

[2008]

GALLART I DIUMENGE, A.

TUTOR: LORENTE, S.

ARQUITECTURA TÈCNICA

EINA DE CàLCUL PER A LA
COMPROVACIÓ D'ESTRUCTURES DE
FUSTA, BASADA EN EL CTE

[MANUAL D'ÚS]

Funcionament i característiques tècniques dels fulls de càlcul per a la comprovació dels Estats Límit Últims i les Unions en estructures de fusta, segons el CTE SE-M.

<i>Índex</i>	1
<i>Introducció funcional</i>	3
<i>Especificacions de les comprovacions</i>	
<i>Estats límit últims</i>	
<i>6.1.2 Tracció uniforme paral·lela a la fibra</i>	5
<i>6.1.3 Tracció uniforme perpendicular a la fibra</i>	6
<i>6.1.4 Compressió uniforme paral·lela a la fibra</i>	7
<i>6.1.5 Compressió uniforme perpendicular a la fibra</i>	8
<i>6.1.6 Flexió simple</i>	9
<i>6.1.7 Flexió esbiaixada</i>	10
<i>6.1.8 Tallant</i>	11
<i>6.1.9 Torsió</i>	12
<i>6.2.1 Compressió inclinada respecta la fibra</i>	13
<i>6.2.2 Flexió i tracció axial combinats</i>	14
<i>6.2.3 Flexió i compressió axial combinats</i>	15
<i>6.2.4 Tracció perpendicular i tallant combinats</i>	16
<i>6.3.2.2.a Vinclament de columnes sol·licitades a flexió composta</i>	17
<i>Peces de secció constant a compressió simple</i>	
<i>6.3.2.2.b Vinclament de columnes sol·licitades a flexió composta</i>	18
<i>Flexocompressió amb moments flectors addicionals a l'esforç de compressió</i>	
<i>6.3.3.3.2 Bolcament lateral de bigues</i>	19
<i>Peces de directriu recta i secció constant en flexió simple</i>	
<i>6.3.3.3.3 Bolcament lateral de bigues</i>	20
<i>Peces de directriu recta i secció constant en flexocompressió</i>	
<i>6.4.2.1 Bigues de cantell variable i cares sense canvi de pendent</i>	22
<i>Tensions de tracció en la vora inclinada</i>	
<i>6.4.2.2 Bigues de cantell variable i cares sense canvi de pendent</i>	23
<i>Tensions de compressió en la vora inclinada</i>	
<i>6.4.3.b.i Bigues a dos aigües o amb canvi de pendent en una de les cares</i>	24
<i>Tensions normals de flexió en la zona del vèrtex</i>	

6.4.3.b.ii Bigues a dos aigües o amb canvi de pendent en una de les cares	25
<i>Tensions de tracció perpendicular en la zona del vèrtex</i>	
6.4.4 Bigues corbes en parts del seu traçat	26
<i>Tensions de flexió i tracció perpendicular en la zona del vèrtex</i>	
6.5.2 Bigues rebaixades en la zona de recolzament	27
Unions	
8.3.2.1.2 Claus	28
<i>Càrrega lateral en unions amb claus entre fusta i fusta</i>	
8.3.2.1.4 Claus	30
<i>Càrrega lateral en unions amb claus entre acer i fusta</i>	
8.3.2.2 Claus	32
<i>Càrrega axial en unions amb claus entre fusta i fusta</i>	
8.3.3.1.2 Grapes	34
<i>Càrrega lateral en unions amb grapes entre fusta i fusta</i>	
8.3.4.1.2 Perns	36
<i>Càrrega lateral en unions amb perns entre fusta i fusta</i>	
8.3.4.1.4 Perns	38
<i>Càrrega lateral en unions amb perns entre acer i fusta</i>	
8.3.5.1.2 Passadors	40
<i>Càrrega lateral en unions amb passadors entre fusta i fusta</i>	
8.3.5.1.4 Passadors	42
<i>Càrrega lateral en unions amb passadors entre acer i fusta</i>	
8.3.6.1.2 Cargols	44
<i>Càrrega lateral en unions amb cargols entre fusta i fusta</i>	
8.3.6.2 Cargols	46
<i>Càrrega axial en unions amb cargols entre fusta i fusta</i>	
8.4.1 Connectors d'anell o de placa	48
8.4.2 Connectors dentats	50
Exercicis resolts	52
Índex alfabètic de notació	59

INTRODUCCIÓ FUNCIONAL

Es tracta d'un llibre de càlcul dissenyat amb Excel compostat per diversos fulls, en cadascun dels quals es realitza una comprovació. Està organitzat a partir d'un índex inicial, en el que es relacionen totes les comprovacions d'Estats Límit Últims i d'Unions que es poden realitzar, ordenades seguint el criteri del Codi Tècnic, i utilitzant la mateixa nomenclatura. A partir d'aquest índex, s'enllacen els diferents fulls prement el botó esquerra del ratolí, sobre el títol.

Els fulls tenen tots la mateixa estructura, però difereixen en contingut. S'organitzen en quatre apartats: *Característiques generals*, *característiques específiques*, *càlculs* i *resultats*.

Característiques generals: En aquest primer apartat es defineix l'estructura de fusta a partir de les seves mides, les càrregues a les que està sotmesa, la classe de fusta i d'altres factors necessaris per a la realització dels càlculs particulars de cada comprovació. En determinats fulls, després de definir l'estructura, apareixen nous camps a puntualitzar, ja que no tots els casos precisen les mateixes especificacions tècniques.

Característiques específiques: Són tots aquells coeficients i valors que queden determinats automàticament o mitjançant un càlcul simple, atenent a l'estructura definida en les *característiques generals*.

Càlculs: Són tots els valors intermedis necessaris per a poder realitzar el càlcul final, amb el qual es determinarà si la comprovació és correcta o per quin valor ho és. Els valors i la nomenclatura utilitzada són molt diversos, depenent de la comprovació que es vulgui realitzar i de les especificacions fetes en les *característiques generals*.

Resultats: És el valor o conjunt de valors que determinen si la comprovació és bona. Si es tracta d'Estats Límit Últims, ve donat per un únic número expressat en tant per cent i el comentari "correcta" o "incorrecta", mentre que si es tracta de Unions, s'obtenen els valors correctes per a cadascuna de les variables implicades.

Per a poder identificar fàcilment quin tipus de comprovació estem realitzant, tots els fulls estan acompanyats de petits esquemes gràfics que il·lustren tots els termes tècnics que s'han de definir en les *característiques generals*. Aquest esquema pretén minimitzar a l'usuari els errors derivats de la terminologia.

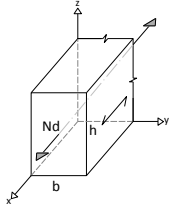
Dins d'alguns fulls, es poden distingir cel·les que contenen un petit triangle de color vermell en la part superior dreta. Passant el cursor per sobre d'aquests, podem llegir un petit comentari informatiu referent a una característica del valor contingut.

Finalment, es disposa d'una llegenda específica en cada full de càlcul, on es defineixen cadascuna de les variables o sigles que s'utilitzen i on s'expliquen les circumstàncies en què poden aparèixer errors en alguna cel·la.

ESPECIFICACIONES DE LES COMPROVACIONS

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.2 Tracció uniforme paral·lela a la fibra



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de tracció paral·lel a la fibra, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a tracció paral·lela a la fibra i la resistència de càlcul a tracció paral·lela a la fibra, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a tracció paral·lela.

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega, i és directament proporcional a la resistència de càlcul a tracció paral·lela.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta, i és inversament proporcional a la resistència característica a tracció paral·lela.

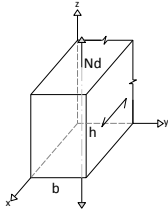
La resistència característica a tracció depèn de la classe de fusta i classe resistent, i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades obtenim la tensió de càlcul a tracció ($\sigma_{t,0,d}$ o $\sigma_{t,0,g,d}$) i la resistència de càlcul a tracció ($f_{t,0,d}$ o $f_{t,0,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.3 Tracció uniforme perpendicular a la fibra



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de tracció perpendicular a la fibra, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a tracció perpendicular a la fibra i la resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, volum de la biga, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i tipologia de biga**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{dis} és un factor que modifica la resistència de càlcul en funció de la distribució de les tensions de tracció en la peça.

El valor K_{vol} és un factor de modificació de la resistència de càlcul que s'aplica només en la fusta laminada encolada i es calcula a partir del volum de la peça.

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a tracció perpendicular.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a tracció perpendicular.

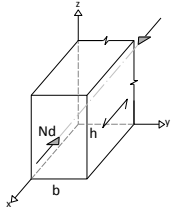
La resistència característica a tracció depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades obtenim la tensió de càlcul a tracció ($\sigma_{t,90,d}$ o $\sigma_{t,90,g,d}$) i la resistència de càlcul a tracció ($f_{t,90,d}$ o $f_{t,90,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.4 Compressió uniforme paral·lela a la fibra



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de compressió paral·lela a la fibra, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a compressió paral·lela a la fibra i la resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base**, **cantell**, **axil de càlcul**, **classe de fusta**, **classe de servei**, **classe de duració**, i **classe resistant**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a compressió paral·lela.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a compressió paral·lela.

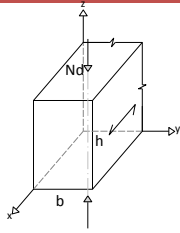
La resistència característica a compressió depèn de la classe de fusta i classe resistant i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades obtenim la tensió de càlcul a compressió ($\sigma_{c,0,d}$ o $\sigma_{c,0,g,d}$) i la resistència de càlcul a compressió ($f_{c,0,d}$ o $f_{c,0,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.5 Compressió uniforme perpendicular a la fibra



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de compressió perpendicular a la fibra, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a compressió perpendicular a la fibra i la resistència de càlcul a compressió perpendicular a la fibra, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, longitud de contacte de la biga amb les reaccions, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i la posició de la biga i les seves càrregues**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a compressió perpendicular.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta, i és inversament proporcional a la resistència característica a compressió perpendicular.

El valor $K_{c,90}$ és un factor que té en compte la distribució de les càrregues, la possibilitat d'esberles i la deformació màxima per compressió perpendicular. Varia entre 1 i 4 i és directament proporcional a la resistència de càlcul a compressió perpendicular.

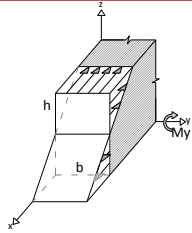
La resistència característica a compressió depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades obtenim la tensió de càlcul a compressió ($\sigma_{c,90,d}$ o $\sigma_{c,90,g,d}$) i la resistència de càlcul a compressió ($f_{c,90,d}$ o $f_{c,90,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.6 Flexió simple



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de flexió a la fibra, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a flexió simple i la resistència de càlcul a flexió simple, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, moment de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistant**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a flexió simple.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a flexió simple.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió simple.

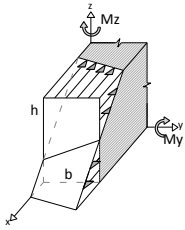
La resistència característica a flexió depèn de la classe de fusta i classe resistant, i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades obtenim la tensió de càlcul a flexió ($\sigma_{m,d}$ o $\sigma_{m,g,d}$) i la resistència de càlcul a flexió ($f_{m,d}$ o $f_{m,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.7 Flexió esbiaixada



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de flexió a la fibra en els eixos Y i Z, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a flexió i la resistència de càlcul a flexió sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, moment de càlcul en l'eix Y, moment de càlcul en l'eix Z, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a flexió en l'eix Y i Z.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a flexió en l'eix Y i Z.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida, i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

El valor de K_m varia segons el tipus de secció de fusta i la classe de fusta, i pot ser 0,7 o 1. Redueix l'índex de flexió contrari a l'eix que s'estigui estudiant.

