

Treball de Fi de Grau

GETI

Simulació d'Incendis en Naus Industrials mitjançant Ozone

**ANNEX 1: Gràfiques de Temperatures de l'acer estructural.
Risc 1, Risc 2, Risc 3**

Autor: Arnau Molas Peix

Director/s: Mario Miguel Valero Pérez i Eulàlia Planas Cuchí

Convocatòria: Setembre 2016



Escola Tècnica Superior

d'Enginyeria Industrial de Barcelona



INTRODUCCIÓ A L'ANNEX 1

TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL

Aquest annex conté el conjunt de gràfiques extretes dels escenaris de simulació proposats a la memòria: Simulació d'Incendis mitjançant Ozone.

Aquestes gràfiques representen la corba característica de temperatures a les quals està sotmès l'acer estructural que sosté la estructura de la nau. Cadascuna de les gràfiques que es mostraran a continuació mostra un escenari de simulació comparant les temperatures de l'escenari patró (aquell on les condicions no varien, seguint el model estàndard d'escenari utilitzat en el projecte anterior a aquest) amb les temperatures un cop aplicades les modificacions pertinents.

El criteri de discussió de tals temperatures es basa en el 'treshold number', o altrament anomenat valor llindar, ja utilitzat en el projecte anterior que representa la temperatura llindar a partir de la qual l'acer estructural comença a perdre les seves propietats que el fan vàlid per a sostenir l'estructura de l'edifici.

Totes les simulacions tindran aquest valor llindar representat per a poder fer la comparativa.

En cada gràfica, apareix un títol, el qual pot venir acompanyat de un valor juntament amb una paraula formada per dos majúscules "SV"/"AV".

- El valor, que pot ser 250, 500, 750 o 1000 fa referència als metres quadrats (m²) afectats per l'incendi. És a dir, el 25%, 50%, 75% i 100% d'àrea cremada.

Per altra banda, les sigles volen referenciar el següent:

SV vol dir: Sense Ventilació forçada.
AV vol dir: Amb Ventilació forçada.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ A L'ANNEX 1	0
TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL	1
TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R90 – RISC DE NIVELL 1	4
RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	4
RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	7
RISC 1 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	10
RISC 1 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	12
TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R120 – RISC DE NIVELL 1	16
RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	16
RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	18
RISC 1 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	21
RISC 1 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	23
TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R90 - RISC DE NIVELL 2	26
RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	26
RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	28
RISC 2 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	31
RISC 2 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	33
TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R120 – RISC DE NIVELL 2	36
RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	36
RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	38
RISC 2 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	41
RISC 2 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	42
TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R90 – RISC DE NIVELL 3	45
RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	45
RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	47
RISC 3 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	49
RISC 3 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	51
TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R120 – RISC DE NIVELL 3	54
RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	54
RISC 3 – ALÇADA DE LES VENTILACIONS	56
RISC 3 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	58
RISC 3 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	60

TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R90 – RISC DE NIVELL 1

En aquest apartat es mostren les simulacions efectuades de l'acer estructural en els escenaris de Risc 1 utilitzant una protecció de spray perlític que permet obtenir una protecció R90. S'observarà les temperatures que assoleix i es compararan amb el valor llindar fixat.

RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

La variació de l'alçada de la nau és un paràmetre que s'ha demostrat influent en els resultats de les temperatures, sense causar grans diferències entre elles. Com es podrà observar a continuació, les temperatures variaran lleugerament, essent molt poca diferència en els casos on el percentatge d'àrea cremada és petit.

Ve representat per les figures 1-4.

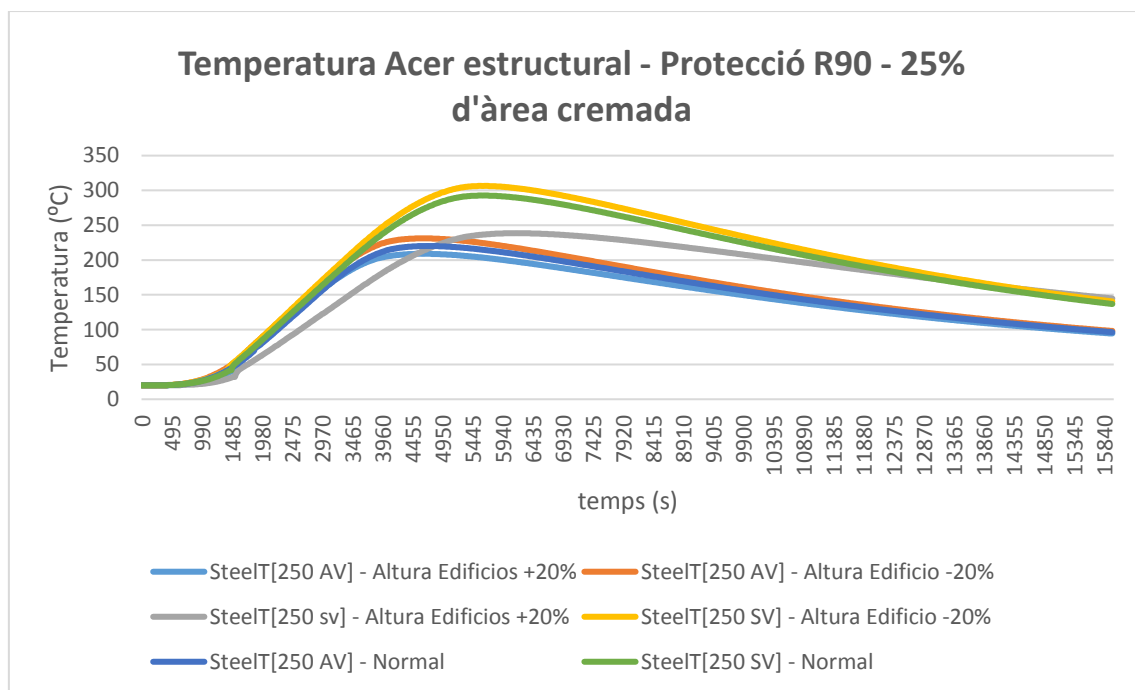


Figura 1 – Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb Protecció R90

Com es pot observar, els primers casos assoleixen màxims de 300 °C – 306,41 el cas més crític – molt lluny dels 550 °C. Per tant, per a tots els casos de Risc 1 amb el 25% de la planta cremant, l'acer estructural amb protecció R90 de spray perlític no patiria danys aparents.

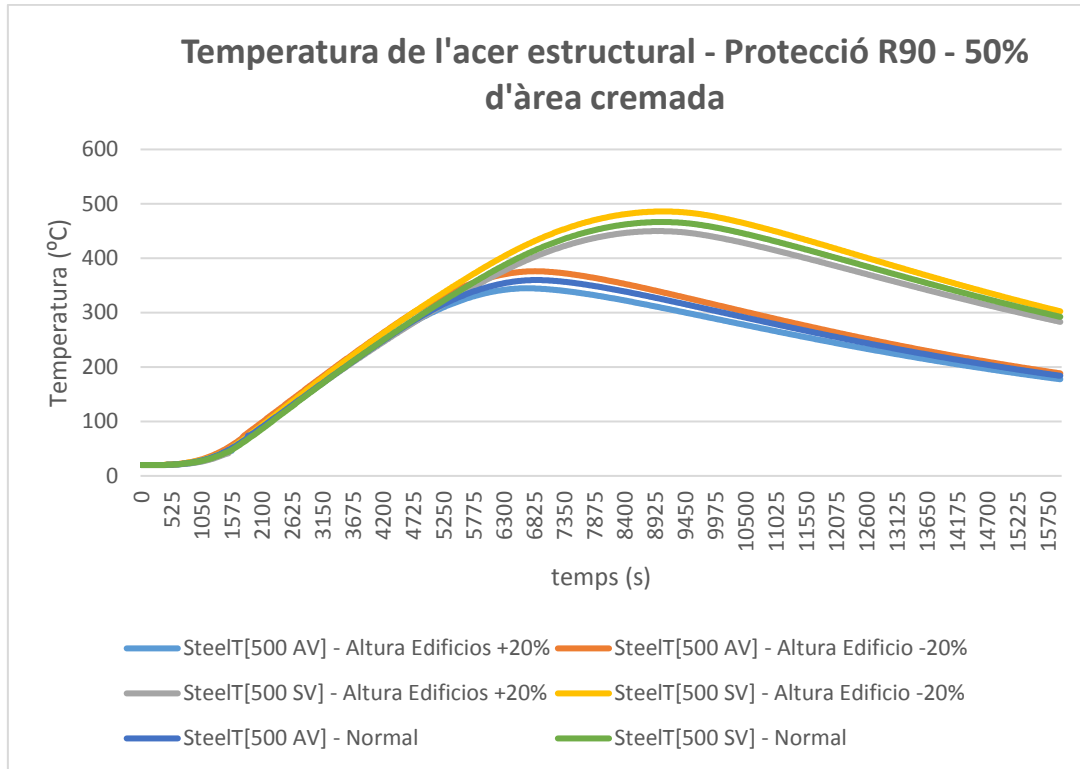


Figura 2 – Escenari de Risc 1, 50% d'àrea cremada amb protecció R90.

Observem que per els escenaris on l'àrea cremada és del 50%, les temperatures augmenten substancialment, essent els escenaris amb ventilació forçada per sota dels 400°C (i, per tant, fora de cap mena de perill).

Els escenaris sense ventilació forçada es troben al voltant dels 450-500°C, essent el cas més crític amb una temperatura de 485, 97°C (molt lluny dels 550°C proposats). L'alçada de l'edifici segueix sent un factor que provoca petits canvis en la temperatura de l'escenari.

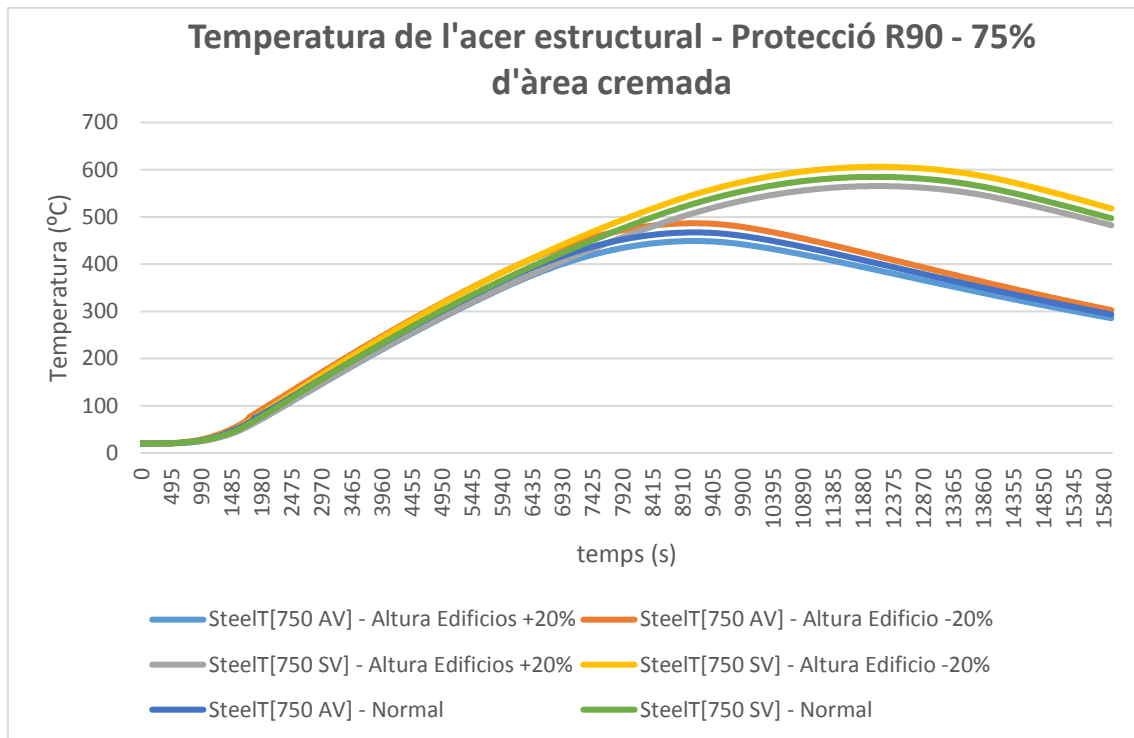


Figura 3 – Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

S'observa que les temperatures assolides ja superen els 550°C establerts com a temperatura llindar per als casos sense ventilació forçada. Per als casos amb ventilació forçada s'assoleixen els 486,66°C (lluny del valor llindar) per la qual cosa es pot assegurar que, per als casos amb ventilació forçada, no s'assoleix el col·lapse estructural.

En canvi, per als casos sense ventilació forçada, tots ells arriben a superar aquestes temperatures, essent el valor més proper al valor llindar l'ofert per l'escenari amb un 20% més d'alçada (assoleix els 565,41°C) el qual seria interessant comprar amb un altre simulador per a confirmar la seva exclusió (o no) d'escenaris vàlids – superin el col·lapse estructural –.

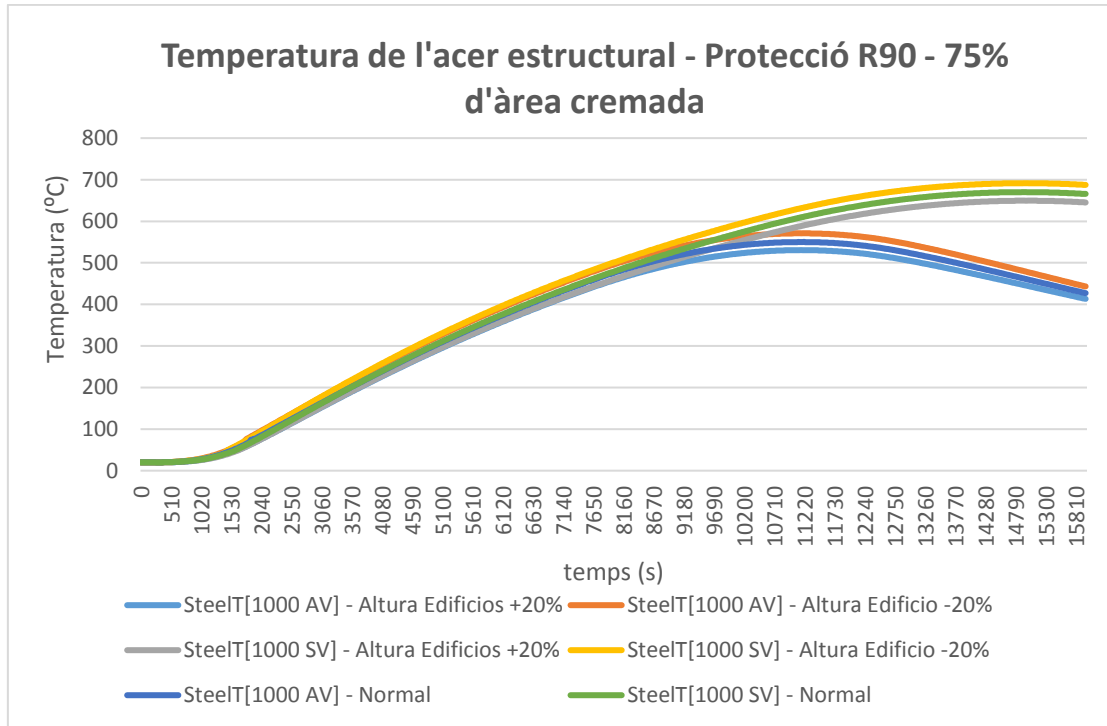


Figura 4 - Escenari de Risc 1, 100% d'àrea cremada amb protecció R90.

En aquest cas, s'observa que quasi totes les corbes característiques de temperatura superen els 550 °C. El cas dels escenaris sense ventilació forçada s'observa que el superen per un temps molt prolongat, causant un evident col·lapse estructural (i arribant a cotes de 700 °C).

Per altra banda, els sistemes amb ventilació forçada obtenen valors més propers als 550 °C, essent el més crític l'escenari amb una alçada 20% inferior, assolint una temperatura de 570,93°C. Els escenaris amb ventilació forçada amb un 100% d'àrea cremada convindria que fossin contrastats amb altres simuladors per a assegurar el no-col·lapse estructural.

RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

El factor alçada de les ventilacions afecta de forma similar a la manera amb que afecta el canvi d'alçada de la nau, provocant variacions de temperatura en corbes sense desfasament entre elles.

Tot i així, aquestes variacions són menor a les que s'observen en anterioritat fent d'aquest factor un factor d'estudi no primari. Tot i així, seria important corroborar les dades obtingudes amb altres simuladors per veure'n l'efecte real.

Aquest escenari ve representat per les figures 5 a 8.

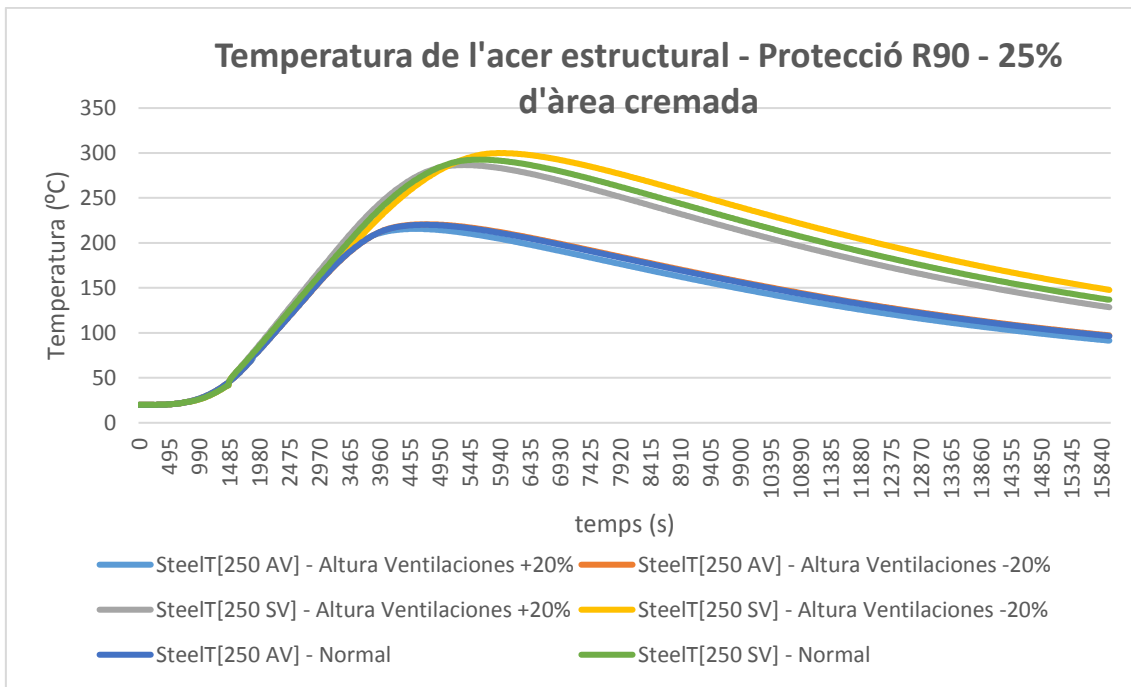


Figura 5 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

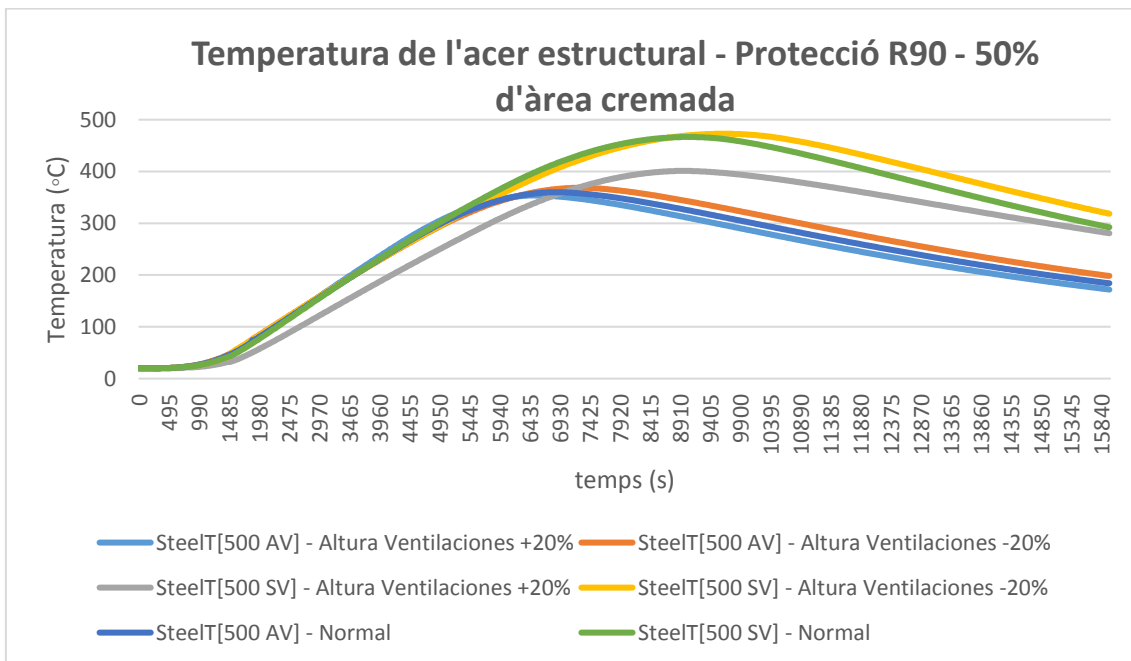


Figura 6 – Escenari de Risc 1, 50% d'àrea cremada amb protecció R90

Com es pot observar en els dos casos (fig.5 i 6), cap de les corbes de temperatura pròpies de l'acer estructural supera ni tan sols els 500 °C (a 50°C del límit marcat). Aquest fet permet afirmar doncs, que per als escenaris de Risc 1 amb les variacions pertinents d'alçada de ventilacions no existeix cap perill de col·lapse estructural.

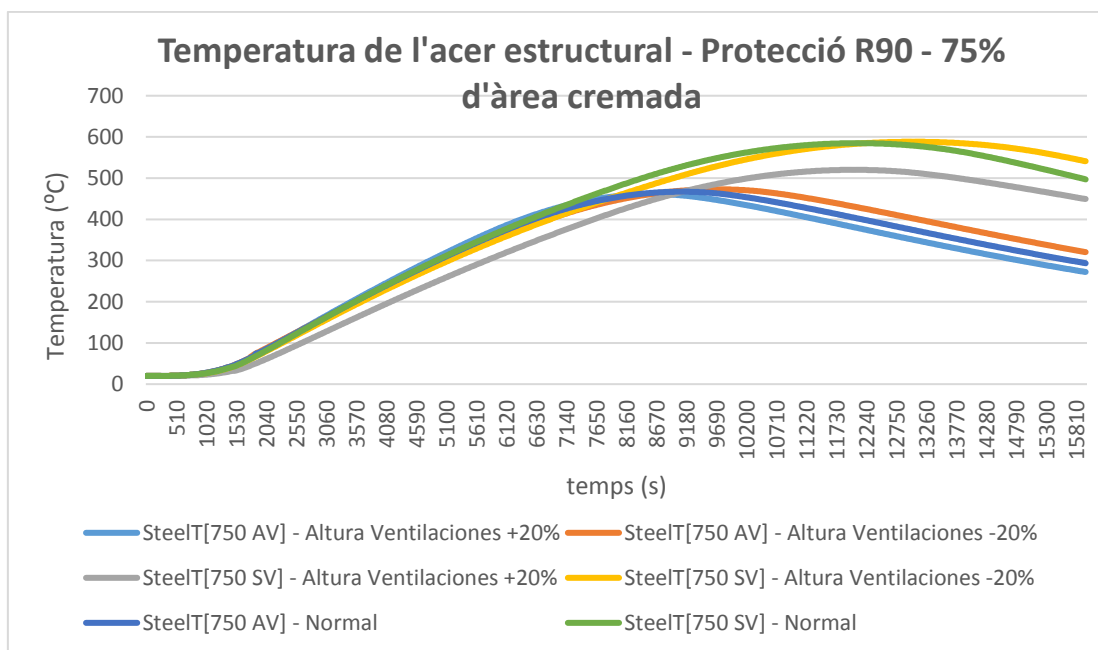


Figura 7 - Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

Com es pot observar, fet que ja succeeix en el cas d'Alçada de l'estructura del sostre de la nau, els escenaris caracteritzats per no tenir ventilació forçada superen els 550°C (exceptuant l'escenari amb alçada de ventilacions de +20%). Aquests escenaris que superen el valor límit, el superen per diferències de 30°C o més (per exemple, el cas propi d'alçada inferior per un 20% assolix una temperatura de 588,42°C).

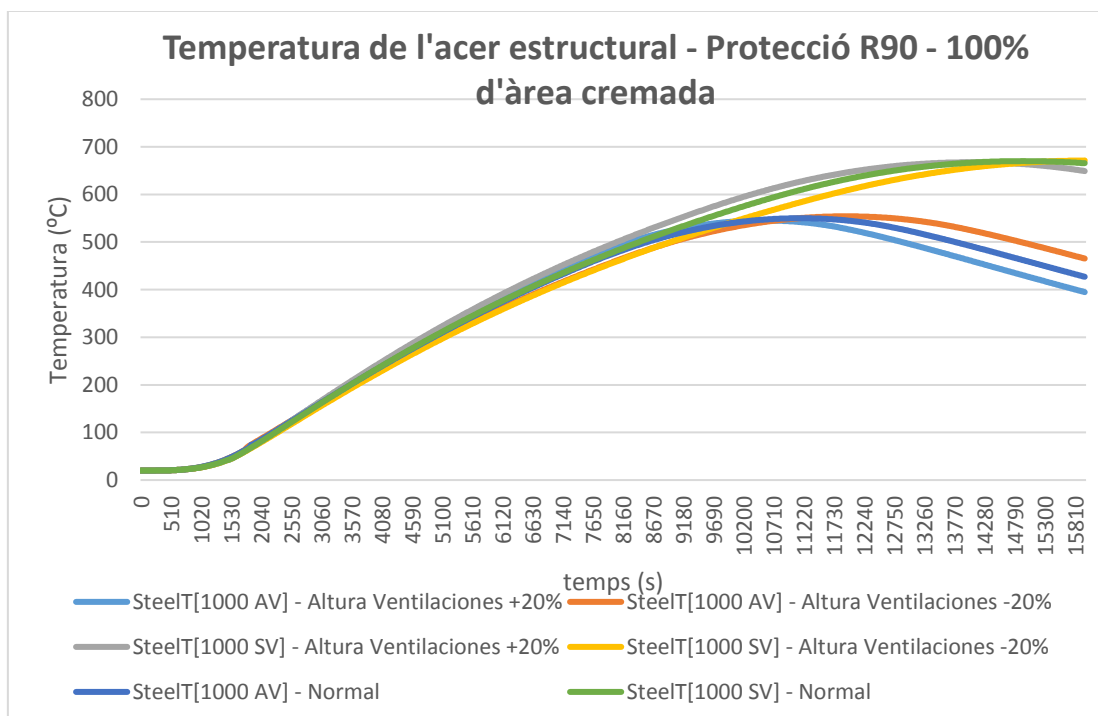


Figura 8 - Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

Finalment, s'observa per a un 100% d'àrea cremada que els edificis sense sistema de ventilació forçada superen amb molta diferència el valor límit proposat i, entren en estat de col·lapse estructural.

En canvi, els sistemes amb ventilació forçada assoleixen temperatures molt properes al valor llimdar, assolint 545,26°C (alçada de ventilacions situades a +20% de l'alçada original) i 554,05 °C (alçada de ventilacions situades al -20% de l'alçada original). Aquestes són temperatures que giren al voltant del valor llimdar i, seria interessant contrastar aquestes dues temperatures amb un simulador alternatiu per a corroborar-les.

RISC 1 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

De la mateixa manera que succeeix amb la temperatura de la capa calenta (“upper layer”) del recinte confinat, el factor superfície de planta és el més significatiu de tots, doncs s’observa una diferència de temperatures entre corbes característiques de temperatura molt més grans. Ve representat per les figures 9-12.

Per altra banda, es genera un desfasament significatiu entre corbes característiques al llarg del temps, la qual cosa genera espais de temps que poden permetre o impedir la actuació de sistemes actius d’extinció com, per exemple, poden ser significatius depenent del temps d’arribada dels equips d’extinció – bombers –.

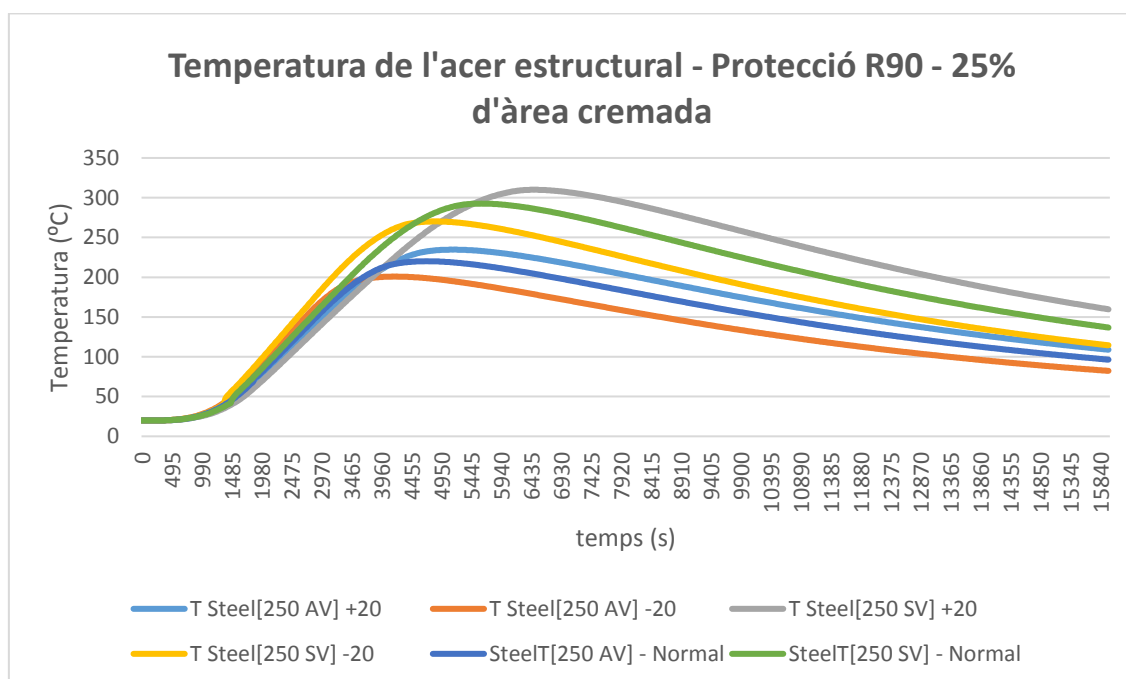


Figura 9 – Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

S’observa, com s’ha vist en els altres factors, que les instal·lacions que no tenen sistemes de ventilació forçada assoleixen temperatures més elevades. Per altra banda, si s’analiza les corbes en referència al factor superfície, s’observa que aquelles instal·lacions amb la superfície més reduïda, l’acer estructural assoleix el valor màxim més aviat que aquelles amb l’àrea més elevada, però assoleixen temperatures molt menors.

Per exemple, els escenaris amb sistema sense ventilació forçada (corbes grisa i groga de la gràfica) la diferència entre màxims és de 40,17°C.

Cap de les simulacions assoleix els 550°C, així doncs s'assumeix que cap d'aquests escenaris assoliria el col·lapse estructural.

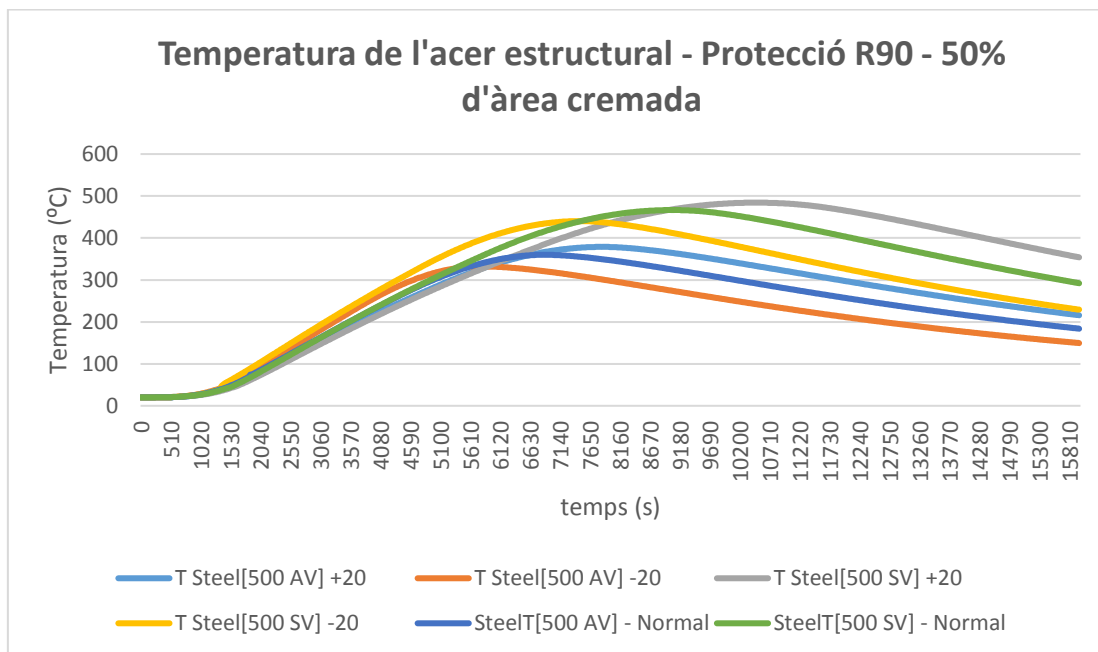


Figura 10 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

S'observa el mateix comportament explicat a l'escenari de 25% de superfície cremada. Per altra banda, cap de les corbes de temperatura de l'acer estructural supera els 550°C (ni tan sols supera els 550°C) i, aquest fet provoca que cap d'aquest escenari pugui estar sotmès a col·lapse estructural.

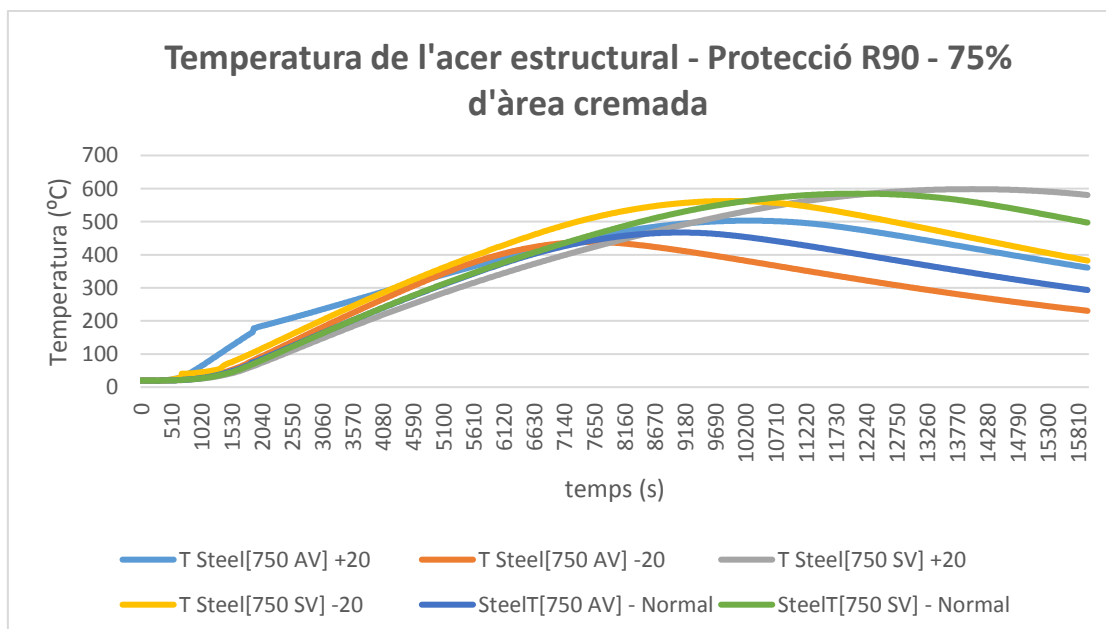


Figura 11 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R90

S'observa que els sistemes sense ventilació sotmesos a qualsevol variació de la superfície superen els 550 °C i, per tant, estan sotmesos a col·lapse estructural. Tots els altres casos no

superen o igualen els 500°C i, per tant, no col·lapsen. El comportament es manté igual que als escenaris observats en anterioritat.

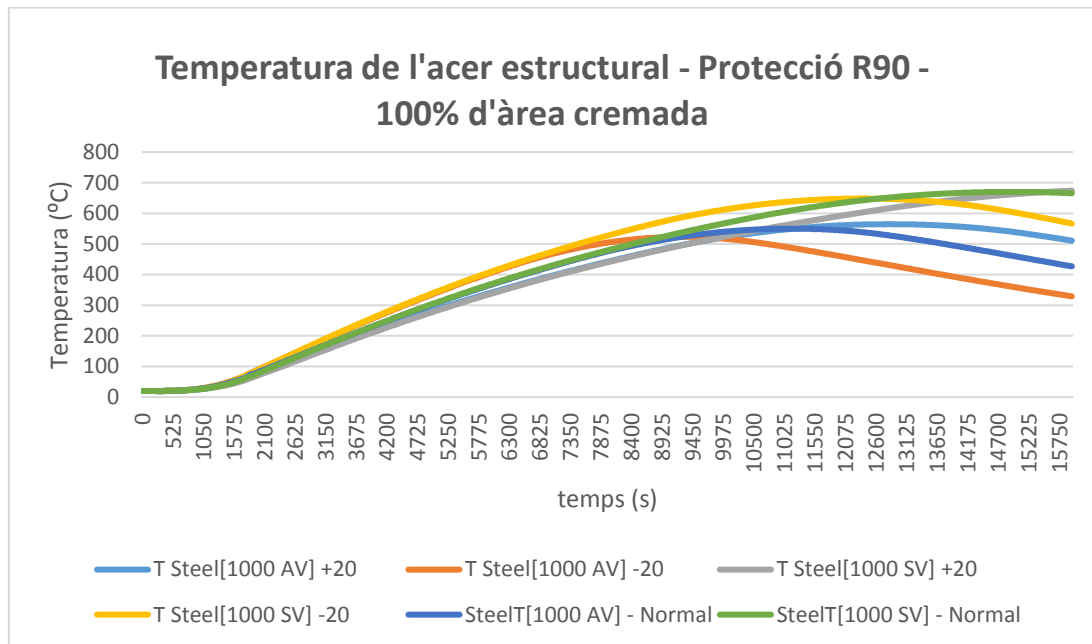


Figura 12 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R90

Tots els escenaris sense ventilació superen els 550°C de límit establert. Per altra banda, els altres escenaris simulats assolixen temperatures properes al límit establert, essent la més crítica de 564,72°C. Aquests escenaris seria interessant ser contrastats amb altres simuladors.

RISC 1 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

La velocitat (o taxa) de creixement és un factor que, en gran part, depèn del tipus de combustible que hi hagi a l'estància, del tipus de productes que es puguin cremar durant l'incendi i, per tant, depèn clarament de l'activitat industrial desenvolupada en la nau industrial. És un factor rellevant per a determinar el temps de reacció necessari per part dels equips d'extinció i, les limitacions que haurien d'existir a la normativa segons l'activitat industrial (que ja es contempla en els càlculs establerts de càrrega de foc, observables a la memòria).

Tot i així és un factor que no és rellevant a la hora de distingir entre escenaris amb més o menys temperatura suportada per l'acer estructural, doncs sembla no incidir de forma notable sobre aquest valor. Escenari representat per les figures 13-16.

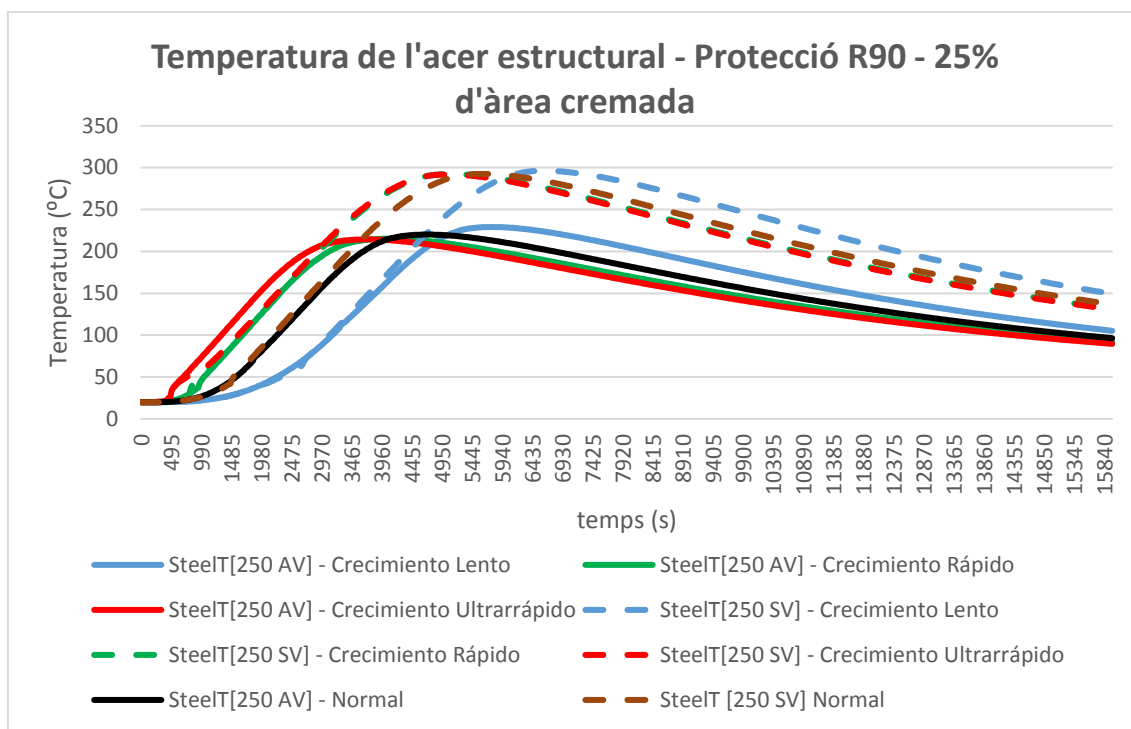


Figura 13 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R90

Com es pot observar, es distingeix les corbes característiques dels escenaris amb ventilació forçada dels que no en tenen mitjançant la forma física que se li ha donat a la corba (línia continua per als escenaris amb ventilació forçada contra guions a aquells escenaris que no en tenen).

Com es pot observar, les corbes assoleixen temperatures molt similars, però estan desfasades unes respecte les altres en el temps. La velocitat de creixement fa que l'incendi es trobi desenvolupat de forma més ràpida quan més velocitat de creixement té.

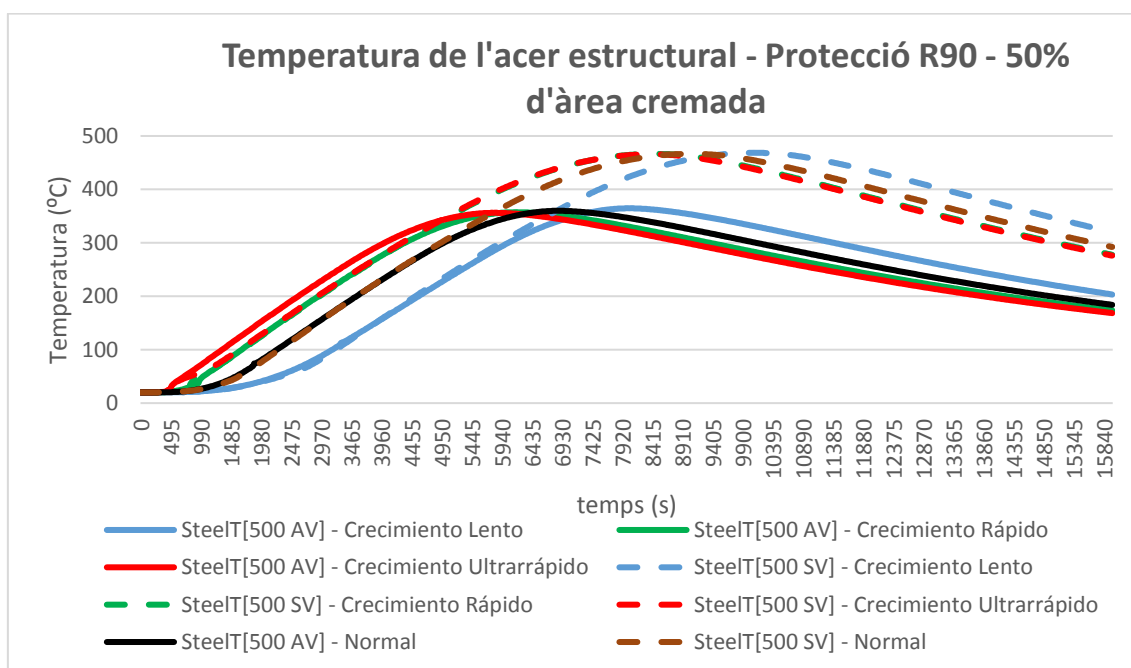


Figura 14 - Escenari de Risc 1, 50% d'àrea cremada amb protecció R90

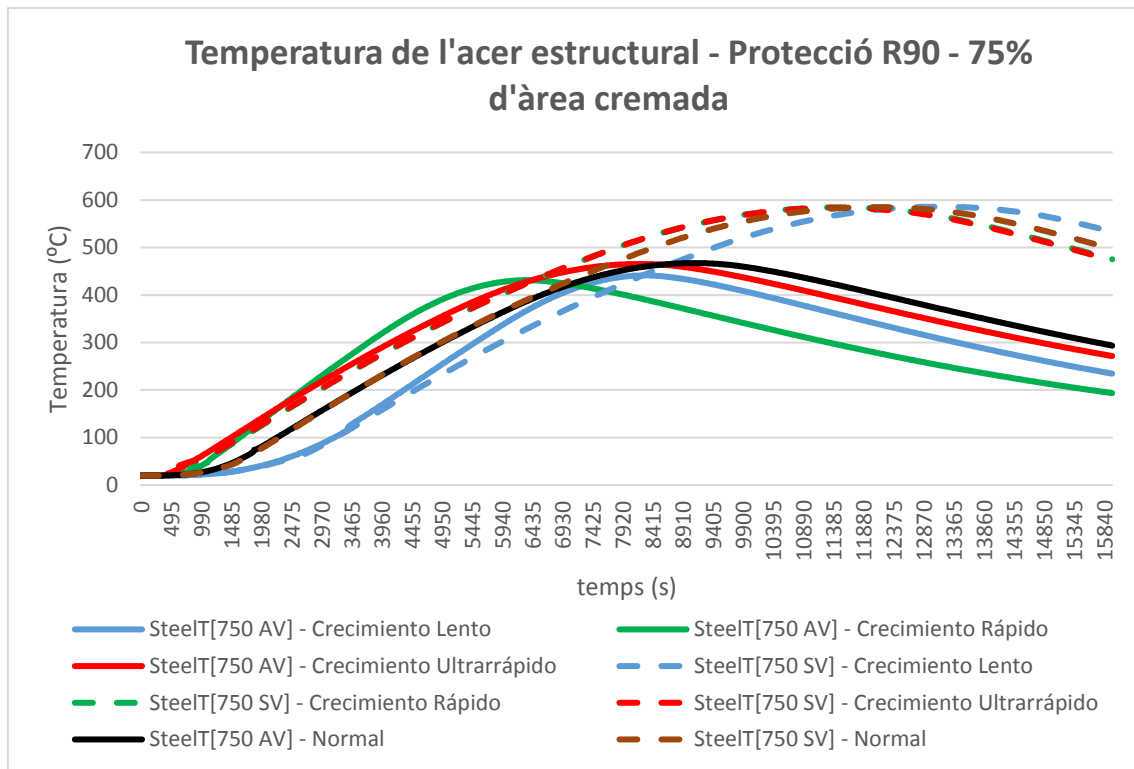


Figura 15 - Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

Com es pot observar en les dues últimes figures, tots els escenaris menys els sense ventilació forçada dels escenaris de 75% d'àrea cremada no assoleixen els 550°C que determinen possibilitat elevada (alt risc) de col·lapse estructural).

Els escenaris de 75% d'àrea cremada que no tenen sistemes de ventilació forçada superen els 550°C en tots els casos, provocant un alt risc de col·lapse estructural.

