiente clasificación: capacidad portante (R), integridad (E), aislamiento (I), radiación (W), acción mecánica (M), cierre automático (C), estanqueidad al paso de humos (S), continuidad de la alimentación eléctrica o de la transmisión de señal (P ó HP), resistencia a la combustión de hollines (G), capacidad de protección contra incendios (K), duración de la estabilidad a temperatura constante (D), duración de la estabilidad considerando la curva normalizada tiempo-temperatura (DH), funcionalidad de los extractores mecánicos de humo y calor (F), funcionalidad de los extractores pasivos de humo y calor (B).

La comprobación de dichas condiciones para cada elemento constructivo, se verificará mediante los ensayos descritos en las normas UNE que figuran en las tablas del Anexo III del Real Decreto 312/2005.

En el anejo C del DB-SI del CTE se establecen los métodos simplificados que permiten determinar la resistencia de los elementos de hormigón ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura.

En el anejo D del DB-SI del CTE se establece un método simplificado para determinar la resistencia de los elementos de acero ante la acción representada por una curva normalizada tiempo-temperatura.

En el anejo E del DB-SI del CTE se establece un método simplificado de cálculo que permite determinar la resistencia al fuego de los elementos estructurales de madera ante la acción representada por una curva normalizada tiempo-temperatura.

En el anejo F del DB-SI del CTE se encuentran tabuladas las resistencias al fuego de elementos de fábrica de ladrillo cerámico o silicocalcáreo y de los bloques de hormigón, ante la exposición térmica, según la curva normalizada tiempo-temperatura.

Los elementos constructivos se califican mediante la expresión de su condición de resistentes al fuego (RF), así como de su tiempo,  $t$ , en minutos, durante el cual mantiene dicha condición.

Los fabricantes de materiales específicamente destinados a proteger o aumentar la resistencia ante el fuego de los elementos constructivos, deberán demostrar mediante certificados de ensayo las propiedades de comportamiento ante el fuego que figuren en su documentación.

Los fabricantes de otros elementos constructivos que hagan constar en la documentación técnica de los mismos su clasificación a efectos de resistencia ante el fuego, deberán justificarlo mediante los certificados de ensayo en que se basan.

La realización de dichos ensayos, deberá llevarse a cabo en laboratorios oficialmente homologados para este fin por la administración del estado.

#### c) Instalaciones.

##### c.1) Instalaciones propias del edificio.

Las instalaciones del edificio deberán cumplir con lo establecido en el artículo 3 del DB-SI 1 Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios.

##### c.2) Instalaciones de protección contra incendios. Extintores móviles.

Las características, criterios de calidad y ensayos de los extintores móviles, se ajustarán a lo especificado en el Reglamento de Aparatos a Presión así como a las siguientes normas: UNE 23-110/75, UNE 23-110/80 y UNE 23-110/82.

Los extintores se clasifican en los siguientes tipos, según el agente extintor:

- Extintores de agua.
- Extintores de espuma.
- Extintores de polvo.
- Extintores de anhídrido carbonizo ( $\text{CO}_2$ ).
- Extintores de hidrocarburos halogenados.

- Extintores específicos para fuegos de metales.

Los agentes de extinción contenidos en extintores portátiles cuando consistan en polvos químicos, espumas o hidrocarburos halogenados, se ajustarán a las siguientes normas: UNE 23-601/79, UNE 23-602/81 y UNE 23-607/82.

En todo caso la eficacia de cada extintor, así como su identificación, según UNE 23-110/75, estará consignada en la etiqueta del mismo.

Se consideran extintores portátiles aquellos cuya masa sea igual o inferior a 20 kg. Si dicha masa fuera superior, el extintor dispondrá de un medio de transporte sobre ruedas.

Se instalará el tipo de extintor adecuado en función de las clases de fuego establecidas en la norma UNE 23-010/76.

En caso de utilizarse en un mismo local extintores de distintos tipos, se tendrá en cuenta la posible incompatibilidad entre los distintos agentes extintores.

Los extintores se situarán conforme a los siguientes criterios:

- Se situarán donde exista mayor probabilidad de originarse un incendio, próximos a las salidas de los locales y siempre en lugares de fácil visibilidad y acceso.
- Su ubicación deberá señalizarse, conforme a lo establecido en la norma UNE 23-033-81.
- Los extintores portátiles se colocarán sobre soportes fijados a paramentos verticales o pilares, de forma que la parte superior del extintor quede como máximo a 1,70 m del suelo.
- Los extintores que estén sujetos a posibles daños físicos, químicos o atmosféricos deberán estar protegidos.

d) Condiciones de mantenimiento y uso.

Todas las instalaciones y medios a que se refiere el DB-SI 4 Detección, control y extinción del incendio, deberán conservarse en buen estado.

En particular, los extintores móviles, deberán someterse a las operaciones de mantenimiento y control de funcionamiento exigibles, según lo que estipule el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

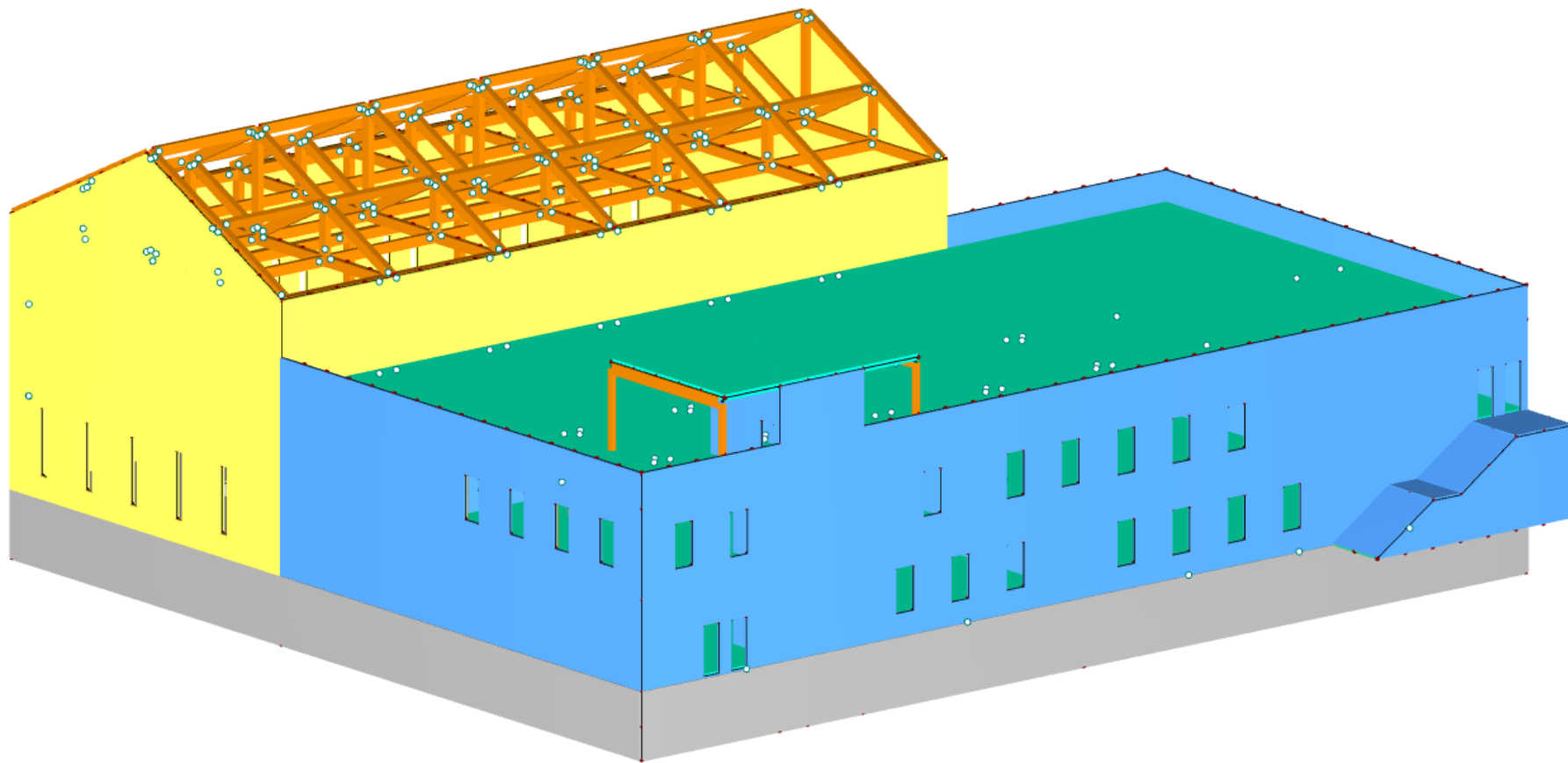
# PLANOS

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

### ***CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO***

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*



*Ilustración 82. Edificio completo. Vista isométrica.*

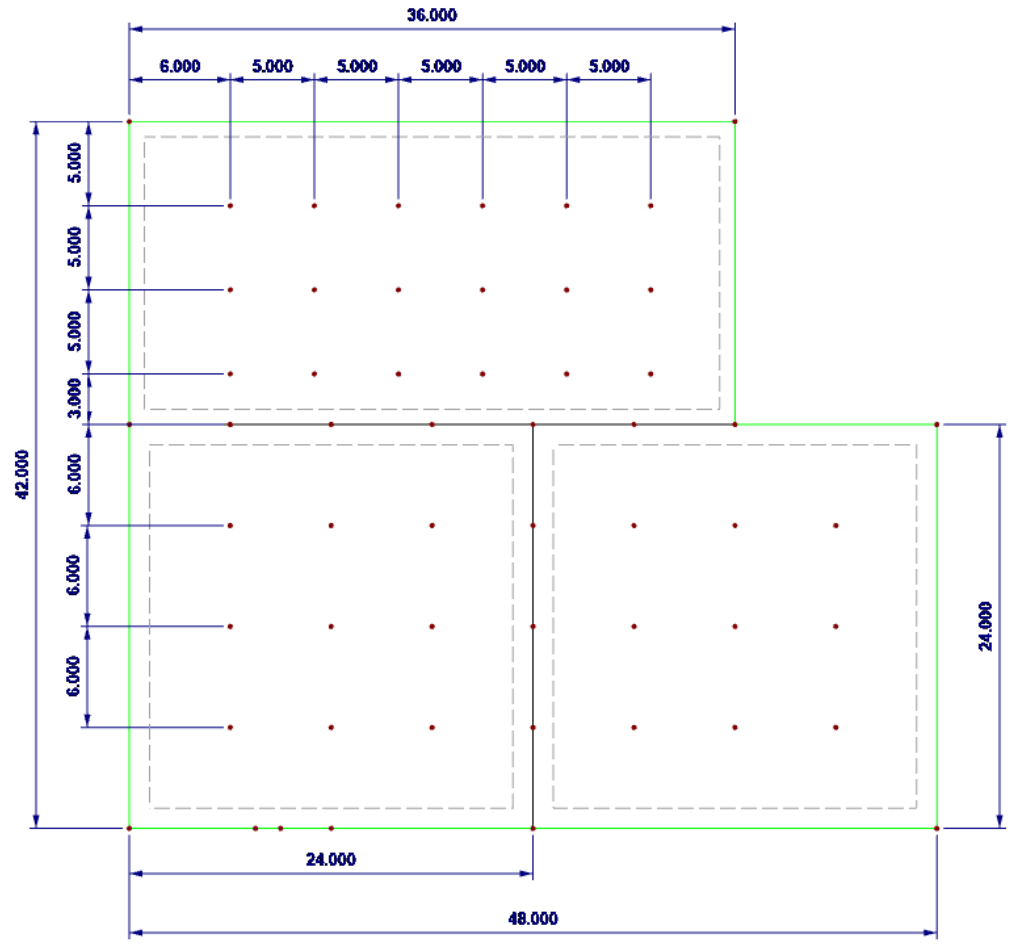
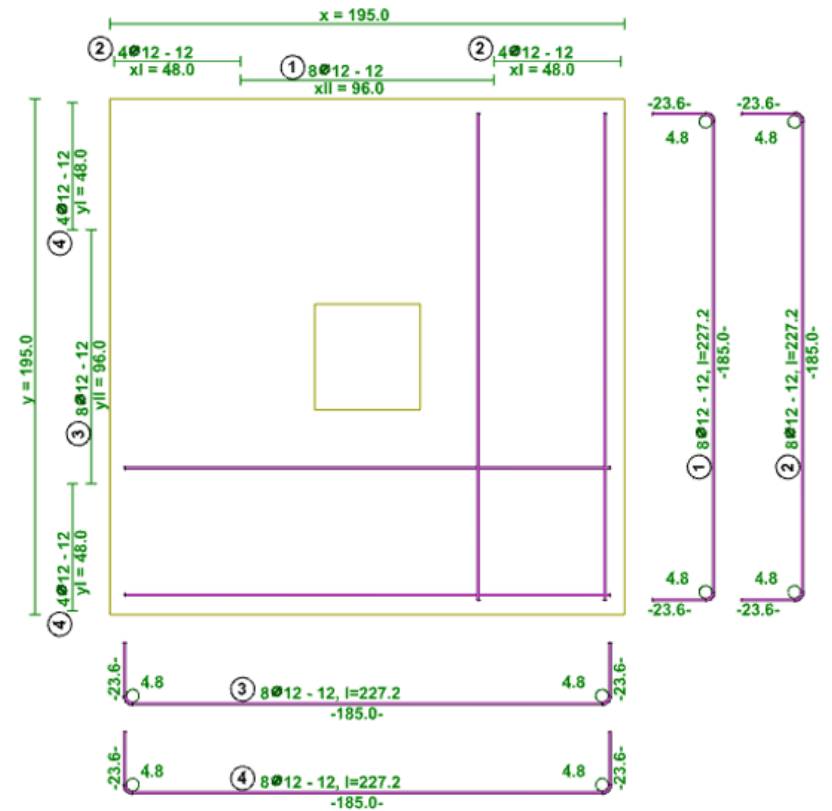
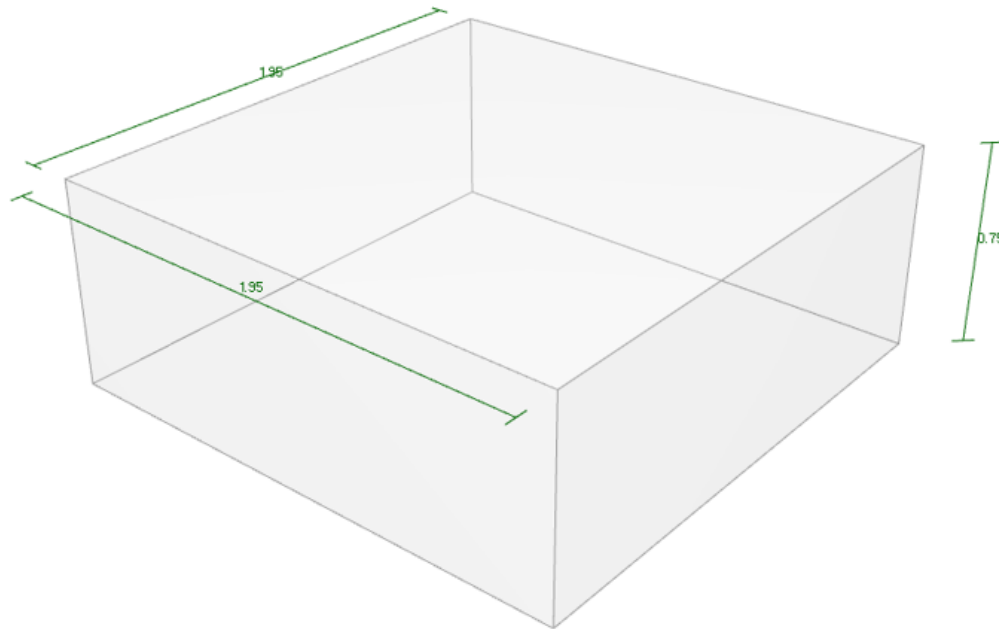


Ilustración 83. Planos de la cimentación.





Dimensionamiento de la armadura: Tangencial  
 Clase de hormigón de cimentación: C25/30

Ilustración 84. Planos de las zapatas.

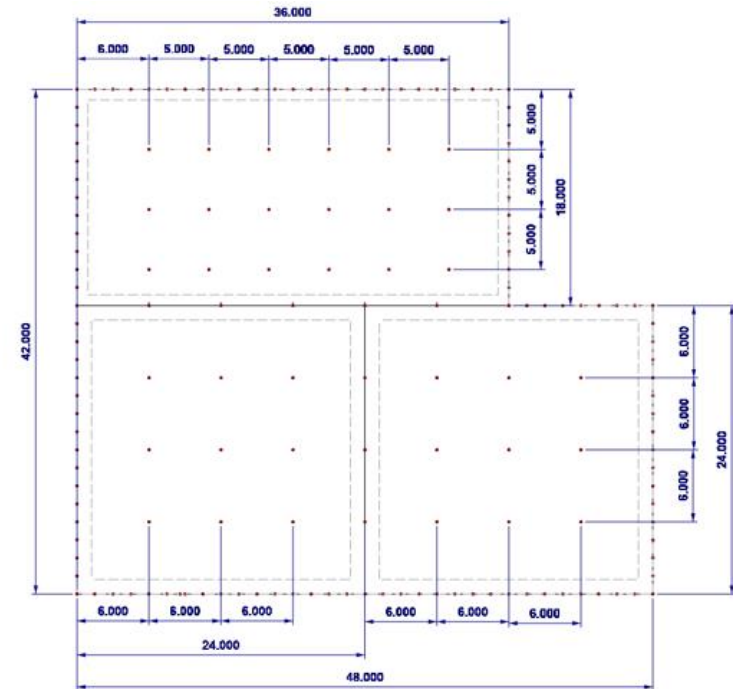
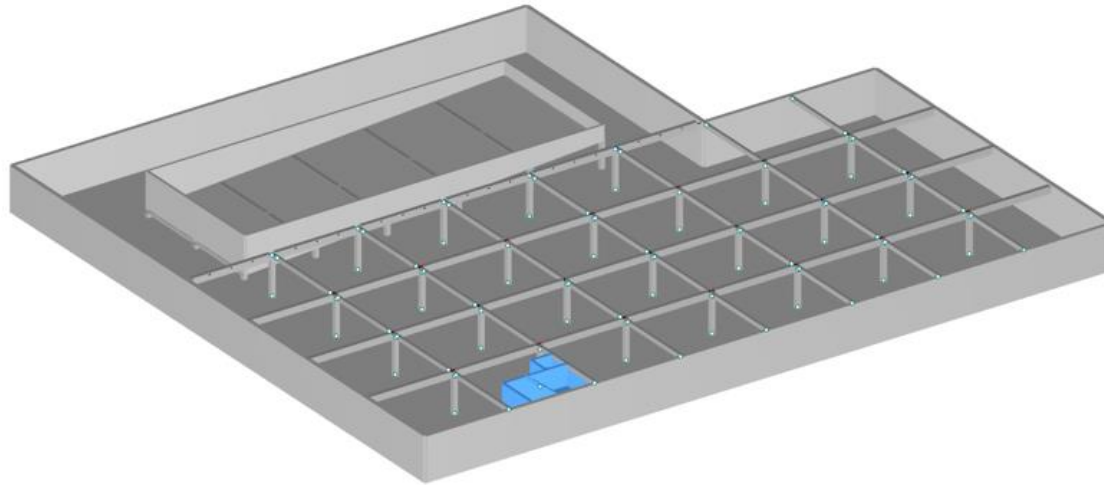


Ilustración 85. Planos del sótano: vista isométrica y vista superior.

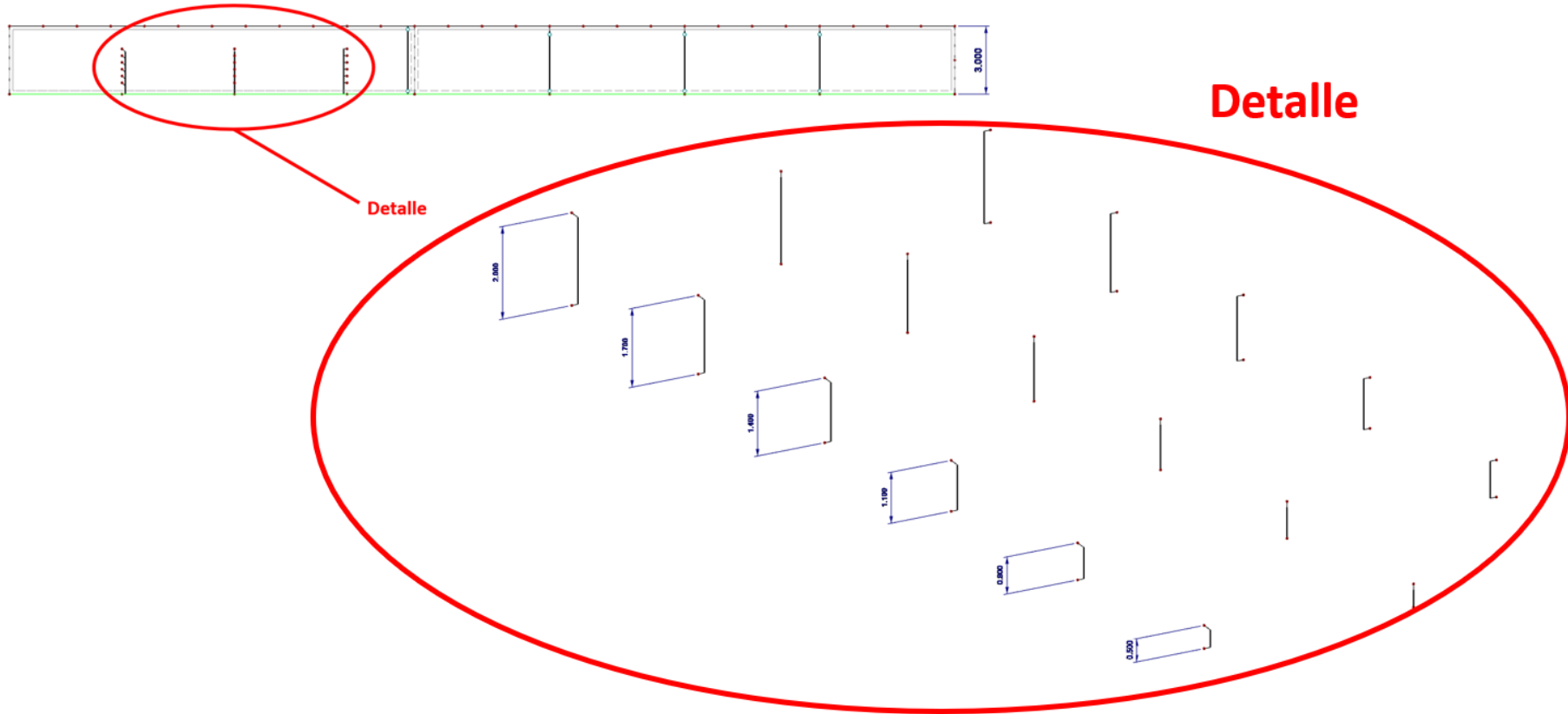


Ilustración 86. Planos del sótano: vista lateral.

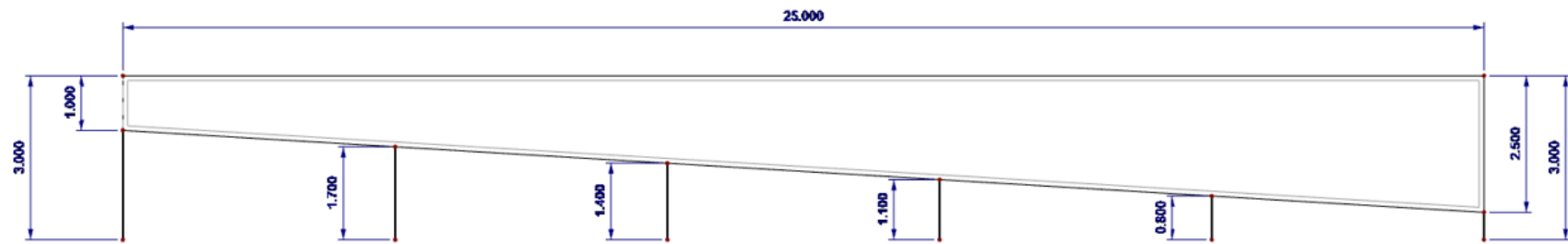
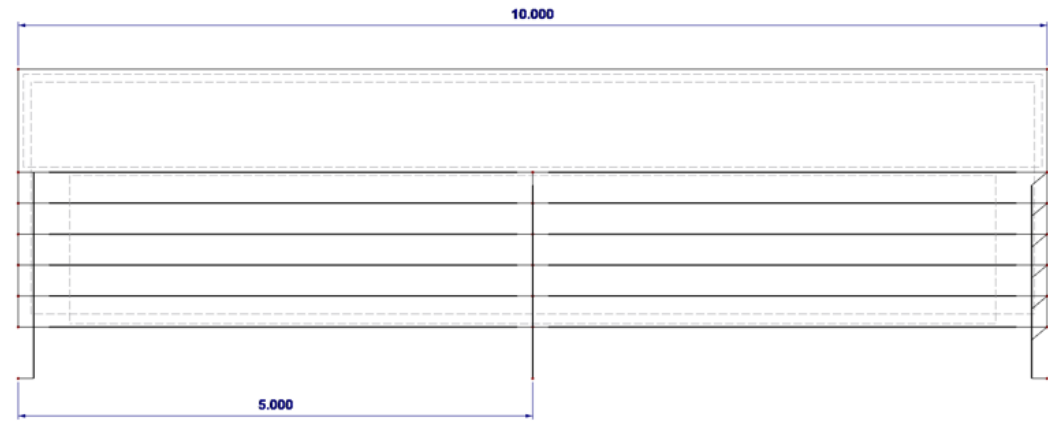
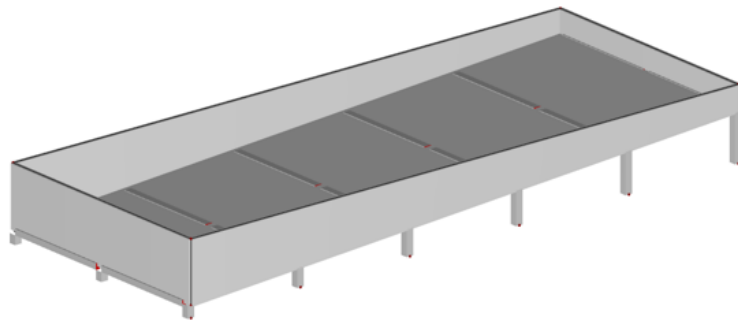
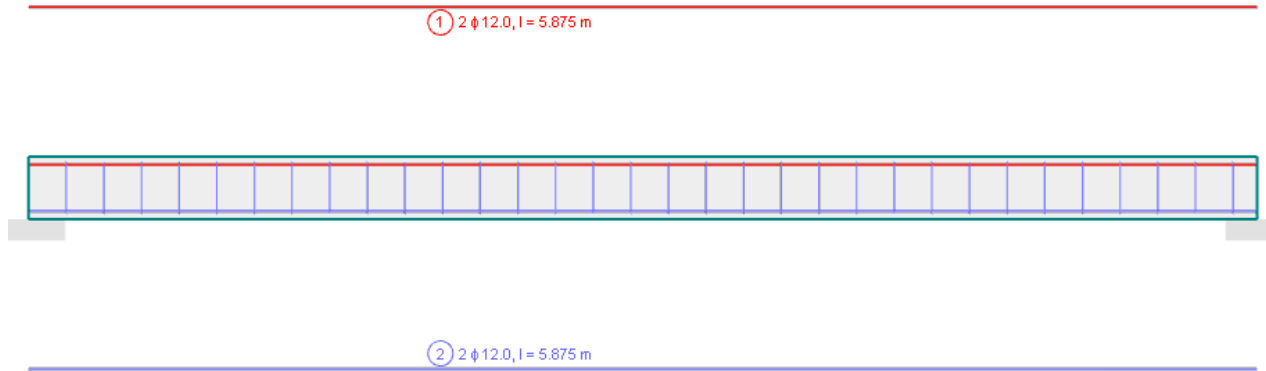
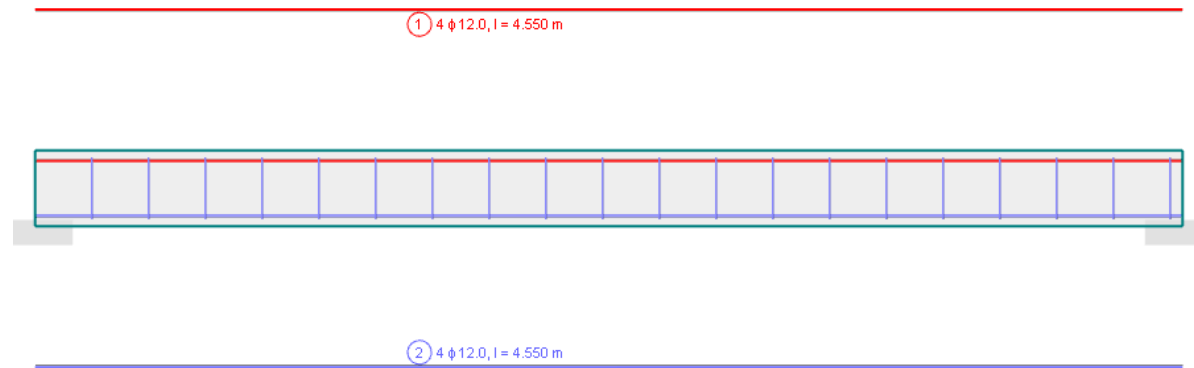


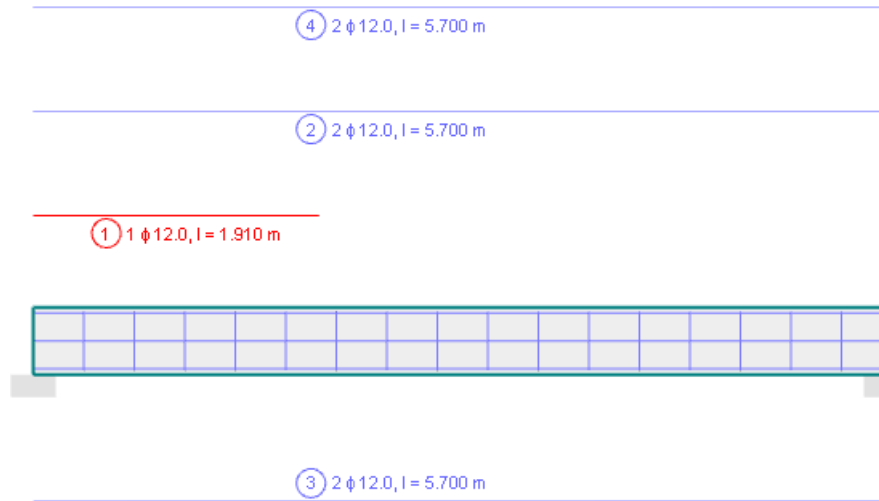
Ilustración 87. Planos del sótano: vaso de la piscina.



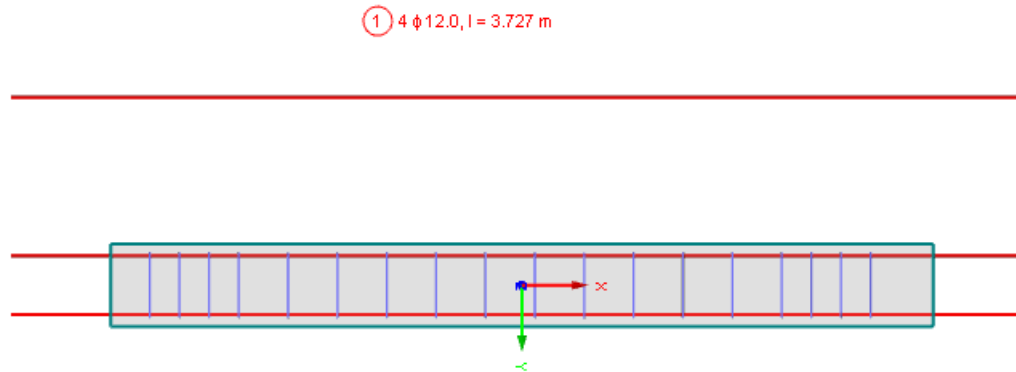
*Ilustración 88. Armadura de las vigas principales.*



*Ilustración 89. Armadura de las vigas de atado.*



*Ilustración 90. Armadura de las vigas del vaso de la piscina.*



*Ilustración 91. Armadura de las columnas.*

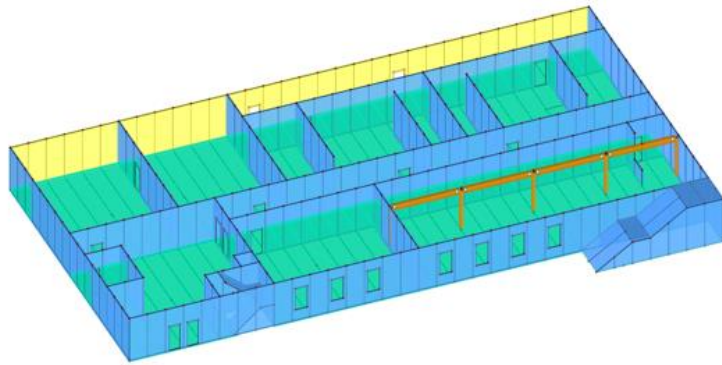


Ilustración 92. Planos planta baja.