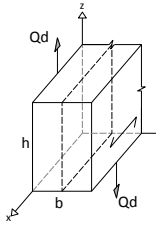
La resistència característica a flexió depèn de la classe de fusta i classe resistent, i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades obtenim la tensió de càlcul a flexió en l'eix Y i Z ($\sigma_{m,d}$ o $\sigma_{m,g,d}$) i la resistència de càlcul a flexió dels dos eixos ($f_{m,d}$ o $f_{m,g,d}$). La combinació lineal dels índex obtinguts ens permetrà determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.8 Tallant



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de tensió a tallant de la fibra, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a tallant i la resistència de càlcul a tallant, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, tallant de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i direcció de l'esforç tallant, paral·lela o perpendicular.** És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a tallant.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a tallant.

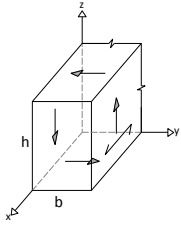
La resistència característica a tallant depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades obtenim la tensió de càlcul a tallant (τ_d) i la resistència de càlcul a tallant ($f_{v,d}$ o $f_{v,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.1.9 Torsió



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de torsió de la fibra, tant en el costat major com en el costat menor, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a tallant i la resistència de càlcul a tallant, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, torçor de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a torsió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a torsió.

El valor K_{forma} és un factor que depèn de la forma de la secció transversal i repercuteix sobre la resistència de càlcul a torsió.

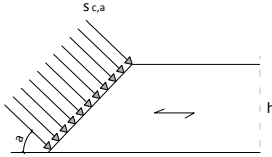
La resistència característica a tallant depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, i a partir de la relació entre la base i el cantell de la biga, obtenim la tensió de càlcul a torsió del costat major i del costat menor ($\tau_{tor,d1}$ i $\tau_{tor,d2}$) i la resistència de càlcul a tallant ($f_{v,d}$ o $f_{v,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.2.1 Compressió inclinada respecte la fibra



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de compressió amb angle α respecte a la fibra, determinat per el quocient entre la tensió de càlcul a compressió i la resistència de càlcul a compressió, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Secció, axil de càlcul, angle α , classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a torsió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a torsió.

La resistència característica a compressió paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

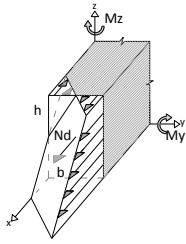
La resistència característica a compressió perpendicular depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a compressió amb angle α respecte a la fibra ($\sigma_{c,\alpha,d}$) i la resistència de càlcul a compressió ($f_{c,\alpha,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.2.2 Flexió i tracció axial combinats



~ Finalitat:

Verificar que l'índex resultant entre l'índex a tracció paral·lela a la fibra i l'índex a flexió en l'eix Y i Z, determinats per el quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, moment de càlcul en l'eix Y, moment de càlcul en l'eix Z, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i afecta és directament proporcional a la resistència característica a flexió en l'eix Y i Z i la de tracció.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida, i és directament proporcional a la resistència característica a flexió i tracció.

El valor de K_m varia segons el tipus de secció de fusta i la classe de fusta, i pot ser 0,7 o 1. Redueix l'índex de flexió contrari a l'eix que s'estigui estudiant.

La resistència característica a flexió depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

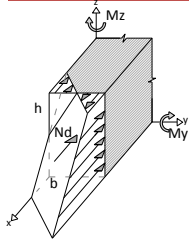
La resistència característica a tracció paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a flexió en l'eix Y i Z i la de tracció paral·lela respecte a la fibra ($\sigma_{t,0,d}$ o $\sigma_{t,0,g,d}$, $\sigma_{m,y,d}$ o $\sigma_{m,y,g,d}$, $\sigma_{m,z,d}$ o $\sigma_{m,z,g,d}$) i la resistència de càlcul a flexió i tracció paral·lela ($f_{t,0,d}$ o $f_{t,0,g,d}$, $f_{m,y,d}$ o $f_{m,y,g,d}$, $f_{m,z,d}$ o $f_{m,z,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.2.3 Flexió i compressió axial combinats



~ Finalitat:

Verificar que l'índex resultant entre l'índex a compressió paral·lela a la fibra i l'índex a flexió en l'eix Y i Z, determinats per el quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, moment de càlcul en l'eix Y, moment de càlcul en l'eix Z, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a flexió en l'eix Y i Z i compressió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió i compressió.

El valor de K_m varia segons el tipus de secció de fusta i la classe de fusta, i pot ser 0,7 o 1. Redueix l'índex de flexió contrari a l'eix que s'estigui estudiant.

La resistència característica a flexió depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

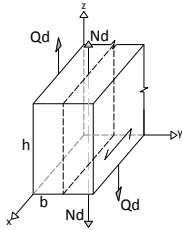
La resistència característica a compressió paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a flexió en l'eix Y i Z i la de compressió paral·lela respecta la fibra ($\sigma_{c,0,d}$ o $\sigma_{c,0,g,d}$, $\sigma_{m,y,d}$ o $\sigma_{m,y,g,d}$, $\sigma_{m,z,d}$ o $\sigma_{m,z,g,d}$) i la resistència de càlcul a flexió i tracció paral·lela ($f_{c,0,d}$ o $f_{c,0,g,d}$, $f_{m,y,d}$ o $f_{m,y,g,d}$, $f_{m,z,d}$ o $f_{m,z,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.2.4 Tracció perpendicular i tallant combinats



~ Finalitat:

Verificar que l'índex resultant entre l'índex a tracció paral·lela a la fibra i l'índex a tallant, determinats per el quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, volum, tallant de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent, tipologia de biga i direcció de l'esforç tallant**. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{dis} és un factor que modifica la resistència de càlcul en funció de la distribució de les tensions de tracció en la peça.

El valor K_{vol} és un factor de modificació de la resistència de càlcul que s'aplica només en la fusta laminada encolada i es calcula a partir del volum de la peça.

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a tracció i tallant.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

La resistència característica a tracció perpendicular depèn de la classe de fusta i classe resistent, i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

La resistència característica a tallant depèn de la classe de fusta i classe resistent, i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

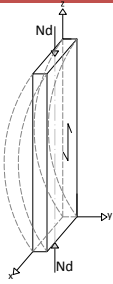
~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a tracció perpendicular i el tallant, respecta la fibra ($\sigma_{t,90,d}$ o $\sigma_{t,90,g,d}$, τ_d) i la resistència de càlcul a tracció i tallant ($f_{t,90,d}$ o $f_{t,90,g,d}$, $f_{v,d}$ o $f_{v,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.3.2.2.a Vinclament de columnes sol·licitades a flexió composta

Peces de secció constant a compressió simple



~ Finalitat:

Verificar que el quocient entre l'índex a compressió simple i el coeficient de vinclament, determinats per el la tensió de càlcul a compressió i la resistència de càlcul a compressió, i per l'esveltesa mecànica relativa, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, longitud de la biga, eix que estem estudiant (Y o Z), classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i sistema estructural**. En aquest últim apartat s'ha de definir l'estructura escollida, complimentant en els casos en què sigui necessari, els paràmetres que s'indiquen a l'inici d'aquest apartat. Taula 1 de l'Annex G del CTE SE-M. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a compressió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a el valor de resistència característica a compressió.

El valor de K_m varia segons el tipus de secció de fusta i la classe de fusta, i pot ser 0,7 o 1. Redueix l'índex de flexió contrari a l'eix que s'estigui estudiant.

El valor i_y o i_z representa el radi de gir de la secció respecte als eixos principals y o z, i el valor $L_{k,y}$ o $L_{k,z}$ és la longitud de vinclament en els plànols xy i xz. Del quocient entre els dos valors se n'obté l'esveltesa mecànica (λ_y o λ_z), que posteriorment en ajudarà a determinar la tensió de càlcul a compressió crítica.

El valor E_k és el mòdul característic d'elasticitat paral·lel a la fibra, corresponent al 5% percentil, que obtenim de la taula 1,2 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

La resistència característica a compressió paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

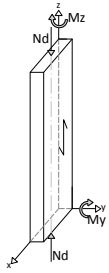
~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a compressió paral·lela ($\sigma_{c,0,d}$ o $\sigma_{c,0,g,d}$) i la resistència de càlcul a compressió ($f_{c,0,d}$ o $f_{c,0,g,d}$) que ens permetran determinar l'índex a compressió. A més, amb l'obtenció de la tensió crítica ($\sigma_{c,crit,d}$) i de l'esveltesa mecànica relativa ($\lambda_{rel,y}$ o $\lambda_{rel,z}$), podrem saber si és necessari realitzar la comprovació a vinclament. És obligatori quan $\lambda_{rel} > 0,3$.

En cas afirmatiu, calcularem el coeficient k que ens permetrà trobar el coeficient de vinclament ($\chi_{c,y}$ o $\chi_{c,z}$). Amb aquest valor i l'índex de compressió paral·lel ($I_{c,0}$), determinarem l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificarem si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.3.2.2.b Vinclament de columnes sol·licitades a flexió composta Flexocompressió amb moments flectors addicionals a l'esforç de compressió



~ Finalitat:

Verificar que el resultat de l'operació entre l'índex a compressió simple, els índex a flexió simple en els eixos y i z, i els coeficients de vinclament i forma, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, longitud de la biga, moment de càlcul en l'eix Y i en l'eix Z, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i sistema estructural**. En aquest últim apartat s'ha de definir l'estructura escollida, complimentant en els casos en què sigui necessari, els paràmetres que s'indiquen a l'inici d'aquest apartat. Taula 1 de l'Annex G del CTE SE-M. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a compressió i flexió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional als valors de resistència característica.

El valor i_y o i_z representa el radi de gir de la secció respecte als eixos principals y o z, i el valor $L_{k,y}$ o $L_{k,z}$ és la longitud de vinclament en els plànols xy i xz. Del quocient entre els dos valors se n'obté la l'esveltesa mecànica (λ_y o λ_z), que posteriorment en ajudarà a determinar la tensió de càlcul a compressió crítica.

El valor E_k és el mòdul característic d'elasticitat paral·lel a la fibra, corresponent al 5% percentil, que obtenim de la taula 1,2 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió en els dos eixos.

La resistència característica a compressió paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

La resistència característica a flexió paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

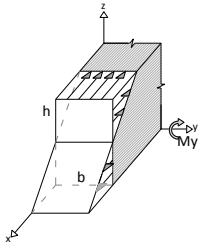
~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a compressió paral·lela ($\sigma_{c,0,d}$ o $\sigma_{c,0,g,d}$) i la resistència de càlcul a compressió ($f_{c,0,d}$ o $f_{c,0,g,d}$) que ens permetran determinar l'índex a compressió. A més, amb l'obtenció de la tensió crítica ($\sigma_{c,crit,d}$) i de l'esveltesa mecànica relativa ($\lambda_{rel,y}$ o $\lambda_{rel,z}$), podrem saber el coeficient k que ens permetrà trobar el coeficient de vinclament ($\chi_{c,y}$ o $\chi_{c,z}$). Amb aquest valor, l'índex de compressió paral·lel ($I_{c,0}$), i els índex a flexió en els eixos Y i Z ($I_{m,y}$, $I_{m,z}$), determinarem l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificarem si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.3.3.3.2 Bolcament lateral de bigues

Peces de directriu recta i secció constant en flexió simple



~ Finalitat:

Verificar que el resultat del quocient entre l'índex a flexió simple i el coeficient de bolcament lateral sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, longitud de la biga, moment de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i classe de biga**. En aquest últim apartat es defineix el tipus de biga i la distribució de la càrrega en la mateixa. Taula 6.2 CTE SE-M. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional als valors de resistència característica.