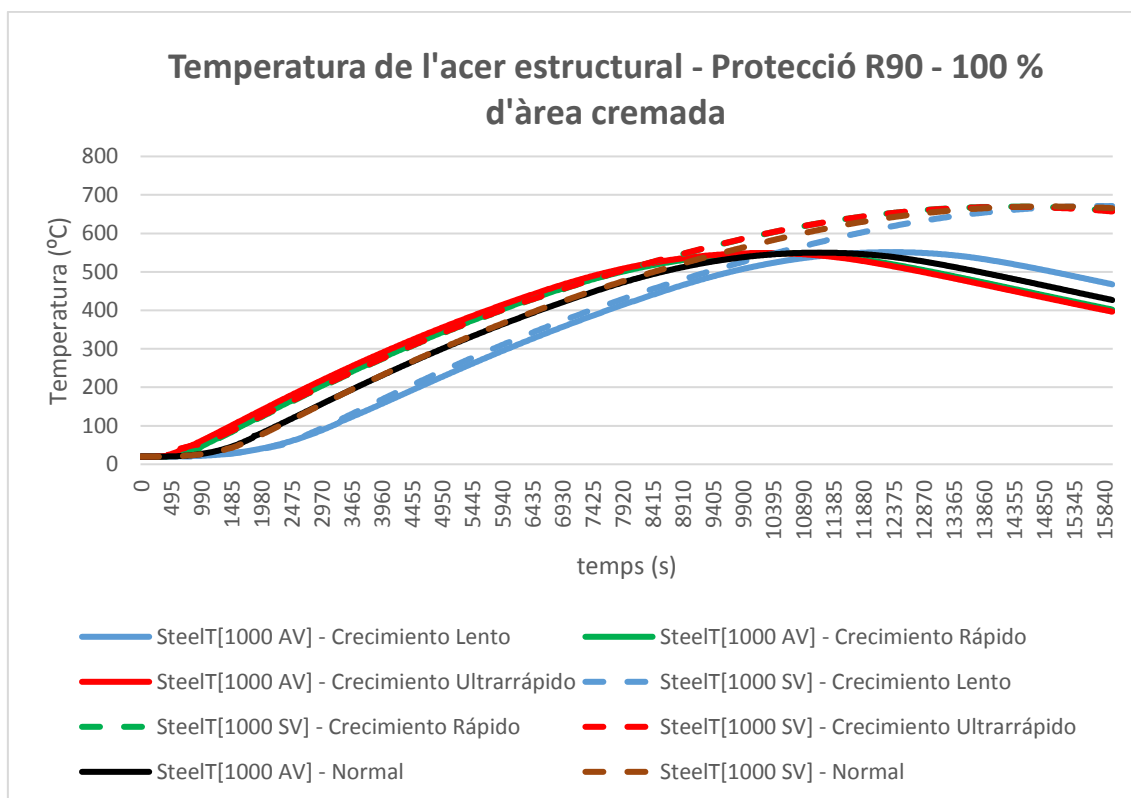


Figura 16 - Escenari de Risc 1, 100% d'àrea cremada amb protecció R90

Finalment, l'escenari en el qual el 100% de la superfície està cremant mostra el mateix resultat observat a la figura anterior, assenyalant els escenaris sense ventilació forçada com escenaris amb molt risc de patir col·lapse estructural. Per el contrari, s'observa com aquells que si tenen sistema de ventilació forçada assoleixen valors propers a 550°C, però no l'arriben a superar.

TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R120 – RISC DE NIVELL 1

En aquest apartat es mostren les simulacions efectuades de l'acer estructural en els escenaris de Risc 1 utilitzant una protecció de spray perlític que permet obtenir una protecció R120. S'observarà les temperatures que assoleix i es compararan amb el valor llindar fixat.

RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

Com s'ha observat amb els escenaris amb protecció R90, el factor alçada de l'edifici és força determinant a la hora de fixar la temperatura que suportarà l'acer estructural. Anem a observar els valors presos de temperatura per l'acer estructural amb protecció de spray perlític donant una protecció R120. Fig. 17 a 20.

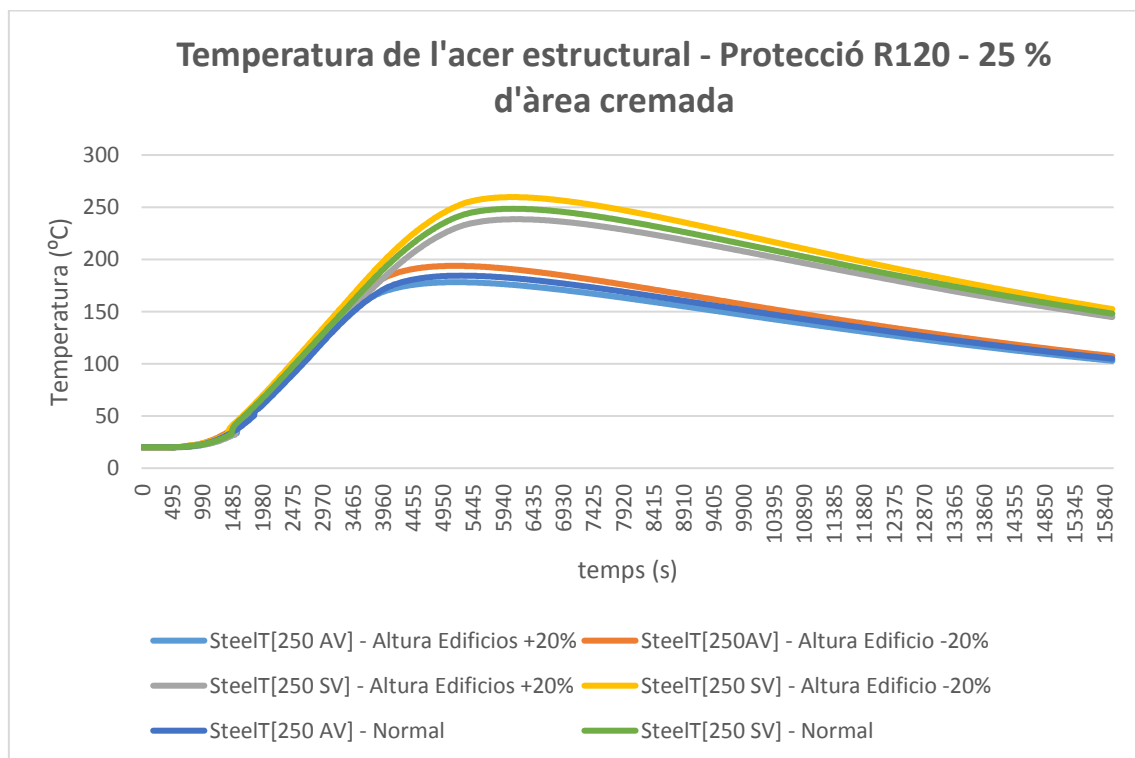


Figura 17 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R120.

Com es pot observar, el comportament de les corbes de temperatura suportada per l'acer és el mateix, però el fet que la protecció sigui major permet disminuir considerablement la temperatura que han de suportar (no superen els 270°C cap dels escenaris mostrats).

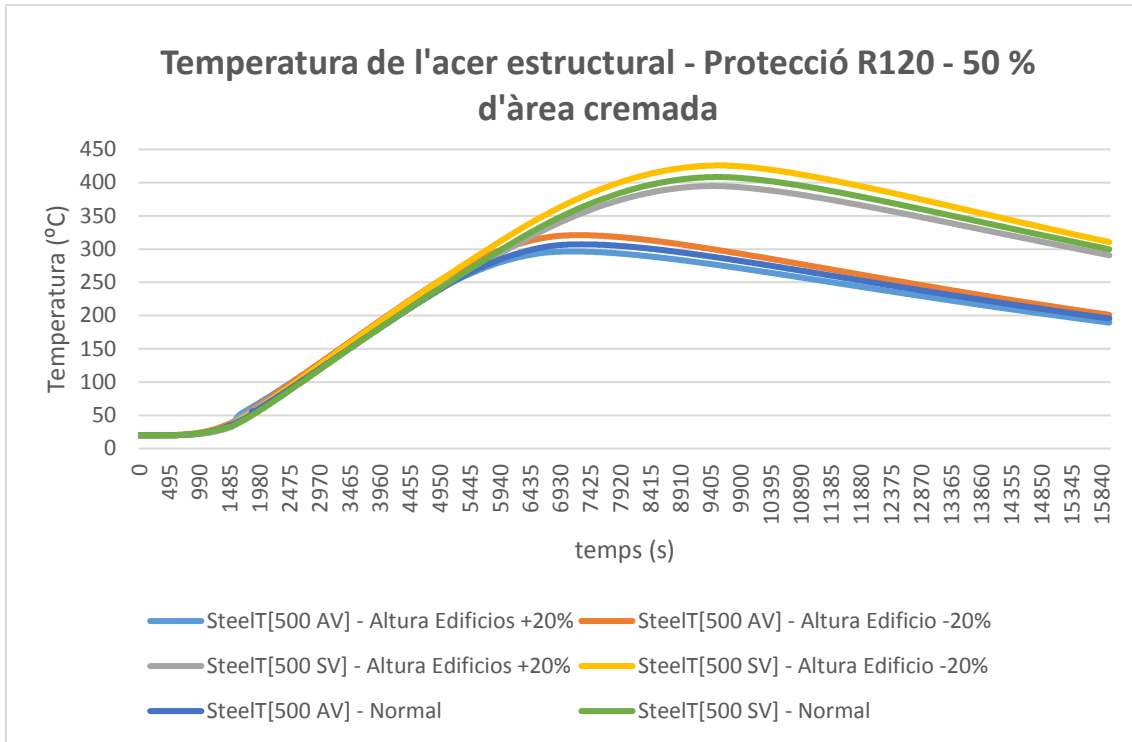


Figura 18 - Escenari de Risc 1, 50% d'àrea cremada amb protecció R120.

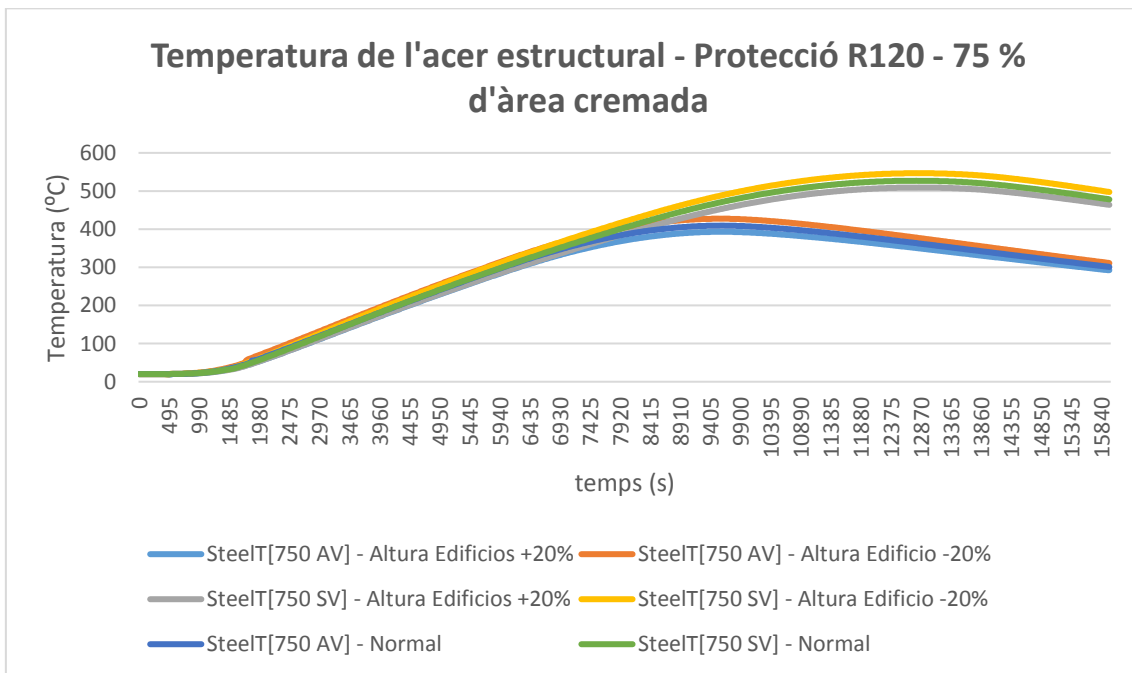


Figura 19 - Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R120.

Com s'observa per als escenaris de 50 i 75% d'àrea cremada, cap simulació supera els 550°C. La simulació més crítica s'obté de 75% àrea cremada amb alçada d'edifici reduïda un 20%, assolint una temperatura de 546,73°C (per sota dels 550°C). Tot així, els casos sense sistema de ventilació forçada per un 75% d'àrea cremada haurien de ser corroborats per un simulador alternatiu.

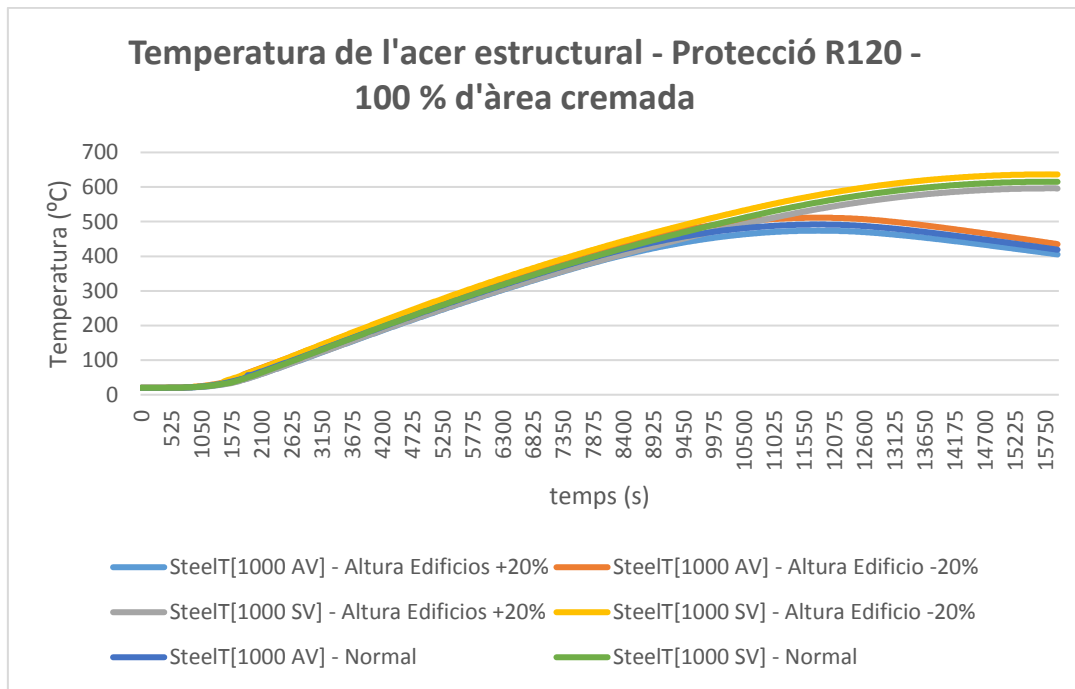


Figura 20 - Escenari de Risc 1, 100% d'àrea cremada amb protecció R120.

Aquest conjunt de simulacions conté l'únic conjunt de simulacions que col·lapsen en els escenaris de Risc 1 per a protecció R120 dins d'aquest apartat on s'observa el comportament de l'alçada de l'edifici. Les temperatures màximes dels escenaris sense sistema de ventilació forçada oscil·len entorn els 600 °C.

RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

De la mateixa manera que ha succeït en el mateix escenari de Risc 1 (però amb protecció R90), el factor en qüestió no s'observa representatiu. Les temperatures disminueixen gràcies al millor nivell de protecció de l'estructura. Ve representat per les figures 21 a 24.

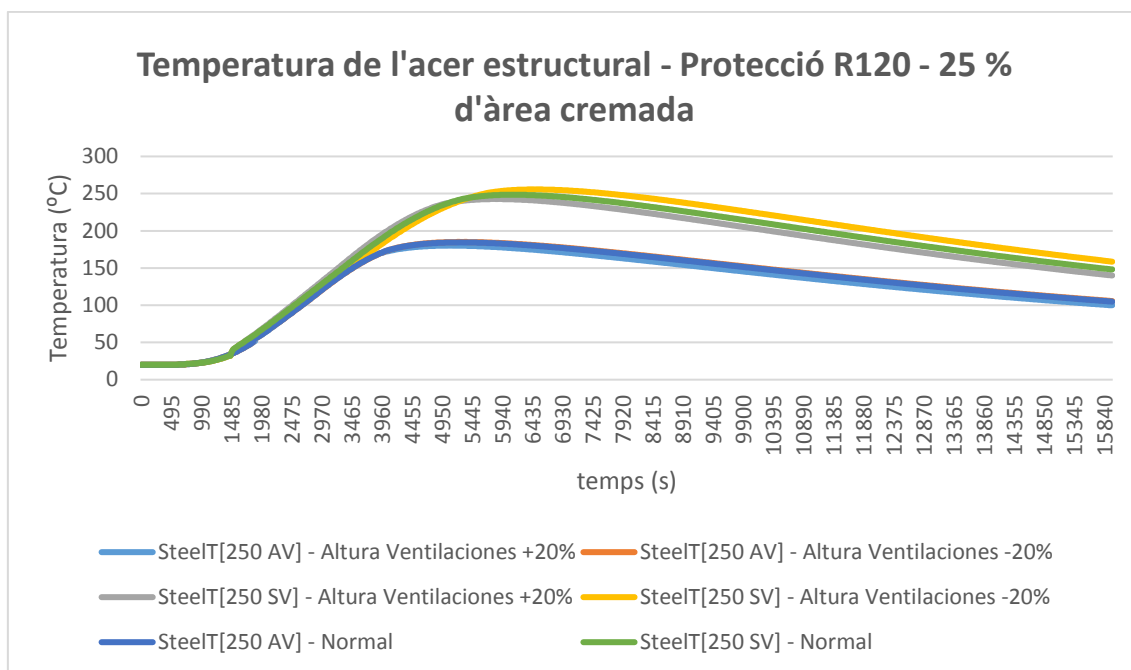


Figura 21 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R120.

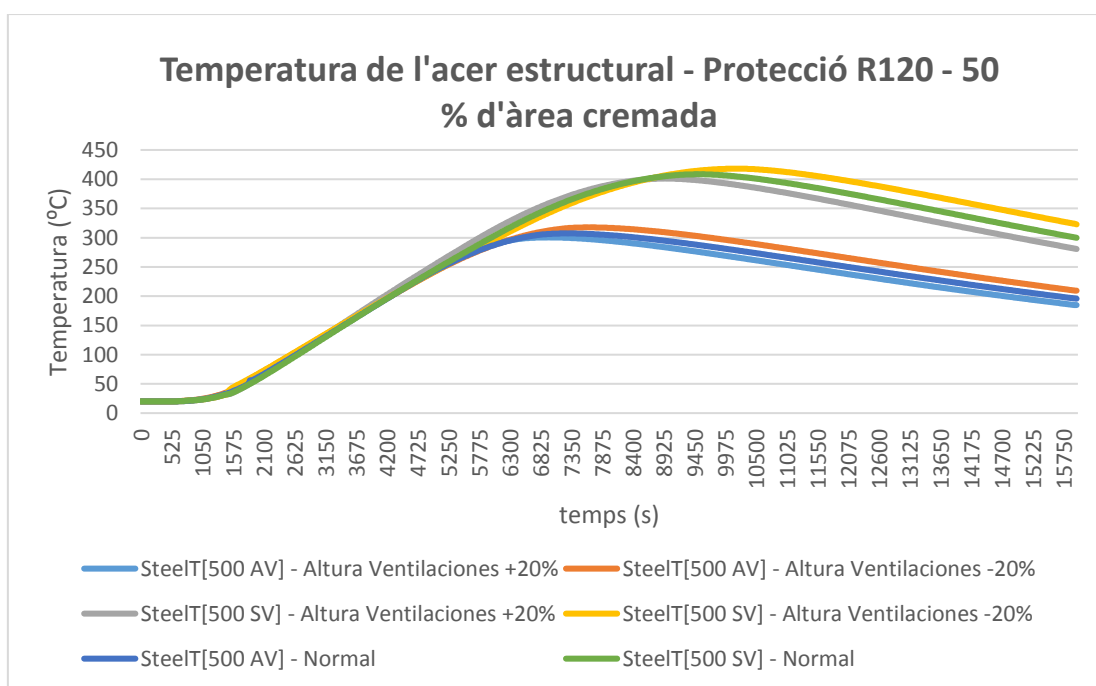


Figura 22 - Escenari de Risc 1, 50% d'àrea cremada amb protecció R120.

Com es pot observar en els 4 escenaris que es mostren en aquest apartat, no existeixen diferències notables de temperatura entre corbes característiques. En canvi, és predominant el factor de la ventilació forçada, el qual causa grans diferències entre escenaris.

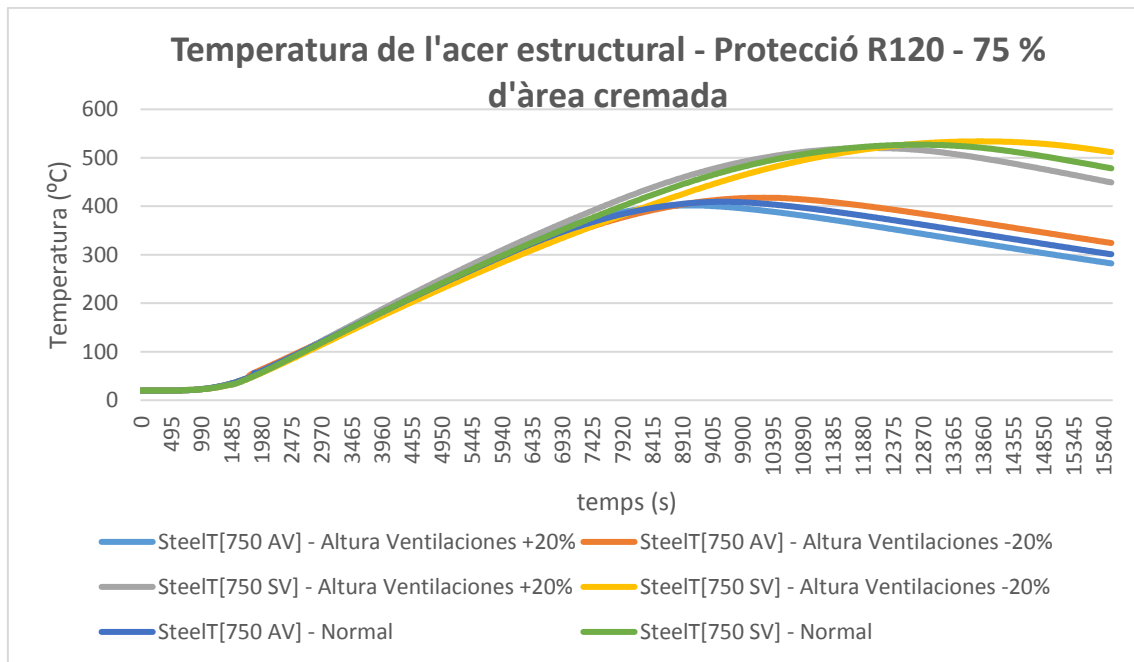


Figura 23 Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

En aquest conjunt de simulacions no n'hi ha cap que superi els 550°C. Tot i així, els escenaris sense ventilació forçada superen els 520 °C, arribant als 533,98 en el cas més crític (sense ventilació forçada i alçada de les ventilacions -20%).

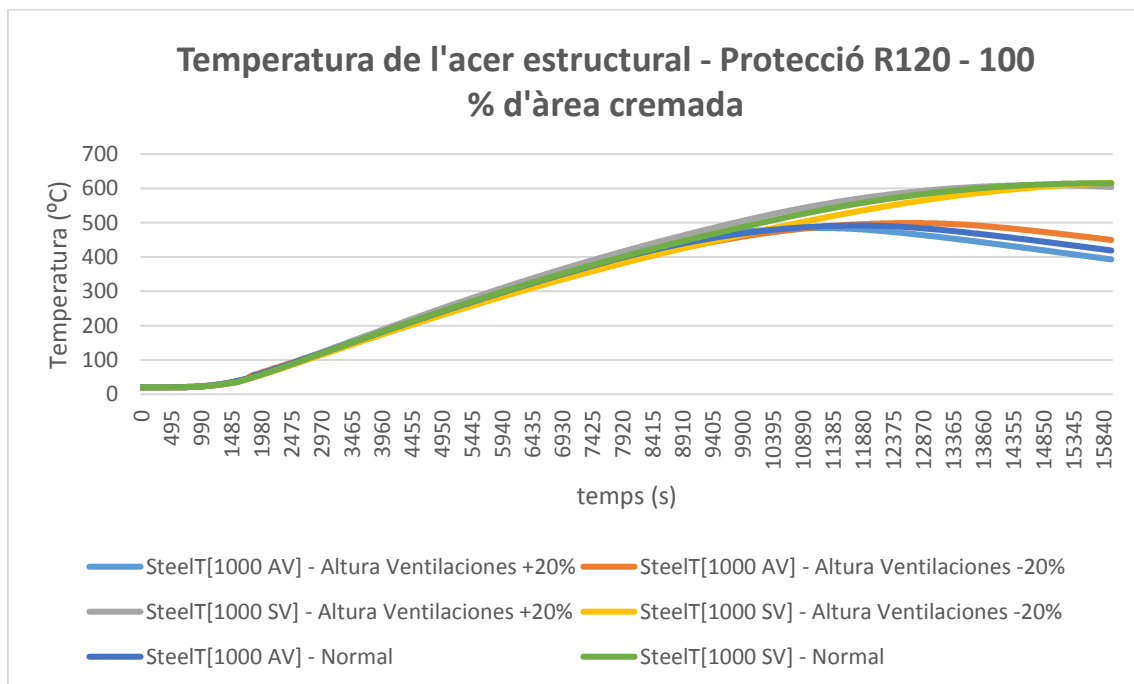


Figura 24 Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

Finalment, el 100% d'àrea cremada provoca l'aparició de 3 simulacions que sobrepassen aquests 550°C, generant el col·lapse estructural en tots ells (assoleixen els 600°C).

RISC 1 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

Com ha succeït amb l'escenari R90, aquest és el factor que aporta més variabilitat entre les corbes característiques de la temperatura que suporta l'acer estructural. Per altra banda, segueix generant un desfasament entre corbes característiques. Ve representat per les figures 25 a 28.

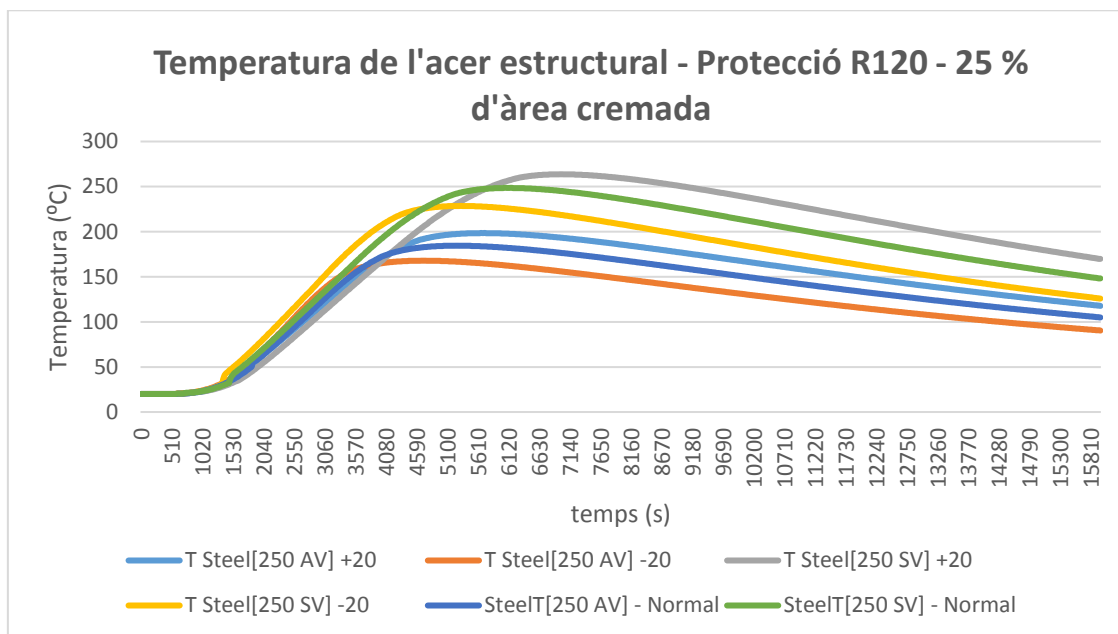


Figura 25 - Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R120

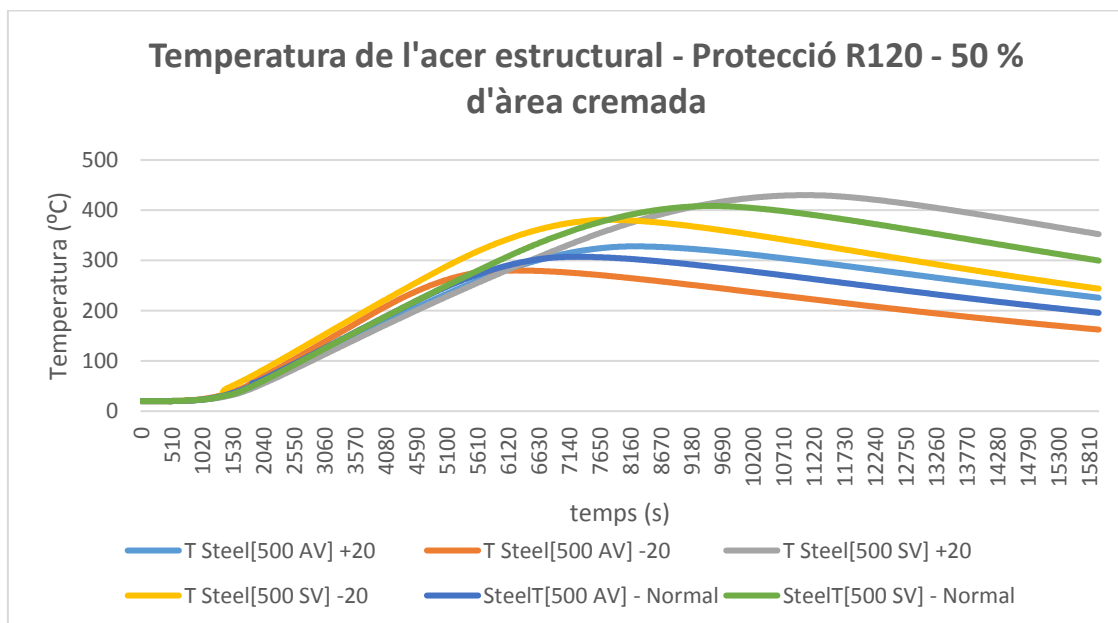


Figura 26 - Escenari de Risc 1, 50% d'àrea cremada amb protecció R120

S'observa que per als escenaris de 25% i 50% d'àrea cremada, cap de les simulacions arriba als 500°C, per la qual cosa tots els escenaris no pateixen risc de col·lapse estructural. Per altra banda es pot observar com existeix un desfament entre corbes degut al factor superfície.

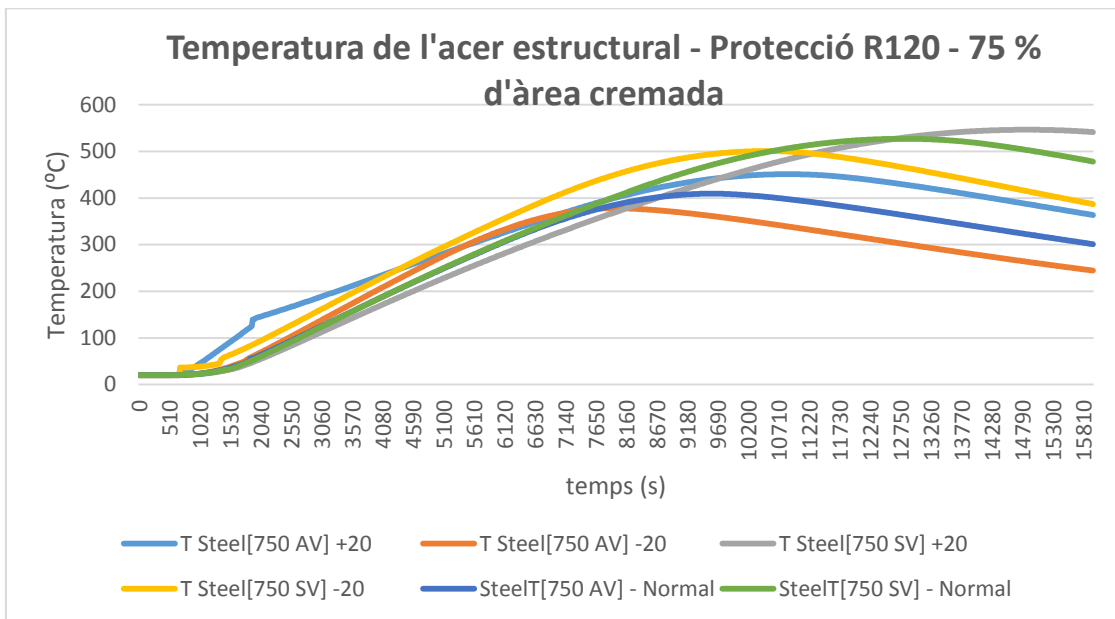


Figura 27 - Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

Al 75% d'àrea cremada s'observa que existeixen alguns escenaris que tenen temperatures properes als 550°C. S'observa els desfasaments entre les diferents corbes. La temperatura més crítica és la pròpia de l'escenari sense ventilacions forçades amb una superfície de 20% (1200 m²) i és de 546,39°C.

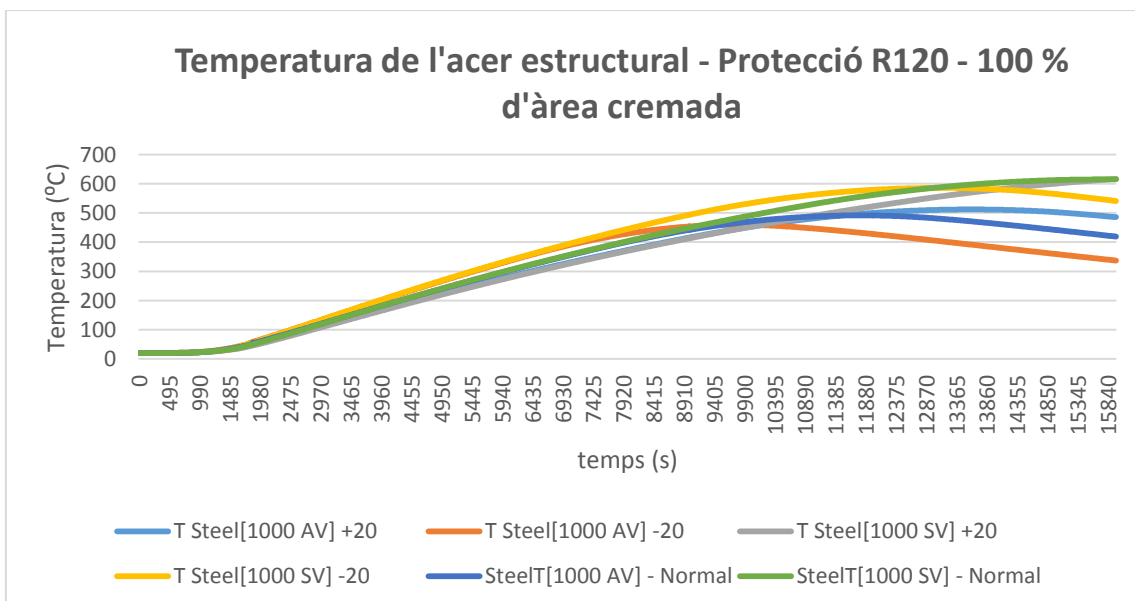


Figura 28 - Escenari de Risc 1, 100% d'àrea cremada amb protecció R120

Finalment, s'observa que les simulacions sense ventilació forçada ja superen el valor líndar. Per altra banda, la simulació més crítica dels sistemes amb ventilació forçada és la que té una planta de 1200 m² amb una temperatura màxima obtinguda de 512,12°C.

RISC 1 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

És un factor que no és rellevant a la hora de distingir entre escenaris amb més o menys temperatura suportada per l'acer estructural, doncs sembla no incidir de forma notable sobre aquest valor. Ve representat per les figures 29-32.

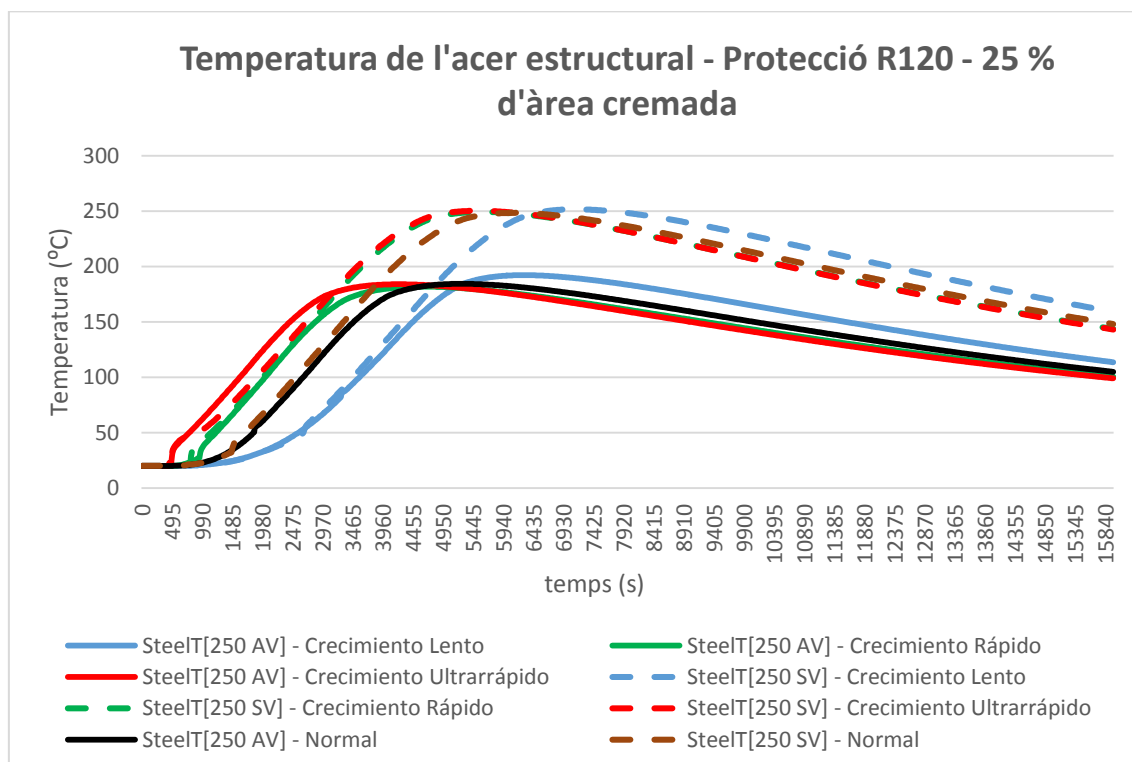


Figura 29 Escenari de Risc 1, 25% d'àrea cremada amb protecció R120

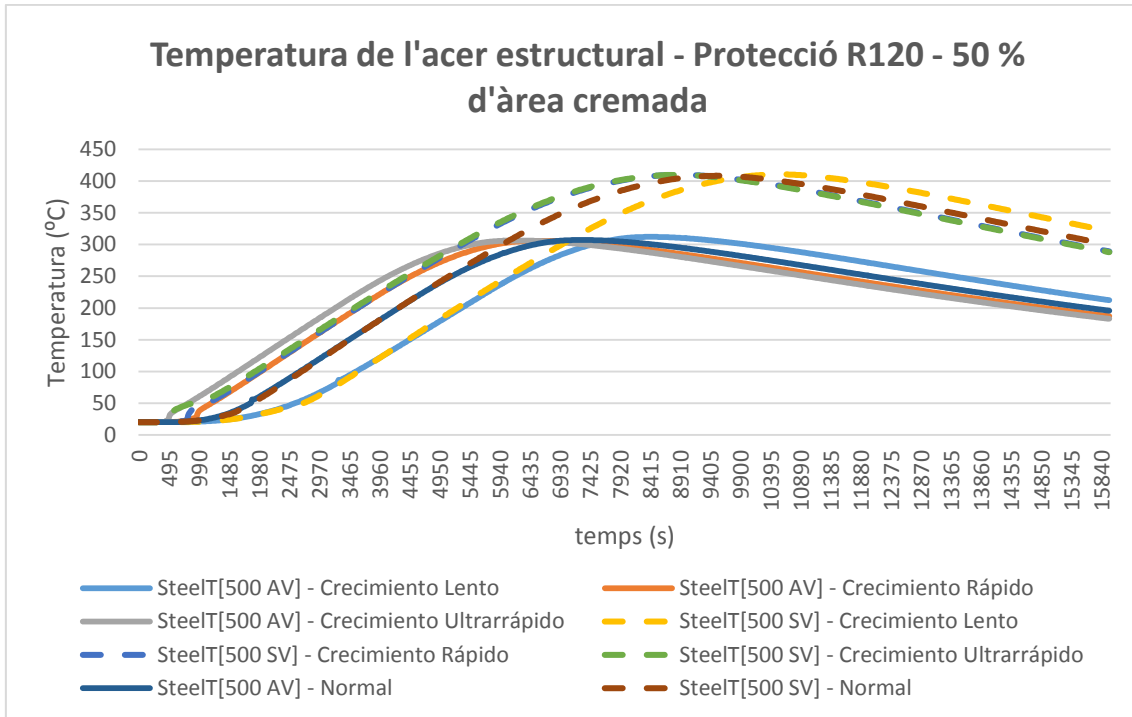


Figura 30 Escenari de Risc 1, 50% d'àrea cremada amb protecció R120

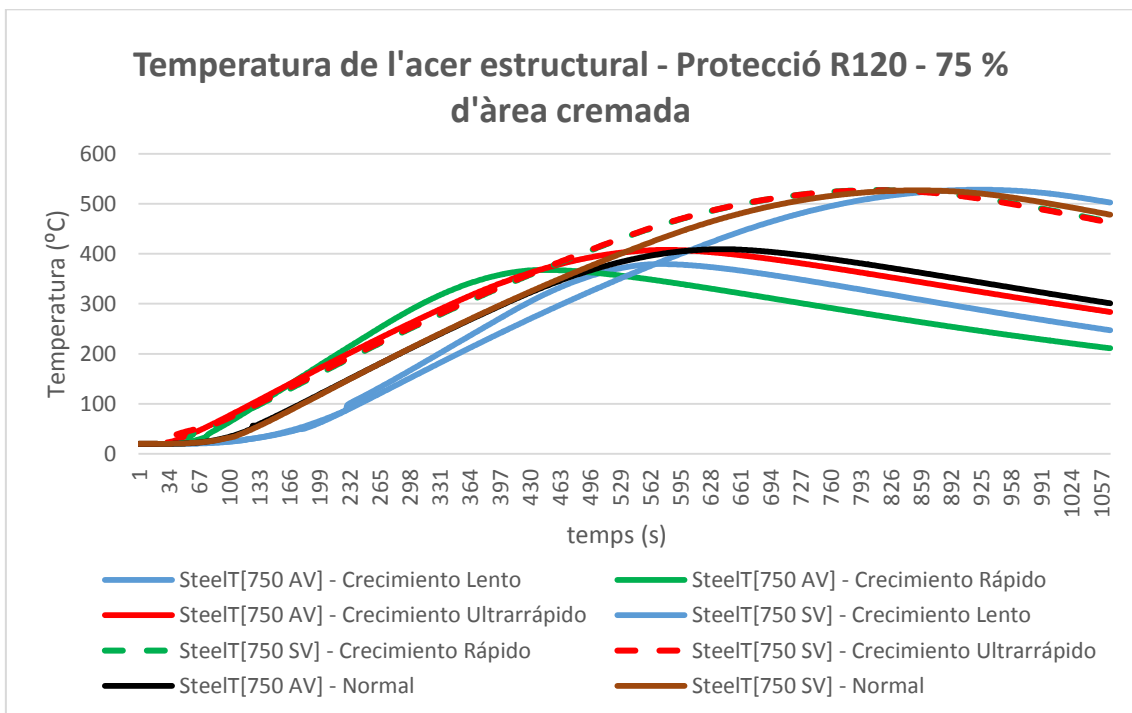


Figura 31 Escenari de Risc 1, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

Com es pot observar, en les simulacions de Risc 1 amb protecció estructural R120 no hi ha cap corba de temperatures que superi els 550°C del valor llindar. Es pot observar el desfasament entre corbes i els dos nivells molt diferenciats degut a l'existència (o no) de sistemes de ventilació forçada).

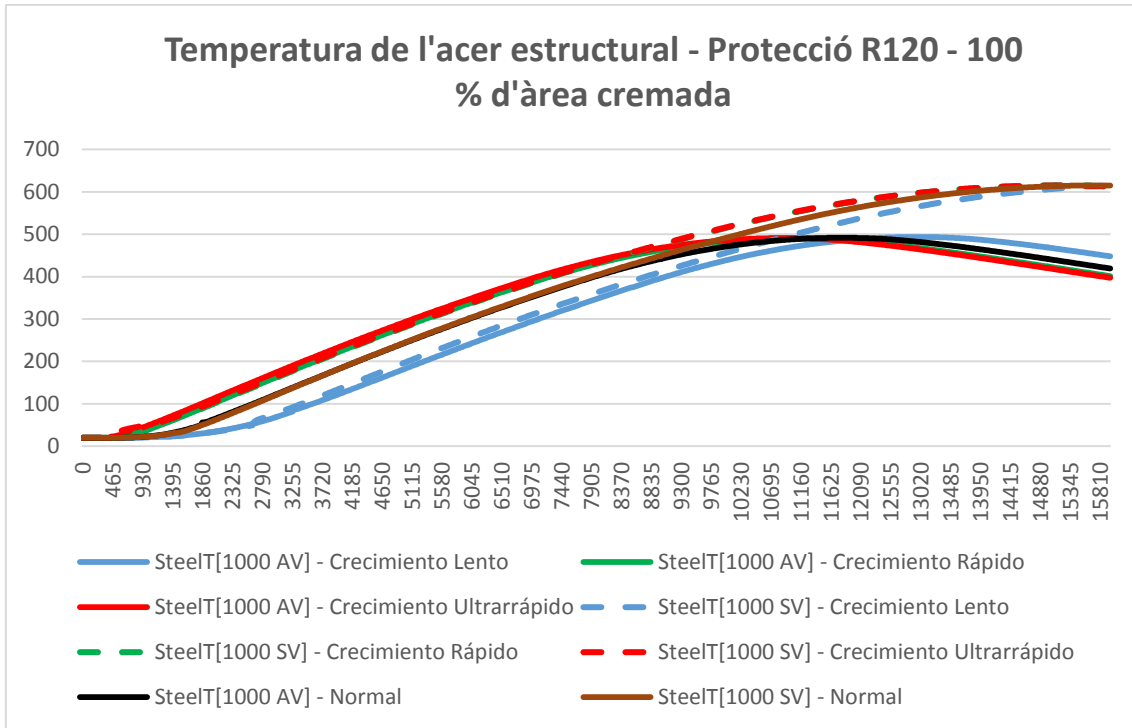


Figura 32 Escenari de Risc 1, 100% d'àrea cremada amb protecció R120

Finalment, en aquesta última figura (fig.32) s'observa que aquelles simulacions pròpies dels sistemes sense ventilació forçada superen els 600°C, per la qual cosa pateixen un gran risc de col·lapse estructural.

TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R90 - RISC DE NIVELL 2

En aquest apartat es mostren les simulacions efectuades de l'acer estructural en els escenaris de Risc 2 utilitzant una protecció de spray perlític que permet obtenir una protecció R90. S'observarà les temperatures que assoleix i es compararan amb el valor llindar fixat.

RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

Com es pot observar en les següents figures, l'acer estructural en escenaris de Risc 2 amb protecció R90 està sotmès a altes temperatures, existint pocs escenaris on pugi no col·lapsar. S'observen lleugers variacions de la temperatura amb un desfasament negligible o nul. Ve representat per les figures 33 a 36.