### Detalle 1

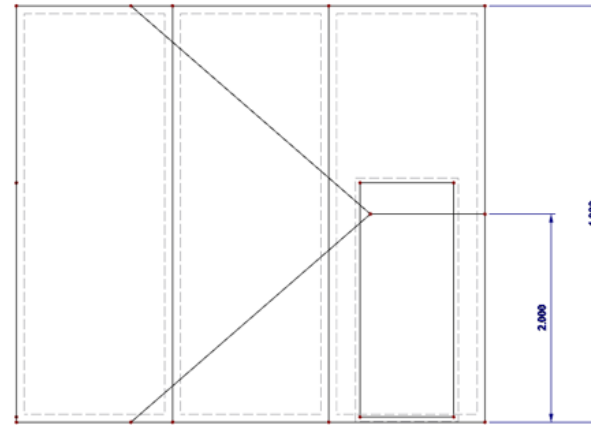
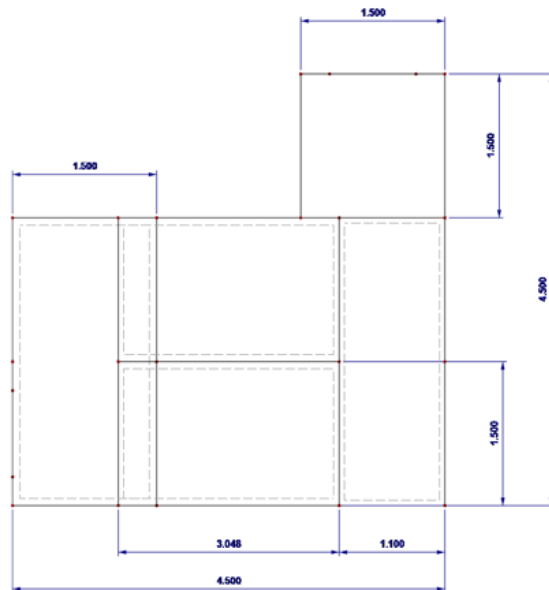
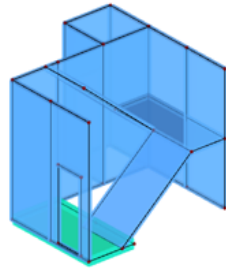


Ilustración 93. Planos planta baja: detalle 1.



# Detalle 2

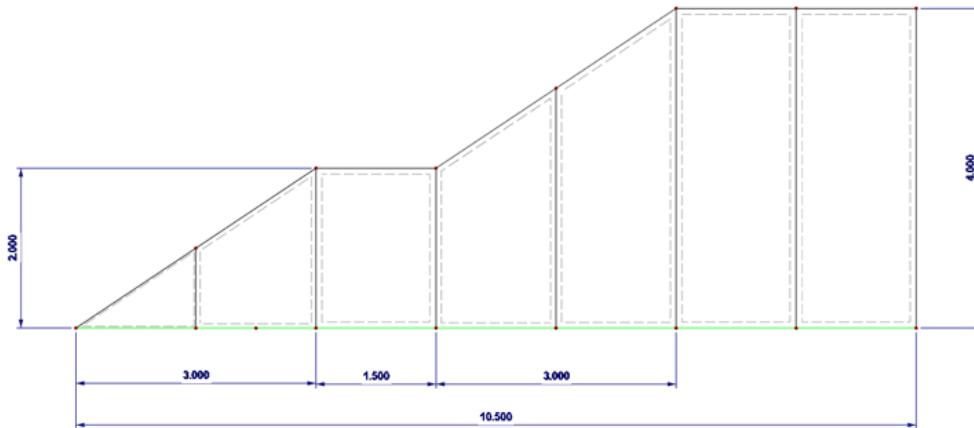
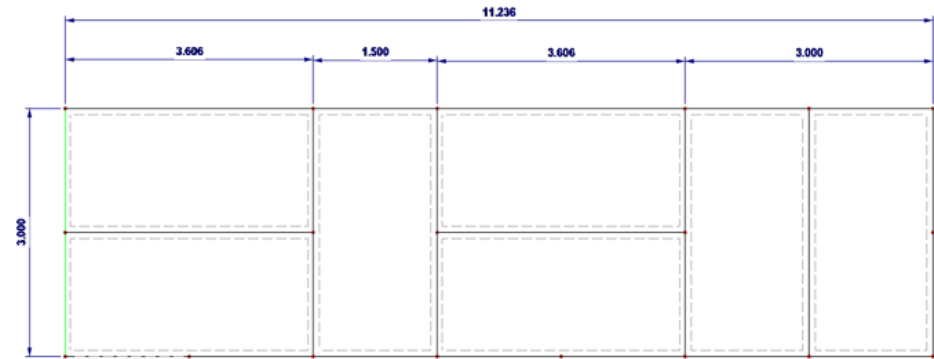
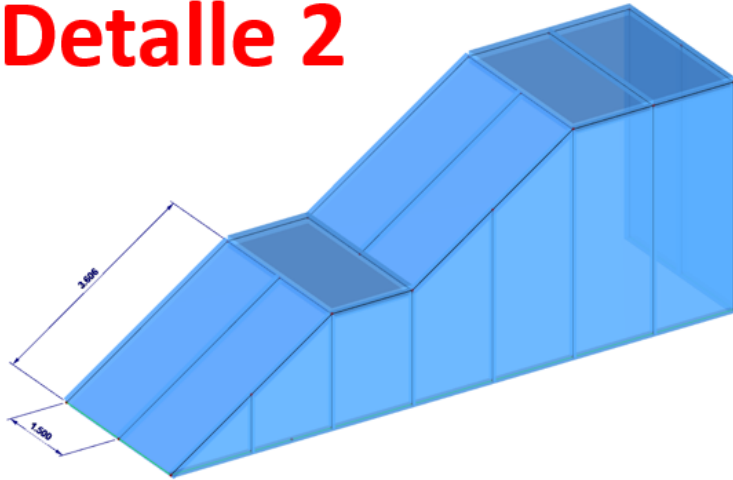
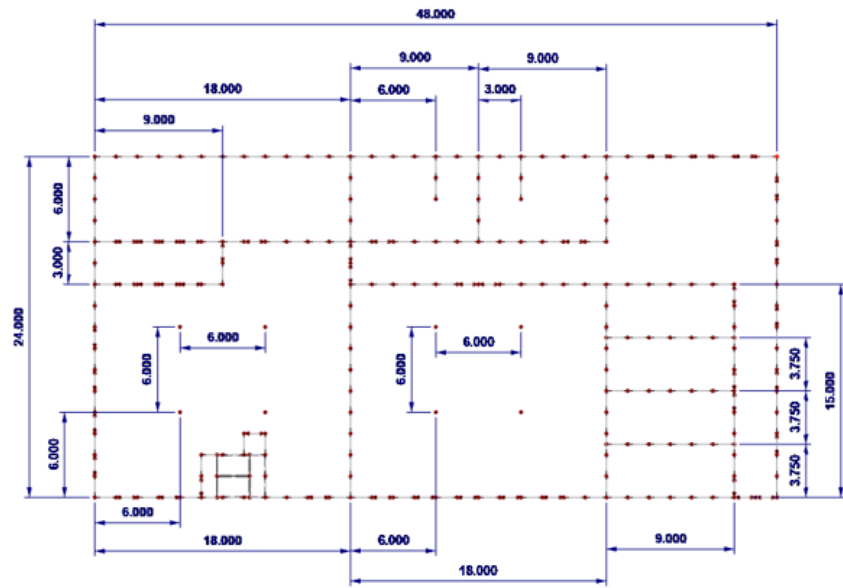
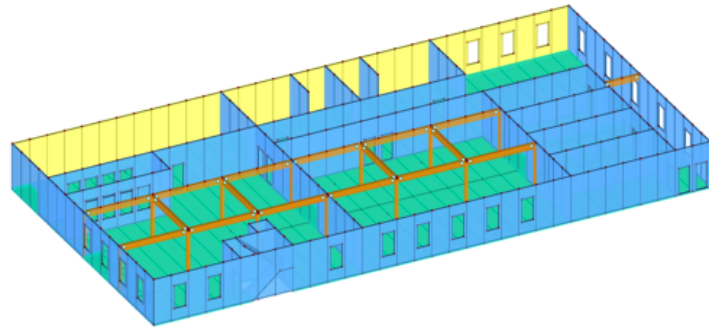


Ilustración 94. Planos planta baja: detalle 2.



*Ilustración 95. Planos primera planta.*

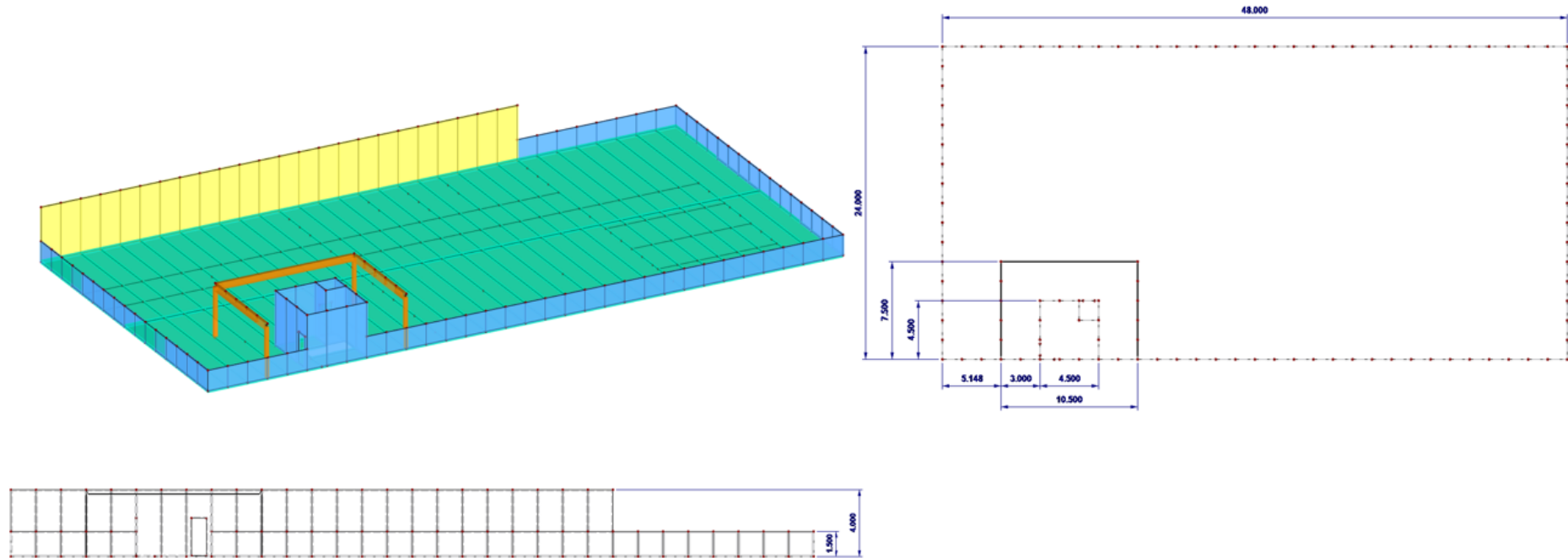
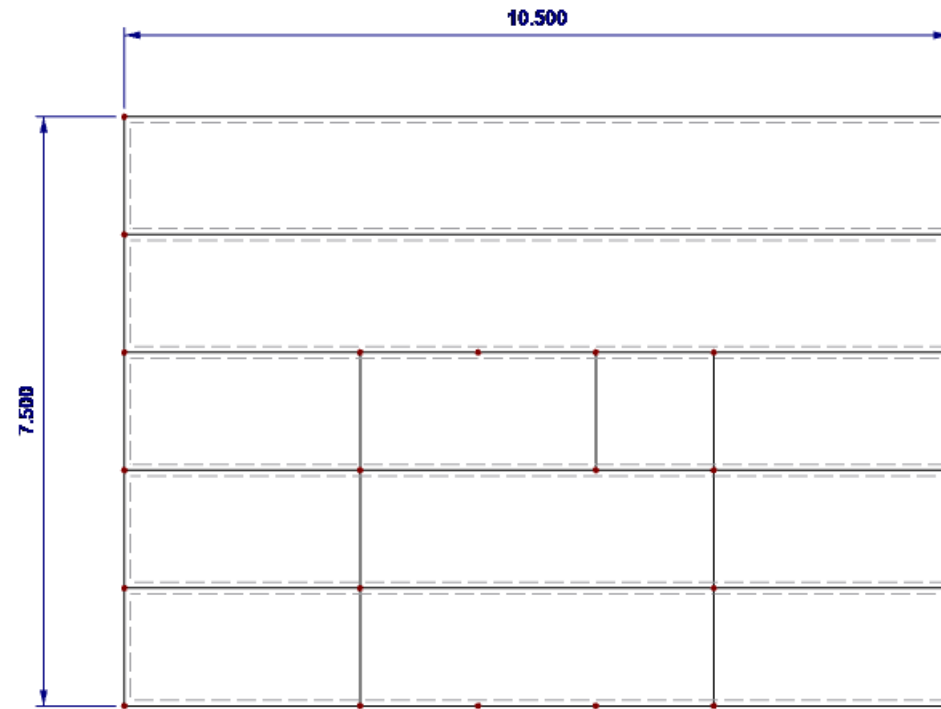


Ilustración 96. Planos cubierta.



*Ilustración 97. Planos del techo del edificio principal: vista superior.*

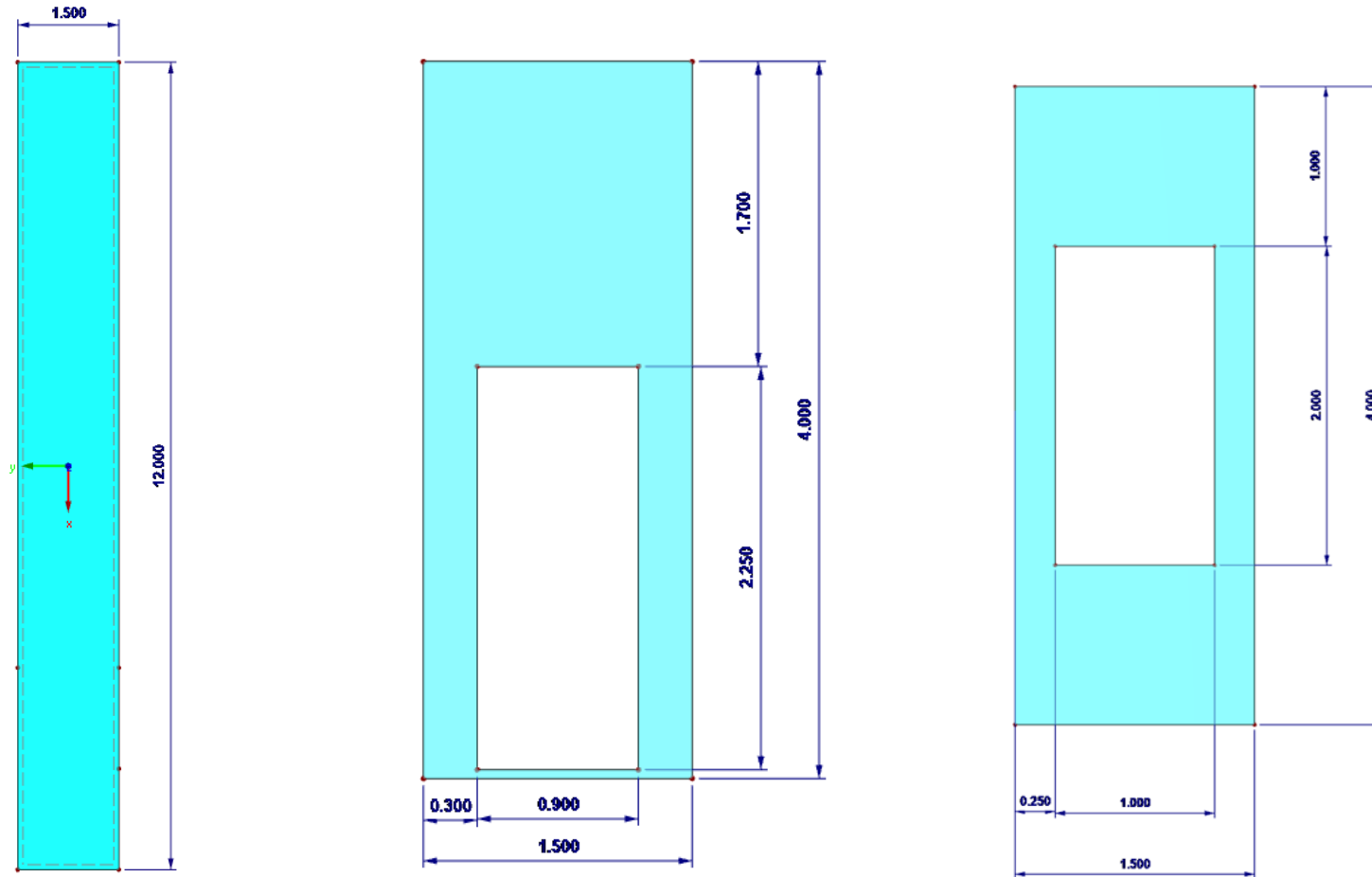


Ilustración 98. Planos: paneles de CLT recurrentes en el edificio principal.

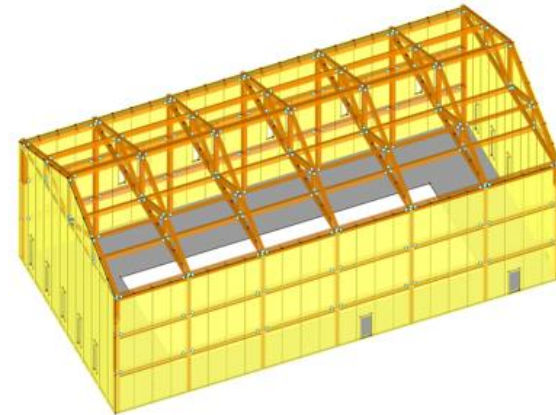
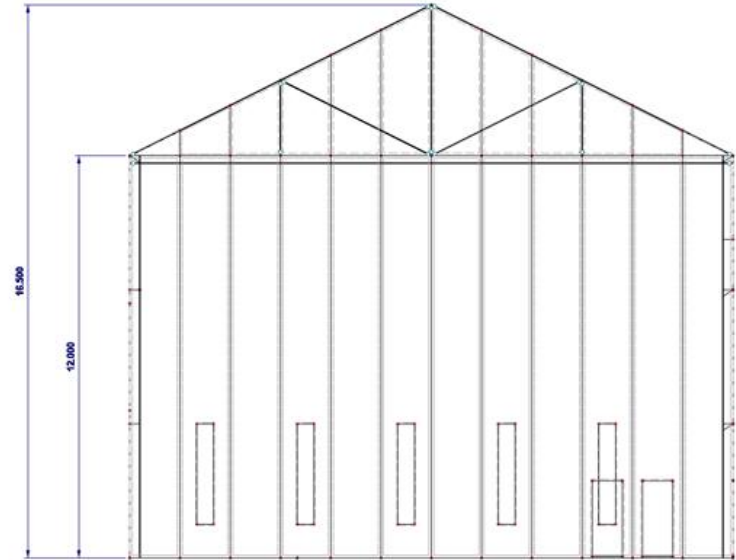
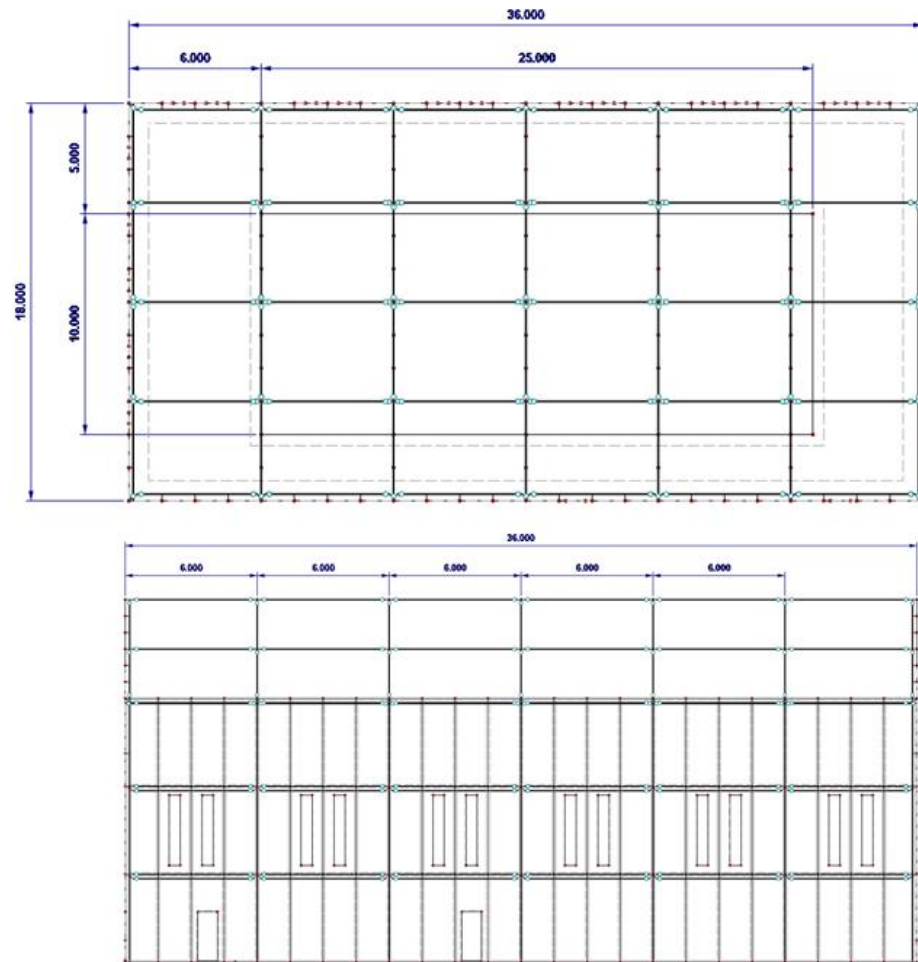


Ilustración 99. Planos de la nave de la piscina.

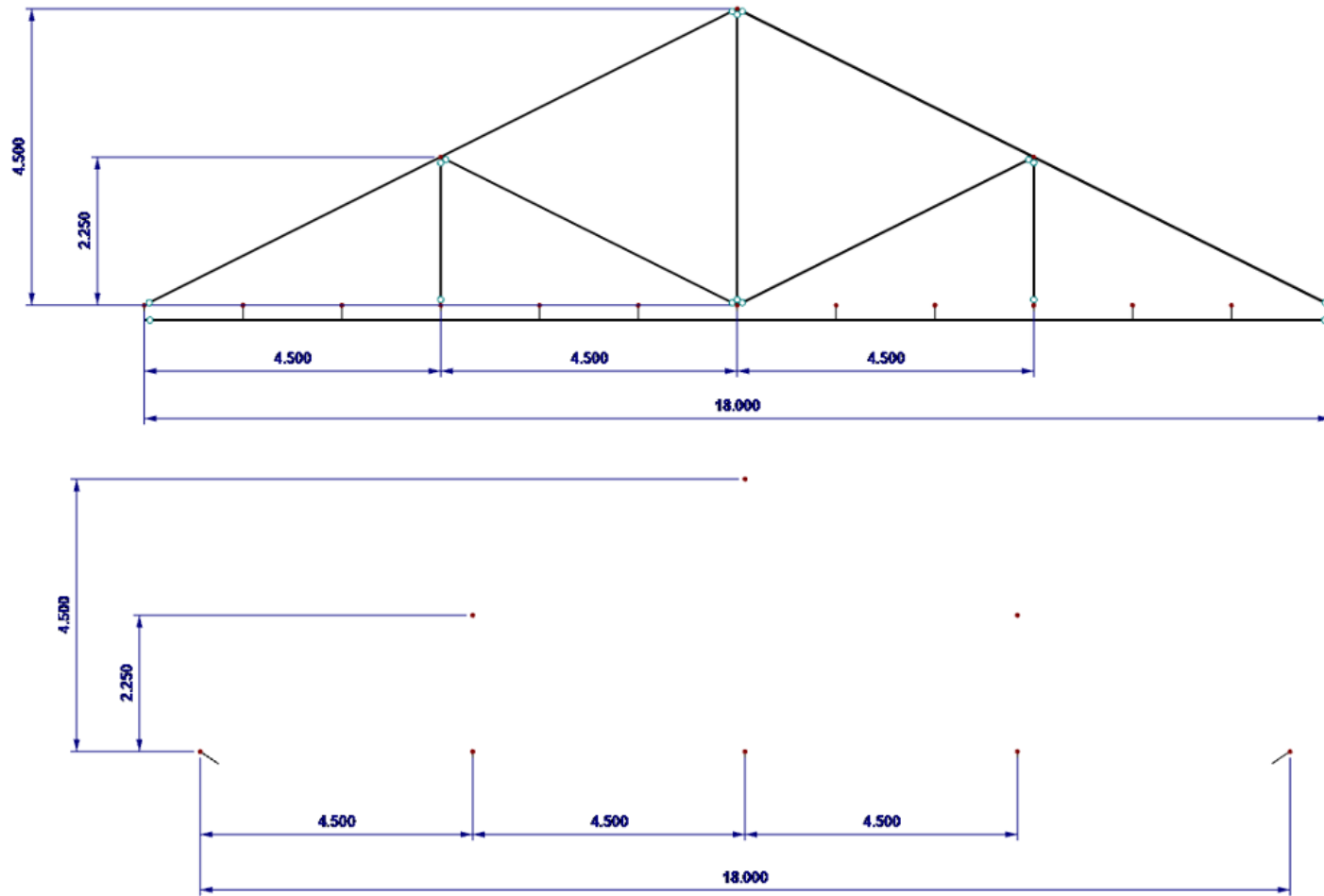


Ilustración 100. Planos de las cerchas de la nave de la piscina.

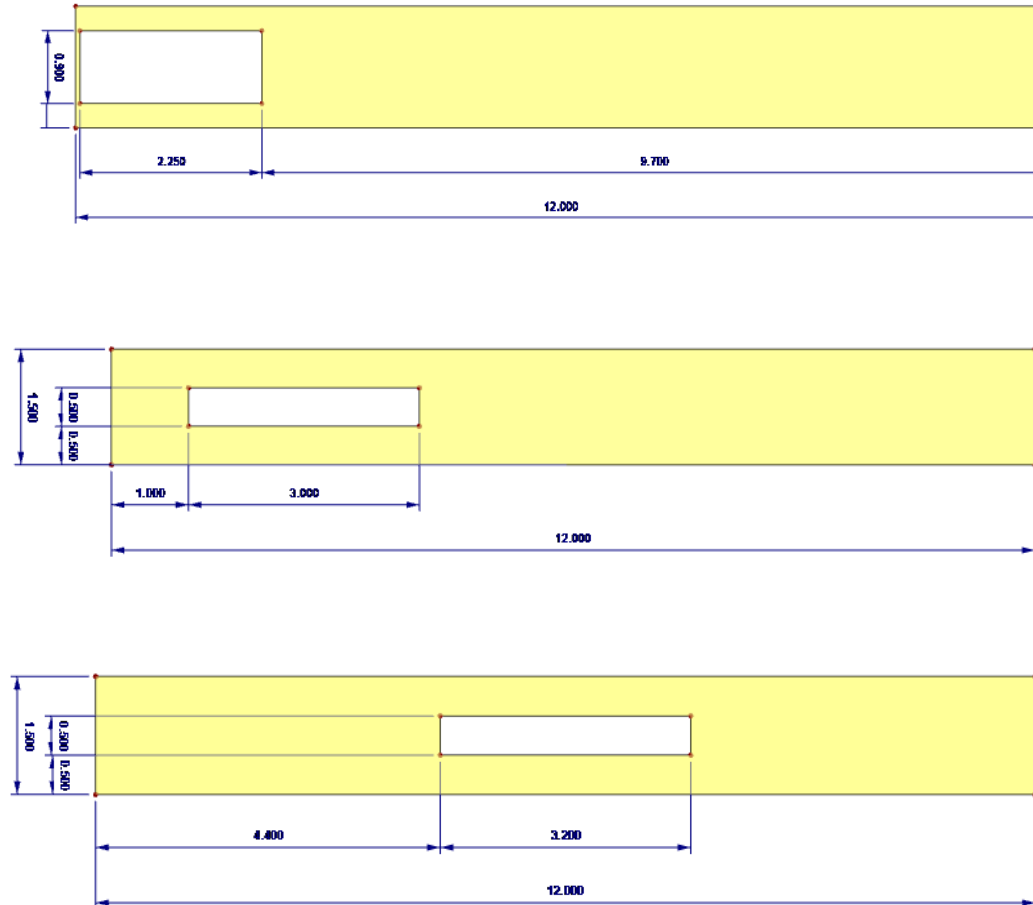


Ilustración 101. Planos: paneles de CLT recurrentes en la nave de la piscina.



# **CÁLCULOS Y RESULTADOS**

## **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

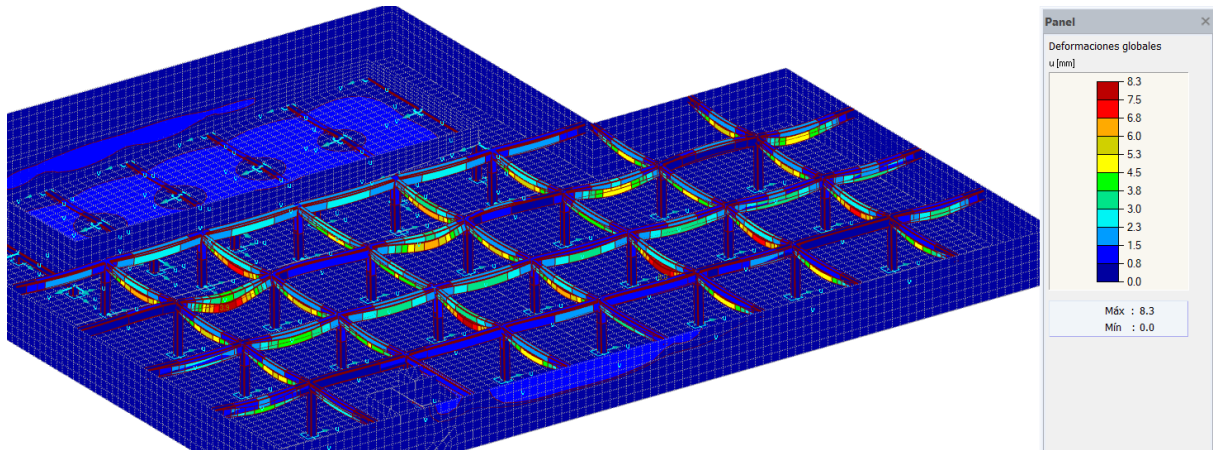
### ***CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO***

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

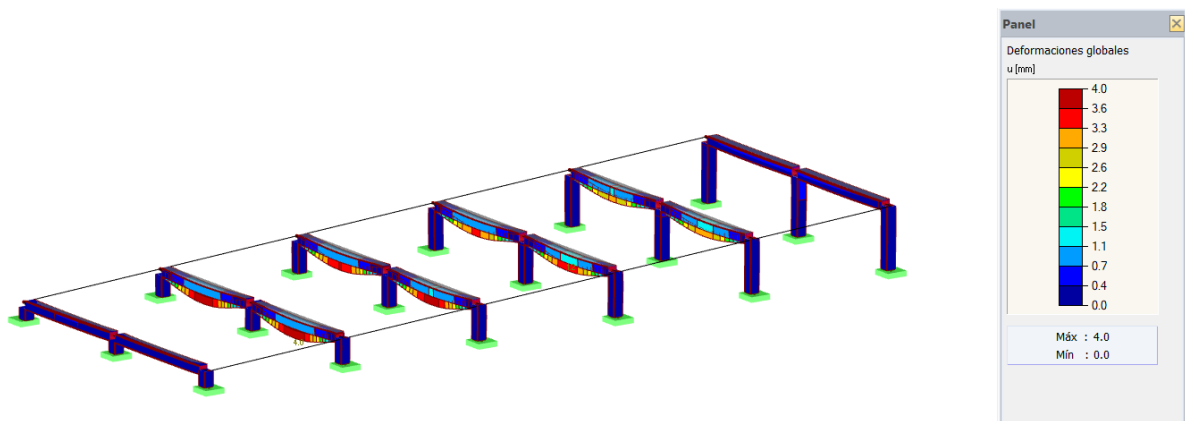
*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*

## 1. RESULTADOS GENERALES EN RFEM

### 1.1. DEFORMACIONES EN BARRAS



*Ilustración 102. Deformaciones globales de las barras de hormigón armado del sótano.*



*Ilustración 103. Deformaciones globales z de las barras de hormigón armado del vaso de la piscina.*

En la Ilustración 102 y en la Ilustración 103 se observan las deformaciones globales de las vigas de hormigón armado de este proyecto. Cabe resaltar que dichas deformaciones alcanzan el mismo valor numérico máximo en el gráfico de resultados de deformaciones en eje z. Los valores máximos registrados en RFEM son de 8,3 mm en varias vigas de atado y en una viga principal; dichos resultados se han obtenido en el ELS de apariencia.

Asimismo, los valores máximos de las deformaciones de las vigas de la piscina es de 4 mm en el ELS de apariencia.

Dichos valores cumplen con los límites fijados por la normativa.

