PROYECTO EJECUCION:
REFORMA CUBIERTAS DEL ANTIGUO CONVENTO RECOLETAS DE TAFALLA.
SEPARATA III



MEMORIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES
1.1 GENERALIDADES
1.2 PLAN DE EJECUCION DE LAS OBRAS
1.3 VALORACION

2. EDIFICIO
2.1 EMPLAZAMIENTO URBANO
2.2 JUSTIFICACION DE LAS OBRAS
2.3 DESCRIPCION DE LAS OBRAS
2.4 CRITERIOS DE DISEÑO NORMATIVA APLICADA

3. ANEXO DE CONSTRUCCIÓN
3.1 ESTRUCTURA
3.2 ALBAÑILERIA
3.3 CUBIERTAS

4. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS CTE
4.1 CUMPLIMIENTO DEL CTE DB SI 6 (SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO PARA EL USO VIVIENDA UNIFAMILIAR.
4.2 CUMPLIMIENTO DEL CTE DB HE 1 LIMITACION DE LA DEMENDA ENERGETICA.
4.3 CUMPLIMIENTO DEL CTE DB HE 2 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TERMICAS.
4.4 CUMPLIMIENTO DEL CTE DB SU SEGURIDAD DE UTILIZACION
4.5 CUMPLIMIENTO DEL CTE DB HR PROTECCION ANTE EL RUIDO
4.6 CUMPLIMIENTO DEL CTE DB HE AHORRO DE ENERGIA

5. CUADRO DE SUPERFICIES

1. ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES

A instancias del Ayuntamiento de Tafalla, se redacta la presente **SEPARATA III** DEL PROYECTO sobre la RESTAURACIÓN REHABILITACIÓN DE LAS CUBIERTAS DEL ANTIGUO CONVENTO DE RECOLETAS de la ciudad de Tafalla. Se trata de un documento extraído del Proyecto de ejecución para poder licitar una parte del PROYECTO.

La licitación se realizara sobre las zonas de la cubierta establecidas en el Proyecto, y numeradas como ZONA 1, ZONA 2, ZONA 11, ZONA 13, ZONA 14, ZONA 15, Z y parte de la ZONA 16 Y ZONA 18, que todavía quedan sin reformar. Se adjunta plano de planta de cubierta como SEPARATA III.

1.2 PLAN DE EJECUCION DE LAS OBRAS.

El criterio en la licitación de esta separata del proyecto, es la de concluir los trabajos re reforma y restauración del conjunto de las cubiertas.

Para poder realizar las ofertas, en el presupuesto se han realizado las mediciones siguiendo el criterio de zonas para su licitación.

1.3 VALORACION

El presupuesto de Ejecución Material de las obras asciende a **320.609,10** €, incluyendo los capítulos de Seguridad y Salud, Control de Calidad, y Gestión de Residuos.

Este importe será incrementado con el 15 % de Gastos Generales y Beneficio Industrial, y el IVA correspondiente.

2. EDIFICIO

2.1 EMPLAZAMIENTO URBANO

El edificio objeto del presente proyecto se encuentra dentro del conjunto urbano de Tafalla, villa situada en la zona media de Navarra, a 35 kilómetros de Pamplona. Emplazado en una parcela tapiada que se sitúa en el margen meridional del casco histórico de la ciudad.

2.2 JUSTIFICACION DE LAS OBRAS

Desde que el Ayuntamiento de Tafalla se hizo propietario del edificio, obviamente se hizo cargo de su mantenimiento. El estado general del edificio no plantea problemas estructurales graves de carácter singular. No obstante la rehabilitación de un edificio implica la recuperación de sus funciones principales por medio de distintas actuaciones sobre aquellos elementos que han perdido su misión constructiva funcional, y que han sufriendo un deterioro en su integridad o aspecto.

En visita realizada el pasado viernes 29 de marzo, y acompañado de los técnicos municipales de Urbanismo del Ayuntamiento, se ha constatado el derrumbe parcial de faldones de tejado correspondiente a las zonas 14, 15, y 16 del edificio.

Estos derrumbamientos, originados por rotura de vigas-correa de la cubierta, han propiciado por acción dinámica de estos elementos en su caída, la rotura de otros elementos en el forjado de planta 2ª con planta 1ª y con planta baja.

La filtración de agua sobre los elementos estructurales de cubierta ha propiciado su colapso y por tanto su derribo.

La separata pretende además terminar de reformar las zonas que se quedaron parcialmente inconclusas por falta de presupuesto. ZONAS 2-3-11, y parte de la ZONA 5 y 13.
Se recogen testimonios fotográficos para describir la situación de los faldones de cubierta.

Es por lo que después de la descripción anterior, urge por tanto la elaboración de una **III Separata de Proyecto Técnico** por realizado, para la restauración integral de los faldones de cubierta afectados 13-14-15 que amenazan ruina al edificio si no se interviene **URGENTEMENTE**.



DERRUMBE DE PLEMENTERIA Y ESTRUCTURA EN ZONA 15



DERRUMBE DE FORJADO PLANTA 1ª POR ACCION DE CUBIERTA EN ZONA 15



DERRUMBE DE PLEMENTERIA Y ESTRUCTURA EN ZONA 13



DERRUMBE DE PLEMENTERIA Y ESTRUCTURA EN ZONA 13



ACCIONES DE DERRUMBAMIENTO SOBRE PLANTAS INFERIORES

La superficie total de las cubiertas afectadas asciende a 1.357,67 metros cuadrados, según se recoge en plano correspondiente.

2.3 DESCRIPCION DE LAS OBRAS.

Conviene recordar que el sistema constructivo de la rehabilitación de las cubiertas, esta el origen mismo de la tipología del edificio. Forjados compuestos por de vigas de madera, apoyadas sobre muros de carga bien de fachada o de interior, con ayudas de vigas, o elementos de estructura combinada también de madera a modo de cerchas, en crujías de mayor luz de apoyo entre muros. Sobre estos elementos estructurales, tabla de ripia en forma de panel sándwich con aislamiento, lamina impermeabilizante para-vapor y cubrición de teja árabe al tipo.
La relación de los trabajos que deben acometerse para la rehabilitación seria:

- ***RETIRADA DE TEJA***: Desmontado por medios manuales de cubierta de teja curva sobre tabla de ripia, (aprovechamiento 40%), i/desmontado de tabla, limas, canalones, encuentros con paramentos, bajada, apilado, almacenaje y retirada de escombros a pie de carga a vertedero publico autorizado. Limpieza de teja original para su reutilización mediante cepillado de alambre.

- ***RETIRADA DE TABLA Y ESTRUCTURA***: Demolición manual de estructura de madera, formada por pies derechos, carreras, vigas y entablado, incluso retirada de escombros y carga a vertedero publico autorizado.

- ***RETIRADA DE CHAPA PROVISIONAL***: Desmontaje, retirada almacenamiento y transporte para su reutilización de la chapa provisional de cubierta en las zonas 2, 3, 11, 13 y 15.

- ***FORMACION DE ZUNCHOS DE FACHADA Y APOYOS***: Anclaje y formación de zunchos perimetrales de hormigón armado, sobre la fábrica de sillería, formado por hormigón y armadura, y pegados a sillería con resina epoxy.

- ***ESTRUCTURA DE MADERA DE ABETO EN DINTELES Y CERCHAS DE APOYO***: Reposición de madera en cubierta o estructura de madera de abeto según secciones de cálculo exigible a normativa actual en madera **LAMINADA GL24h.** cepillada, piezas mecanizadas con CONTROL NUMERICO, uniones tipo caja y espiga, y herrajes metálicos en los apoyos y uniones.

- ***TARIMA DE ABETO***: Forjado de cubierta formado por tarima de abeto machihembrada de 20 mm. de espesor clavada a los solivos.

- ***SOPORTE IMPERMEABILIZACION***: Tendido de lámina de impermeabilización para-vapor anclada por rastrel de madera.

- ***TEJA IMPERMEABILIZACION***: Cubierta cerámica sobre rastrel de abeto compuesta por canales de teja árabe nueva con tacón y tapas recuperadas del desmontaje, con formación de cumbreras y recibido de 1ª fila en aleros con mortero de cal, según descripción del presupuesto.

- ***TRABAJOS DE ALBAÑILERIA***: Para la reparación de cabezas de apoyo en muros y pilares, cierres entre cabios, pequeños trabajos de mampostería sillería, rejuntado y limpieza de espadaña y cierres de fachada en ladrillo, etc.

- ***TRABAJOS DE FUMISTERIA EN LIMAS Y ENCUENTROS CON MUROS***. Realizados en lamina-chapa de plomo-cinc.

- ***LIMPIEZA Y PINTADO DE SUPERFICIES***: Afectas a fachadas y elementos como la espadaña campanario solo accesible desde las cubiertas.