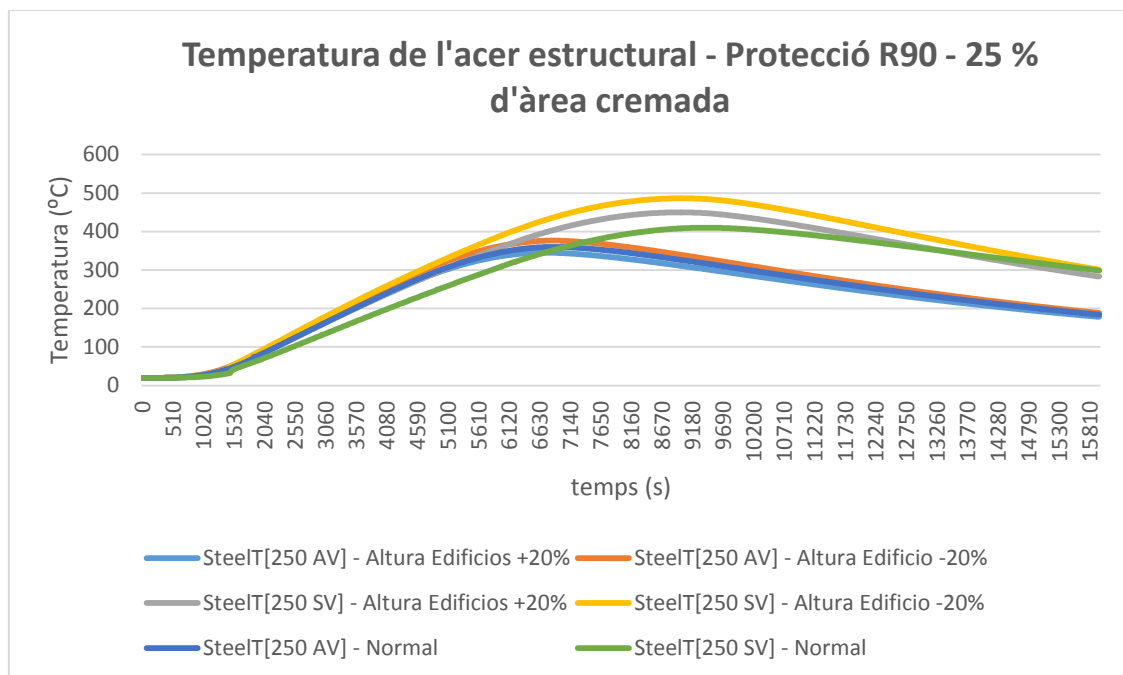


Figura 33 Escenari de Risc 2, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

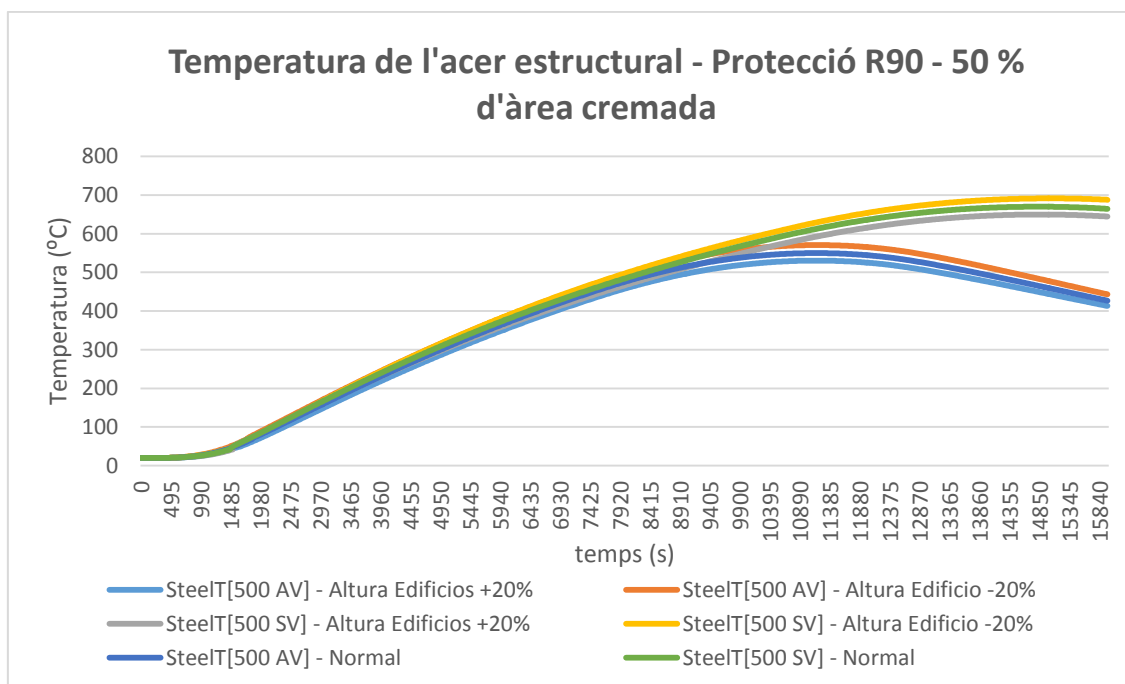


Figura 34 - Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R90

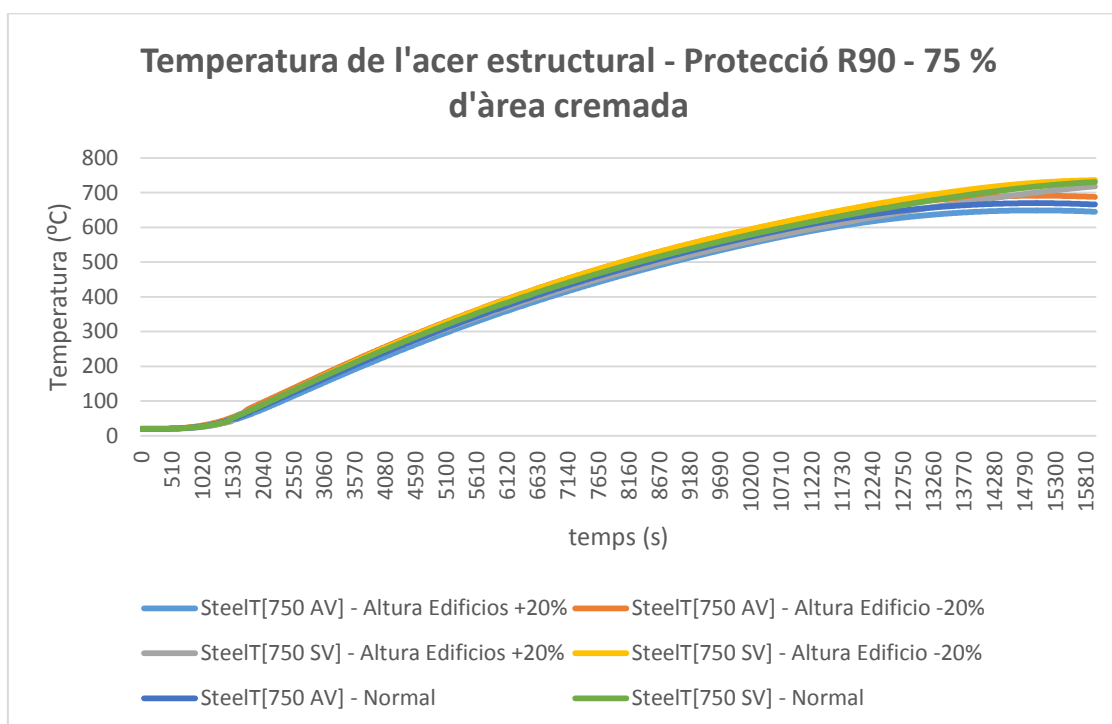


Figura 35 - Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

Com es pot observar, ja als escenaris de 50% de superfície cremant ja s'observa com qualsevol simulació sense ventilació forçada supera de forma clara el valor llindar de 550 °C. En canvi, s'observa com les simulacions amb ventilació forçada oscil·len (els valors màxims) al voltant dels 550° C. L'escenari amb l'alçada augmentada un 20% assolix una temperatura màxima de 530,54°C, per altra banda l'escenari amb l'alçada reduïda aquest 20% assolix una temperatura de 570, 67°C.

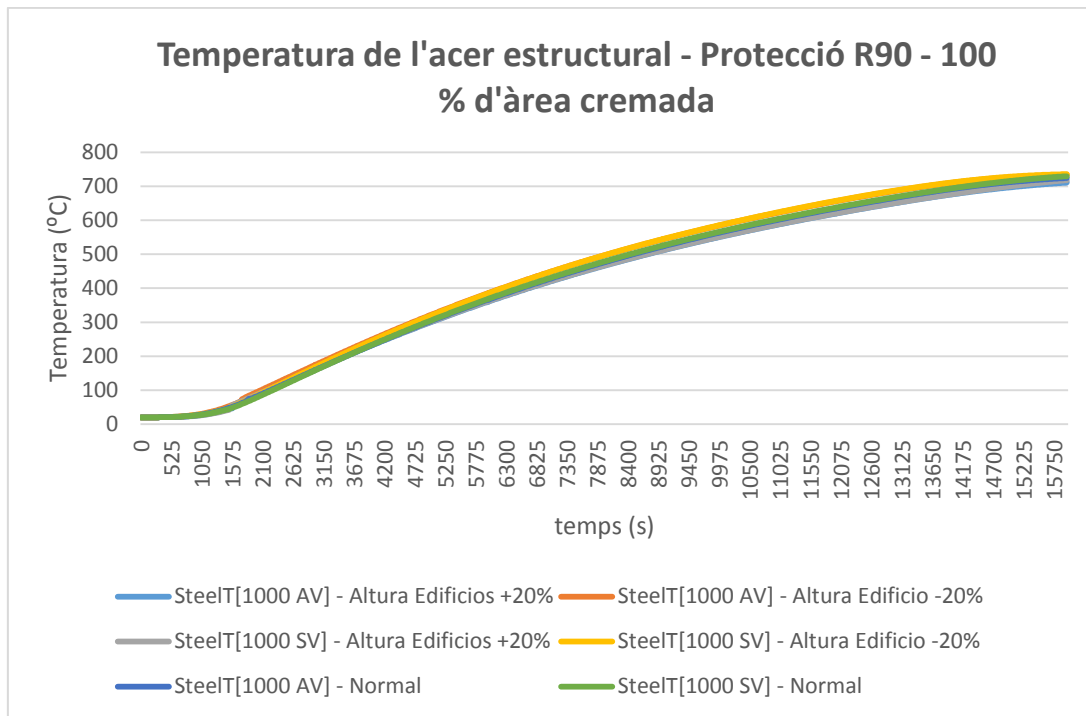


Figura 36 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R90

Totes les simulacions superen els 550°C de forma clara ($T > 700^\circ\text{C}$).

RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

Com s'ha vist en altres escenaris, aquest no és un factor rellevant que aportï gran variabilitat de resultats entre temperatures de corbes diverses. Figures 37a 40.

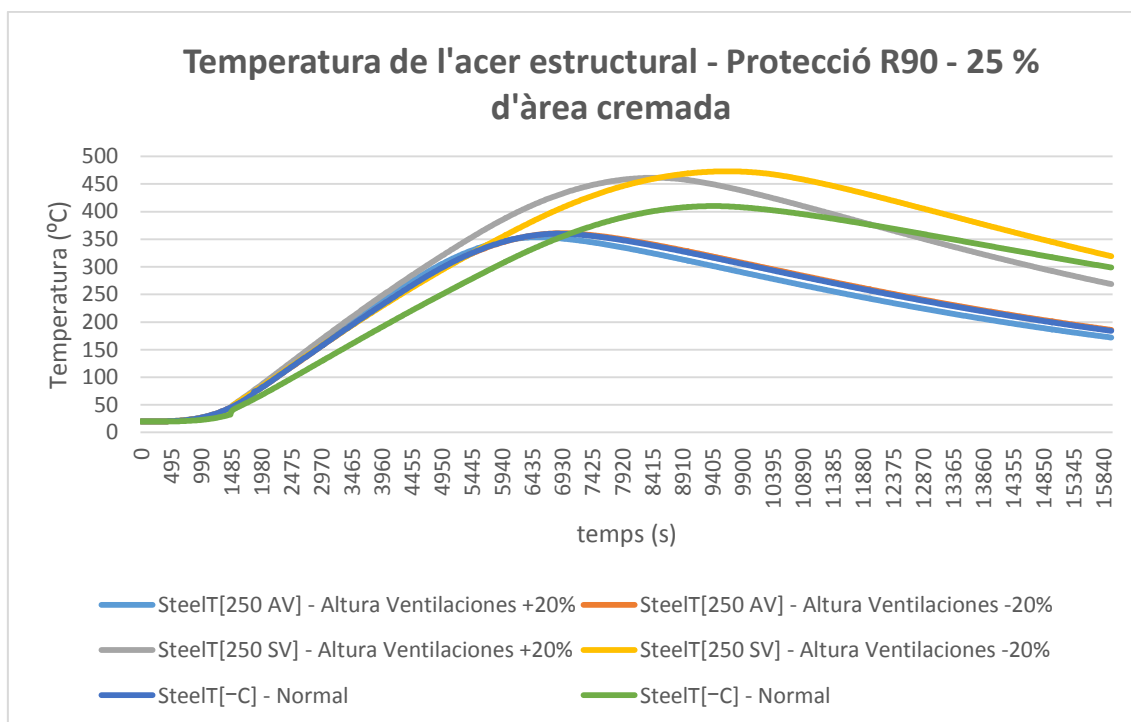


Figura 37 Escenari de Risc 2, 25% d'àrea cremada amb protecció R90

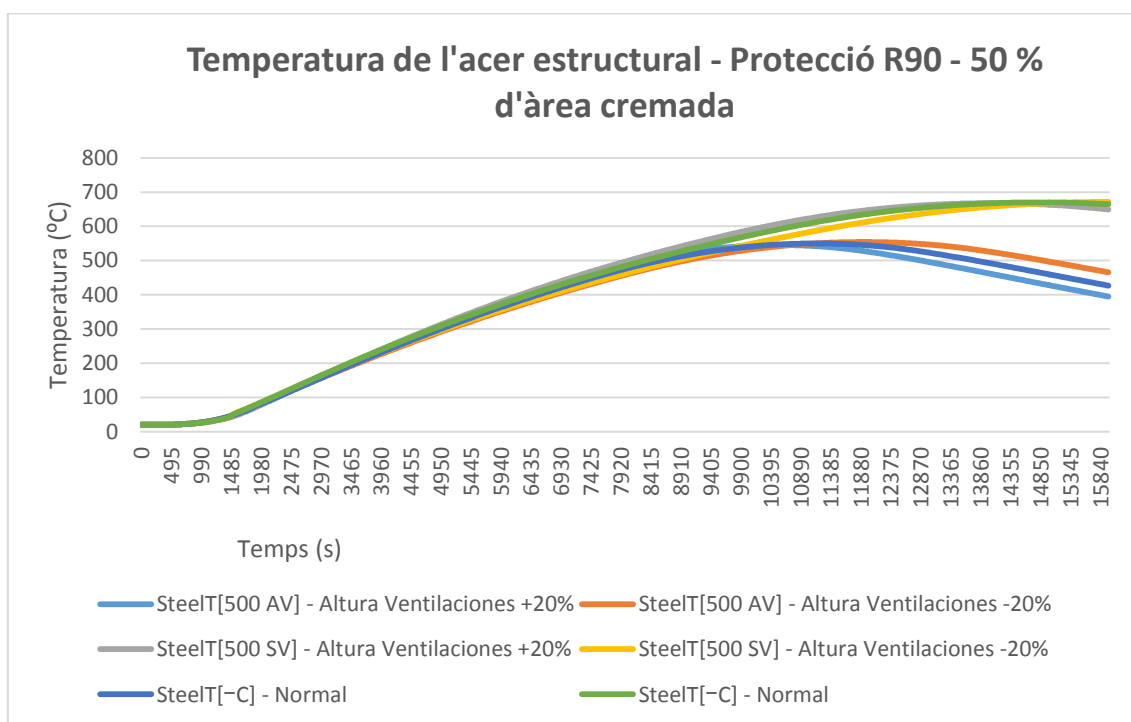


Figura 38 Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R90

Com s'ha pogut veure en les dues últimes figures, existeix una diferència substancial entre les simulacions amb ventilació forçada i sense. L'escenari de 25% de superfície de foc no col·lapsa en cap de les seves simulacions.

En canvi, l'escenari de 50% de superfície cremant s'observa com totes les simulacions sense ventilació forçada superen els 600°C. A diferència d'aquestes, aquelles simulacions amb

ventilació forçada fluctuen les seves temperatures al voltant dels 550°C essent la temperatura més crítica de 554,18 °C.

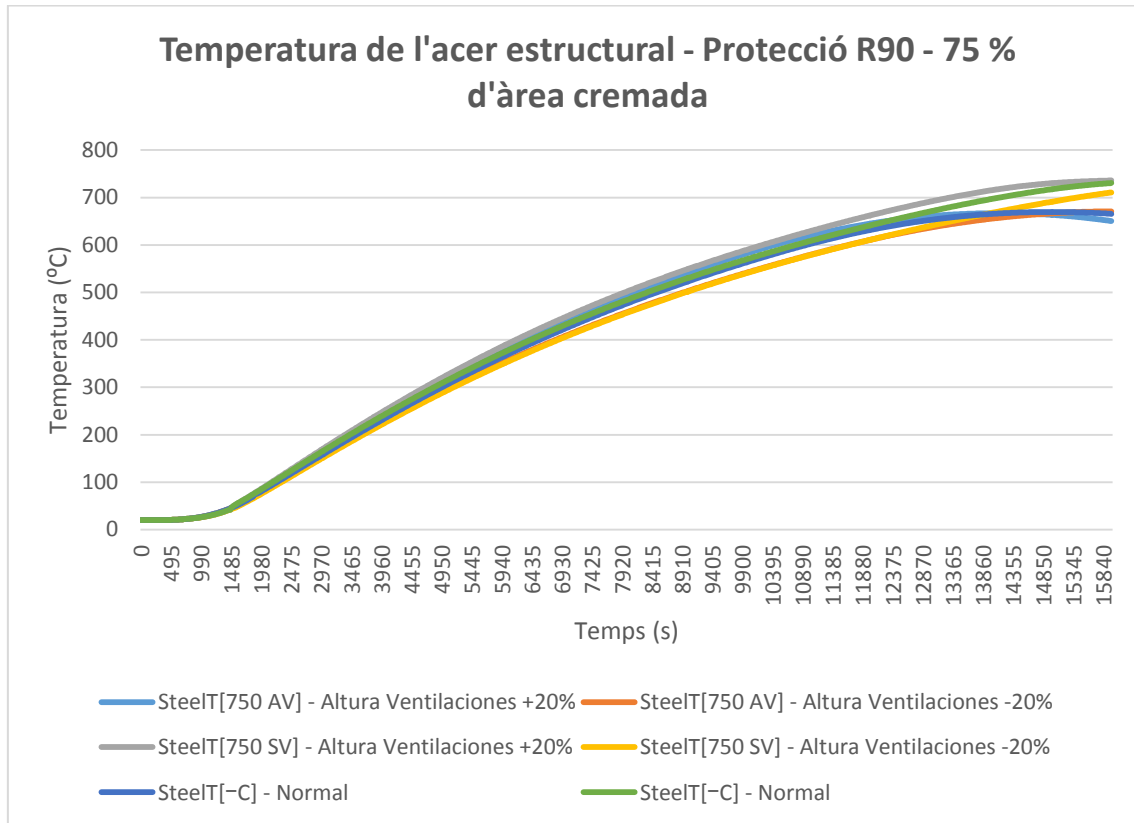


Figura 39 Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

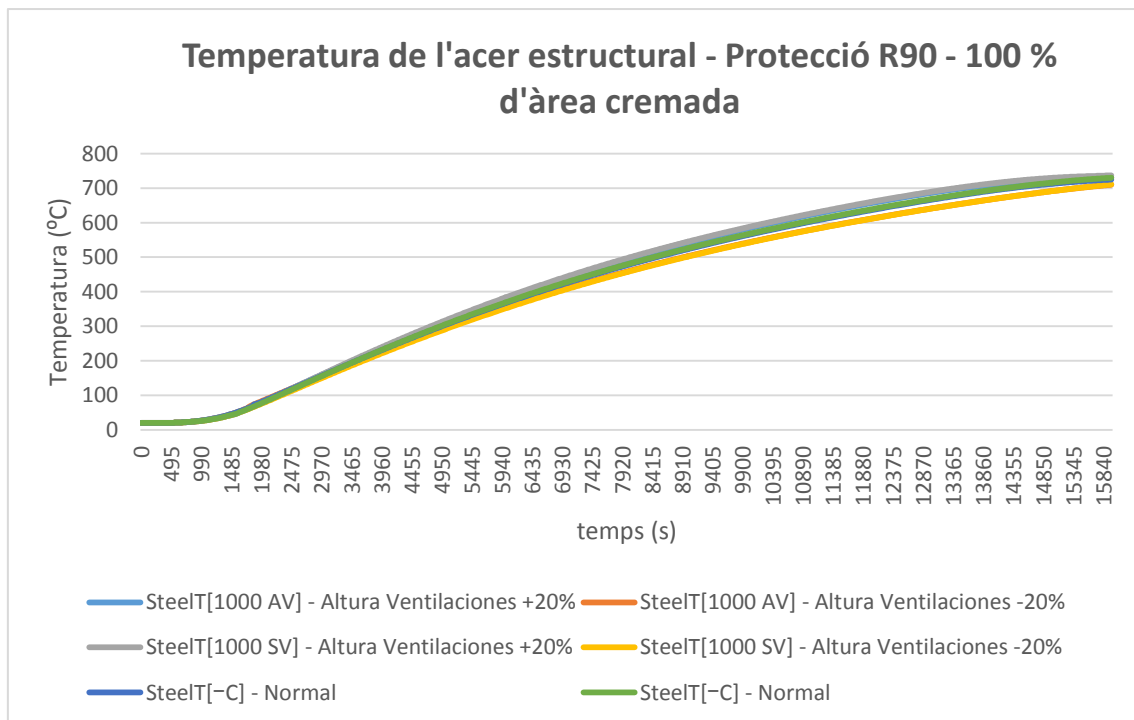


Figura 40 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R90

Com s'observa en les dues últimes figures, totes les simulacions assoleixen temperatures clarament superiors a 550° C, per la qual cosa l'estructura d'acer col·lapsarà.

RISC 2 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

Com ha succeït en els altres escenaris, s'observa que és un factor clarament influent tant a la temperatura final obtinguda com en el desfasament de les corbes respecte a la corba característica de temperatura de l'acer estructural de l'escenari patró. Fig.41 a 44.

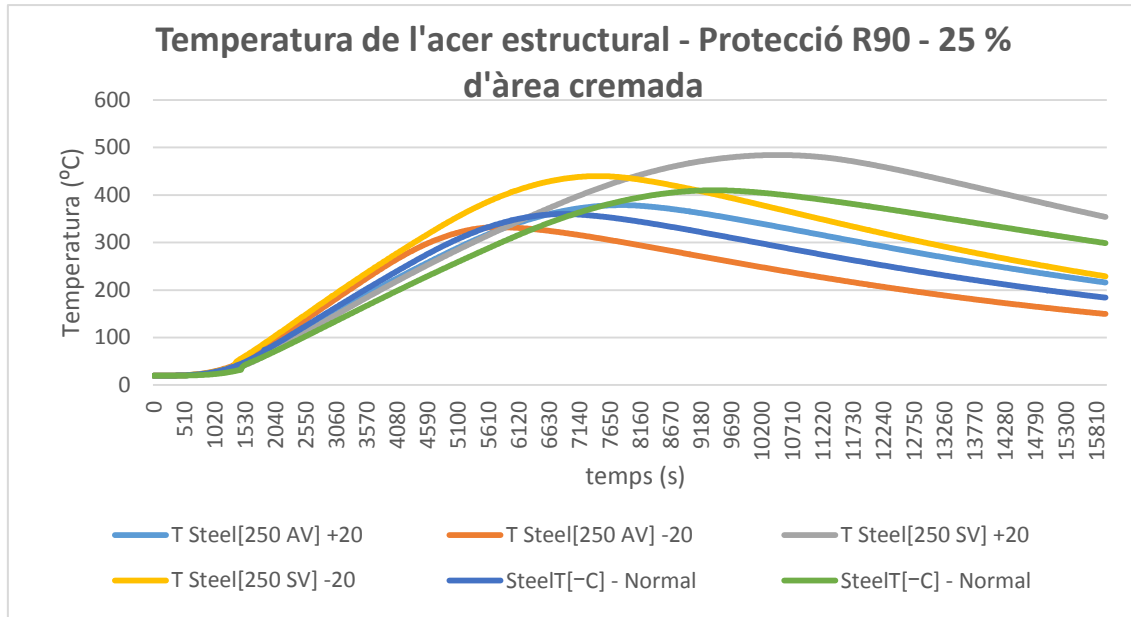


Figura 41 Escenari de Risc 2, 25% d'àrea cremada amb protecció R90

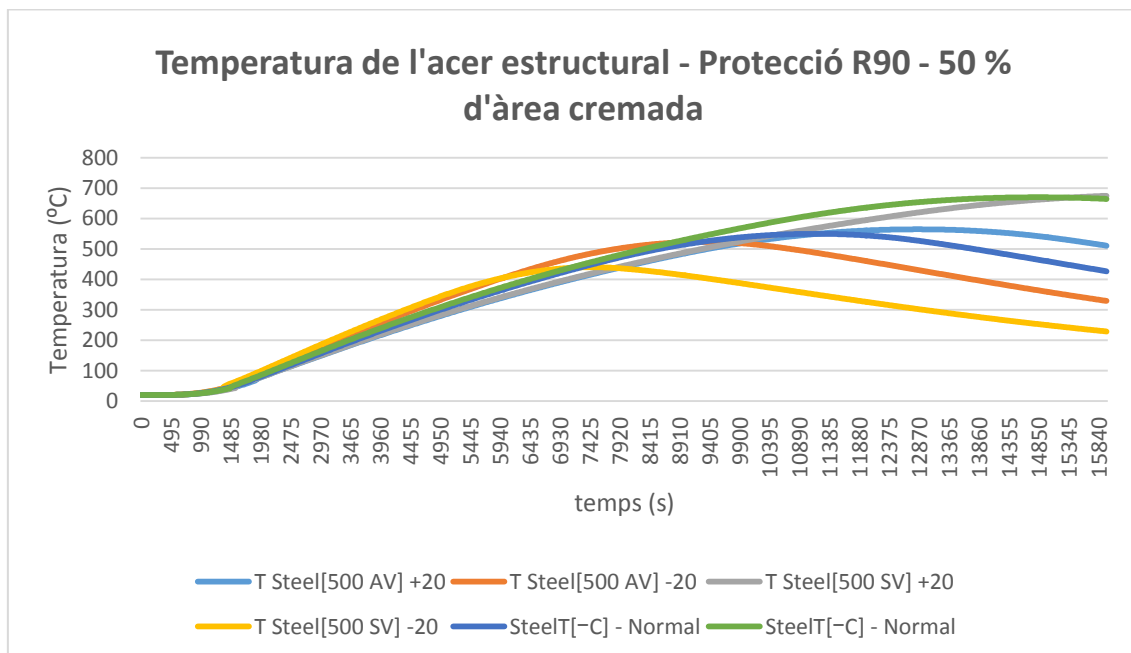


Figura 42 Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R90

Com es pot observar en les dues primeres figures 41 i 42, totes les simulacions amb ventilació forçada entren en els barems acceptables (<550°C) per tal d'aguantar un col·lapse estructural. El cas més crític però, es troba per sobre d'aquest valor (564,75°C); tot i així caldria contrastar aquest escenari amb els valors obtinguts d'un altre simulador per assegurar la veracitat dels resultats.

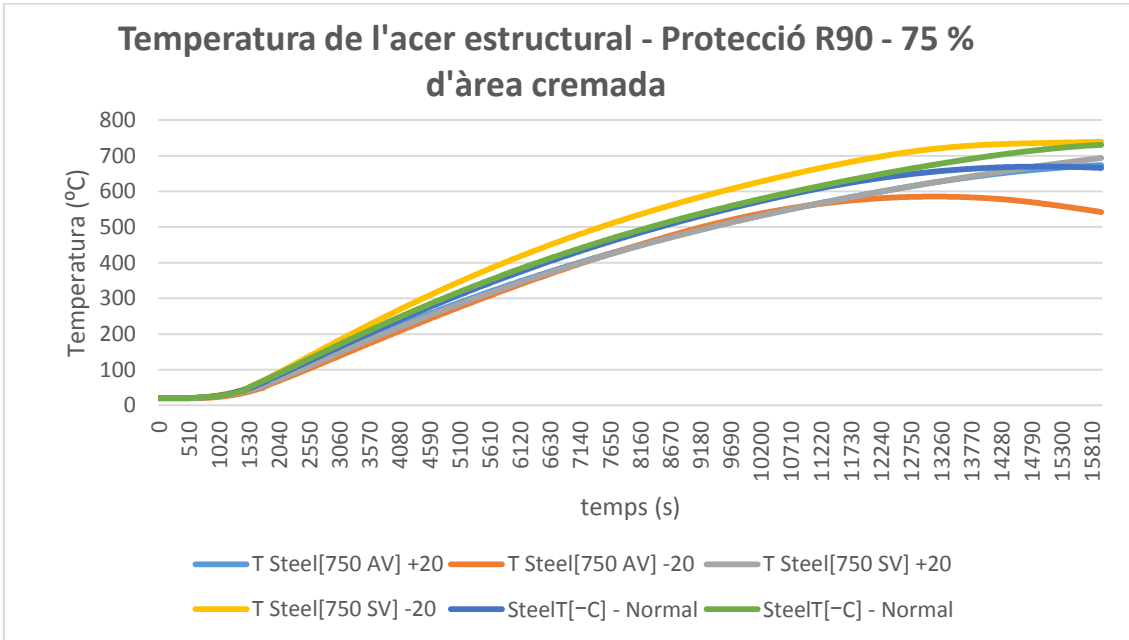


Figura 43 Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

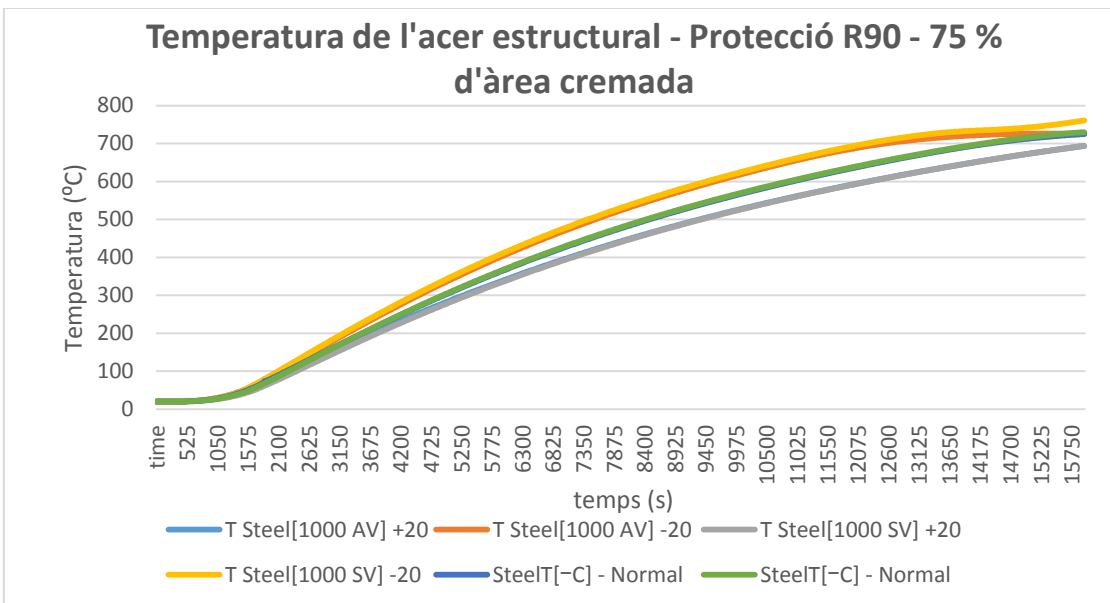


Figura 44 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R90

Finalment, degut a la limitació computacional del simulador, de les dues últimes figures és impossible extreure'n temperatures màximes. Tot i així cal dir que els dos escenaris superen la temperatura límit de 550°C amb escreix.

RISC 2 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

És un factor que no és rellevant a la hora de distingir entre escenaris amb més o menys temperatura suportada per l'acer estructural, doncs sembla no incidir de forma notable sobre aquest valor. Ve representat per les figures 45-48.

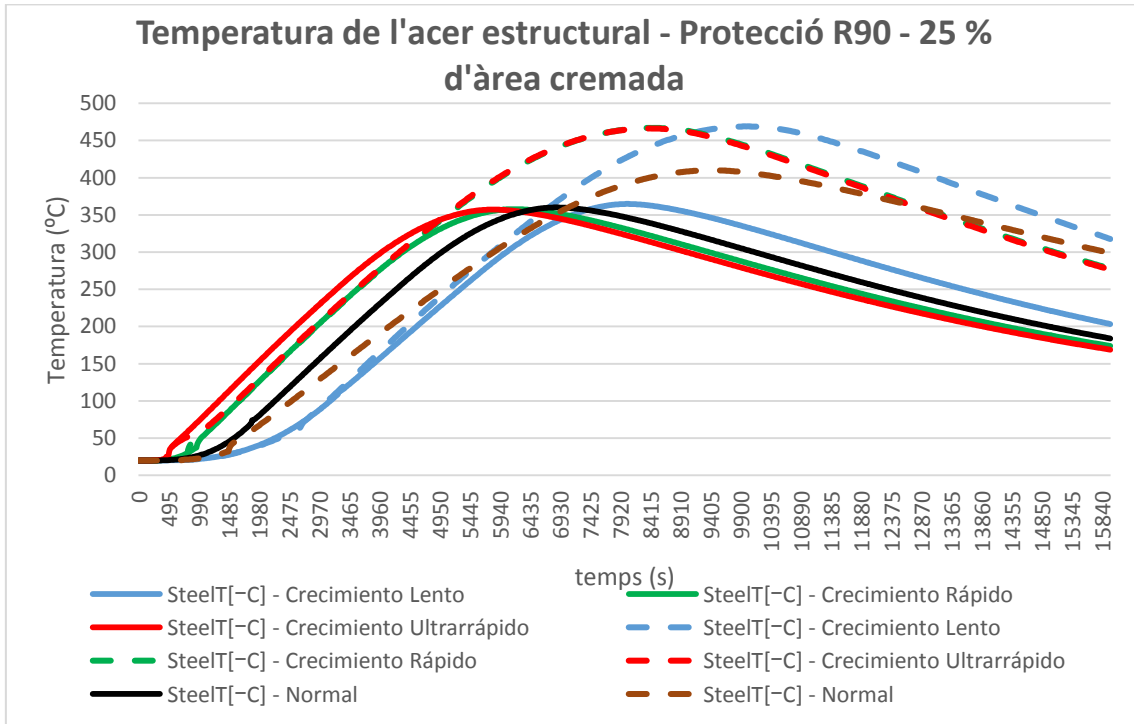


Figura 45 Escenari de Risc 2, 25% d'àrea cremada amb protecció R90

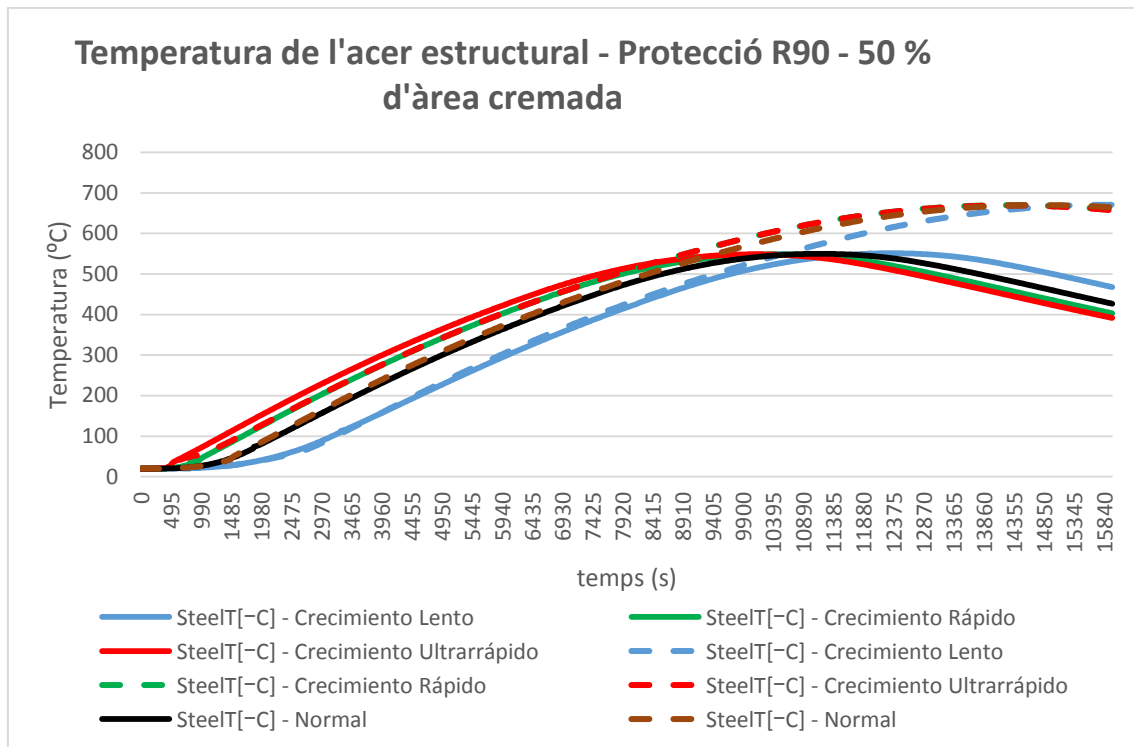


Figura 46 Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R90

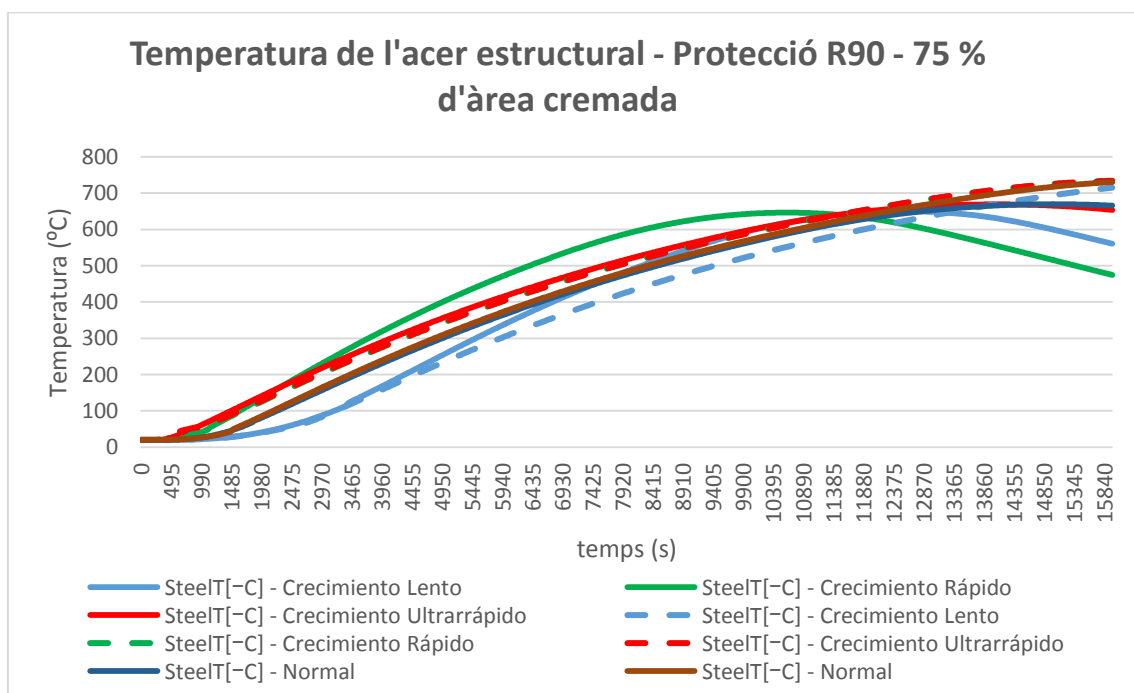


Figura 47 Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R90

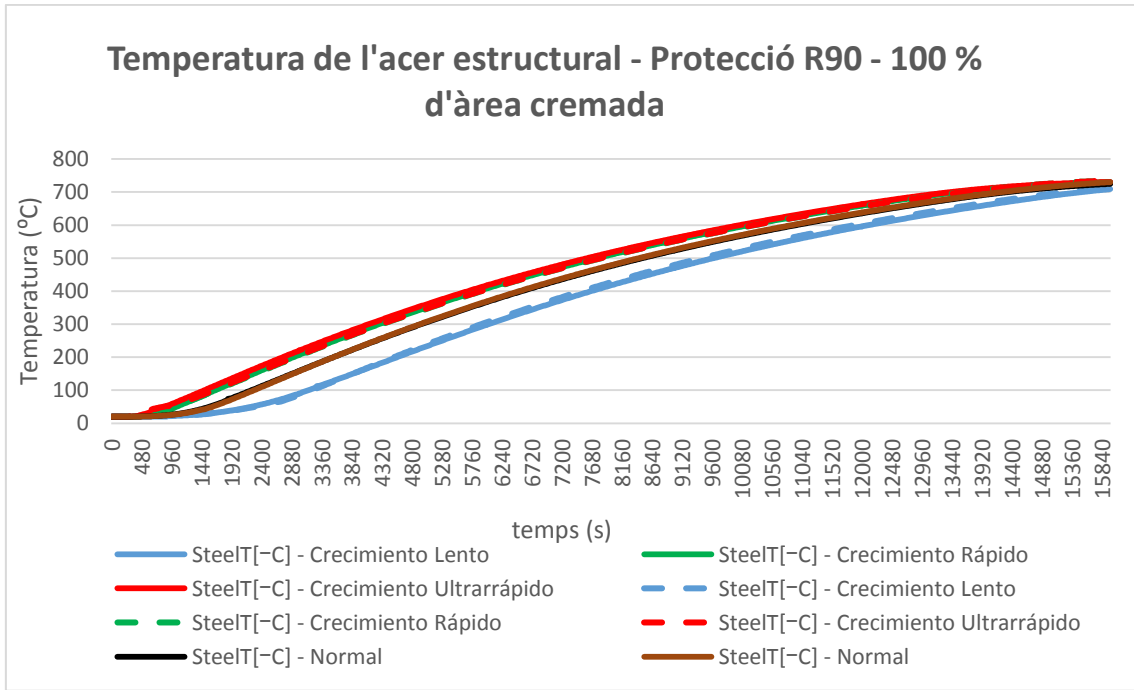


Figura 48 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R90

TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R120 – RISC DE NIVELL 2

En aquest apartat es mostren les simulacions efectuades de l'acer estructural en els escenaris de Risc 2 utilitzant una protecció de spray perlític que permet obtenir una protecció R120. S'observarà les temperatures que assoleix i es compararan amb el valor llindar fixat.

RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

Com es pot observar en les següents figures, l'acer estructural en escenaris de Risc 2 amb protecció R120 està sotmès a altes temperatures, existint pocs escenaris on pugi no col·lapsar. Tot i així, la resistència estructural R120 permet disminuir de forma notable la temperatura que ha de suportar l'acer estructural. S'observen lleugers variacions de la temperatura amb un desfasament negligible o nul . Figures 49 a 52.

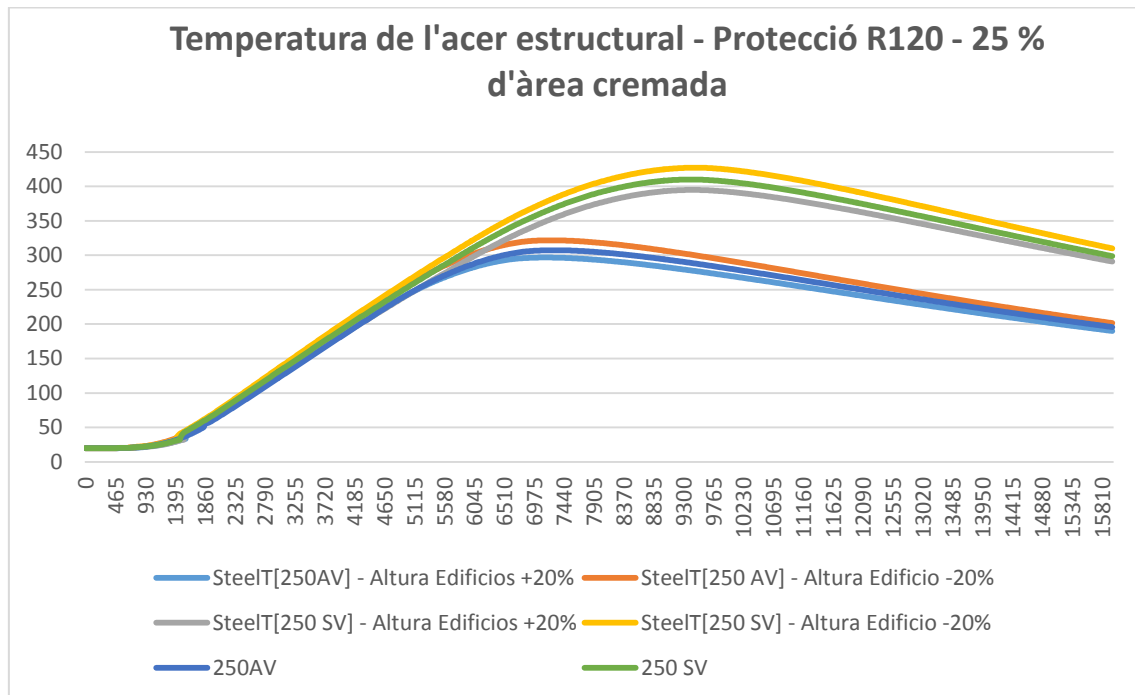


Figura 49 Escenari de Risc 2, 25% d'àrea cremada amb protecció R120

Com s'observa a la figura 49, no s'observa cap desfasament i, per altra banda, s'observa una diferència de fins a 32-35°C (en el cas dels sistemes sense ventilació forçada).

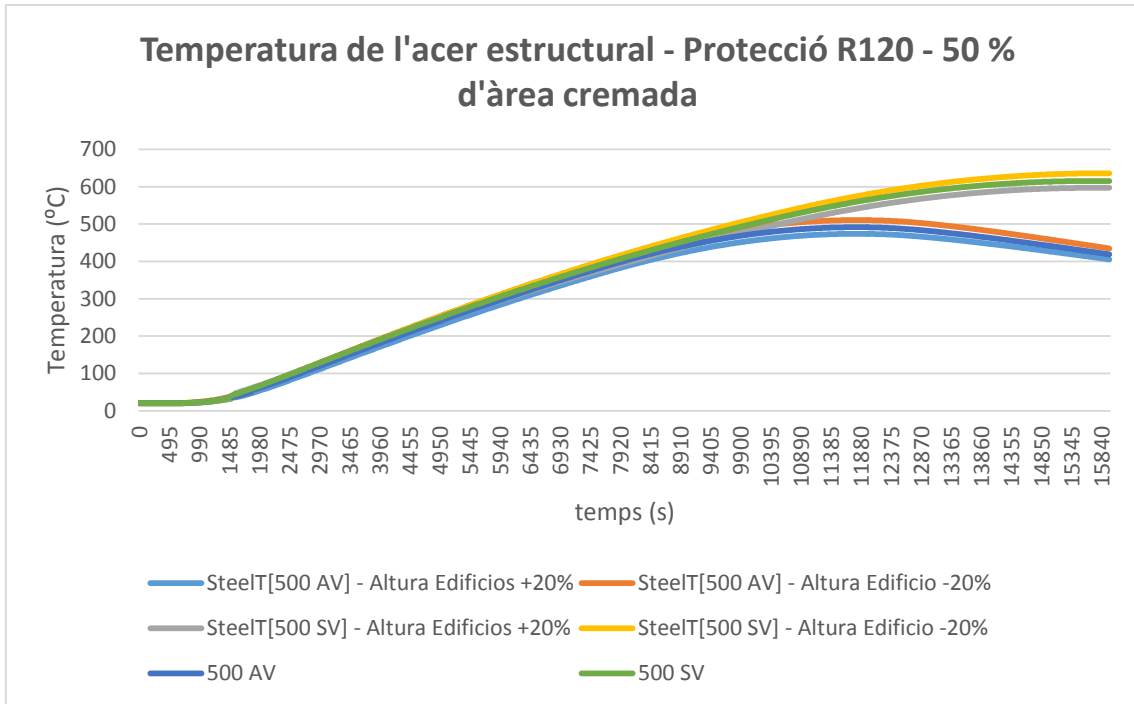


Figura 50 Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R120

En aquest escenari, les simulacions sobre sistemes amb ventilació forçada mostra un no-col·lapse estructural. Per altra banda, totes les simulacions sense ventilació forçada es troben per sobre de la temperatura límit.