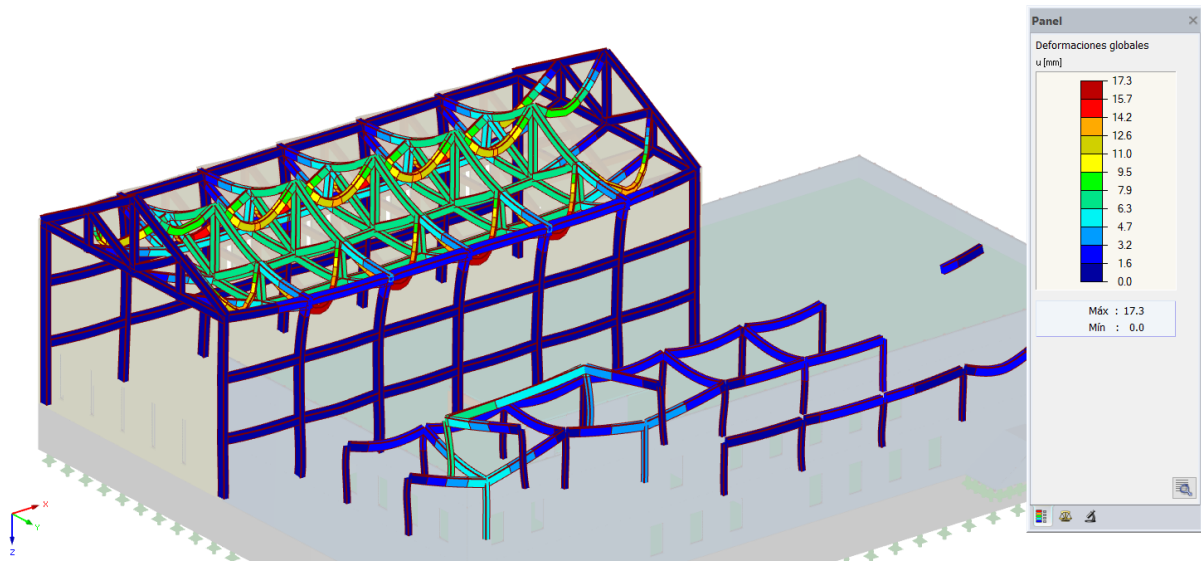


Ilustración 104. Deformaciones globales de las barras de madera.

De la misma manera, en la Ilustración 104 pueden observarse los resultados de las deformaciones de las barras de madera del edificio. Las mayores deformaciones han aparecido en el ELS, con un valor máximo de 17,3 mm y en las correas de la cubierta de la nave de la piscina. Los valores máximos de deformaciones en eje z coinciden con los de las deformaciones globales.

Dichos valores cumplen con los límites fijados por la normativa.

## 1.2. ESFUERZOS EN BARRAS

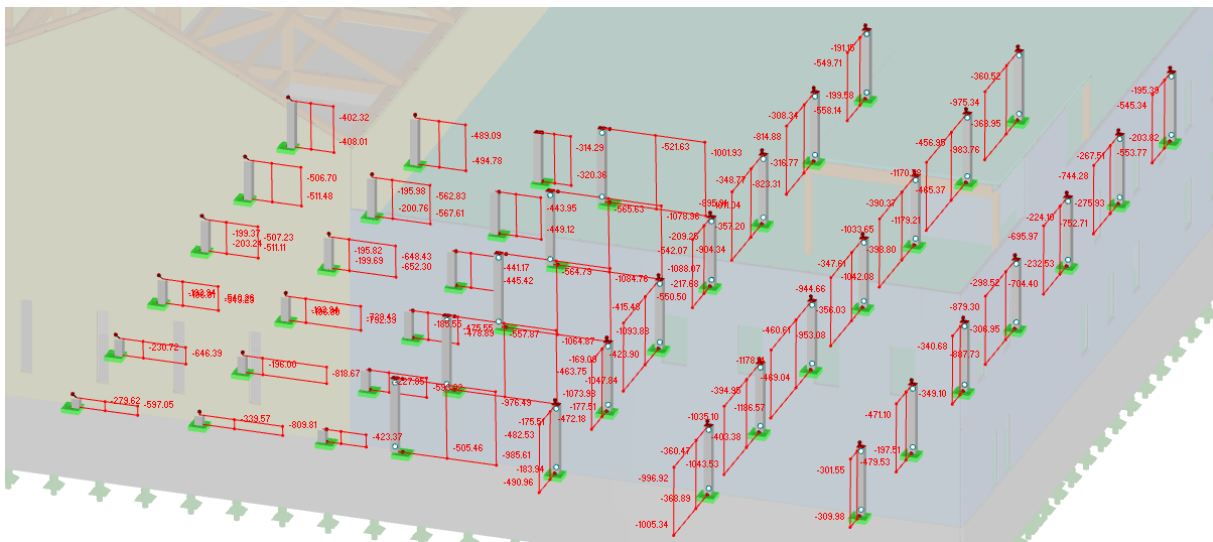
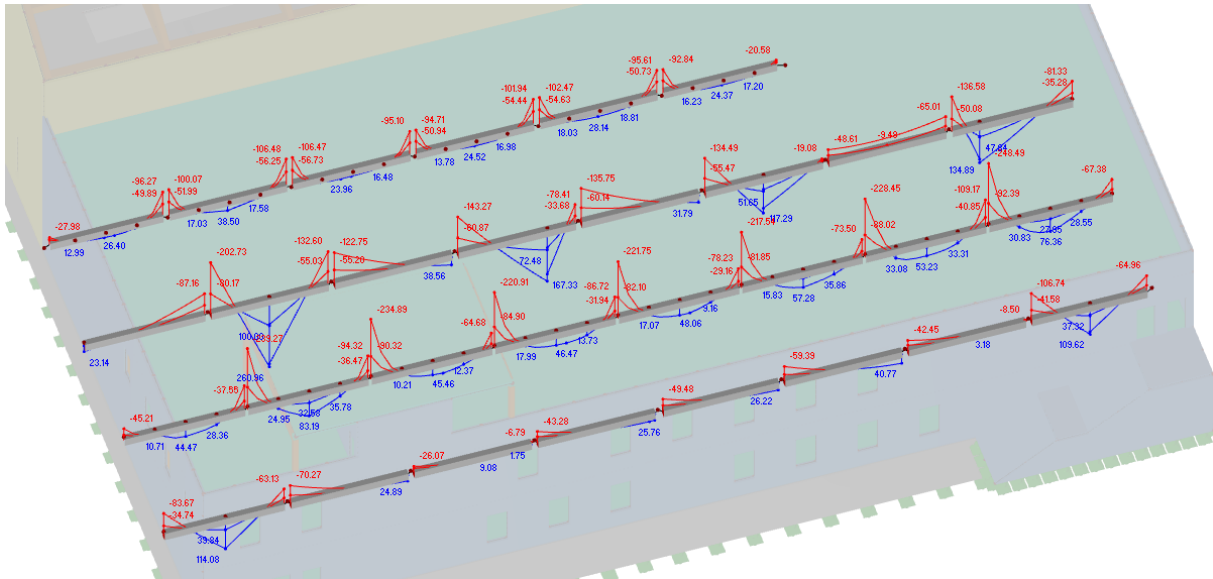


Ilustración 105. Columnas de hormigón armado del sótano. Esfuerzos normales.

En cuando a las columnas del sótano, en la Ilustración 105 se pueden observar los resultados de los esfuerzos normales presentes en dichos elementos. Los esfuerzos normales máximos registrados han alcanzado los 1078 kN de máxima, y han rebasado los 1000 kN en algunas columnas de la zona central.

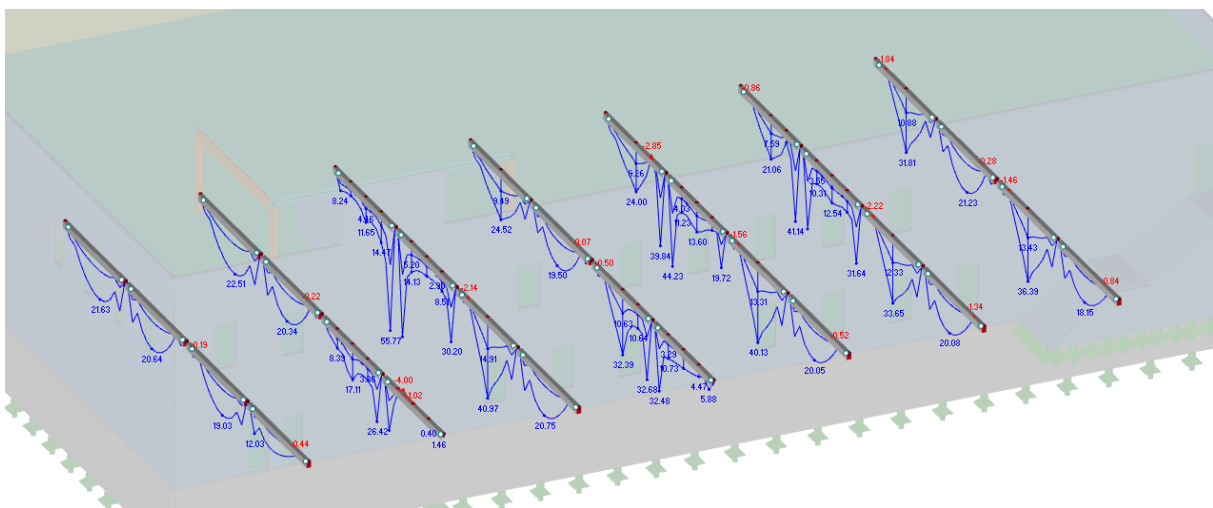
Los esfuerzos contantes y momentos flectores máximos han alcanzado máximos de 212 kN y 24,6 kNm respectivamente, pero debido a su menor importancia estructural, no se aportará material gráfico de estas.



*Ilustración 106. Vigas principales del sótano. Momentos flectores.*

En la Ilustración 106 se pueden observar los resultados de los diagramas de momentos flectores de las vigas principales de hormigón armado del sótano. El valor máximo alcanzado es de 248 kNm.

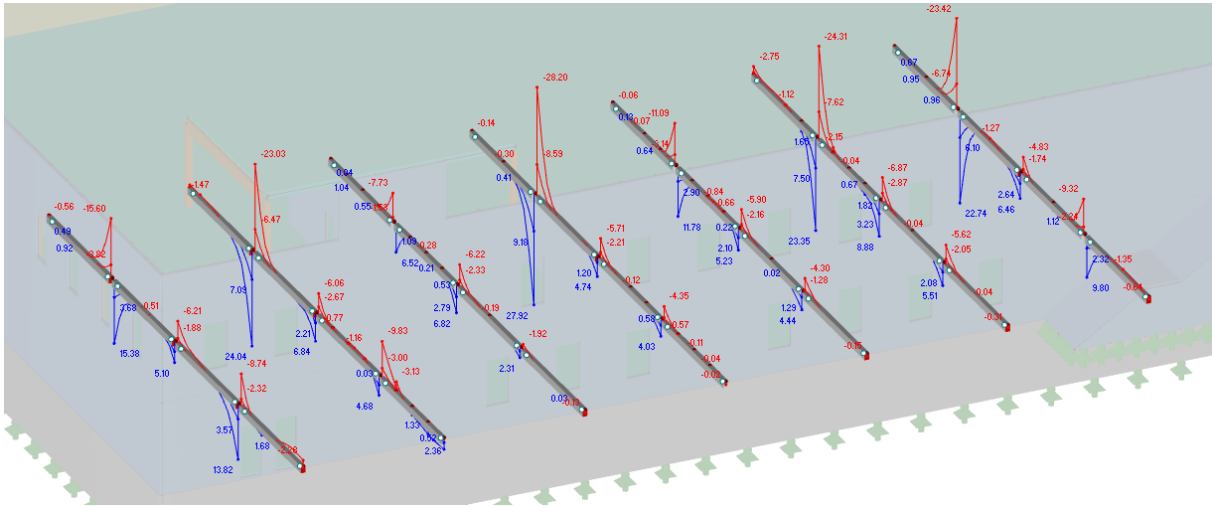
Los valores máximos de los esfuerzos normales y de los esfuerzos cortantes son de 400 kN y de 450 kN respectivamente.



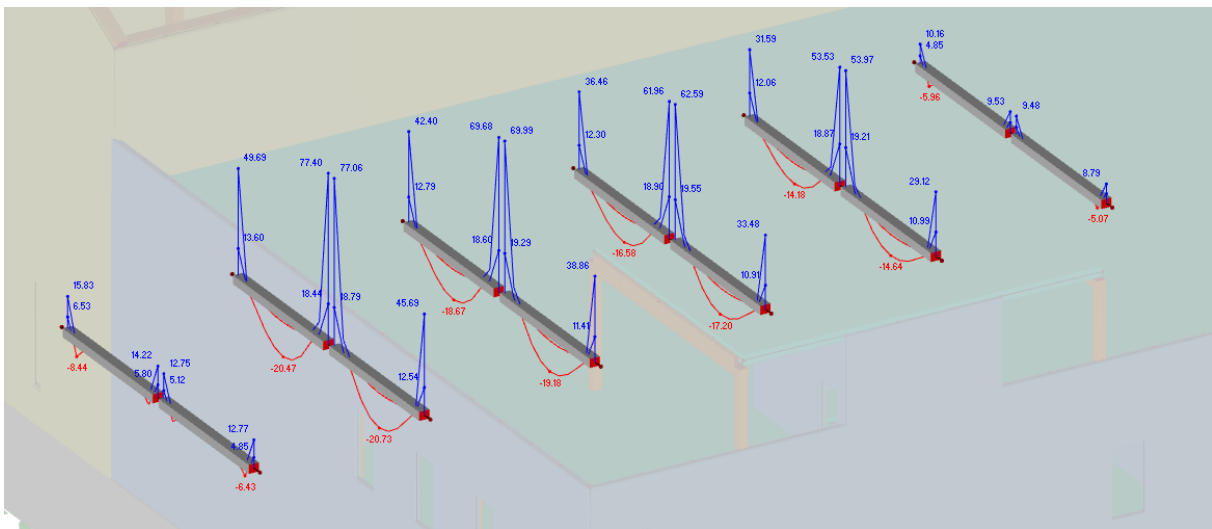
*Ilustración 107. Vigas de atado del sótano. Momentos flectores.*

En la Ilustración 107 se observa el diagrama de momentos flectores de las vigas de atado de hormigón armado del sótano. El valor máximo alcanzado en estas es de aproximadamente 55

kNm. El valor máximo de los esfuerzos cortantes y de los esfuerzos normales es de 400 kN y 330 kN respectivamente. Asimismo, el valor máximo de los momentos torsores es de 28 kNm.

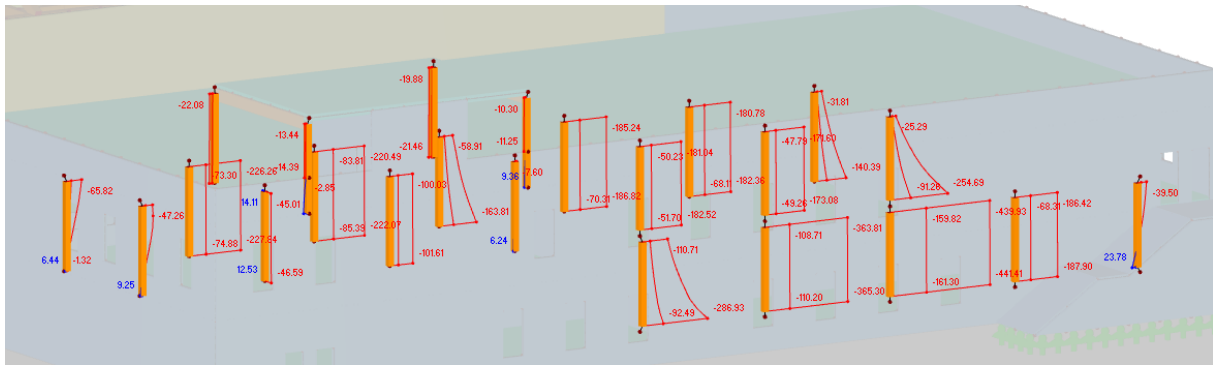


*Ilustración 108. Vigas de atado del sótano. Momentos torsores.*

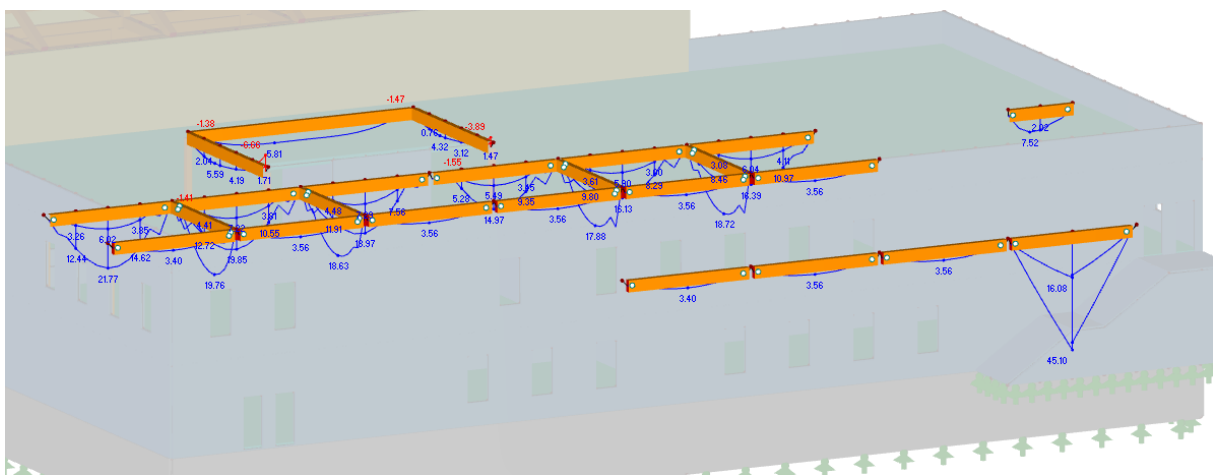


*Ilustración 109. Vigas del vaso de la piscina. Momentos flectores.*

La Ilustración 109 muestra los diagramas de los momentos flectores de las vigas de hormigón armado del vaso de la piscina. El valor máximo obtenido es de 54 kNm. Los valores máximos de los esfuerzos normales y cortantes es de 107 kN y 280 kN respectivamente.



*Ilustración 110. Columnas del edificio principal. Esfuerzos normales.*



*Ilustración 111. Vigas de edificio principal. Momentos flectores.*

En la Ilustración 110 se observan los diagramas de esfuerzos normales de las columnas del edificio principal. Los valores máximos obtenidos alcanzan los 186 kN. El valor máximo de los esfuerzos cortantes es de 7 kN, mientras que el valor máximo de los momentos flectores alcanza los 5 kNm.

Asimismo, como se puede observar en la Ilustración 111, en las vigas del edificio principal se han alcanzado valores de momentos flectores de hasta 45 kNm, aproximadamente y en casos aislados, siendo lo común obtener momentos del orden de 20 kNm. El valor máximo de los esfuerzos normales es de 200 kN y el de los esfuerzos cortantes es de 75 kN.

Respecto a las barras de la nave, los esfuerzos máximos han aparecido en el pórtico central. Por cuestiones de claridad, se ha decidido mostrar material gráfico únicamente de este pórtico. En las ilustraciones del 92 al 94 se pueden observar los diagramas de esfuerzos de dicho pórtico.

Los valores máximos de los esfuerzos normales y de los esfuerzos cortantes son de 420 kN y 61 kN respectivamente; el valor máximo de los momentos flectores es de 34 kNm.

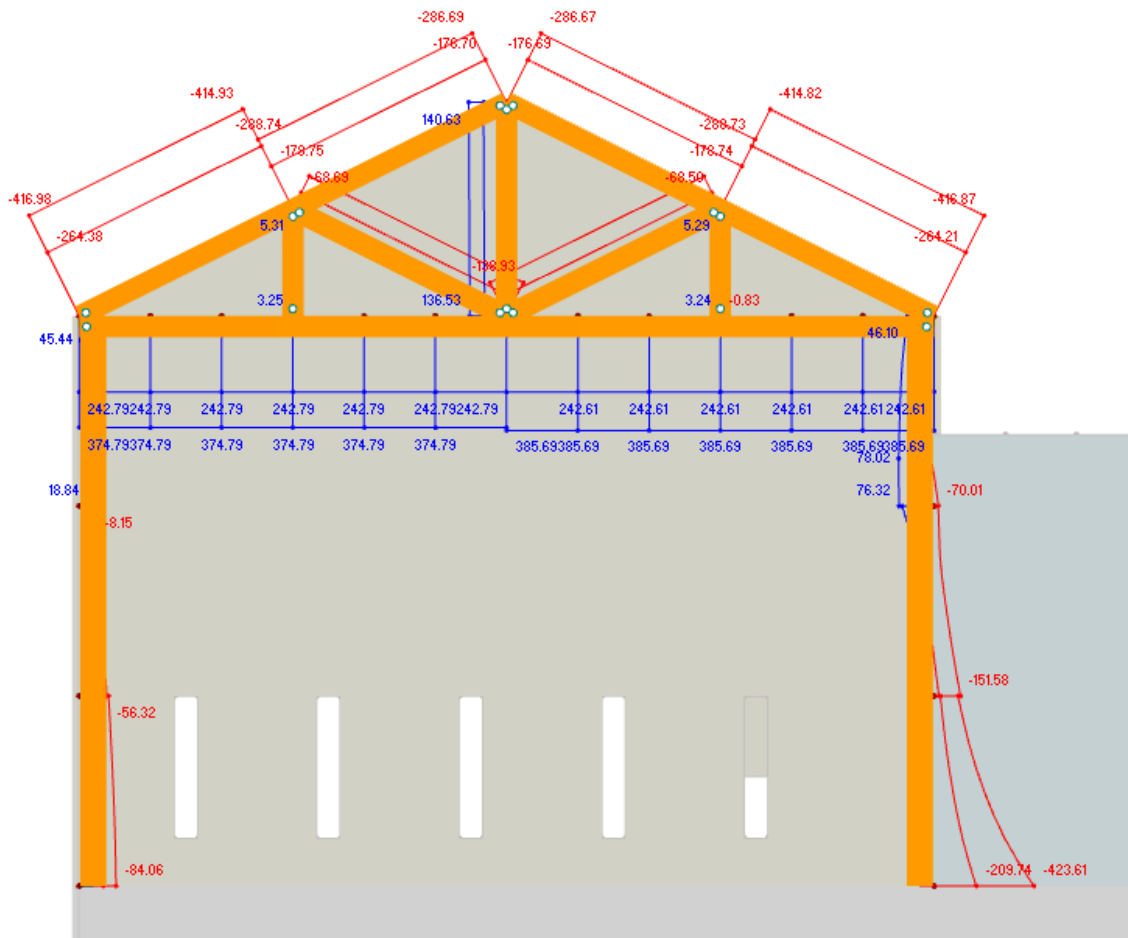


Ilustración 112. Pórtico de la nave de la piscina. Esfuerzos normales.

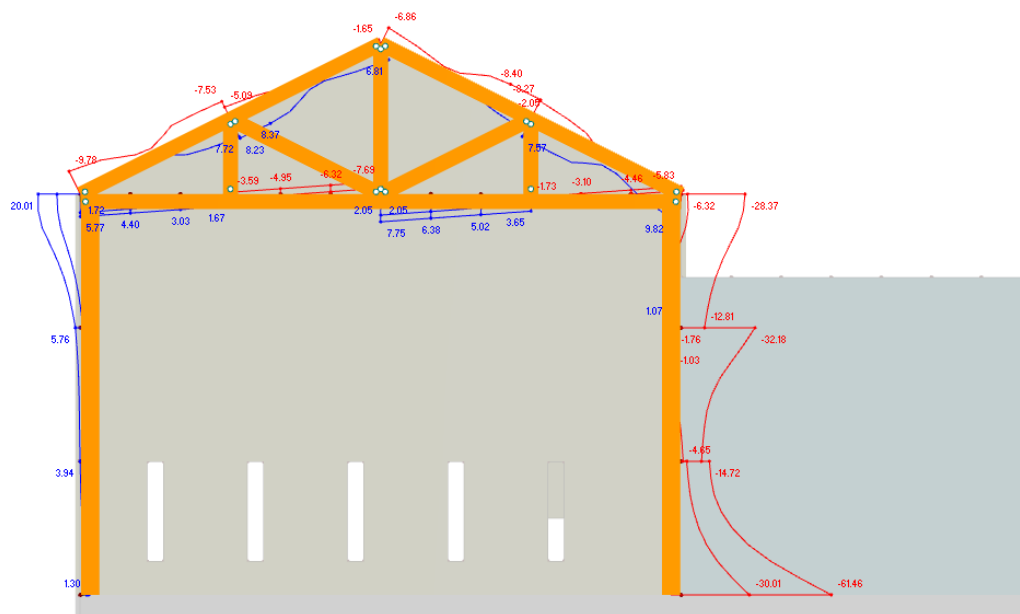


Ilustración 113. Pórtico de la nave de la piscina. Esfuerzos cortantes.



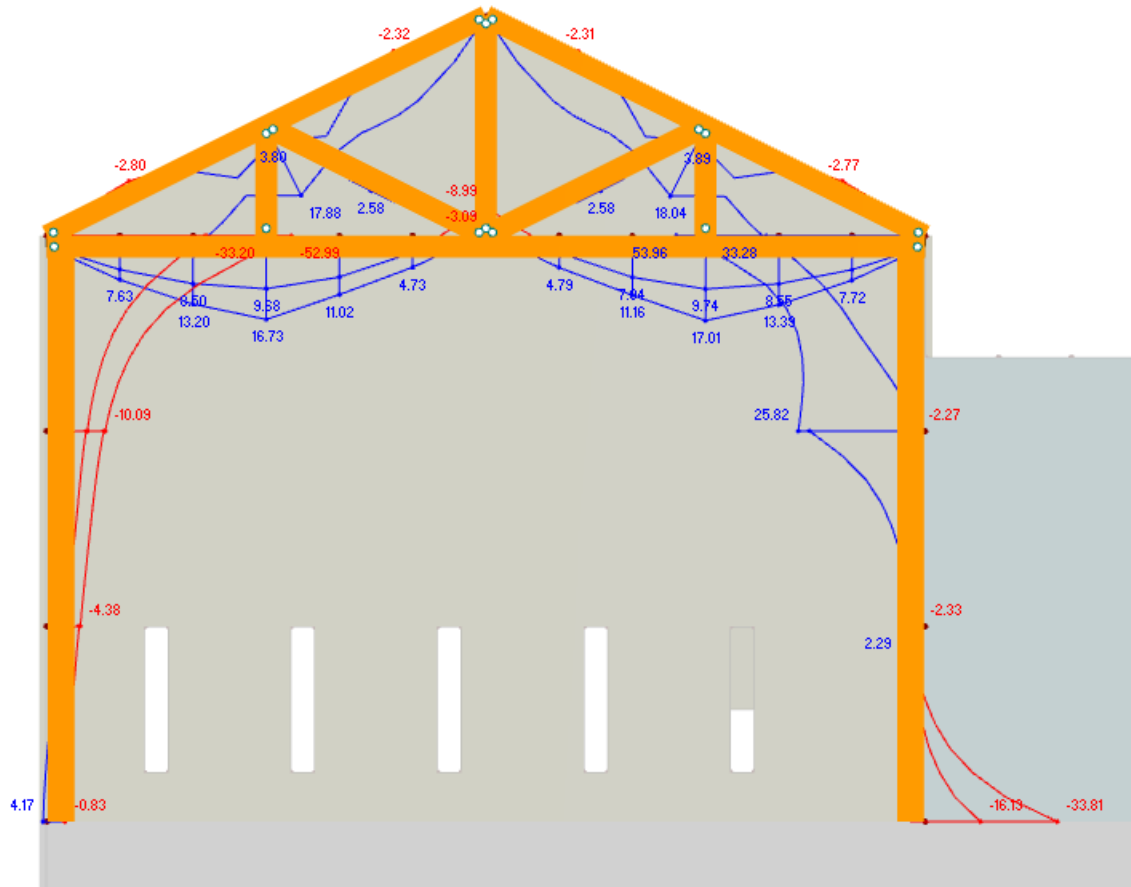


Ilustración 114. Pórtico de la nave de la piscina. Momentos flectores.

### 1.3. DEFORMACIONES EN SUPERFICIES

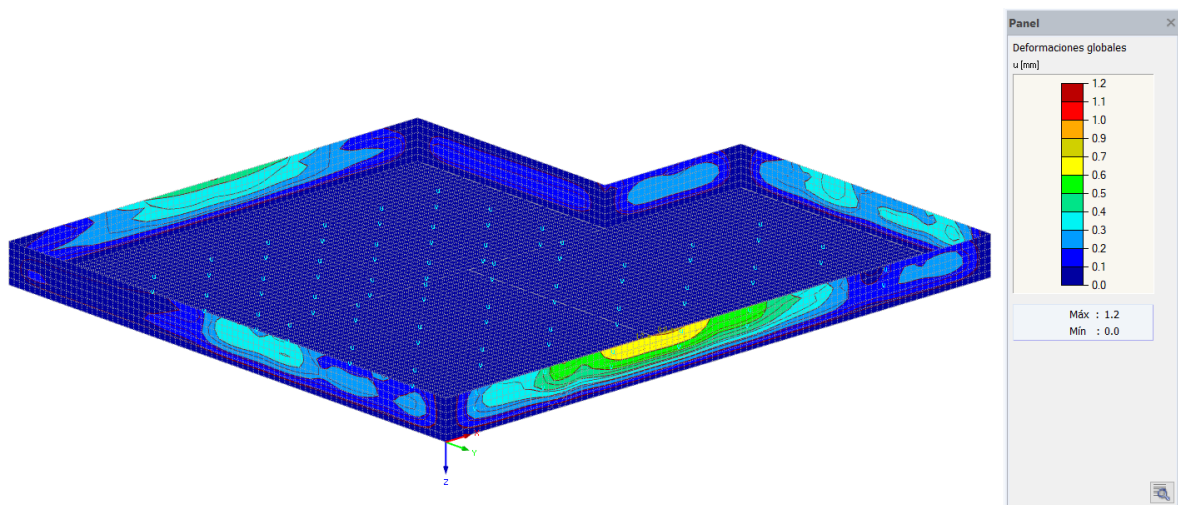
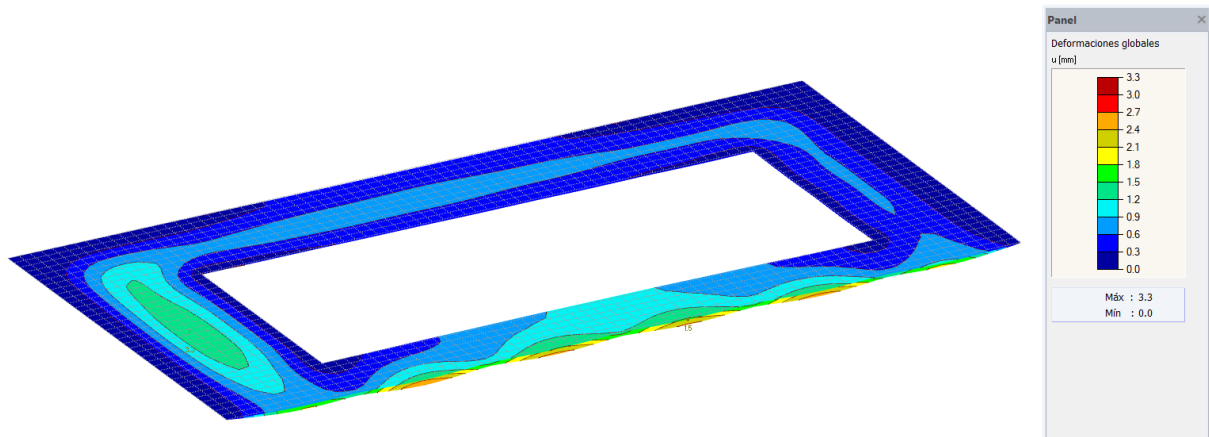


Ilustración 115. Deformaciones globales en la solera y en los muros del sótano.

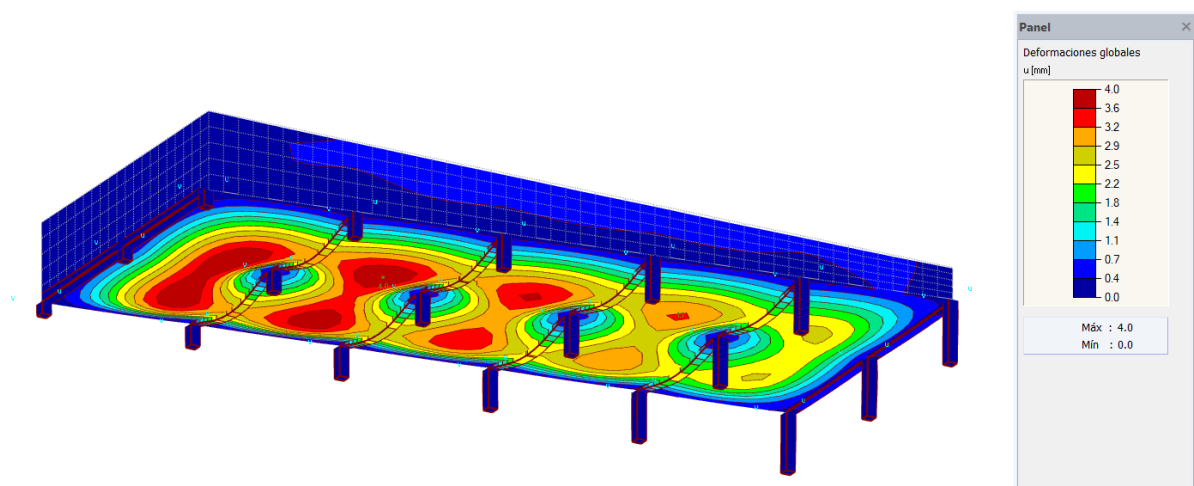


Las deformaciones globales en los muros y en la solera del sótano han alcanzado un máximo de 1,2 mm en el ELU. Aunque a priori parezca un valor pequeño y se pudiese pensar que podría optimizarse aún más el grosor de los muros en los que se da, mayores deformaciones mostraban errores de giro en los puntos donde estas aparecían. Dichos valores se han dado en el muro más largo (Ilustración 115) y hacia el interior del habitáculo, al igual que en el resto de muros, debido a los empujes laterales de terreno.



*Ilustración 116. Deformaciones globales en el suelo de la nave de la piscina.*

En la Ilustración 116 se aprecian las deformaciones globales en el suelo de la nave de la piscina. Los valores máximos de deformación alcanzados coinciden con las vigas que contactan con la arista más cercana en la ilustración, en los puntos centrales de cada una de las luces de estas. Dichos valores alcanzan los 3,3 mm.