El valor E_k és el mòdul característic d'elasticitat paral·lel a la fibra, corresponent al 5% percentil, que obtenim de la taula 1,2 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

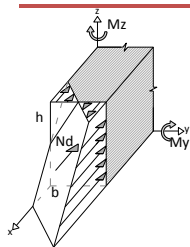
El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

La resistència característica a flexió paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent, i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

El coeficient que defineix la longitud eficaç a bolcament lateral (β_v), la longitud eficaç de bolcament (L_{ef}), el mòdul resistent respecte a l'eix fort (W_y), el moment d'inèrcia respecte a l'eix dèbil (I_z), el mòdul de torsió (I_{tor}) i finalment el mòdul d'elasticitat transversal característic (G_k), s'estableixen a partir de les dades introduïdes en el primer apartat, i serveixen per poder calcular la tensió a flexió crítica ($\sigma_{m,crit}$)

~ Càlculs:

A partir dels resultats obtinguts, trobem la tensió de càlcul a flexió simple ($\sigma_{m,d}$ o $\sigma_{m,g,d}$) i la resistència de càlcul a flexió ($f_{m,d}$ o $f_{m,g,d}$) que ens permetran determinar l'índex a flexió. A més, amb l'obtenció de la tensió crítica ($\sigma_{m,crit,d}$), i de l'esveltesa mecànica relativa ($\lambda_{rel,m}$), podrem saber el coeficient k_{crit} . Amb aquest valor i l'índex a flexió, determinarem l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificarem si la comprovació és correcta o no.



ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.3.3.3 Bolcament lateral de bigues

Peces de directriu recta i secció constant en flexocompressió

~ Finalitat:

Verificar que la resultant de la suma entre el quadrat de la comprovació a bolcament a flexió simple i la comprovació a vinclament en compressió simple, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, axil de càlcul, longitud de la biga, moment de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent, classe de biga i sistema estructural.** Tal i com s'ha dit anteriorment, en la classe de biga es defineix el tipus de biga i la distribució de la càrrega en la mateixa. Taula 6.2 CTE SE-M. En l'apartat de sistema estructural s'ha de definir l'estructura escollida, complimentant en els casos en què sigui necessari, els paràmetres que s'indiquen a l'inici d'aquest apartat. Taula 1 de l'Annex G del CTE SE-M. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a flexió i compressió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional als valors de resistència característica.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

La resistència característica a flexió simple depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

La resistència característica a compressió paral·lela depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

El valor E_k és el mòdul característic d'elasticitat paral·lel a la fibra, corresponent al 5% percentil, que obtenim de la taula 1,2 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

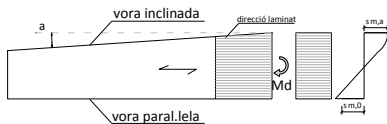
El valor i_y o i_z representa el radi de gir de la secció respecte als eixos principals y o z, i el valor $L_{k,y}$ o $L_{k,z}$ és la longitud de vinclament en els plans xy i xz. Del quocient entre els dos valors se n'obté l'esveltesa mecànica (λ_y o λ_z), que posteriorment en ajudarà a determinar la tensió de càlcul a compressió crítica ($\sigma_{m,crit,d}$). Amb aquest últim valor determinem l'esveltesa mecànica relativa ($\lambda_{rel,y}$ o $\lambda_{rel,z}$), que ens permetrà conèixer el valor del coeficient k .

El coeficient que defineix la longitud eficaç a bolcament lateral (β_v), la longitud eficaç de bolcament (L_{ef}), el mòdul resistent respecte l'eix fort (W_y), el moment d'inèrcia respecte l'eix dèbil (I_z), el mòdul de torsió (I_{tor}) i finalment el mòdul d'elasticitat transversal característic (G_k), s'estableixen a partir de les dades introduïdes en el primer apartat, i serveixen per poder calcular la tensió a flexió crítica ($\sigma_{m,crit}$), amb la qual calculem l'esveltesa mecànica relativa a flexió ($\lambda_{rel,m}$).

~ Càlculs:

A partir del resultats obtinguts, trobem la tensió de càlcul a flexió simple ($\sigma_{m,d}$ o $\sigma_{m,g,d}$) i la resistència de càlcul a flexió ($f_{m,d}$ o $f_{m,g,d}$) que ens permetran determinar l'índex a flexió. També trobarem la tensió de càlcul a compressió paral·lela ($\sigma_{c,0,d}$ o $\sigma_{c,0,g,d}$) i la resistència de càlcul a compressió ($f_{c,0,d}$ o $f_{c,0,g,d}$), que ens permetran determinar l'índex a compressió. A més, amb l'obtenció de l'esveltesa mecànica relativa a flexió ($\lambda_{rel,m}$) i l'esveltesa mecànica relativa a compressió ($\lambda_{rel,z}$), podrem saber el coeficient k_{crit} i el coeficient de vinclament ($\chi_{c,y}$ o $\chi_{c,z}$).

Amb aquest coeficients, i amb els índex de flexió i compressió simple, ja podem determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.



ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.4.2.1 Bigues de cantell variable i cares sense canvi de pendent

Tensions de tracció en la vora inclinada

~ *Finalitat:*

Verificar que tant l'índex a flexió a la vora paral·lela com l'índex a flexió a la vora inclinada amb angle α , determinats pel quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul a flexió, siguin menors al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgoten la secció.

~ *Característiques generals:*

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, moment de càlcul, volum, angle d'inclinació α , classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable únicament en fusta laminada encolada.

~ *Característiques específiques:*

El valor K_{vol} és un factor de modificació de la resistència de càlcul que s'aplica només en la fusta laminada encolada i es calcula a partir del volum de la peça.

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a tracció, flexió i tallant.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

El coeficient $K_{m,\alpha}$ és el coeficient a flexió, que es determina amb la resistències de càlcul a tallant, tracció i flexió. Divideix a l'índex de flexió a la vora inclinada respecte a la direcció de la fibra en una de les dues comprovacions a realitzar en la secció.

La resistència característica a tracció perpendicular depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

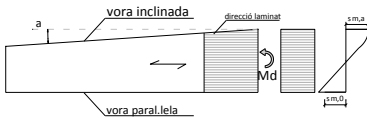
La resistència característica a tallant depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

La resistència característica a flexió simple depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ *Càlculs:*

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim les tensions de càlcul a flexió en la vora paral·lela i inclinada ($\sigma_{m,0,d}$ i $\sigma_{m,\alpha,d}$) i les resistència de càlcul a flexió, tallant i tracció ($f_{m,g,d}$, $f_{v,g,d}$ i $f_{t,90,g,d}$) que ens permetran calcular els índex a flexió, determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent i finalment, verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS



6.4.2.2 Bigues de cantell variable i cares sense canvi de pendent

Tensions de compressió en la vora inclinada

~ Finalitat:

Verificar que tant l'índex a flexió a la vora paral·lela com l'índex a flexió a la vora inclinada amb angle α , determinats pel quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul a flexió, siguin menors al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgoten la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell, moment de càlcul, angle d'inclinació α , classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable únicament en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

El coeficient $K_{m,\alpha}$ és el coeficient a flexió, que es determina amb la resistències de càlcul a tallant, compressió i flexió. Divideix a l'índex de flexió a la vora inclinada respecte a la direcció de la fibra en una de les dues comprovacions a realitzar en la secció.

La resistència característica a compressió perpendicular depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

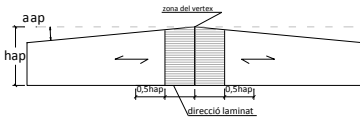
La resistència característica a tallant depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

La resistència característica a flexió simple depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a flexió en la peça central ($\sigma_{m,d}$) i la resistència de càlcul a flexió ($f_{m,g,d}$, $f_{v,g,d}$ i $f_{c,90,g,d}$) que ens permetran calcular els índex a flexió i determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent, i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS



6.4.3.b.i Bigues a dos aigües o amb canvi de pendent en una de les cares Tensions normals de flexió en la zona del vèrtex

~ Finalitat:

Verificar que l'índex de flexió a la vora paral·lela, determinat pel quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul a flexió, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell o altura de la secció, moment flector màxim, angle d'inclinació α del faldó, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable únicament en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

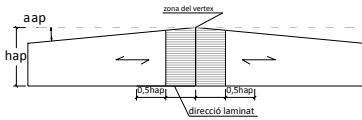
El coeficient K_f depèn de la geometria i de la classe de peça i multiplica la tensió de flexió.

La resistència característica a flexió simple depèn de la classe de fusta i classe resistent, i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a flexió en la secció central ($\sigma_{m,d}$) i la resistència de càlcul a flexió ($f_{m,g,d}$) que ens permetran calcular l'índex a flexió a la vora paral·lela, determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS



6.4.3.b.ii Bigues a dos aigües o amb canvi de pendent en una de les cares

Tensions de tracció perpendicular en la zona del vèrtex

~ Finalitat:

Verificar que l'índex de tracció perpendicular a la fibra, determinat pel quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul a tracció, sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell o altura de la secció, càrrega distribuïda, moment flector màxim, angle d'inclinació α del faldó, volum, classe de fusta, classe de servei, classe de duració i classe resistent**. És aplicable únicament en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a tracció.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

El valor K_{dis} és un factor que modifica la resistència de càlcul en funció de la distribució de les tensions de tracció en la peça.

El valor K_{vol} és un factor de modificació de la resistència de càlcul que s'aplica només en la fusta laminada encolada i es calcula a partir del volum de la peça.

La resistència característica a tracció perpendicular depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

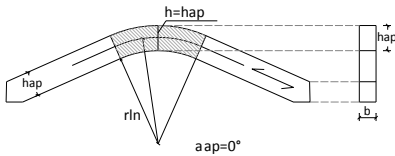
~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a tracció perpendicular en la secció central ($\sigma_{t,90,g,d}$) i la resistència de càlcul a tracció ($f_{t,90,g,d}$) que ens permetran calcular l'índex a tracció a la zona central, determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.4.4 Bigues corbes en parts del seu traçat

Tensions de flexió i tracció perpendicular en la zona del vèrtex



~ Finalitat:

Verificar que l'índex de tracció perpendicular a la fibra, determinat pel quocient entre la tensió de càlcul i la resistència de càlcul i el quocient entre l'índex a flexió perpendicular i el coeficient K_r , sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell o altura de la secció, càrrega distribuïda, moment flector, angle d'inclinació α del faldó, volum en la zona del vèrtex, espessor de la làmina, radi de l'intradós de la biga, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i classe de biga.** És aplicable únicament en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a tracció i flexió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a tots els valors de resistència característica.

El valor K_{dis} és un factor que modifica la resistència de càlcul en funció de la distribució de les tensions de tracció en la peça.

El valor K_{vol} és un factor de modificació de la resistència de càlcul que s'aplica només en la fusta laminada encolada i es calcula a partir del volum de la peça.

El valor de K_H depèn del cantell establert i de la classe de fusta escollida i és directament proporcional a la resistència característica a flexió.

El coeficient K_f depèn de la geometria i de la classe de peça i multiplica la tensió de flexió.

El coeficient de curvatura K_r té en compte la pèrdua de resistència de la fusta degut a la curvatura de les làmines en el procés de fabricació.

La resistència característica a tracció perpendicular depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

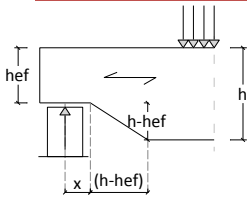
La resistència característica a flexió simple depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a tracció perpendicular ($\sigma_{t,90,g,d}$) i la resistència de càlcul a tracció ($f_{t,90,g,d}$) que ens permetran calcular l'índex a tracció a la zona del vèrtex. També trobarem la tensió de càlcul a flexió ($\sigma_{m,d}$) i la resistència de càlcul a flexió ($f_{m,g,d}$) que ens permetran calcular l'índex a flexió en la zona del vèrtex. La comprovació es realitzarà amb els dos índex i el factor K_r anteriorment calculat, per determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent i verificar si la comprovació és correcta o no.