- ***TRABAJOS DE APEO CONSOLIDACION Y SEGURIDAD Y SALUD DE LA OBRA***.

2.4 CRITERIOS DE DISEÑO NORMATIVA APLICADA

Criterio básico para la confección del Proyecto será, la de restituir íntegramente los planos de cubierta del edificio y su característica tipológica. La realización del diseño e ingeniería de la estructura se efectuará adecuando las soluciones a cada caso y simplificando al máximo alguna de las existentes. Aprovechando lógicamente las posibilidades técnicas que hoy en día se nos ofrece en la oferta de escuadrías de madera. La madera empleada en la fabricación de todas nuestras estructuras esta certificada y corresponde al máximo estándar que hoy en día puede ofrecer el sector. Pertenece a la clase resistente GL24 en laminada y C18 en aserrada, según UNE-EN 1194. Proviene de bosques gestionados de madera sostenible. La madera es un producto, natural, ecológico y renovable.

Es aplicable el Código Técnico de la Edificación en sus siguientes apartados:
- CTE-SE- Acciones de la edificación.
- CTE-SE-M Seguridad estructural Madera.
- CTE-SE-F Fabricas.
- CTE-HS Salubridad.
- CTE-SI Seguridad en caso de Incendio.
- CTE DB-HR "Protección frente al ruido". Este proyecto queda excluido del ámbito de aplicación debido a su carácter de reforma y ampliación no integral. (Punto D en los parámetros de exclusión de la norma)
- De la misma forma el Proyecto recogerá un Plan de Control de Calidad de acuerdo a lo establecido en el Código Técnico de la Edificación CTE y al Decreto 238/1996 por el que se regula el Control de calidad en la construcción.

3. ANEXO DE CONSTRUCCIÓN

3.1 ESTRUCTURA
3.1.1 DEFINICION Y ACTUACIONES

La estructura del edificio con una antigüedad de más de dos siglos cuenta con diferentes niveles y plantas según los elementos del antiguo convento.

La estructura del edificio es de muros portantes en fachada y medianiles, construidos en piedra de mampostería con una sección media de 80 cm, sobre los que se apoyaran los forjados de madera en las dos plantas superiores y el nuevo forjado de cubierta. La sección de este muro portante va estrechándose por planta alcanzando un espesor entre 40 cm y 60 cm para el apoyo del tejado.
Derribada la estructura actual de cubierta, se dispone una nueva estructura de madera autoportante de cercha-pórticos, y cabios que reiteran la disposición de los elementos de estructura de madera originaria en prácticamente la totalidad del edificio.
El apoyo de estos pórticos, se realiza perimetralmente a los muros de carga de fachada mediante zuncho de secciones variables, que sirven de atado y arrostramiento del conjunto.
Sobre esta estructura primaria se dispone un apoyo de tarima de madera machihembrada y sobre ella la lámina para-vapor con rastreles y su material de cobertura.

El procedimiento de cálculo para la presente estructura ha sido, el de limitación de flecha activa de sección por Inercia. (L/350)

En el cálculo, diseño, y mantenimiento de la estructura, se observarán las prescripciones de la Normativa vigente: CTE SE-AE Acciones en la Edificación/2006, DB-SE1 Seguridad Estructural: Resistencia y estabilidad, DB-SE2 Seguridad Estructural: Aptitud al servicio, DB-SE-M, madera, DB-SI Seguridad en caso de incendio, DB-SE-F Seguridad estructural en Fabricas.

6.1.2 DATOS DE PARTIDA PARA EL CALCULO DE LA ESTRUCTURA ACCIONES DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN CODIGO TECNICO CTE-SE-AE/2006

ACCIÓN GRAVITATORIA.

-FORJADO DE CUBIERTA

Peso Propio Estructura Portante	0,50 kN/m2.
Peso propio Elementos de cobertura	0,80 kN/m2.
Sobrecarga Nieve y viento	0,60 kN/m2.
TOTAL	**1,90 kN/m2.**

ACCIÓN DEL VIENTO.

Altura de coronación del edificio	7,00 ml.
Presión dinámica del viento	0,5 kN/m^2
Coeficiente de Exposición (3.3.3) C_e	1,4
Coeficiente eólico de presión (3.3.4) $C_{p/}$ C_s	

ACCIONES TÉRMICA Y GEOLÓGICA.

No es preciso tenerla en cuenta al ser la longitud total del edificio inferior a 40 m.

ACCIONES ACCIDENTALES

ACCIÓN SÍSMICA.
De acuerdo con la norma sismorresistente NSCE-02, no es preceptivo tenerlos en cuenta, por que se trata de una instrucción de importancia normal con pórticos bien arriostrados y la aceleración sísmica básica es de 0,04g inferior a 0,08g. Además el edificio tiene menos de siete plantas. La localidad de emplazamiento no esta en la lista del Anexo de la Norma.

ACCIÓN INCENDIO.
No es preceptivo tenerlos en cuenta, al no estar el emplazamiento en zona de riesgo según DB-SI

ACCIÓN DE IMPACTO.
No es preceptivo tenerlos en cuenta, al no contemplarla la Ordenanza Municipal.

CARACTERISTICAS DE TERRENO E HIPOTESIS.
Calidad del terreno clasificación del mismo: roca compacta.
Peso especifico del terreno: 2,00 T/M^3
Coeficiente de trabajo del terreno: >2Kg/cm^2
Asiento máximo admisible: Según Normativa vigente.

3.1.3 ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

La estructura del edificio es de muros portantes en fachada. Derribada la estructura actual, en el edificio anexo se dispone un nuevo forjado para planta 1ª construido en semiviguetas de hormigón embrocada en los actuales muros de carga, y al muro de fachada orientada al rio.
Hormigón:
- Coeficiente de minoración de resistencia $\gamma c = 1,50$
- Coeficiente de mayoración de cargas $\gamma f = 1,60$

Acero de las armaduras AEH500N:
- Limite Elástico $\sigma e = 5.000$ Kp/cm^2
- Modulo Elástico E=2.100.000 Kp/cm^2

3.1.4 CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA

El programa realiza la comprobación de las barras de madera existentes en la estructura según el CTE DB SE-M **"Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Estructuras de Madera"**, que es una trascripción casi literal del Eurocódigo 5 en vigor desde marzo de 2006 y modificado por última vez en abril de 2009. En adelante, se referirá a este documento por **"CTE SE-M"**.

Acciones de cálculo

Las acciones de cálculo que se tienen en cuenta por ***Tricalc*** para la comprobación de barras de madera, se combinan según CTE DB SE. Véase el apartado 'COMBINACIÓN DE ACCIONES' de esta memoria.

Cálculo de esfuerzos

Se utiliza las características del material definidas en cada perfil: módulo de Young (E), módulo de cortante (G), coeficiente de dilatación térmica y densidad.

Estados límite últimos (E.L.U.)

El programa obtiene las solicitaciones en los nudos de cada barra. Además, y a efectos de su comprobación, realiza un estudio en las secciones interiores de cada barra, calculando los valores de los momentos flectores, cortantes, y fuerza axil de tracción y de compresión.

El programa realiza las siguientes comprobaciones sobre las barras de madera:

- Comprobación a flexotracción, se deben cumplir las siguientes condiciones (con k_m =0,7 para secciones rectangulares y k_m =1,0 para otras secciones)

$$\left(\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}\right)+\left(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}\right)+k_m\left(\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}\right)\le 1$$
$$\left(\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}\right)+k_m\left(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}\right)+\left(\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}\right)\le 1$$

- Comprobación a flexocompresión, se deben cumplir las siguientes desigualdades:

$$\left(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}\right)^2+\left(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}\right)+k_m\left(\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}\right)\le 1$$
$$\left(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}\right)^2+k_m\left(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}\right)+\left(\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}\right)\le 1$$

- Comprobación a cortante y a torsión uniforme, deberá cumplirse la siguiente condición:

$$\left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2+\frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma}\cdot f_{v,d}}\le 1$$

En las fórmulas anteriores la notación utilizada es la siguiente:

$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_x}{A_x}$ tensión normal máxima a tracción

$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_x}{A_x}$ tensión normal máxima a compresión

$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y}$ tensión normal máxima producida por un flector M_y

$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z}$ tensión normal máxima producida por un flector M_z

$\tau_{v,d} = \sqrt{\left(\frac{V_y}{A_y}\right)^2 + \left(\frac{V_z}{A_z}\right)^2}$ tensión de cortante máxima producida por cortantes V_y y V_z

$\tau_{tor} = \frac{M_x}{W_x}$ tensión de cortante máxima producida por un torsor M_x

k_{forma} = 1,20 para secciones circulares
= min (1 + 0,15·h / b; 2,00) para secciones rectangulares de lados b x h

Estado límite de servicio (E.L.S.)