*Ilustración 117. Deformaciones globales en el vaso de la piscina.*

En la Ilustración 117 se observan las deformaciones máximas en las superficies de hormigón que componen el vaso de la piscina; estas se han dado en la cara inferior de la losa, alcanzando un valor de 4 mm en los puntos más comprometidos.

## 1.4. TENSIONES EN SUPERFICIES

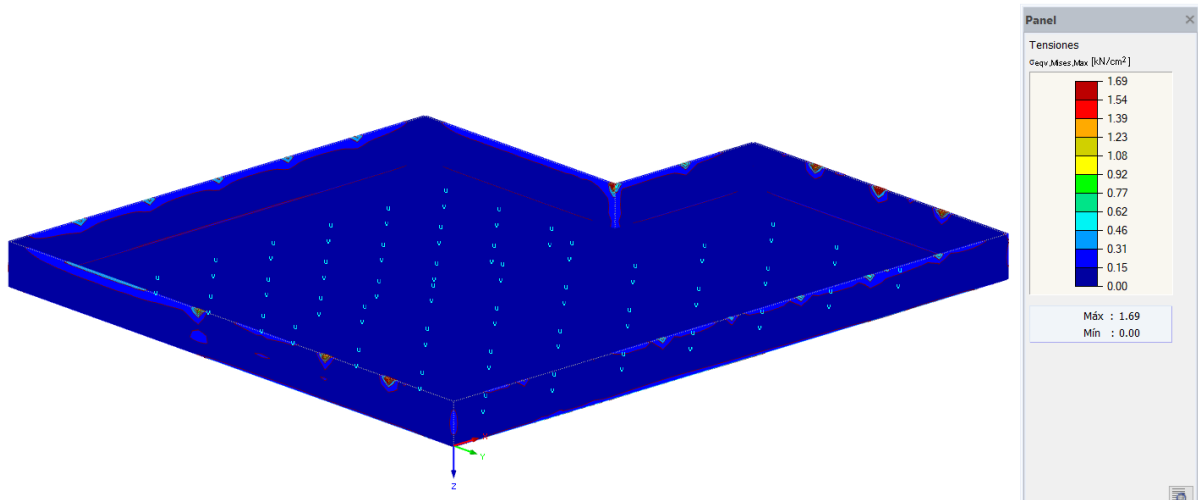


Ilustración 118. Tensiones equivalentes máximas de Von Mises en la solera y en los muros del sótano.

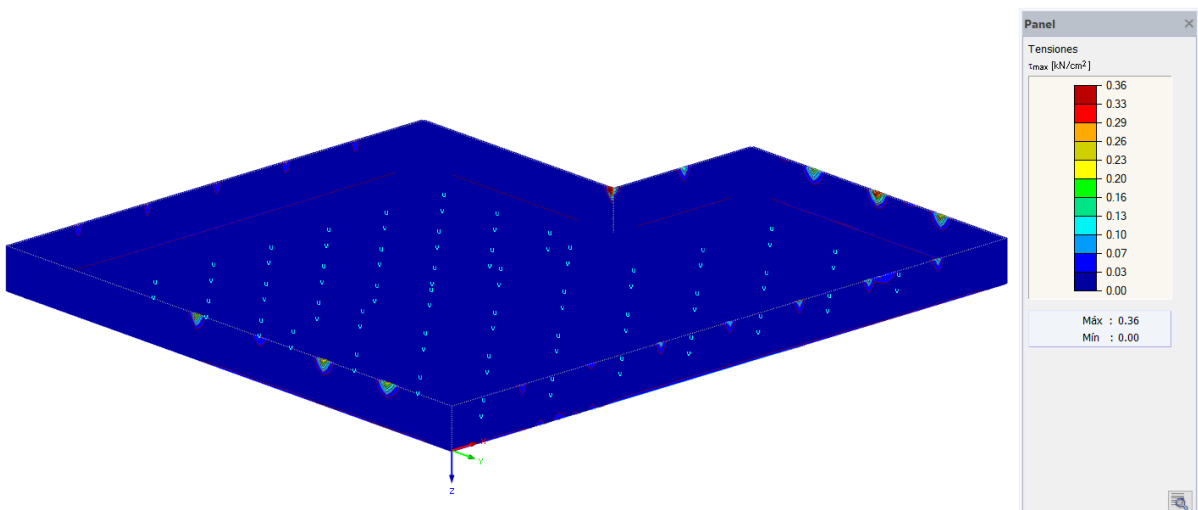


Ilustración 119. Tensiones tangenciales máximas en la solera y en los muros del sótano.

En la Ilustración 118 y en la Ilustración 119 se pueden observar las tensiones equivalentes máximas de Von Mises y las tensiones tangenciales máximas en las superficies que componen la estructura del sótano, respectivamente; en el primero, los valores máximos alcanzan los 1,69 kN/cm<sup>2</sup>, y en el segundo, tan solo 0,36 kN/cm<sup>2</sup>, ambas en los puntos de contacto entre los muros y las columnas del sótano.

En la Ilustración 120 y en la Ilustración 121 pueden observarse las mismas tensiones en el suelo de la nave de la piscina. Los valores máximos de las tensiones equivalentes máximas de Von Mises son de 0,34 kN/cm<sup>2</sup>; los valores máximos de las tensiones tangenciales máximas son 0,17 kN/cm<sup>2</sup>. Ambos valores se dan en los puntos de contacto entre la losa y columnas del sótano.

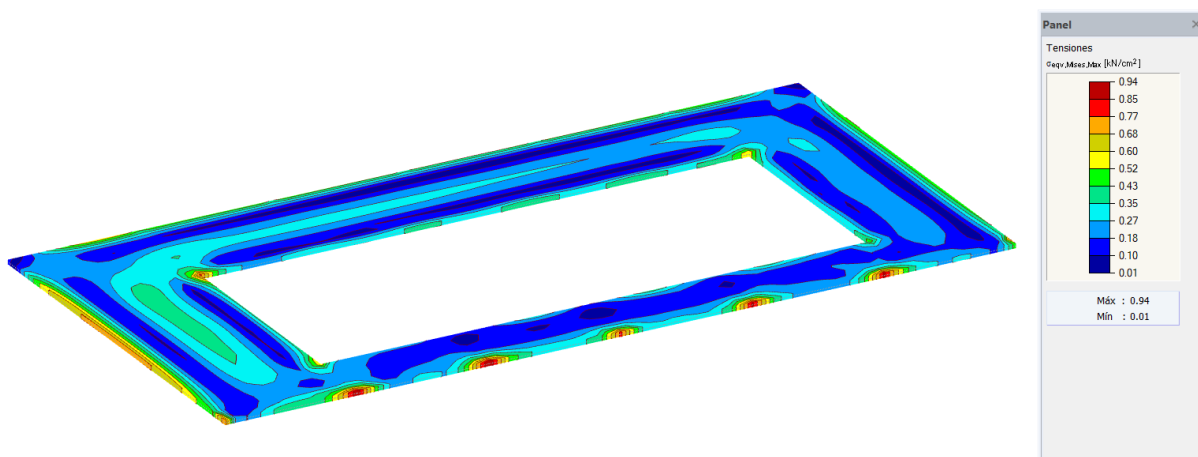


Ilustración 120. Tensiones equivalentes máximas de Von Mises en el suelo de la nave de la piscina.

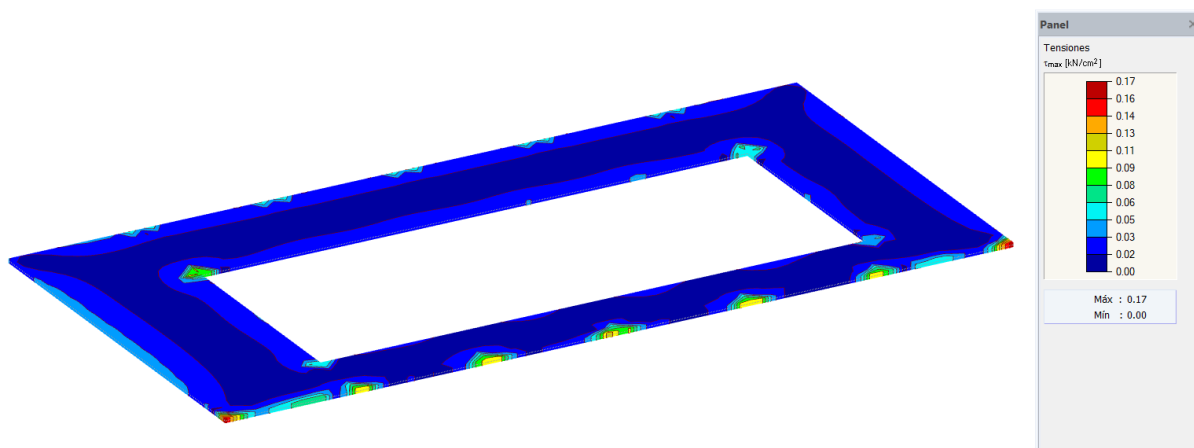


Ilustración 121. Tensiones tangenciales máximas de Von Mises en el suelo de la nave de la piscina.

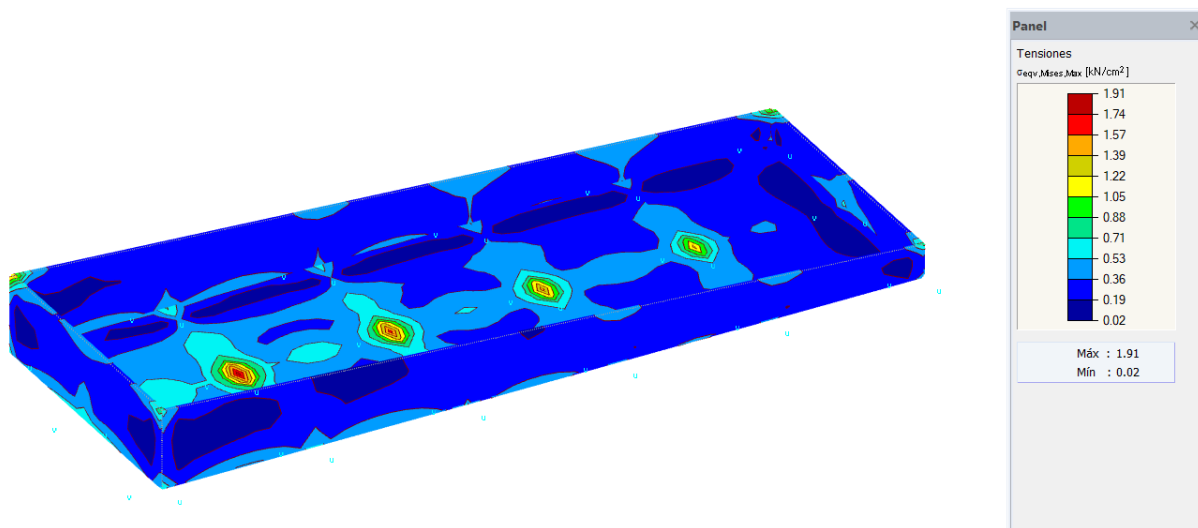


Ilustración 122. Tensiones equivalentes máximas de Von Mises en el vaso de la piscina.



Las reacciones de mayor valor han alcanzado los 1150 kN en las zapatas centrales (Ilustración 124).

## 2. RESULTADOS EN RF-CONCRETE Surfaces

### 2.1. ARMADURA NECESARIA

En las siguientes ilustraciones, se muestran las cantidades de armadura necesarias para cada superficie de hormigón armado.

Superf. núm.	A Punto núm.	B Coordenadas del punto [m]			E Símbolo	F Armadura necesaria	G Armadura básica	H Armadura adicional		J Unidad
		X	Y	Z				Necesaria	Existente	
30	M26 - E7	12.000	-18.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	2.46	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M16	24.000	-24.000	0.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	2.46	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M42854	0.000	-15.500	0.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	4.19	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M127 - E	12.000	0.000	0.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	7.57	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M127 - E	12.000	0.000	0.000	a <sub>sw</sub>	18.80	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
31	M30	24.000	-18.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	2.46	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M4	36.000	-24.000	0.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	2.46	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M32839	48.000	-15.000	0.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	4.01	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M160	24.000	0.000	0.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	5.03	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
32	M2	48.000	0.000	0.000	a <sub>sw</sub>	0.00	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
	M4	36.000	-24.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	2.46	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M14	30.000	-24.000	0.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	2.46	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M165	0.000	-24.000	0.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	3.05	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M43562	20.000	-42.000	0.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	3.91	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
M4	36.000	-24.000	0.000	a <sub>sw</sub>	0.00	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	

Ilustración 125. Armadura necesaria en las losas del sótano.

Superf. núm.	A	B			C	D	E	F	G	H		I	J
	Punto núm.	Coordenadas del punto [m]			X	Y	Z	Símbolo	Armadura necesaria	Armadura básica	Armadura adicional		Unidad
		X	Y	Z						Necesaria	Existente		
1	M1	0.000	0.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M1	0.000	0.000	0.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M313	37.500	0.000	-3.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)		7.15	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M313	37.500	0.000	-3.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)		5.98	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M102	42.000	0.000	-3.000	a <sub>sw</sub>		9.74	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
2	M2	48.000	0.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M2	48.000	0.000	0.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M8	48.000	0.000	-3.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)		5.73	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M54	48.000	-12.000	-3.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)		15.13	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M54	48.000	-12.000	-3.000	a <sub>sw</sub>		29.76	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
3	M1162	36.500	-24.000	-3.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)		8.43	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M1162	36.500	-24.000	-3.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)		8.10	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M1162	36.500	-24.000	-3.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)		7.66	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M3	48.000	-24.000	0.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M98	42.000	-24.000	-3.000	a <sub>sw</sub>		11.69	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
4	M5	36.000	-42.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M4	36.000	-24.000	0.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M5	36.000	-42.000	0.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M4	36.000	-24.000	0.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M10	36.000	-24.000	-3.000	a <sub>sw</sub>		36.70	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
5	M5	36.000	-42.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M5	36.000	-42.000	0.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M5	36.000	-42.000	0.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M5	36.000	-42.000	0.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M5	36.000	-42.000	0.000	a <sub>sw</sub>		0.00	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
6	M1	0.000	0.000	0.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M71	0.000	-6.000	-3.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)		13.94	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M1	0.000	0.000	0.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)		5.52	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M1	0.000	0.000	0.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)		4.80	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M55	0.000	-12.000	-3.000	a <sub>sw</sub>		21.17	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	

Ilustración 126. Armadura necesaria en los muros del sótano.

Siendo las superficies 30, 31 y 32 aquellas que se muestran en la Ilustración 13 (en orden: de arriba abajo).

Superf. núm.	A	B			C	D	E	F	G	H		I	J
	Punto núm.	Coordenadas del punto [m]			X	Y	Z	Símbolo	Armadura necesaria	Armadura básica	Armadura adicional		Unidad
		X	Y	Z						Necesaria	Existente		
11	M100 - E	11.000	-32.000	-0.800	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)		17.81	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M100 - E	11.000	-32.000	-0.800	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)		25.98	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M3501	10.000	-34.000	-0.740	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)		5.72	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M3446	8.500	-33.000	-0.650	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)		6.58	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m	
	M96	6.000	-32.000	-0.500	a <sub>sw</sub>		34.20	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	

Ilustración 127. Armadura necesaria en la losa del vaso de la piscina.



Superf. núm.	A	B			C	D	E	F	G	H		I	J
	Punto núm.	Coordenadas del punto [m]			X	Y	Z	Símbolo	Armadura necesaria	Armadura básica	Necesaria	Existente	Unidad
7	M75	31.000	-27.000	-3.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	3.68	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M43168	30.500	-27.000	-3.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	7.82	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M79	31.000	-27.000	-2.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	3.68	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M75	31.000	-27.000	-3.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	3.20	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M75	31.000	-27.000	-3.000	a <sub>sw</sub>	22.83	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
8	M74	31.000	-37.000	-3.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	3.68	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M43266	31.000	-36.500	-3.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	9.59	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M78	31.000	-37.000	-2.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	3.68	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M74	31.000	-37.000	-3.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	3.20	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M74	31.000	-37.000	-3.000	a <sub>sw</sub>	28.74	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
9	M78	31.000	-37.000	-2.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	3.68	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M73	6.000	-37.000	-3.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	3.20	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M43383	30.500	-37.000	-3.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	4.40	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M43383	30.500	-37.000	-3.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	11.26	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M74	31.000	-37.000	-3.000	a <sub>sw</sub>	33.96	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
10	M80	6.000	-37.000	-0.500	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	3.68	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M73	6.000	-37.000	-3.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	3.20	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M3250	6.000	-36.500	-0.500	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	4.35	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M3344	6.000	-36.500	-3.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	9.00	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M73	6.000	-37.000	-3.000	a <sub>sw</sub>	28.92	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

Ilustración 128. Armadura necesaria en los muros del vaso de la piscina.

Superf. núm.	A	B			C	D	E	F	G	H		I	J
	Punto núm.	Coordenadas del punto [m]			X	Y	Z	Símbolo	Armadura necesaria	Armadura básica	Necesaria	Existente	Unidad
12	M23	6.000	-24.000	-3.000	a <sub>s,1,-z</sub> (superior)	12.13	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M21	12.000	-24.000	-3.000	a <sub>s,2,-z</sub> (superior)	9.48	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M4593	3.500	-32.500	-3.000	a <sub>s,1,+z</sub> (inferior)	3.86	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M4852	9.500	-39.500	-3.000	a <sub>s,2,+z</sub> (inferior)	3.65	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m
	M10	36.000	-24.000	-3.000	a <sub>sw</sub>	16.83	-	-	-	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

Ilustración 129. Armadura necesaria en el suelo de la nave de la piscina.

### 3. RESULTADOS EN RF-CONCRETE Members

#### 3.1. ARMADURA EXISTENTE

**Vigas del vaso de la piscina:** 250 x 300 mm<sup>2</sup>.

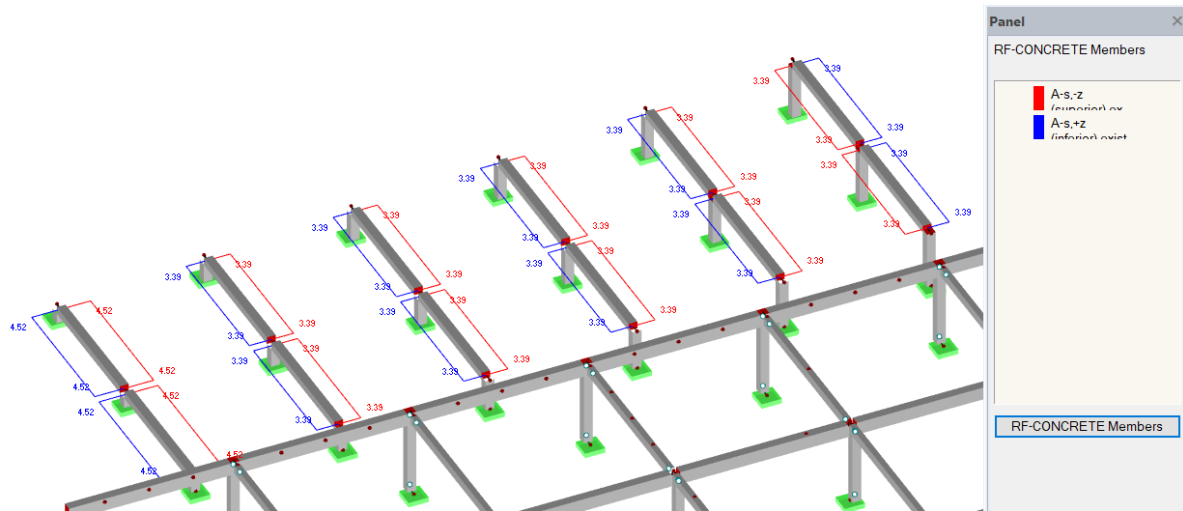


Ilustración 130. Cantidad de armadura existente en las vigas del vaso de la piscina.

El valor máximo es de 4,52 cm<sup>2</sup> en armadura superior y en armadura inferior.

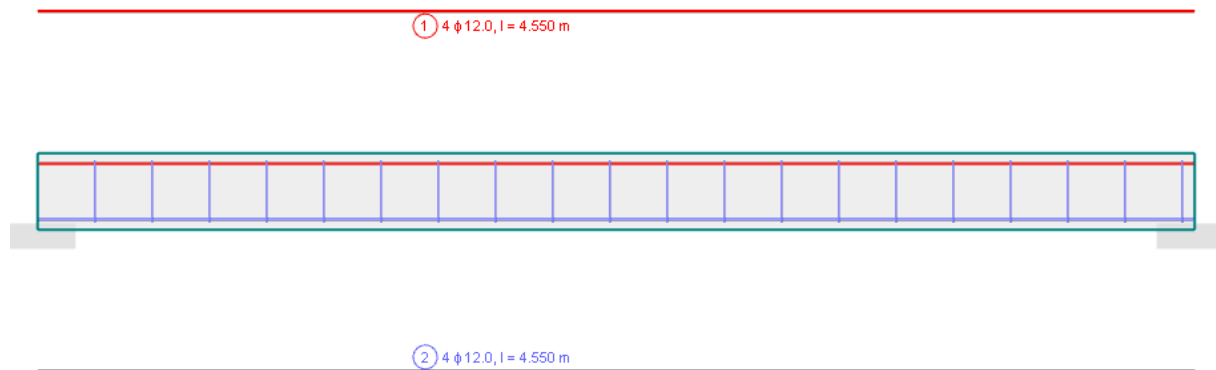


Ilustración 131. Ejemplo de armadura longitudinal en las vigas del vaso de la piscina.

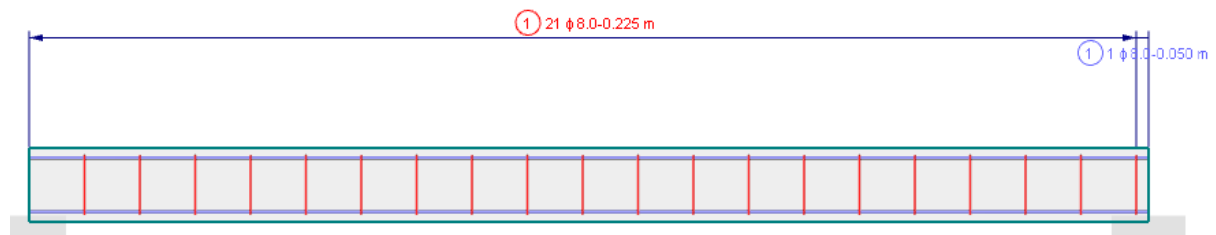


Ilustración 132. Ejemplo de armadura a cortante de una de las vigas del vaso de la piscina.



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Elemento num.	Tipo de armadura	d <sub>s</sub> [mm]	Superficie	Núm. de barras	Longitud [m]	Inicio	Tipo de anclaje	Fin	Diámetro de doblado [m]	Peso [kg]
<b>Material núm. 3 - Armadura pasiva B 500 S (A)</b>										
1	Longitudinal	12.0	Nervada	76	4.550	Recto		Recto		307.01
2	Cerco	8.0	Nervada	264	1.078	Gancho		Gancho	0.032	112.32
Total				340						419.33

Ilustración 133. Lista de aceros de las vigas del vaso de la piscina.

**Vigas principales del sótano: 300 x 450 mm<sup>2</sup>.**

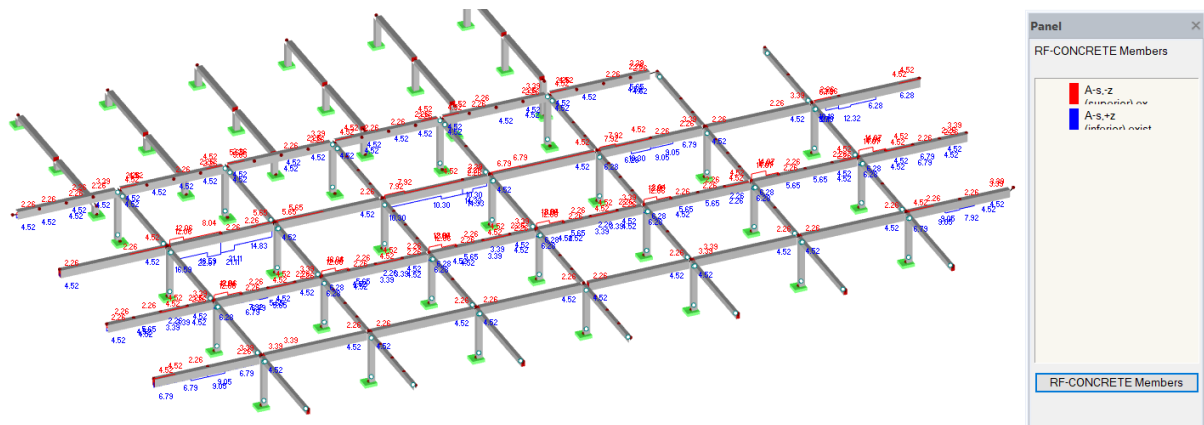


Ilustración 134. Cantidad de armadura existente en las vigas principales del sótano.

El valor máximo es de 9,05 cm<sup>2</sup> en armadura inferior y en un caso puntual. El resto de armados no alcanza valores superiores a los 6 cm<sup>2</sup>.

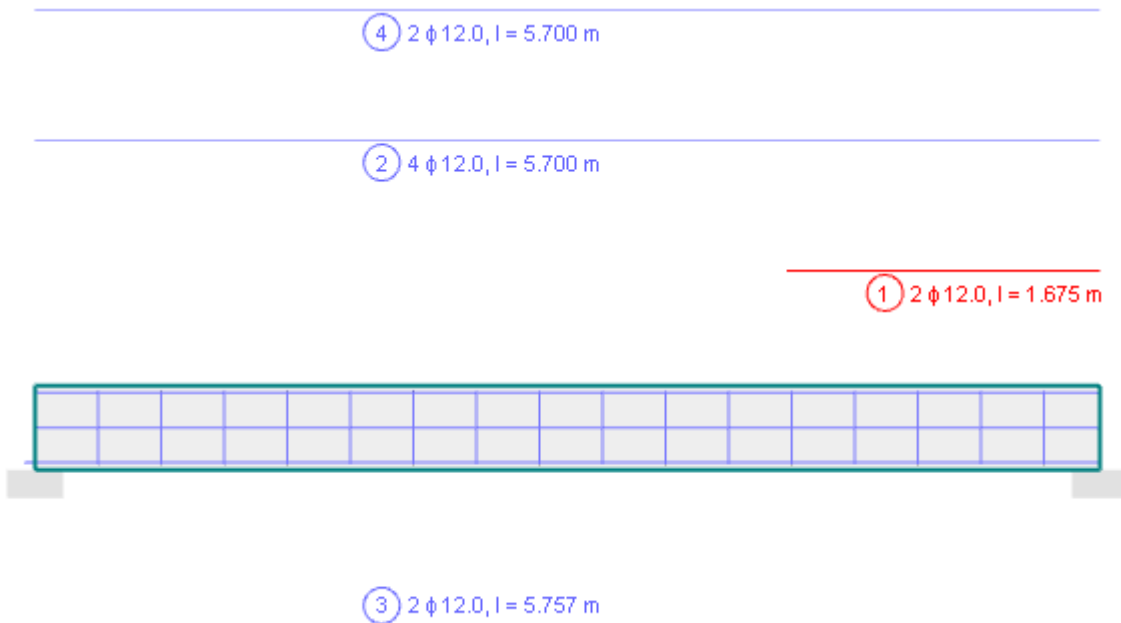


Ilustración 135. Ejemplo de armadura longitudinal en las vigas principales del sótano.

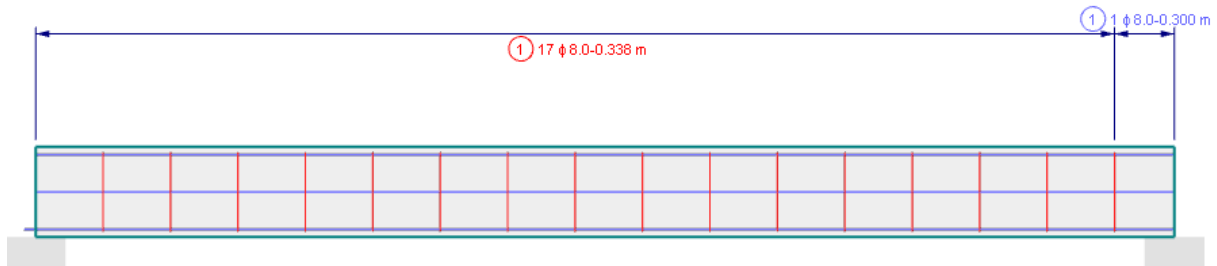
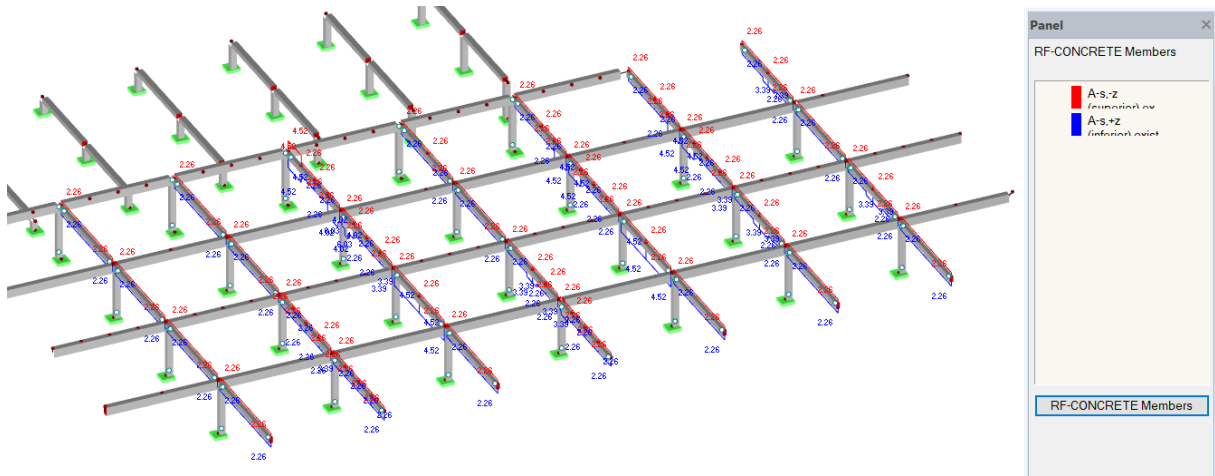


Ilustración 136. Ejemplo de armadura a cortante en una de las vigas principales del sótano.

A	B	C	D	E	F	G		H	I	J
Element núm.	Tipo de armadura	$d_s$ [mm]	Superficie	Núm. de barras	Longitud [m]	Inicio	Tipo de anclaje	Fin	Diámetro de doblado [m]	Peso [kg]
Material núm. 3 - Armadura pasiva B 500 S (A)										
1	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.823	Recto		Recto		0.73
2	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.881	Recto		Recto		0.78
3	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.013	Recto		Recto		0.90
4	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.472	Recto		Recto		2.61
5	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.015	Recto		Recto		1.80
6	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.013	Recto		Recto		0.90
7	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.015	Recto		Recto		1.80
8	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.014	Recto		Recto		0.90
9	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.910	Recto		Recto		1.70
10	Longitudinal	12.0	Nervada	4	1.017	Recto		Recto		3.61
11	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.582	Recto		Recto		2.81
12	Longitudinal	12.0	Nervada	3	1.231	Recto		Recto		3.28
13	Longitudinal	12.0	Nervada	4	1.734	Recto		Recto		6.16
14	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.964	Recto		Recto		0.86
15	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.052	Recto		Recto		5.42
16	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.870	Recto		Recto		3.32
17	Longitudinal	12.0	Nervada	4	3.250	Recto		Recto		11.54
18	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.675	Recto		Recto		2.97
19	Longitudinal	12.0	Nervada	2	5.757	Recto		Recto		10.22
20	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.810	Recto		Recto		0.72
21	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.602	Recto		Recto		2.85
22	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.156	Recto		Recto		1.03
23	Longitudinal	12.0	Nervada	2	2.690	Recto		Recto		4.78
24	Longitudinal	12.0	Nervada	2	5.806	Recto		Recto		10.31
25	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.975	Recto		Recto		0.87
26	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.251	Recto		Recto		2.22
27	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.226	Recto		Recto		5.73
28	Longitudinal	12.0	Nervada	2	2.040	Recto		Recto		3.62
29	Longitudinal	12.0	Nervada	2	5.850	Recto		Recto		10.39
30	Longitudinal	12.0	Nervada	2	5.858	Recto		Recto		10.40
31	Longitudinal	12.0	Nervada	2	5.850	Sin anclaje		Sin anclaje		10.39
32	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.015	Recto		Recto		1.80
33	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.544	Recto		Recto		2.74
34	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.766	Recto		Recto		3.14

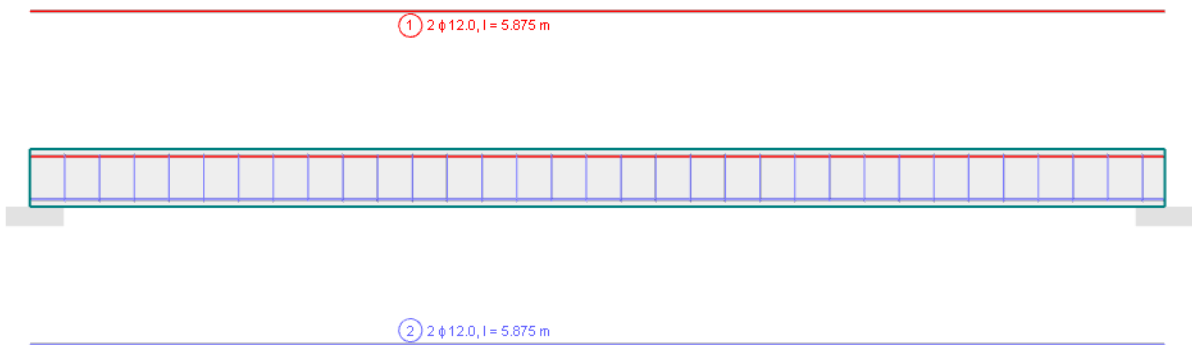
Ilustración 137. Lista de acero de las vigas principales del sótano.