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS

6.5.2 Bigues rebaixades en la zona de recolzament



~ Finalitat:

Verificar que el quocient entre l'índex de tensió a tallant de la fibra, determinat pel quocient entre la tensió de càlcul a tallant i la resistència de càlcul a tallant, i el factor de reducció k_v , sigui menor al cent per cent, ja que d'aquesta manera no esgota la secció.

~ Característiques generals:

És necessari definir els següents termes: **Base, cantell eficaç, tallant de càlcul, classe de fusta, classe de servei, classe de duració, classe resistent i classe de rebaix que realitzen a la secció de fusta**. En cas de seleccionar rebaix inferior haurem de definir el cantell de la biga, la distància de l'eix del suport al final del rebaix i l'angle β d'aquest. És aplicable tant en fusta massissa, com en fusta laminada encolada.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a tallant.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a tallant.

El factor K_v és un valor de reducció que depèn de la posició del rebaix en la biga, i en alguns casos requereix l'aportació de dades complementàries, com son la inclinació del rebaix (i), el cantell de la biga (h) i la distància des de l'eix del suport fins al final del rebaix (x).

El factor K_n corregeix el valor del factor K_v depenent de la classe de fusta seleccionada.

La resistència característica a tallant depèn de la classe de fusta i classe resistent i s'obté de la taula 1 i 3 de l'Annex E del CTE SE-M.

En cas de tenir rebaix inferior, obtindrem α , que correspon a la relació entre l'altura i l'altura eficaç i el paràmetre d'inclinació del rebaix i .

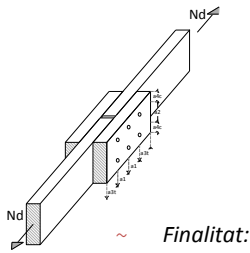
~ Càlculs:

Mitjançant totes les dades proporcionades, obtenim la tensió de càlcul a tallant (τ_d) i la resistència de càlcul a tallant ($f_{v,d}$ o $f_{v,g,d}$) que ens permetran determinar l'esgotament de la secció de fusta en tant per cent i verificar si la comprovació és correcta o no.

UNIONS

8.3.2.1.2 Claus

Càrrega lateral en unions amb claus entre fusta i fusta



Establir el nombre d'elements de fixació que necessitarem per fer front a un esforç tallant, en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

Important: El nombre mínim d'elements de fixació a col·locar és de 2 unitats.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de claus en unions entre fusta i fusta són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- t_1 : Espessor de la peça de fusta corresponent al cap del clau (mm).
- t_2 : Penetració de la peça de fusta en punta (mm).
Important: La penetració mínima del clau ha de ser entre 10 i 12 vegades el diàmetre del clau.
- t_{12} : Espessor de la peça de fusta corresponent a la secció centra (tall doble)(mm).
- d : Diàmetre del clau (mm).
- α : Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1) i fusta que tenim en la part de la punta, en cas de tall simple, o en la part central, en cas de tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Classe de claus:** Podem tenir claus de cabota circular o quadrada i podem variar la mesura del diàmetre d .
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura a tall simple, o a tall doble. Figura 8.2 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament de la peça al cap i a la punta i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{ef} s'aplica sobre el nombre de claus total per tal de determinar el nombre de claus que calen de forma eficaç, que significa que estan col·locats de manera que tots els claus treballen al cent per cent, i per tant se'n pot reduir el nombre.

El factor K_f permet reduir la capacitat de càrrega en claus introduïts amb trepant previ.

La resistència característica a l'aixafament en la peça del cap ($f_{h,1,k}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i la tipologia d'unió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en punta ($f_{h,2,k}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i la tipologia d'unió.

El coeficient β relaciona la resistència característica a la punta i al cap.

El moment plàstic en claus de fust llis $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del clau de 600N/mm^2 i depèn del diàmetre del clau i de la classe.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça del cap i de la punta ($f_{h,1,d}$ i $f_{h,2,d}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$) és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de claus eficaç i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació. Ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

~ Altres:

Es realitzarà trepant previ quan:

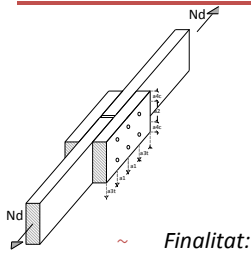
- La densitat de la fusta sigui superior a 500kg/m^3 .
- El diàmetre del clau sigui superior a 8mm.
- L'espessor de la peça de fusta sigui menor a $7d$ o $(13 \times d - 30) \times \frac{\rho_k}{400}$

Important: El diàmetre del trepant previ serà entre 0,7 i 0,8 vegades el diàmetre del clau.

UNIONS

8.3.2.1.4 Claus

Càrrega lateral en unions amb claus entre acer i fusta



Establir el nombre d'elements de fixació que necessitarem per fer front a un esforç tallant en una estructura de fusta i acer que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

Important: El nombre mínim d'elements de fixació a col·locar és de 2 unitats.

Important: Les separacions mínimes entre clau seran iguals que en unions entre fusta i fusta multiplicades per 0,7.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de claus en unions entre acer i fusta, són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- t_1 : Espessor de la peça de fusta corresponent al cap del clau (mm).
- t_2 : Penetració de la peça de fusta en punta (mm).
Important: La penetració mínima del clau ha de ser entre 10 i 12 vegades el diàmetre del clau.
- t : Espessor de la peça d'acer (mm).
- d : Diàmetre del clau (mm).
- α : Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta amb la qual està feta l'estructura.
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Classe de claus:** Podem tenir claus de cabota circular o quadrada i podem variar la mesura del diàmetre d .
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura a tall simple o a tall doble, però en aquest segon cas hi ha dues variants: amb làmina central d'acer i les laterals de fusta, o amb la central de fusta, i les laterals d'acer. Figura 8.3 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament de la peça al cap i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{ef} s'aplica sobre el nombre de claus total per tal de determinar el nombre de claus que calen de forma eficaç, que significa que estan col·locats de manera que tots els claus treballen al cent per cent, i per tant se'n pot reduir el nombre.

El factor K_f permet reduir la capacitat de càrrega en claus introduïts amb trepant previ.

La resistència característica a l'aixafament en la peça del cap ($f_{h,k}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i la tipologia d'unió.

El moment plàstic en claus de fust llis $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del clau de 600N/mm^2 i depèn del diàmetre del clau i de la classe de clau.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça del cap ($f_{h,d}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant a tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de claus eficaç i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

~ Altres:

Es realitzarà trepant previ quan:

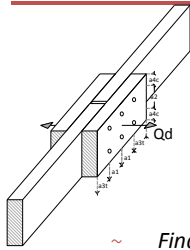
- La densitat de la fusta sigui superior a 500kg/m^3 .
- El diàmetre del clau sigui superior a 8mm.
- L'espessor de la peça de fusta sigui menor a $7d$ o $(13 \times d - 30) \times \frac{\rho_k}{400}$

Important: El diàmetre del trepant previ serà entre 0,7 i 0,8 vegades el diàmetre del clau.

UNIONS

8.3.2.2 Claus

Càrrega axial en unions amb claus entre fusta i fusta



Establir el nombre d'elements de fixació que necessitarem per fer front a un esforç axial en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

Important: El nombre mínim d'elements de fixació a col·locar és de 2 unitats

- *Característiques generals:*

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de claus en unions entre fusta i fusta són:

- **Axil de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurà de fer front (kN)
- **t:** Espessor de la peça o longitud de la part corrugada de la peça del cap (mm).
- **t_{pen}:** Longitud de penetració en la peça de la punta o longitud de la part corrugada que es troba en la peça de punta (mm).
Important: La penetració mínima en claus de fust llis ha de ser 8d. Si és menor a 12d es redueix F_v,R_k.
Important: La penetració mínima en claus de fust no llis ha de ser 6d. Si és menor a 8d es redueix F_v,R_k.
- **d:** Diàmetre del clau (mm).
- **d_h:** Diàmetre dels caps dels claus (mm).
- **α:** Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta amb la qual està feta l'estructura en la zona del cap del clau i en la zona de la punta.
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
Important: Els claus de fust llis no s'han d'exposar a càrregues de duració permanent o llarga.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurà de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Classe de claus:** Podem tenir claus de fust llis, de fust corrugat o amb ressalts.
- **Disposició dels claus:** Podem tenir els claus introduïts perpendicularment a la fibra, o obliquament. En aquest últim cas, hauran de ser combinacions de claus parells simètrics.

~ *Característiques específiques:*

El valor **K_{mod}** és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'arrencament de la peça en punta, l'enfonsament del cap i a la capacitat de càrrega característica a l'arrencament per pla de tall i element de fixació.

El valor **Y_m** és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'arrencament de la peça en punta, l'enfonsament del cap i la capacitat de càrrega.

El valor de **ρ_k** ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

La resistència característica a l'enfonsament en la peça del cap (**f_{head,k}**) depèn de la classe de fusta.

La resistència característica a l'arrencament de la peça en punta (**f_{ax,k}**) depèn de la classe de fusta.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'enfonsament de la peça del cap ($f_{head,d}$) i la resistència característica a l'arrencament de la peça en punta ($f_{ax,d}$).

La capacitat de càrrega característica a l'arrencament dels claus per pla de tall i element de fixació ($F_{ax,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de claus eficaç i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

~ Altres:

Es realitzarà trepant previ quan:

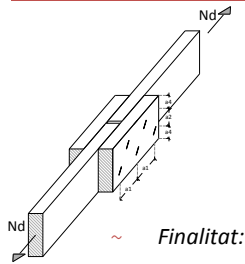
- La densitat de la fusta sigui superior a 500kg/m^3 .
- El diàmetre del clau sigui superior a 8mm.
- L'espessor de la peça de fusta sigui menor a $7d$ o $(13 \times d - 30) \times \frac{\rho_k}{400}$

Important: El diàmetre del trepant previ serà entre 0,7 i 0,8 vegades el diàmetre del clau.

UNIONS

8.3.3.1.2 Grapes

Càrrega lateral en unions amb grapes entre fusta i fusta



Establir el nombre d'elements de fixació, col·locats eficaçment o no, que necessitem per fer front a un esforç tallant, en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

Important: El nombre mínim d'elements de fixació a col·locar és de 2 unitats.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de grapes en unions entre fusta i fusta són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurà de fer front (kN)
- t_1 : Espessor de la peça de fusta corresponent al cap de la grapa (mm).
- t_2 : Penetració de la peça de fusta en punta (mm).
Important: La penetració mínima de la grapa ha de ser de 14 vegades el diàmetre de la grapa.
- t_{12} : Espessor de la peça de fusta corresponent a la secció central (tall doble)(mm).
- d : Diàmetre de la grapa (mm).
- α : Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1), i fusta que tenim en la part de la punta, en tall simple, o en la part central, en tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurà de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble. Figura 8.2 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament de la peça al cap i a la punta, i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{ef} s'aplica sobre el nombre de grapes total per tal de determinar el nombre de grapes que calen de forma eficaç, que significa que estan col·locades de manera que totes treballen al cent per cent, i per tant se'n pot reduir el nombre.

La resistència característica a l'aixafament en la peça del cap ($f_{h,1,k}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i la tipologia d'unió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en punta ($f_{h,2,k}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i la tipologia d'unió.

El coeficient β relaciona la resistència característica a la punta i al cap.