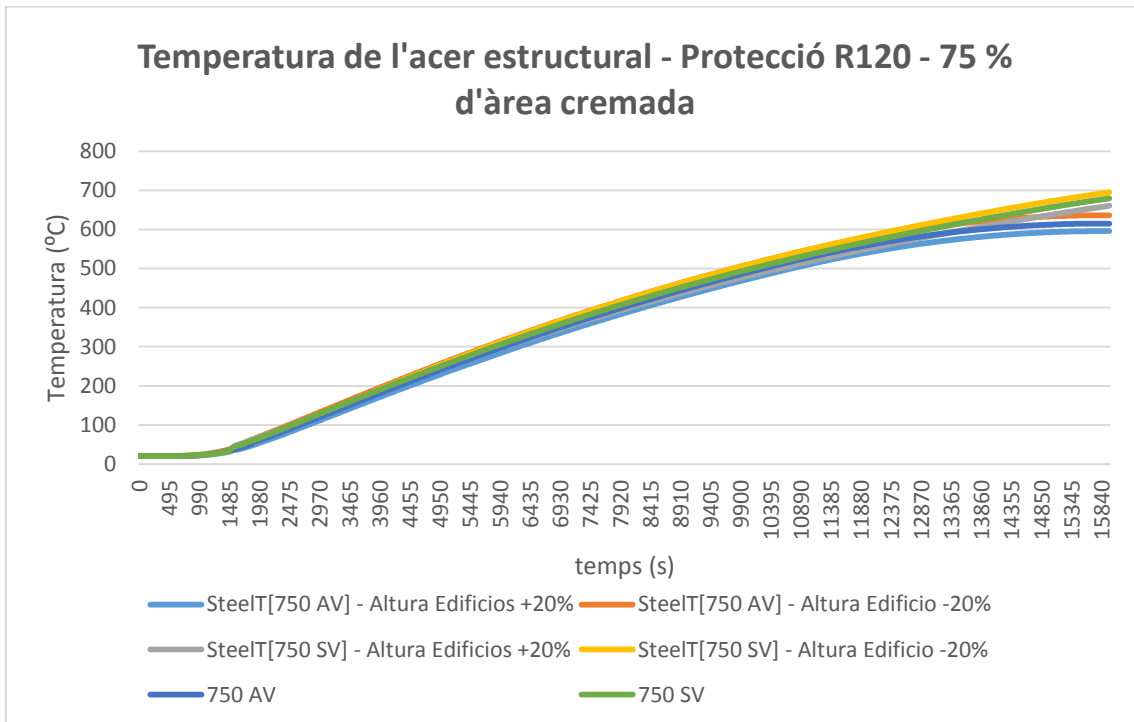


Figura 51 Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

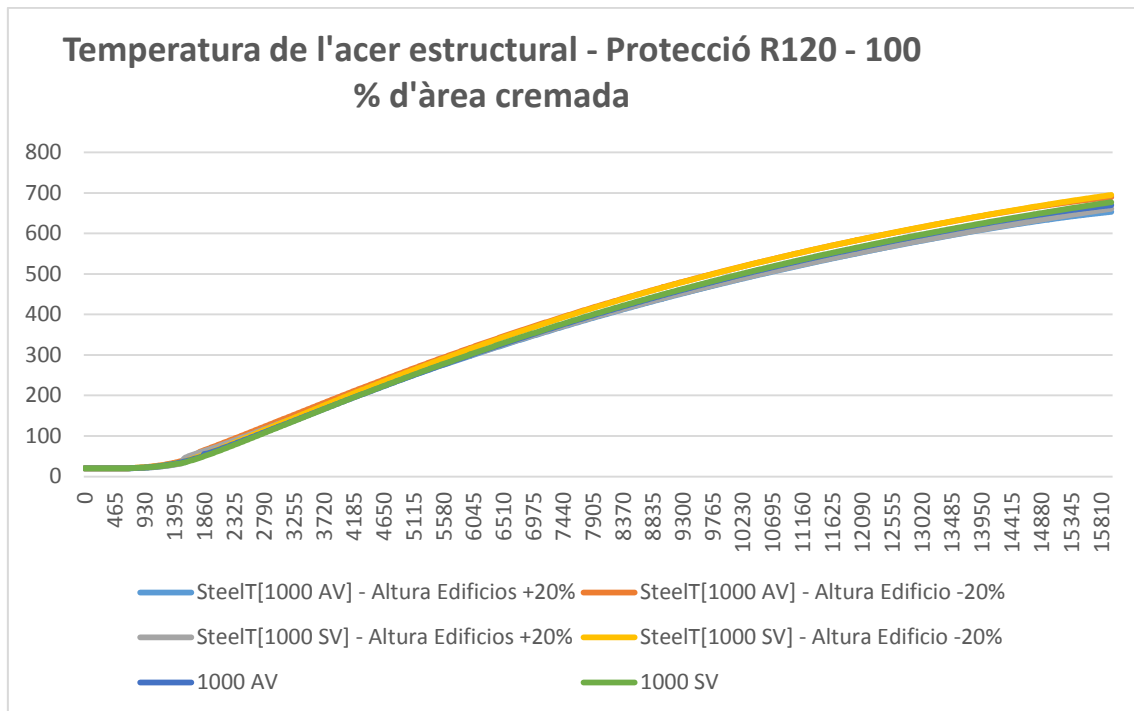


Figura 52 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R120

Tant els escenaris de 75 com 100% d'àrea cremada tenen totes les seves simulacions valors màxims superiors al valor llindar, per la qual cosa existeix un risc molt elevat de col·lapse estructural.

RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

Com s'ha vist en altres escenaris, aquest no és un factor rellevant que porti gran variabilitat de resultats entre temperatures de corbes diverses. Figures 53 a 56.

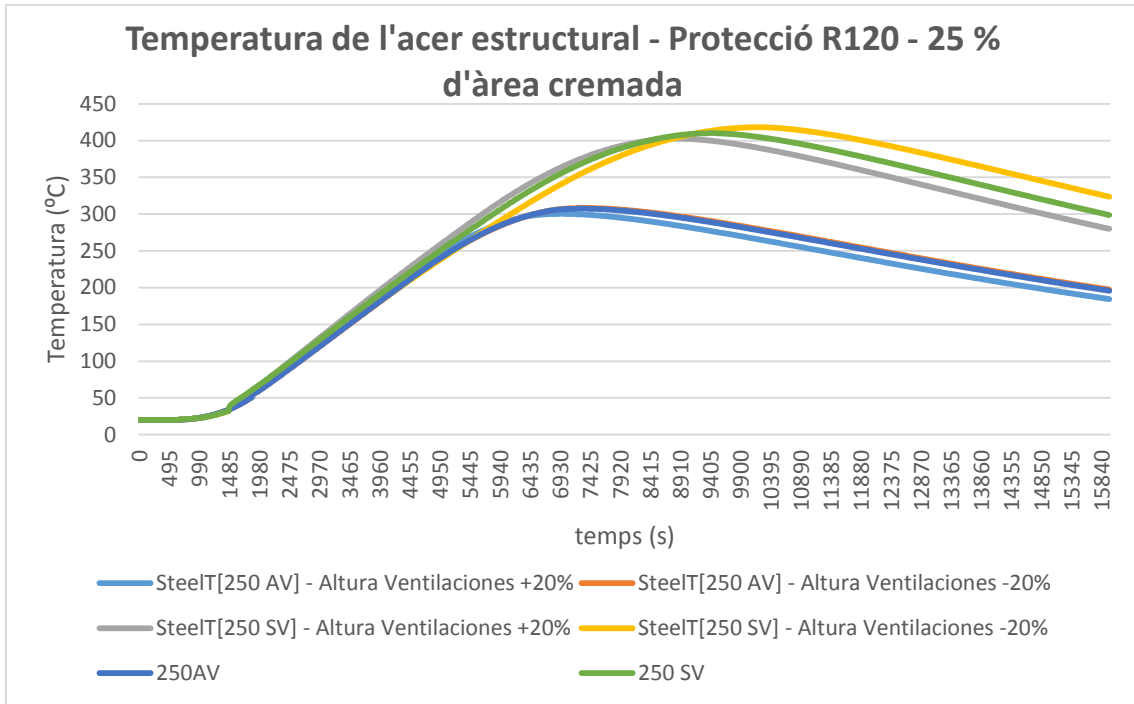


Figura 53 Escenari de Risc 2, 25% d'àrea cremada amb protecció R120

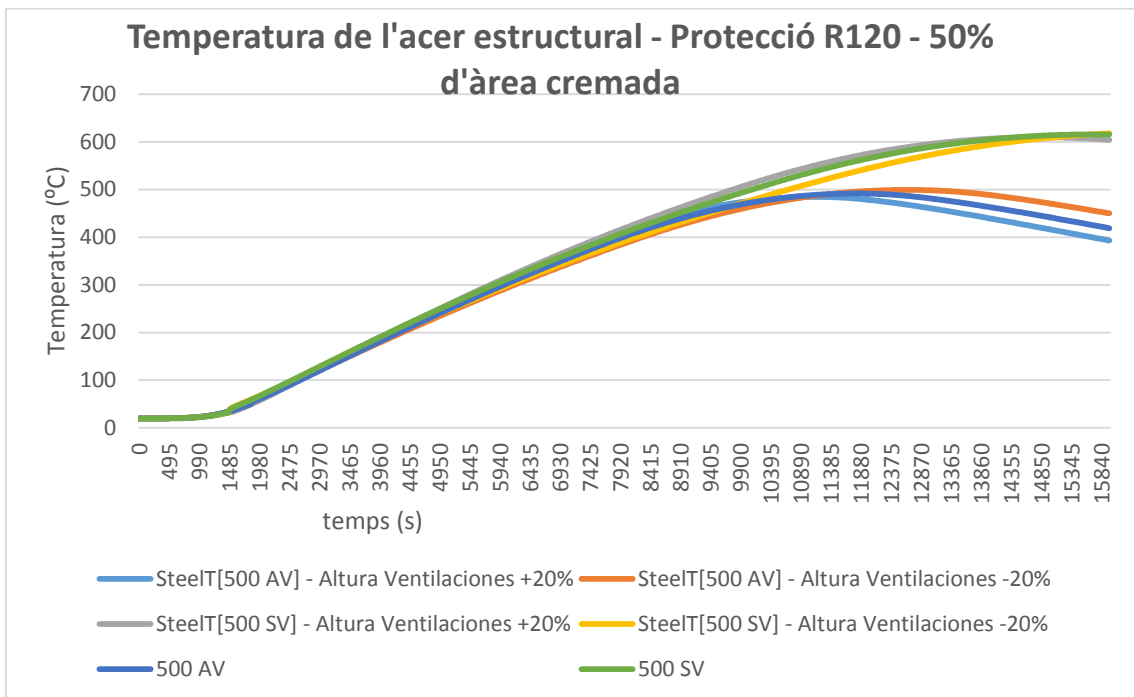


Figura 54 Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R120

Els escenaris de 25 i 50% de superfície cremant amb una protecció de R120 no col·lapsen exceptuant el conjunt de simulacions del 50% de superfície cremant sense sistema de ventilació forçada, els quals els valors màxims oscil·len al voltant dels 600°C.

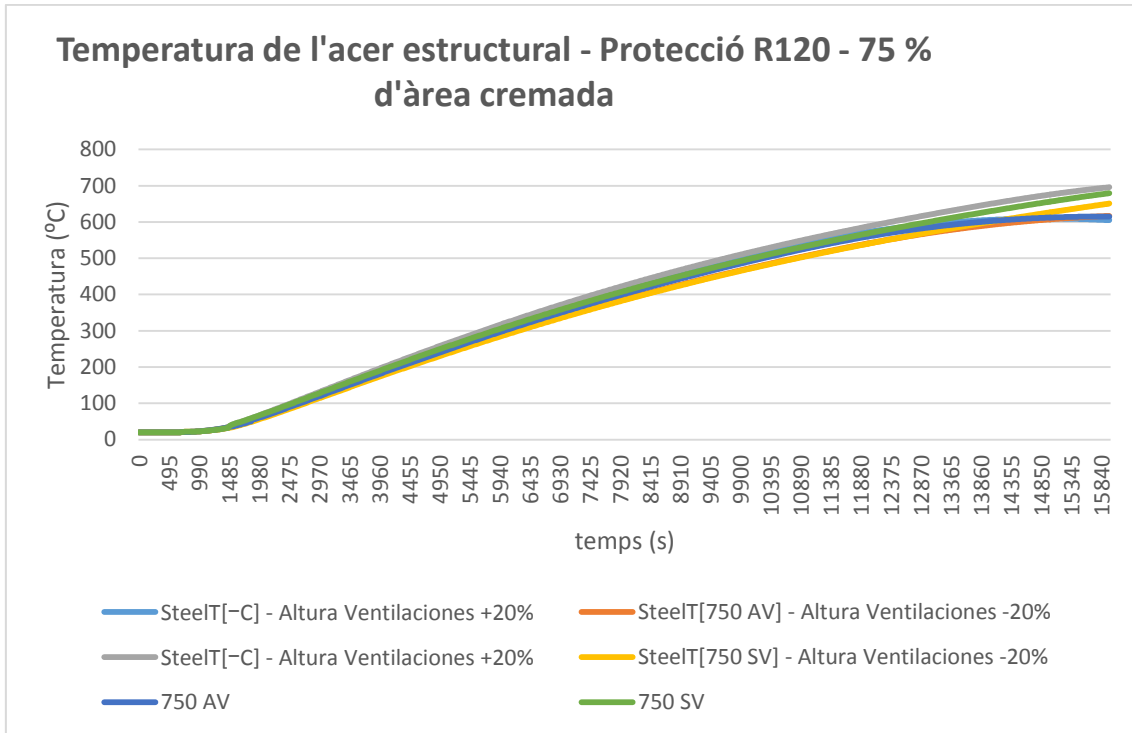


Figura 55 Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

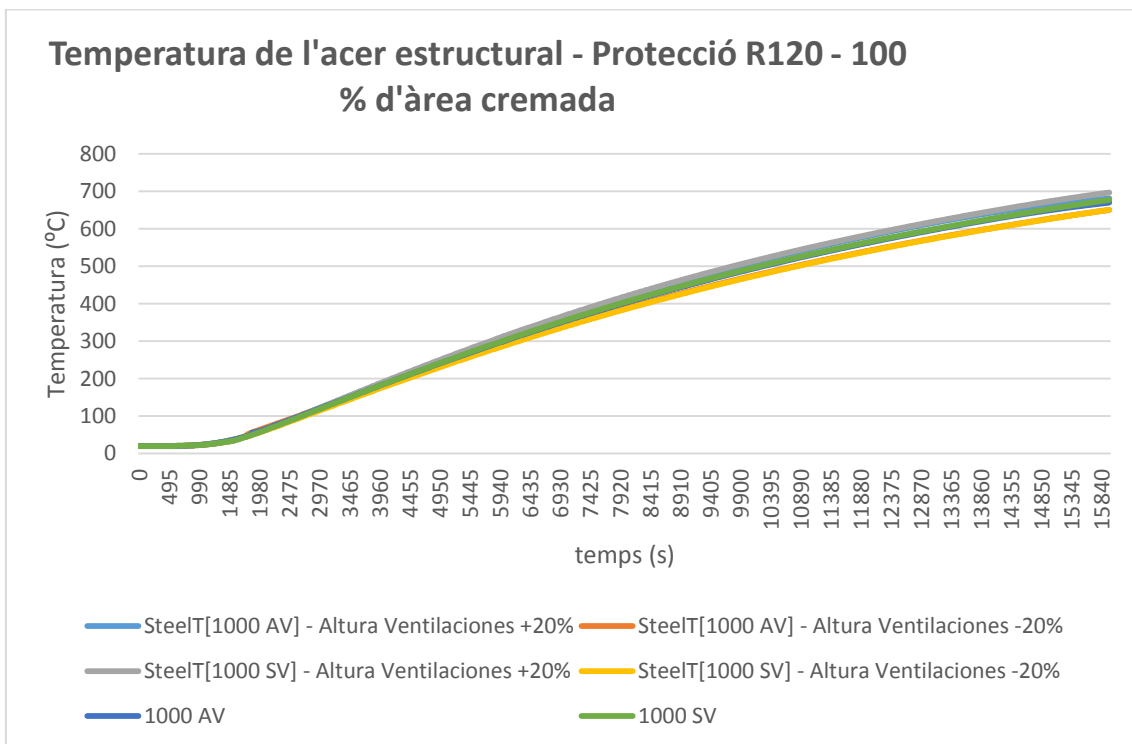


Figura 56 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R120

Tant els escenaris de 75 i 100% d'àrea cremant són simulacions les quals les temperatures superen la temperatura líndar. S'observa com la simulació, a causa del límit computacional, queda tallada als 16000 segons, observant només la fase de creixement.

RISC 2 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

Com ha succeït en els altres escenaris, s'observa que és un factor clarament influent tant a la temperatura final obtinguda com en el desfasament de les corbes respecte a la corba característica de temperatura de l'acer estructural de l'escenari patró. Fig.57-60.

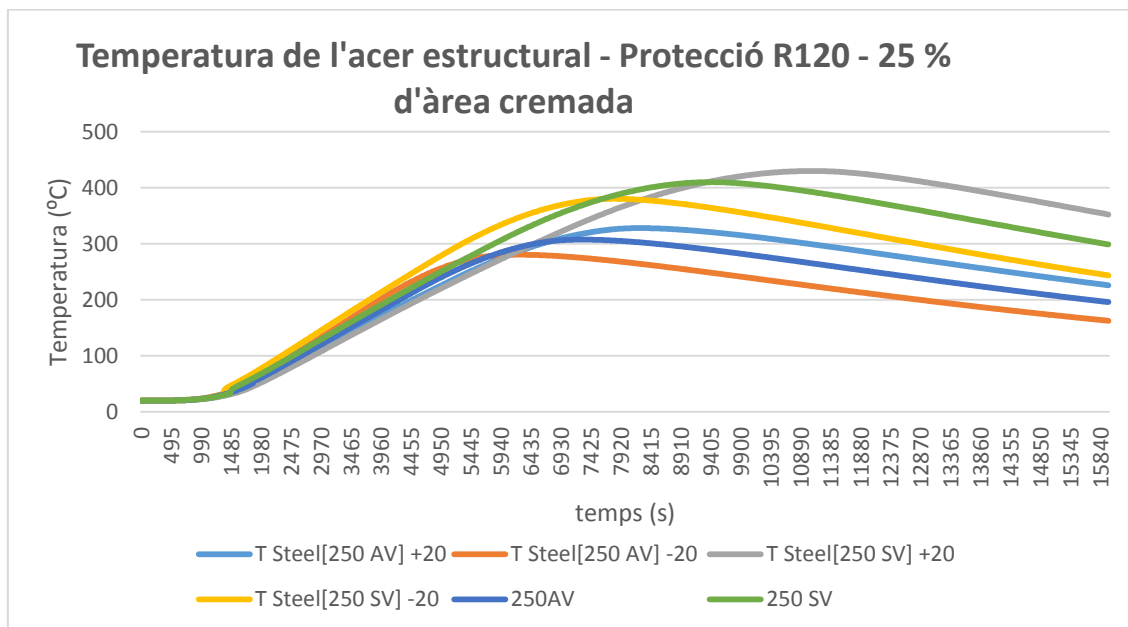


Figura 57 Escenari de Risc 2, 25% d'àrea cremada amb protecció R120

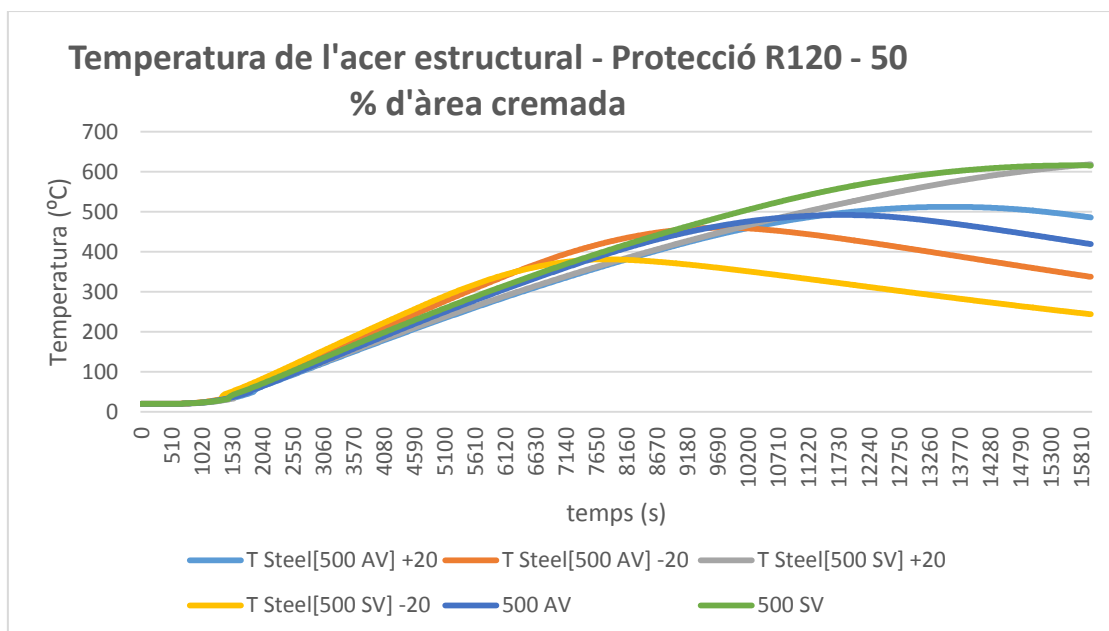


Figura 58 Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R120

S'observa que tan en les simulacions de 50% de superfície cremant com 75% de superfície cremant, exceptuant les simulacions amb sistema sense ventilació forçada (75%), no existeix col·lapse estructural.

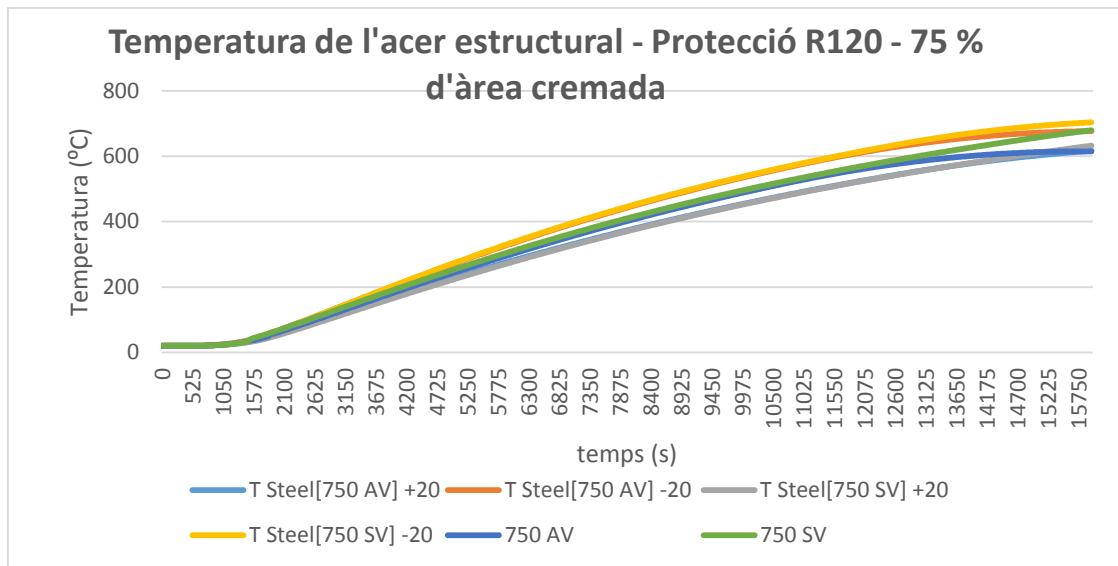


Figura 59 Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

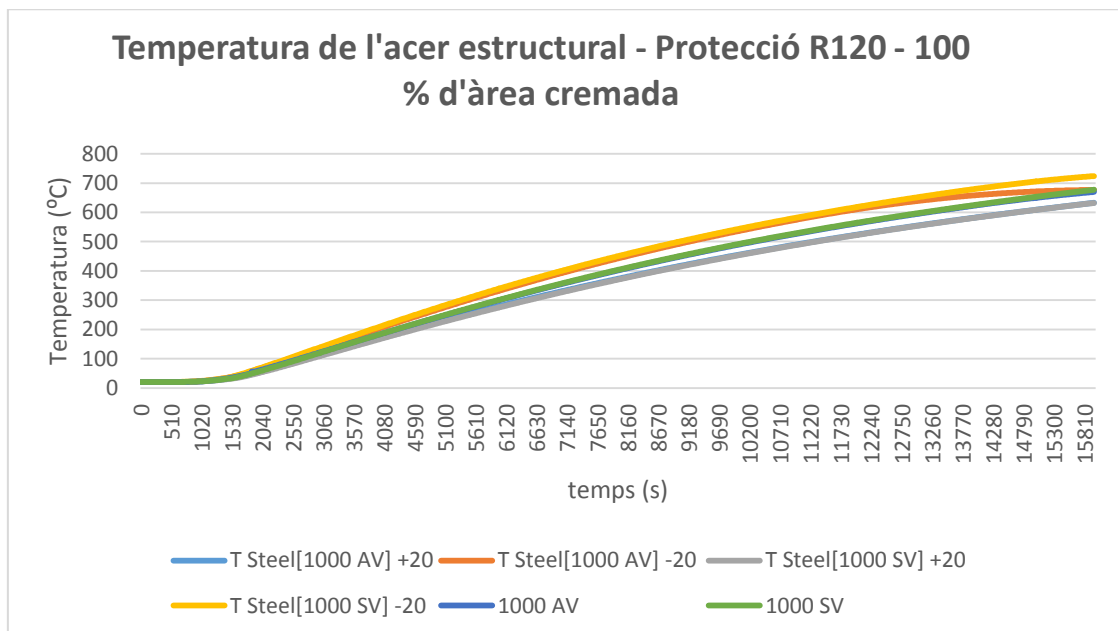


Figura 60 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R120

RISC 2 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

És un factor que no és rellevant a la hora de distingir entre escenaris amb més o menys temperatura suportada per l'acer estructural, doncs sembla no incidir de forma notable sobre aquest valor. Representat per les figures 61 a 64.

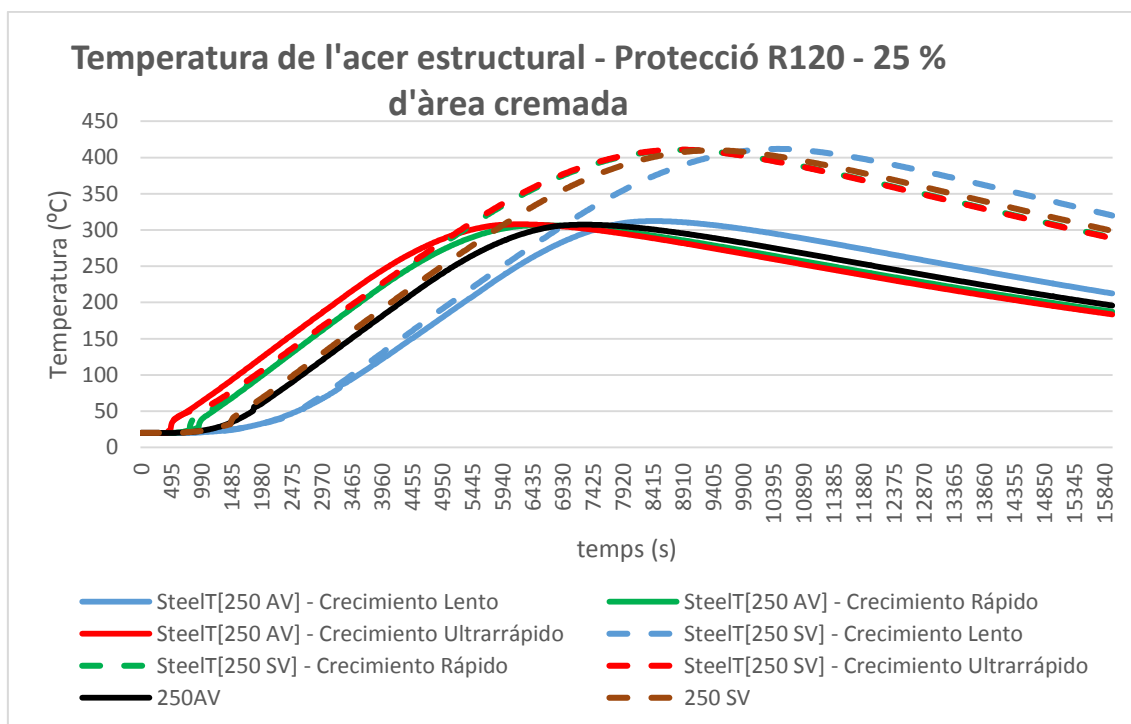


Figura 61 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R120

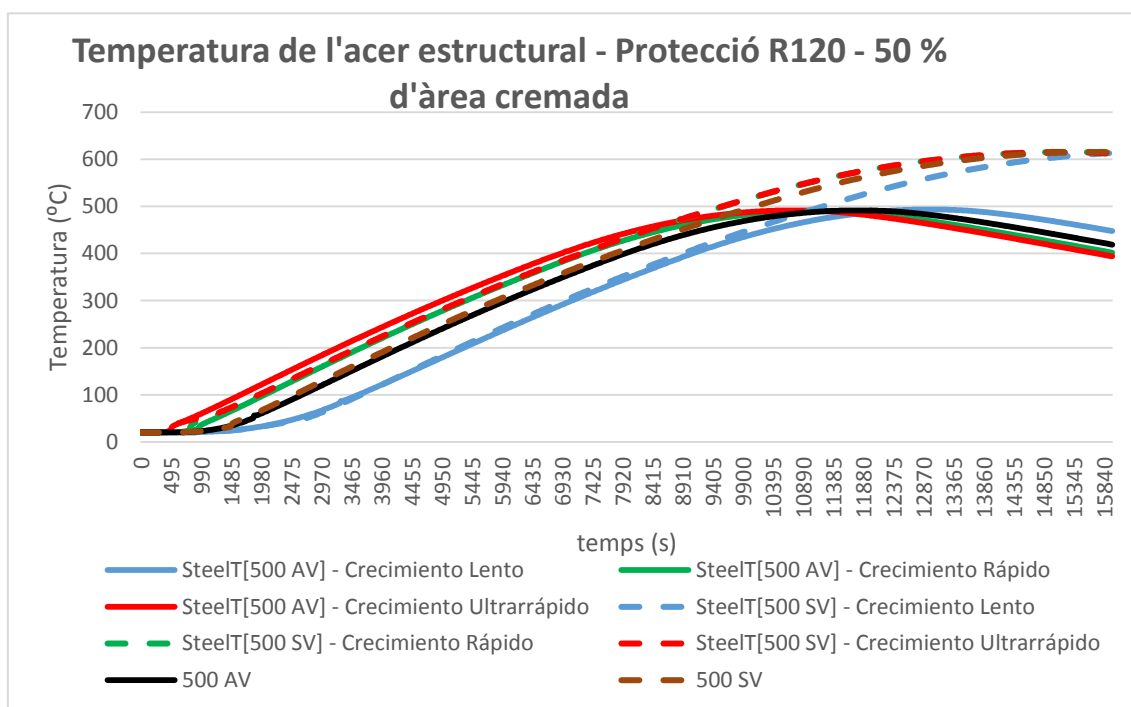


Figura 62 Escenari de Risc 2, 50% d'àrea cremada amb protecció R120

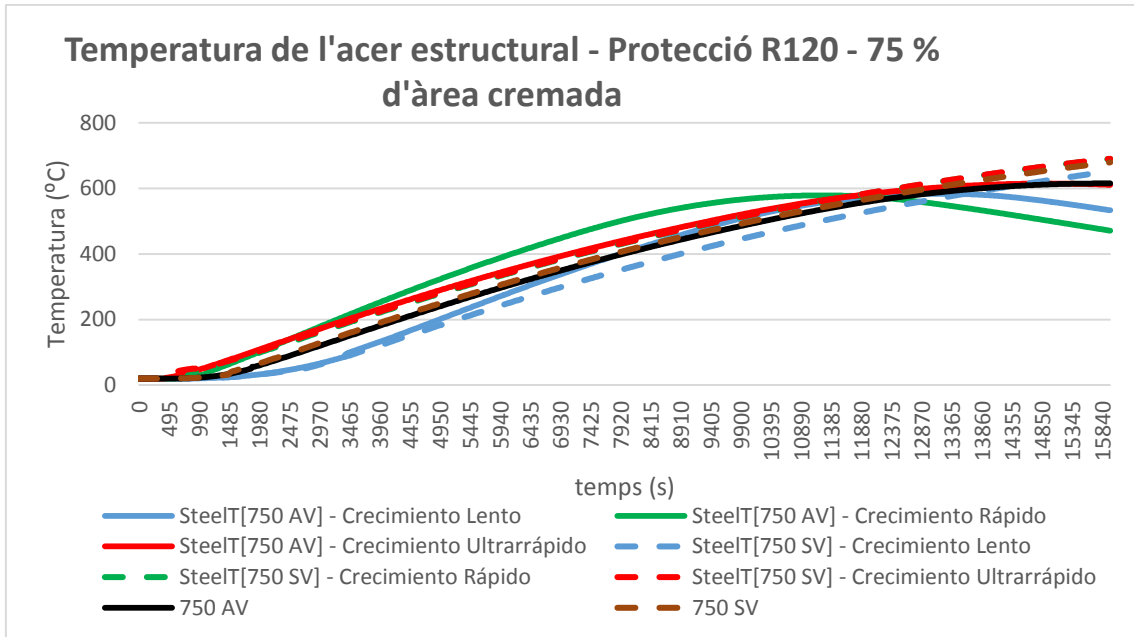


Figura 63 Escenari de Risc 2, 75% d'àrea cremada amb protecció R120

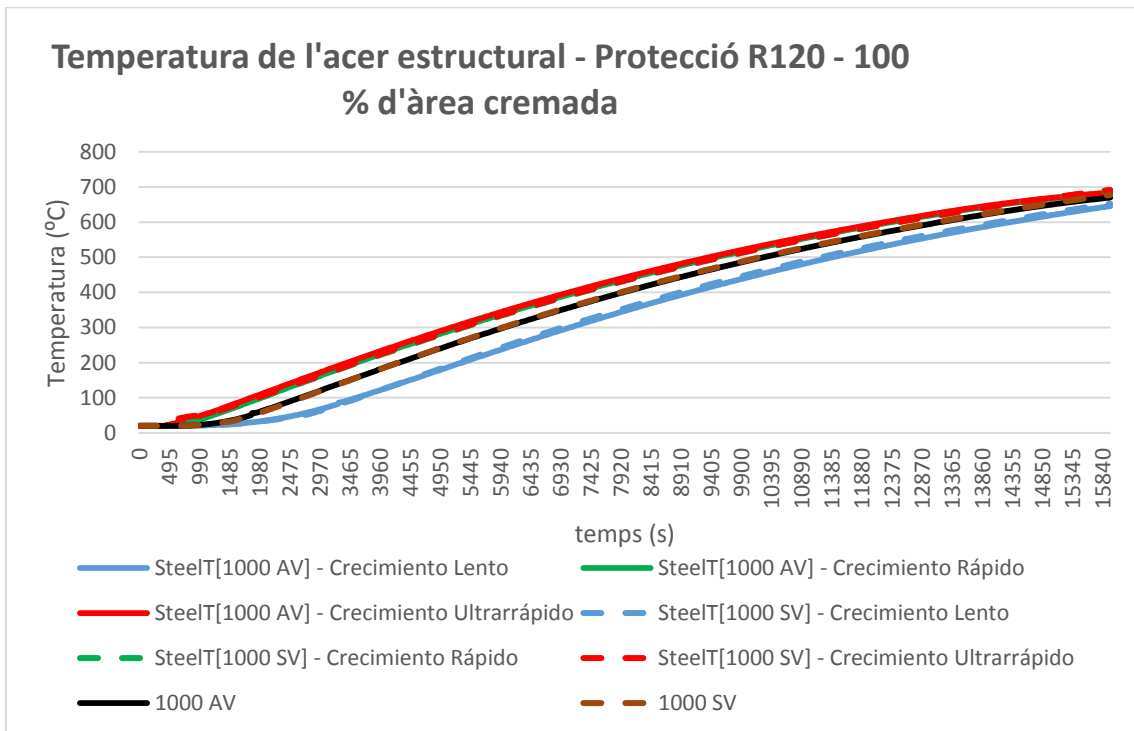


Figura 64 Escenari de Risc 2, 100% d'àrea cremada amb protecció R120

TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R90 – RISC DE NIVELL 3

En aquest apartat es mostren les simulacions efectuades de l'acer estructural en els escenaris de Risc 3 utilitzant una protecció de spray perlític que permet obtenir una protecció R90. S'observarà les temperatures que assoleix i es compararan amb el valor llindar fixat.

És el cas més crític des estudiats, doncs l'escenari de risc 3 assoleix temperatures molt més altes (degut principalment a que la càrrega de foc és sensiblement major) i té la protecció estructural més dèbil (18 mm, que equival a R90).

RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

Com s'ha vist en tot el conjunt d'escenaris en el qual es variava l'alçada de la nau, aquest factor influeix sobre el valor de temperatura de la corba característica. Tot i així, conforme s'augmenta el % de superfície cremant, aquest factor va perdent la seva rellevància. A continuació es mostren els resultats de les simulacions. Ve representat per les figures 65 a 68.

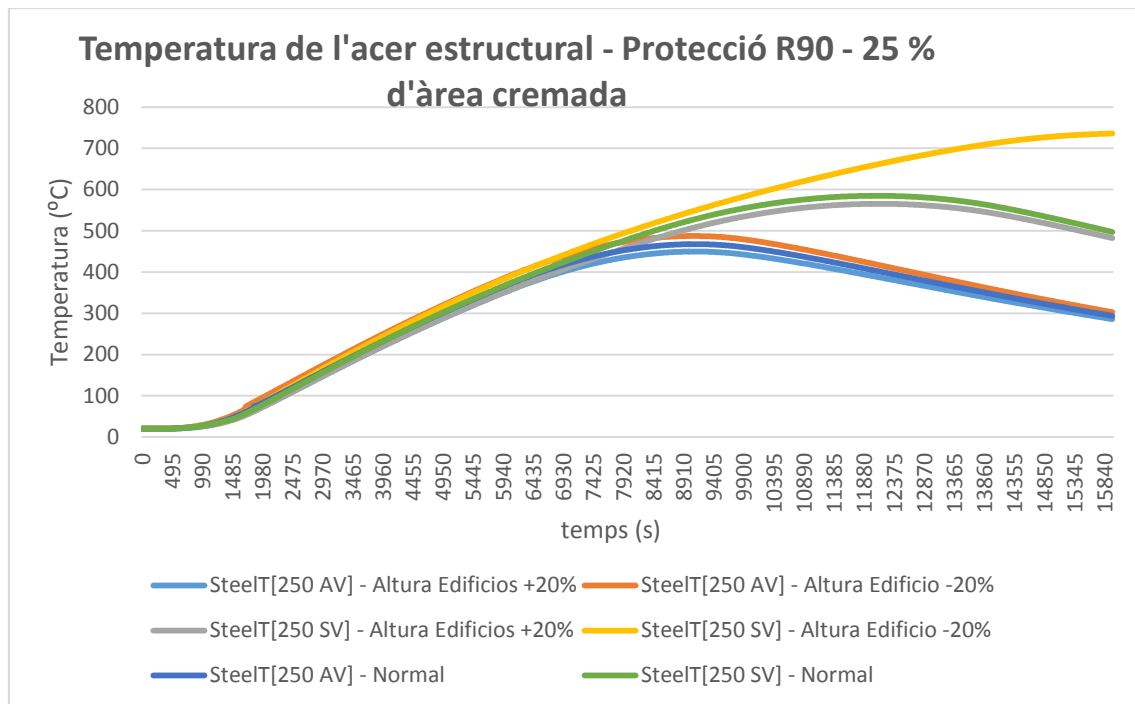


Figura 65 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

Si observem la figura que representa el 25% d'àrea cremada amb les respectives variacions, s'observa que l'únic escenari de Risc 3 que no assoleix el col·lapse estructural és el conjunt de simulacions de 25% de càrrega amb ventilacions forçades. Per a totes les altres simulacions existeix un col·lapse estructural.

Per altra banda es pot observar una diferència de temperatura entre corbes sense existir cap tipus de desfasament.

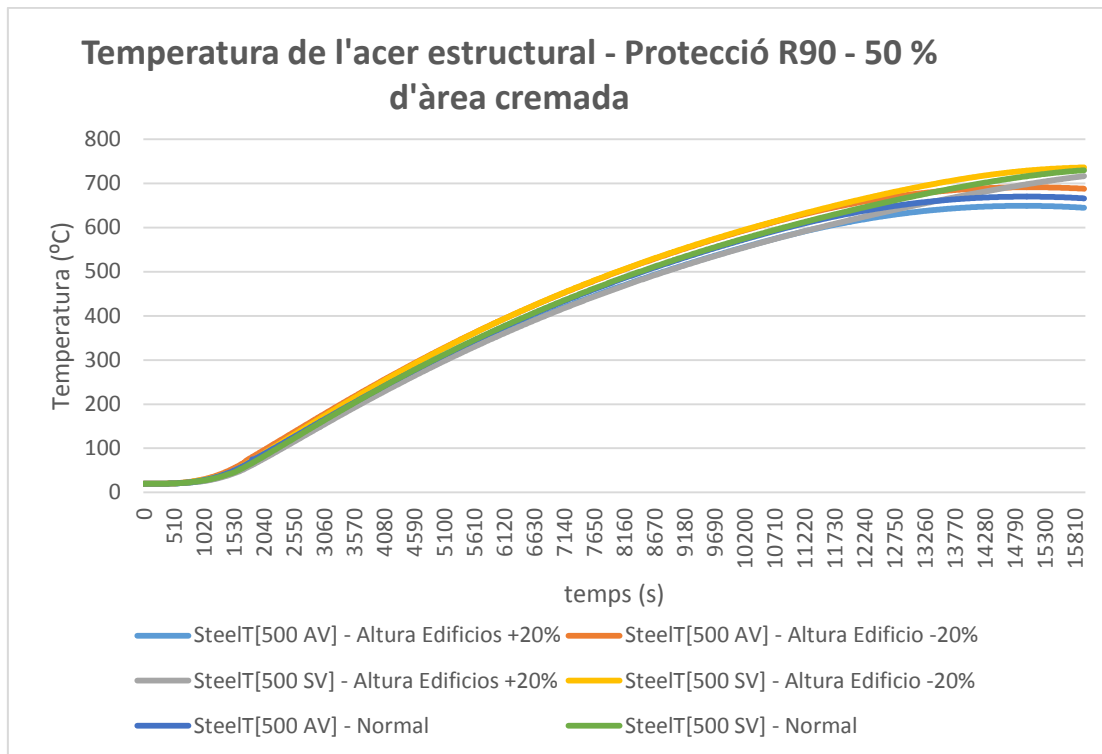


Figura 66 Escenari de Risc 3, 50% d'àrea cremada amb protecció R90.

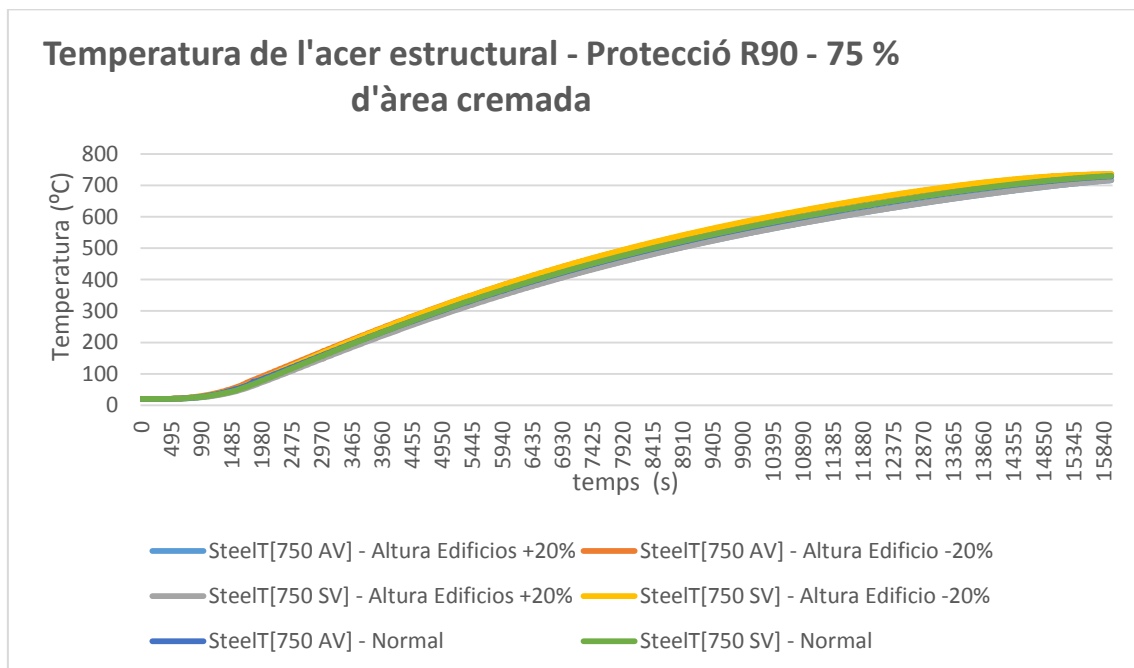


Figura 67 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R90.

A partir dels escenaris amb superfície incendiada de 50%, no existeix cap simulació que no assolixi la temperatura límit de 550°C. Totes les simulacions superen els 600 °C, assolint un nivell de risc molt elevat de col·lapse estructural.

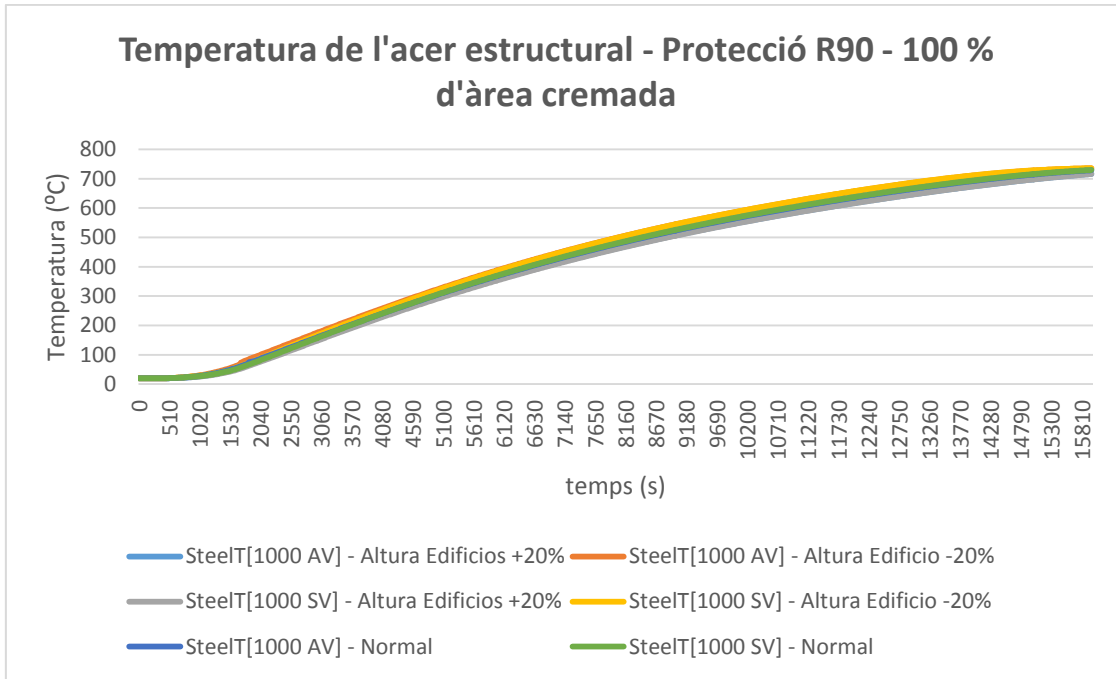


Figura 68 Escenari de Risc 3, 100% d'àrea cremada amb protecció R90.

RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

Aquest factor segueix sense aportar cap mena de rellevància sobre la temperatura que suporta l'acer estructural. S'observa que, per tant, no existeixen escenaris de Risc 3 (exceptuant 25% de superfície cremant amb sistema de ventilació forçada) que evitin el col·lapse estructural. Ve representat per les figures 69 a 72.