**Vigas de atado:** 200 x 300 mm<sup>2</sup>.

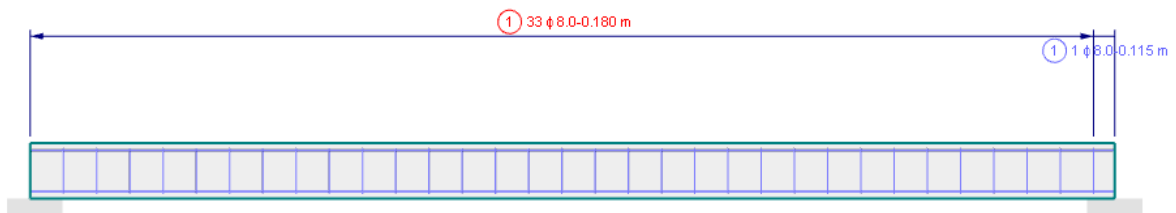


*Ilustración 138. Cantidad de armadura existente en las vigas de atado.*

El valor máximo de armado es de 4,52 cm<sup>2</sup> en la armadura inferior.



*Ilustración 139. Ejemplo de armadura longitudinal en las vigas de atado.*



*Ilustración 140. Ejemplo de armadura a cortante en una de las vigas de atado.*

A	B	C	D	E	F	G		H	I	J
Element num.	Tipo de armadura	d <sub>s</sub> [mm]	Superficie	Núm. de barras	Longitud [m]	Tipo de anclaje			Diámetro de doblado [m]	Peso [kg]
						Inicio		Fin		
<b>Material núm. 3 - Armadura pasiva B 500 S (A)</b>										
1	Longitudinal	12.0	Nervada	8	5.875		Recto			41.73
2	Longitudinal	12.0	Nervada	8	1.645		Recto			11.68
3	Longitudinal	12.0	Nervada	4	3.198		Recto			11.36
4	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.342		Recto			5.93
5	Longitudinal	12.0	Nervada	2	2.978		Recto			5.29
6	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.130		Recto			1.00
7	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.129		Recto			5.56
8	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.890		Recto			0.79
9	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.498		Recto			2.66
10	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.338		Recto			5.93
11	Longitudinal	12.0	Nervada	4	3.192		Recto			11.34
12	Longitudinal	12.0	Nervada	6	3.145		Recto			16.75
13	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.303		Recto			5.86
14	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.162		Recto			1.03
15	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.138		Recto			5.57
16	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.126		Recto			5.55
17	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.056		Recto			0.94
18	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.284		Recto			5.83
19	Longitudinal	12.0	Nervada	20	5.700		Recto			101.21
20	Longitudinal	12.0	Nervada	1	1.266		Recto			1.12
21	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.151		Recto			5.60
22	Longitudinal	12.0	Nervada	20	5.850		Recto			103.87
23	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.847		Recto			3.28
24	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.783		Recto			3.17
25	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.609		Recto			0.54
26	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.482		Recto			2.63
27	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.762		Recto			3.13
28	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.801		Recto			3.20
29	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.765		Recto			3.13
30	Longitudinal	12.0	Nervada	1	0.925		Recto			0.82
31	Longitudinal	12.0	Nervada	4	3.016		Recto			10.71
32	Longitudinal	12.0	Nervada	4	3.153		Recto			11.20
33	Longitudinal	12.0	Nervada	2	3.142		Recto			5.58
34	Longitudinal	12.0	Nervada	2	1.748		Recto			3.10

*Ilustración 141. Lista de acero de las vigas de atado.*

### 3.2. COMPORTAMIENTO EN SERVICIO

Todas las vigas han demostrado tener un comportamiento en servicio que se ajusta a la normativa vigente. Así, en las vigas del vaso de la piscina, la viga más comprometida de este grupo está solicitada a un 96 %; de las vigas principales, la más solicitada trabaja a un 94 % de su capacidad; y de las vigas de atado, la más solicitada trabaja a un 67 % de su capacidad.

## 4. RESULTADOS EN RF-CONCRETE Columns

### 4.1. ARMADURA EXISTENTE

Todas las columnas tienen una sección de hormigón armado de 300 x 300 mm<sup>2</sup>.

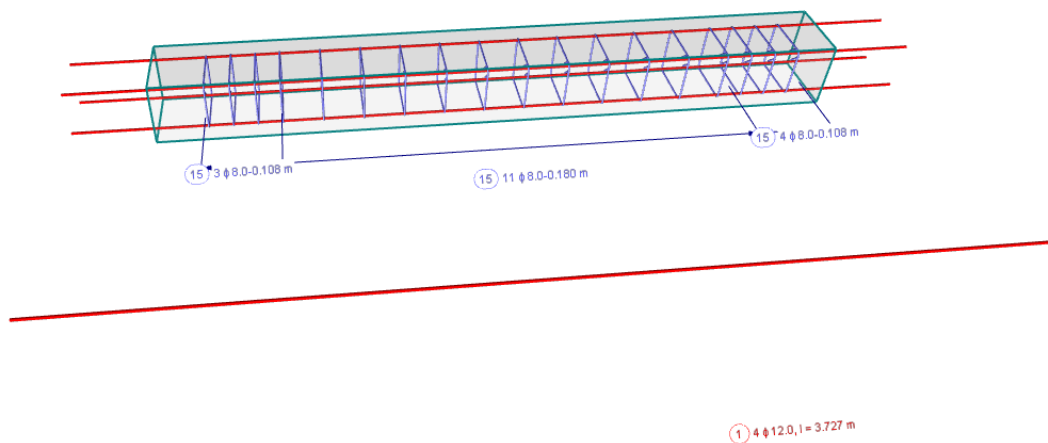


Ilustración 142. Armadura existente en las columnas de hormigón armado del sótano.

Elem. núm.	A	B	C	D	E	F		G	H	I
	Tipo de armadura	d <sub>s</sub> [mm]	Tipo de superficie	Núm. de barras	Longitud [m]	Inicio	Tipo de anclaje	Final	Diámetro de doblado [mm]	Peso [kg]
Material núm. 3 - Armadura pasiva B 500 S (A)										
1	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	20	3.727	Recto		Recto		66.17
2	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	84	3.502	Recto		Recto		261.13
3	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	4	1.227	Recto		Recto		4.36
4	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	4	1.527	Recto		Recto		5.42
5	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	4	1.827	Recto		Recto		6.49
6	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	4	2.127	Recto		Recto		7.55
7	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	4	2.427	Recto		Recto		8.62
8	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	4	2.727	Recto		Recto		9.68
9	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	8	1.102	Recto		Recto		7.82
10	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	8	1.402	Recto		Recto		9.95
11	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	8	1.702	Recto		Recto		12.09
12	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	8	2.002	Recto		Recto		14.22
13	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	8	2.302	Recto		Recto		16.35
14	Armadura longitudinal	12.0	Nervada	8	2.602	Recto		Recto		18.48
15	Cortante	8.0	Nervada	558	1.092	Gancho		Gancho		243.88
Total				734						692.21

Ilustración 143. Lista de aceros de las columnas del sótano.

### 4.2. COMPORTAMIENTO EN SERVICIO

Todas las columnas han demostrado tener un comportamiento en servicio que se ajusta a la normativa vigente. Así, la columna más comprometida trabaja a un 95,41 % de su capacidad.

## 5. RESULTADOS EN RF-FOUNDATION Pro

Todas las zapatas se han diseñado con el mismo tamaño. Todas ellas están conformadas por acero corrugado y hormigón. Respecto a la geometría, se han calculado las dimensiones óptimas y los resultados obtenidos han sido los que se muestran en la Ilustración 144; en la Ilustración 145 puede observarse la disposición de las zapatas en obra.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
<b>▣ Pilar</b>			
— Dimensión en dirección x	$c_x$	0.400	m
— Dimensión en dirección y	$c_y$	0.400	m
<b>▣ Losa de cimentación</b>			
— Dimensión en dirección x	x	1.950	m
— Dimensión en dirección y	y	1.950	m
— Espesor de la losa	t	0.750	m

Ilustración 144. Dimensiones de las zapatas.

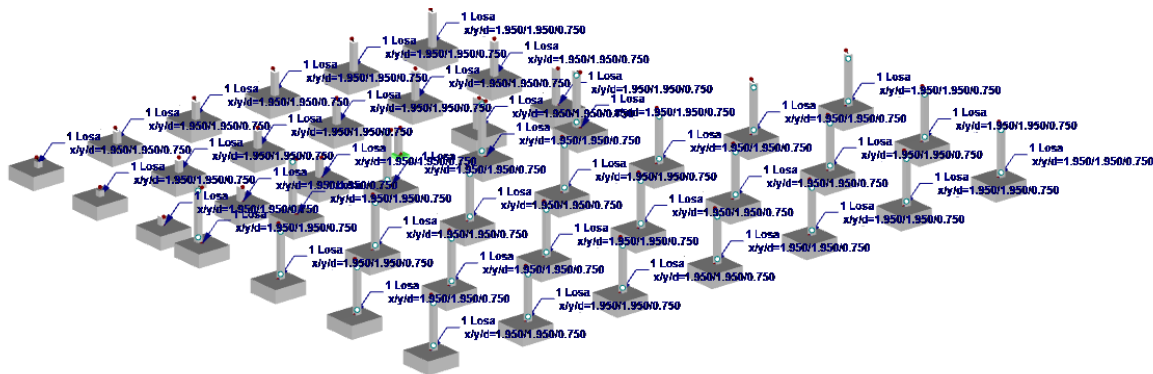


Ilustración 145. Disposición de las zapatas.

Tipo de cálculo	Determinante		Criterio de cálculo
	Nudo	CC	
Estado límite de equilibrio (EC 7. 2.4.7.2)	22	CR3:max P-X	0.917
Estado límite de levantamiento (EC 7. 2.4.7.4)	22	CR3:max P-X	0.701
Fallo del terreno (EC 7. 6.5.2)	99	CR1:max P-Y	0.952
Cargas con grandes excentricidades (EC 7. 6.5.4)	22	CR3:max P-X	0.789
Deslizamiento (EC 7. 6.5.3)	99	CR1:max P-Y	0.341
Fallo por flexión de la losa (EC 2. 6.1)	18	CR1:max P-Z	0.680
Punzonamiento (EC 2. 6.4)	18	CR1:max P-Z	0.272

Ilustración 146. Criterios de cálculo de las zapatas.

Asimismo, en la Ilustración 146 se muestran los resultados de los criterios de cálculos realizados en las zapatas. Se puede observar que cumple todos los criterios de cálculo, siendo el más limitante el fallo del terreno, con un 95,2 % de su límite de resistencia alcanzado, seguido por el Estado Límite de Equilibrio, con un 91,7 %. Así, en caso de fallo, este se producirá por fallos en el terreno.

La cubicación del hormigón ha dado los resultados que se observan en la Ilustración 147.

Cimentación núm.: 1		Clase de hormigón de cimentación: Hormigón C25/33
En los nudos: 14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34,36,40,42,44,46,48,50,52,56,58,60,62,64,66,68,83,85,88,93,95,99,101,104,106,108,110,112,114,116,118,120,122		
Núm. de cimentaciones: 43		
Descripción:		
	Volumen por cimentación [m <sup>3</sup> ]	Volumen de todas las cimentaciones [m <sup>3</sup> ]
Losa de cimentación	2.85	122.63

Ilustración 147. Cubicación del hormigón.

En cuanto al armado de las zapatas, se ha calculado el que se muestra en la Ilustración 148:

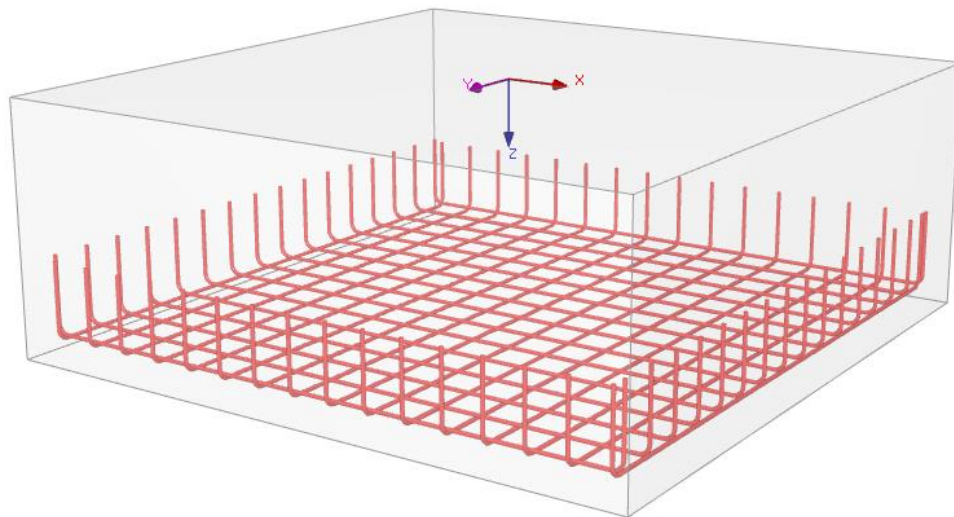


Ilustración 148. Armadura de las zapatas.

El listado de aceros necesarios en la obra se muestra en la Ilustración 149.

<b>General</b>							
Cimentación núm.: 1				Acero de la armadura: B 500 S (C)			
En los nudos: 14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34,36,40,42,44,46,48,50,52,56,58,60,62,64,66,68,83,85,88,93,95,99,101,104,106,108,110,112,114,116,118,120,122							
Núm. de cimentaciones: 43							
Descripción:							
<b>Mallas de la armadura pasiva inferior y superior</b>							
Posición Núm.	Direcc. de armadura principal	Tipo de malla	Peso [kg/m <sup>2</sup> ]	Área sin solape [m <sup>2</sup> ]	Peso por cimentación [kg]	Peso total [kg]	
<b>Barras de la armadura adicionales y armadura del cáliz</b>							
Posición Núm.	Número por cimentación	Número total	∅ [mm]	Long. de sección [cm]	Longitud total [m]		
					∅12	∅16	∅20
1	8	344	12	227.2	781.65		
2	8	344	12	227.2	781.65		
3	8	344	12	227.2	781.65		
4	8	344	12	227.2	781.65		
Fecha:				Tramo m	3126.61		
				kg/tramo m	0.89	1.58	2.47
Plano núm.:				kg	2775.85		
				Peso total:	<b>2775.85 kg</b>		

Ilustración 149. Listado de barras de acero para las zapatas.



## 6. RESULTADOS EN RF-PUNCH Pro

Por norma general, no ha sido necesario añadir armaduras especiales de punzonamiento, puesto que las armaduras principales dotaban ya a las losas de la resistencia necesaria para evitar este efecto. Ha habido dos puntos, en cambio, en los que sí ha sido necesario añadir dicha armadura (Ilustración 150).

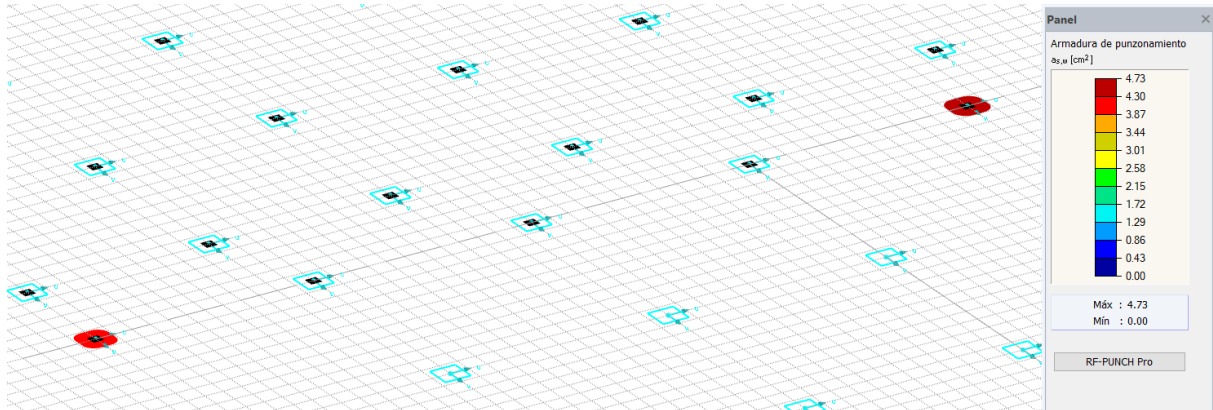


Ilustración 150. Zonas reforzadas con armadura de punzonamiento.

Los valores máximos de la armadura de punzonamiento se han alcanzado en la conexión losa-columna superior derecha, como se observa en la Ilustración 150, con un valor de 4,73  $\text{cm}^2$ .



## 7. RESULTADOS EN RF-TIMBER Pro

**Correas de la nave:** 240 x 460 mm<sup>2</sup>.

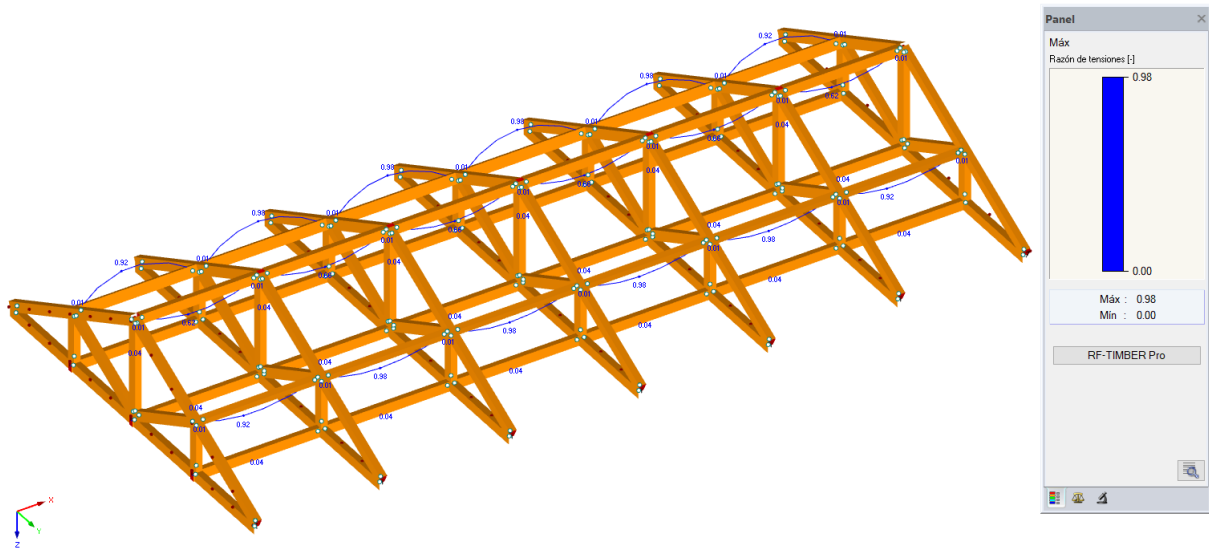


Ilustración 151. Razón de tensiones de las correas de cubierta de la nave de la piscina.

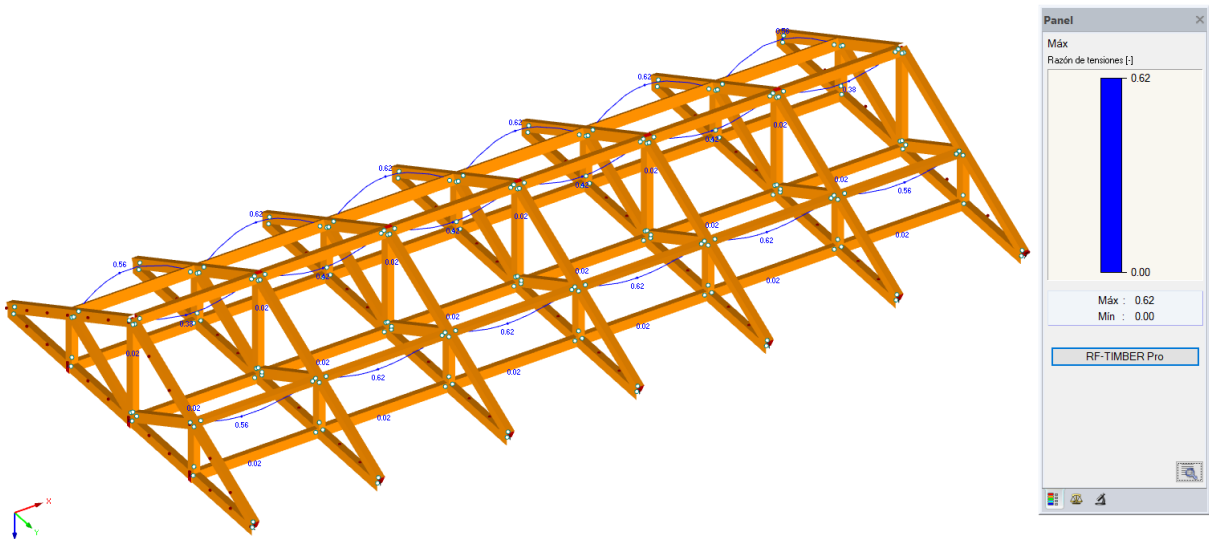


Ilustración 152. Porcentaje de deformaciones permitidas en las correas de cubierta de la nave de la piscina.

Pieza núm.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Descripción de la sección	Número de barras	Longitud [m]	Longitud total [m]	Área de super [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Peso unitario [kg/m]	Peso [kg]	Peso total [t]
1	10 - M-Rectángulo 240/460	18	6.00	108.00	151.20	11.92	55.20	331.20	5.962
2	10 - M-Rectángulo 240/460	6	5.50	33.00	46.20	3.64	55.20	303.60	1.822
3	10 - M-Rectángulo 240/460	12	5.70	68.40	95.76	7.55	55.20	314.64	3.776
Total		36		209.40	293.16	23.12			11.559

Ilustración 153. Listado de piezas para las correas de cubierta de la nave de la piscina.

En la Ilustración 151 y en la Ilustración 152 se observa que todas las correas cumplen los requisitos exigidos en la normativa, siendo la correa más solicitada aquella con una solicitación del 98 % de sus capacidades portantes, y deformándose un 62 % de lo que podría deformarse según normativa ( $L / 300$  o 20 mm).

En la Ilustración 153 se muestra la lista de piezas necesarias para conformar las correas de cubierta.

**Correas de fachada:** 450 x 450 mm<sup>2</sup>.

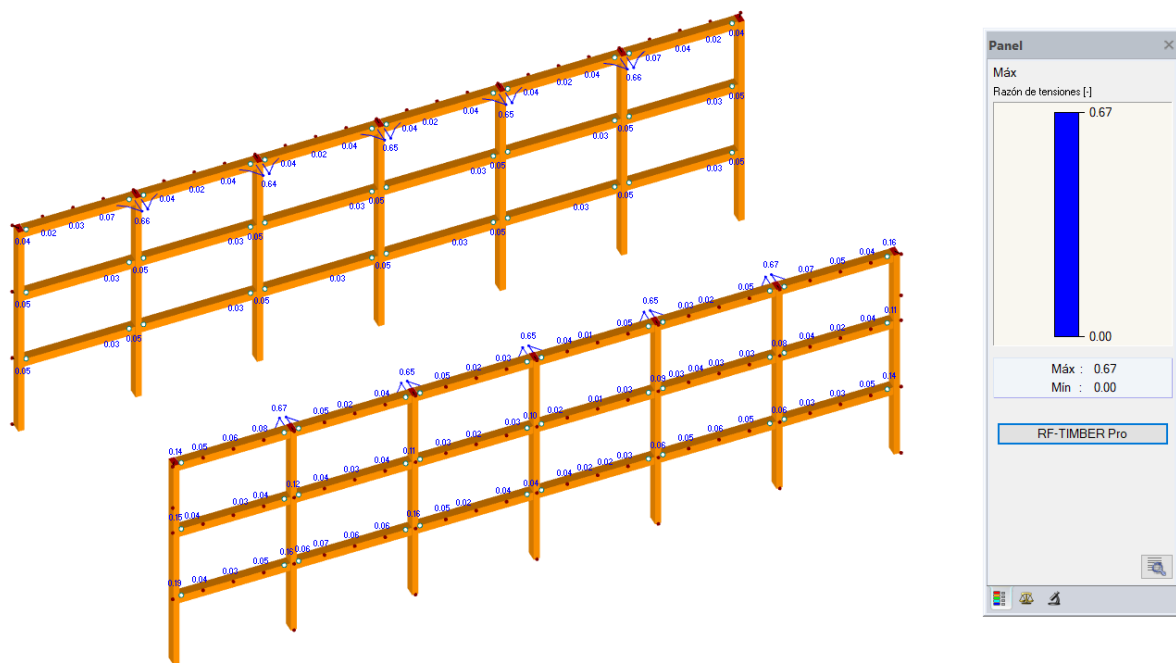


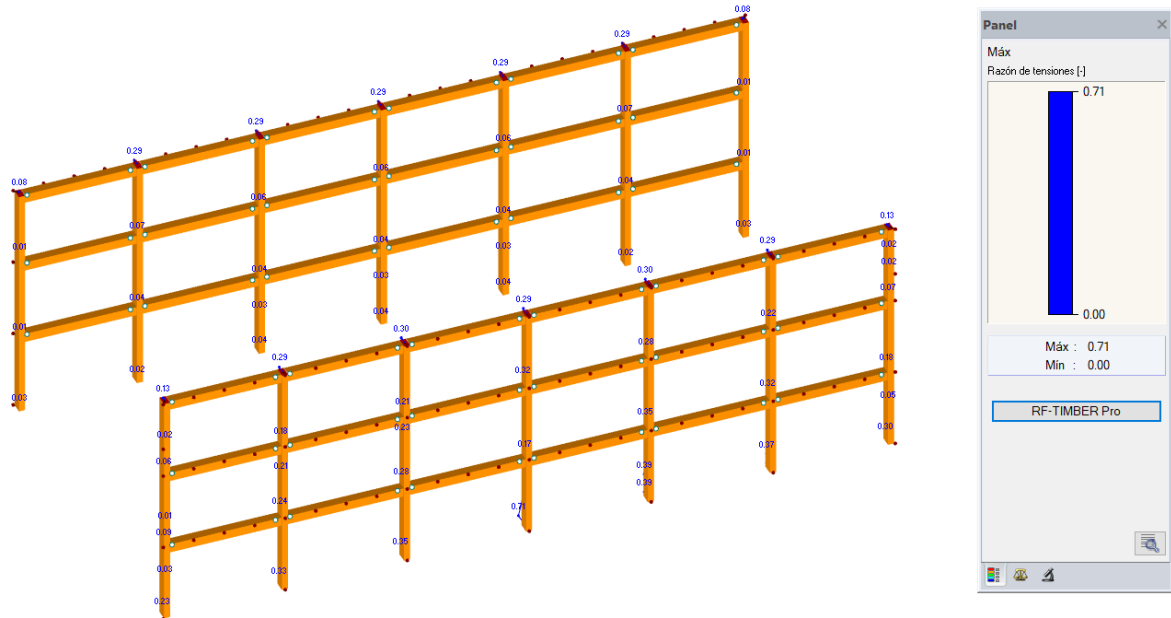
Ilustración 154. Razón de tensiones de las correas de fachada de la nave de la piscina.

En la Ilustración 154 se observa que las correas de fachada trabajan a un máximo del 67 % de su capacidad resistente. Además, las deformaciones son muy pequeñas, de tan solo el 2 % del límite permitido. En la Ilustración 155 se muestra la lista de piezas necesarias para hacer las correas de fachada de la nave de la piscina.

Pieza núm.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Descripción de la sección	Número de barras	Longitud [m]	Longitud total [m]	Área de super [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Peso unitario [kg/m]	Peso [kg]	Peso total [t]
1	9 - M-Rectángulo 450/450	48	1.50	72.00	129.60	14.58	101.25	151.88	7.290
2	9 - M-Rectángulo 450/450	40	1.35	54.00	97.20	10.94	101.25	136.69	5.468
3	9 - M-Rectángulo 450/450	8	1.15	9.20	16.56	1.86	101.25	116.44	0.932
4	9 - M-Rectángulo 450/450	4	5.50	22.00	39.60	4.46	101.25	556.88	2.228
5	9 - M-Rectángulo 450/450	8	5.70	45.60	82.08	9.23	101.25	577.13	4.617
Total		108		202.80	365.04	41.07			20.534

Ilustración 155. Listado de piezas para las correas de fachada de la nave de la piscina.

**Columnas de la nave:** 300 x 550 mm<sup>2</sup>.



*Ilustración 156. Razón de tensiones de las columnas de la nave de la piscina.*

En la Ilustración 156 se observa que las columnas de la nave trabajan a un máximo del 71 % de sus capacidades portantes. Además, las deformaciones son del orden del 6 % de las permitidas en la norma.

En la Ilustración 157 se muestra la lista de materiales necesaria para construir las columnas de la nave.

Pieza núm.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Descripción de la sección	Número de barras	Longitud [m]	Longitud total [m]	Área de super [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Peso unitario [kg/m]	Peso [kg]	Peso total [t]
1	11 - M-Rectángulo 300/550	40	4.00	160.00	272.00	26.40	82.50	330.00	13.200
2	11 - M-Rectángulo 300/550	2	2.50	5.00	8.50	0.83	82.50	206.25	0.412
3	11 - M-Rectángulo 300/550	2	1.50	3.00	5.10	0.50	82.50	123.75	0.248
Total		44		168.00	285.60	27.72			13.860

*Ilustración 157. Listado de piezas para las columnas de la nave de la piscina.*

**Cerchas de la nave:** 300 x 450 mm<sup>2</sup>.

En la Ilustración 158 se muestran las razones de tensiones de cada una de las barras de las cerchas, evidenciándose que todas ellas cumplen con la normativa actual, siendo la más solicitada aquella que trabaja al 48 % de sus capacidades portantes. Las deformaciones máximas son del orden del 7 % de las deformaciones máximas permitidas por la normativa.

En la Ilustración 159 se listan los materiales necesarios para conformar las cerchas de la nave de la piscina.

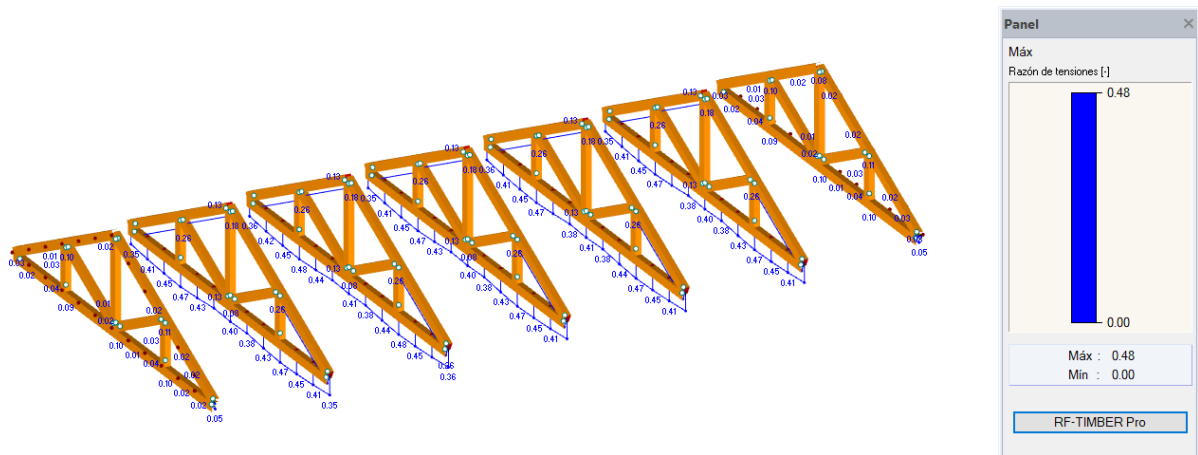


Ilustración 158. Razón de tensiones de las cerchas de la nave de la piscina.

Pieza núm.	A Descripción de la sección	B Número de barras	C Longitud [m]	D Longitud total [m]	E Área de super [m <sup>2</sup> ]	F Volumen [m <sup>3</sup> ]	G Peso unitario [kg/m]	H Peso [kg]	I Peso total [t]
1	12 - M-Rectángulo 300/450	24	1.68	40.25	60.37	5.43	67.50	113.20	2.717
2	12 - M-Rectángulo 300/450	84	1.50	126.00	189.00	17.01	67.50	101.25	8.505
3	12 - M-Rectángulo 300/450	7	4.50	31.50	47.25	4.25	67.50	303.75	2.126
4	12 - M-Rectángulo 300/450	34	5.03	171.06	256.59	23.09	67.50	339.60	11.546
5	12 - M-Rectángulo 300/450	14	2.25	31.50	47.25	4.25	67.50	151.88	2.126
Total		163		400.31	600.46	54.04			27.021

Ilustración 159. Listado de piezas para las cerchas de la nave de la piscina.