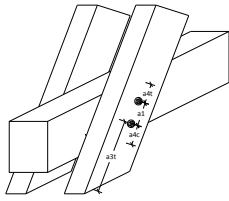
El moment plàstic en grapes $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció de la grapa de 800N/mm^2 i depèn del diàmetre de la grapa.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça del cap i de la punta ($f_{h,1,d}$ i $f_{h,2,d}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de grapes eficaç a col·locar i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**



UNIONS

8.3.4.1.2 Perns

Càrrega lateral en unions amb perns entre fusta i fusta

~ Finalitat:

Establir el nombre d'elements de fixació, col·locats eficaçment o no, que necessitem per fer front a un esforç tallant, en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de perns en unions entre fusta i fusta són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- **t_1 :** Espessor de la peça de fusta corresponent al cap del pern (mm).
Important: L'espessor mínim és de 30mm.
- **t_2 :** Espessor de la peça de fusta corresponent al final del pern (tall simple), o al tram central (tall doble) (mm).
Important: L'espessor mínim en tall simple és de 30mm i en tall doble de 40mm.
- **d :** Diàmetre del pern (mm).
Important: El diàmetre màxim dels perns és de 30mm.
- **α :** Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1) i fusta que tenim en la part de la punta, en tall simple, o en la part central, en tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble. Figura 8.11 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la peça que forma un angle α , i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{90} relaciona l'angle que es forma entre l'esforç i la fibra i depèn del tipus de fusta escollida, frondoses o coníferes.

La resistència característica a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra ($f_{h,0,k1}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i angle d'incisió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en un angle α ($f_{h,\alpha,k2}$) depèn de la classe de fusta i del diàmetre i de l'element de fixació.

El coeficient β relaciona la resistència característica $f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$.

El moment plàstic en perns $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del pern de 270N/mm^2 i depèn del diàmetre del mateix.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la que forma un angle α ($f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de perns eficaç a col·locar i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

~ Altres:

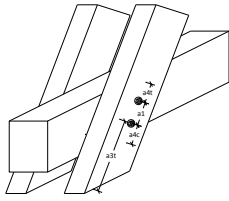
Es col·locaran els perns amb les característiques següents:

- El diàmetre de l'orifici serà el diàmetre del pern més 1mm com a màxim.
- Les volanderes sota la femella del pern, tindran un diàmetre de 3 vegades el del pern, i un espessor mínim de 0,3d.

UNIONS

8.3.4.1.4 Perns

Càrrega lateral en unions amb perns entre acer i fusta



~ Finalitat:

Establir el nombre d'elements de fixació, col·locats eficaçment o no, que necessitem per fer front a un esforç tallant, en una estructura de fusta i acer que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de perns en unions entre acer i fusta són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- **t_1 :** Espessor de la peça de fusta (mm).
- **t :** Espessor de la peça d'acer (mm).
- **d :** Diàmetre del pern (mm).
Important: El diàmetre màxim dels perns és de 30mm.
- **α :** Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta amb la que està feta l'estructura.
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps al que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble, però en aquest segon cas hi ha dues variants, amb làmina central d'acer i les laterals de fusta, o amb la central de fusta i les laterals d'acer. Figura 8.11 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega, i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la peça que forma un angle α i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{90} relaciona l'angle que es forma entre l'esforç i la fibra i depèn del tipus de fusta escollida, frondoses o coníferes.

La resistència característica a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra ($f_{h,0,k1}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i angle d'incisió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en un angle α ($f_{h,\alpha,k2}$) depèn de la classe de fusta i del diàmetre de l'element de fixació.

El coeficient β relaciona la resistència característica $f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$.

El moment plàstic en perns $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del pern de 270 N/mm² i depèn del diàmetre del mateix.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la que forma un angle α ($f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

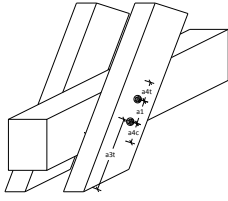
La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de perns eficaç a col·locar i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

~ Altres:

Es col·locaran els perns amb les característiques següents:

- El diàmetre de l'orifici en fusta serà el diàmetre del pern més 1mm com a màxim.
- El diàmetre de l'orifici en la placa d'acer serà el diàmetre del pern més 2mm com a màxim.
- Les volanderes sota la femella del pern, tindran un diàmetre de 3 vegades el del pern, i un espessor mínim de 0,3d.



UNIONS

8.3.5.1.2 Passadors

Càrrega lateral en unions amb passadors entre fusta i fusta

~ Finalitat:

Establir el nombre d'elements de fixació, col·locats eficaçment o no, que necessitem per fer front a un esforç tallant, en una estructura de fusta i acer que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

Important: El diàmetre del trepant variarà segons l'espècie de fusta i el diàmetre del passador, entre 0,3 i 1,5mm.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de passadors en unions entre fusta i fusta són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- **t_1 :** Espessor de la peça corresponent al cap del passador (mm).
- **t_2 :** Espessor de la peça corresponent al final del passador (tall simple) o al tram central (tall doble) (mm).
- **d :** Diàmetre del passador (mm).
Important: El diàmetre mínim dels passadors és de 6mm i el màxim de 30mm.
- **α :** Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1), i fusta que tenim en la part de la punta en tall simple o en la part central, en tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble. Figura 8.2 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la peça que forma un angle α i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{90} relaciona l'angle que es forma entre l'esforç i la fibra i depèn del tipus de fusta escollida, frondoses o coníferes.

La resistència característica a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra ($f_{h,0,k1}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i angle d'incisió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en un angle α ($f_{h,\alpha,k2}$) depèn de la classe de fusta i del diàmetre de l'element de fixació.

El coeficient β relaciona la resistència característica $f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$.

El moment plàstic en passadors $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del passadors de 270N/mm^2 i depèn del diàmetre d'aquests.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la que forma un angle α ($f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

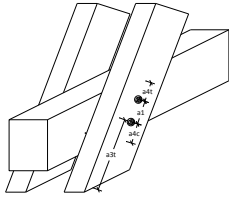
La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de passadors eficaç i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

UNIONS

8.3.5.1.4 Passadors

Càrrega lateral en unions amb passadors entre acer i fusta



~ Finalitat:

Establir el nombre d'elements de fixació, col·locats eficaçment o no, que necessitem per fer front a un esforç tallant, en una estructura de fusta i acer que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

Important: El diàmetre del trepant variarà segons l'espècie de fusta i el diàmetre del passador, entre 0,3 i 1,5mm.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de passadors en unions entre acer i fusta són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- t_1 : Espessor de la peça de fusta (mm).
- t_2 : Espessor de la peça d'acer (mm).
- d : Diàmetre del passador (mm).
- **Important:** El diàmetre mínim dels passadors és de 6mm i el màxim de 30mm.
- α : Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta amb la qual està feta l'estructura.
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble, però en aquest segon cas hi ha dues variants: amb làmina central d'acer i les laterals de fusta, o amb la central de fusta, i les laterals d'acer. Figura 8.3 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la peça que forma un angle α , i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta, i afecta dividint la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{90} relaciona l'angle que es forma entre l'esforç i la fibra i depèn del tipus de fusta escollida, frondoses o coníferes.

La resistència característica a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra ($f_{h,0,k1}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i angle d'incisió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en un angle α ($f_{h,\alpha,k2}$) depèn de la classe de fusta i del diàmetre de l'element de fixació.

El coeficient β relaciona la resistència característica $f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$.

El moment plàstic en passadors $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del passador de 270N/mm^2 i depèn del diàmetre d'aquests.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça paral·lela a la fibra i de la que forma un angle α ($f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

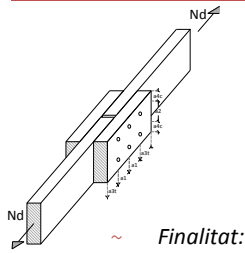
La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de passadors eficaç a col·locar i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

UNIONS

8.3.6.1.2 Cargols

Càrrega lateral en unions amb cargols entre fusta i fusta



Establir el nombre d'elements de fixació, col·locats eficaçment o no, que necessitem per fer front a un esforç tallant, en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de cargols en unions entre fusta i fusta són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- **t_1 :** Espessor de la peça de fusta corresponent al cap del cargol (mm).
- **t_2 :** Espessor de la peça corresponent al final del cargol (tall simple) o al tram central (tall doble)(mm).
Important: La penetració mínima de la canya del cargol no serà inferior a 4 vegades el diàmetre.
- **d_{ef} :** Diàmetre eficaç, mesurat en la canya del cargol (mm).
- **α :** Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1), i fusta que tenim en la part de la punta, en tall simple, o en la part central, en tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Classe de cargols:** Podem tenir claus cargols de tija llisa o cargols de tija roscada.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble. Figura 8.2 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'aixafament i la capacitat de càrrega.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{ef} s'aplica sobre el nombre de claus total per determinar el nombre de claus que calen de forma eficaç, que significa que estan col·locats de manera que tots els claus treballen al cent per cent, i per tant se'n pot reduir el nombre.

La resistència característica a l'aixafament en la peça del cap o paral·lela ($f_{h,1,k}$ o $f_{h,0,k1}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i la tipologia d'unió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en punta o amb angle α ($f_{h,2,k}$ o $f_{h,\alpha,k2}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i la tipologia d'unió.

El coeficient β relaciona els dos valors de la resistència característica.

El moment plàstic en cargols $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del cargol que varia segons el diàmetre del cargol entre 270N/mm² i 600N/mm².

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'aixafament de la peça del cap o i de la punta ja sigui paral·lel a la fibra o formant un angle α amb la fibra ($f_{h,1,d}$ o $f_{h,0,d1}$ i $f_{h,2,d}$ o $f_{h,\alpha,d2}$) i el moment plàstic de càlcul ($M_{y,Rd}$).

La capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació ($F_{v,Rk}$), és el valor que ens donarà la resistència de cada element de fixació tant en tall simple, com en tall doble.

La capacitat de càrrega de càlcul eficaç de la unió ($F_{v,ef,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de cargols eficaç i la capacitat de resistència de càlcul de cada element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

~ Altres:

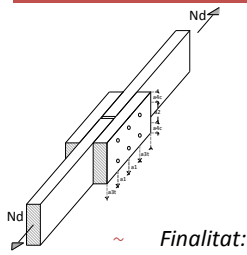
Per introduir els cargols es requereix de trepant previ en alguns casos, amb unes característiques determinades:

- Quan el diàmetre del cargol sigui major a 6mm en coníferes. Si és inferior no serà necessari.
- L'orifici per introduir la canya del cargol tindrà el mateix diàmetre que la canya.
- L'orifici per introduir la corda, o part roscada, tindrà un diàmetre del 70% de la canya.
- Les fustes amb una densitat major a 500kg/m³ necessitaran un orifici previ, però s'haurà de determinar mitjanant assajos.

UNIONS

8.3.6.2 Cargols

Càrrega axial en unions amb cargols entre fusta i fusta



Establir el nombre d'elements de fixació, col·locats eficaçment o no, que necessitem per fer front a un esforç axial, en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de fixació. D'aquesta manera obtindrem les característiques constructives que haurà de garantir, tant pel que fa a la col·locació dels elements de fixació mecànics, com a les distàncies en la seva disposició.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de fixació que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de cargols en unions entre fusta i fusta són:

- **Axil de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- **t_1 :** Espessor de la peça de fusta corresponent al cap del cargol (mm).
- **t_2 :** Espessor de la peça corresponent al final del cargol (tall simple) o al tram central (tall doble)(mm).
Important: L'espessor ha de ser superior a la longitud de penetració mínima, 6 diàmetres.
- **d:** Diàmetre mesurat en la canya del cargol (mm).
- **α :** Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1), i fusta que tenim en la part de la punta en tall simple o en la part central, en tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps al que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble. Figura 8.2 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la resistència característica a l'arrencament en direcció perpendicular, l'arrencament en angle α respecte la fibra i el valor característic de la resistència a l'arrencament de la unió.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la resistència característica a l'arrencament i el valor característic de la resistència.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

La penetració eficaç l_{ef} és la longitud que s'ha d'introduir la part roscada del cargol en la fusta, i correspon a 5 diàmetres, un menys que la penetració mínima requerida.

La resistència característica a l'arrencament en direcció perpendicular a la fibra ($f_{ax,k}$) depèn de la classe de fusta escollida.