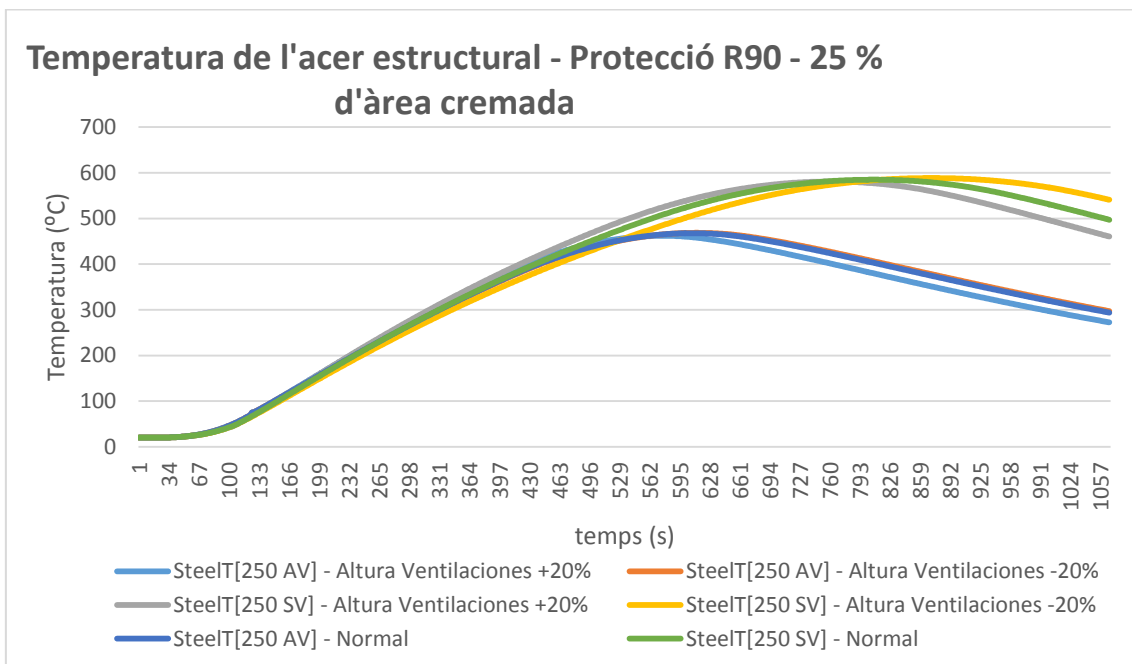


Figura 69 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

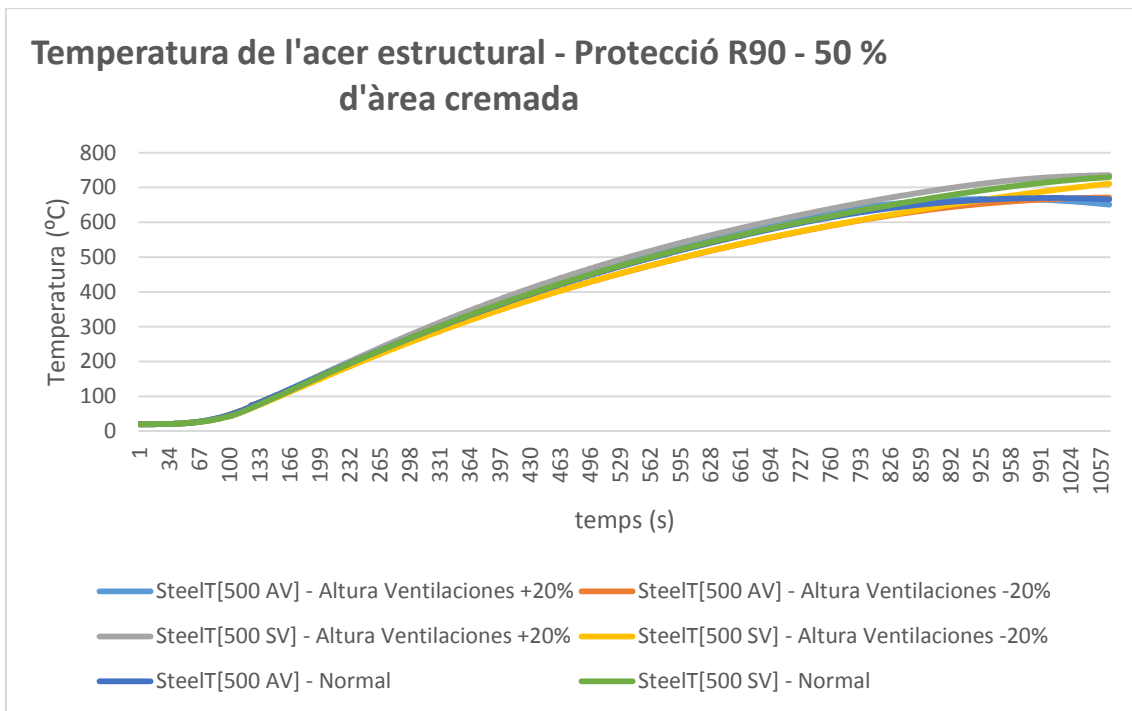


Figura 70 Escenari de Risc 3, 50% d'àrea cremada amb protecció R90.

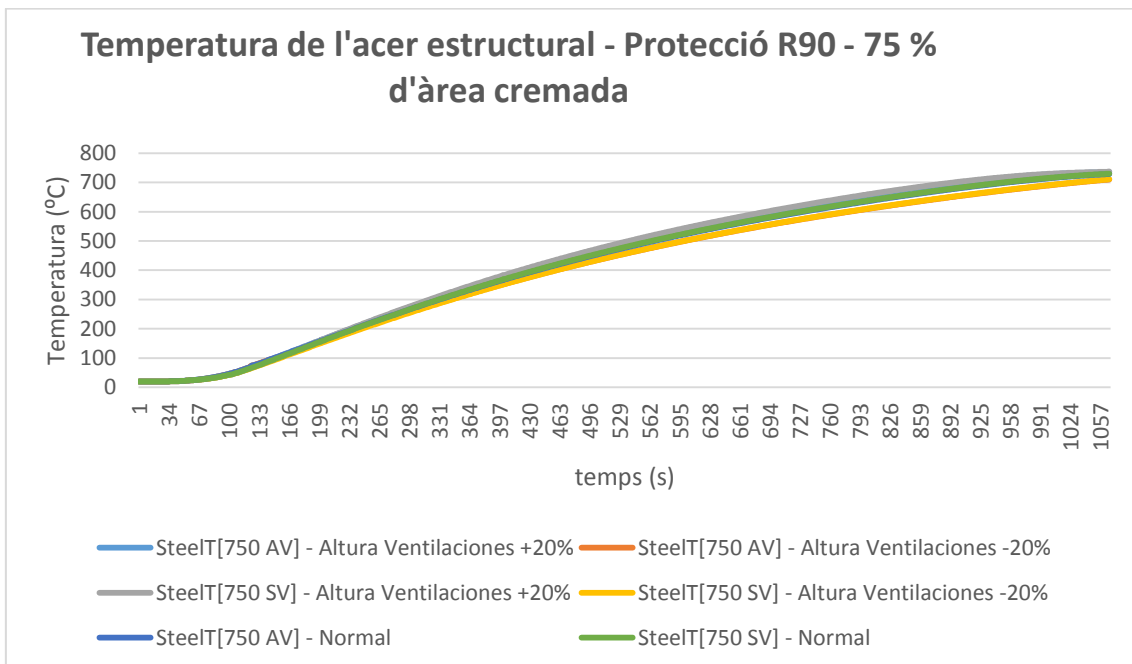


Figura 71 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R90.

S'assoleixen temperatures molt elevades perquè l'acer estructural pugui aguantar i conservar les seves propietats. Com es pot observar a la figura 69 (25% de superfície de foc) no existeixen diferències notables entre corbes pel que fa al valor de les temperatures, tot i així es genera un desfasament entre corbes que podria ser objecte d'estudi.

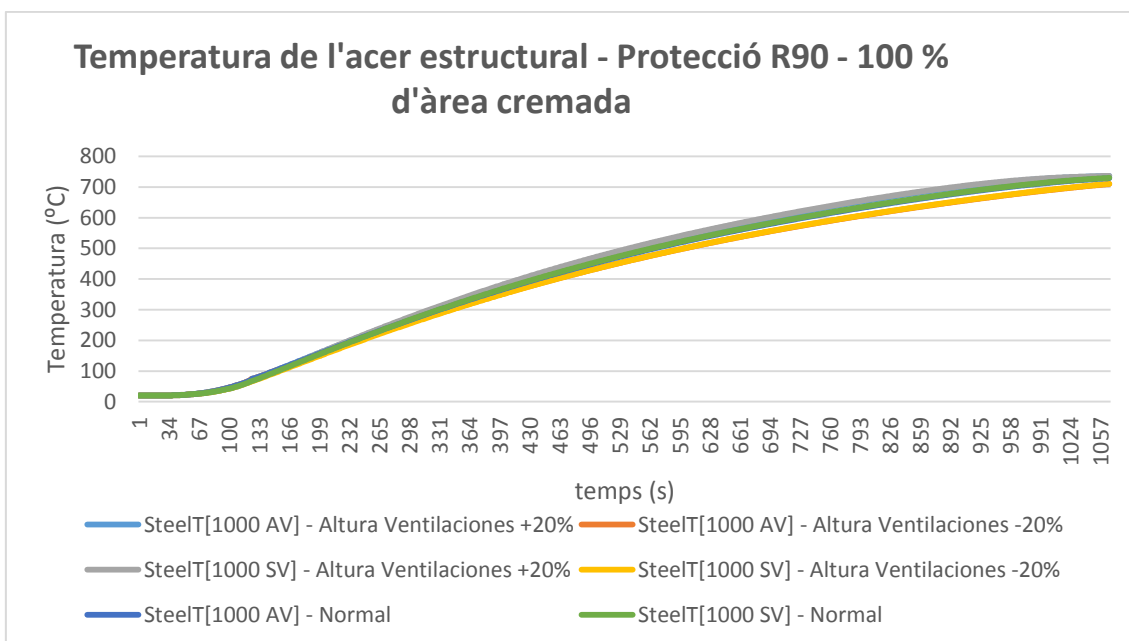


Figura 72 Escenari de Risc 3, 100% d'àrea cremada amb protecció R90.

RISC 3 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

Altre com segueix sent el factor més determinant. S'observa tant el desfasament com la diferència de temperatures. Figures 73 a76.

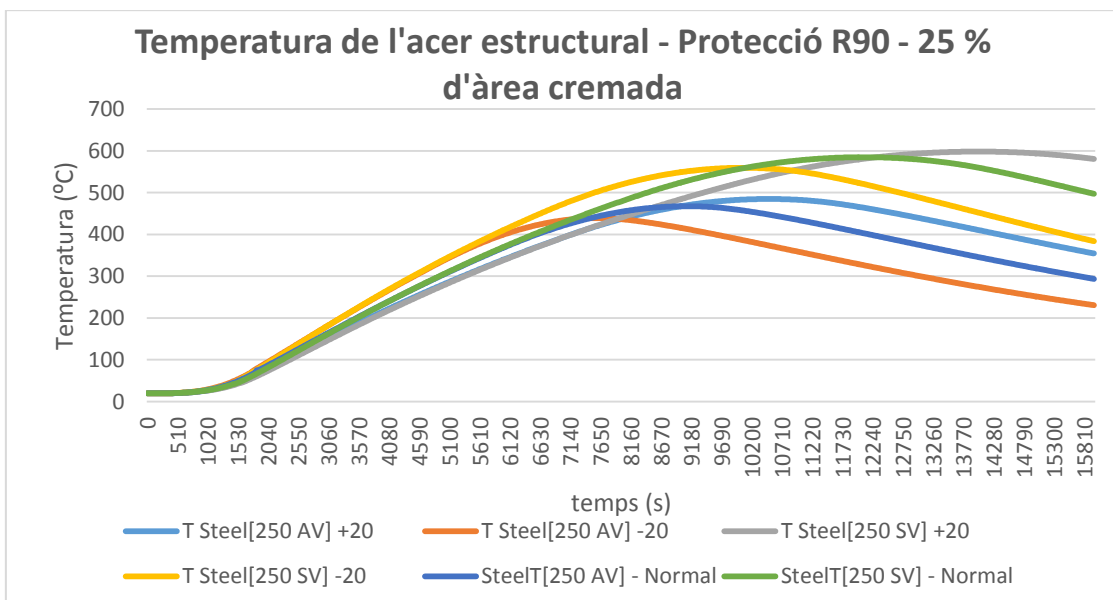


Figura 73 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

Com es pot observar, els escenaris amb sistema de ventilació forçada no s'assoleixen els 500°C, permetent doncs el no-col·lapse de la estructura. Per altra banda, el sistema sense ventilació forçada no assoleix els 600°C en el cas de ventilacions situades un 20% més avall (en alçada) –

559,58°C – per la qual cosa podria realitzar-se simulacions complementaries amb altres simuladors per corroborar aquest resultat tan proper al valor límit.

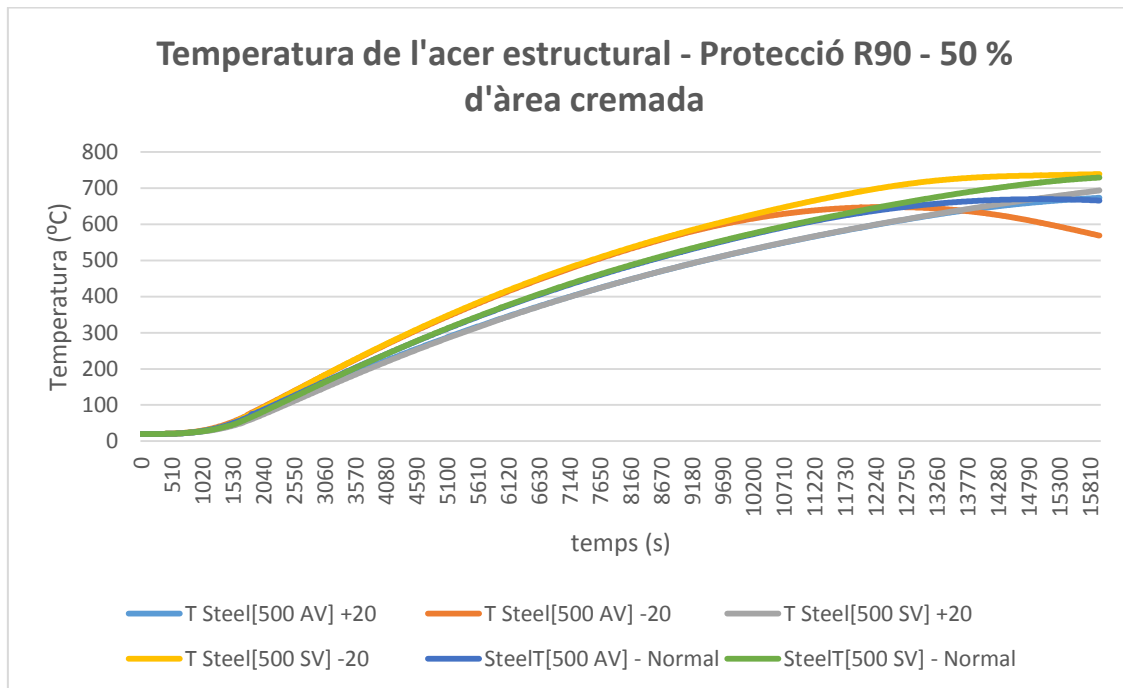


Figura 74 Escenari de Risc 3, 50% d'àrea cremada amb protecció R90.

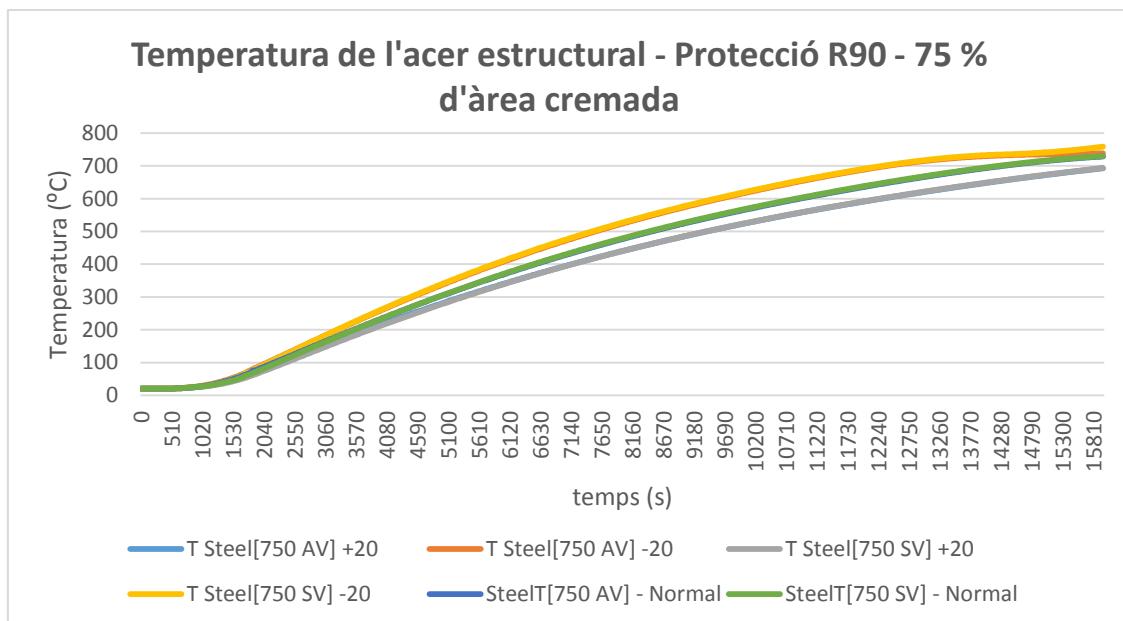


Figura 75 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R90.

Com es pot observar, a partir dels escenaris de 50% de superfície de foc (cremant), no existeix cap simulació que baixi dels 600 °C, essent totes casos de col·lapse estructural.

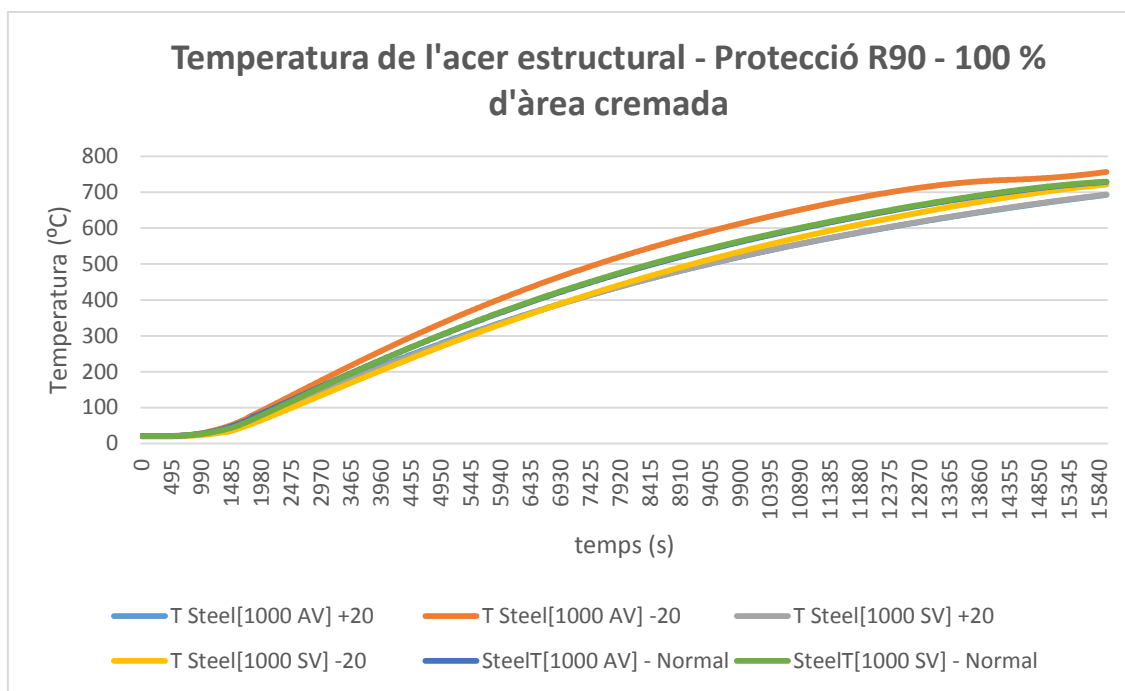


Figura 76 Escenari de Risc 3, 100% d'àrea cremada amb protecció R90.

RISC 3 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

Com s'ha fet en tots els casos anteriors, s'ha aplicat la discontinuïtat de línies per poder diferenciar els escenaris amb ventilació forçada d'aquells que no tenen cap sistema de ventilació forçada. Com es pot observar hi ha dos nivells de resultats (pel que fa a les temperatures), essent molt més elevat el dels sistemes sense ventilació forçada. La velocitat de creixement crea un desfament entre corbes (que no es fa tant notori com en els escenaris de risc 1 i 2). Veure figures 77 a 80.

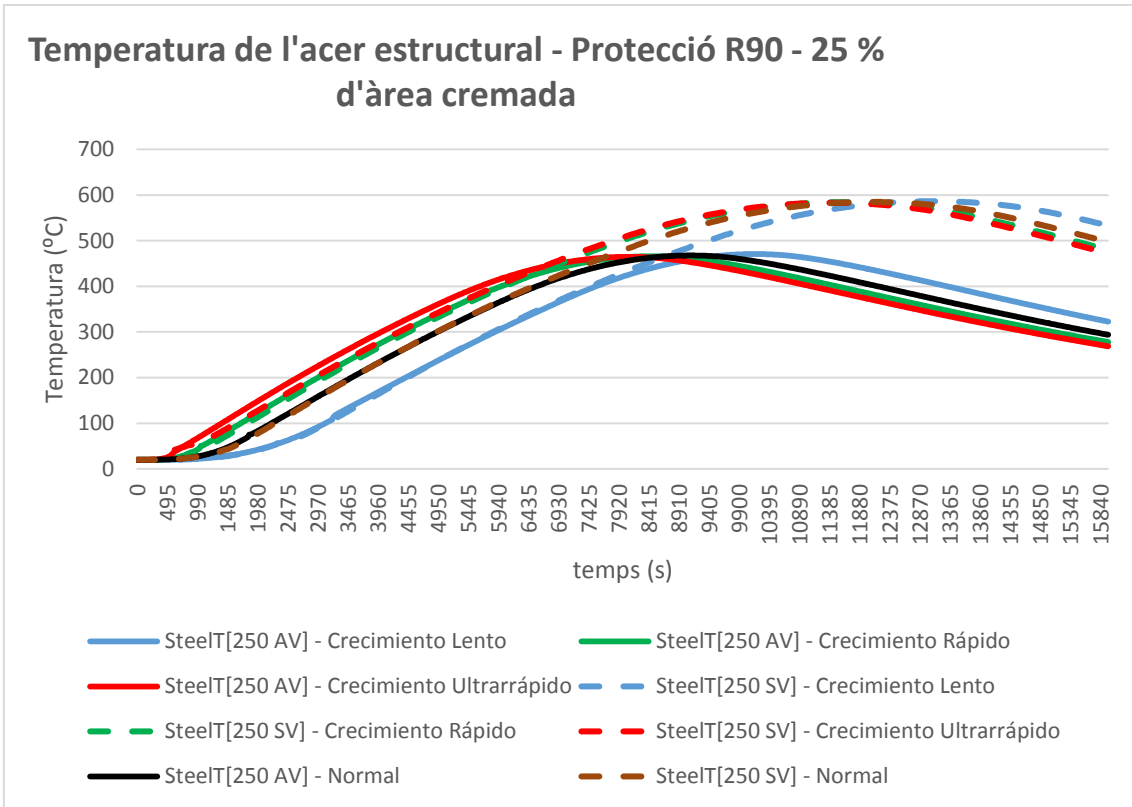


Figura 77 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R90.

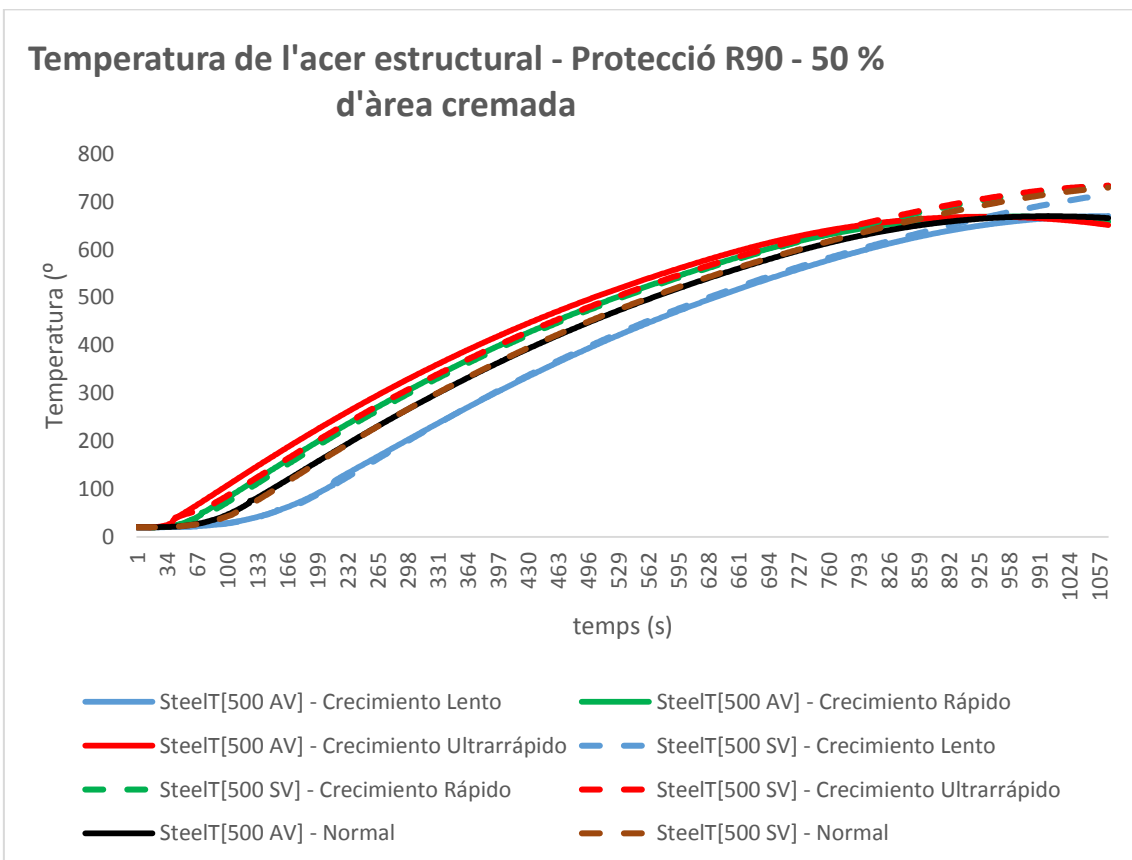


Figura 78 Escenari de Risc 3, 50% d'àrea cremada amb protecció R90.

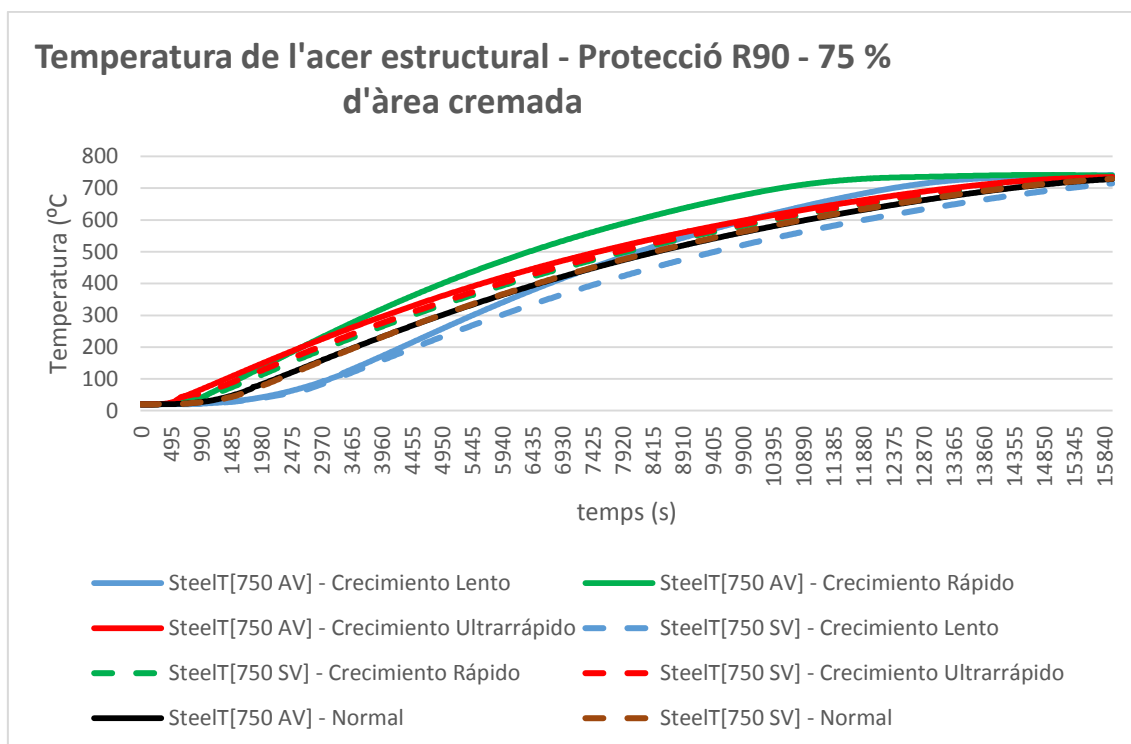


Figura 79 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R90.

TEMPERATURES DE L'ACER ESTRUCTURAL AMB PROTECCIÓ R120 – RISC DE NIVELL 3

En aquest apartat es mostren les simulacions efectuades de l'acer estructural en els escenaris de Risc 3 utilitzant una protecció de spray perlític que permet obtenir una protecció R120. S'observarà les temperatures que assoleix i es compararan amb el valor llindar fixat.

Els escenaris de RISC 3 – altrament anomenats escenaris de risc mitjà – són els escenaris amb temperatures i estats més crítics d'aquest projecte. Tot i així, la protecció R120 (24mm de spray perlític) és superior a la mostrada al cas anterior i, en conseqüència, les temperatures disminuiran substancialment.

RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

Com s'ha vist en tot el conjunt d'escenaris en el qual es variava l'alçada de la nau, aquest factor influeix sobre el valor de temperatura de la corba característica. Tot i així, conforme s'augmenta el % de superfície cremant, aquest factor va perdent la seva rellevància. A continuació es mostren els resultats de les simulacions. Figures 80 a 83.

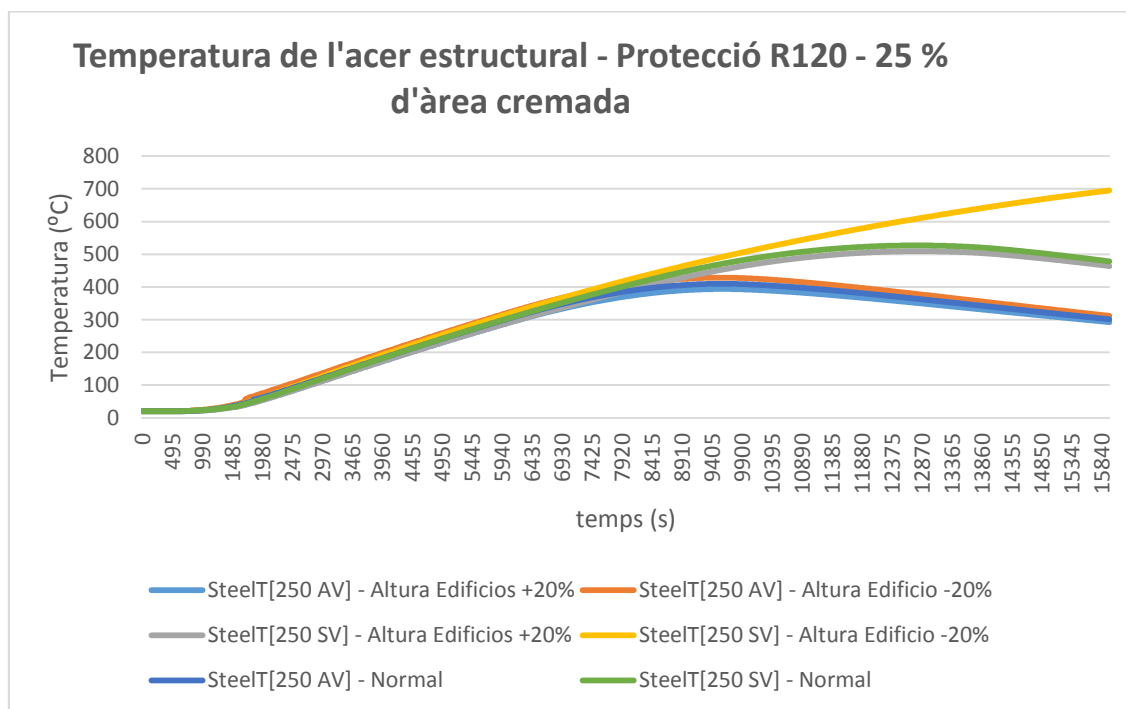


Figura 80 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R120.

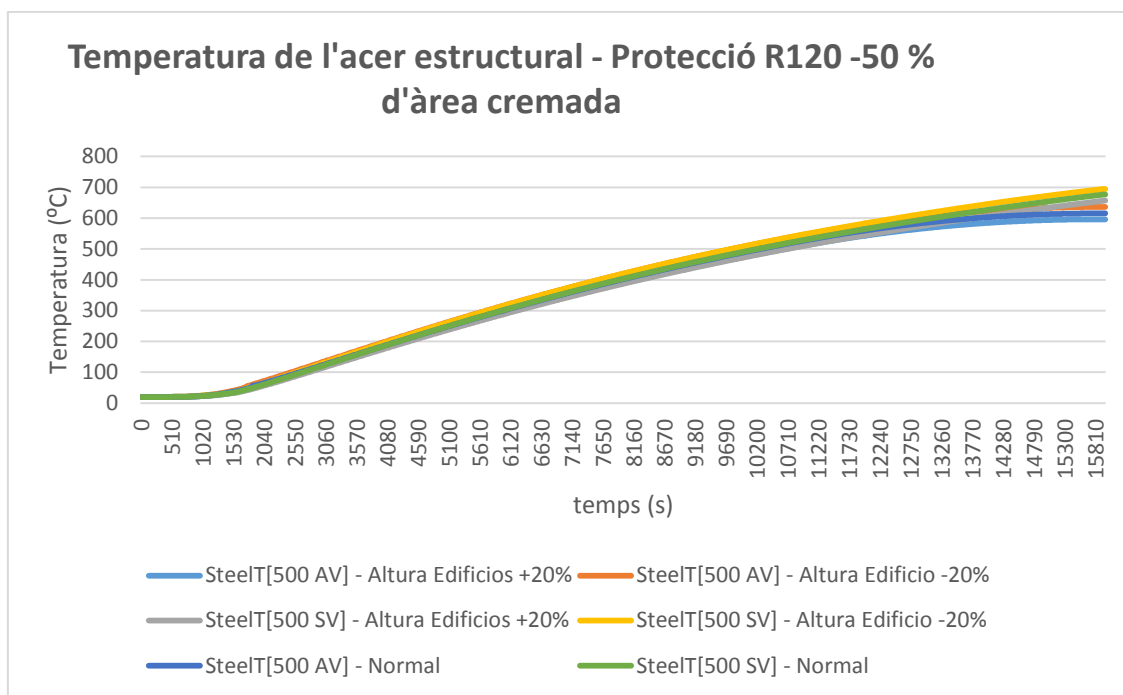


Figura 81 Escenari de Risc 3, 50 % d'àrea cremada amb protecció R120.

Com es pot observar, existeix una disminució de la temperatura en les corbes característiques de temperatura de l'acer estructural. Per altra banda, l'escenari de 25% de superfície d'àrea cremada, totes les temperatures es troben per sota del valor llindar de temperatura exceptuant la corba característica pròpia de l'escenari en el qual l'edifici és un 20% més baix.

Els altres escenaris de simulació – 50%, 75% i 100% de superfície cremada – no tenen cap corba característica que es mantingui per sota del valor llindar de col·lapse, essent el valor més proper a aquest l'ofert per la simulació de 50% de superfície cremada en el qual l'alçada és un 20% superior (595,99°C).

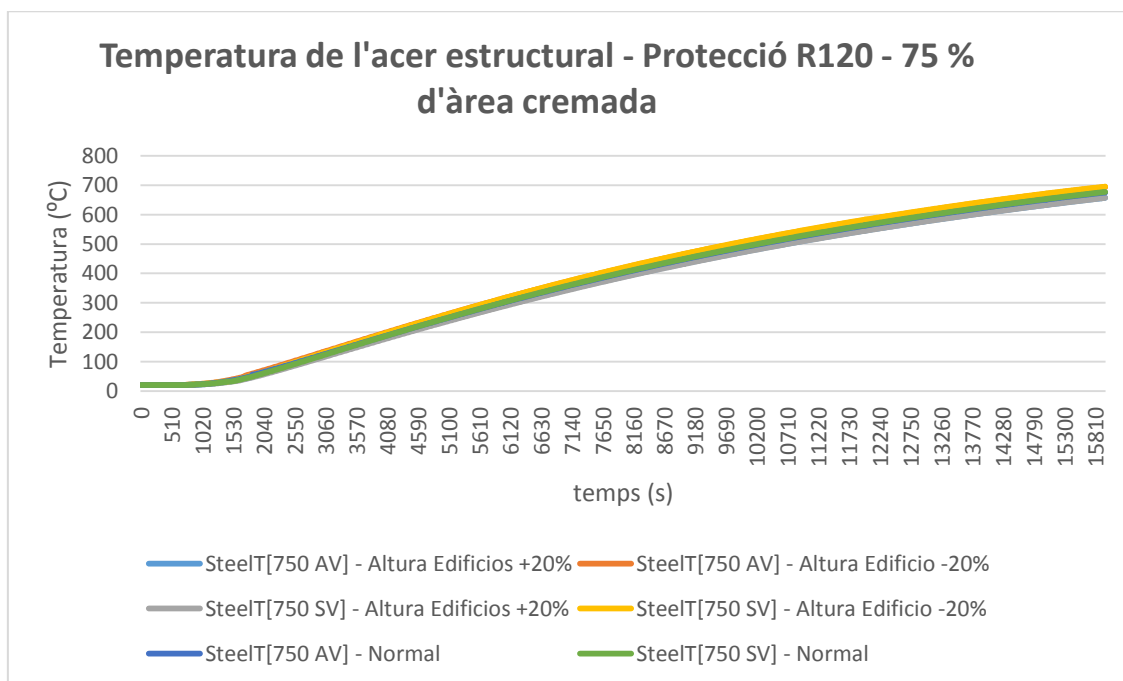


Figura 82 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R120.

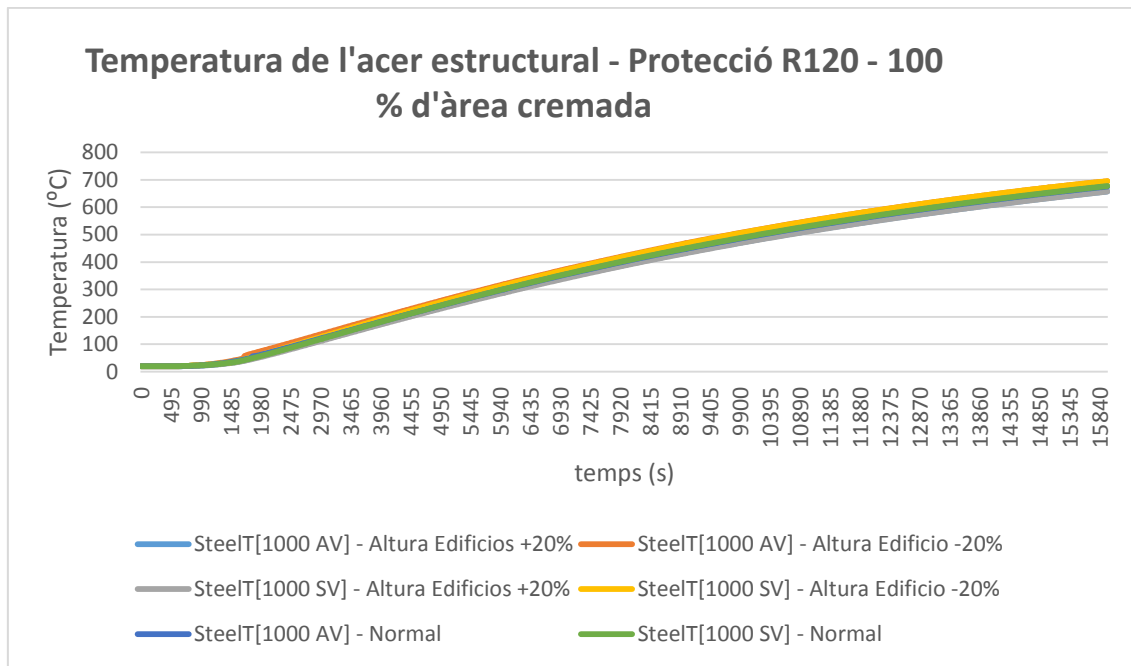


Figura 83 Escenari de Risc 3, 100% d'àrea cremada amb protecció R120.

RISC 3 – ALÇADA DE LES VENTILACIONS

Aquest factor segueix sense aportar cap mena de rellevància sobre la temperatura que suporta l'acer estructural. S'observa, de la mateixa manera que ha succeït en l'escenari anterior que cap escenari diferent de 25% de superfície cremant conté una simulació on el sistema no col·lapsi. Figures 84 a 87.

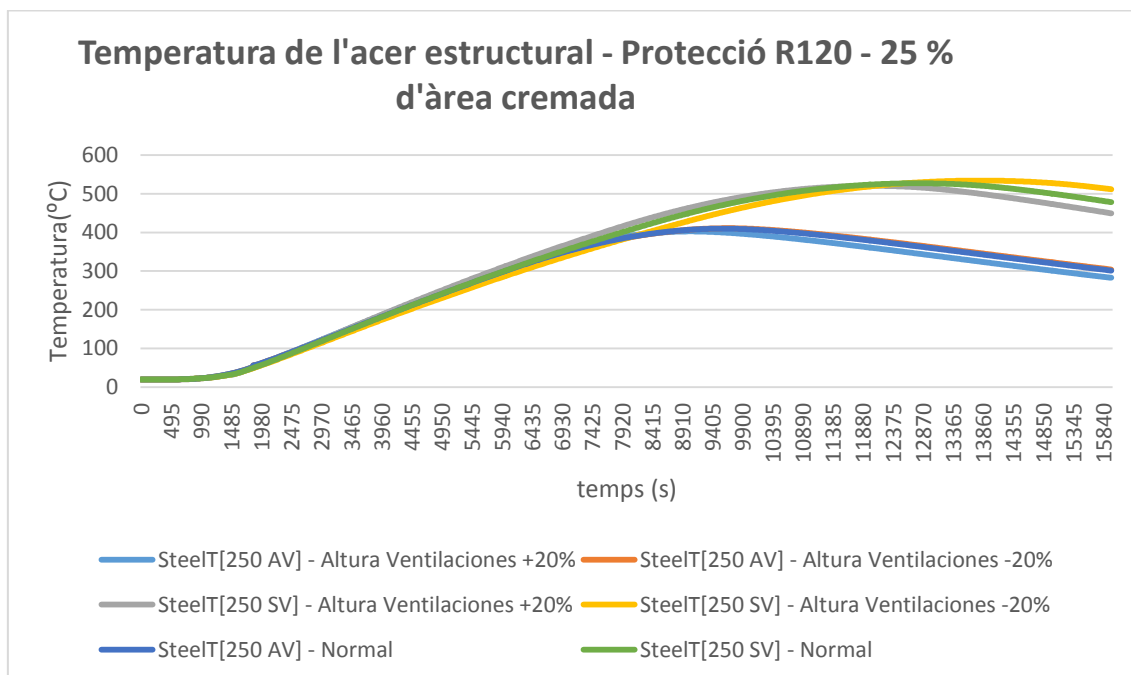


Figura 84 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R120.

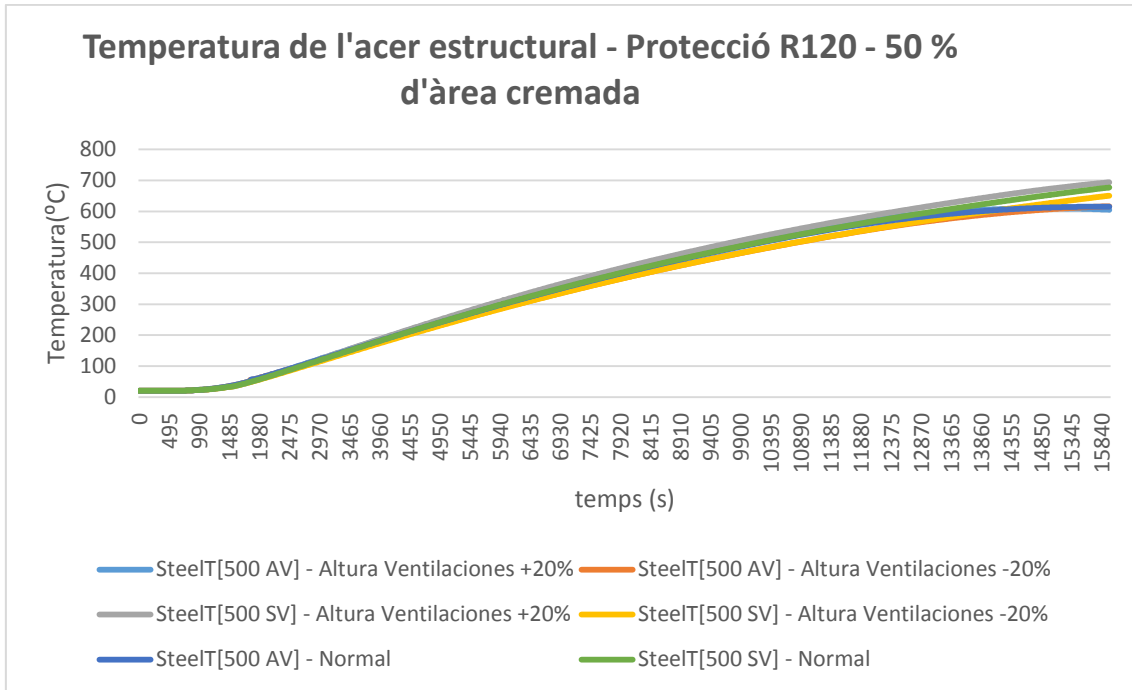


Figura 85 Escenari de Risc 3, 50% d'àrea cremada amb protecció R120.

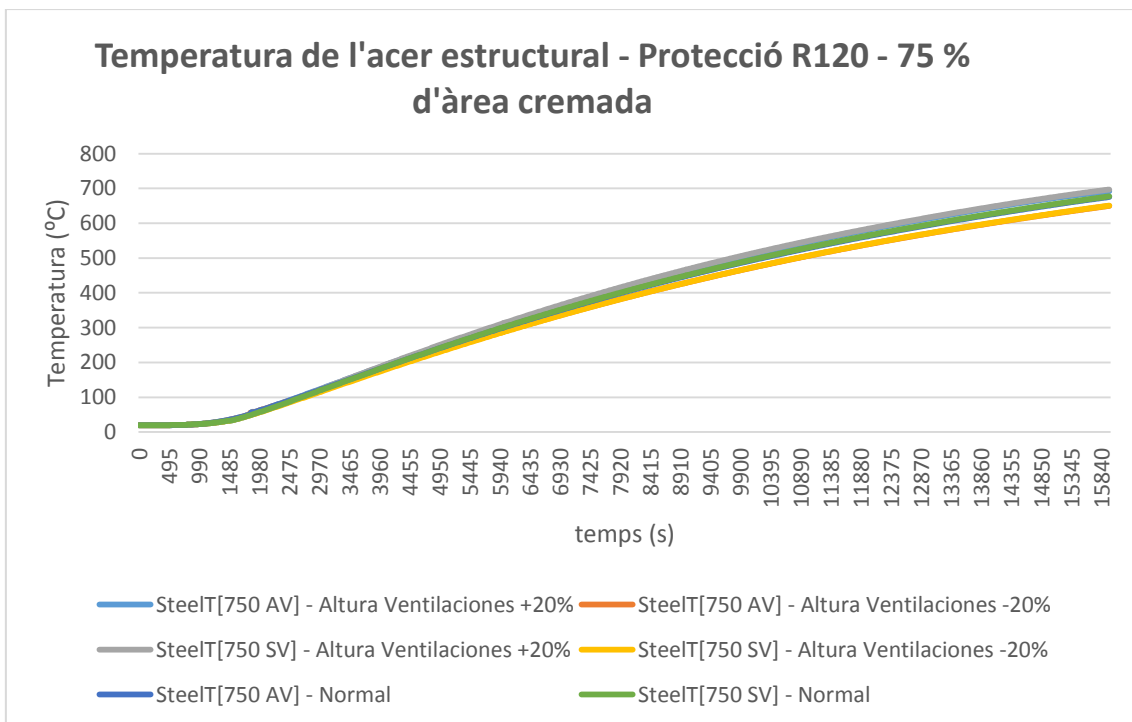


Figura 86 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R120.

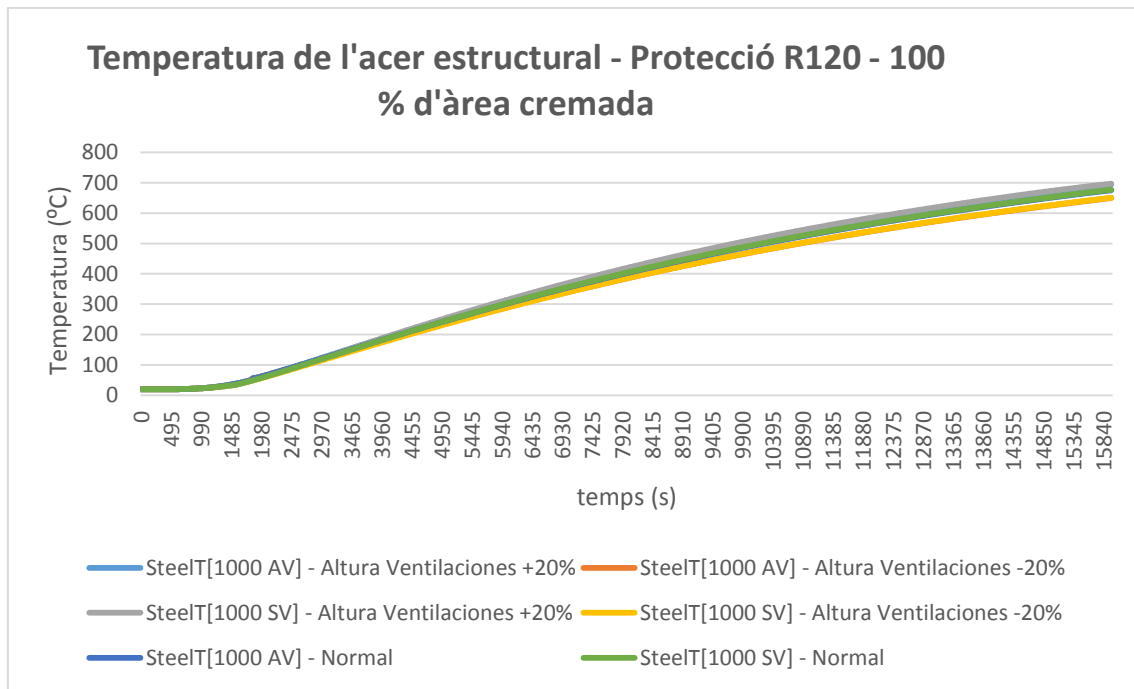


Figura 87 Escenari de Risc 3, 100% d'àrea cremada amb protecció R120.