**Columnas de la nave principal:** 250 x 250 mm<sup>2</sup>.

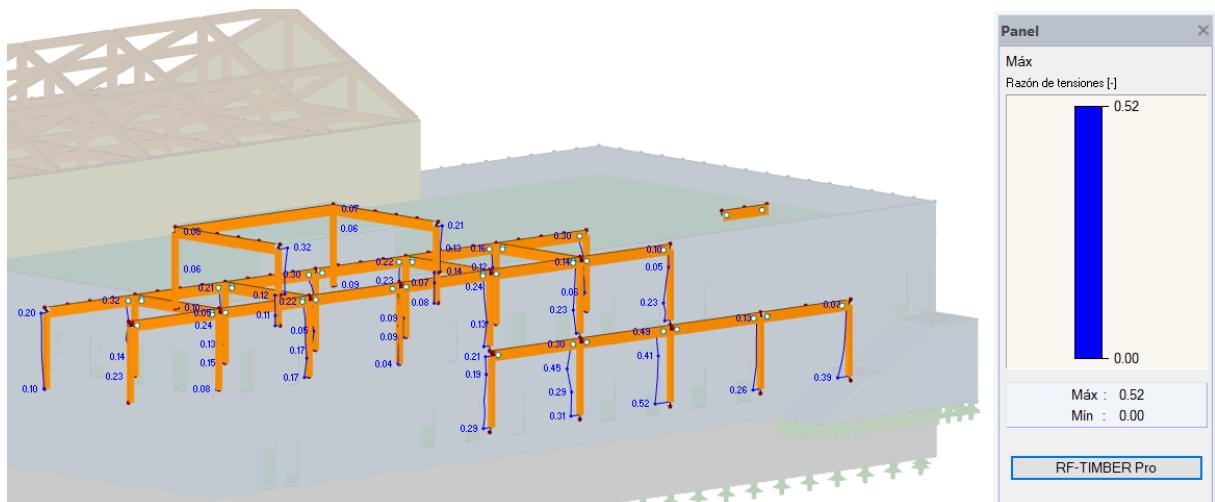


Ilustración 160. Razón de tensiones de las columnas del edificio principal.

En la Ilustración 160 se observan los porcentajes de la capacidad portante a los que trabajan las columnas de la nave del edificio principal. Puede observarse que el máximo es del 62 %, lo que evidencia el correcto dimensionamiento de las columnas. Las deformaciones máximas, además, son del orden del 5 % de las máximas permitidas por la normativa.

Pieza núm.	A Descripción de la sección	B Número de barras	C Longitud [m]	D Longitud total [m]	E Área de super [m <sup>2</sup> ]	F Volumen [m <sup>3</sup> ]	G Peso unitario [kg/m]	H Peso [kg]	I Peso total [t]
1	6 - M-Rectángulo 225/250	12	3.74	44.94	42.69	2.53	28.13	105.33	1.264
2	6 - M-Rectángulo 225/250	3	3.49	10.47	9.95	0.59	28.13	98.16	0.294
3	6 - M-Rectángulo 225/250	2	1.50	3.00	2.85	0.17	28.13	42.19	0.084
4	6 - M-Rectángulo 225/250	2	2.24	4.49	4.27	0.25	28.13	63.14	0.126
5	6 - M-Rectángulo 225/250	5	3.52	17.60	16.72	0.99	28.13	99.00	0.495
Total		24		80.50	76.47	4.53			2.264

Ilustración 161. Listado de piezas para las columnas de la nave principal.

En la Ilustración 161 se observa el listado de piezas y materiales necesarios para conformar las columnas de la nave principal

**Vigas de la nave principal:** 250 x 510 mm<sup>2</sup>.

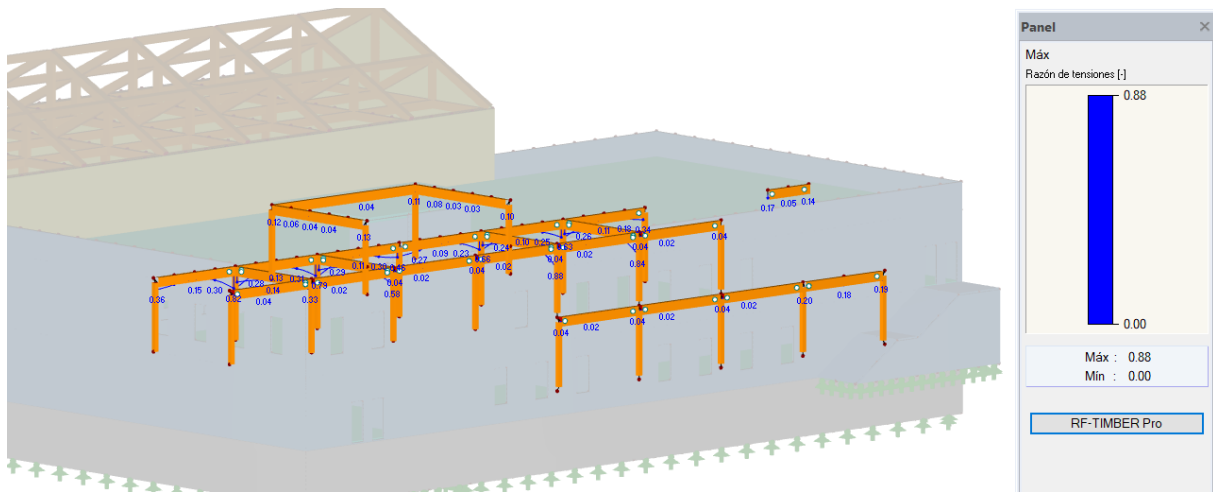


Ilustración 162. Rezón de tensiones de las vigas del edificio principal.

Pieza núm.	A Descripción de la sección	B Número de barras	C Longitud [m]	D Longitud total [m]	E Área de super [m <sup>2</sup> ]	F Volumen [m <sup>3</sup> ]	G Peso unitario [kg/m]	H Peso [kg]	I Peso total [t]
1	7 - M-Rectángulo 250/650	20	1.50	30.00	54.00	4.88	81.25	121.88	2.438
2	7 - M-Rectángulo 250/650	3	1.25	3.75	6.75	0.61	81.25	101.56	0.305
3	7 - M-Rectángulo 250/650	13	1.38	17.88	32.18	2.90	81.25	111.72	1.452
4	7 - M-Rectángulo 250/650	11	5.75	63.25	113.85	10.28	81.25	467.19	5.139
5	7 - M-Rectángulo 250/650	2	5.63	11.25	20.25	1.83	81.25	457.03	0.914
6	7 - M-Rectángulo 250/650	1	10.25	10.25	18.45	1.67	81.25	832.81	0.833
7	7 - M-Rectángulo 250/650	1	2.88	2.88	5.18	0.47	81.25	233.59	0.234
8	7 - M-Rectángulo 250/650	1	2.75	2.75	4.95	0.45	81.25	223.44	0.223
Total		52		142.00	255.60	23.07			11.538

Ilustración 163. Listado de piezas para las vigas de la nave principal.

En la Ilustración 162 se muestra la carga de trabajo a las que están sometidas las vigas del edificio principal. La más solicitada trabaja a un 88 % de su capacidad máxima. Además, las deformaciones máximas son de un orden del 10 % de las deformaciones máximas permitidas por la normativa actual.

En la Ilustración 163 se observa el listado de piezas y materiales necesarios para conformar las vigas de la nave principal.



## 8. RESULTADOS EN RF-LAMINATE

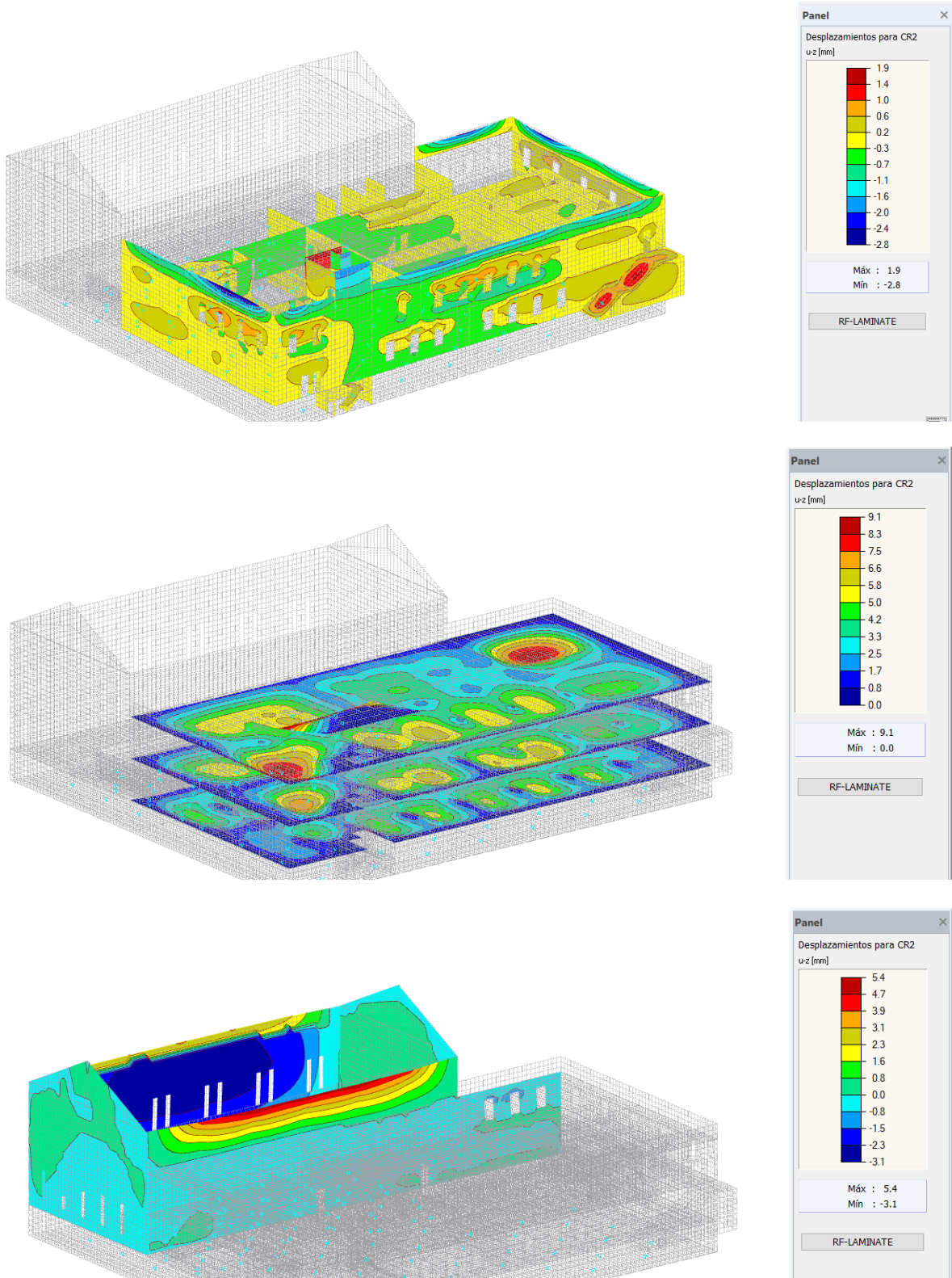


Ilustración 164. Deformaciones de los paneles de CLT.

En la Ilustración 164 puede observarse cómo los desplazamientos máximos cumplen con la normativa: los paneles más comprometidos a este aspecto se deforman tan solo un 23 % del límite superior establecido por la norma (9,1 mm). Asimismo, los paneles más solicitados en el aspecto estructural trabajan a un 87 % de su capacidad resistente.

Se ha calculado que para cubrir las necesidades constructivas del edificio, será necesario un volumen de paneles de CLT de 2012,007 m<sup>3</sup> de madera C24, lo cual se traduce en 1026,123 toneladas de madera.

# **PRESUPUESTO**

## **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

### ***CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO***

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*



En el presente documento se reflejan los gastos contraídos a lo largo del desarrollo del proyecto. La Tabla 5 abarca el apartado de las amortizaciones, mientras que la Tabla 6 hace o propio con las horas internas dedicadas por los participantes en el proyecto. Finalmente, en la Tabla 7 se resumen los gastos totales de las dos tablas anteriores, añadiendo, por un lado, un 2 % del presupuesto para gastos indirectos, y por otro, un 10 % del presupuesto para imprevistos que pudieran suceder a lo largo del desarrollo del proyecto, se obtiene el gasto total generado.

*Tabla 5. Amortizaciones.*

AMORTIZACIONES						
Recursos	Coste [€]	Vida útil [Años]	Uso anual [Horas]	Coste [€/Horas]	Uso [Horas]	Coste total [€]
Ordenadores	600,00 €	6	1000	0,10 €	700	70,00 €
Licencias: Dlubal Software	0,00 €	1	750	0,00 €	500	0,00 €
Licencias: Office	100,00 €	1	1250	0,08 €	200	16,00 €
Disco duro externo 1 Tb	90,00 €	10	1000	0,01 €	700	6,30 €
Local	150.000,00 €	50	3000	1,00 €	40	40,00 €
						132,30 €

*Tabla 6. Horas internas.*

HORAS INTERNAS			
Grupo de trabajo	Horas internas [Horas]	Coste [€/Horas]	Coste total [€]
Ingeniero junior	700	14	9.800,00 €
Ingeniero senior	25	30	750,00 €
			10.550,00 €

*Tabla 7. Gastos totales.*

TOTAL	
Concepto	Coste
Horas internas	10.550,00 €
Amortizaciones	132,30 €
Subtotal	10.682,30 €
Indirectos	2%
Imprevistos	10%
<b>Total</b>	<b>11.964,18 €</b>

Por tanto, el coste que este proyecto implica a la UPV/EHU asciende a un total aproximado de 11964,18 €

# ESTUDIO DE SEGURIDAD

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

### ***CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO***

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA E INFORMATIVA

### 1.1. DATOS DEL ENCARGO

Nombre del proyecto: Cálculo de la estructura de madera de un edificio polideportivo.

Localización: el polígono industrial Larramendi se halla al Sur del núcleo urbano de Bergara, limitado por el Oeste por la carretera GI-627 y por el Este por la carretera GI-632, y próximo a la autopista AP-1. Asimismo, es atravesado por el río Deba en su recorrido.

Promotor: Escuela de Ingeniería de Bilbao (UPV/EHU).

Autor del Proyecto: Andoni Martin Sanz.

Autor del Estudio de Seguridad: Andoni Martin Sanz.

### 1.2. DATOS DEL PROYECTO

Los trabajos de mantenimiento a ejecutar son los siguientes:

- Operaciones de Mantenimiento Preventivo: pueden definirse como aquel conjunto de actividades programadas y sistemáticas que tienen por objeto garantizar el correcto funcionamiento y la máxima longevidad de las instalaciones y de sus equipos.
- Operaciones de Mantenimiento Correctivo: conjunto de operaciones que corrigen los defectos observados en los equipamientos o instalaciones. Es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.
- Operaciones de Mantenimiento Reglamentario: conjunto de operaciones basadas en la revisión periódica de todas aquellas instalaciones en que así lo exija la normativa vigente.

## 1.3. CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 1.3.1. OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene como objetivos los siguientes apartados:

- Conocer el proyecto con el fin de averiguar los posibles riesgos que de él puedan desprenderse.
- Definir todos los riesgos detectables a priori que puedan aparecer a lo largo de la

realización de los trabajos.

- Diseñar las líneas preventivas.
- Divulgar la prevención de riesgos entre todos los participantes en el proyecto.
- Crear un marco de salud laboral en el que la prevención de las enfermedades sea eficaz.
- Definir las actuaciones a seguir en caso de que fracase nuestra intención técnica y se produzca el accidente, de tal forma que la asistencia al accidentado sea la adecuada y se aplique con la mayor rapidez posible.
- Diseñar la línea formativa para prevenir los accidentes.

## 2. RIESGOS EN LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

### 2.1. DIRECTORES Y TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO

#### Descripción de los trabajos.

Trabajos de oficina técnica y trabajos en obra.

#### Medios:

- Útiles y herramientas de oficina.
- Vehículos.

#### Riesgos más frecuentes.

- Caídas al mismo nivel
- Caída a distinto nivel
- Pisadas sobre objetos
- Golpes contra objetos inmóviles
- Caída de objetos en manipulación
- Incendios
- Riesgo eléctrico
- Ruido ambiental.
- Polvo ambiental
- Atropellos

- Sobreesfuerzos / Problemas osteomusculares
- Caídas de altura de materiales y piezas, en su traslación con maquinaria de elevación
- Caída de estanterías, armarios y archivadores
- Condiciones ambientales desfavorables

#### Normas básicas de seguridad.

- Vigilancia permanente del cumplimiento de normas preventivas y vigilancia permanente de la realización del trabajo seguro.
- No se dejarán objetos en los pasillos ni en las zonas de paso.
- Pueden llegar a caerse las cajas o archivos situadas sobre la última balda de las estanterías o sobre los armarios. Se recomienda, en la medida de lo posible, evitar colocar dichos elementos en esos lugares.
- Para evitar golpes en las extremidades del cuerpo, mantener los cajones cerrados.
- Cuando se circule por la vía pública, ya sea como peatón o conduciendo un vehículo, es preciso mantener especial atención a la circulación de vehículos y cumplir las normas de seguridad. Cuando sea necesario hacer uso del teléfono móvil mientras se conduce se utilizará el dispositivo de manos libres integrado en el propio vehículo.
- Los riesgos y las medidas preventivas previstas estarán sujetos a las características concretas de la actividad y quedarán reflejadas en el Plan de Seguridad y Salud de la obra.

#### Protecciones personales.

- Casco de polietileno en obra.
- Chaleco reflectante.
- Botas de Seguridad.

## 2.2. OPERARIOS DE MANTENIMIENTO

#### Descripción de los trabajos.

Trabajos varios encaminados al mantenimiento preventivo y correctivo, suponiendo revisiones y sustituciones de materiales, equipos e instalaciones. Los riesgos y las medidas preventivas que se van a analizar son sobre los siguientes aspectos, escogidos por su incidencia en los trabajos de mantenimiento del tanque de tormentas:

## 2.2.1. HERRAMIENTAS MANUALES

La maquinaria utilizada de forma general por los operarios de mantenimiento será herramienta manual: taladros, martillos, pistolas clavadoras, lijadoras, disco radial, destornilladores...

### Riesgos más frecuentes.

- Descargas eléctricas.
- Proyección de partículas,
- Caídas en altura,
- Ambiente ruidoso.
- Generación de polvo.
- Explosiones e incendios.
- Cortes en extremidades.

### Medidas preventivas a adoptar.

- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- El personal que utilice estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso.
- Las herramientas serán revisadas periódicamente, de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante.
- Estarán acopiadas en el lugar establecido para ello, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
- La desconexión de las herramientas, no se hará con un tirón brusco.
- No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe; si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.
- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

### Sistemas de protección colectiva.

- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Las mangueras de alimentación a herramientas estarán en buen uso.
- Los huecos estarán protegidos con barandillas.

### Equipos de protección individual.

- Casco homologado de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de la pistola clavadora.
- Arnés de seguridad, para trabajos en altura.

### 2.2.2. MEDIOS AUXILIARES

Los medios auxiliares cuya utilización se prevé son los siguientes:

- Andamios de servicios, usados como elemento auxiliar, en los trabajos de cerramientos, siendo principalmente de los tipos:
  - Andamios metálicos tubulares con o sin ruedas, constituidos con todos los elementos y sistemas de seguridad como escaleras, barandillas, pasamanos, superficies de trabajo, bridas, pasadores de anclaje, etc. estos andamios serán de tipo europeo homologados.
  - Andamios de borriquetas o caballetes, constituidos por un tablero horizontal de 60 cm de dimensión mínima, colocados sobre dos pies en forma de "V" invertida.
- Escaleras manuales, empleadas por los diferentes oficios, serán normalizadas de aluminio, desechándose las de madera.

#### Análisis de riesgos detectados.

##### Andamios Metálicos

- Caídas a distintos niveles (cimbres, tropiezos, desorden).
- Caída al mismo nivel (desorden sobre el andamio).
- Vuelcos por falta de anclajes o caídas del personal por usar tabloneros en malestado o insuficiente dimensionamiento del tablero horizontal.
- Atrapamientos durante el montaje.
- Caída de objetos en sustentación a garrucha o a soga.
- Golpes de objetos.
- Los derivados del trabajo realizado a la intemperie.
- Los inherentes al trabajo específicos que deba desempeñar sobre ellos.
- Los derivados del padecimiento de enfermedades no detectadas (epilepsia, vértigo...).



## Andamios borriquetas

- Caída de operarios al mismo nivel (tropiezos, desorden, superficie resbaladiza).
- Caída de operarios a distinto nivel.
- Fallo de las plataformas, vuelco de la borriqueta.
- Trabajos al borde de forjados, losas, balcones, terrazas.
- Golpes o aprisionamiento durante las operaciones de montaje y desmontaje de los andamios de borriqueta.
- Los derivados del padecimiento de enfermedades no detectadas (epilepsia, vértigo...).
- Los derivados de uso de tablonos y madera de pequeña sección o en mal estado (roturas, fallos, cimbreos con consecuencias de caídas del trabajador).
- Los inherentes al oficio necesario para el trabajo a ejecutar.
- Sobre esfuerzos (transporte a brazo y montaje de elementos pesados).

## Escaleras manuales

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída por rotura de los elementos constituyentes de la escalera (fatiga de materiales, nudos, golpes...).
- Caídas por deslizamientos debido a apoyo incorrecto (falta de zapatas, etc...).
- Caídas por vuelco lateral por apoyo sobre una superficie irregular.
- Caída por rotura debida a defectos ocultos.
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos (empalmes de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras cortas para la altura a salvar).
- Vuelco lateral por apoyo irregular.

## Medidas preventivas a adoptar.

### Andamios Metálicos

- No se depositarán pesos violentamente sobre los andamios.
- No se acumulará demasiada carga, ni demasiadas personas en un mismo punto.
- Las andamiadas estarán libres de obstáculos, y no se realizarán movimientos violentos sobre ellas.

- En las longitudes de más de 3 m, se emplearán tres caballetes.
- Nunca se apoyará la plataforma de trabajo en otros elementos que no sean los propios caballetes o borriquetas.
- No elimine ningún componente de seguridad, si lo hace puede usted accidentarse o provocar el accidente de alguno de sus compañeros.
- Las plataformas de trabajo deben cubrir todo el ancho que permita el andamio y no deben dejar clareos entre sí; si no cumplen con lo dicho, son plataformas peligrosas.
- Las plataformas de trabajo superiores a 2 m de altura deben estar recercadas de barandillas de verdad, no valen las crucetas como barandillas porque permiten las caídas. Las barandillas deben rodear la plataforma de trabajo en la que usted va a trabajar; deben tener 90 cm. de altura.
- No monte plataformas con materiales o bidones sobre las plataformas de los andamios es peligroso encaramarse sobre ellas.
- Vigile el buen estado de la visera de recogida de los objetos desprendidos y comunique sus deterioros para que sea reparada; sirve para evitar accidentes a los trabajadores que se aproximen por debajo del andamio.
- Apoyar sobre los husillos de nivelación, y estos, a su vez, sobre tablones de reparto en caso de superficie de tierra.
- Está prohibido apoyar éstos husillos sobre material de construcción, por suposible rotura.
- El paso de un nivel a otro del andamio debe hacerse mediante escaleras de mano pertenecientes al andamio y acopladas en él.

#### Andamios borriquetas

- No se dejarán útiles o herramientas, ni cuerdas o cables en zonas de tránsito de máquinas o personal.
- Las plataformas de trabajo se anclarán perfectamente a las borriquetas, evitación de balanceos y otros movimientos indeseados.
- Las plataformas de trabajo no sobresaldrán por los laterales de las borriquetas más de 40 cm para evitar vuelco por basculamiento.
- Las borriquetas no estarán separadas a ejes de apoyo entre sí más de 2,5 m.
- Los andamios se formarán sobre un mínimo de dos borriquetas. Se prohíbe expresamente la sustitución de estas por “bidones”, “pilas de materiales” y parecidos, para evitar situaciones inestables.

- Sobre los andamios sobre borriquetas, sólo se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo para evitar las sobrecargas que mermen la resistencia de los tablones.
- Las plataformas de trabajo sobre borriquetas, tendrán una anchura mínima de 60 cm.
- Los andamios sobre borriquetas, cuya plataforma de trabajo esté ubicada a 2 o más metros de altura, estarán recercados de barandillas sólidas de 90 cm de altura.
- Se prohíbe formar andamios sobre borriquetas metálicas simples cuyas plataformas de trabajo deban ubicarse a 6 o más metros de altura.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas sustentadas en borriquetas apoyadas asu vez sobre otro andamio de borriquetas.
- Se prohíbe apoyar borriquetas aprisionando cables (o mangueras) eléctricas para evitar el riesgo de contactos eléctricos.

#### Escaleras manuales

- Se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas.
- Estarán fuera de las zonas de paso.
- El apoyo inferior se realizará sobre superficies planas, llevando en el pie elementos que impidan el desplazamiento.
- El apoyo superior se hará sobre elementos resistentes y planos.
- Los ascensos y descensos se harán siempre de frente a ellas.
- Se prohíbe manejar en las escaleras pesos superiores a 25 Kg.
- Nunca se efectuarán trabajos sobre las escaleras que obliguen al uso de las dos manos.
- Las escaleras dobles o de tijera estarán provistas de cadenas o cables que impidan que estas se abran al utilizarlas.
- La inclinación de las escaleras será aproximadamente  $75^{\circ}$ , que equivale a estar separada de la vertical la cuarta parte de su longitud entre los apoyos.
- Para evitar el riesgo de caídas desde altura o a distinto nivel por pérdida de equilibrio o falta de visibilidad, controle que las escaleras de mano sobrepasen en 1 m la altura a salvar. Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco, al extremo superior del larguero.

### 2.2.3. TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS

A lo largo de la obra, podría ser necesario realizar trabajos en espacios confinados, como el sótano. Dichos espacios confinados merecen un análisis específico, que se detalla a continuación:

#### ¿Qué se entiende por espacio confinado?

Un espacio confinado es todo ambiente que:

- a) Tiene medios limitados para entrar y salir. Se entiende por medios limitados, a todos aquellos que no permiten una entrada ni una salida en forma segura y rápida de todos sus ocupantes, por ejemplo, alcantarillas, espacios cuyo ingreso o egreso sea a través de una escalera, silleta o arnés con sistema de elevación.
- b) No tiene una ventilación natural que permita:
  - Asegurar una atmósfera apta para la vida humana (antes y durante la realización de los trabajos).
  - Inertizarlo de manera de eliminar toda posibilidad de incendio y/o explosión (antes y durante la realización del trabajo).
- c) No está diseñado para ser ocupado por seres humanos en forma continua.

PRINCIPALES AGENTES QUÍMICOS EN ESPACIOS CONFINADOS

AGENTE QUIMICO	VLA-ED (PPM)	VLA-EC (PPM)	CARCTERÍSTICAS	OTROS
<b>OXIGENO(O<sub>2</sub>)</b>	No existe	No existe		<b>23,5 % -19,5 %</b>
<b>METANO (CH<sub>4</sub>)</b>	No existe	No existe	Asfixiante simple, fácilmente inflamable	<b>LIE 5,0%</b> <b>LSE 15,0%</b>
<b>MONÓXIDO DE CARBONO (CO)</b>	25	No existe	Asfixiante químico	
<b>DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)</b>	5.000	15.000	Asfixiante simple	
<b>ÁCIDO SULFHIDRICO (H<sub>2</sub>S)</b>	0	15	Inflamable y tóxico por inhalación	

\* ppm: partes por millón

\* 10 ppm son 1% en volumen

### Riesgos de los espacios confinados.

Son aquellos ocasionados por las condiciones especiales en que se desenvuelve este tipo de trabajo, las cuales quedan indicadas en la definición de recinto confinado y que están originados por una atmósfera peligrosa que puede dar lugar a los riesgos de asfixia, incendio o explosión e intoxicación.

- Asfixia

El aire contiene un 21% de oxígeno. Si éste se reduce, se producen síntomas de asfixia que se van agravando conforme disminuye ese porcentaje.

- Incendio y explosión

En un recinto confinado se puede crear con extraordinaria facilidad una atmósfera inflamable. El hecho de formarse una atmósfera inflamable puede deberse a muchas causas, como evaporación de disolventes de pintura, restos de líquidos inflamables, reacciones químicas, movimiento de grano de cereales, piensos, etc., siempre que exista gas, vapor o polvo combustible en el ambiente y su concentración esté comprendida entre sus límites de inflamabilidad.

A efectos de seguridad se considera que un espacio confinado es muy peligroso cuando exista concentración de sustancia inflamable por encima del 25% del límite inferior de inflamabilidad (L.I.E.), dado que es factible que se produzcan variaciones de la concentración ambiental por razones diversas.

- Intoxicación

La concentración en aire de productos tóxicos por encima de determinados límites de exposición puede producir intoxicaciones agudas o enfermedades. Las sustancias tóxicas en un recinto confinado pueden ser gases, vapores o polvo fino en suspensión en el aire.

### Medidas Preventivas a adoptar.

Para la entrada en espacios confinados se deberán contemplar al menos las siguientes medidas:

- Instrucciones al trabajador para la identificación del espacio confinado y la tomade conciencia de los riesgos y su prevención.
- No entrar sin autorización previa.
- Limpieza, medición y evaluación del ambiente interior ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$  y previsible gases tóxicos o inflamables) por personal cualificado para determinar su peligrosidad.

- Asegurar una correcta ventilación (ventilación forzada puede ser necesaria) o portar equipos de respiración autónomos.
- Un trabajador deberá permanecer siempre en el exterior y atento a cualquier problema que pueda tener su compañero en el interior.
- El trabajador que entre deberá llevar arnés y cuerda de salvamento sujeta desde el exterior.
- En función de otros riesgos pueden ser necesarios otros EPI's, como mascarillas, mono impermeable, guantes, casco, etc.
- Adiestramiento y planificación frente a un eventual rescate o emergencia.

#### Equipos de protección individual (EPI).

- Máscaras autofiltrantes con filtros de tipo A y B (según condiciones ambientales).
- Traje de agua (según condiciones del espacio).
- Botas de agua con puntera de seguridad.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad (en función de los trabajos a realizar).
- Casco de seguridad.
- Arnés de seguridad.

Los trabajadores que estén en el interior irán equipados con arnés de seguridad y con una línea de vida conectada al exterior. El extremo de esta línea de vida estará fijada en el exterior y la/las personas nombradas como vigilantes serán los responsables de socorrer a los trabajadores del interior, si fuese preciso, mediante el arrastre de la línea de vida.

En cada uno de los tajos se dispondrá de una escalera de mano para entrada y salida (si el pozo o arqueta no tiene la suya propia).

Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente ABC en el exterior.

No se podrá introducir en el interior del recinto de trabajo ningún equipo con motor de explosión por el peligro que supone la inhalación de los gases de combustión.

Fases de trabajo.

FASES DE TRABAJO		PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD
Fase previa	Verificar que se dispone de los equipos de trabajo necesarios y que el área de trabajo está ordenada y limpia.	Asegurarse de que los equipos de protección individual (cinturón de seguridad con arnés, equipos de protección respiratoria, guantes, ropa adecuada) están en correctas condiciones de uso.
	Se comprobará que la zona de trabajo ha sido ventilada mediante la apertura de compuertas y tapas de pozos, al menos una jornada antes de comenzar los trabajos	Es necesario para forzar la ventilación natural para minimizar la formación de atmósferas peligrosas
	Verificar el estado de la atmósfera interior para asegurar que es respirable y que contiene el nivel de oxígeno suficiente. Utilizar equipo de medición portátil de lectura directa destinado al efecto (ATEX SERIE 740). Medición de O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub> . Se dejarán por escrito en una cuartilla los resultados de la medición, la fecha y hora de la misma, el responsable de la medición y el equipo empleado.	Asegurarse de que el porcentaje de oxígeno no es inferior al 20 %. Si esto no es factible, se deberá realizar el trabajo con equipos respiratorios semiautónomos o autónomos.  Si es posible la existencia de atmósferas inflamables, se deberá vigilar escrupulosamente la existencia de focos de ignición en las proximidades de laboca del recinto.
	Aislamiento del espacio confinado frente al aporte incontrolado de sustancias contaminantes.	En el interior del espacio no se introducirán equipos con motor de explosión, pues generan gases de combustión. El grupo generador se mantendrá en el exterior.
	Señalización en la "entrada" de la realización de trabajos en el interior.	Colocar la señalización de obra en el exterior del espacio confinado.



FASES DE TRABAJO		PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD
Fase de realización del trabajo	Revisión de los equipos y útiles de trabajo a emplear en el interior.	Asegurarse de que los equipos reúnan los requisitos de seguridad establecidos.
	Ventilación continuada en el interior del espacio cuando no existan plenas garantías de inocuidad del ambiente, por ejemplo al generar contaminantes por el propio trabajo.	Si la ventilación natural no es suficiente se requerirá ventilación forzada. Cuando el trabajo en el interior del espacio genere contaminantes, es imprescindible recurrir a la extracción localizada.
	El acceso al interior se efectuará una vez que se hayan realizado las correspondientes mediciones. El trabajador estará sujetado con cinturón de seguridad, arnés, y cuerda y con vigilancia continuada del exterior. Se emplearán escaleras seguras o medios de acceso que faciliten la entrada y salida lo más cómoda posible.	El arnés y la cuerda de seguridad se emplearán para el rescate.
	Vigilancia externa continuada mientras se realizan trabajos en el interior.	Es obligatorio un control total desde el exterior de las operaciones. La comunicación será continua.
	Mediciones continuas de la atmósfera interior.	Cuando puedan generarse contaminantes mientras se realicen trabajos en el interior es imprescindible también efectuar una medición continuada de la atmósfera desde el exterior
	Al finalizar los trabajos en el interior del espacio se retirarán los equipos y útiles empleados dejando el entorno ordenado y limpio	

	Se comunicará al encargado de los trabajos la finalización de la operación	
--	--	--

## 2.2.4. SOLDADURA OXIACETILENCIA-OXICORTE

### Análisis de riesgos detectados.

- Caída desde altura (estructura metálica, trabajos en le borde de forjado, balcones, aleros y asimilables) y al mismo nivel.
- Atrapamientos entre objetos.
- Aplastamientos de manos y/o pies por objetos pesados.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Quemaduras.
- Proyección de partículas.
- Heridas en los ojos por cuerpos extraños.
- Pisadas sobre objetos punzantes o materiales.
- Explosión (retroceso de llama).
- Incendio.
- Salpicaduras.