El programa calcula la máxima flecha para la combinación de hipótesis más desfavorable para todas las barras horizontales o inclinadas. Si la barra es un voladizo, se calcula y comprueba la flecha en el borde; si la barra es una viga, se calcula la flecha en el punto más desfavorable, y se compara con el valor 1/XXX, donde XXX es un valor definido por el usuario en las opciones de comprobación. El cálculo, al realizarse en el Estado límite de servicio, se realiza sin mayoración de cargas.

Para el cálculo de las flechas de las barras de madera, ***Tricalc****-12* tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Deformación inicial debida a una acción (wini): Se calcula utilizando los valores medios de los coeficientes de deformación.
- Deformación final debida a una acción (wfin): Se calcula en función de la flecha inicial a partir de la fórmula: $w_{fin} = w_{ini}\left(1 + \Psi_2\ k_{def}\right)$

Donde, k_{def} se define en función de la clase de servicio y del tipo de madera y Ψ_2 es el correspondiente factor de combinación de carga. En el caso de la combinación cuasipermanente, cada término sólo se multiplicará una vez por el factor Ψ_2.

Limitación de las flechas

El programa permite obtener y limitar la flecha instantánea de las sobrecargas, la flecha activa total y la flecha total: las dos primeras con las combinaciones características y la tercera con las cuasipermanentes. (ver LISTADO DE OPCIONES)

Estabilidad de las piezas: Pandeo por flexión y compresión combinadas

El programa calcula el pandeo de todas las barras de la estructura según los dos planos principales de la sección.

Se define como Longitud de Pandeo de una barra al producto de su longitud real por un coeficiente llamado factor de pandeo ß, mediante la expresión

$$lp = \beta \cdot l$$

donde ß es el factor de pandeo.

El factor de pandeo una barra, en un plano determinado, está determinado por el grado de empotramiento que la barra posea en sus dos extremos, superior e inferior, izquierdo y derecho, grado que se determina en función de los valores de los factores de empotramiento *k1* y *k2*, en cada extremo de la barra. Para su determinación, el programa considera la estructura como

traslacional o intraslacional, según la opción definida por el usuario en la caja de opciones de comprobación.

Si una barra tiene sus uniones en el nudo como articulaciones, el programa determina un valor de ß en los dos planos de comprobación igual a la unidad.

Para la obtención del *Factor de Empotramiento* en un plano principal de la estructura, de un extremo de una barra cualquiera de la estructura, el programa evalúa los factores de reparto de las diferentes barras que acometen al nudo y que estén rígidamente unidas al nudo, de la forma:

$$K = \frac{\sum \left(I_v / L_v \right)}{\sum \left(I \ / L \ \right)}$$

donde,

K	Es el factor de empotramiento.
I_v / L_v	Es el cociente entre la Inercia y la longitud de todas las vigas que acometen rígidamente al nudo.
I / L	Es el cociente entre la Inercia y la longitud de todas las barras que acometen rígidamente al nudo.

El factor de Pandeo ß en cada uno de los planos principales de la estructura, para una barra con factores de empotramiento *K2* (superior) y *K1* (inferior) es:

- Estructuras Traslacionales

$$\beta = \sqrt{\frac{\left(1.6 + 2.4 \cdot \left(K_1 + K_2 \right) + 1.1 \cdot K_1 \cdot K_2 \right)}{K_1 + K_2 + 5.5 \cdot K_1 \cdot K_2}}$$

- Estructuras Intraslacionales

$$\beta = \frac{3 - 1.6 \cdot \left(K_1 + K_2 \right) + 0.84 \cdot K_1 \cdot K_2}{3 - \left(K_1 + K_2 \right) + 0.28 \cdot K_1 \cdot K_2}$$

La condición de *Traslacionalidad* o *Intraslacionalidad* debe ser fijada por el usuario, evaluando la estructura que se quiere comprobar. La situación real de la estructura es, a veces, difícil de evaluar, encontrándose la estructura en una situación intermedia. Pueden asignarse particularmente esta opción a barras o grupos de barras.

El usuario puede asignar manualmente los coeficientes de pandeo que considere oportuno, mediante la asignación de opciones particulares de comprobación a cada barra, cota o pórtico, de la misma forma que se asignan las opciones de predimensionado. Si se utilizan las opciones de comprobación generales de todas las barras se pueden agrupar los valores del coeficiente en los grupos: vigas, pilares y diagonales (ver LISTADO DE OPCIONES).

Una vez determinado el factor de empotramiento, el programa calcula la esbeltez simple de la barra. Se define como *Esbeltez Simple* de una barra el cociente entre la longitud de pandeo y el radio de giro en la dirección considerada. El programa considera la esbeltez en los dos planos principales de cada barra, existiendo una opción para deshabilitar la comprobación en alguno de los planos. Si se habilita la comprobación en los dos planos, la esbeltez resultante de la barra será la correspondiente al radio de giro mínimo.

El programa permite definir unos límites de la esbeltez de cada barra. (Ver LISTADO DE OPCIONES).

Cuando la esbeltez de una barra supera estos valores, el programa lo hace notar en el listado de comprobación de secciones de madera. El programa no considera ningún tipo de reducción en estos valores por la actuación de cargas dinámicas sobre la estructura. El programa no realiza ninguna comprobación con piezas compuestas.

En el caso de haber definido nudos interiores en barras, el programa no interpreta que se trata de una misma barra con nudos interiores, por lo cual no tomará como longitud de pandeo la correspondiente a la barra completa sino a la barra definida entre dos nudos. El usuario deberá

comprobar el efecto de pandeo al considerar la longitud de pandeo de toda la barra con los esfuerzos más desfavorables.

El programa permite definir para cada tipo de barra (vigas, pilares o diagonales) o cada barra individual y en cada uno de sus ejes principales independientemente, si se desea realizar la comprobación de pandeo, se desea considerar la estructura traslacional, intraslacional o se desea fijar su factor de longitud de pandeo □ (factor que al multiplicarlo por la longitud de la barra se obtiene la longitud de pandeo).

Si se deshabilita la comprobación de pandeo en un determinado plano de pandeo de una barra, se considerará que el factor de pandeo □ en dicho plano es *1,0* y no se realizan las comprobaciones relativas al pandeo de la normativa. El factor de pandeo de una barra será el mayor de los factores de pandeo correspondientes a los dos planos principales de la barra.

Para la consideración del factor de longitud de pandeo □ de una barra (cuando esta no es fijado por el usuario), el programa considera que el valor de *K* (factor de empotramiento) es:

1,0 Empotramiento total. En el extremo de la barra en el que exista un empotramiento total, un muro de sótano o un resorte. De esta forma, una barra con esta consideración en ambos extremos tendrá una longitud de pandeo igual a 0,5 veces su longitud si es intraslacional o 1,0 veces su longitud si es traslacional.

0,75 En el extremo de la barra en la que exista un forjado reticular o una losa maciza de forjado. De esta forma, una barra con esta consideración en ambos extremos tendrá una longitud de pandeo igual a ≈0,64 veces su longitud si es intraslacional o ≈1,12 veces su longitud si es traslacional.

0,0 En el extremo de la barra en el que exista una articulación. De esta forma, una barra con esta consideración en ambos extremos tendrá una longitud de pandeo igual a 1,0 veces su longitud si es intraslacional o ≈5,0 veces su longitud si es traslacional.

Si el usuario fija el factor de longitud de pandeo □ de una barra, el programa considerará que para esa barra la estructura es traslacional cuando □ sea mayor o igual que *1,0*, e intraslacional en caso contrario.

El programa realiza la comprobación de pandeo por flexión y compresión combinadas y la comprobación a vuelco lateral de las vigas en flexocompresión.

Variables que intervienen en el cálculo

Longitudes eficaces de pandeo:

$l_{e,y} = \beta_y \, l$; $l_{e,z} = \beta_z \, l$

Esbelteces mecánicas:

$\lambda_y = l_{e,y} / i_y$ y $\lambda_z = l_{e,z} / i_z$

Esbelteces relativas:

$$\lambda_{rel,y} = \left(\lambda_y / \pi\right)\sqrt{\left(f_{c,0,k} / E_{0,k}\right)} \; ; \; \lambda_{rel,z} = \left(\lambda_z / \pi\right)\sqrt{\left(f_{c,0,k} / E_{0,k}\right)}$$

Comprobación de pandeo por flexo-compresión

Si $\lambda_{rel,y} \leq 0{,}3$ y $\lambda_{rel,z} \leq 0{,}3$ entonces se realiza la comprobación habitual a compresión o flexocompresión, según corresponda. Caso contrario las expresiones habituales se sustituyen por estas otras:

$$\left(\sigma_{c,0,d} / \left(f_{c,0,d} \; k_{c,y}\right)\right) + \left(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}\right) + k_m \left(\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}\right) \leq 1$$
$$\left(\sigma_{c,0,d} / \left(f_{c,0,d} \; k_{c,z}\right)\right) + k_m \left(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}\right) + \left(\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}\right) \leq 1$$

siendo

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_y = 0{,}5\left(1 + \beta_c\left(\lambda_{\mathrm{rel,y}} - 0{,}3\right) + \lambda_{rel,y}^2\right)$$

$$k_z = 0{,}5\left(1 + \beta_c\left(\lambda_{\mathrm{rel,z}} - 0{,}3\right) + \lambda_{rel,z}^2\right)$$

y β_c = 0,2 para madera maciza ó β_c = 0,1 para madera laminada y microlaminada.