La resistència característica a l'arrencament amb angle α respecte a la fibra ($f_{ax,\alpha,k}$) depèn de la resistència característica a l'arrencament en direcció perpendicular i l'angle d'incisió α .

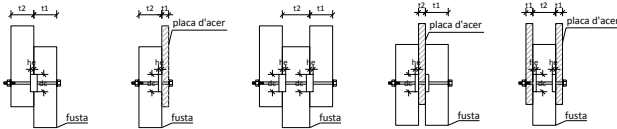
~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la resistència de càlcul a l'arrencament en direcció perpendicular a la fibra i la resistència de càlcul a l'arrencament amb un angle α respecte a la fibra ($f_{ax,d}$ i $f_{ax,\alpha,d}$). El valor de càlcul de la resistència a l'arrencament de la unió ($F_{ax,\alpha,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de cargols eficaç, el diàmetre, la longitud de penetració eficaç, la potència del quocient entre 8 vegades el diàmetre i la penetració eficaç i resistència de càlcul a l'arrencament amb un angle α respecte a la fibra. Aquest valor ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió que hem realitzat. **Aquest valor ha de ser superior a l'axil de càlcul.**

~ Altres:

Per introduir els cargols es requereix de trepant previ en alguns casos, amb unes característiques determinades:

- Quan el diàmetre del cargol sigui major a 6mm en coníferes. Si és inferior no serà necessari.
- L'orifici per introduir la canya del cargol tindrà el mateix diàmetre que la canya.
- L'orifici per introduir la corda, o part roscada, tindrà un diàmetre del 70% de la canya.
- Les fustes amb una densitat major a 500kg/m^3 necessitaran un orifici previ, però s'haurà de determinar mitjanant assajos.



~ Finalitat:

Establir el nombre d'elements de connexió, que necessitem per fer front a un esforç tallant en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de connexió. D'aquesta manera obtindrem la capacitat resistent d'aquella unió i les característiques constructives tant en nombre d'elements com en distàncies i separacions.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de connexió que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de connectors d'anell o placa són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- **t_1 :** Espessor de la peça de fusta o acer del lateral (mm).
Important: L'espessor mínim de la peça lateral de fusta ha de ser de 2,25 vegades h_e .
- **t_2 :** Espessor de la peça de fusta o acer corresponent al tram central (mm).
Important: L'espessor mínim de la peça central ha de ser de 3,75 vegades h_e en tall doble i 2,25 vegades en tall simple.
- **K_d :** Nombre de connectors per pla de tall.
- **h_e :** Profunditat d'inserció del connector en la peça d'acer o fusta (mm).
- **d_c :** Diàmetre del connector (mm).
Important: El diàmetre màxim dels connectors serà de 200mm.
- **d :** Diàmetre del pern auxiliar (mm).
Important: El diàmetre dels perns auxiliars per connectors de tipus A varia entre 12 i 24mm, i per connectors de tipus B, de 12 fins a 30mm.
- **α :** Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1), i fusta que tenim en la part de la punta en tall simple o en la part central, en tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps al que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Classe de connector:** Podem tenir connectors d'anell A, per fusta i fusta, i connectors de placa B, per acer i fusta.
- **Tipologia d'unió:** : Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble, però en el segon cas hi ha tres variants, amb làmina central d'acer i les laterals de fusta, amb la central de fusta i les laterals d'acer o amb les tres làmines de fusta. Figura 8.2 i 8.3 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la capacitat de càrrega característica d'un connector sotmès a una força que forma un angle α respecte la fibra i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la capacitat de càrrega característica d'un connector sotmès a una força que forma un angle α respecte a la fibra, i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{90} relaciona l'angle que es forma entre l'esforç i la fibra i depèn del tipus de fusta escollida: frondoses o coníferes. En tenim un per el connector i un per el pern auxiliar.

La resistència característica a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra ($f_{h,0,k1}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i angle d'incisió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en un angle α ($f_{h,\alpha,k2}$) depèn de la classe de fusta i del diàmetre de l'element de fixació auxiliar.

El coeficient β relaciona la resistència característica $f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$.

El moment plàstic del pern auxiliar $M_{v,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del pern que està fixat en 270N/mm^2 i que depèn del diàmetre del mateix.

Els factors k_1 , k_2 , k_3 i k_4 , són factors de modificació cadascun dels quals depèn d'una característica diferent de la unió.

- Factor k_1 : depèn de l'espessor de les peces i de la profunditat d'inserció del connector.
- Factor k_2 : depèn de la distància a la testa carregada.
- Factor k_3 : depèn de la densitat de la fusta.
- Factor k_4 : depèn dels materials que componen la unió; fusta-fusta o fusta-acer.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la capacitat de càrrega de càlcul d'un connector sotmès a una força que forma un angle α amb la fibra i la capacitat de càrrega de càlcul per pla de tall i element de fixació ($F_{\alpha,Rd}$ i $F_{v,Rd}$).

El valor de càlcul de la capacitat de càrrega de la unió ($F_{v,\alpha,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de connectors i la capacitat de càrrega de càlcul d'un connector sotmès a una força que forma un angle α amb la fibra i la capacitat de càrrega de càlcul per pla de tall i element de fixació, i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió formada per "x" connectors i els seus corresponents perns auxiliars. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

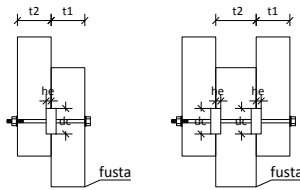
~ Altres:

Si els connectors estan col·locats de forma eficaç, podem disminuir les distàncies mínimes de separació paral·lela i perpendicular a la fibra, per un coeficient ka . Alhora, aquestes distàncies es poden disminuir un 50%, sempre i quan la capacitat de càrrega es redueixi proporcionalment un 40%.

Han de complir la següent condició: $(k_{a1})^2 + (k_{a2})^2 \geq 1$ (Figura 8.13 CTE SE-M)

UNIONS

8.4.2 Connectors dentats



~ Finalitat:

Establir el nombre d'elements de connexió que necessitem per fer front a un esforç tallant en una estructura de fusta que prèviament haurà estat definida, igual que els elements de connexió. D'aquesta manera obtindrem la capacitat resistent d'aquella unió i les característiques constructives tant en nombre d'elements com en distàncies i separacions.

~ Característiques generals:

Inicialment hem de definir l'estructura i els elements de connexió que previsiblement col·locarem. Aquest factors, en el cas de connectors dentats són:

- **Tallant de càlcul:** Sol·licitació a la que està sotmesa l'estructura i a la que haurem de fer front (kN)
- t_1 : Espessor de la peça de fusta del lateral (mm).
Important: L'espessor mínim de la peça lateral de fusta ha de ser de 2,25 vegades h_e .
- t_2 : Espessor de la peça de fusta corresponent al tram central (mm).
Important: L'espessor mínim de la peça central ha de ser de 3,75 vegades h_e en tall doble i 2,25 vegades en tall simple.
- K_d : Nombre de connectors per pla de tall.
- h_e : Profunditat d'inserció del connector en la peça de fusta (mm).
- d_c : Diàmetre del connector (mm).
- d : Diàmetre del pern auxiliar (mm).
Important: El diàmetre dels perns auxiliars per connectors de tipus A varia entre 12 i 24mm, i per connectors de tipus B, de 12 fins a 30mm.
- α : Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió.
- **Classe de fusta:** Fusta que tenim en la part del cap (1), i fusta que tenim en la part de la punta en tall simple o en la part central, en tall doble (2).
- **Classe de servei i de duració:** Període de temps al que sotmetem l'estructura a la càrrega.
- **Classe resistent:** Segons la classe de fusta escollida, haurem de triar quina resistència de fusta tenim.
- **Classe de connector:** Podem tenir connectors dentats simple, del C1 al C9, i connectors dentats dobles, el C10 i el C11. Tots ells per unions entre fusta i fusta.
- **Tipologia d'unió:** Podem estudiar l'estructura en tall simple, o en tall doble. Figura 8.2 CTE SE-M.

~ Característiques específiques:

El valor K_{mod} és un factor de modificació definit a la taula 2.4 del CTE SE-M, que depèn de la classe de fusta, de la classe de servei i de la duració de la càrrega i és directament proporcional a la capacitat de càrrega característica d'un connector sotmès a una força que forma un angle α respecte a la fibra i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor Y_m és un coeficient de seguretat que depèn de la classe de fusta i és inversament proporcional a la capacitat de càrrega característica d'un connector sotmès a una força que forma un angle α respecte a la fibra i a la capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació.

El valor de ρ_k ens indica la densitat de la fusta escollida en les característiques generals.

El factor K_{90} relaciona l'angle que es forma entre l'esforç i la fibra i depèn del tipus de fusta escollida: frondoses o coníferes. En tenim un per el connector i un per el pern auxiliar.

La resistència característica a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra ($f_{h,0,k1}$) depèn de la classe de fusta, diàmetre de l'element de fixació i angle d'incisió.

La resistència característica a l'aixafament en la peça en un angle α ($f_{h,\alpha,k2}$) depèn de la classe de fusta i del diàmetre de l'element de fixació auxiliar.

El coeficient β relaciona la resistència característica $f_{h,0,k1}$ i $f_{h,\alpha,k2}$.

El moment plàstic del pern auxiliar $M_{y,Rk}$ està calculat amb una resistència mínima a tracció del pern de 270N/mm² i varia segons el diàmetre del mateix.

Els factors k_1 , k_2 i k_3 són factors de modificació cadascun dels quals depèn d'una característica diferent de la unió.

- Factor k_1 : depèn de l'espessor de les peces i de la profunditat d'inserció del connector.
- Factor k_2 : depèn de la distància a la testa carregada.
- Factor k_3 : depèn de la densitat de la fusta.

~ Càlculs:

Amb els valors esmentats podem calcular la capacitat de càrrega de càlcul d'un connector sotmès a una força que forma un angle α amb la fibra i la capacitat de càrrega de càlcul per pla de tall i element de fixació ($F_{\alpha,Rd}$ i $F_{v,Rd}$).

El valor de càlcul de la capacitat de càrrega de la unió ($F_{v,\alpha,Rd}$) és el valor que sorgeix de multiplicar el nombre de connectors i la capacitat de càrrega de càlcul d'un connector sotmès a una força que forma un angle α amb la fibra i la capacitat de càrrega de càlcul per pla de tall i element de fixació i ens indica quina serà la resistència que ens pot oferir la unió formada per "x" connectors i els seus corresponents perns auxiliars. **Aquest valor ha de ser superior al tallant de càlcul.**

~ Altres:

Si els connectors C1, C2, C6 i C7 estan col·locats de forma eficaç, podem disminuir les distàncies mínimes de separació paral·lela i perpendicular a la fibra, per un coeficient ka .

Han de complir la següent condició: $(k_{a1})^2 + (k_{a2})^2 \geq 1$ (Figura 8.13 CTE SE-M)

EXERCICIS RESOLTS

EXERCICI 1:

Resolució mitjançant full de càlcul 6.1.2

El pendeló d'una encavallada té una secció central de 150 x 150mm que queda rebaixat a 150 x 100mm en el seu encontre amb els tornapuntes. Les condicions ambientals corresponen a una classe de servei 1. La classe resistent de la fusta és C18. La sol·licitació de càlcul permanent, Nd, és de 15,45kN. Pot resistir l'esforç de tracció paral·lela dintre dels paràmetres de seguretat?

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,6$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{t,0,k} = 11 \text{ N/mm}^2$$

$$K_H = 1,08$$

Càlculs:

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times K_H \times f_{t,0,k}}{\gamma_m} = \frac{0,6 \times 1,08 \times 11}{1,3} = 5,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{15,45 \times 10^3}{150 \times 100} = 1,03 \text{ N/mm}^2$$

Resultat:

$$I_{t,0} = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{1,03}{5,51} \times 100 = 18,68\%$$

La secció pot resistir l'esforç perfectament, ja que només treballa al 18,68% de la seva capacitat resistent.