### Medidas preventivas a adoptar.

- El traslado y ubicación para uso de las botellas de gases licuados se efectuará mediante carros portabotellas de seguridad.
- Se prohíbe acopiar o mantener las botellas de gases licuados al sol y la utilización en posición inclinada o tumbada.
- Las botellas estarán siempre de pie; cuando no se utilicen, tendrán la caperuza puesta.
- El almacén de gases licuados se ubicará en el exterior de la obra, con ventilación constante y directa. Sobre la puerta de acceso, se instalarán las señales de “peligro explosión” y “prohibido fumar”.
- Evite que se golpeen las botellas.
- No engrasar jamás ninguna parte del equipo.
- Antes de encender el mechero, compruebe que están correctamente hechas las conexiones de las mangueras y que están instaladas las válvulas anti-retroceso.
- Una entre sí las mangueras de ambos gases mediante cinta adhesiva. Las manejará con mayor seguridad y comodidad.

- No utilice mangueras de igual color para gases diferentes. En caso de emergencia, la diferencia de coloración le ayudará a controlar la situación.
- No utilice acetileno para soldar o cortar materiales que contengan cobre, se producirá una reacción química y se formará un compuesto explosivo, el acetiluro de cobre.
- No fume cuando esté soldando o cortando, ni cuando manipule los mecheros y botellas; ni tampoco cuando se encuentre en el almacén de botellas.
- Para evitar incendios, no existirán materiales combustibles en las proximidades de la zona de trabajo, ni de su vertical.

#### Sistemas de protección colectiva.

- Las botellas de gases licuados se acopiarán separadas (oxígeno, acetileno, butano, propano), con distinción de lugares de almacenamiento para las vacías y las llenas.
- Las botellas estarán siempre de pie, cuando no se utilicen tendrán la caperuza puesta y atada.
- Para evitar incendios, no existirán materiales combustibles en las proximidades de la zona de trabajo, ni de su vertical.
- Ventilación.
- Válvula antirretroceso a las salidas de las botellas y en la parte posterior del mango del soplete: evitará posibles explosiones.

#### Equipos de protección individual.

- Casco para desplazamientos por la obra.
- Yelmo de soldador. Casco + careta de protección.
- Pantalla de soldadura facial o gafas protectoras.
- Mascarilla.
- Guantes de cuero.
- Mandil, polainas y manguitos de cuero.
- Ropa de trabajo.
- Arnés de seguridad (en trabajos con riesgos de caída desde altura).

## 2.2.5. TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO

Por último, también se hace mención a los trabajos con riesgo eléctrico, aunque la empresa especializada que se contrate para el mantenimiento de alta y baja tensión aportará sus evaluaciones de riesgos, medidas preventivas a adoptar y procedimientos de trabajo específicos.

### Normas básicas de seguridad

- Será de aplicación específica el R.D. 614/2001 sobre “disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico”.
- Se considerará la distancia mínima de seguridad establecida para la línea en cuestión, entre el punto más próximo con tensión y la parte más cercana del cuerpo o herramienta del obrero o de la máquina, considerando siempre la situación más desfavorable.

### Trabajos en “proximidad” de tensión

#### *Condiciones generales:*

- En todo trabajo en proximidad de elementos en tensión, el trabajador deberá permanecer fuera de la zona de peligro y lo más alejado de ella que el trabajo le permita.
- Para la ejecución del trabajo, deberán adoptarse las medidas de seguridad necesarias para reducir al mínimo posible:
  - El número de elementos en tensión.
  - Las zonas de peligro de los elementos que permanezcan en tensión, mediante la colocación de pantallas, barreras envolventes o protectores aislantes cuyas características (mecánicas y eléctricas) y forma de instalación garanticen eficacia protectora.

Si a pesar de las medidas adoptadas, siguen existiendo elementos en tensión cuyas zonas de peligro son accesibles, se deberá:

- Delimitar la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro, de forma eficaz y con material adecuado.
- Informar a los trabajadores implicados de forma directa de los riesgos existentes, la situación de los elementos en tensión, los límites de la zona de trabajo, precauciones y medidas de seguridad adoptadas para no invadir la zona de peligro.

Cuando las medidas de seguridad adoptadas, en aplicación del punto anterior, no sean suficientes para proteger a los trabajadores frente al riesgo eléctrico, los trabajos serán

realizados, una vez tomadas las medias de delimitación e información antes citadas, por trabajadores autorizados o bajo la vigilancia de uno de estos.

#### Protecciones colectivas

- En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Cuando sea preciso utilizar escaleras de mano, se tendrá en cuenta que debe estar sujeta convenientemente con zapata antideslizante.
- El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico.

#### Protecciones individuales

- Las que sean necesarias en la actividad que se realiza, bajo estas circunstancias especiales.

### 3. SISTEMAS DE CONTROL DE LA PREVENCIÓN

#### 3.1. CONTROL DEL NIVEL DE LA SEGURIDAD

El control y seguimiento del plan de seguridad y su aplicación a la obra será responsabilidad directa del Director de Mantenimiento.

#### 3.2. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

La empresa de mantenimiento asignada dispondrá de un servicio médico de empresa propio o mancomunado.

Todo el personal que empieza a trabajar deberá pasar un reconocimiento previo al inicio de los trabajos. Si es personal de plantilla, o inicio los trabajos con la empresa principal o subcontratista en otro centro de trabajo, deberán tener el justificante de haberlo pasado, el inicial o el último anual que corresponda.

Será necesario programar el trayecto al centro de socorro más próximo o acordado y quedará a la vista en la zona de trabajo.

Además, se tendrá un botiquín de primeros auxilios portátil con todo lo necesario para realizar curas al momento del accidente, estando prevista su revisión mensual y la reposición inmediata de lo consumido.

### 3.3. FORMACIÓN PREVISTA DE SEGURIDAD Y SALUD

Se impartirá formación en materia de Seguridad y Salud en el trabajo al personal de mantenimiento, haciendo una exposición de los métodos de trabajo, los riesgos que pueden entrañar y las medidas de seguridad que se deberán emplear, se fijará con el Jefe de Mantenimiento la necesidad y frecuencia de estas enseñanzas.

## 4. PLAN DE ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE O EMERGENCIA

Para una correcta implantación del Plan de Actuación en Caso de Accidente o Emergencia en la obra, se incluirá dentro de la planificación del Plan de Formación en obra, cursos de Primeros Auxilios.

Por parte de la empresa se hará una difusión a todo el personal de la obra de PLAN DE EMERGENCIAS, garantizándose su implantación en obra.

### 4.1. ACCIDENTE

#### 4.1.1. ACTUACIÓN PREVIA A ACCIDENTES

Se les entregará a los trabajadores el impreso de Normas de Actuación en caso de accidente.

Se instalará un cartel en la obra con los teléfonos de interés en caso de accidente, así como las direcciones y recorridos a los centros asistenciales más próximos.

Se dispondrá en obra de un botiquín de primeros auxilios.

Deberá asegurarse la adecuada administración de los primeros auxilios y/o el adecuado y rápido transporte del trabajador a un centro de asistencia médica para los supuestos en los que el daño producido así lo requiera.

El empresario deberá organizar las necesarias relaciones con los servicios externos a la empresa que puedan realizar actividades en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento, lucha contra incendios y evacuación de personas.

En lugar bien visible de la obra deberán figurar las indicaciones escritas sobre las medidas que habrán de ser tomadas por los trabajadores en casos de emergencia.

#### 4.1.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL

- 1 De forma inmediata, ordenará la supresión, si persisten, de las causas del accidente

- (asfixia, aplastamiento, explosión, incendio, electrocución, etc.), al objeto de apartar rápidamente a la víctima del peligro y salvaguardar la integridad de los socorristas, recurriendo, si es preciso, a la intervención de bomberos, patrullas, servicios especializados, etc. Asimismo, apartará a todo aquel personal no necesario del entorno.
- 2 Se avisará al responsable de mantenimiento.
  - 3 Se atenderá a la víctima aplicándole, o mandando aplicarle, los primeros auxilios. Requerirá (si es necesario) la ayuda para atender a las víctimas ordenando la solicitud urgente de un médico, ambulancia, etc, o el traslado en medios propios de los heridos, siempre que ello pueda realizarse sin agravar su estado.
  - 4 Se trasladará, si fuese necesario, al accidentado al centro hospitalario más cercano (los teléfonos de servicios de ambulancia, y la dirección de los Centros de Asistencia Médica estarán visibles en el Tablón de anuncios).

#### Centro asistencial más próximo

##### HOSPITAL COMARCAL DEL ALTO DEBA

Nafarroa Etorbidea s/n (Arrasate/Mondragón), Tlf.: 943 03 53 00.

##### CENTRO DE SALUD BERGARA

Paseo Boni Laskurain, s/n (Bergara), Tlf.: 943 03 54 00.

En un lugar visible de la obra se colocarán los recorridos al centro asistencial más próximo.

También se dispondrá una lista de teléfonos de otros centros asignados para urgencias especiales, ambulancias, bomberos, etc.

#### 4.1.3. PRIMEROS AUXILIOS

Las primeras actuaciones con una persona que ha sufrido un accidente que puede ser grave, será tranquilizarlo, abrigarlo, aflojar las ropas ceñidas, cinturones, correas, etc. Se evitará la concentración de curiosos alrededor del accidentado, que debe estar acompañado únicamente de las personas que le auxilien.

En caso de que el accidentado haya perdido el sentido, se tumbará de costado, con la cabeza echada hacia atrás, para evitar el riesgo de asfixia por tener la garganta obstruida por la lengua o vómitos.

Si se observa que le falta la respiración o el pulso, se iniciará de inmediato la respiración boca a boca y el masaje cardíaco.



No se le darán bebidas al accidentado hasta que reciba asistencia médica. Se debe evitar que se enfríe cubriéndole con una manta o prenda de abrigo.

El orden de urgencias de atenciones a un accidentado, después de la respiración y el pulso, es atender a las posibles hemorragias o heridas.

Para cortar una hemorragia producida por una herida, puede ser suficiente aplicar una gasa o un pañuelo presionando sobre la herida. En caso de que persista la hemorragia por una herida en una extremidad, brazo o pierna, será preciso aplicar un torniquete en el comienzo de esa extremidad.

Si se aprecian indicios de fractura se moverá al accidentado lo menos posible. En caso de sospecha de fractura en la columna vertebral, no se moverá al accidentado, ni se dejará que intente sentarse o incorporarse.

Debe tenerse presente que un pequeño retraso en el transporte al centro de asistencia, puede ser compensado muy ventajosamente para conseguir las condiciones adecuadas de transporte en el vehículo apropiado y en camilla.

#### 4.1.4. COMUNICACIONES

En caso de ser considerado como grave, muy grave, mortal o haya afectado a 4 o más trabajadores, deberá comunicarse a la Autoridad Laboral, previa consulta al Departamento de Prevención.

Comunicar:

- A la Autoridad Gubernativa. En zona urbana el 091; en zona rural a la Guardia Civil.
- Al Consorcio de Aguas de Bilbao.
- A la Autoridad Laboral- Dirección Provincial de Trabajo- mediante envío de telegrama, en el plazo máximo de 24 horas. En caso de que el accidentado pertenezca a una subcontrata se comunicará a esta por fax, guardando copia, la obligatoriedad de enviar notificación a la Autoridad Laboral, diciéndoles el texto a disponer.
- A la Compañía de Seguros a través del Dpto. de Administración de Personal y Relaciones Laborales.

#### 4.2. EMERGENCIA

En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder ser evacuados rápidamente y en las condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

Las vías de evacuación y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. Deberán señalizarse conforme a la normativa vigente. Dicha señalización habrá de ser duradera y fijarse en lugares adecuados y perfectamente visibles.

Las vías y salidas no deberán estar obstruidas por obstáculos de ningún tipo, de modo que puedan ser utilizadas sin trabas en cualquier momento.

### Incendio.

Se seguirán las siguientes medidas de seguridad:

- El teléfono de bomberos figurará también en el cartel de seguridad.
- Cortar la corriente desde el cuadro general, para evitar cortocircuitos.
- Prohibir fumar en las zonas de trabajo donde haya un peligro evidente de incendio, a causa de los materiales que se manejen.
- Uso del agua.
- En incendios que afecten a instalaciones eléctricas con tensión, se prohibirá el empleo de extintores con espuma química, soda ácida o agua.
- Extintores portátiles.

En la proximidad de los puestos de trabajo con mayor riesgo de incendio y colocados en sitio visible y de fácil acceso, se dispondrán extintores portátiles o móviles sobre ruedas, de espuma física o química, mezcla de ambas o polvos secos, anhídrido carbónico o agua, según convenga a la posible causa determinante del fuego a extinguir.

Cuando se empleen distintos tipos de extintores serán rotulados con carteles indicadores del lugar y clase de incendio en que deben emplearse.

Los extintores serán revisados periódicamente y cargados, según los fabricantes, inmediatamente después de usarlos. Esta tarea será realizada por empresas autorizadas.

Se prohibirá igualmente al personal introducir o emplear útiles de trabajo no autorizados por la empresa y que puedan ocasionar chispas por contacto o proximidad a sustancias inflamables.

El empresario deberá prever, de acuerdo con lo fijado en el proyecto de la obra en su caso, y siguiendo las normas de las compañías suministradoras, las actuaciones a llevar a cabo para posibles casos de fugas de gas, roturas de canalizaciones de agua, inundaciones, derrumbamientos y hundimientos, etc.

## 5. PLIEGO DE CONDICIONES

### 5.1. CARÁCTER GENERAL

Este pliego tendrá carácter de complementario del que figure en el Proyecto de Ejecución de Obras en lo referente a medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo. Su objetivo será determinar Normas y Prescripciones que han de cumplirse en aplicación y desarrollo del Plan de Seguridad y Salud durante la ejecución de las obras.

### 5.2. CARÁCTER LEGAL

#### 5.2.1. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.

Cuando, por las circunstancias de trabajo, se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por accidente) será desechado y repuesto en el momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

##### 5.2.1.1. Equipos de protección colectiva

Las protecciones colectivas a utilizar para la prevención de riesgos detectados, deben de cumplir las siguientes condiciones generales:

El área de trabajo debe de mantenerse libre de obstáculos.

Serán nuevos todos los medios de protección colectiva; tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.

Serán instaladas previamente antes de iniciar cualquier trabajo o actividad que requiera su montaje. Queda prohibido el comiendo de un trabajo o actividad que requiera protección colectiva, hasta que esta esté montada por completo en el ámbito del riesgo que neutraliza o elimina.

Se desmontará de inmediato toda protección colectiva en uso en la que se aprecien deterioros o mermas efectivas de calidad real. Se sustituirá a continuación el componente deteriorado y se volverá a montar la protección colectiva una vez resuelto el problema. Mientras se realice esta operación, se suspenderán los trabajos protegidos por el tramo deteriorado y se aislará eficazmente la zona para evitar accidentes. Estas operaciones quedarán protegidas mediante el uso de equipos de protección individual. En cualquier caso, estas situaciones se evalúan como riesgo intolerable.

Durante las operaciones de mantenimiento, puede ser necesario variar el modo o la disposición de la instalación de la protección prevista en este estudio de seguridad y salud.

Las protecciones colectivas están destinadas a la protección de los riesgos de todos los trabajadores y visitantes.

Para el montaje y el uso correcto de la protección colectiva se usarán equipos de protección individual para defenderse de idénticos riesgos.

El uso de un equipo de protección colectiva nunca representará un riesgo en sí mismo.

El Director de mantenimiento designará una persona competente, que conozca a fondo la naturaleza de los riesgos y el tipo, alcance y eficacia de los medios de protección necesarios, que se encargará de:

- Seleccionar los medios de protección colectiva.
- Disponer su adecuada colocación, mantenimiento y almacenamiento.

#### 5.2.1.2. Equipos de protección individual

Además del equipo normal de trabajo (casco y mono), antes de comenzar los trabajos se dotará a los trabajadores de los elementos de protección específicos para cada actividad, debiendo considerar estos elementos como una herramienta más de trabajo.

La protección individual no dispensa, en ningún caso, de la obligación de emplear las protecciones colectivas.

Todo elemento de protección individual se ajustará a las Normas de Homologación del Ministerio de Trabajo, normas técnicas vigentes y a lo dispuesto en el R.D. 1407/1992.

En los casos en que no exista Norma de Homologación Oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

Está absolutamente prohibido adquirir elementos de protección que no estén homologados y normalizados por el Servicio de Seguridad y Salud de la Empresa.

El Contratista designará una persona competente, que conozca a fondo la naturaleza de los riesgos y el tipo, alcance y eficacia de los medios de protección necesarios, que se encargará de:

- Seleccionar las ropas y equipos de protección personal.
- Disponer su adecuado almacenamiento, mantenimiento, limpieza y, si fuera necesario por razones sanitarias, su desinfección y/o esterilización a intervalos apropiados.

Los trabajadores tienen la obligación de utilizar y cuidar en forma adecuada la ropa y equipo de protección personal que se les suministre.

Deberá instruirse a los trabajadores en el uso, manejo y cuidados de la ropa y equipo de protección personal.

Las dotaciones mínimas exigibles para las distintas prendas de protección personal serán las siguientes:

- Cascos:  $1,5 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Botas de seguridad:  $1,5 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Monos de trabajo:  $2 \times$  Año.
- Guantes de uso general:  $3 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Guantes de goma:  $4,5 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Guantes de electricidad:  $0,1 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Botas de agua:  $1/3 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Gafas:  $0,15 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Equipos de soldador:  $3 \times N^{\circ}$  máximo de soldadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Impermeables:  $0,7 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Cinturón anti-vibratorio:  $1 \times N^{\circ}$  máximo de maquinistas  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Cinturón de seguridad:  $0,3 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Auriculares:  $0,1 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Mascarillas anti-polvo:  $0,15 \times N^{\circ}$  máximo de trabajadores  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$
- Filtros para mascarilla:  $48 \times N^{\circ}$  de mascarillas  $\times N^{\circ}$  años  $\times 1,2$

## 5.2.2. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD DE INSTALACIONES PROVISIONALES

### Medios de acceso y salida

En todos los lugares de trabajo deberán preverse y, en caso necesario, señalizarse medios de acceso y salida adecuados y seguros, mantenidos conforme a las exigencias de seguridad.

Las vías de circulación y puertas de acceso deben permanecer libres de obstrucciones en todo momento y estar señalizadas de acuerdo con la normativa y legislación vigentes.

Las vías y salidas de emergencia, deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad, proporcionando unas condiciones de máxima seguridad al personal evacuado.

Los elementos auxiliares deben disponer de mecanismos que impidan el desplome de alguno de sus componentes, incluyendo dispositivos de parada de emergencia si se trata de elementos mecánicos. Si se encuentran en alguna de las vías de evacuación dispuestas para casos de emergencia, deben estar adecuadamente señalizados.

Todas las rampas, escaleras fijas, muelles y rampas de carga deben estar diseñados de acuerdo al uso que se va a hacer de ellas, incluyendo el cálculo de las cargas máximas y las dimensiones necesarias para el tráfico o número de personas que soportarán.

Sobre estos elementos se llevarán a cabo inspecciones periódicas y se realizará un adecuado mantenimiento de todos sus componentes. Si alguno de ellos se encuentra deteriorado por cualquier motivo, será sustituido inmediatamente por uno nuevo.

### Orden y limpieza

Deberá elaborarse y aplicarse siempre un programa adecuado de orden y limpieza que contenga disposiciones sobre:

- El almacenamiento adecuado de materiales y equipos
- La evacuación de desperdicios, residuos, desechos y escombros a intervalos apropiados.

No deberán depositarse ni dejarse acumular materiales sueltos innecesarios que puedan obstruir los medios de acceso y salida de los lugares de trabajo y/o paso.

### Prevención de acceso no autorizado

No deberá permitirse la entrada en obra de visitantes o personas ajenas a esta, salvo que estén debidamente autorizadas o estén acompañadas por personal competente y lleven un equipo de protección adecuado.

## Alumbrado

Cuando la iluminación natural no sea suficiente para garantizar la seguridad, deberá preverse un alumbrado artificial suficiente y apropiado.

Deben disponerse elementos de alumbrado portátiles en todos los lugares de trabajo y en cualquier otro lugar por donde puedan pasar los trabajadores.

El alumbrado artificial no debe producir deslumbramientos ni sombras que puedan dar lugar a situaciones potenciales de riesgo.

Se preverán los resguardos necesarios para las lámparas.

Los cables de alimentación del alumbrado eléctrico portátil deberán ser de diámetro, material y características adecuados al voltaje necesario, y tener las características mecánicas necesarias para soportar el paso de la maquinaria pesada necesaria.

En aquellos puntos en que se puedan crear situaciones potenciales de riesgo en caso de fallo en el alumbrado, se dispondrá alumbrado de emergencia de intensidad suficiente.

## Lámparas eléctricas portátiles

Estos equipos dispondrán de:

- Mango aislante.
- Dispositivo protector mecánico de la lámpara.

Su tensión de alimentación no podrá ser superior a 24 voltios (tensión de seguridad), a no ser que sea alimentada por un transformador de separación de circuitos.

### 5.3. OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS

#### 5.3.1. OBLIGACIONES DE LA PROPIEDAD Y DIRECCIÓN FACULTATIVA

El CABB incluye el presente Estudio de Seguridad y Salud como documento adjunto del plan de mantenimiento, procediendo a su visado en el Colegio Profesional u aprobación en Organismo competente.

Periódicamente, se realizarán las pertinentes comprobaciones del Plan de Seguridad y Salud, poniendo en conocimiento del CABB y de los Organismos competentes el incumplimiento (si lo hubiera) por parte de la empresa encargada del mantenimiento de las medidas contenidas en el Plan de Seguridad y Salud.

#### 5.3.2. OBLIGACIONES DE LA EMPRESA ENCARGADA DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Está obligada a cumplir las directrices contenidas en este Plan de Seguridad y Salud. Los contratistas y subcontratistas y trabajadores autónomos estarán obligados a:

- a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular desarrollar las siguientes tareas o actividades:
- b) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- c) La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- d) La manipulación de los distintos materiales y utilización de los medios auxiliares.
- e) El mantenimiento, el control previo a las puestas en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- f) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- g) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- h) El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- i) La cooperación entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- j) Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad



que se realice a la obra o cerca del lugar de la obra.

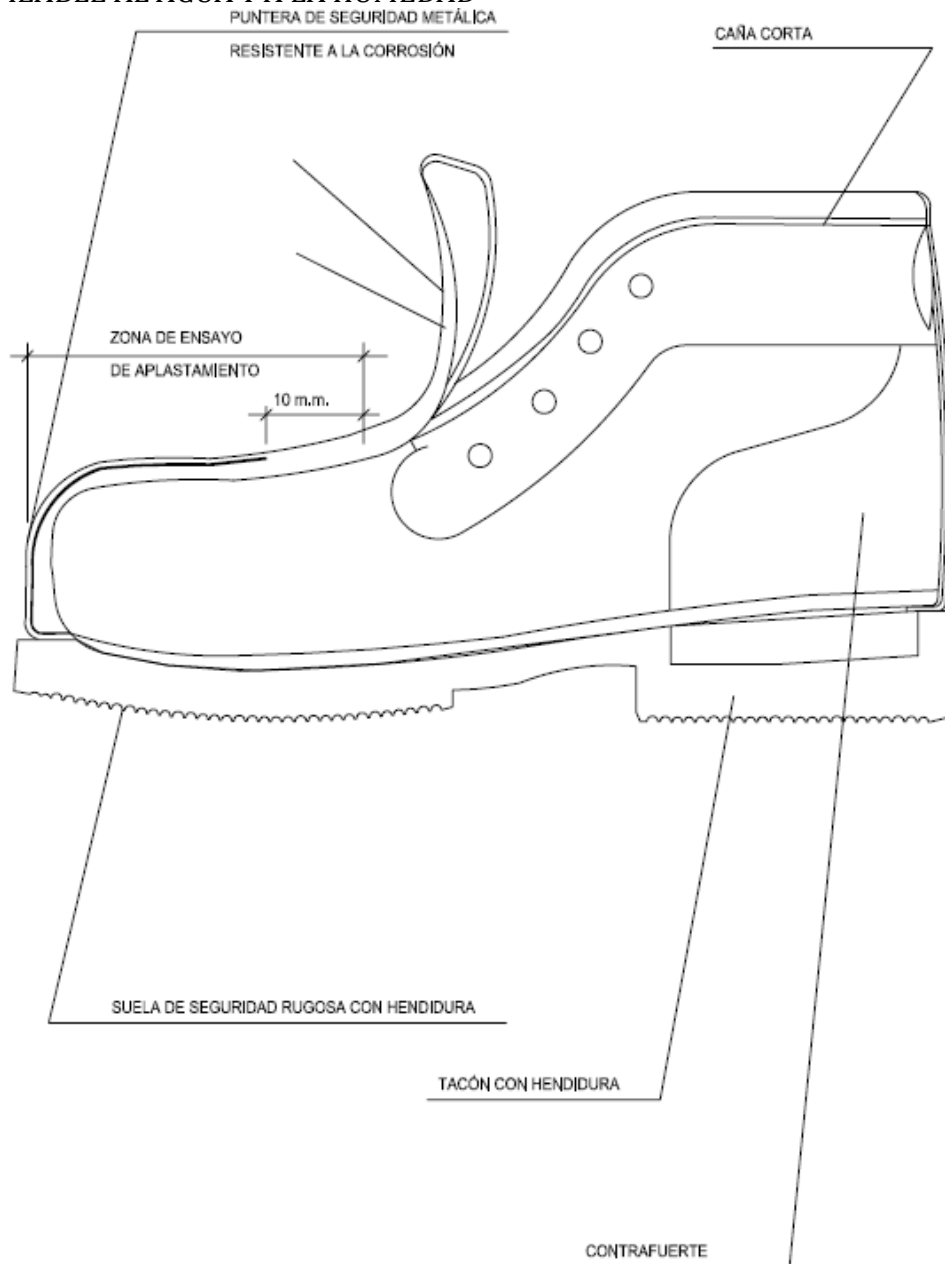
- k) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- l) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Los contratistas y subcontratistas, responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

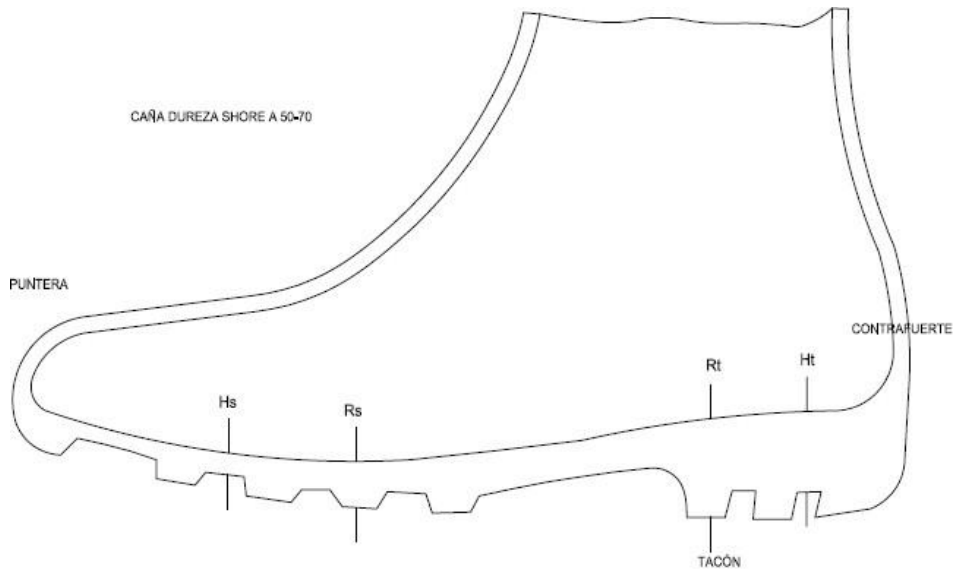
## 6. CROQUIS Y PLANOS

### BOTAS DE SEGURIDAD

#### BOTA IMPERMEABLE AL AGUA Y A LA HUMEDAD



## GUANTES



SUELA DUREZA SHORE A 35-75

- Hs HENDIDURA DE LA SUELA =5 m.m.
- Rs RESALTE DE LA SUELA = 9 m.m.
- Ht HENDIDURA DEL TACÓN =20 m.m.
- Rt RESALTE DEL TACÓN =25 m.m.



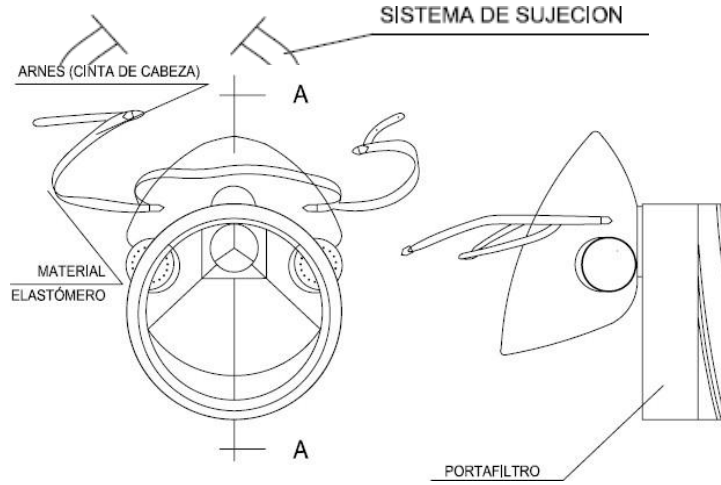
Guantes aislantes



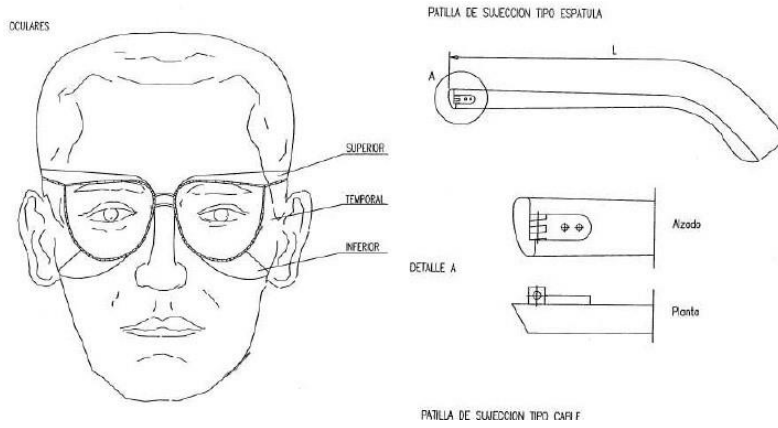
Guantes riesgos mecánicos impermeabilizados

## CASCO PARA PROTECCIÓN AUDITIVA

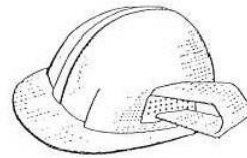
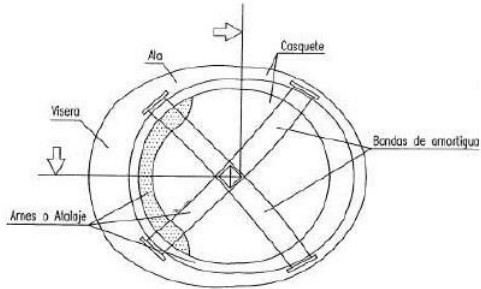
### MASCARILLA ANTIPOLVO



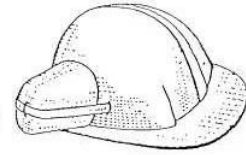
### GAFAS DE MONTURA UNIVERSAL



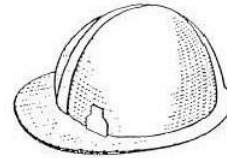
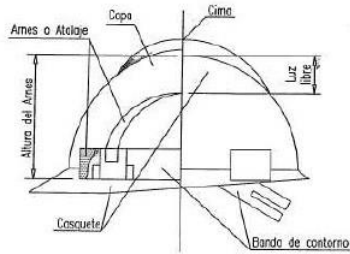
## CASCO DE SEGURIDAD



CASCO - PROTECTOR AURICULAR



CASCO - PROTECTOR ANTIRRUIDO



CASCO DE POLIPROPILENO

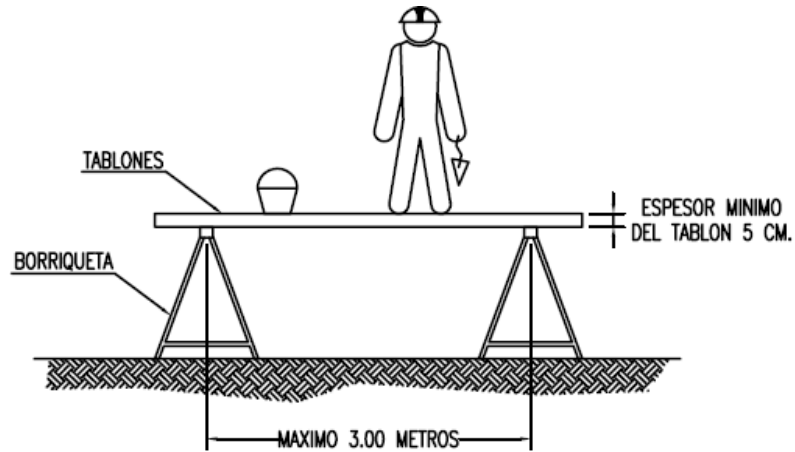


CASCO-PROTECTOR ALTA TENSI

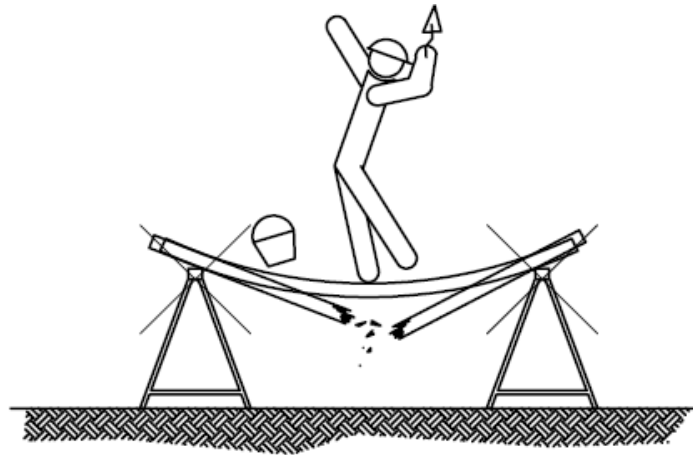
## MONO DE TRABAJO



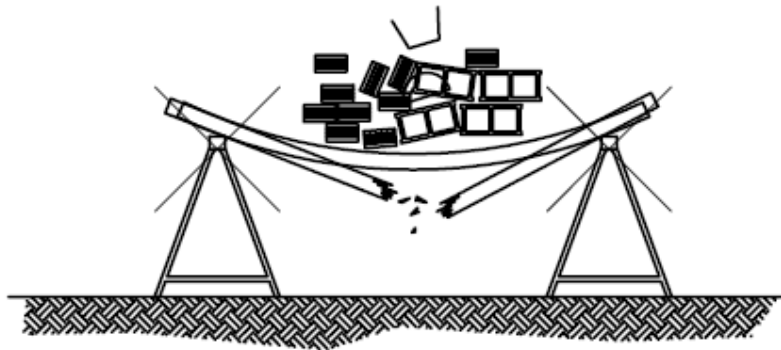
## ANDAMIOS DE BORRIQUETAS



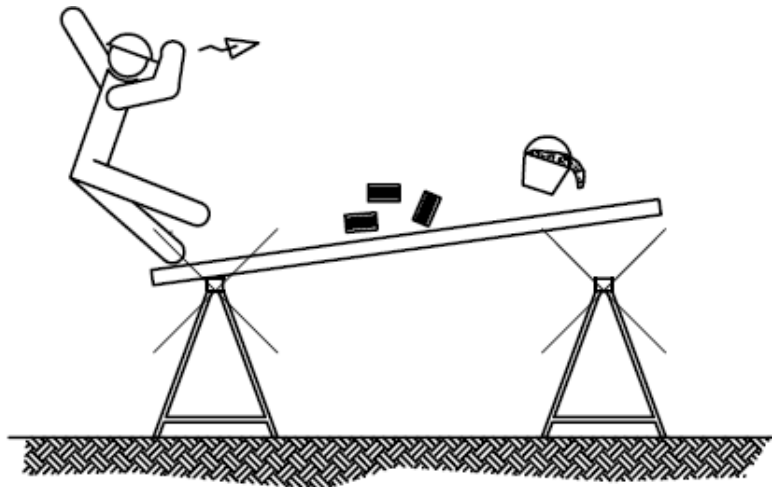
LA ANCHURA MÍNIMA DE LA PLATAFORMA DEL ANDAMIO SERÁ DE 60 CENTÍMETROS.  
LOS TABLONES DE LA PLATAFORMA IRÁN ATADOS O BIEN SUJETOS A LAS BORRIQUETAS.  
EN ALTURAS SUPERIORES A 2 METROS, SE DISPONDRÁN BARANDILLAS EN TODO EL PERÍMETRO.