RISC 3 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

Altre com segueix sent el factor més determinant. S'observa tant el desfasament com la diferència de temperatures. Figures 88 a 91.

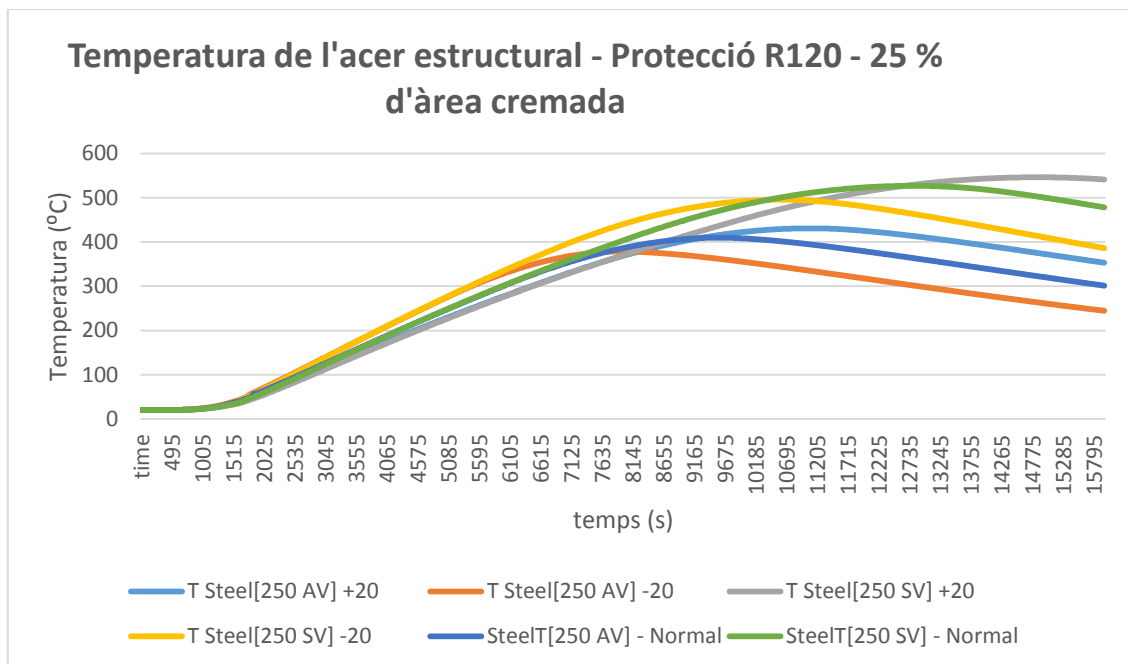


Figura 88 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R120.

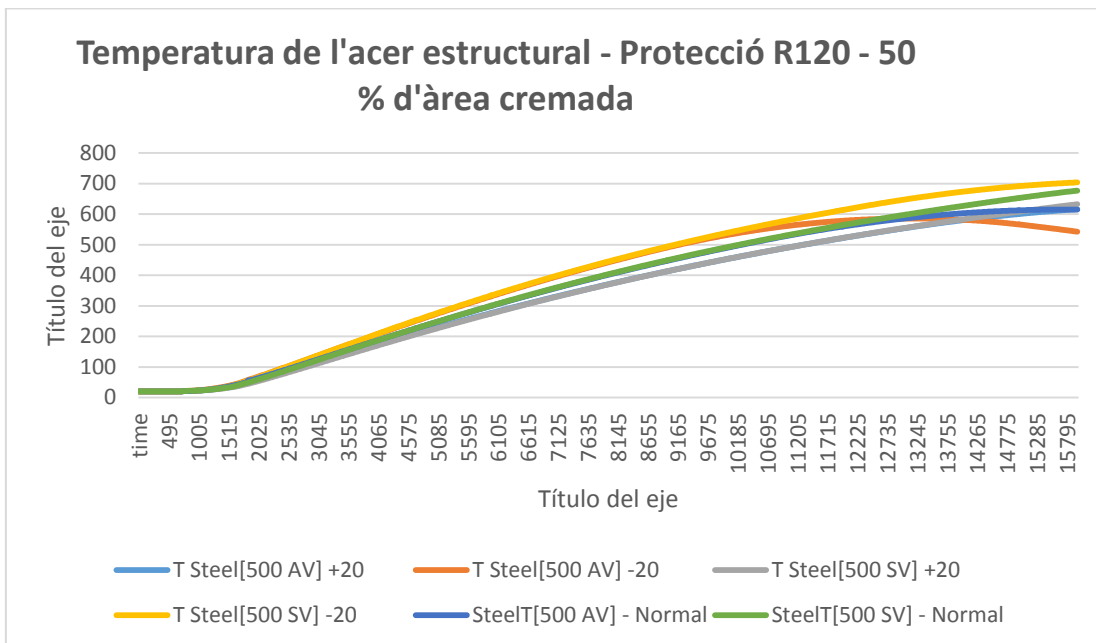


Figura 89 Escenari de Risc 3, 50% d'àrea cremada amb protecció R120.

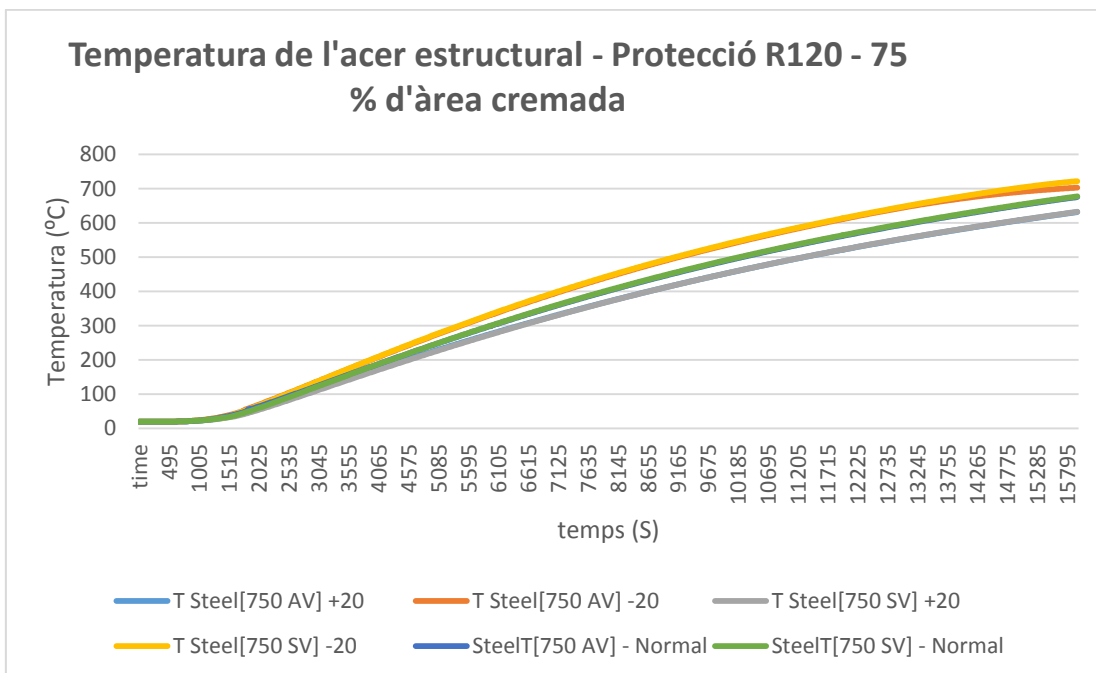


Figura 90 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R120.

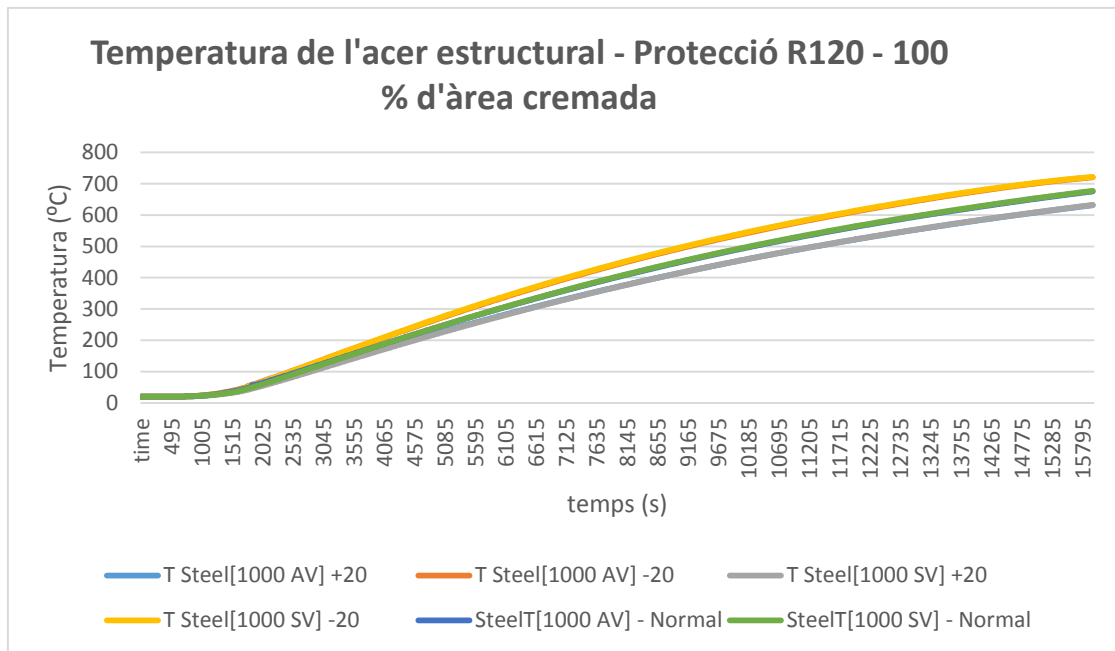


Figura 91 Escenari de Risc 3, 100% d'àrea cremada amb protecció R120.

RISC 3 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

Com s'ha fet en tots els casos anteriors, s'ha aplicat la discontinuïtat de línies per poder diferenciar els escenaris amb ventilació forçada d'aquells que no tenen cap sistema de ventilació forçada. Veure les figures 92 a 95.

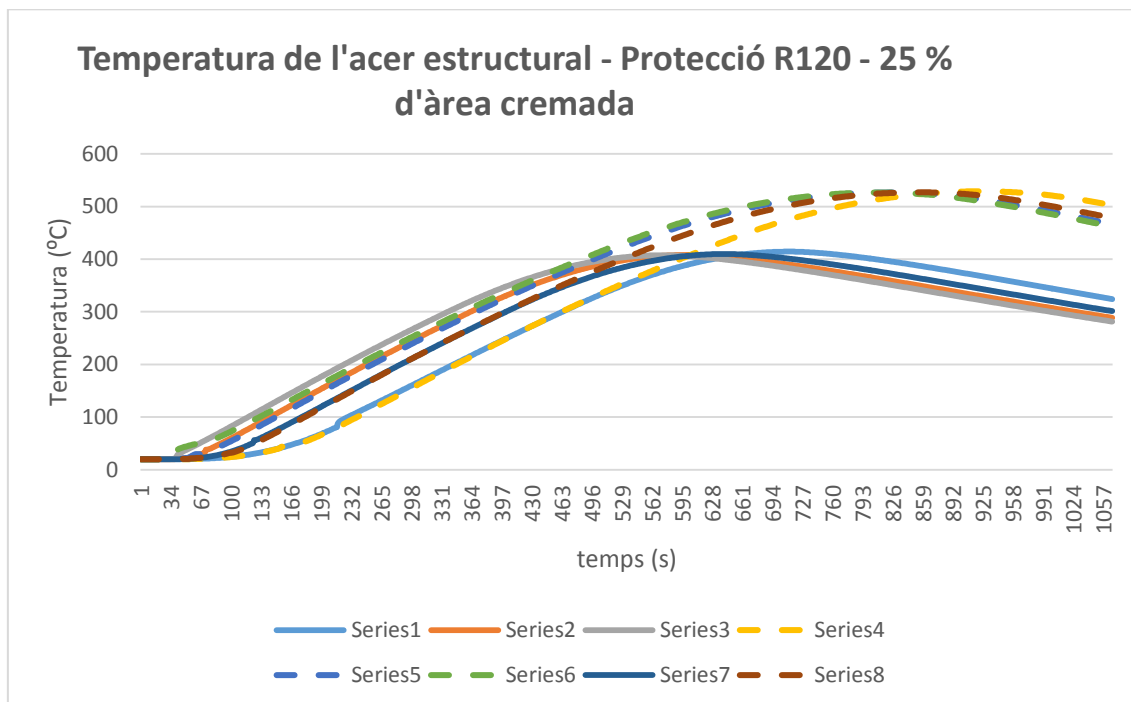


Figura 92 Escenari de Risc 3, 25% d'àrea cremada amb protecció R120.

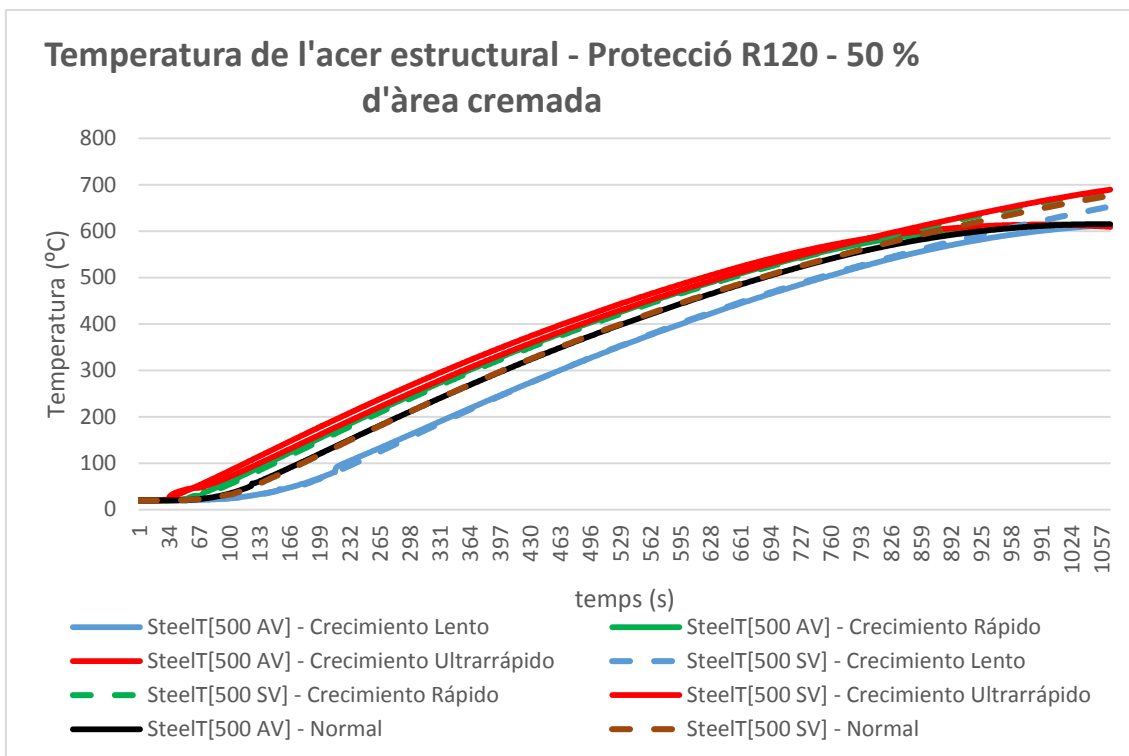


Figura 93 Escenari de Risc 3, 50% d'àrea cremada amb protecció R120.

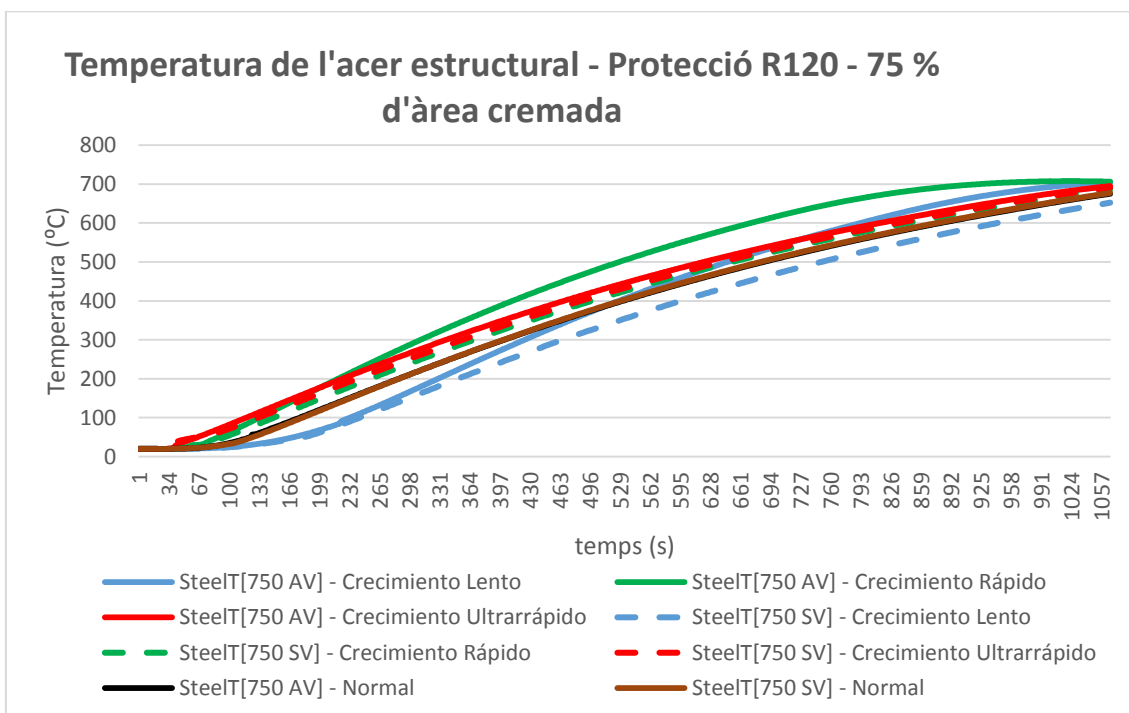


Figura 94 Escenari de Risc 3, 75% d'àrea cremada amb protecció R120.

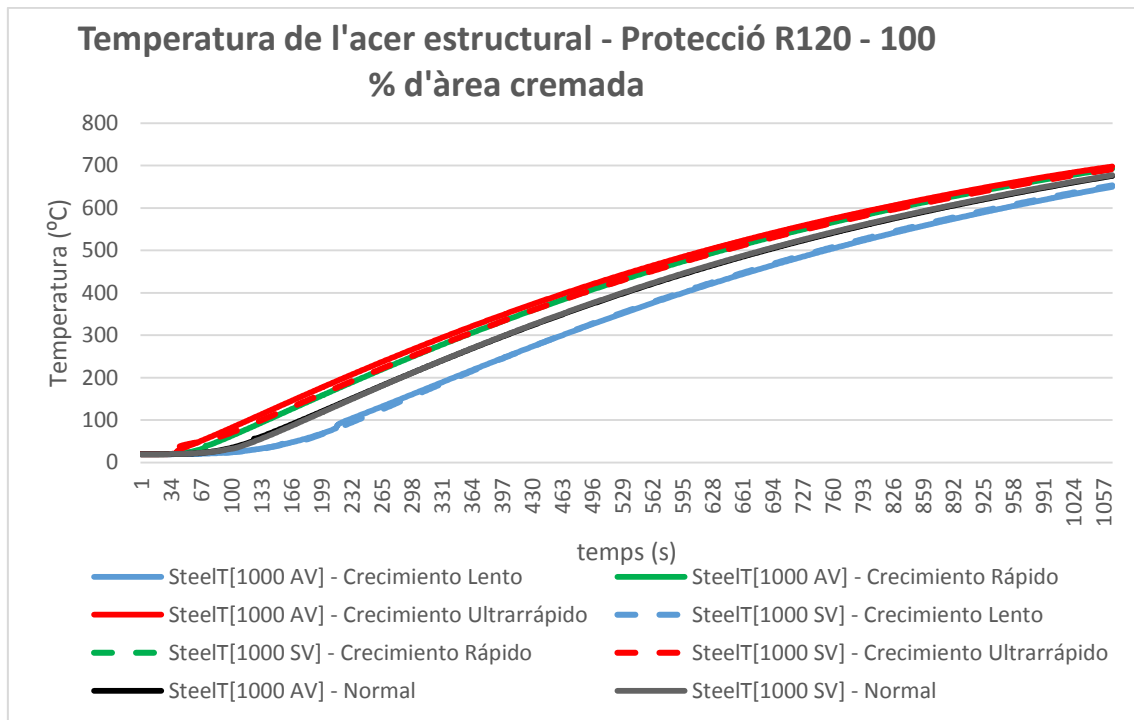


Figura 95 Escenari de Risc 3, 100% d'àrea cremada amb protecció R120.

Treball de Fi de Grau

GETI

Simulació d'Incendis en Naus Industrials mitjançant Ozone

**ANNEX 2: Gràfiques de Temperatures de la Capa Calenta Risc 1,
Risc 2, Risc 3**

Autor: Arnau Molas Peix

Director/s: Mario Miguel Valero Pérez i Eulàlia Planas Cuchí

Convocatòria: Setembre 2016

Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



INTRODUCCIÓ A L'ANNEX

Aquest annex conté el conjunt de gràfiques que comprenen les simulacions efectuades sobre els diferents escenaris mostrats a la memòria d'aquest projecte: Simulació d'Incendis mitjançant Ozone.

Aquestes gràfiques representen la corba característica de temperatura de la capa calenta ("upper layer") de l'incendi, que acaba essent la que preval enfront la capa freda degut a la configuració del simulador. Cada gràfica compara el valor de l'escenari en qüestió sense cap modificació amb les modificacions pertinents.

Per a cada conjunt de gràfiques s'afegeix un comentari per tal d'argumentar algun punt concret o anomalies que puguin aparèixer.

En cada gràfica, apareix un títol, el qual pot venir acompanyat de un valor juntament amb una paraula formada per dos majúscules "SV"/"AV".

- El valor, que pot ser 250, 500, 750 o 1000 fa referència als metres quadrats (m²) afectats per l'incendi. És a dir, el 25%, 50%, 75% i 100% d'àrea cremada.

Per altra banda, les sigles volen referenciar el següent:

SV vol dir: Sense Ventilació forçada.
AV vol dir: Amb Ventilació forçada.

Contingut

INTRODUCCIÓ A L'ANNEX	1
TEMPERATURES DEL GAS (AMBIENT) DEL RECINTE CONFINAT – RISC DE NIVELL 1.....	3
RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	3
RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	7
RISC 1 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	11
RISC 1 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	15
TEMPERATURES DEL GAS (AMBIENT) DEL RECINTE CONFINAT – RISC DE NIVELL 2.....	18
RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	18
RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	22
RISC 2 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	27
RISC 2 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	31
TEMPERATURES DEL GAS (AMBIENT) DEL RECINTE CONFINAT – RISC DE NIVELL 3.....	34
RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU.....	34
RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS.....	38
RISC 3 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU	42
RISC 3 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT	47

TEMPERATURES DEL GAS (AMBIENT) DEL RECINTE CONFINAT – RISC DE NIVELL 1

En aquest apartat es mostren les simulacions efectuades sobre Risc 1. Com s'expressa en la memòria, els escenaris de risc 1 presenten temperatures favorables per tal d'intentar assimilar les naus industrials de tipus A horitzontals a la normativa referent a naus B.

RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

Aquest apartat està format per les figures 1-8. El factor alçada de la nau s'ha mostrar rellevant per als escenaris de Risc 1, influint en el valor de les temperatures màximes finals. Observem que les corbes característiques són les mateixes i gairebé no varia el temps en el qual s'assoleix aquest màxim. Les gràfiques que representen aquest escenari són les següents:

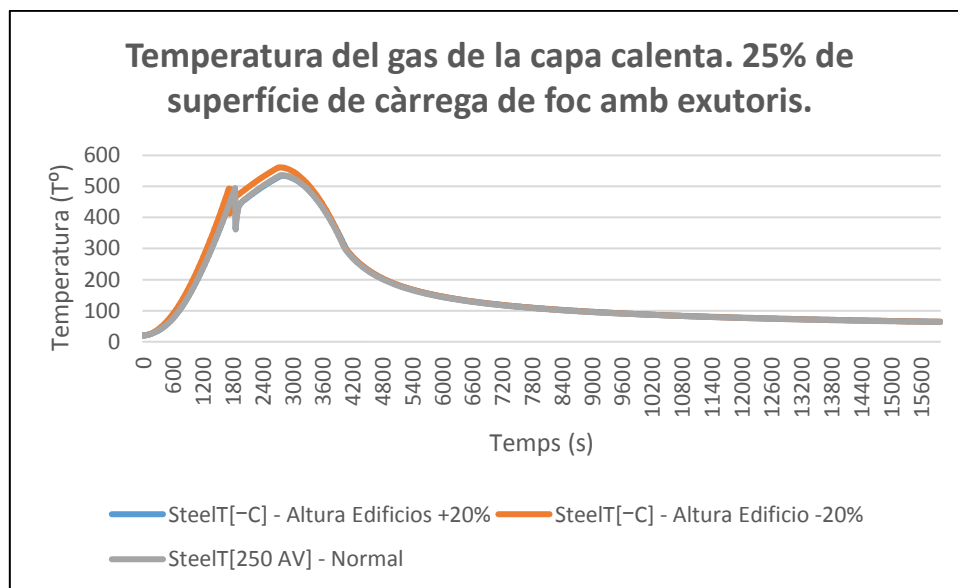


Figura 1 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

Com es pot observar, amb un % d'àrea cremada tant petita i amb sistema de ventilacions forçades preparat, l'incendi té una durada molt curta, conformat per una etapa de creixement de 30 minuts i una fase on l'incendi acaba de desenvolupar-se curta, assolint el màxim aproximadament als 50 minuts. És un incendi molt ràpid però amb temperatures relativament baixes.

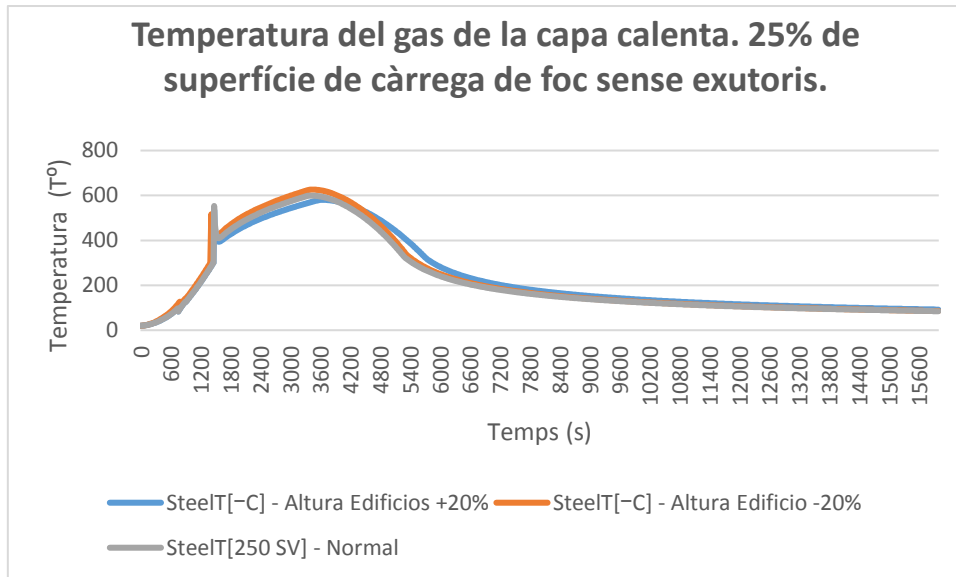


Figura 2 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

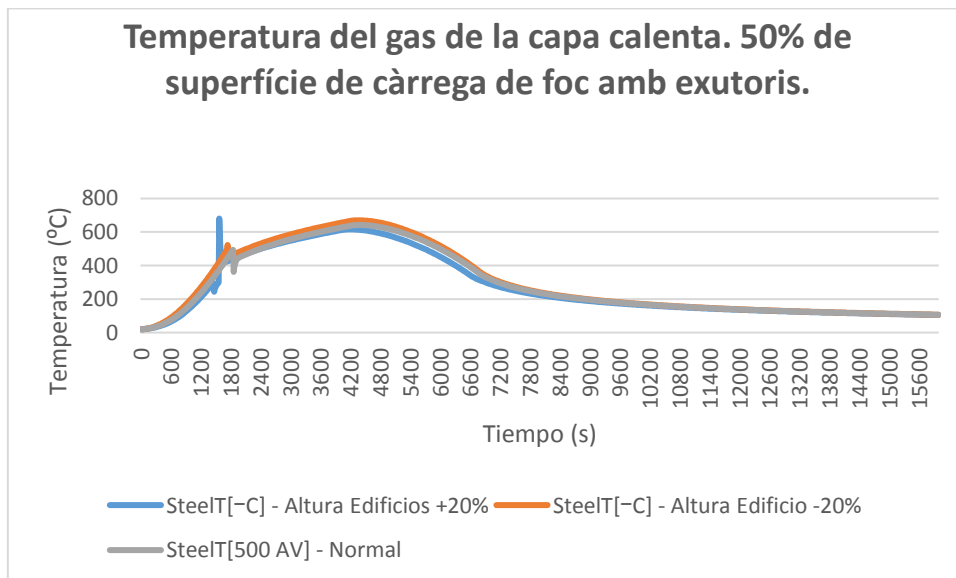


Figura 3 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

Com es pot observar, a mesura que s'augmenta el % d'àrea cremada, les etapes de l'incendi tenen una durada més prolongada, ocasionant un incendi de més llarga durada. El fet de no estar coberts amb un sistema de ventilació forçada fa augmentar notablement la temperatura de la capa calenta de gasos (capa de fums).

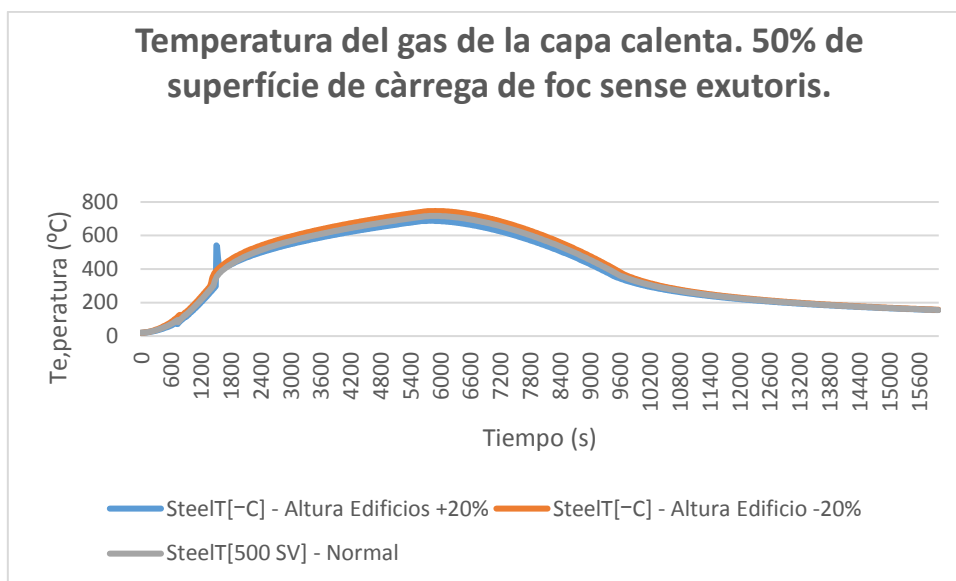


Figura 4 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

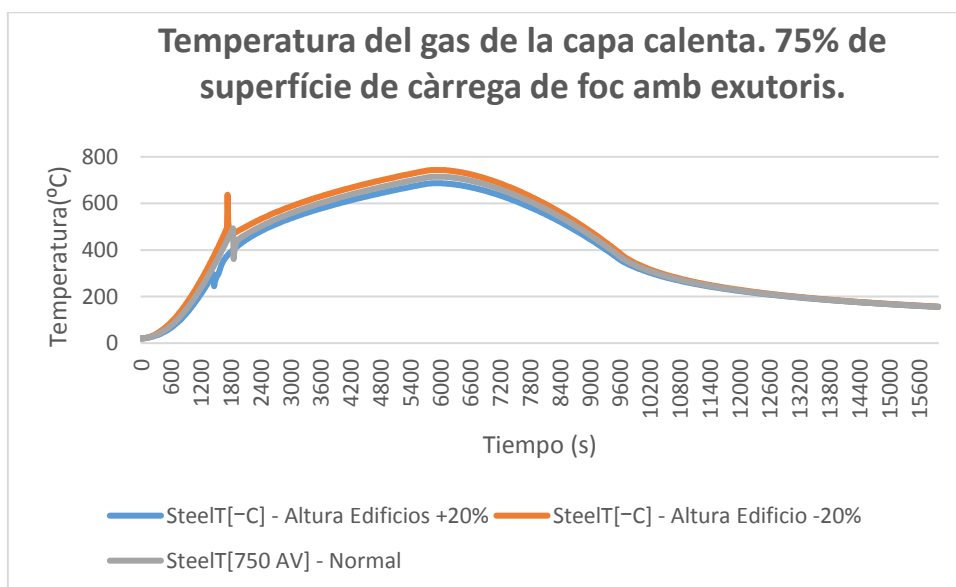


Figura 5 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

Amb un 75% de l'àrea cremant, s'observa com l'incendi es desenvolupa fins a assolir la temperatura màxima al cap d'aproximadament 100 minuts. S'observen pics a l'etapa de creixement, fenomen que es deu per el canvi de model del sistema del simulador, essent l'etapa d'incendi totalment desenvolupat únicament representada per la capa calenta ("upper layer").

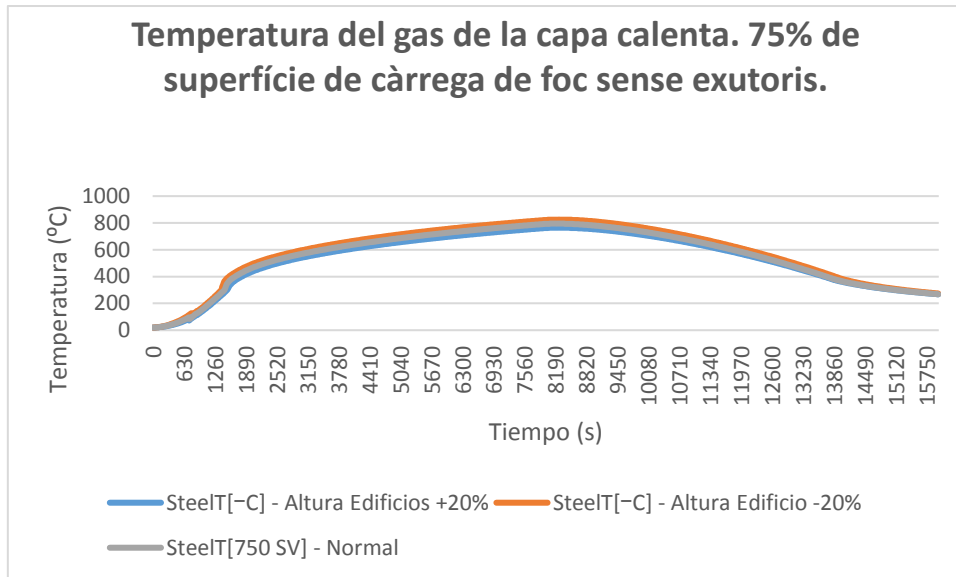


Figura 6 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

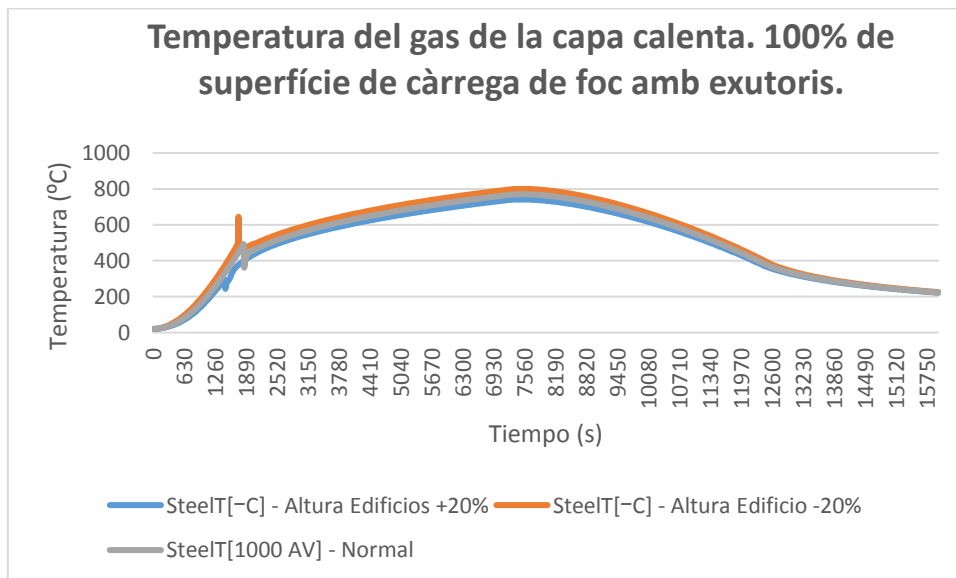


Figura 7 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

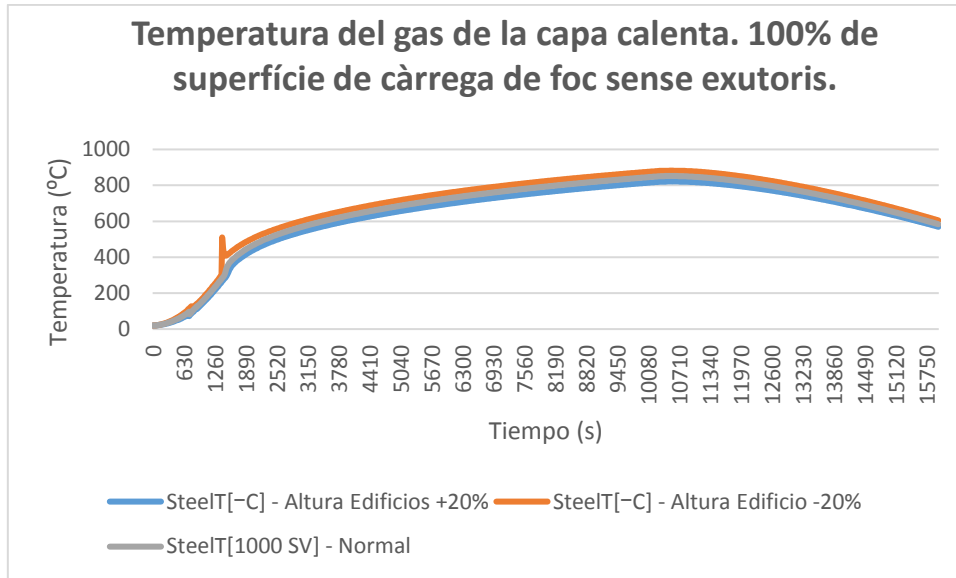


Figura 8 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

RISC 1 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

Aquest apartat està format per les figures compreses entre 9-16. Com es pot observar, el factor alçada de les ventilacions és un factor d'anàlisi que no afecta notablement pel que fa a la temperatura, tot i que conforme augmenta el percentatge d'àrea cremada, s'observa com les corbes característiques no assoleixen el màxim valor en el mateix instant de temps.

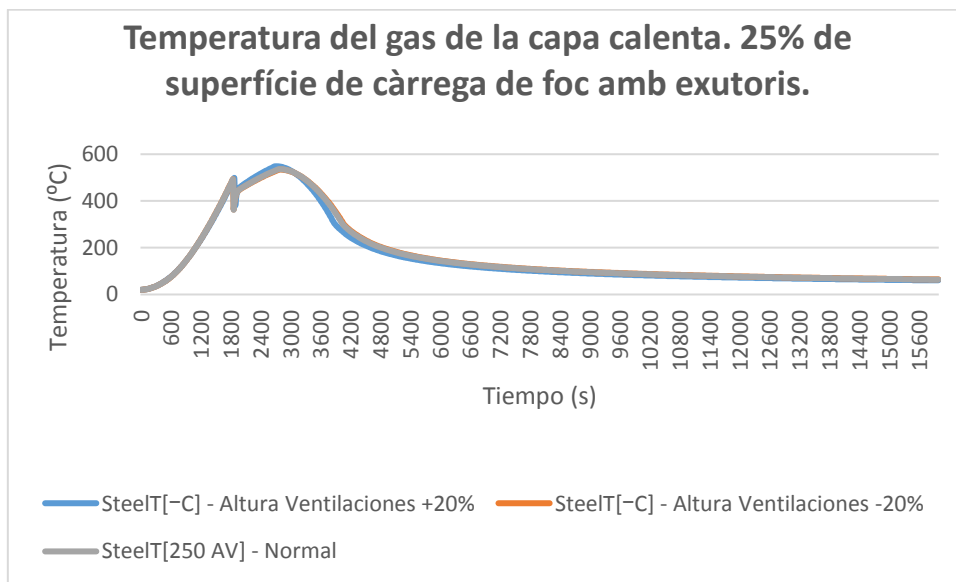


Figura 9 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

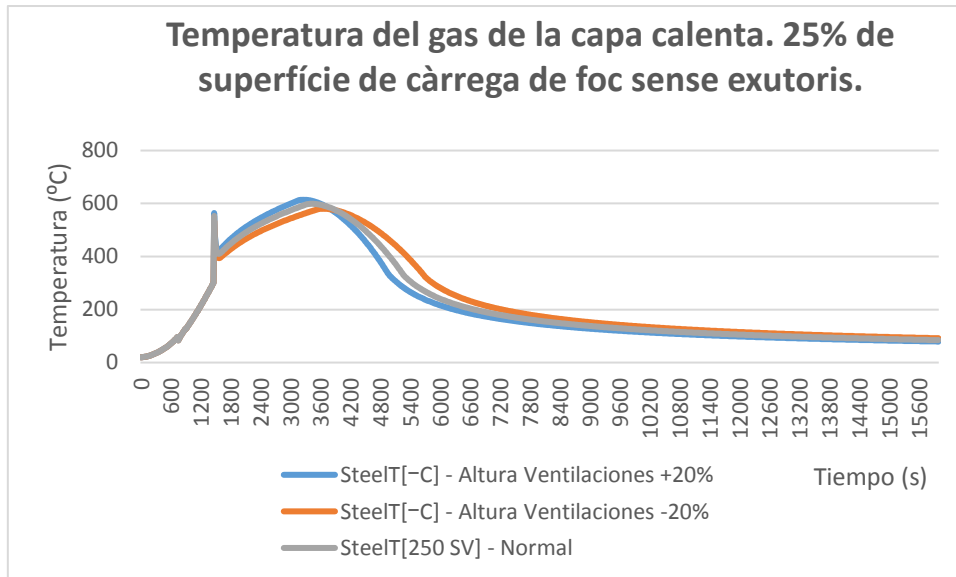


Figura 10 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

S'observa (fig.11) petites diferències per a assolir el màxim.

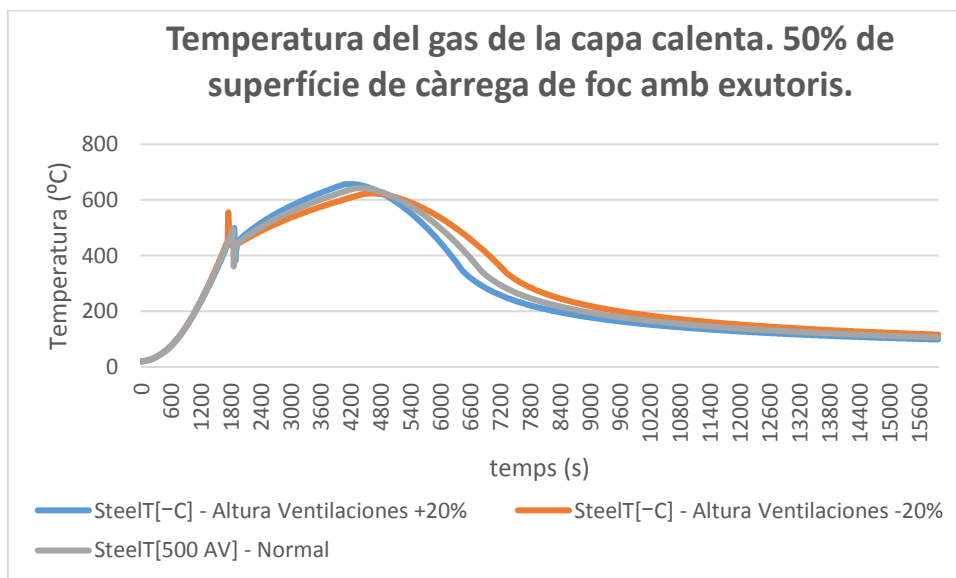


Figura 11 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

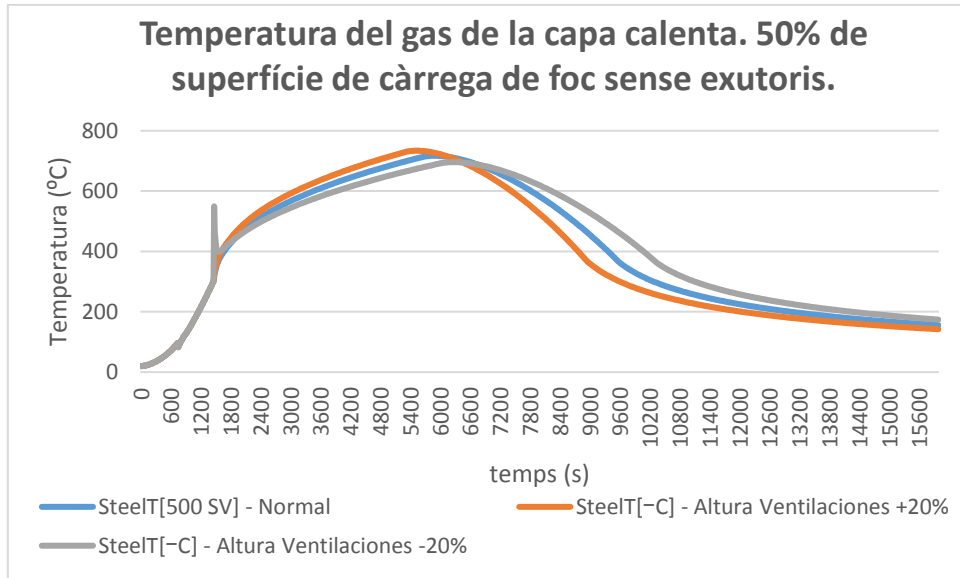


Figura 12 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

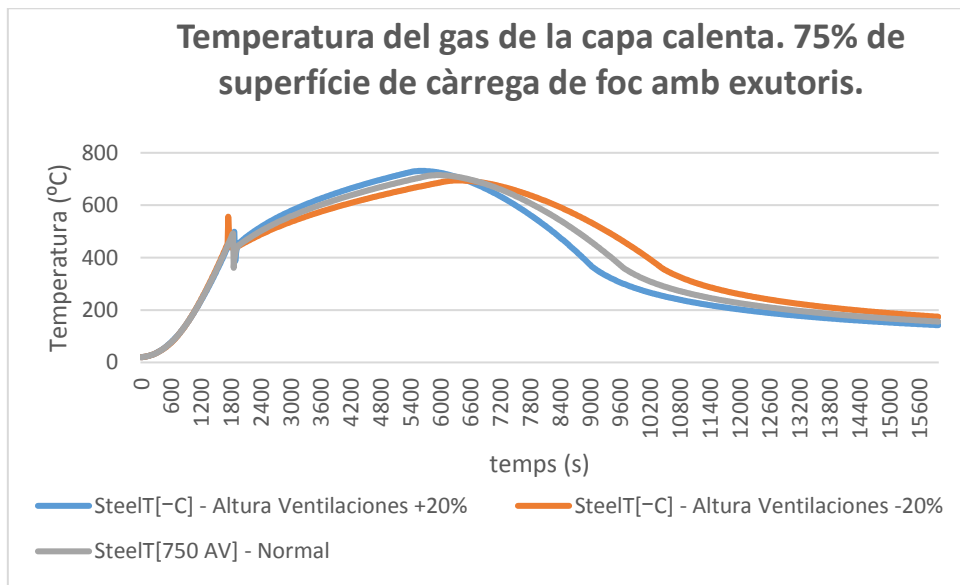


Figura 13 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

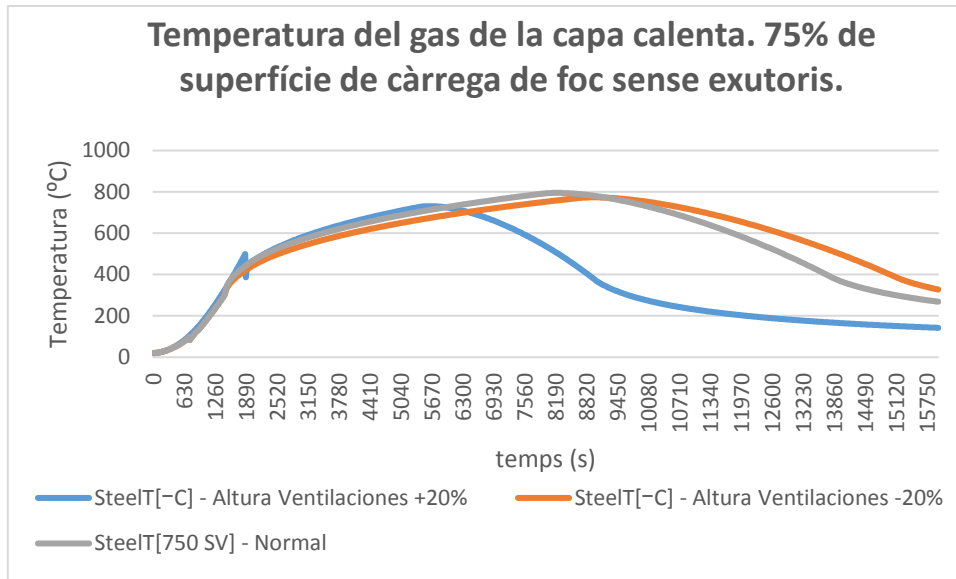


Figura 14 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

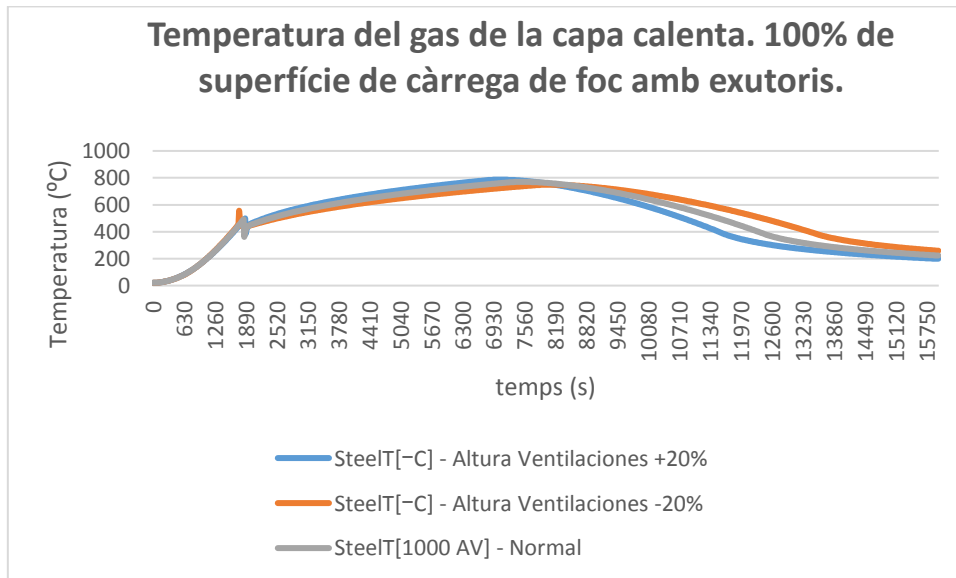


Figura 15 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

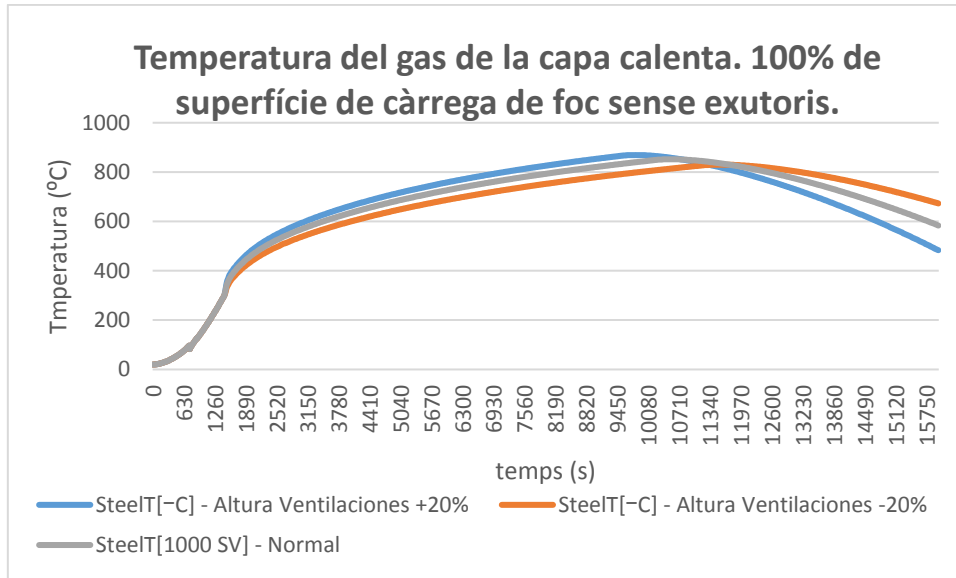


Figura 16 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

RISC 1 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

Aquest apartat comprèn les figures 17-24. És el factor que ocasiona més diferències entre les corbes característiques de temperatura de la capa calenta entre escenaris observant fortes diferències de temperatura i diferències en el desenvolupament de l'incendi.