EXERCICI 2:

Resolució mitjançant full de càlcul 6.1.4

Un pilar de fusta laminada encolada té una secció de 200 x 400mm i roman sobre una placa metàl·lica de 100 x 300mm. Les condicions ambientals corresponen a una classe de servei 2. La classe resistent de la fusta és GL24h. La sol·licitació de càlcul permanent, Nd, és de 147kN. Pot resistir l'esforç de compressió paral·lela dintre dels paràmetres de seguretat?

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,6$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

Càlculs:

$$f_{c,0,g,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{c,0,g,k}}{\gamma_m} = \frac{0,6 \times 24}{1,3} = 11,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{147 \times 10^3}{100 \times 300} = 4,90 \text{ N/mm}^2$$

Resultat:

$$I_{c,0} = \frac{\sigma_{c,0,g,d}}{f_{c,0,g,d}} = \frac{4,90}{11,52} \times 100 = 42,53\%$$

La secció pot resistir bé l'esforç, ja que només treballa al 42,52% de la seva capacitat resistent.

EXERCICI 3:

Resolució mitjançant full de càlcul 6.2.2

Comprovar la validesa d'una secció d'un tirant de fusta massissa de classe C14, sotmesa a les sol·licitacions de servei següents: $N_d = 12,74\text{N}$, $M_y = 0,44\text{kNm}$. La duració de les càrregues és permanent amb classe de servei 1. Dades: Base=70mm, cantell=150mm

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,6$$

$$k_H = 1,0$$

$$k_m = 0,7$$

$$\gamma_m = 1,30$$

$$f_{t,0,k} = 8\text{N/mm}^2 \quad f_{m,k} = 14\text{N/mm}^2$$

Càlculs:

$$f_{t,0,d} = \frac{k_H \times k_{\text{mod}} \times f_{t,0,k}}{\gamma_m} = \frac{0,6 \times 8}{1,3} = 3,69\text{N/mm}^2$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_H \times k_{\text{mod}} \times f_{m,k}}{\gamma_m} = \frac{0,6 \times 14}{1,3} = 6,46\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{12,74 \times 10^3}{70 \times 150} = 1,21\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \times 12,74 \times 10^3}{(70 \times 150)^2} = 1,68\text{N/mm}^2$$

Resultat:

$$I_{t,0} + I_{m,y} + I_{m,z} \times k_m = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \times k_m = \left(\frac{1,21}{3,69} + \frac{1,68}{6,46} + 0 \right) \times 100 = 58,86\%$$

$$I_{t,0} + I_{m,y} \times k_m + I_{m,z} = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \times k_m + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \left(\frac{1,21}{3,69} + \frac{1,68}{6,46} \times 0,7 + 0 \right) \times 100 = 51,06\%$$

La secció pot resistir bé l'esforç, ja que en les comprovacions dels dos eixos la seva capacitat resistent és inferior al 100%.

EXERCICI 4:

Resolució mitjançant full de càlcul 6.5.2

Comprovar la resistència a tallant d'una biga de fusta laminada encolada de classe resistent GL24h, amb una secció de 16 x 100cm i rebaix inferior en la zona de suport. Està sotmesa a una sol·licitació a tallant de 46,28kN de curta duració i amb classe de servei 1. Dades: $h = 100\text{cm}$, $h_{ef} = 65\text{cm}$, $x = 25\text{cm}$, $\beta = 12,3\%$.

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,9 \quad k_v = 0,4 \quad k_n = 6,5$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$\alpha = 0,65 \quad i = 4,59$$

$$f_{v,g,k} = 2,7\text{N/mm}^2$$

Càlculs:

$$f_{v,g,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{v,g,k}}{\gamma_m} = \frac{0,9 \times 2,7}{1,25} = 1,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \times 12,74 \times 10^3}{160 \times 650} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

Resultat:

$$I_v / k_v = \frac{\tau_d}{k_v} = \frac{0,67}{0,4} \times 100 = 85,69\%$$

La secció resisteix bé l'esforç, ja que aprofita la secció quasi per complet, per tant està dimensionat de forma eficaç.

EXERCICI 5:

Resolució mitjançant full de càlcul 6.3.3.3.2

Comprovar la resistència a flexió, tenint en compte el vinclament lateral, d'una biga de fusta laminada encolada de classe resistent GL24h, amb una llum de 24m i una secció de 18 x 145cm. La distància entre punts de suport a la vora comprimida és de 4m. Dades: A partir de les càrregues i les distàncies obtenim un moment flector de 694,84kNm.

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,6 \quad k_H = 1,0 \quad E_k = 9,4 \text{ kN/mm}^2$$

$$\gamma_m = 1,30$$

$$\beta_v = 0,95 \quad L_{\text{ef}} = 3,80\text{m} \quad W_y = 6307,5\text{cm}^4 \quad I_z = 70470\text{cm}^4$$

$$I_{\text{tor}} = 259835,04\text{cm}^4 \quad G_k = 587,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

Càlculs:

$$f_{m,g,d} = \frac{k_H \times k_{\text{mod}} \times f_{m,g,k}}{\gamma_m} = \frac{0,6 \times 24}{1,25} = 11,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{6 \times 694,84 \times 10^3}{70 \times 150^2} = 11,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\text{crit}} = 43,87 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = 0,74$$

$$K_{\text{crit}} = 1$$

Resultat:

$$I_m / k_{\text{crit}} = \frac{\sigma_{m,g,d}}{k_{\text{crit}}} = \frac{11,02}{1} \times 100 = 95,63\%$$

La secció gairebé està treballant al màxim de les seves possibilitats, tot i que queda un marge del 4,37% més els coeficients de seguretat que ja estan inclosos en els càlculs.

EXERCICI 6:

Resolució mitjançant full de càlcul 6.4.4

Tenim una biga corba de fusta laminada encolada amb tensions de flexió i tracció en la zona del vèrtex degudes a una càrrega permanent de 49kNm. Comprovar si les dimensions assignades són adequades a la sol·licitació. Classe resistent GL28h. Classe de servei 1. Dades: Base=120 mm, Cantell=532 mm, $r_m=6000$ mm, espessor làmines=38 mm.

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,6 \quad k_H = 1,01 \quad k_{\text{dis}} = 1,4 \quad k_{\text{vol}} = 0,69 \quad k_p = 0,02 \quad k_r = 0,92 \quad k_l = 1,03$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$f_{t,90,g,k} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,g,k} = 28 \text{ N/mm}^2$$

Càlculs:

$$f_{m,g,d} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{m,g,k}}{\gamma_m} = \frac{0,6 \times 28}{1,25} = 13,60 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,g,d} = \frac{k_H \times k_{\text{mod}} \times f_{t,90,g,k}}{\gamma_m} = \frac{1,01 \times 0,6 \times 0,45}{1,25} = 0,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{1,03 \times (6 \times 49 \times 10^6)}{120 \times 532^2} = 8,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,90,g,d} = \frac{0,02 \times (6 \times 49 \times 10^6)}{(120 \times 532^2)} = 0,18 \text{ N/mm}^2$$

Resultat:

$$l_{m,d} / k_r = \frac{\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,g,d}}}{\frac{f_{m,g,d}}{k_r}} = \frac{8,95}{13,60} \times 100 = 60,40\%$$

$$l_{t,90} = \frac{\sigma_{t,90,g,d}}{f_{t,90,g,d} \times k_{\text{dis}} \times k_{\text{vol}}} = \frac{0,18}{0,22 \times 1,4 \times 0,69} = 88,08\%$$

En la comprovació a flexió tenim més marge que no pas en la comprovació a tracció perpendicular, però ambdós casos dins de la capacitat resistent de la secció.

EXERCICI 7:

Resolució mitjançant full de càlcul 8.3.2.1.2

Volem realitzar una unió de dos biguetes de fusta mitjançant el clavat de dos tapajuntes de fusta i claus circulars de 3mm de diàmetre. Tenim un tallant de càlcul de 3400N de durada mitja i una fusta massissa de classe resistent C18, amb una classe de servei 1. Determinar la quantitat de claus necessaris, la capacitat resistent de la unió i les distàncies i separacions mínimes. Dades: Lamina lateral=33mm, làmina central=47mm, penetració del clau=30mm, angle d'incisió= 0°

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,8 \quad k_r = 1 \quad k_{\text{ef}} = 0,85$$

$$\gamma_m = 1,30$$

$$\rho_k = 320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 18,87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \beta = 1$$

$$M_{y,Rk} = 3131,75 \text{Nmm}$$

Càlculs:

$$F_{v,Rk} = 684,83 \text{N}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{v,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \times 684,83}{1,30} = 421,43 \text{N}$$

$$F_{v,ef,Rd} = 9 \times 421,43 = 3792,89 \text{N}$$

Resultat:

$$n_{\text{ef}}^{\circ} = 9 \text{ per costat}$$

$$n^{\circ} = 14 \text{ per costat}$$

No cal realitzar trepant previ i és possible encavalcar claus en la peça central

Separacions mínimes: $a_1 = 30 \text{mm}$ $a_2 = 15 \text{mm}$

Distàncies mínimes: $a_{3,t} = 45 \text{mm}$ $a_{4,t} = 15 \text{mm}$

A partir de les dades que ens subministra podríem realitzar la unió amb totes les garanties que la unió funcioni correctament.

Col·locats eficaçment necessitem 9 claus per costat, no fa falta trepant previ, i els podem solapar. En cas contrari, en necessitarem 14 per costat. La capacitat resistent de la unió eficaç és de 3792,89N i tenim un esforç tallant de 3400N, per tant resisteix l'esforç. La separació lateral entre claus serà de 30mm i la vertical de 15mm. La distància a la testa carregada serà de 45mm i a la vora de 15mm.

EXERCICI 8:

Resolució mitjançant full de càlcul 8.3.4.1.2

Volem realitzar una unió entre un pilar central de fusta i dos biguetes laterals mitjançant perns de 10mm de diàmetre. La fusta és massissa de classe resistent C18 i la classe de servei 1. Tenim un esforç de tracció de 8000N de durada mitja. Determinar la quantitat de perns necessaris, la capacitat resistent de la unió i les distàncies i separacions mínimes. Dades: Lamina lateral=38mm, làmina central=65mm, angle d'incisió= 0°

Característiques específiques:

$$k_{\text{mod}} = 0,8 \quad k_r = 1$$

$$\gamma_m = 1,30$$

$$\rho_k = 320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 23,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \beta = 1$$

$$M_{y,Rk} = 95545,72 \text{Nmm}$$

Càlculs:

$$F_{v,Rk} = 7675,20 \text{N}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \times f_{v,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \times 7675,20}{1,30} = 4723,20 \text{N}$$

$$F_{v,ef,Rd} = 2 \times 4723,20 = 9446,20 \text{N}$$

Resultat:

$n_{ef}^o = 2$ unitats

$n^o = 3$ unitats

Separacions mínimes: $a_1 = 50\text{mm}$ $a_2 = 40\text{mm}$

Distàncies mínimes: $a_{3,t} = 80\text{mm}$ $a_{4,t} = 30\text{mm}$

A partir de les dades que ens subministra podríem realitzar la unió amb totes les garanties que la unió funcioni correctament.

Col·locats eficaçment necessitem 2 perns de 10mm de diàmetre, en cas contrari, en necessitem 3. La capacitat resistent de la unió eficaç és de 9446,20N i tenim un esforç tallant de 8000N, per tant resisteix l'esforç. La separació lateral entre claus serà de 50mm i la vertical de 40mm. La distància a la testa carregada serà de 80mm i a la vora de 30mm.