SI LA DISTANCIA ENTRE BORRIQUETAS ES MAYOR DE 3 METROS, EXISTE EL PELIGRO QUE LOS TABLONES DE LA PLATAFORMA PUEDAN FLECHAR O INCLUSO LLEGAR A ROMPERSE



NO SOBRECARGAR LOS TABLONES CON EXCESIVA CANTIDAD DE MATERIALES CONCENTRADOS EN UN MISMO PUNTO QUE PODRIA DESEQUILBRAR O INCLUSO LLEGAR A PARTIR LOS TABLONES  
REPARTIR EL PESO DE MANERA UNIFORME Y SIN CARGAS EXCESIVAS



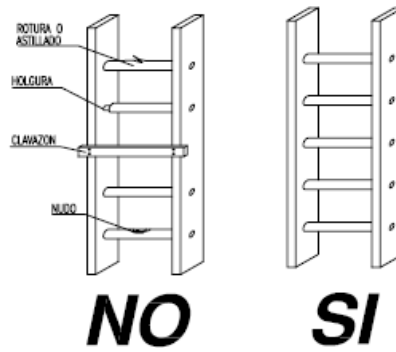
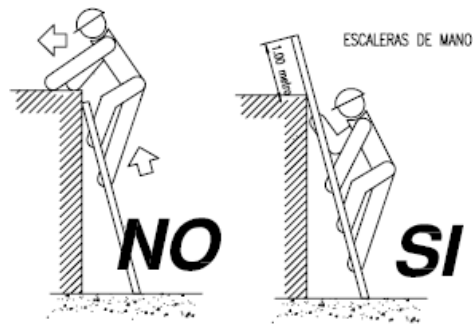
NO APOYARSE EN EL CONJUNTO EN NINGUNO DE SUS EXTREMOS



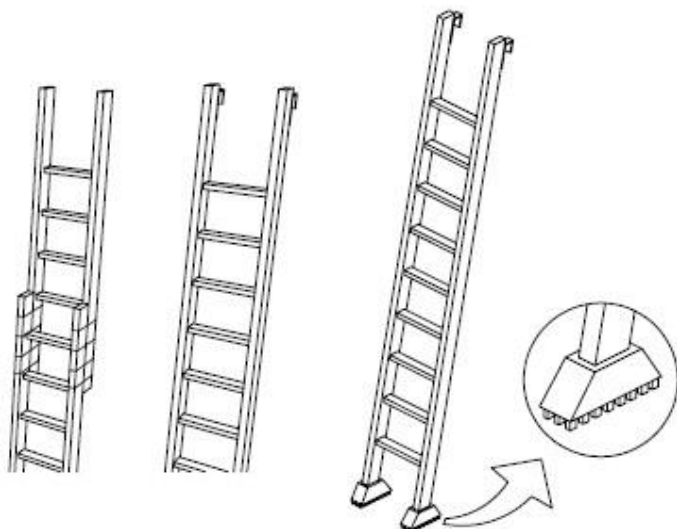
NO UTILIZAR PARA EL APOYO DE LOS TABLONES, OTRO ELEMENTO DISTINTO DE LAS BORRIQUETAS

ESCALERAS DE MANO



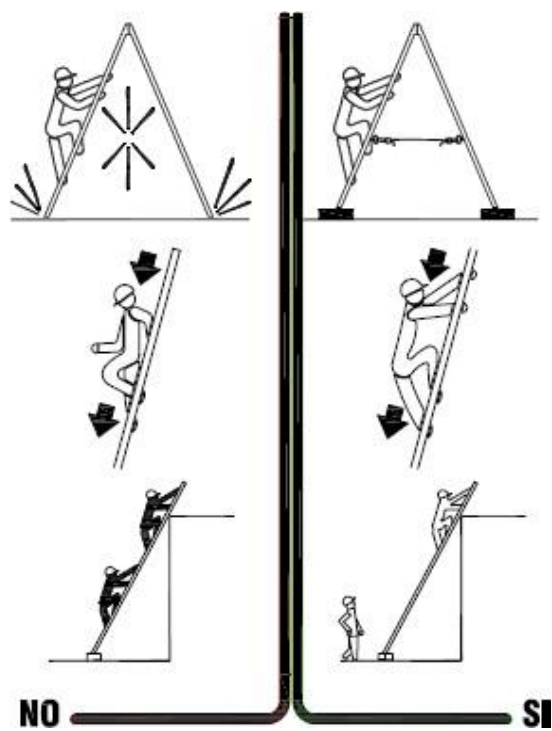


PRECAUCIONES EN EL USO DE ESCALERAS DE MANO



NO SE DEBE REALIZAR NUNCA EL EMPALME IMPROVISADO DE DOS ESCALERAS.

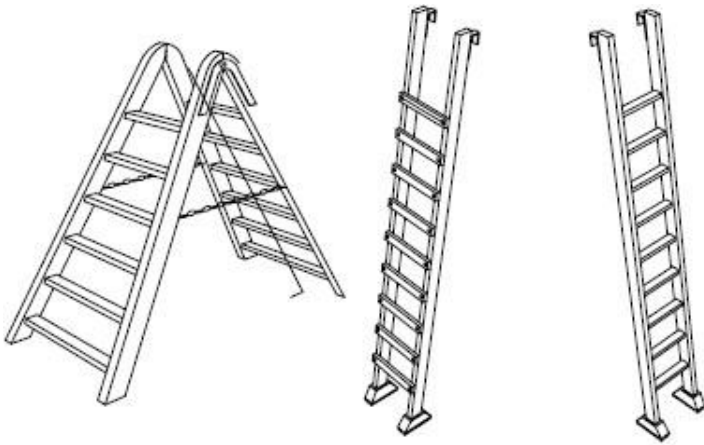
EQUIPAR LAS ESCALERAS PORTATILES CON BASES ANTIRRESBALADIZAS PARA UNA MEJOR ESTABILIDAD.





Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO



TOPE Y CADENA PARA IMPEDIR LA APERTURA.

LOS LARGEROS SERAN DE UNA SOLA PIEZA Y LOS PELDANOS ESTARAN BIEN ENSAMBLADOS Y NO CLABADOS.

## 7. PRESUPUESTO

	Unidades	Precio [€/ud.]	Precio [€]
<i>Casco de seguridad homologado</i>	10	5,75	57,5
<i>Pantalla de seguridad para soldador de autógena</i>	5	19	95
<i>Gafa antipolvo y anti-impactos</i>	10	21,25	212,5
<i>Mascarilla de respiración antipolvo</i>	5	25	125
<i>Filtro para mascarilla antipolvo</i>	100	1,5	150
<i>Protector auditivo</i>	5	31,25	156,25
<i>Cinturón de seguridad</i>	5	46,5	232,5
<i>Mono de trabajo</i>	10	33,5	335
<i>Mandil de cuero</i>	5	28,25	141,25
<i>Manguitos de cuero</i>	5	10,25	51,25
<i>Polainas para soldar</i>	5	12	60
<i>Guantes para soldar</i>	2	17	34
<i>Guantes de goma finos</i>	10	4	40
<i>Guantes de cuero</i>	10	6	60
<i>Guantes dieléctricos</i>	10	74	740
<i>Botas impermeables</i>	10	25	250
<i>Botas de seguridad</i>	10	49,5	495
<i>Chaleco reflectante</i>	10	4,05	40,5
<i>Pantalla de seguridad para soldador eléctrico</i>	10	12,75	127,5
<i>Guantes anticorte</i>	10	8,75	87,5
<i>Detector de gases</i>	1	750	750
<i>Botiquín</i>	1	345,5	345,5
<i>Reconocimiento médico</i>	5	45	225
<i>Formación en seguridad e higiene en el trabajo</i>	5	11,25	56,25
<i>Elementos de protección colectiva</i>			1500
<b>TOTAL</b>	<b>6367,5</b>		

El presupuesto del presente Estudio de Seguridad y Salud asciende a 6367,50 €.

# GESTIÓN DE RESIDUOS

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

### *CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UN EDIFICIO POLIDEPORTIVO*

<b>Estudiante</b>	<i>Martin, Sanz, Andoni</i>
<b>Director</b>	<i>Cuadrado, Rojo, Jesús</i>
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2020/2021

*Bilbao, 21 de septiembre de 2021*

## 1. INTRODUCCION

El objeto de este anejo es dar cumplimiento con lo establecido en el Real Decreto 105/2008 del 1 de febrero del Ministerio de la Presidencia por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción en relación a la obra que nos ocupa.

### 1.1. ANTECEDENTES

El RD 105/2008 establece en su Artículo 4. “*Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición*”, apartado 1, que además de los requisitos exigidos por la legislación sobre residuos de construcción y demolición, se deberá incluir en el proyecto de ejecución de obra (memoria valorada en este caso) un “*Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición*” (EGR) que contenga como mínimo:

- **Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra**, codificados con arreglo a la lista europea de residuos (LER) publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
- **Las medidas para la prevención de residuos en la obra** objeto del proyecto.
- **Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación** a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- **Las medidas para la separación de los residuos en obra**, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación establecida en el apartado 5 del artículo 5 del RD 105/2008.
- **Planos de las instalaciones previstas**, para el almacenamiento, manejo separación y, en su caso otras operaciones de gestión de los RCD dentro de la obra.
- **Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares**. En relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de RCD dentro de la obra.
- **Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición.**

## 2. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

### 2.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La obra se localiza en el polígono industrial Larramendi, al Sur del núcleo urbano de Bergara, limitado por el Oeste por la carretera GI-627 y por el Este por la carretera GI-632, y próximo a la autopista AP-1.

El objeto de este documento en concreto consiste en la definición de los trabajos a realizar, entre los que se incluyen:

- Retirada de las tierras necesaria para construir la cimentación y el sótano.
- Ejecución de zapatas, solera, muros y otros elementos de hormigón armado que conforman el sótano.
- Colocación de elementos de madera que conforman la estructura polideportiva.

Los trabajos mencionados anteriormente se ejecutarán de acuerdo a las siguientes fases:

- Fase 1. Extracción de la tierra sobre la que se situará el edificio.
- Fase 2: Colocación de las armaduras y hormigonado de las zapatas, la solera y los muros que conforman el sótano.
- Fase 3: Colocación de las armaduras y hormigonado de las columnas y, posteriormente, de las vigas principales y las vigas de atado.
- Fase 4: Elaboración del vaso de la piscina mediante acero corrugado y hormigón.
- Fase 5: Colocación ordenada de los elementos de madera que constituyen la estructura sobre rasante.

## 2.2. RESIDUOS GENERADOS EN OBRA NUEVA

### Metodología

La metodología utilizada en el proceso de estimación de la cantidad de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) generados en este proyecto consiste en:

- Identificación en cada una de las actuaciones previstas en el proyecto de las unidades de obra y mediciones susceptibles de generar residuos. En el tipo de obra como el los residuos tienen principalmente tres orígenes:
  - Residuos que provienen de la acción misma de construir, originados por los materiales sobrantes: hormigones, morteros, madera, etc.
  - Los embalajes de los productos que llegan a la obra: madera, papel, plásticos, etc.
- Una vez identificadas las unidades de obra y mediciones en cada fase, estimar el volumen y tipología de residuos que se generan.
- Todos los elementos que provienen de la demolición y que no serán reutilizados in situ se consideran residuos.

En cuanto a los sobrantes de construcción se aplican los siguientes porcentajes sobre las mediciones finales:

Tabla 8. Criterios de sobrantes en construcción.

Elemento	Volumen sobrante (%)
Hormigón	4
Petresos	5
Metales	2
Madera	1
Plásticos	6
Betunes	2

Estos porcentajes han sido extraídos de la Guía de Aplicación del Decreto 201/1994 de Cataluña editada por la Agència de Residus de Catalunya. El porcentaje de los prefabricados se ha estimado teniendo en cuenta que la utilización de prefabricados es una buena práctica ambiental para reducir el volumen de sobrantes, de acuerdo con el Colegio de Arquitectos de Cataluña.

En cuanto a los embalajes de los productos se aplican los siguientes ratios de producción:

Elemento	Plástico	Papel	Envase contaminado
Unidades varios grandes (m <sup>3</sup> /ud)	0,007	0,007	
Pinturas (kg/m <sup>2</sup> )			0,005
Prefabricados (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0001		
Unidades varios pequeños (m <sup>3</sup> /ud)	0,005	0,005	

Tabla 2: Criterios de estimación de embalajes

La madera utilizada en encofrados se estima aplicando un ratio medio calculado por CYPE Ingenieros. El rango del ratio es entre 2,8 y 5,3 kg de madera/m<sup>3</sup> de hormigón, dependiendo del tipo de construcción (vigas, losas, etc.). Como compromiso se utiliza en este estudio 3,5 kg/m<sup>3</sup> de hormigón, más cercano a la losa que a las vigas, por ser la primera más significativa en este estudio.

Como información complementaria se utilizarán las siguientes fuentes:

- Guia per la redacció de l'Estudi de Gestió de Residus de construcció i enderroc. Versió 1.0" de la Agencia Catalana de Residuos.
- Mediciones del propio Proyecto de Ejecución (por ejemplo, para el movimiento de tierras).



- Datos estadísticos de estudios del ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña).
- Estudios realizados por la Comunidad de Madrid sobre la composición en peso de los Residuos de Construcción (RC) que van a sus vertederos (Plan Nacional de RCD 2001-2006).
- Datos de la Guía metodológica para la elaboración de proyectos de demolición selectiva en la CAPV (IHOBE, 2004).
- CYPE Ingenieros. Estimación de residuos generados.

#### Cuantificación de la generación de residuos durante el movimiento de tierras

Durante la excavación se estima la generación de 1742,4 m<sup>3</sup> de material granular (LER 17 0504) que en su totalidad deberán ser gestionados.

#### Cuantificación de la generación de residuos durante la construcción

De acuerdo con los criterios definidos en la metodología y con las partidas reflejadas en la valoración del documento, se obtiene la siguiente distribución de residuos:

*Tabla 9. Estimación de la generación de residuos durante la fase de construcción de la obra.*

Código LER	Descripción	Tipología	Densidad del residuo (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Procedencia
Residuos inertes o no especiales						
170101	Hormigón	Inerte	1.400	4,25	5950	Sobrantes hormigonado
170405	Acero	No especial	170	0,078	13,26	Recortes de armados sobrantes
170203	Plásticos	No especial	51	0,48	24,48	De embalajes
150101	Envases de papel y cartón	No especial	23	0,041	0,94	De embalajes
170201	Madera	No Especial	520	0,016	8,32	Recortes de elementos de madera en obra y encofrados
170504	Tierras y piedras no especificadas en el código 17.05.03	No especial	1.400	1742,4	2438800	De rellenos

### Cuantificación de la generación de residuos durante el total de la obra

A continuación, se recoge la estimación de producción de residuos durante la totalidad de la obra:

*Tabla 10. Estimación de la generación de residuos durante la totalidad de la obra.*

CódigoLER	Descripción	Tipología	Densidad del residuo (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Procedencia
Residuos inertes o no especiales						
170101	Hormigón	Inerte	1.400	4,37	6118	Sobrantes hormigonado
170405	Acero	No especial	170	0,081	13,77	Recortes de armados sobrantes
170203	Plásticos	No especial	51	0,5	25,5	De embalajes
150101	Envases de papel y cartón	No especial	23	0,042	0,97	De embalajes
170201	Madera	No especial	520	0,018	9,36	Recortes de elementos de madera en obra y enconfrados
170504	Tierras y piedras no especificadas en el código 17.05.03	No especial	1.400	1791,91	2508674	De rellenos

### 3. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

Las medidas de prevención de residuos en obra están basadas en fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

Podemos distinguir medidas aplicables en las siguientes actividades de la obra:

- Adquisición de materiales.
- Comienzo de obra.
- Puesta en obra.
- Almacenamiento en obra.

#### 3.1. PREVENCIÓN EN LA ADQUISICIÓN DE MATERIALES

- La adquisición de materiales se realizará ajustando la cantidad a las mediciones reales de obra al máximo para evitar la aparición de excedentes de material al final de la obra.
- Se requerirá a las empresas suministradoras que reduzcan al máximo la cantidad y volumen de embalajes, priorizando los suministradores que minimizan los mismos.
- Dar preferencia a proveedores que elaboran sus recipientes/productos con materiales reciclados, biodegradables, o retornables para su reutilización (palets, madera, etc).
- Se primará la adquisición de materiales reciclables frente a otros de mismas prestaciones pero de difícil o imposible reciclado.
- Aprovechar materiales de protección y recortes de material, así como favorecer el reciclaje de los elementos que tengan opciones de valorización (metales, madera, etc.)
- Reutilizar los elementos de madera el mayor número de veces posible, respetando siempre las exigencias de calidad.
- Se realizará un plan de entrega de los materiales en que se detalle para cada uno de ellos la cantidad, fecha de llegada a obra, lugar y forma de almacenaje en obra, gestión de excedentes y en su caso gestión de residuos.
- Se priorizará la adquisición de productos "a granel" con el fin de limitar la aparición de residuos de envases en obra.
- Se evitará el deterioro y se devolverán al proveedor aquellos envases o soportes de materiales que puedan ser reutilizados, como por ejemplo los palets.
- Se incluirá en los contratos de suministro una cláusula de penalización a los proveedores que generen en obra más residuos de los previstos, debido a una mala gestión.

#### 3.2. PREVENCIÓN EN EL COMIENZO DE LA OBRA

- Realizar una planificación previa a las excavaciones y movimiento de tierras para minimizar la cantidad de sobrantes por excavación y posibilitar la reutilización de la tierra en la propia obra o emplazamientos cercanos.

- Destinar unas zonas determinadas al almacenamiento de las tierras y del movimiento de la maquinaria para evitar compactaciones excesivas del terreno.

### 3.3. PREVENCIÓN EN LA PUESTA EN OBRA

- Se optimizará el empleo de materiales en obra evitando la sobredosificación o la ejecución con derroche de material especialmente de aquellos con mayor incidencia en la generación de residuos.
- Programar correctamente la llegada de camiones de hormigón para evitar el principio de fraguado y, por tanto, la necesidad de su devolución a planta que afecta a la generación de residuos y a las emisiones derivadas del transporte.
- Aprovechar los restos de hormigón fresco, siempre que sea posible (en mejora de los accesos, zonas de tráfico, etc)
- Se favorecerá el empleo de materiales prefabricados, que, por lo general, minimizan la generación de residuos.
- En la puesta en obra de materiales se intentará realizar los diversos elementos a módulo del tamaño de las piezas que lo componen para evitar desperdicio de material.
- Se vaciarán por completo los recipientes que contengan los productos antes de su limpieza o eliminación, especialmente si se trata de residuos peligrosos.
- En la medida de lo posible se favorecerá la elaboración de productos en taller frente a los realizados en la propia obra que habitualmente generan mayor cantidad de residuos.
- Se primará el empleo de elementos desmontables o reutilizables frente a otros de similares prestaciones no reutilizables.
- Se agotará la vida útil de los medios auxiliares propiciando su reutilización en el mayor número de obras para lo que se extremarán las medidas de mantenimiento.
- Todo personal involucrado en la obra dispondrá de los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de ellos.
- Se incluirá en los contratos con subcontratas una cláusula de penalización por la que se desincentivará la generación de más residuos de los previsibles por su mala gestión.
- En caso de no disponer de espacio suficiente, planificar la llegada de materiales según las necesidades de ejecución de la obra y reservar espacio para el almacenamiento de los residuos que se vayan generando.
- Disponer de sistemas adecuados para cargar los carretones o palets de la manera correcta, para garantizar el buen mantenimiento de las piezas en su traslado y evitar roturas o daños que puedan hacer que esas piezas no se puedan utilizar.

### 3.4. PREVENCIÓN EN EL ALMACENAMIENTO EN OBRA

- Se realizará un plan de inspecciones periódicas de materiales, productos y residuos acopiados o almacenados para garantizar que se mantienen en las debidas condiciones.
- Se almacenarán los materiales correctamente para protegerlos de la intemperie y evitar su deterioro y transformación en residuo.

- Centralizar, siempre que sea posible y exista suficiente espacio en la obra, el montaje de los elementos de armado. De este modo posibilitaremos la recuperación de los recortes metálicos y evitaremos la presencia incontrolada de alambre, etc.
- Almacenar correctamente los materiales para protegerlos de la intemperie y evitar la corrosión de metales.
- Disponer de una central de corte para evitar la dispersión de residuos y aprovechar, siempre que sea viable, los restos de maderas, bloques de cemento, etc.

#### 4. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORACIÓN O ELIMINACIÓN A LAS QUE SE DESTINAN LOS RCDS GENERADOS

A continuación, están enumeradas las diferentes fracciones de residuos generados, con las operaciones de valorización/tratamiento posibles para las mismas y su destino.

Tabla 11. Destino previsto para los residuos no peligrosos.

RESIDUOS NO PELIGROSOS								
MATERIAL	DA	DI	V	R	RI	RE	AC	GA
Bombonas de gases / extintores	x		x					x
Fracción pétreo (Hormigón y cerámicos)		x			x		x	x
Elementos metálicos			x	x		x		x
Madera		x	x			x		x
Plástico		x		x				x
Papel, cartón y vidrio		x		x				x
Otros								
Mezclas		x					x	x
Residuos voluminosos y RAEEs que no contienen CFCs	x	x	x	x		x		x
Residuos asimilables a urbanos	x		x	x				x
Leyenda: DA: Depósito Autorizado DI: Depósito de Inertes, Vertedero de RCD's o escombreras V: Valorización R: Reciclaje RI: Reutilización como relleno en obras de construcción RE: Venta o Recuperación off-site AC: Acondicionamiento in-situ GA: Retirada por gestor autorizado								

Tabla 12. Destino previsto para los residuos peligrosos.

RESIDUOS PELIGROSOS								
MATERIAL	DA	DI	V	R	RI	RE	AC	GA
Envases que han contenido sustancias peligrosas	x		x	x				x
Baterías	x		x	x				x
Residuos de equipos eléctricos y electrónicos que contienen CFCs	x		x	x		x		x
Mezcla de residuos peligrosos	x							x
Leyenda: DA: Depósito Autorizado DI: Depósito de Inertes, Vertedero de RCD's o escombreras V: Valorización R: Reciclaje RI: Reutilización como relleno u obras de construcción. RE: Venta o Recuperación off – site AC: Acondicionamiento in – situ GA: Retirada por gestor autorizado								

## 5. MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

De acuerdo con el artículo 5.5, del RD 105/2008, es necesario separar los residuos de construcción y demolición en fracciones de hormigón, metal, madera, plástico y papel-cartón, cuando la cantidad prevista de generación de dicha fracción supere ciertos límites. Estos límites han sido reproducidos en la segunda columna de la Tabla 8.

*Tabla 13. Necesidad de separar las fracciones de residuos.*

Tipología	Límites de generación de acuerdo al artículo 5.5 (t)	Estimación de cantidades generadas en Obra (t)	Debe separarse la fracción (SÍ/NO)
Hormigón	80	6,25	No
Metal	2	0,015	No
Madera	1	0,01	No
Plástico	0,5	0,03	No
Papel y cartón	0,5	0,001	No

Será necesario por tanto separar:

- Hormigón.
- Metal.
- Madera.
- Plástico.
- Papel y cartón.

Por lo que se almacenarán en diferentes contenedores que serán retirados periódicamente por el gestor autorizado.

Además, se separarán todos los residuos peligrosos, que serán retirados por un gestor autorizado.

Aunque no aplica en este caso, deberá tenerse en cuenta que se encuentra en fase de preparación el futuro Decreto Vasco de RCD, en el cual las cantidades umbrales previstas serán sensiblemente inferiores a las del art 5.5 de RD 105/2008.



Tabla 14. Límites de generación previstos en futuro Decreto Vasco de RDC.

Hormigón	10 t.
Metal	En todos los casos.
Madera	En todos los casos
Plástico	En todos los casos.
Papel y cartón	0,25 t.

## 6. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

La zona en la que se localizarán los contenedores para realizar la separación de los residuos se plantea en el mismo lugar en el que también se situarán las casetas de obra, vestuarios, acopios de materiales. Dicha zona dispone de acceso directo a la obra.

## 7. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

### 7.1. OBLIGACIONES DE LOS ACTORES

- Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un Plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El Plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.
- El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización y en última instancia a depósito en vertedero.
- Según exige el Real Decreto 105/2008, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.
- El productor de residuos (promotor) habrá de obtener del poseedor (contratista) la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma o entregados a una instalación de valorización ó de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y, especialmente, en el plan o en sus modificaciones. Esta documentación será conservada durante cinco años.

## 7.2. GESTIÓN DE RESIDUOS

- Según requiere la normativa, se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.
- El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.
- Se debe asegurar en la contratación de la gestión de los residuos, que el destino final o el intermedio son centros con la autorización autonómica del organismo competente en la materia. Se debe contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dichos organismos e inscritos en los registros correspondientes. Se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final.
- Las tierras que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados, serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, en condiciones de altura no superior a 2 metros.
- El depósito temporal de los residuos se realizará en contenedores adecuados a la naturaleza y al riesgo de los residuos generados.
- Dentro del programa de seguimiento del Plan de Gestión de Residuos se realizarán reuniones periódicas a las que asistirán contratistas, subcontratistas, dirección facultativa y cualquier otro agente afectado. En las mismas se evaluará el cumplimiento de los objetivos previstos, el grado de aplicación del Plan y la documentación generada para la justificación del mismo.

## 7.3. SEPARACIÓN

- El depósito temporal de los residuos valorizables que se realice en contenedores o en acopios, se debe señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
- Los contenedores o envases que almacenen residuos deberán señalarse correctamente, indicando el tipo de residuo, la peligrosidad, y los datos del poseedor.
- El responsable de la obra al que presta servicio un contenedor de residuos adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Igualmente, deberá impedir la mezcla de residuos valorizables con aquellos que no lo son.
- El poseedor de los residuos establecerá los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de residuo generado.
- Los contenedores de los residuos deberán estar pintados en colores que destaquen y contar con una banda de material reflectante. En los mismos deberá figurar, en forma visible y legible, la siguiente información del titular del contenedor: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos
- Cuando se utilicen sacos industriales y otros elementos de contención o recipientes, se dotarán de sistemas (adhesivos, placas, etcétera) que detallen la siguiente información

del titular del saco: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos.

- Los residuos generados en las casetas de obra producidos en tareas de oficina, vestuarios, comedores, etc. tendrán la consideración de Residuos Sólidos Urbanos y se gestionarán como tales según estipule la normativa reguladora de dichos residuos en el área de la obra.

#### 7.4. DOCUMENTACIÓN

- El poseedor de los residuos estará obligado a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición.
- El poseedor de residuos dispondrá de documentos de aceptación de los residuos realizados por el gestor al que se le vaya a entregar el residuo.
- El gestor de residuos debe extender al poseedor un certificado acreditativo de la gestión de los residuos recibidos, especificando la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, y el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002.
- Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o eliminación ulterior al que se destinan los residuos.
- Según exige la normativa, para el traslado de residuos peligrosos se deberá remitir notificación al órgano competente de la comunidad autónoma en materia medioambiental con al menos diez días de antelación a la fecha de traslado. Si el traslado de los residuos afecta a más de una provincia, dicha notificación se realizará al Ministerio de Medio Ambiente.
- Para el transporte de los residuos peligrosos se completará el Documento de Control y Seguimiento. Este documento se encuentra en el órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma.
- El poseedor de residuos facilitará al productor acreditación fehaciente y documental que deje constancia del destino final de los residuos reutilizados. Para ello se entregará certificado con documentación gráfica.

## 8. NORMATIVA

### 8.1. NORMATIVA ESTATAL

- REAL DECRETO 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba, el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- REAL DECRETO 952/1997, que modifica el Reglamento para la ejecución de la ley 20/1986 básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1998.
- LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- REAL DECRETO 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos
- REAL DECRETO 229/2006, del 28 de febrero, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas.
- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

### 8.2. NORMATIVA ESPECÍFICA DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA

- DECRETO 49/2009, de 24 de febrero, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.

### 8.3. ORDENANZAS LOCALES

- Ordenanza Municipal de Protección del Medio Ambiente (BOB 10/6/2000)

### 8.4. INVENTARIO DE RESIDUOS PELIGROSOS QUE SE GENERARÁN

Los residuos peligrosos más habituales que se generan en las actividades de construcción (aparte de los ya identificados en el punto 2.2.3) son:

- Aceites lubricantes usados.
- Filtros de aceite y de gasoil usados.
- Anticongelantes, desencofrantes y líquidos de curado de hormigón identificados como peligrosos.
- Absorbentes contaminados con aceite, gasoil o disolvente (trapos de limpieza, guantes, cartón y papel contaminado).
- Baterías usadas (con plomo y ácido sulfúrico).
- Pilas usadas (con contenido en Pb/Ni/Cd/Hg).
- Residuos con contenido en policlorobifenilos (PCB).
- Envases vacíos contaminados (pinturas, disolventes, aceite, pegamento, decapante, desencofrante y silicona).

- Disolventes sucios utilizados en operaciones de limpieza/decapado de piezas y limpieza de depósitos.
- Restos de productos químicos de laboratorio fuera de uso (tricloroetileno y formaldehído).
- Residuos de gasoil, pinturas, barnices y líquidos de freno.

Estos residuos deben ser almacenados de forma selectiva en contenedores separados con sistemas de contención adecuados y debidamente identificados según el tipo de residuo, siendo retirados periódicamente de forma selectiva por un transportista autorizado que los entregará a un gestor autorizado para su tratamiento.

La gestión de un residuo peligroso da lugar a los siguientes registros oficiales que deberán archivarse formando parte del archivo de registros de la obra:

- Notificación previa al traslado.
- Documento de aceptación del gestor.
- Documento de control y seguimiento.
- Registro de los residuos producidos y gestionados, incluyendo su origen, cantidad, naturaleza y código de identificación, fechas de almacenamiento y de traslado al gestor.

## 9. VALORACIÓN DEL COSTE DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo con la valoración que integra el documento, el coste previsto de la gestión de residuos de construcción y demolición es de 13483,02 €.

Los metales se han considerado con un precio de gestión 0 ya que, por lo general, el gestor obtiene beneficios económicos por su revalorización. Las partidas se han agrupado según el mínimo de corrientes a separar, de acuerdo con la Tabla 10.

Tabla 15. Valoración del coste previsto de la gestión de residuos.

CódigoLER	Descripción	Tipología	Peso (kg)	Costo unitario(€/Tn)	Costo total(€)
170101	Hormigón	Inerte	6118	5,80	35,49
170405	Acero	No especial	13,77	0,00	0,00
170203	Plásticos	No especial	25,5	56,5	1,44
150101	Envases de papel y cartón	No especial	0,97	17,00	0,02
170201	Madera	No especial	9,36	0	0,00
170504	Tierras y piedras no especificadas en el código 17.05.03	No especial	2508674	3,50	8780,36
Total Gestión de Residuos (€)					8817,31