Estabilidad de las piezas: Vuelco lateral de vigas

Se considera el vuelco lateral de vigas con flexión respecto del eje de mayor inercia, que será el eje y por convenio.

Variables que intervienen en el cálculo

Esbeltez relativa a flexión:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}}$$

Tensión crítica de flexión:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi\sqrt{E_{0,k} I_z G I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

donde I_{tor} es el módulo de torsión uniforme y W_y es el módulo resistente respecto del eje fuerte.

Longitud eficaz de vuelco lateral:

$$l_{ef} = \beta_v \, l$$

El factor β_v viene se obtiene en función de las condiciones de carga

Comprobación del vuelco lateral en flexo-compresión

Cuando actúa un momento flector $M_{y,d}$ (respecto del eje fuerte) junto con un esfuerzo axial de compresión, se debe comprobar la siguiente condición:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}\ f_{m,d}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}\ f_{c,0,d}}\right) \le 1$$

donde k_{crit} se obtiene a partir de las siguientes expresiones:

$$k_{crit} = 1 \qquad \text{para } \lambda_{rel,m} \le 0{,}75$$

$$k_{crit} = 1{,}56 - 0{,}75\,\lambda_{rel,m} \qquad \text{para } 0{,}75 < \lambda_{rel,m} \le 1{,}4$$

$$k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m}^2 \qquad \text{para } 1{,}4 < \lambda_{rel,m}$$

Cálculo bajo la acción del fuego

El programa calcula la estabilidad estructural de las barras de madera frente a fuego, es decir, comprueba la capacidad resistente de los elementos de madera frente a las acciones de cálculo cuando se encuentran sometidos a una *curva de incendio normal*.

Tricalc realiza esta comprobación considerando el *método de la sección eficaz*, que admite una pérdida de sección resistente de las caras expuestas al fuego expresada por medio de la *profundidad eficaz de carbonización*, la cual es función del tiempo de incendio, tal y como especifica el anejo E del CTE DB SI (**Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad en caso de Incendio**).

Valores de cálculo de las propiedades del material

Los valores de cálculo de las propiedades del elemento sometido a la acción de un fuego, se determinan mediante la siguiente expresión:

$$f_{d,fi} = k_{\mathrm{mod},fi} \frac{k_{fi} f_k}{\gamma_{M,fi}}$$

donde $k_{mod,fi} = 1,0$, $\gamma_{M,fi} = 1,0$ y $k_{fi} = 1,0$.

Regla de combinación de las acciones

Durante la exposición al incendio se considerara la siguiente combinación accidental:

$$\sum \gamma_{GA}\, G_k + \sum \Psi_{2,i}\, \gamma_{QA,i}\, Q_{k,i} + \sum A_d(t)$$

donde, $\gamma_{GA} = 1,0$, $\gamma_{QA,i} = 1,0$ y $A_d(t)$ es el valor de cálculo de las acciones derivadas del incendio.

Carbonización de la madera

Tricalc permite comprobar la resistencia a fuego de elementos de madera que se encuentran recubiertos con protección como sin ella. Para cada caso se realizan las siguientes comprobaciones:

Estructuras de madera sin protección

Se considera una sección nominal que se obtiene descontando a la sección inicial una profundidad carbonizada obtenida a partir de la siguiente expresión:

$$d_{char,n} = \beta_n\, t$$

donde t es el tiempo de exposición al fuego en minutos, y βn (velocidad de carbonización) se obtiene de la siguiente tabla.

	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica ≥ 290 kg/m^3	0,70
Madera maciza con densidad característica ≥ 290 kg/m^3	0,80
Frondosas	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m^3 (1)	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica ≥ 450 kg/m^3	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica ≥ 480 kg/m^3	0,70

(1) Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m^3, se interpolará linealmente

Se tendrán en cuenta las siguientes observaciones:

- Las velocidades de esta tabla se aplican siempre que el espesor residual mínimo sea de 40 mm.
- Para espesores residuales menores las velocidades de carbonización deberán incrementarse en un 50 %.
- En madera maciza de frondosas con densidades comprendidas entre 290 y 450 kg/m^3 pueden obtenerse los valores de βn por interpolación lineal.

Estructuras de madera con protección

En la comprobación de los elementos de madera con protección se tienen en cuenta los siguientes puntos:

El comienzo de la carbonización se retrasa hasta el tiempo *tch* función del tipo de protección.

La velocidad de carbonización a vez alcanzado el tiempo *tch* de comienzo de carbonización es menor hasta el tiempo de fallo de la protección, *tf.*

Si el tiempo de fallo es inferior a 10 minutos (*tf* <10 min) entonces el efecto de la protección se desprecia.

En el intervalo de tiempo transcurrido entre el comienzo de la carbonización y el fallo del revestimiento (*tf* – *tch*) la velocidad de carbonización se obtiene multiplicando la velocidad nominal por un factor *k2* .

Una vez que se ha producido el fallo del revestimiento, la carbonización prosigue con velocidad $2\beta n$ hasta que se alcanza un tiempo *ten* que se puede calcular mediante la expresión:

$$t_{en} = \min\left\{2\,t_f - \frac{d_1}{\beta_n}, t_f + \frac{25 - d_1}{2\,\beta_n}\right\} \quad \text{si } d_1 \le 25$$

$$t_{en} = t_f \quad \text{si } d_1 > 25$$

donde $d_1 = \left(t_f - t_{ch}\right) k_2\ \beta_n$.

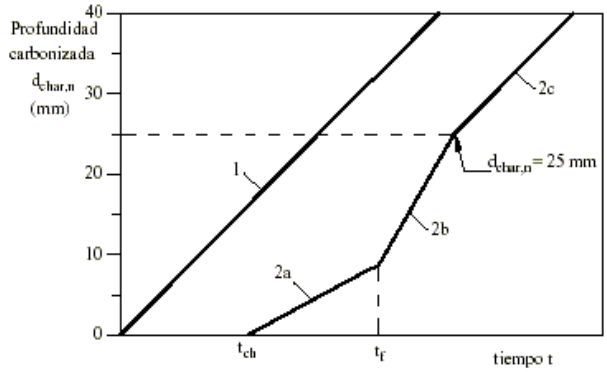


Figura VI.5.4 Relación entre profundidad carbonizada y tiempo para $t_{ch} \le t_f$ y $t_f \ge 10$ minutos

Relación para piezas no protegidas para la velocidad de carbonización βn
Relación para piezas protegidas cuando la carbonización comienza antes del fallo de la protección
La carbonización comienza en t_{ch} con una velocidad reducida mientras la protección se encuentra todavía en su posición
Antes de que la protección haya fallado y la carbonización comience con velocidad doble
Antes de que la profundidad carbonizada exceda de 25 mm la velocidad de carbonización se reduce a β_n

Comprobación por el método de la sección reducida

Para la comprobación de la resistencia a fuego de los elementos de madera se aplican los procedimientos generales de comprobación de secciones de madera, considerando el elemento estructural con su sección reducida por el efecto de la carbonización.

La sección reducida debe calcularse descontando, a la sección inicial, la profundidad eficaz de carbonización *def* calculada a partir de la siguiente fórmula:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

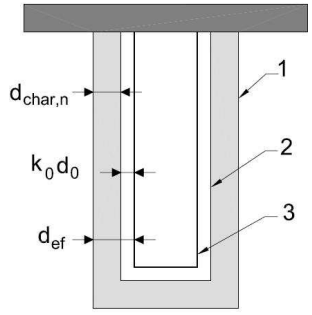
donde,

d0 = 7 mm

k_0 = *mín {t/t0; 1,0}*

t_0 = *20 min* para superficies no protegidas

t_0 = *máx {20; t_{ch}}* para superficies protegidas.



1 Superficie inicial del elemento
2 Límite de la sección residual
3 Límite de la sección eficaz

Clases resistentes de madera

Las clases resistentes de madera puede ser de: especies de coníferas y chopo, especies de frondosas, madera laminada encolada homogénea y madera laminada encolada combinada.

Madera aserrada. Especies de coníferas y chopo

Para este tipo de madera en CTE SE-F se consideran las clases: C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50. En la tabla adjunta se relaciona cada clase resistente con sus características y resistencias.