EXERCICI 9:

Resolució mitjançant full de càlcul 8.4.2

Calcular la unió a tall doble realitzada mitjançant connectors dentats de tipus C6, de diàmetre 38mm i altura 12mm, i perns auxiliars de diàmetre 10mm. La classe resistent de la fusta és C18, de durada mitja i classe se servei 1. Dades: Lamina lateral=38mm, làmina central=65mm, angle d'incisió= 90º,

Característiques específiques:

$$k_{mod} = 0,8 \quad k_{90} = 1,34 \quad k_{90} = 1,50$$

$$\gamma_m = 1,30$$

$$\rho_k = 320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h,1,k} = 15,74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{h,2,k} = 23,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \beta = 1,5$$

$$M_{y,Rk} = 95545,72\text{Nmm}$$

Càlculs:

$$F_{v,Rk} = 5116,8\text{N}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \times f_{v,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \times 5116,8}{1,30} = 3148,8\text{N}$$

$$F_{\alpha,Rk} = 4809,19\text{N}$$

$$F_{\alpha,Rd} = \frac{k_{mod} \times f_{\alpha,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \times 4809,19}{1,30} = 2959,5\text{N}$$

$$F_{v,\alpha,Rd} = (3148,8 + 2959,5) \times 2 = 12216,61\text{N}$$

Resultat:

$n^o = 1$ unitats

Separacions mínimes: $a_1 = 45,6\text{mm}$ $a_2 = 45,6\text{mm}$

Distàncies mínimes: $a_{3,t} = 57\text{mm}$ $a_{3,c} = 58,19$ $a_{4,t} = 28,17\text{mm}$

A partir de les dades que ens subministra podríem realitzar la unió amb totes les garanties que la unió funcioni correctament.

Necessitem 1 connector i un pern auxiliar. Ens ofereixen una capacitat resistent de la unió eficaç de 12216,61N i tenim un esforç tallant de 8000N, per tant resisteix l'esforç. La separació lateral i vertical entre claus serà de 45,6mm. La distància a la testa carregada serà de 57mm, a la testa no carregada de 58,19mm i a la vora carregada de 28,17mm.

ÍNDIX ALFABÈTIC DE NOTACIÓ

a_1	Separació mínima entre claus col·locats paral·lelament a la fibra
a_2	Separació mínima entre claus col·locats perpendicularment a la fibra
$a_{3,c}$	Distància mínima en la testa si no hi ha càrrega
$a_{3,t}$	Distància mínima en la testa si hi ha càrrega
$a_{4,c}$	Distància mínima en la vora si no hi ha càrrega
$a_{4,t}$	Distància mínima en la vora si hi ha càrrega
b	Base
C_φ	Coefficient que defineix el grau d'encastament al gir de la connexió
d	Diàmetre de l'element de fixació
d_c	Diàmetre del connector
E	Mòdul d'elasticitat longitudinal característic
E_k	Valor característic del mòdul d'elasticitat paral·lel a la fibra, corresponent al 5% percentil
$f_{ax,d}$	Resistència de càlcul a l'arrencament de la peça la punta
$f_{ax,k}$	Resistència característica a l'arrencament de la peça la punta
$F_{ax,Rd}$	Capacitat de càrrega de càlcul a l'arrencament de claus
$F_{ax,Rk}$	Capacitat de càrrega característica a l'arrencament de claus
$f_{ax,\alpha,d}$	Valor de càlcul de la resistència a l'arrencament en angle α respecte a la direcció de la fibra
$f_{ax,\alpha,k}$	Valor característic de la resistència a l'arrencament en angle α respecte a la direcció de la fibra
$F_{ax,\alpha,Rd}$	Valor de càlcul de la resistència a l'arrencament de la unió
$F_{ax,\alpha,Rk}$	Valor característic de la resistència a l'arrencament de la unió
$f_{c,0,d}$	Resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra de la fusta massissa
$f_{c,0,g,d}$	Resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,0,g,k}$	Resistència característica a compressió paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,0,k}$	Resistència característica a compressió paral·lela a la fibra de la fusta massissa
$f_{c,90,d}$	Resistència de càlcul a compressió perpendicular a la fibra de la fusta massissa
$f_{c,90,g,d}$	Resistència de càlcul a compressió perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,90,g,k}$	Resistència característica a compressió perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,90,k}$	Resistència característica a compressió perpendicular a la fibra de la fusta massissa
$f_{c,\alpha,d}$	Resistència de càlcul a compressió obliqua amb direcció α respecte la fibra
$f_{h,0,d1}$	Resistència de càlcul a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra
$f_{h,0,k1}$	Resistència característica a l'aixafament en la peça paral·lela a la fibra
$f_{h,1,d}$	Resistència de càlcul a l'aixafament en la peça del cap
$f_{h,1,k}$	Resistència característica a l'aixafament en la peça del cap
$f_{h,2,d}$	Resistència de càlcul a l'aixafament en la peça de la punta
$f_{h,2,k}$	Resistència característica a l'aixafament en la peça de la punta
$f_{h,\alpha,d2}$	Resistència de càlcul a l'aixafament en la peça per un angle α
$f_{h,\alpha,k2}$	Resistència característica a l'aixafament en la peça per un angle α
$f_{head,d}$	Resistència de càlcul a l'enfonsament de la peça del cap
$f_{head,k}$	Resistència característica a l'enfonsament de la peça del cap
$f_{m,d}$	Resistència de càlcul a flexió de la fusta massissa
$f_{m,g,d}$	Resistència de càlcul a flexió de la fusta laminada encolada
$f_{m,g,k}$	Resistència característica a flexió de la fusta laminada encolada
$f_{m,k}$	Resistència característica a flexió de la fusta massissa
$f_{t,0,d}$	Resistència de càlcul a tracció paral·lela a la fibra de la fusta massissa
$f_{t,0,g,d}$	Resistència de càlcul a tracció paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada

$f_{t,0,g,k}$	Resistència característica a tracció paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{t,0,k}$	Resistència característica a tracció paral·lela a la fibra de la fusta massissa
$f_{t,90,d}$	Resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra de la fusta massissa
$f_{t,90,g,d}$	Resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{t,90,g,k}$	Resistència característica a tracció perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{t,90,k}$	Resistència característica a tracció perpendicular a la fibra de la fusta massissa
$F_{v,0,Rk}$	Valor característic de la capacitat de càrrega d'un connector sotmès a una força paral·lela a la fibra
$f_{v,d}$	Resistència de càlcul a tallant de la fusta massissa
$F_{v,ef,Rd}$	Valor de càlcul de la capacitat de càrrega efectiva de la unió
$f_{v,g,d}$	Resistència de càlcul a tallant de la fusta laminada encolada
$f_{v,g,k}$	Resistència característica a tallant de la fusta laminada encolada
$f_{v,k}$	Resistència característica a tallant de la fusta massissa
$F_{v,Rd}$	Capacitat de càrrega de càlcul per pla de tall i element de fixació
$F_{v,Rk}$	Capacitat de càrrega característica per pla de tall i element de fixació
$F_{v,\alpha,Rd}$	Valor de càlcul de la capacitat de càrrega de la unió
$F_{\alpha,Rd}$	Valor de càlcul de la capacitat de càrrega d'un connector sotmès a una força que forma un angle α amb la fibra
$F_{\alpha,Rk}$	Valor característic de la capacitat de càrrega d'un connector sotmès a una força que forma un angle α amb la fibra
G_k	Mòdul d'elasticitat transversal característic
h	Altura o cantell
h_{ap}	Altura de la secció en el vèrtex de la biga
h_e	Profunditat d'inserció del connector
h_{ef}	Cantell efectiu
h_r	Altura del pilar de referència en un entramat
I	Moment d'inèrcia de la secció
I	Factor que defineix la inclinació del rebaix
$I_{c,0}$	Índex de compressió paral·lela a la fibra
$I_{c,\alpha}$	Índex de compressió obliqua a la fibra
l_{ef}	Longitud efectiva
I_m	Índex de flexió a la fibra
$I_{m,\alpha}$	Índex de flexió amb direcció α respecte a la fibra
I_R	Moment d'inèrcia de la llinda
I_S	Moment d'inèrcia del pilar
$I_{t,0}$	Índex de tracció paral·lela a la fibra
$I_{t,90}$	Índex de tracció perpendicular a la fibra
$I_{t,90}$	Índex de compressió perpendicular a la fibra
I_{tor1}	Índex de la tensió tangencial de torsió del costat major
I_{tor2}	Índex de la tensió tangencial de torsió del costat menor
I_v	Índex del tallant a la fibra
I_y	Radi de gir eix y
K_{90}	Factor que relaciona l'angle entre l'esforç i la direcció de la fibra i depèn del tipus de fusta
$K_{c,90}$	Factor per relació de dimensions
K_{crit}	Coefficient de bolcament lateral
K_{dis}	Factor per distribució de tensions en la zona del vèrtex
K_{ef}	Factor que relaciona la separació entre claus i el trepant previ de l'orifici
K_{forma}	Factor depenent de la forma de la secció transversal
K_H	Factor de correcció d'altura
K_i	Factors de modificació dels connectors
K_L	Factor de correcció de longitud

K_i	Coefficient que depèn de la geometria i classe de peça
K_m	Factor per tipus de secció
$K_{m,\alpha}$	Coefficient de flexió segons angle α
K_{mod}	Factor de modificació
K_n	Factor corrector segons classe de fusta
K_r	Coefficient de curvatura
K_r	Factor de reducció de la capacitat de càrrega
K_v	Factor de reducció
K_{vol}	Factor per relació de volums tensionats
K_y	Coefficient
L	Longitud
L_{ef}	Longitud eficaç de bolcament lateral de la biga
$L_{k,y}$	Longitud de vinclament respecte a l'eix y
L_s	Longitud dels suports parcials
$M_{y,Rd}$	Moment plàstic de càlcul
$M_{y,Rk}$	Moment plàstic característic
N_R	Axil de càlcul de la llinda
N_r	Axil de càlcul en el pilar de referència en un entramat
N_s	Axil de càlcul del pilar
P_d	Càrrega distribuïda de compressió sobre la zona del vèrtex en la vora superior de la biga
r_{in}	Radi del intradós de la biga
S	Longitud dels trams de biga
T	Espessor de les làmines de fusta o acer
t_{pen}	Longitud de penetració en la peça de la punta, o longitud de la part corrugada que es troba en la peça de punta
W_y	Mòdul resistent respecte l'eix fort
X	Distància des de l'eix de suport fins el final del rebaix
α	Angle que formen les direccions de les fibres de les bigues que conformen la unió
α_{ap}	Angle del faldó
β	Relació entre la resistència característica a l'aixafament de la peça 2 i la 1.
β_v	Coefficient que defineix la longitud eficaç a bolcament lateral
Γ_m	Coefficient parcial de seguretat
λ_{rel}	Esveltesa mecànica relativa
ρ_k	Densitat característica de la fusta
$\sigma_{c,0,d}$	Tensió de càlcul a compressió paral·lela a la fibra de la fusta
$\sigma_{c,90,d}$	Tensió de càlcul a compressió perpendicular a la fibra de la fusta
$\sigma_{c,crit,d}$	Tensió de càlcul a compressió crítica
$\sigma_{c,\alpha,d}$	Tensió de càlcul a compressió amb direcció α respecte a la fibra
$\sigma_{m,crit}$	Tensió crítica a flexió
$\sigma_{m,d}$	Tensió de càlcul a flexió de la fusta
$\sigma_{m,\alpha,d}$	Tensió de càlcul a flexió amb direcció α respecte a la fibra
$\sigma_{t,0,d}$	Tensió de càlcul a tracció paral·lela a la fibra de la fusta
$\sigma_{t,90,d}$	Tensió de càlcul a tracció perpendicular a la fibra de la fusta
τ_d	Tensió de càlcul a tallant de la fusta
$\tau_{tor,d1}$	Tensió tangencial de càlcul del costat major deguda a la torsió
$\tau_{tor,d2}$	Tensió tangencial de càlcul del costat menor deguda a la torsió
$\chi_{c,y}$	Coefficient de vinclament respecte a l'eix y