Com es veurà al llarg de les següents figures, el comportament general és que a més superfície en planta de la nau, més a poc a poc es desenvolupa l'incendi (etapa de creixement més llarga) i menys temperatura assoleix. Aquest fenomen es pot deure (com també s'expressa en la memòria) del fet de reduir combustible quan es redueix l'àrea de la nau.

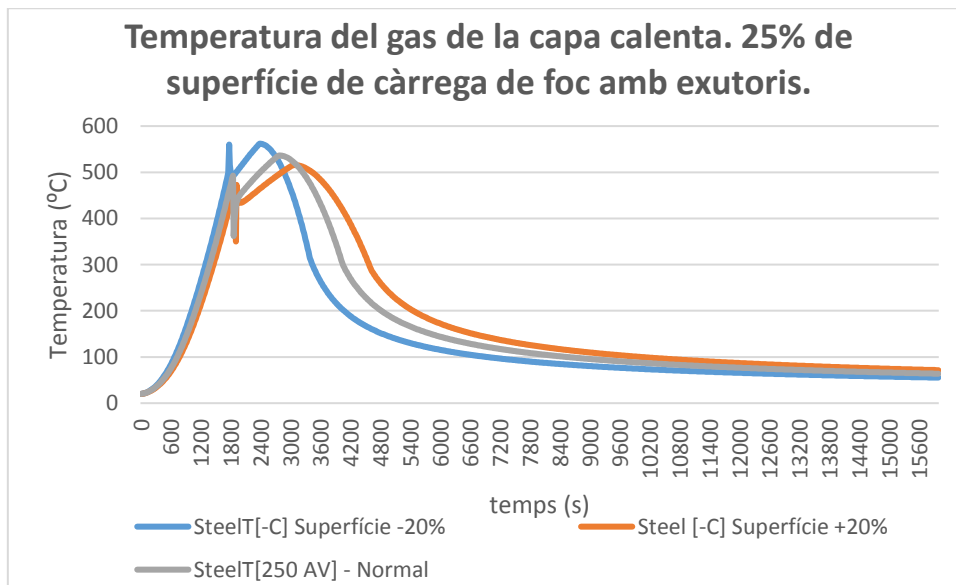


Figura 17 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

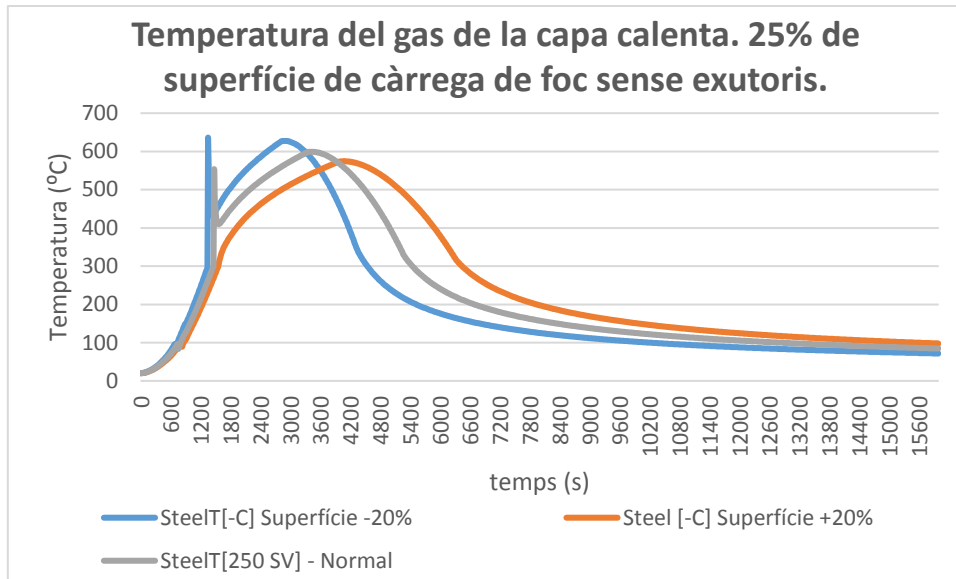


Figura 18 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

Cal observar (fig.18) com la diferencia de temps fins que s'assoleix el màxim entre una nau industrial de 800 m² i una altra de 1200 m² és d'aproximadament 1200 segons (uns 20 minuts). És a dir, apareix un espai de temps considerable el qual els tècnics de prevenció d'incendis podrien valorar si podria suposar un condicionant a tenir en compte per al control de l'incendi.

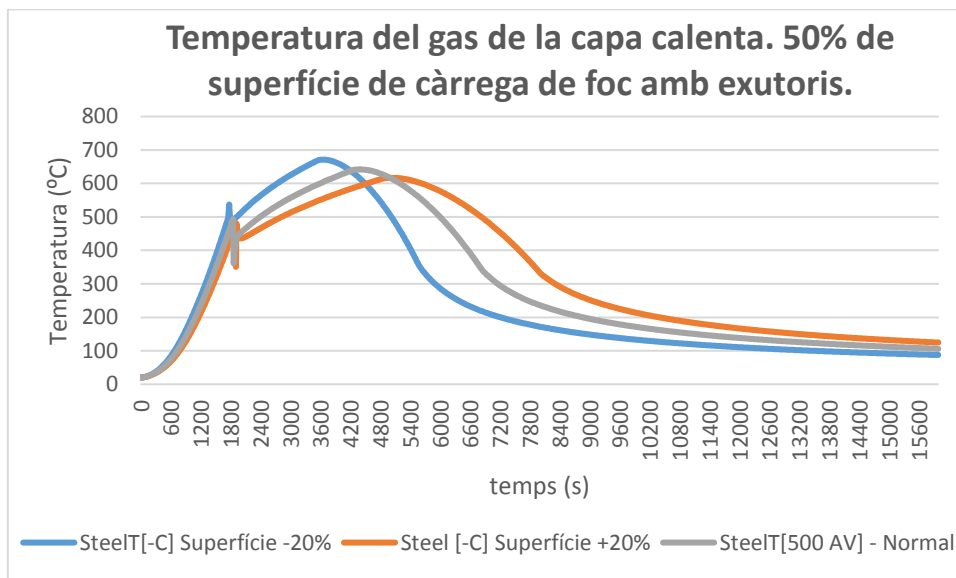


Figura 19 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

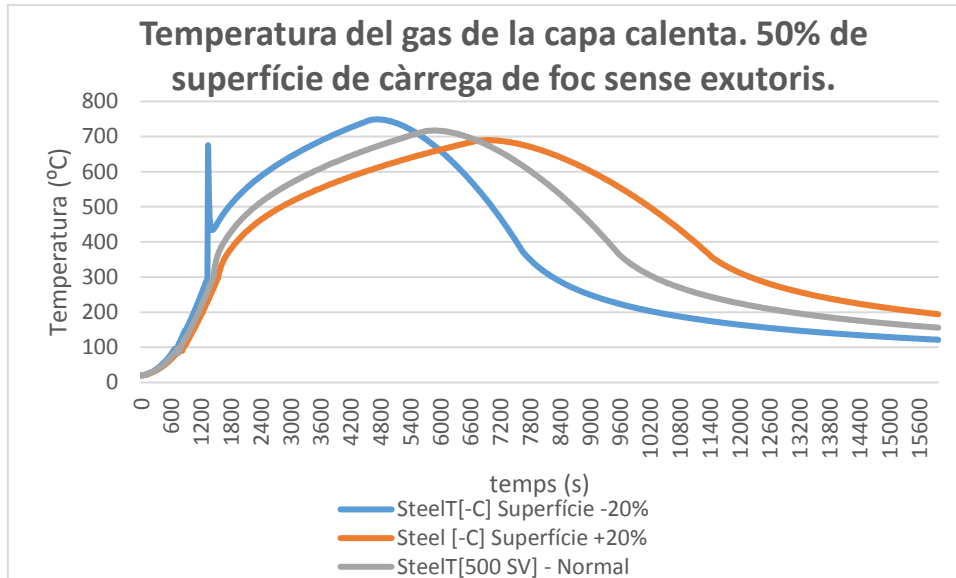


Figura 20 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

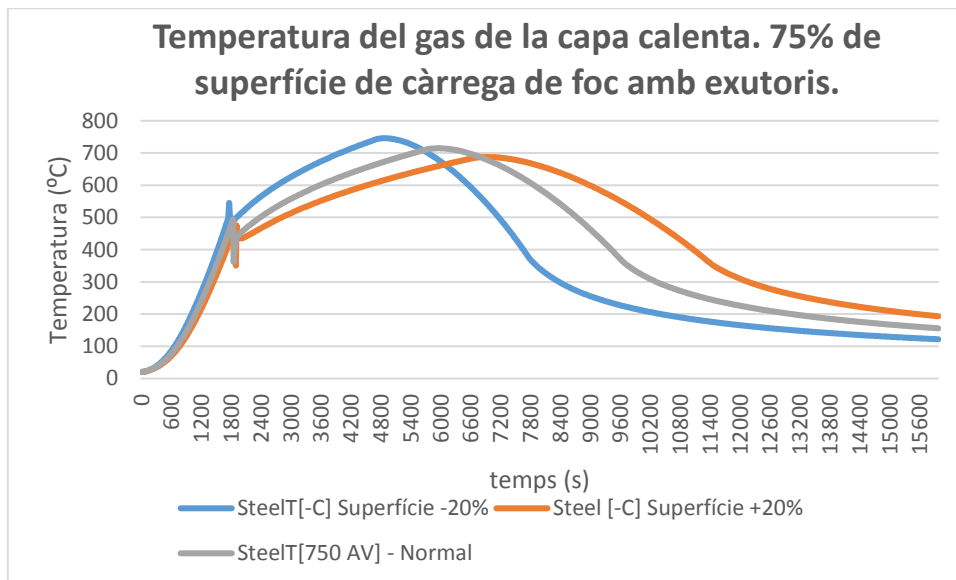


Figura 21 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

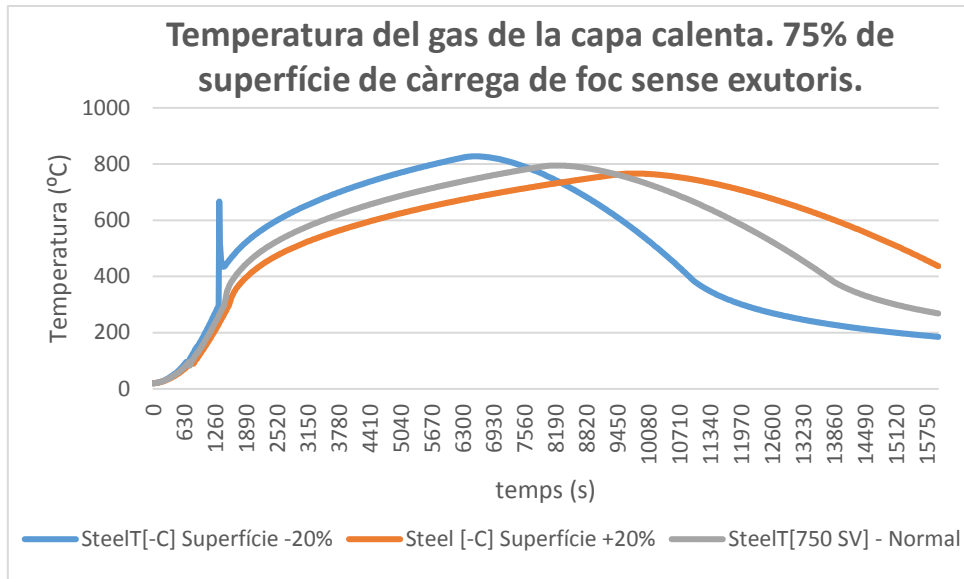


Figura 22 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

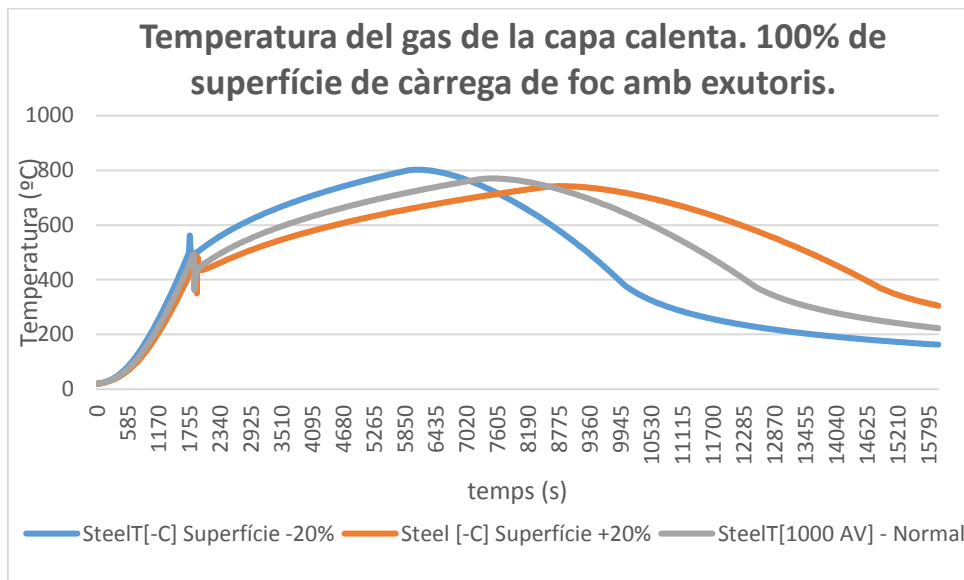


Figura 23 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

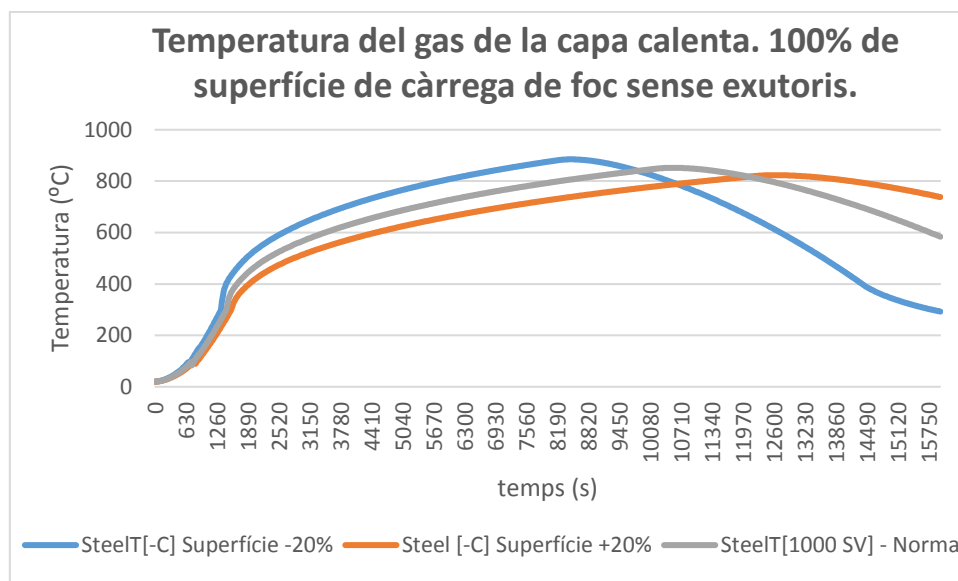


Figura 24 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

RISC 1 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

Com es pot observar, les primeres 4 figures representen el conjunt de simulacions en cada velocitat de creixement diferent executable amb el simulador. En aquestes es pot observar com cada simulació segueix la mateixa fase de creixement i quan més % d'àrea cremada existeix a la nau industrial, més llarga és la fase de desenvolupament per a tenir l'incendi totalment desenvolupat.

Conté les figures 25-28.

Com es pot observar, conforme augmenta la velocitat de creixement, l'incendi es desenvolupa (i creix) més ràpid. Aquest fet repercuteix directament sobre les dues fases (el creixement i l'etapa la qual l'incendi es troba totalment desenvolupat) fent-les també més curtes.

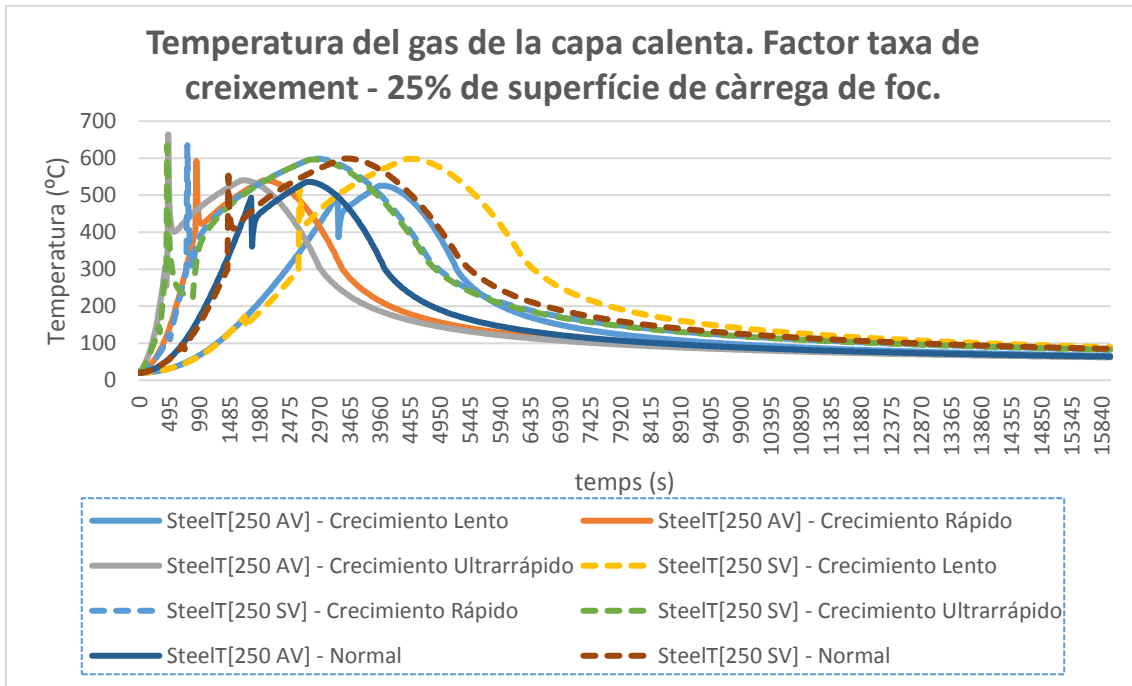


Figura 25 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 25% d'àrea cremada. Modelització de la corba segons tipus de creixement.

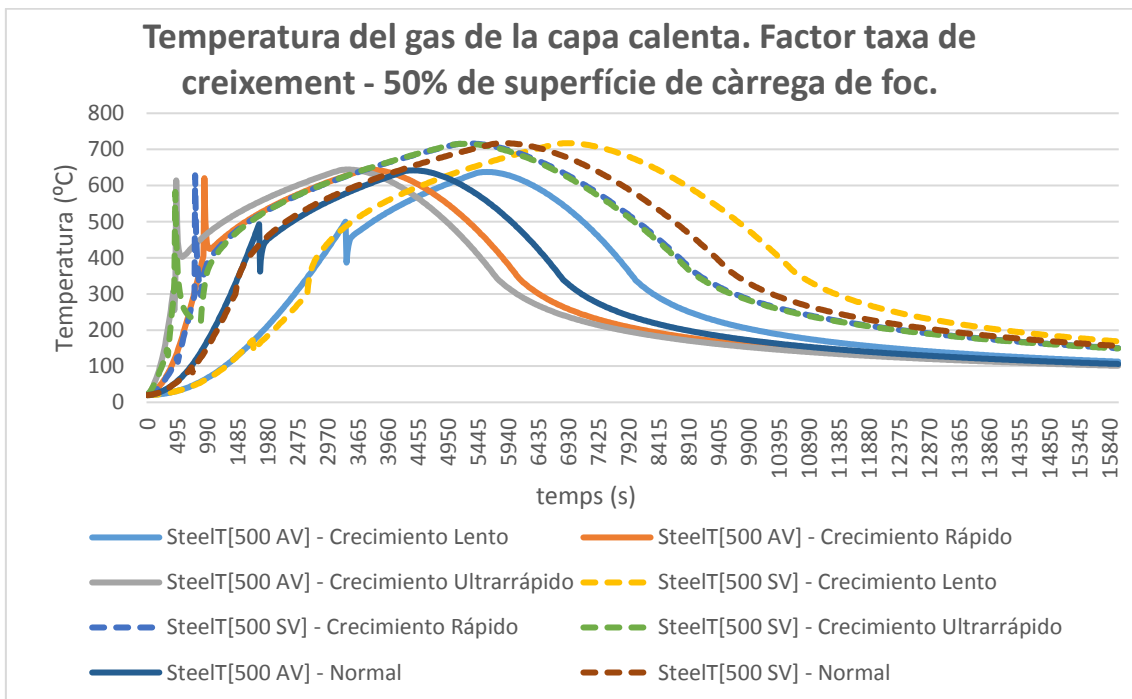


Figura 26 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 50% d'àrea cremada. Modelització de la corba segons tipus de creixement.

Aquest conjunt de figures (fig.28-31) no mostren més que les diferències observables sobre sistemes amb i sense ventilació, essent els últims els que assolixen una temperatura més alta en la seva capa calenta.

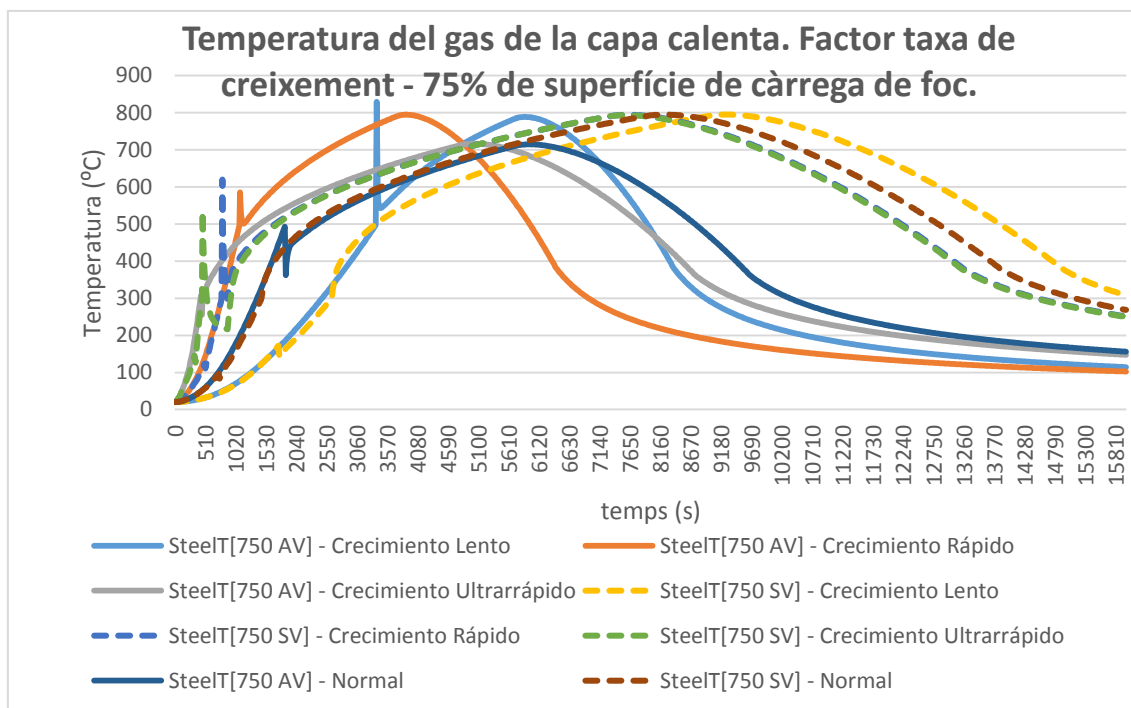


Figura 27 Temperatura de la capa caliente. Escenari de risc 1 amb un 75% d'àrea cremada. Modelització de la corba segons tipus de creixement..

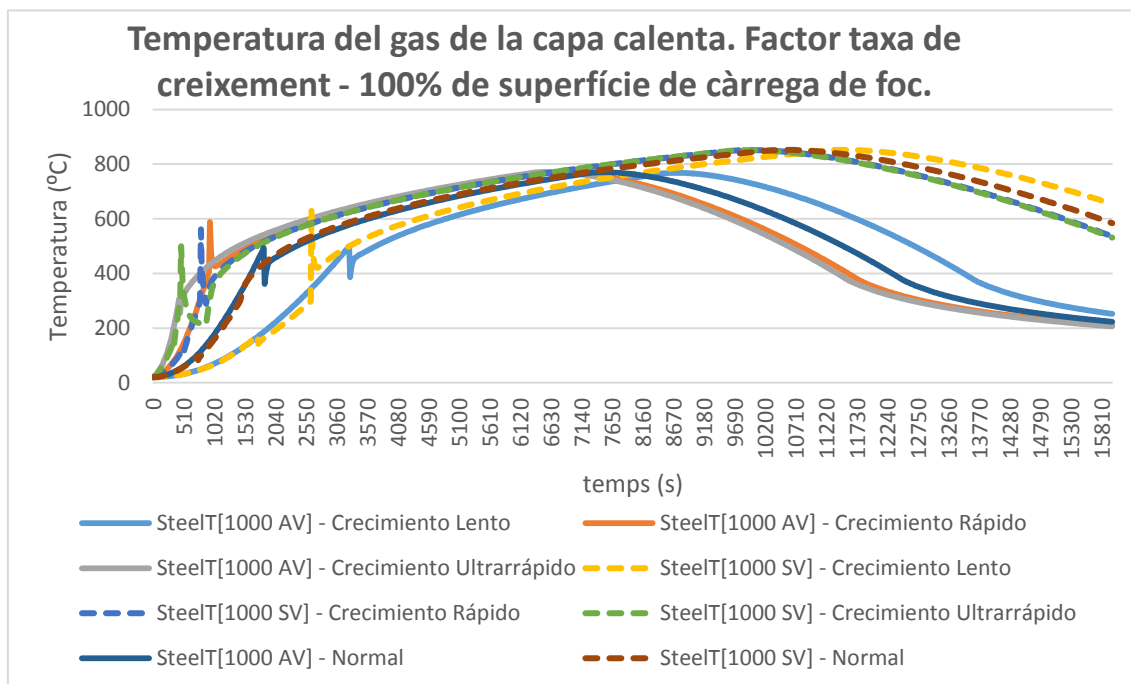


Figura 28 Temperatura de la capa caliente. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Modelització de la corba segons tipus de creixement..

TEMPERATURES DEL GAS (AMBIENT) DEL RECINTE CONFINAT – RISC DE NIVELL 2

En aquest apartat es mostren les gràfiques de les simulacions efectuades en l'escenari de risc 2. L'escenari de risc 2 majoritàriament mostra simulacions desfavorables. Com s'ha observat en l'annex 1, les temperatures que assolía l'estructura en la majoria de casos (sobretot sense ventilació forçada) superava els 550 °C límit. En el cas de les temperatures de la capa calenta, s'observarà un increment substancial de les temperatures, existint comportaments iguals o molt similars als que s'han observat a Risc 1 (no existeixen grans diferències).

RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

Aquest apartat està format per les figures 29-36. El factor alçada de la nau s'ha mostrar rellevant per als escenaris de Risc 2, influint d'una forma similar al fenomen observat en els escenaris de Risc 1, alterant el valor de les temperatures al llarg de la simulació, mantenint la corba característica sempre la mateixa forma. Observem que les corbes característiques són les mateixes i gairebé no varia el temps en el qual s'assoleix aquest màxim, essent superior quan més petita és l'alçada de la nau. El conjunt de gràfiques que representen les simulacions d'aquest escenari són les següents:

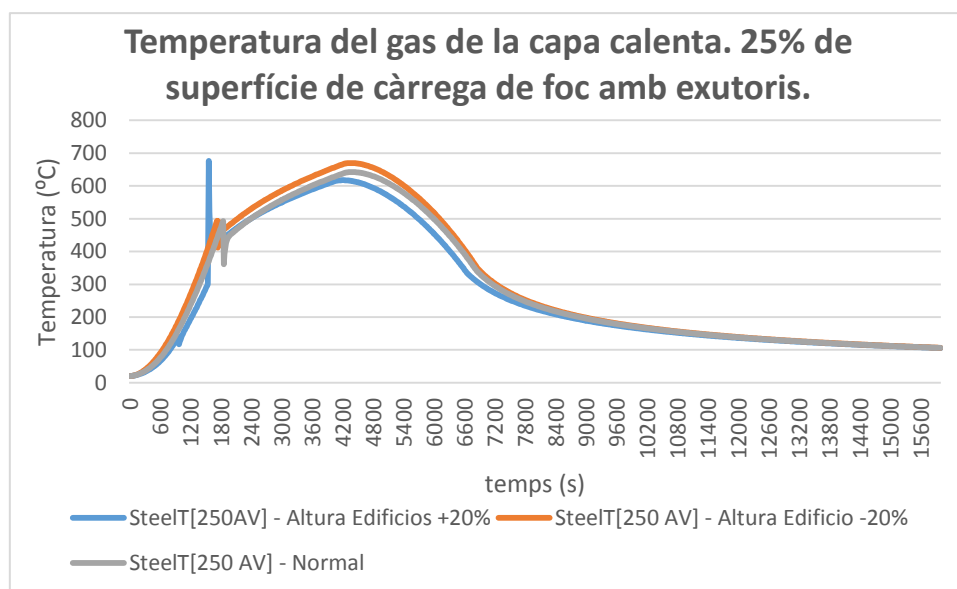


Figura 27 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

Recordatori: Com s'ha comentat en anterioritat, els pics mostrats al final de la fase de creixement són deguts al canvi de model que efectua el simulador.

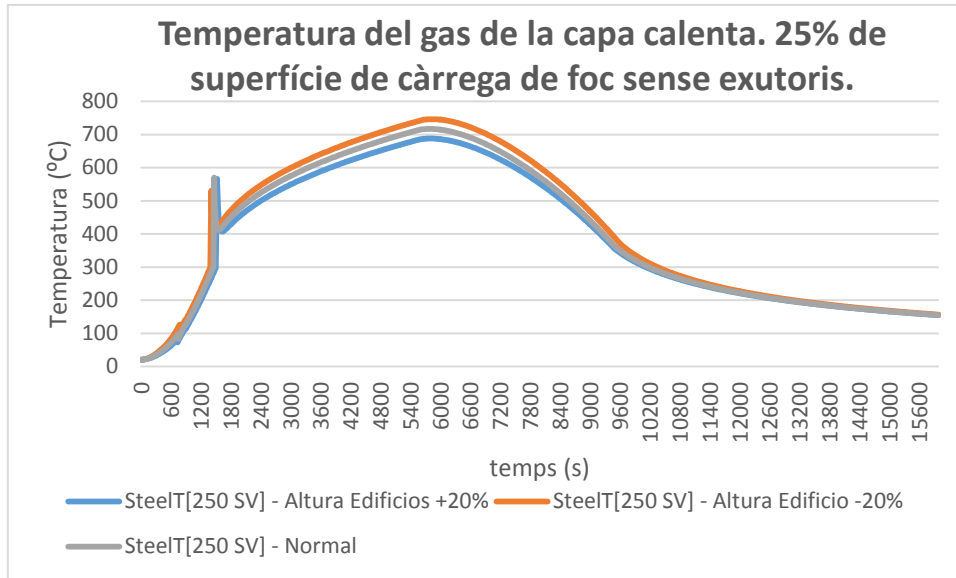


Figura 28 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

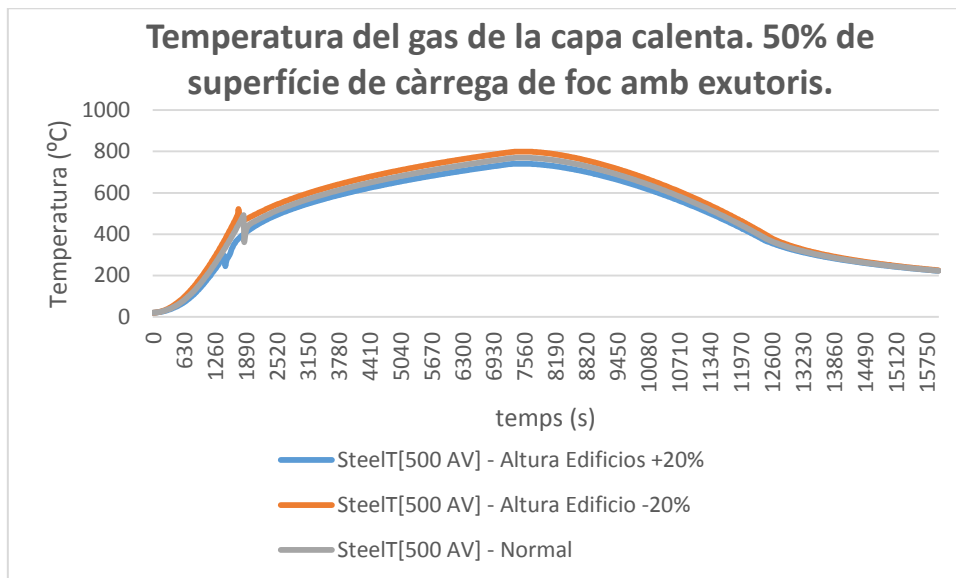


Figura 29 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

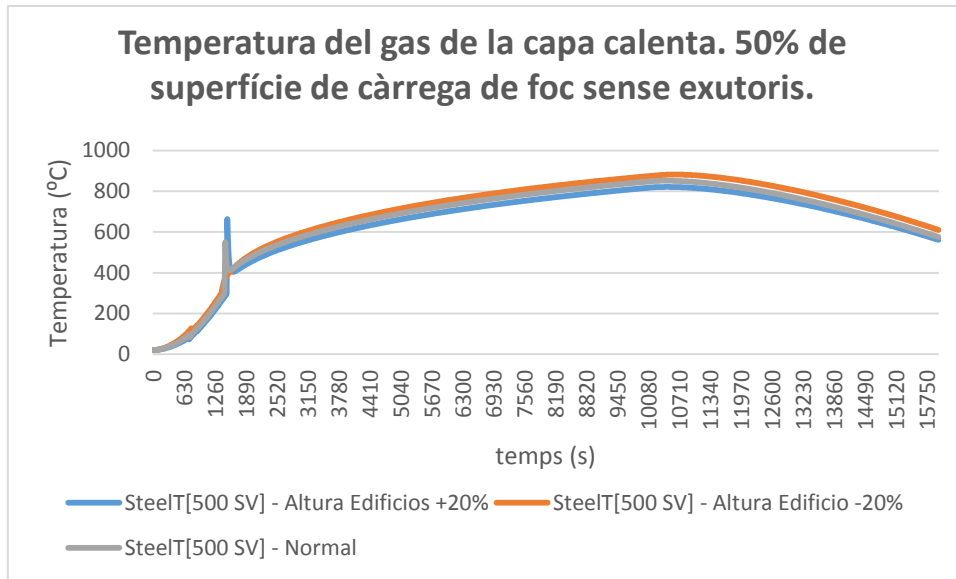


Figura 30 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

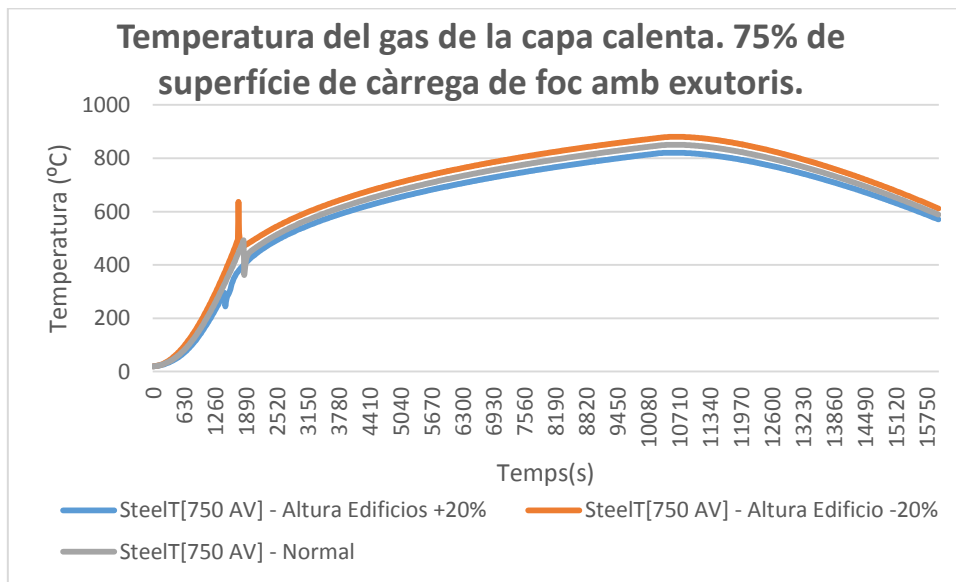


Figura 31 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

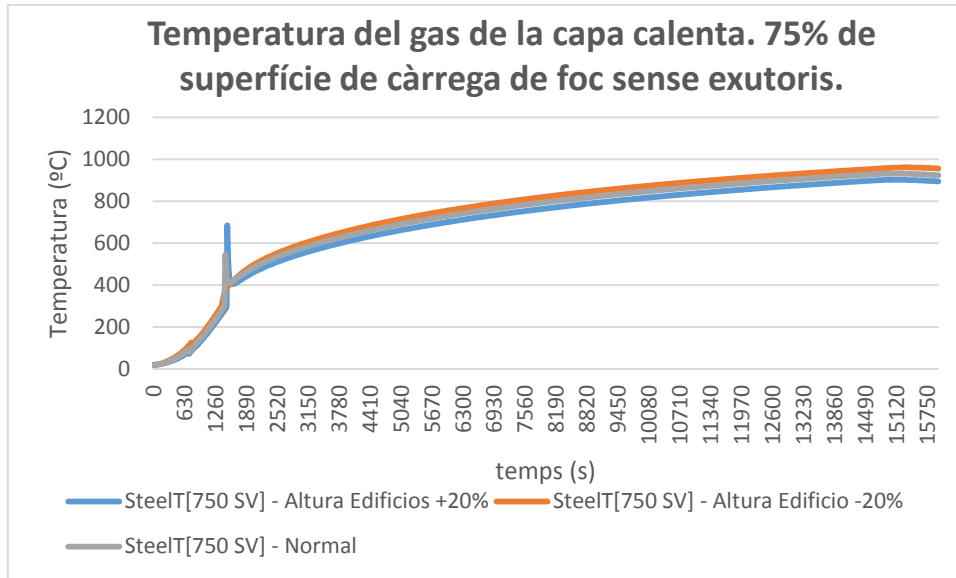


Figura 32 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

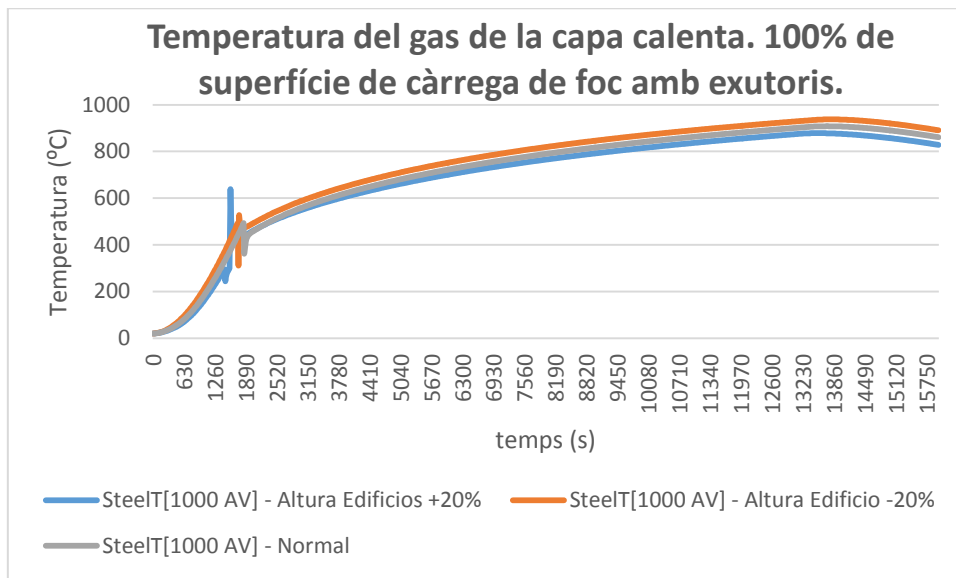


Figura 33 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

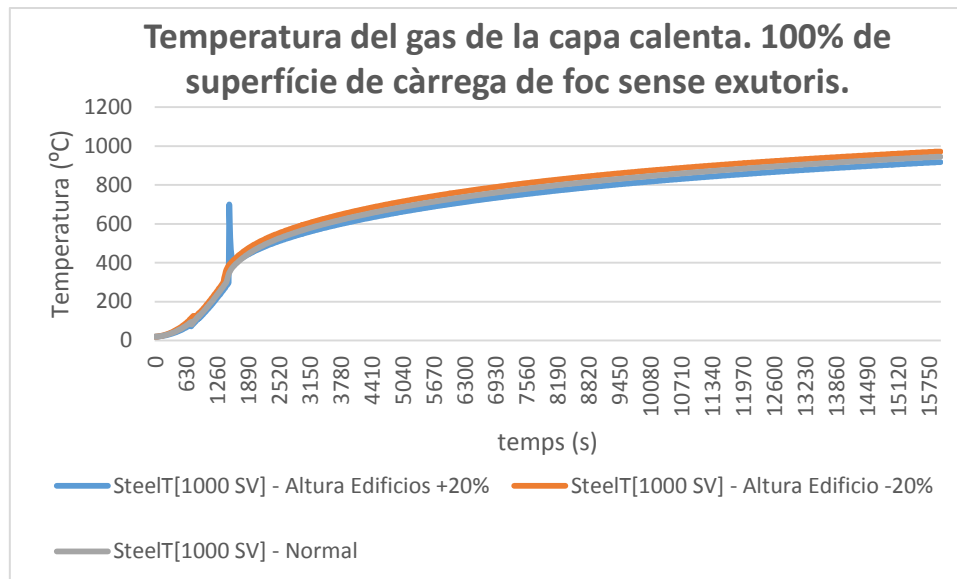


Figura 34 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

Com es pot observar, la caracterització de la corba de temperatures és idèntica a la mostrada als escenaris de Risc 1. Per altra banda, es pot observar que a l'augmentar l'àrea cremada, la fase on l'incendi està desenvolupat dura més temps. De fet, de la mateixa manera que succeeix a l'Annex 1, no s'assoleix el màxim ni la fase de decreixement.

RISC 2 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

De la mateixa manera que succeeix al conjunt de simulacions de l'escenari de Risc 1, la rellevància d'aquest factor d'influència és molt limitada, suposant variacions petites de temperatura. Segueix existint un desfasament entre corbes el qual provoca que s'assoleixi el màxim en instants diferents de temps, depenent de l'alçada de les ventilacions. Aquest escenari ve representat per les figures 37-44.