Propiedades características		Clase resistente					
		C14	C16	C18	C20	C22	C24
Resistencia (MPa)							
a Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24
a Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14
a Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
a Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21
a Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5
a Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
Módulo de Rigidez (GPa)							
Longitudinal paralelo medio	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11
Longitudinal paralelo 5%	$E_{0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4
Long. perpendicular medio	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37
Transversal medio	G_{medio}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69
Densidad (Kg/m3)							
Característica	ρ_k	290	310	320	330	340	350
Media	ρ_{media}	350	370	380	390	410	420

Propiedades características		Clase resistente					
		C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistencia (MPa)							
a Flexión	$f_{m,k}$	27	30	35	40	45	50
a Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	16	18	21	24	27	30
a Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
a Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	22	23	25	26	27	29
a Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
a Cortante	$f_{v,k}$	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Módulo de Rigidez (GPa)							
Longitudinal paralelo medio	$E_{0,medio}$	11,5	12	13	14	15	16
Longitudinal paralelo 5%	$E_{0,k}$	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Long. perpendicular medio	$E_{90,medio}$	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Transversal medio	G_{medio}	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad (Kg/m3)							
Característica	ρ_k	370	380	400	420	440	460
Media	ρ_{media}	450	460	480	500	520	550

Madera aserrada. Especies de frondosas

Para este tipo de madera en CTE SE-F se consideran las clases: D30, D35, D40, D50, D60 y D70. En la tabla adjunta se relaciona cada clase resistente con sus características y resistencias.

Propiedades		Clases resistentes							
		D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Resistencia característica (MPa)									
a Flexión	$f_{m,k}$	18	24	30	35	40	50	60	70
a Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	11	14	18	21	24	30	36	42
a Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
a Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	18	21	23	25	26	29	32	34
a Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
a Cortante	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Módulo de Rigidez (GPa)									
Longitudinal paralelo medio	$E_{0,medio}$	10	11	12	12	13	14	17	20
Longitudinal paralelo 5%	$E_{0,k}$	8,4	9,2	10,1	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Long. perpendicular medio	$E_{90,medio}$	0,67	0,73	0,80	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Transversal medio	G_{medio}	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Densidad (Kg/m³)									
Característica	ρ_k	500	520	530	540	550	620	700	900
Media	ρ_{media}	610	630	640	650	660	730	840	1080

Madera laminada encoladas homogénea

Para este tipo de madera en CTE SE-F se consideran las clases: GL24h, GL28h, GL32h y GL36h. En la tabla adjunta se relaciona cada clase resistente con sus características y resistencias.

Propiedades		Clases resistentes			
		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Resistencia característica (MPa)					
a Flexión	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
a Tracción paralela	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
a Tracción perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
a Compresión paralela	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
a Compresión perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
a Cortante	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Módulo de Rigidez (GPa)					
Longitudinal paralelo medio	$E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
Longitudinal paralelo 5%	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
Long. perpendicular medio	$E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
Transversal medio	$G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad (Kg/m³)					
Característica	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450
Media	ρ_{media}	---	---	---	---

Madera laminada encolada combinada

Para este tipo de madera en CTE SE-F se consideran las clases: GL24c, GL28c, GL32c y GL36c. En la tabla adjunta se relaciona cada clase resistente con sus características y resistencias.

Propiedades		Clases resistentes			
		GL24c	GL28c	GL32c	GL36c
Resistencia característica (MPa)					
a Flexión	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
a Tracción paralela	$f_{t,0,g,k}$	14	16,5	19,5	22,5
a Tracción perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
a Compresión paralela	$f_{c,0,g,k}$	21	24	26,5	29
a Compresión perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
a Cortante	$f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,8
Módulo de Rigidez (GPa)					
Longitudinal paralelo medio	$E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
Longitudinal paralelo 5%	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
Long. perpendicular medio	$E_{90,g,medio}$	0,32	0,39	0,42	0,46
Transversal medio	$G_{g,medio}$	0,59	0,72	0,78	0,85
Densidad (Kg/m³)					
Característica	$\rho_{g,k}$	350	380	410	430
Media	ρ_{media}	---	---	---	---

Valores de cálculo de las propiedades del material

Como propiedades del material se toman los valores característicos del mismo obtenidos a partir de las tablas de las distintas clases.

Modificación de la resistencia según la clase de servicio y la duración de la carga

Se aplica un factor k_{mod} que modifica el valor característico X_k de su resistencia de la siguiente forma:

$$X_d = k_{\mathrm{mod}}\, k_h\, k_c\, \frac{X_k}{\gamma_M}$$

El valor de k_{mod} depende de la clase de servicio y de la duración de las cargas que intervienen en la correspondiente combinación de acciones.

Modificación por geometría y según la clase de madera

Se define el factor de altura k_h que se puede aplicar a $f_{m,k}$ y $f_{t,0,k}$

$$k_h = \min\left\{\begin{matrix}(\mathrm{a}/h)^{\mathrm{s}} \\ \mathrm{k_{h0}}\end{matrix}\right\} \quad \text{con} \quad h < \mathrm{a}$$

donde h es el canto a flexión de la pieza o la mayor dimensión de la sección en tracción (en mm), aplicable cuando $h<a$. El resto de constantes toma los valores:

Tipo de madera	a	s	k_{h0}
Maciza	150	0,2	1,30
Laminada	600	0,1	1,10
Microlaminada	300	(1)	1,20

(1)a proporcionar por el fabricante de acuerdo a la norma UNE EN 14374.

En el programa ***Tricalc***, los valores de a, s y k_{h0} son definibles por el usuario en las opciones de comprobación de madera.

Factor de carga compartida (k_c)

Puede modificar los valores de $f_{m,k}$, $f_{c,0,k}$ y $f_{t,0,k}$ de la madera maciza con un valor **k_c = 1,1** en EC-5 (y de la madera microlaminada con un valor entre 1 y 1,2 en CTE SE-M) que tenga en cuenta la posible redistribución de cargas entre elementos, caso de no realizarse un análisis más preciso. En el programa es una valor definible por el usuario.

Coeficiente parcial de seguridad (γ_M)

Vea el LISTADO DE OPCIONES.

Barras de inercia variable

El programa permite definir barras de madera de inercia variable, con secciones rectangulares y en I, realizándose en general las mismas comprobaciones que en barras de sección constante aunque teniendo en cuanta la sección existente en cada punto de la barra.

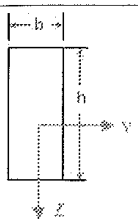
En el caso de secciones rectangulares y madera laminada, se contemplan las comprobaciones adicionales definidas en el artículo **6.4.2 Vigas de canto variable y caras sin cambio de pendiente** de CTE SE-M; aunque generalizándose para contemplar la existencia simultánea de flexión más axil.

Es posible definir si las láminas de la barra están dispuestas paralelas a la directriz de la barra (que es el caso habitual) o paralelas al lado inclinado de la viga de inercia variable.

También es posible definir si el extremo de mayor sección de la barra corresponde con un 'zona de vértice', en cuyo caso también se respetan las indicaciones al respecto del artículo **6.4.3 Viga a dos aguas o con cambio de pendiente en una de las caras** de CTE SE-M.

Ejemplo fichas de cálculo de correas.

FORJADOS - ESTABILIDAD A FUEGO



Base	160 (mm)	**SECCIÓN RESIDUAL**		**FUEGO**	
Altura	280 (mm)	br	34 (mm)	Tiempo	90,00 (min)
Separación entre correas	1.000,00	hr	217	Beta o	0,7
Luz	6.900,00			d car	63 (mm)
Ángulo cubierta	18,00 °				

CARGAS CONSIDERADAS

	kg/m2	kg/m	Carga y	Carga z
PERMANENTE				
Teja + panel	65,00	65	0	61,82
Peso propio		17,02	0	16,19
VARIABLES:				
Uso + Tab(larga):	100,00	100	0	95,11

CARACTERÍSTICAS MADERA LAMINADA

Resistencia a flexión: fm,k	24 (N/mm2)
Resist. a tracc II fibra: ft,0,k	16,5 (N/mm2)
Resist. a compr II fibra: fc,0,k	24 (N/mm2)
Resistencia a cortante: fv,k	2,7 (N/mm2)
E II a la fibra,o,k	9400 (N/mm2)
G	720 (N/mm2)
Densidad	380 (kg/m3)

HIPÓTESIS Y COEF. DE COMBINACIÓN

	PERMA	USO
COMB 1	1,35	
COMB 2	1,35	1,50

COEFS MODIFI PROPIEDADES EN SITUAC DE INCENDIO

kmod fm,k	0,4755	kmod ft,0,k y E0	0,6821
kmod, fc,0,k	0,1607	kf	1,15
		Coef parcial de seg ->	1

MOMENTOS MÁXIMOS DE SERVICIO (kgm)

	PERMA	USO
My	464,25	566,
Mz	0,00	0,0

CORTANTES MÁXIMOS DE SERVICIO (kg)

	PERMA	USO
Qy	0,00	0,0
Qz	269,13	328,1

VALORES DE CÁLCULO

	TENS y	TENS z	Qy	Qz
COMB 1	29,978	0,0	0,0	363,329
COMB 2	70,587	0,0	0,0	855,501

VALORES DE CÁLCULO DE PROP. MADERA (kg/cm2)

Dur. Carga	Kmod Prop mad	fmy,d	fmz,d	fv,d	ft,0,d	fc,0,d
perman	0,6	124,3	124,3	13,98	85,44	124,28
Larga	0,7	145,0	145,0	16,31	99,69	145

Coef. Parcial de Seguridad: 1,3

Coef. mayoración carga compartida: 1,1

FORJADOS - ESTABILIDAD A FUEGO

COMPROBACIONES

	TENSIONES		CORTANTES	
	1	2	Qy	Qz
COMB 1	0,17	0,24	0,00	0,087
COMB 2	0,34	0,49	0,00	0,2049

Comprobación de tensiones:

1 $\frac{(\text{Tens z})}{\text{fmz,d}} + \frac{0{,}7 * (\text{Tens y})}{\text{fmy,d}} < =1$

2 $\frac{(\text{Tens y})}{\text{fmy,d}} + \frac{0{,}7 * (\text{Tens z})}{\text{fmz,d}} < =1$

Comprobación de cortante:

$\frac{1{,}5 * Q}{b*h*fv,d} < =1$

DEFORMACIONES ABSOLUTAS (cm)

	fy	fz	kdef	fy total	fz total
PERMANENTE	0,00	0,68	0,60	0,00	1,0907
USO	0,00	0,83	0,50	0,00	1,2466

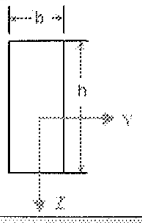
COMPROBACIÓN DEFORMACIONES

fy, cv	fz, cv	LÍM	fy total	fz total	LÍM
0,00	0,83	L/300	0,00	2,3373	L/200
CUMPLE	CUMPLE	2,30	CUMPLE	CUMPLE	3,450

RESULTADOS

	TENSIONES		CORTANTES	
	1	2	Qy	Qz
COMB 1	SI	SI	SI	SI
COMB 2	SI	SI	SI	SI

FORJADOS - ESTABILIDAD A FUEGO



Base	140 (mm)	**SECCIÓN RESIDUAL**		**FUEGO**	
Altura	240 (mm)	br	14 (mm)	Tiempo	90,00 (min)
Separación entre correas	1.240,00	hr	177	Beta o	0,7
Luz	5.350,00			d car	63 (mm)
Ángulo cubierta	18,00 °				

CARGAS CONSIDERADAS

	kg/m2	kg/m	Carga y	Carga z
PERMANENTE				
Teja + panel	65,00	80,6	0	76,66
Peso propio		12,77	0	12,14
VARIABLES:				
Uso + Tab(larga):	100,00	124	0	117,93

CARACTERÍSTICAS MADERA LAMINADA

Resistencia a flexión: fm,k	24 (N/mm2)
Resist. a tracc II fibra: ft,0,k	16,5 (N/mm2)
Resist. a compr II fibra: fc,0,k	24 (N/mm2)
Resistencia a cortante: fv,k	2,7 (N/mm2)
E II a la fibra,o,k	9400 (N/mm2)
G	720 (N/mm2)
Densidad	380 (kg/m3)

HIPÓTESIS Y COEF. DE COMBINACIÓN

	PERMA	USO
COMB 1	1,35	
COMB 2	1,35	1,50

COEFS MODIFI PROPIEDADES EN SITUAC DE INCENDIO

kmod fm,k	0,0032	**kmod ft,0,k y E0**	0,3959
kmod, fc,0,k	0,594	**kf**	1,15
		Coef parcial de seg ->	1

MOMENTOS MÁXIMOS DE SERVICIO (kgm)

	PERMA	USO
My	317,70	421,9
Mz	0,00	0,0

CORTANTES MÁXIMOS DE SERVICIO (kg)

	PERMA	USO
Qy	0,00	0,0
Qz	237,54	315,5

VALORES DE CÁLCULO

	TENS y	TENS z	Qy	Qz
COMB 1	31,912	0,0	0,0	320,673
COMB 2	79,003	0,0	0,0	793,871

VALORES DE CÁLCULO DE PROP. MADERA (kg/cm2)

Dur. Carga	Kmod Prop mad	fmy,d	fmz,d	fv,d	ft,0,d	fc,0,d
perman	0,6	124,3	124,3	13,98	85,44	124,28
Larga	0,7	145,0	145,0	16,31	99,69	145

Coef. Parcial de Seguridad: **1,3**
Coef. mayoración carga compartida: **1,1**

FORJADOS - ESTABILIDAD A FUEGO

COMPROBACIONES

	TENSIONES		CORTANTES	
	1	2	Qy	Qz
COMB 1	0,18	0,26	0,00	0,1024
COMB 2	0,38	0,54	0,00	0,2535

Comprobación de tensiones:

1 $\frac{(\text{Tens z})}{\text{fmz,d}} + \frac{0{,}7\ ^*(\text{Tens y})}{\text{fmy,d}} < =1$

2 $\frac{(\text{Tens y})}{\text{fmy,d}} + \frac{0{,}7\ ^*(\text{Tens z})}{\text{fmz,d}} < =1$

Comprobación de cortante:

$\frac{1{,}5\ ^*\ Q}{b^*h^*fv,d} < =1$

DEFORMACIONES ABSOLUTAS (cm)

	fy	fz	kdef	fy total	fz total
PERMANENTE	0,00	0,51	0,60	0,00	0,8188
USO	0,00	0,68	0,50	0,00	1,0195

COMPROBACIÓN DEFORMACIONES

fy, cv	fz, cv	LÍM	fy total	fz total	LÍM
0,00	0,68	L/300	0,00	1,8383	L/200
CUMPLE	CUMPLE	1,7833	CUMPLE	CUMPLE	2,675

RESULTADOS

	TENSIONES		CORTANTES	
	1	2	Qy	Qz
COMB 1	SI	SI	SI	SI
COMB 2	SI	SI	SI	SI

3.2 ALBAÑILERÍA

Los pequeños trabajos de albañilería serán de modo convencional en citara de ladrillo hueco, tabicón o machetón y piedra.
En su ejecución se observarán las prescripciones de normas:
NTE-FPL Y NTE-FFL.

3.3 CUBIERTA

Los muros perimetrales se zuncharán con carreras de apoyo de forjado de hormigón de 35x40 cm. El forjado de cubierta que se apoyará sobre esta carrera, de carácter autoportante formado por cerchas sobre las que se apoya una lata de tarima sobre la que se tiende la teja.

Sobre este tablero se dispondrá de una lámina impermeable transpirable “Maidilit” o similar, y sobre este otro enrastrelado de 4x3 cm para colocación de un tendido de teja mixta tipo árabe clavada.

No se construyen chimeneas ni salidas al exterior de instalaciones. Quedando pendiente estos elementos para una rehabilitación definitiva de los espacios interiores.
Se plantea una ventana practicable en cubierta tipo “Velux” de madera y dimensiones 58x98 cm para las salida al exterior desde el espacio bajo cubierta.

Se plantea canalones y bajantes para la recogida de aguas de la cubierta en plomo titaneo.

4. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS CTE.

4.1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

4.1.1 Normativa a cumplir

A del CTE

		Procede	No procede
DB-SE	Seguridad estructural:	☒	☐
DB-SE-AE	Acciones en la edificación	☒	☐
DB-SE-C	Cimentaciones	☐	☒
DB-SE-A	Estructuras de acero	☒	☐
DB-SE-F	Estructuras de fábrica	☐	☒
DB-SE-M	Estructuras de madera	☐	☒

4.1.2 Justificación del cumplimiento de la normativa

A continuación en cuadro se localiza el cumplimiento de la Normativa que tiene que cumplir el proyecto, de acuerdo a la siguiente leyenda:

Md : Memoria descriptiva del presente proyecto
Mc : Memoria constructiva del presente proyecto
Am : Anexo de la memoria del presente proyecto
Pl : Planos

		Justificación del cumplimiento de la Normativa	**Algunas determinaciones que incluye el proyecto**
DB-SE	Seguridad estructural	- **Am** Cálculo estructural - **Md** (1.3.8. A) - **Mc** (2.3) - **Pl**	- Verificación de la estabilidad: Ed,dst ≤Ed,st - Veri. resistencia de la estructura: Ed ≤Rd - Flecha activa < 1/500 - Desplome total < 1/500 de la altura
DB-SE-AE	Acciones en la edificación	- **Am** Cálculo estructural	
DB-SE-C	Cimentaciones	- **Am** Cálculo estructural - **Md** (1.3.8. A) - **Mc** (2.3) - **Pl**	- Tensión admisible del terreno: 2 Kg/cm2 - El hormigón a emplear será del tipo HA-25/P/20/Iia N/mm2 - El acero será corrugado, del tipo B-500 S
DB-SE-A	Acero	- **Am** Cálculo estructural - **Md** (1.3.8. A) - **Mc** (2.3) - **Pl**	- Los perfiles de acero utilizados son del tipo S450J0 - Unión soldada viga-Pilar: articulada
NCSE	Norma de construcción sismorresistente	- **Am** Cálculo estructural	
EHE	Instrucción de hormigón estructural	- **Am** Cálculo estructural - **Md** (1.3.8. A) - **Mc** (2.3)	- El hormigón será HA-25/P/20/Iia N/mm2 - El acero será corrugado, del tipo B-500 S.
DB-SE-M	Seguridad estructural Madera	- **Am** Cálculo estructural - **Md** (1.3.8. A) - **Mc** (2.3) - **Pl**	- Los forjados serán de panel sándwich tricapa de 18 mm. tarima abeto. Núcleo 100 mm. aislamiento de poliestireno expandido, y aglomerado de 19 mm.

Coeficientes de seguridad y niveles de control				
El nivel de control de ejecución de acuerdo al artº 95 de EHE para esta obra es normal. El nivel control de materiales es estadístico para el hormigón y normal para el acero de acuerdo a los artículos 88 y 90 de la EHE respectivamente				
Hormigón	Coeficiente de minoración			1.50
	Nivel de control			ESTADISTICO
Acero	Coeficiente de minoración			1.15
	Nivel de control			NORMAL
Madera	Coeficiente de minoración			1.10
	Nivel de control			
Ejecución	Coeficiente de mayoración			
	Cargas Permanentes...	1.5	Cargas variables	1.6
	Nivel de control...			NORMAL

4.2 SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

4.2.1 Normativa a cumplir

A del CTE

		Procede	No procede
DB-SI	Seguridad en caso de incendio:	☒	☐

B de otra Normativa Estatal

		Procede	No procede
Ascensores	Normativa específica	☐	☒
Locales riesgo especial	Normativa específica	☐	☒

4.2.2 Justificación del cumplimiento de la normativa

A continuación en cuadro se localiza el cumplimiento de la Normativa que tiene que cumplir el proyecto, de acuerdo a la siguiente leyenda:

Md : Memoria descriptiva del presente proyecto
Mc : Memoria constructiva del presente proyecto
Am : Anexo de la memoria del presente proyecto
Pl : Planos

		Justificación del cumplimiento de la Normativa	Algunas determinaciones que incluye el proyecto
DB-SI	Seguridad en caso de incendio	- **Md** (1.3.8. C-SR.I.4/5) - **Mc** (2.4)	NO PRPOCEDE

Compartimentación en sectores de incendio					
Sector	Superficie construida (m2)		Uso previsto	Resistencia al fuego del elemento compartimentado	
	Norma	Proyecto		Norma	Proyecto
Sector 1 viviendas plantas Baja	2.500	186,55		EI-60	EI-180
Sector 2 garaje en planta sótano	>100	No procede <100		-	-

Locales de riesgo especial	
Sobre Rasante	Inexistente
Bajo rasante	Inexistente

Resistencia al fuego de los elementos estructurales SI 6
Estructura general INDEFINIDA R-60 Estructura Metálica: Aplicación de pintura intumescente en cerchas de cubierta.

Reacción al fuego de elementos constructivos, decorativos y de mobiliario
Los elementos constructivos deben cumplir las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la tabla 4.1 de esta Sección.

Situación del elemento	Revestimiento			
	De techos y paredes		De suelos	
	Norma	Proyecto	Norma	Proyecto
Zonas comunes del edificio	C-s2,d0	C-s2,d0	E_{FL}	E_{FL}

DB-SI- 4 (tabla 1): Dotación de instalaciones de protección contra incendios
- No existen locales de riesgo especial

4.3 SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

7.3.1 Normativa a cumplir

A del CTE

		Procede	No procede
DB-SU	Seguridad de utilización	☐	☒

4.4 SALUBRIDAD

Normativa a cumplir

A del CTE

		Procede	No procede
DB-HS	Salubridad	☒	☐

B de otra Normativa Estatal

		Procede	No procede
		☒	☐

Justificación del cumplimiento de la normativa
A continuación en cuadro se localiza el cumplimiento de la Normativa que tiene que cumplir el proyecto, de acuerdo a la siguiente leyenda:

Md : Memoria descriptiva del presente proyecto
Mc : Memoria constructiva del presente proyecto
Am : Anexo de la memoria del presente proyecto
Pl : Planos

- **DB-HS-1 PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD**

5. Cubiertas				
	- Solución de proyecto	Cubierta inclinada	Cubierta plana	Terrazas, tendederos, balcones
☒	- Descripción	- **Md** (1.3.8. C- SR.E.2) - **Mc** (2.3) - **Pl**		
☒	- Cumplimiento del DB-HS-2.4	☒	☐	☐
	- Algunas características	- Pendiente 25% - Teja cerámica mixta - Forjado de panel tricapa de madera - Canalones de acero galvanizado.	- Del tipo invertida. - Impermeabilización con doble tela asfáltica elastomérica. - Aislamiento con poliestireno extruido 40 mm. - Diversas terminaciones	- Impermeabilización con doble tela asfáltica elastomérica. - Aislamiento con poliestireno extruido 40 mm. - Diversas terminaciones

• DB-HS-2 RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESÍDUOS

	ALMACÉN DE CONTENEDORES DE EDIFICIO Y ESPACIO DE RESERVA	Ámbito de aplicación: edificios de viviendas de nueva construcción, tengan o no locales destinados a otros usos, en lo referente a la recogida de los residuos ordinarios generados en ellos.
☒	No es de aplicación	

• DB-HS-3 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

1. Ámbito de aplicación:	**No es de aplicación**

• DB-HS-4 SUMINISTRO DE AGUA

1. Ámbito de aplicación:	**No es de aplicación**

• DB-HS-5 EVACUACIÓN DE AGUAS

1. Descripción General:

Generalidades:	- Es de aplicación a la evacuación de aguas residuales y pluviales. - Al existir una única red de alcantarillado municipal se dispondrá de un sistema mixto de recogida, que a su vez facilita la limpieza interior de la red. En las uniones entre la red de aguas pluviales y fecales se dispondrá de cierres hidráulicos que impidan el paso de olores de una a otra y su salida por los puntos de captación (sumideros, calderetas...etc). - Entre los locales y la red se deberán disponer igualmente *cierres hidráulicos* que impidan el paso de aire al local. - En las tuberías se evitará el estancamiento de agua y el trazado será adecuado para permitir las labores en caso de avería o mantenimiento. - Se dispondrá de sistemas de ventilación adecuados que permitan el funcionamiento de los *cierres hidráulicos* y la evacuación de gases mefíticos.

Características del Alcantarillado de Acometida:	☒	Público.
	☐	Privado. (en caso de urbanización en el interior de la parcela).
	☐	Unitario / Mixto[1].
	☐	Separativo[2].

Cotas y Capacidad de la Red:	☒	Cota alcantarillado > Cota de evacuación	
	☒	Cota alcantarillado < Cota de evacuación (Implica definir estación de bombeo)	
	☒	Diámetro de la/las Tubería/s de Alcantarillado	300 mm
	☒	Pendiente %	1,5 %
	☐	Capacidad en l/s	l/s

2. Descripción del sistema de evacuación y sus partes.

Descripción:	**Aguas pluviales** - Se organiza una red de recogida de aguas pluviales a base de canalones y bajantes de PVC. La pendiente de los canalones será del 1%. - Los parámetros utilizados y que se reflejan en los planos cumplen el DB-HS-5.4 en cuanto al nº de sumideros, sección de los canalones, pendientes, sección de las bajantes, y demás elementos de la red.	
	Diseño de la red de aguas residuales	
	☐	Separativa total.
	☐	Separativa hasta salida edificio.
	☒	Red enterrada
	☐	Red colgada
	☒	Otros aspectos de interés: - Pendiente red horizontal: 1,5% en la red enterrada y colgada (si bien en esta y en puntos críticos se podrá realizar con el 1%)

Características:	☒	Registrable	- En general: por patinillos y falso techo zonas comunes - En aseos y cocinas: Por falso techo planta inferior - En colectores colgados: en cada encuentro y no menor de 15 m. - En colectores enterrados: por arquetas
	☒	Ventilación	☒ *Primaria*: al tener el muro menos de 7m., o menos de 11 con bajante sobredimensionada, y en ambos casos no tener ramales de desagüe > 5m. ☐ *Secundaria:* Al no cumplir el punto anterior. Se colocará ventilación paralela conectada a la bajante cada 2 plantas. ☐ *Terciaria:* Al tener el muro más de 14 plantas y/o en caso de tener ramales de desagüe > 5m
	☐	Sistema de elevación	Arqueta de recogida y elevación de aguas fecales, de dimensiones 1x1x1 metros de medidas interiores, realizado en hormigón armado HA-25/P/20/lia de 15 cms. De espesor sobre solera de hormigón armada HA-25 #150*150*6 15 cms de espesor. Tmax 20 mm. y la colocación de dos bombas de impulsión, una de ellas en reserva, de tipo ITUR mod. TRITUR – 150 MS, con un caudal de 12 m^3/h, hasta una altura de 8 m, incluído cuadro eléctrico de maniobras de alternancia y protección, i/cerco y tapa de hormigón.

3. Dimensionado

3.1. Desagües y derivaciones
3.1.1 Red de pequeña evacuación de aguas Pluviales
Intensidad Pluviométrica: 125 mm/h (Zona A isoyeta 40)
Numero de sumideros: Superficie S<100; 2 Sumideros.
Canalones 100 mm para una superficie <95 m2. a una pendiente 1%.
Bajantes 4 und 110 mm.

- La situación de las bajantes figuran en los planos correspondientes

4.5 PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO

Normativa a cumplir

A. del CTE

		Procede	No procede
DB-HR	Protección frente al rúido	☒	☐

B. de otra Normativa Estatal

		Procede	No procede
NBE-CA-88.	Condiciones acústicas en los edificios	☐	☒

4.5.1 Justificación del cumplimiento de la normativa

Protección contra el ruido aéreo HR 1

- Las paredes que configuran y separan cada recinto habitable deben tener unas características tales que le proporcionen un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado frente al ruido de cada recinto colindante, tanto si ambos pertenecen a una misma unidad de uso, como si pertenecen a unidades diferentes.
- Las paredes que configuran y separan recintos que contienen instalaciones deben tener unas características tales que proporcionen un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado a cada recinto habitable colindante.
- Las paredes que configuran y separan recintos comunes deben tener unas características tales que proporcionen un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado a cada recinto habitable colindante.
- Las paredes que configuran y separan un recinto habitable de un recinto de actividad, tanto si ambos pertenecen a una misma unidad de uso como si pertenecen a unidades diferentes, deben tener unas características tales que proporcionen a aquel un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado.
- Las paredes que separan un recinto habitable del exterior del edificio deben tener unas características tales que le proporcionen un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado
- Los elementos de separación horizontales situados entre dos recintos habitables o entre un recinto habitable y un recinto común del edificio, pertenecientes o no a una misma unidad de uso, deben tener unas características tales que, en conjunción con los elementos verticales limítrofes, proporcionen a los recintos habitables un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado.
- Los elementos de separación horizontales situados entre un recinto habitable y otro que contiene instalaciones deben tener unas características tales que, en conjunción con los elementos verticales limítrofes proporcionen a aquel aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado.
- Los elementos de separación horizontales situados entre un recinto habitable y un recinto de actividad deben tener unas características tales que, en conjunción con los elementos verticales limítrofes proporcionen a aquél un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado.
- Los elementos de separación horizontales situados entre un recinto habitable y el exterior deben tener unas características tales que, en conjunción con los elementos verticales limítrofes, proporcionen a aquel un aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado.
- Las exigencias de los apartados anteriores se aplican a los elementos constructivos totalmente acabados es decir albergando las instalaciones del edificio o incluyendo cualquier otra actuación que pueda modificar las características acústicas de dichos elementos.

IV SOLUCIONES ADOPTADAS

1.- En este apartado se describen un conjunto de soluciones genéricas cuyo adecuado uso permite garantizar el cumplimiento de las exigencias del Código.

2.- Las soluciones de aislamiento acústico que se indican corresponden a divisorios netos, carentes de elementos perturbadores que faciliten transmisiones indirectas, o directas, que mermen su eficacia. El aislamiento puede perturbarse por:

a) conductos de aire acondicionado o de ventilación natural comunes al edificio;
b) anclajes de los conductos de calefacción, de gas etc. A los divisorios, de manera inadecuada;
c) empotramientos de cajas eléctricas, interruptores, de telefonía, u otras instalaciones.

3.- Con las precauciones que se indican, cuando procede, pueden combinarse entre sí dando un conjunto relativamente amplio de soluciones, que solamente abarcan soluciones clásicas contrastadas suficientemente.

4.- Las siguientes soluciones se consideran aceptadas y suficientes para cumplir las exigencias de este DAC siempre que se observen las limitaciones establecidas en cada caso.

IV.1 Particiones

1.- Se incluye la siguiente tabla para mostrar la nomenclatura utilizada en la asignación de soluciones aceptadas a las distintas situaciones de aislamiento especificadas en las exigencias.
Tabla IV.1 Identificación de validez de soluciones para ruido aéreo.
Aislamiento entre: Niveles de aislamiento: Identificador

Recinto habitable – recinto de actividad > 60 dBA AA (1)
Recinto habitable-recinto con instalaciones > 55 dBA BA
Recinto habitable – recinto común > 50 dBA CA
Recinto habitable-otro recinto, distinta unidad de uso > 50 dBA DA
Recintos habitables, misma unidad de uso > 30 dBA EA
(1) Identificador A: Identificador para solución constructiva contra ruido aéreo.

2.- La siguiente tabla indica las limitaciones particulares a tener en cuenta para las distintas soluciones constructivas, junto a la nomenclatura empleada en su identificación:

IV.3 Cubiertas

1.- Se incluye la siguiente tabla para mostrar la nomenclatura utilizada en la asignación de soluciones aceptadas a las distintas situaciones de aislamiento especificadas en las exigencias:
Tabla IV.7 Identificación de validez de soluciones para ruido aéreo en cubiertas.
Aislamiento entre: Niveles de aislamiento: Identificador
Recinto habitable-exterior. Predominio ruido aeronaves / ferroviario > 32 dBA AC (1)
Recinto habitable-exterior. Predominio ruido de tráfico > 30 dBA BC
Identificador C: Identificador para solución constructiva contra ruido aéreo en cubiertas.

Solución: HR-SA 118
Cubierta de 64 Kg/m² inclinada, de 13.7 cm de espesor,

Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior (apartado 3.1.2.5)					
Solución de fachada, cubierta o suelo en contacto con el aire exterior:……					
Elementos constructivos	Tipo	Área (1) (m2)	% Huecos	Características de proyecto	exigidas
Parte ciega		1357 =Sc		RA,tr(dB A) = 34,8	≥ 26
Huecos		0 =Sh		RA,tr(dB A) =	≥

(1) Área de la parte ciega o del hueco vista desde el interior del recinto considerado.

4.6 AHORRO DE ENERGÍA

Normativa a cumplir

A. del CTE

		Procede	No procede
DB-HE	Ahorro de energía Esta sección no es de aplicación por tratarse de la reforma de una zona del edificio que cuenta con una superficie inferior a 100 m2.	☐	☒

B.de otra Normativa Estatal

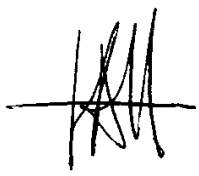
		Procede	No procede
RITE	Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios	☐	☒

5. CUADRO DE SUPERFICIES

		III SEPARATA					
		CUBIERTA SIN TERMINAR DE REFORMAR		SUPERFICIE REFORMADA: SIN TEJA		SUPERFICIE A REFORMA COMPLETA	
ZONA 1	129.00						
ZONA 2	132.71	132.71	M2	132.71	M2		
ZONA 3	115.59	115.59	M2	115.59	M2		
ZONA 4	126.00						
ZONA 5	21.00						
ZONA 6	37.00						
ZONA 7	21.00						
ZONA 8	21.00						
ZONA 9	38.00						
ZONA 10	21.00						
ZONA 11	217.50	217.50	M2	217.50	M2		
ZONA 12	35.00						
ZONA 13	35.41	35.41	M2	23.73	M2	11.68	M2
ZONA 14	87.97	87.97	M2			87.97	M2
ZONA 15	397.64	397.64	M2	34.25	M2	363.39	M2
ZONA 16	131.25	109.60	M2			109.60	M2
ZONA 17	153.00						
ZONA 18	315.90	261.25	M2			261.25	M2
ZONA 19	454.00						
SUMA	**2,489.97**	**1,357.67**	**M2**	**523.78**	**M2**	**833.89**	**M2**

TOTAL SUPERFICIE A REFORMAR SEPARATA III	***1.357,67***

Pamplona, abril de 2.019



Firmado: Joaquín Arellano Rodríguez / ARQUITECTO