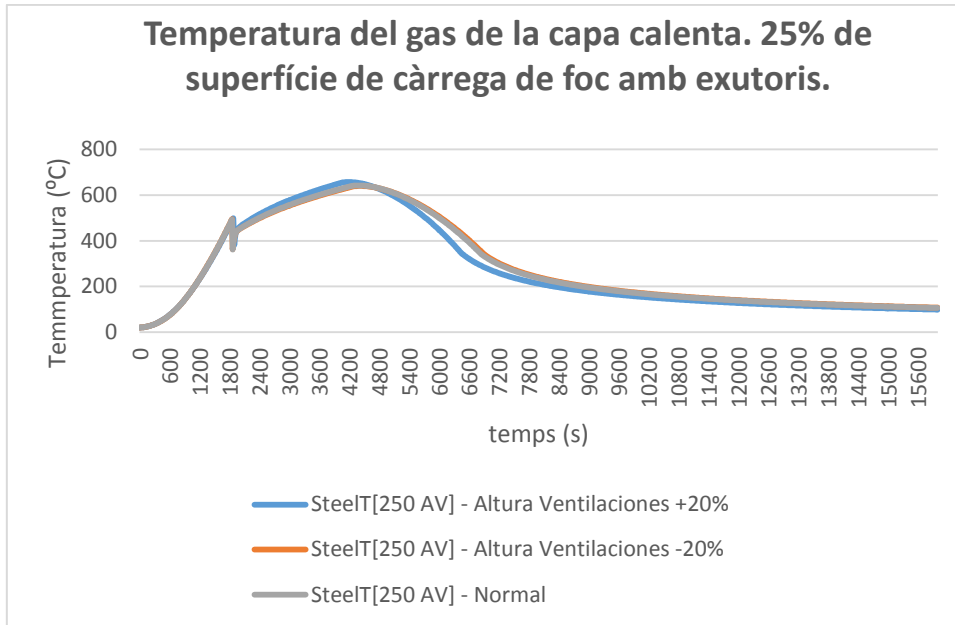


Figura 35 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

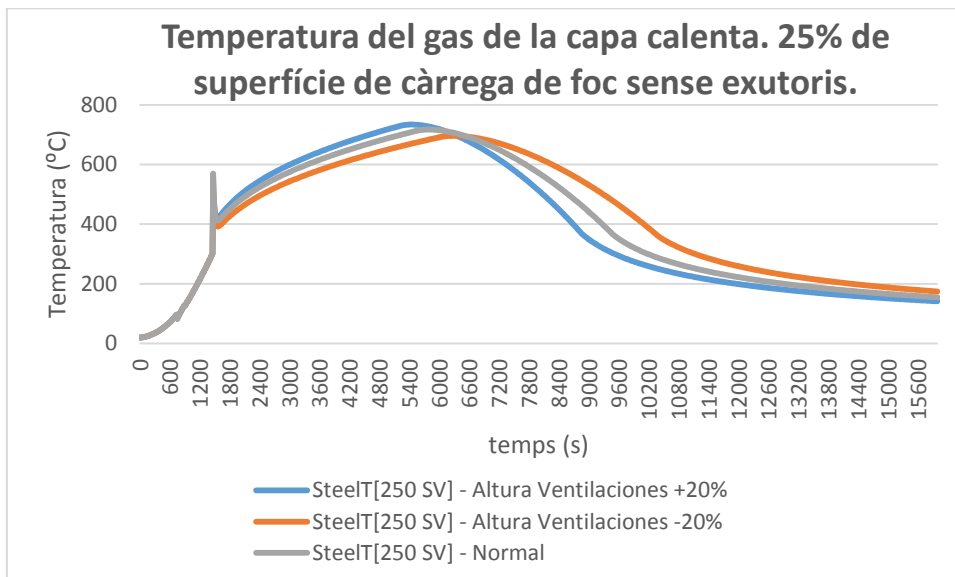


Figura 36 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

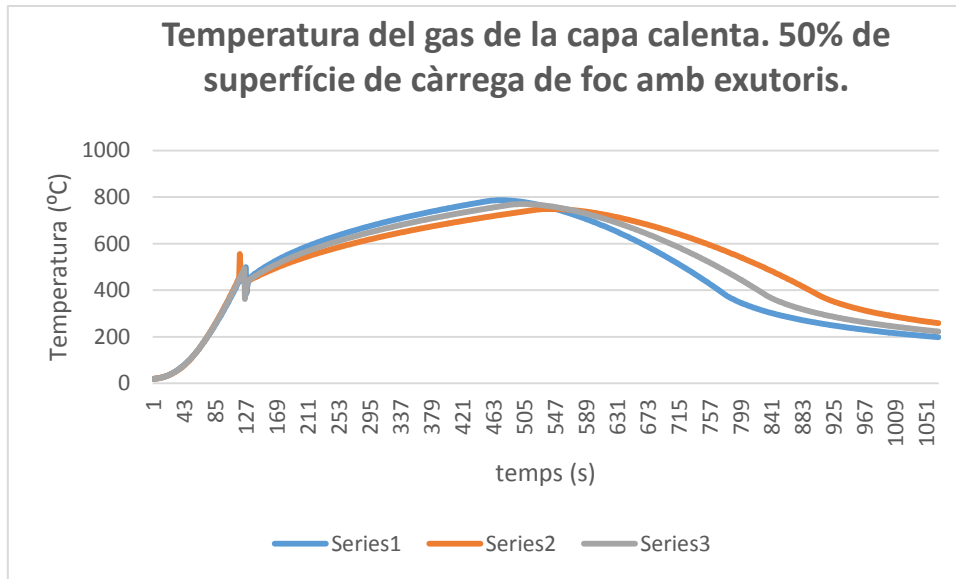


Figura 37 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

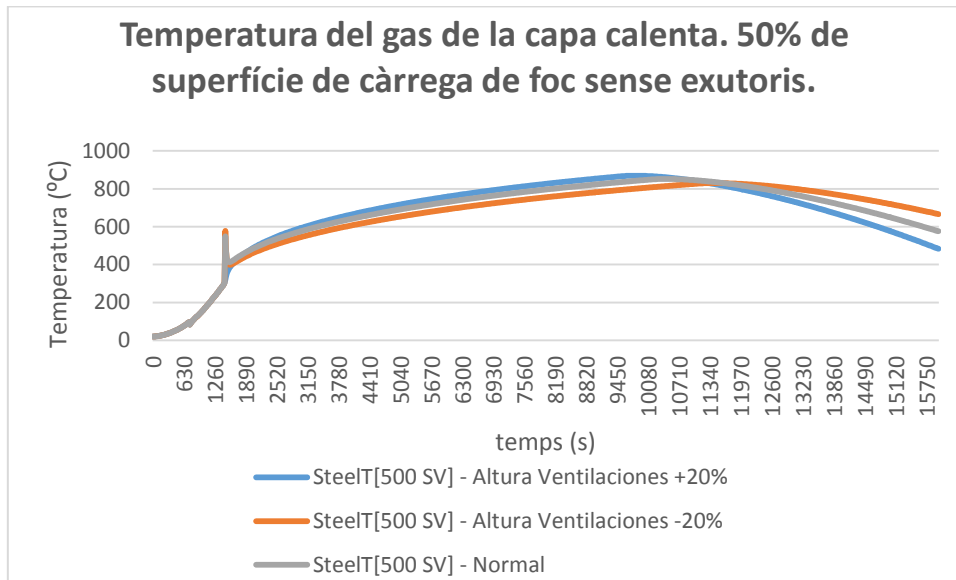


Figura 38 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

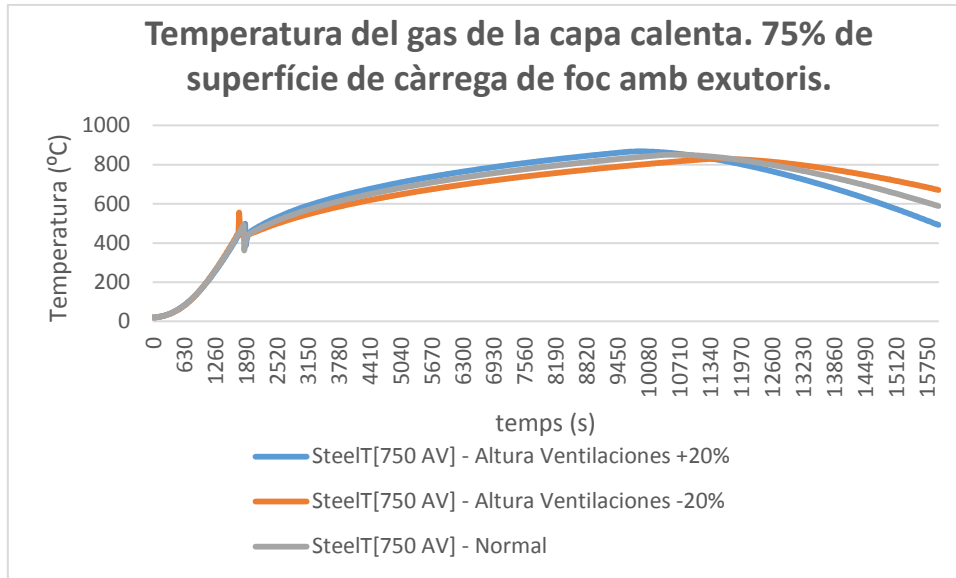


Figura 39 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

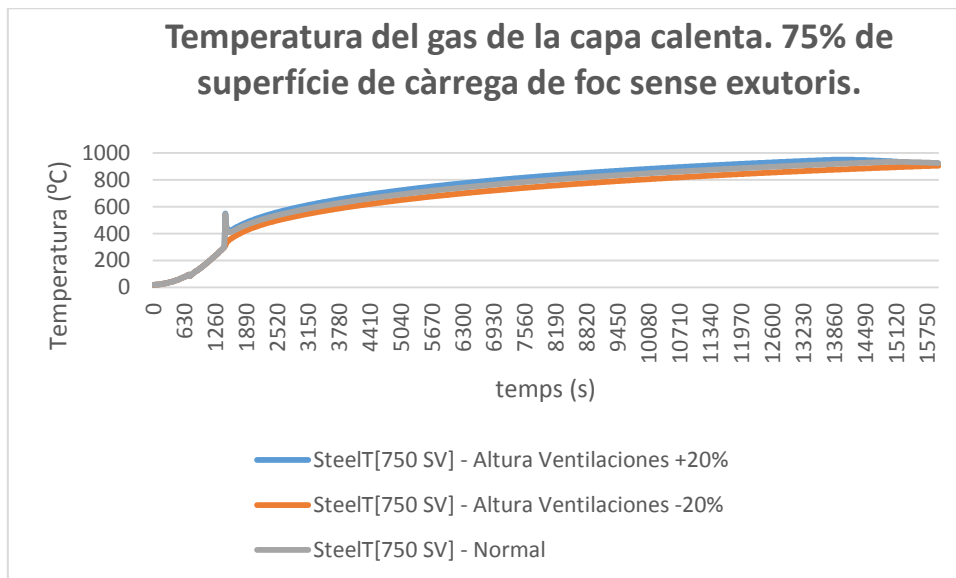


Figura 40 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

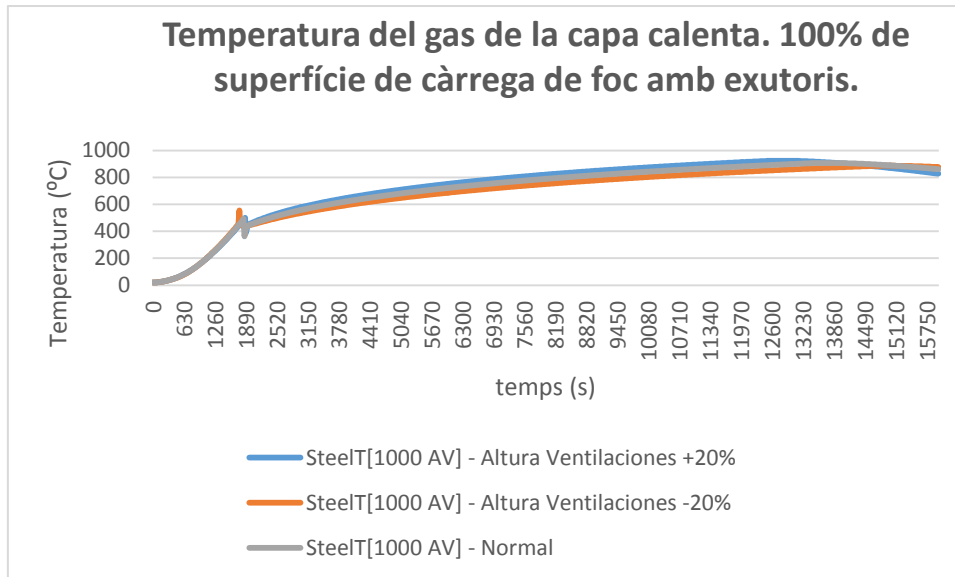


Figura 41 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

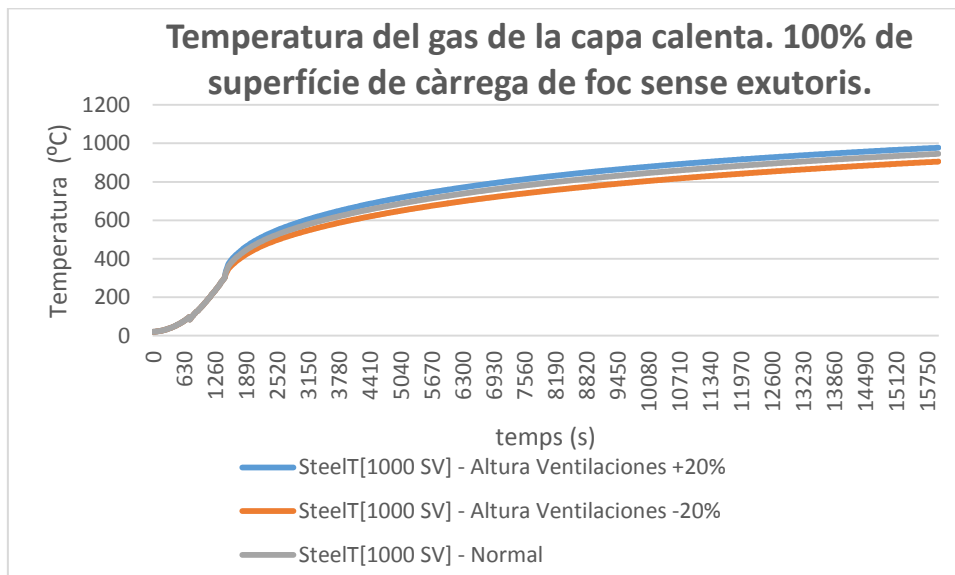


Figura 42 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

Com es pot observar, succeeix el mateix fenomen vist a Risc 1. A causa de l'augment del % d'àrea que crema en el recinte, l'incendi es desenvolupa amb una magnitud més o menys gran, fet que repercuteix directament sobre el temps establert entre pics de les corbes de temperatura. Tot i així, a percentatges d'àrea cremada molt elevats és irrellevant doncs les dues assoleixen temperatures molt elevades entre pics, fent innecessari aquesta apreciació / anàlisi.

RISC 2 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

A l'escenari de risc 2, el factor "superfície" torna a ser rellevant. Com succeeix amb l'escenari de risc 1. Com es veurà al llarg de les següents figures, el comportament general és que a més superfície en planta de la nau, més a poc a poc es desenvolupa l'incendi (etapa de creixement més llarga) i menys temperatura assoleix. Aquest fenomen es pot deure (com també s'expressa en la memòria) del fet de reduir combustible quan es redueix l'àrea de la nau.

A risc 2, s'assoleixen (com succeeix en tots els casos) temperatures més elevades, i els incendis creixen i es desenvolupen en un espai de temps més llarg, per la qual cosa, els intervals de temps entre pics són més elevats. Representat a les fig.45-52.

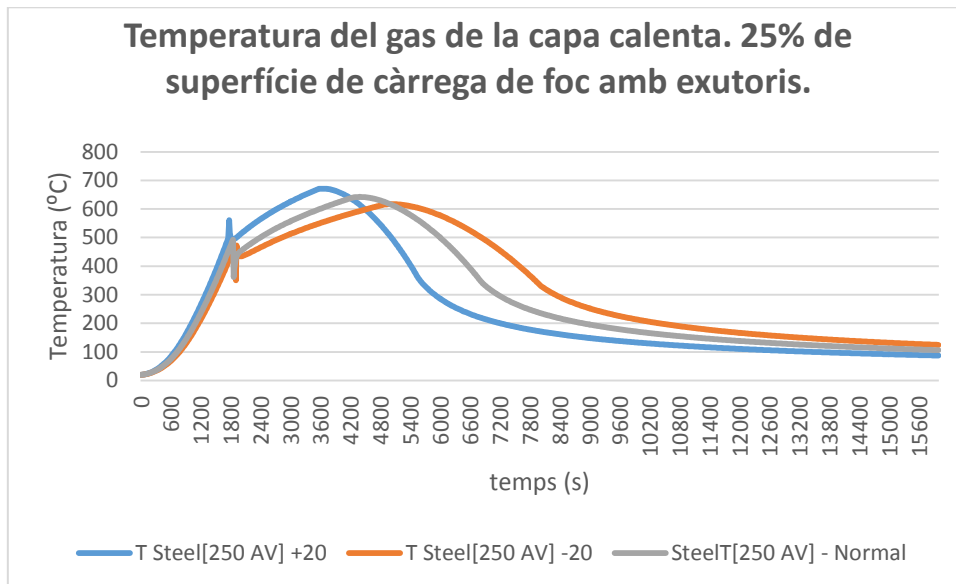


Figura 43 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

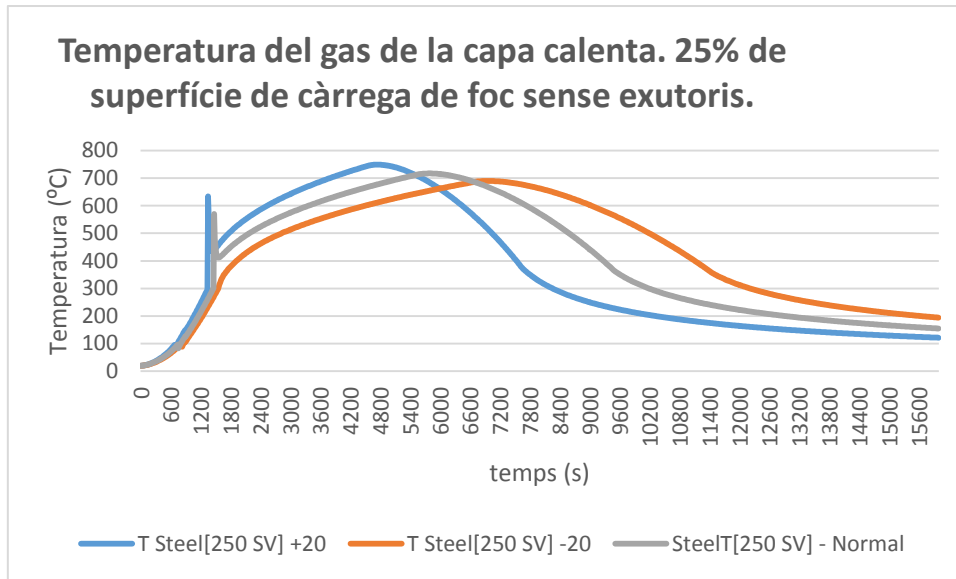


Figura 44 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.º

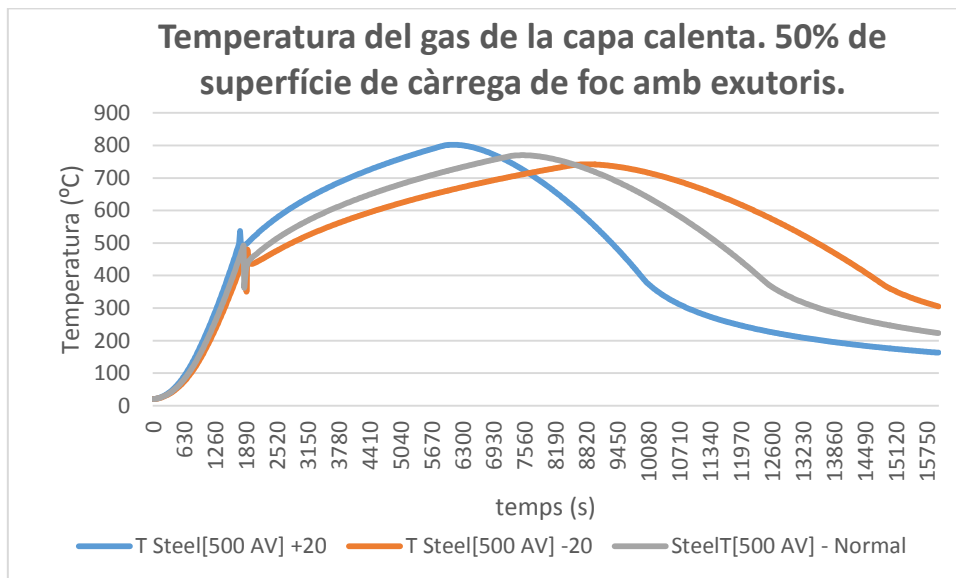


Figura 45 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

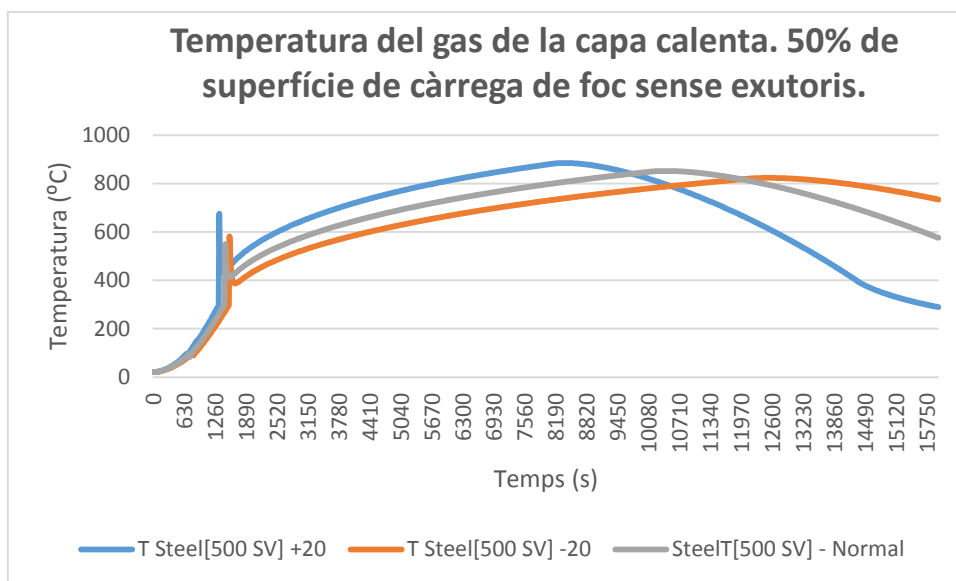


Figura 46 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

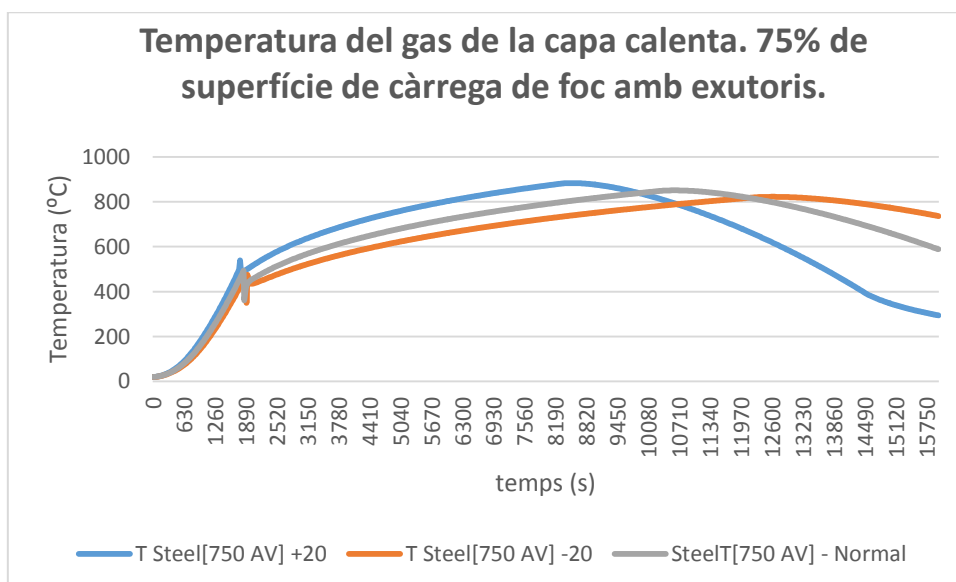


Figura 47 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

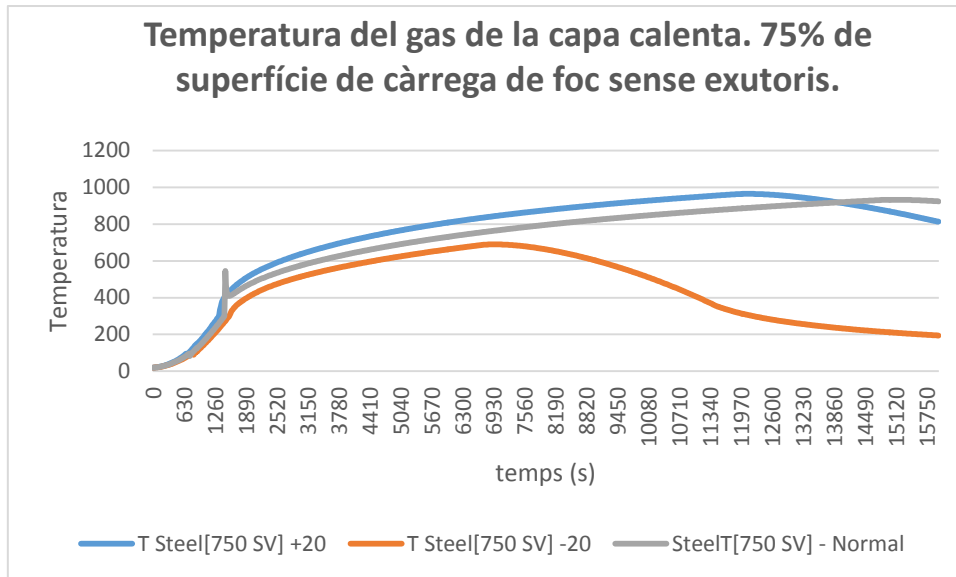


Figura 48 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

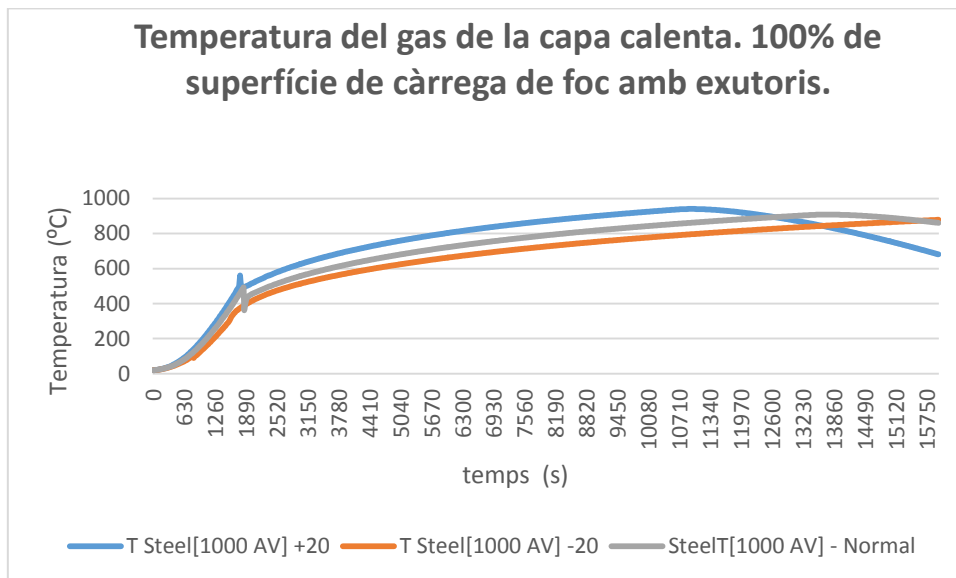


Figura 49 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

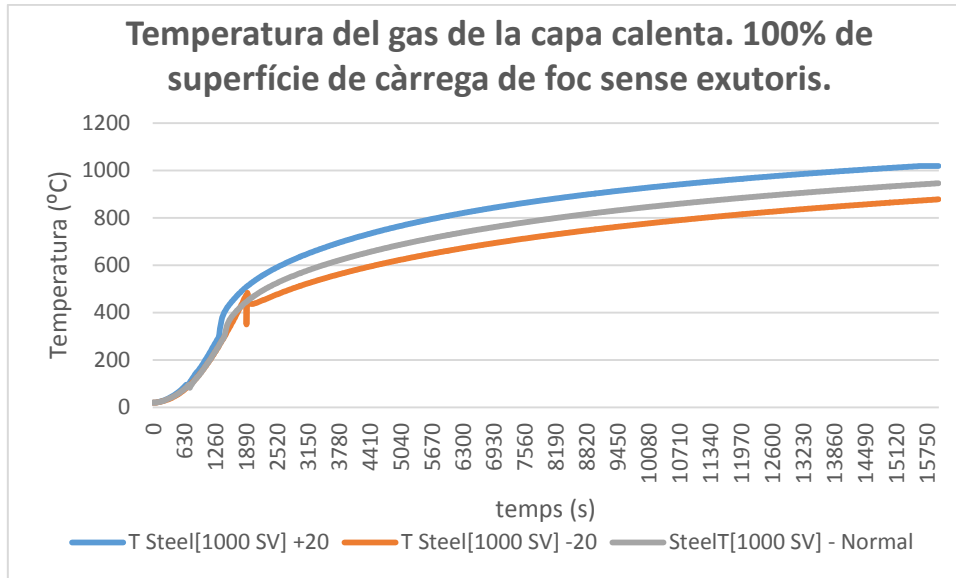


Figura 50 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 1 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

RISC 2 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

L'escenari de Risc 2 amb variacions de creixement segueix el mateix patró observat a l'escenari de risc 1. Les corbes segueixen la mateixa etapa de creixement, tenint temps de desenvolupament diferenciades – depenent del percentatge d'àrea cremant. Ve representat per les figures 53- 56.

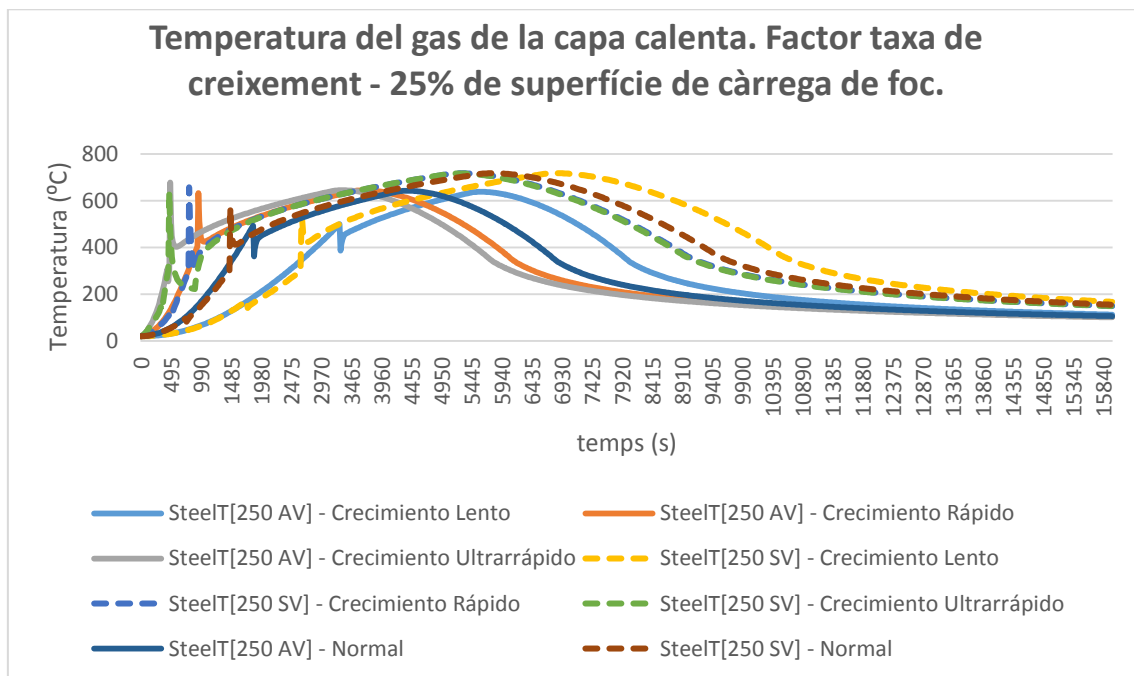


Figura 51 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 25% d'àrea cremada. Modelització de la corba de temperatures segons la taxa de creixement.

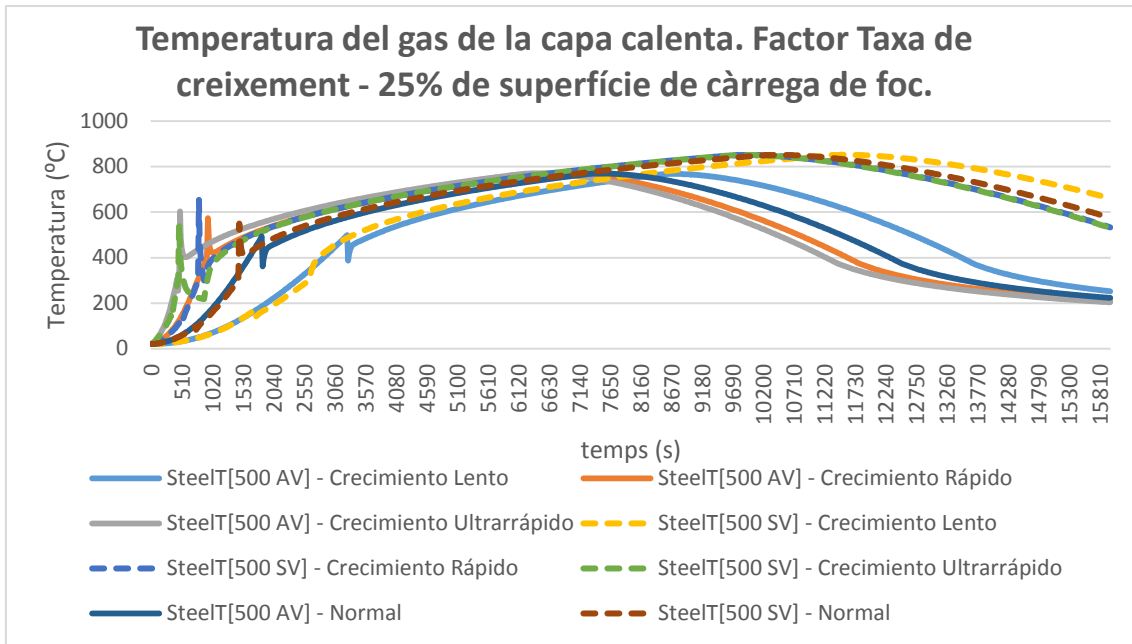


Figura 52 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 50% d'àrea cremada. Modelització de la corba de temperatures segons la taxa de creixement.

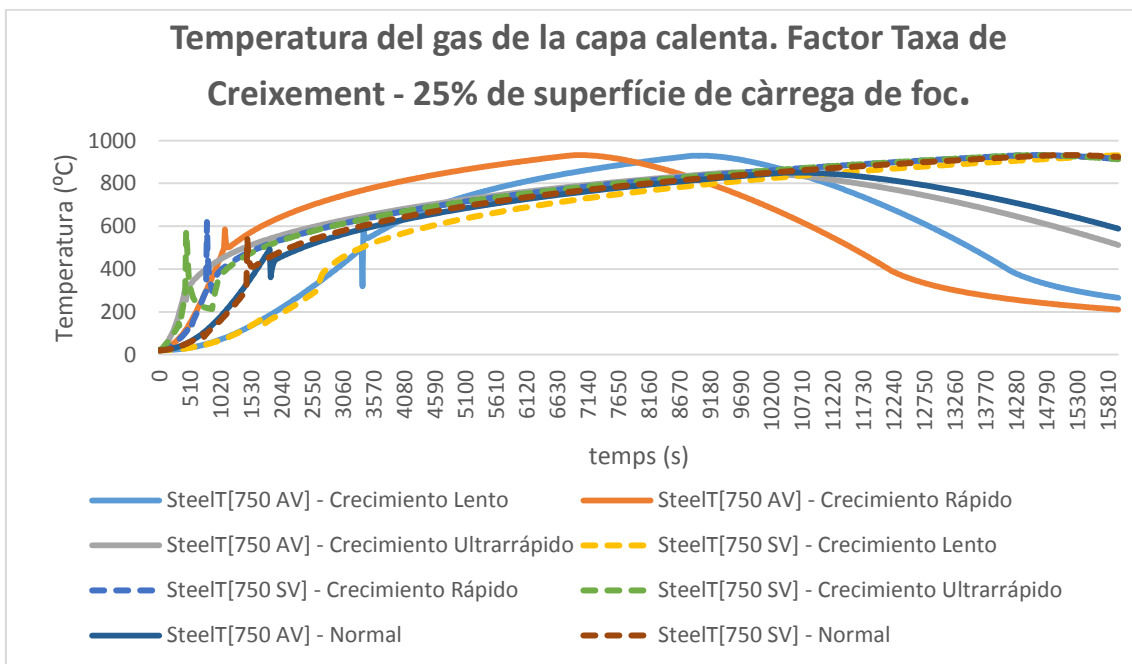


Figura 53 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Modelització de la corba de temperatures segons la taxa de creixement.

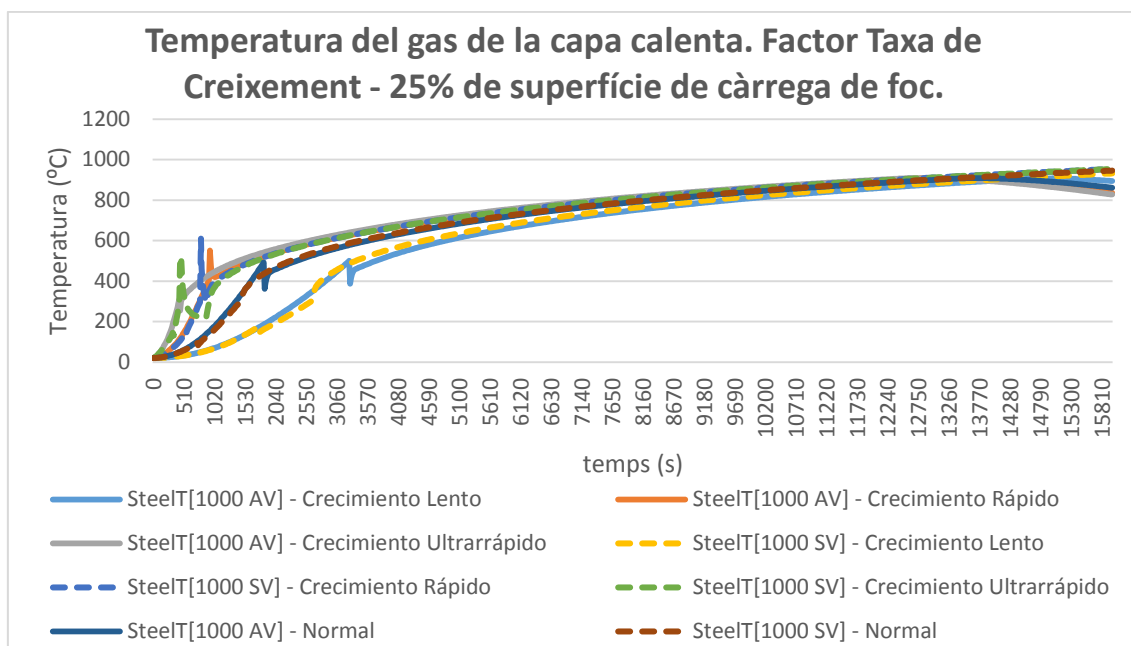


Figura 54 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 100% d'àrea cremada. Modelització de la corba de temperatures segons la taxa de creixement.

TEMPERATURES DEL GAS (AMBIENT) DEL RECINTE CONFINAT – RISC DE NIVELL 3

El conjunt de simulacions que conformen l'escenari de Risc 3, com s'ha pogut observar a la memòria i a l'Annex 1, determina que la infraestructura (la nau industrial) és incapaç de suportar les temperatures assolides per l'acer estructural i, que per tant, col·lapsa. Les úniques situacions suportables són les situacions de 25% d'àrea cremada.

Per altra banda, i és el que es mostra en aquest annex, les temperatures assolides per la capa calenta són massa elevades per a cap mena de supervivència humana. Un cop la capa de fums predomina en el sistema (i el simulador realitza el canvi) es pot dir que la temperatura ambient és la que es mostra en aquestes corbes de temperatures. Aquest fenomen és interpretable després de que es desenvolupin els pics sobtats al final de l'etapa de creixement.

RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LA NAU

El factor de la variació de l'altura de la nau té el mateix comportament que en l'observable en els escenaris de Risc 1 i 2. Com es pot observar, les corbes característiques de temperatura de la capa calenta no tenen cap mena de desfasament temporal. Veure fig. 57-64.

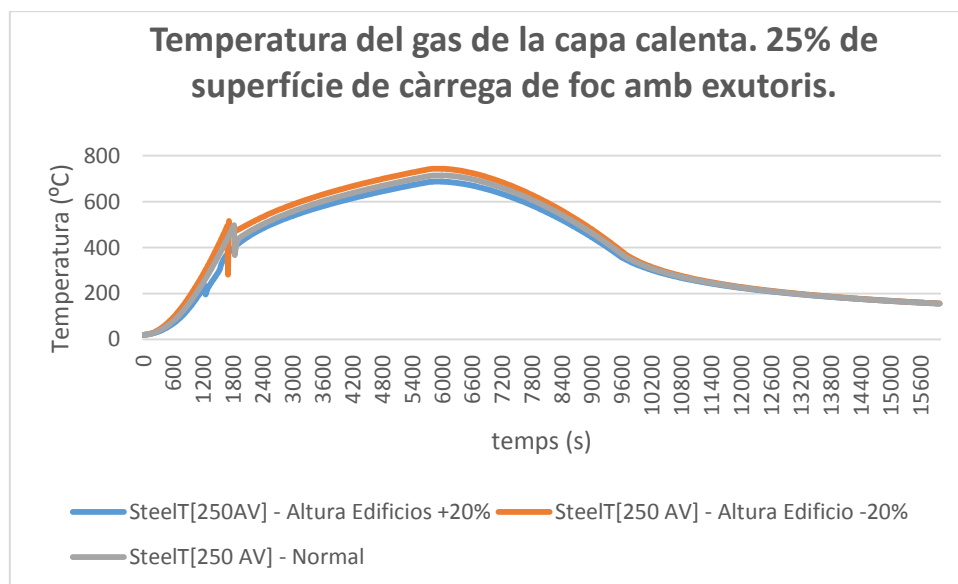


Figura 55 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

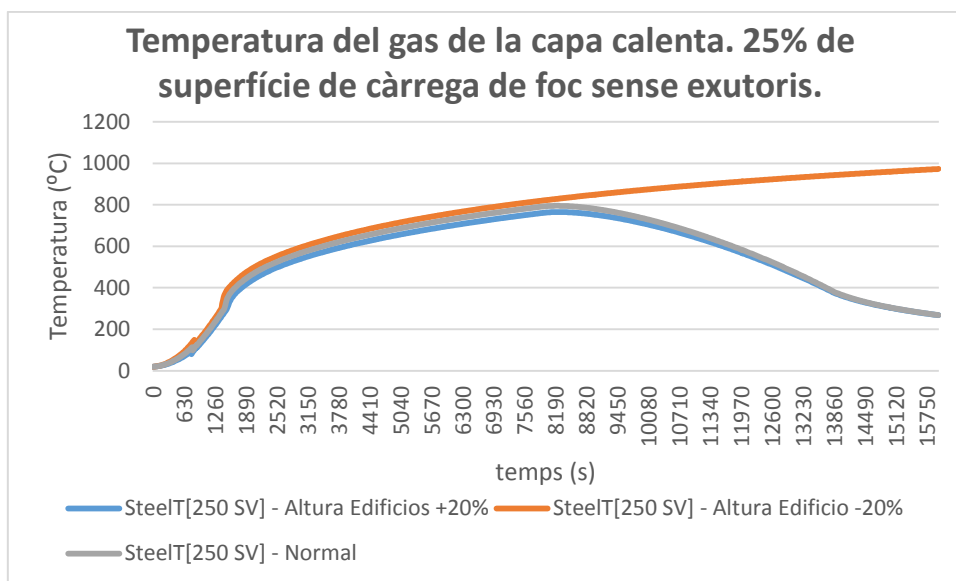


Figura 56 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

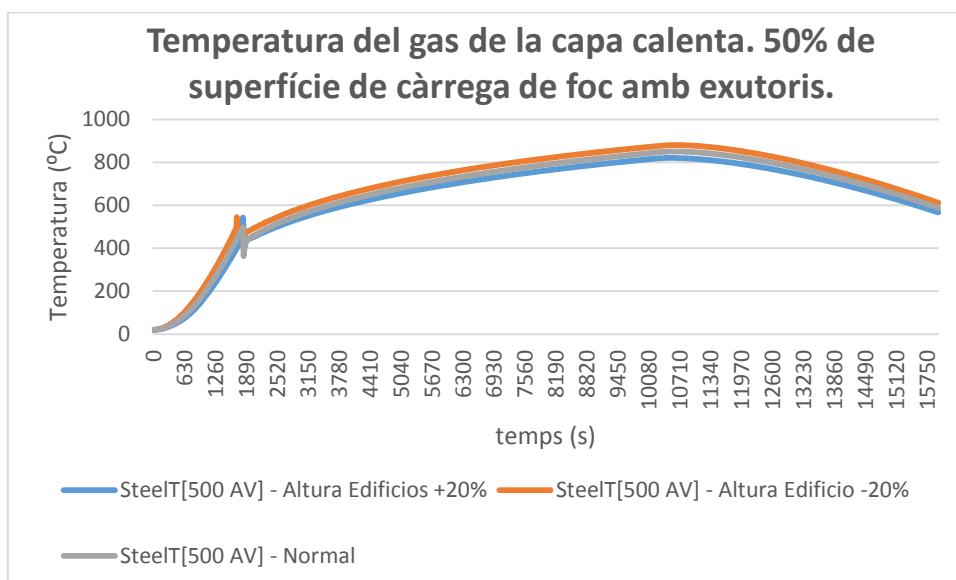


Figura 57 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

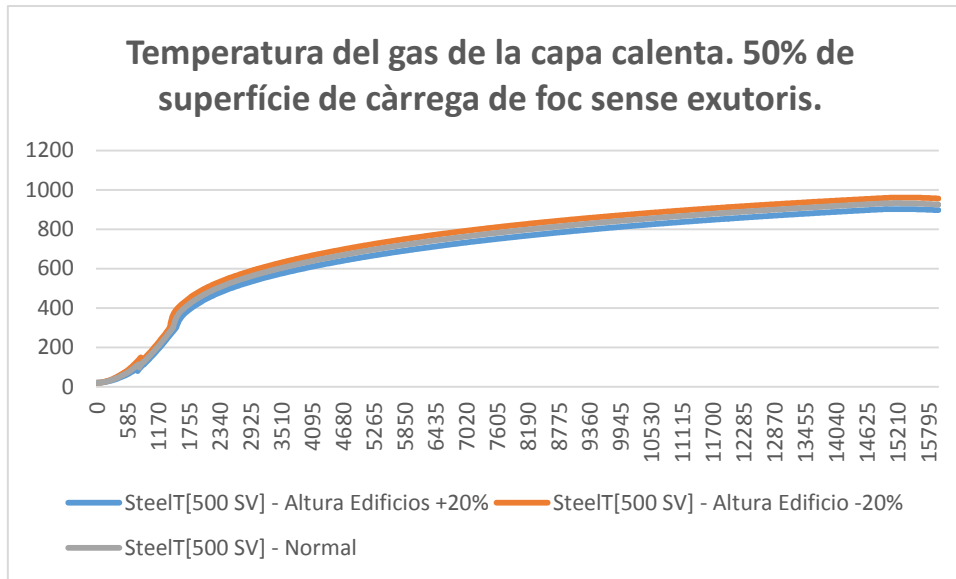


Figura 58 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

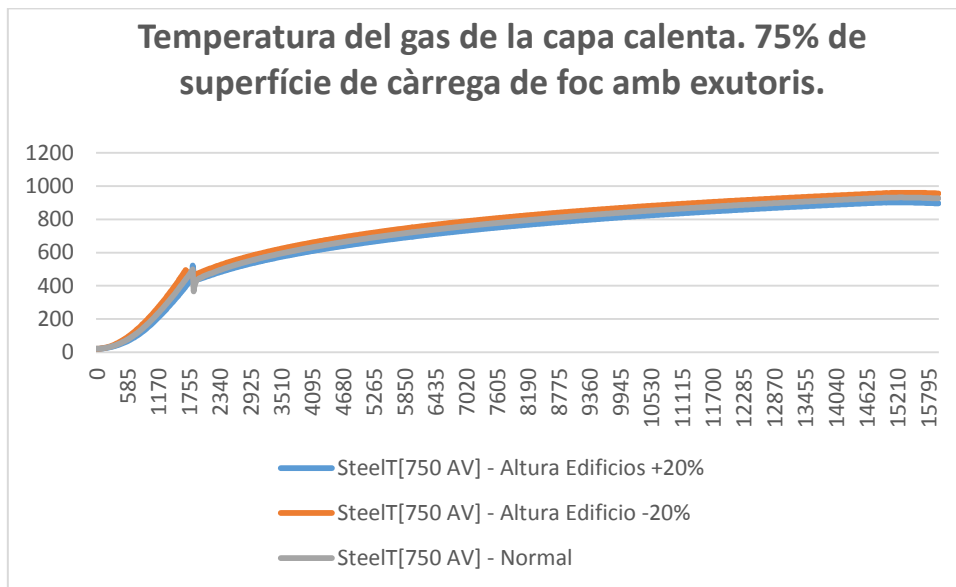


Figura 59 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

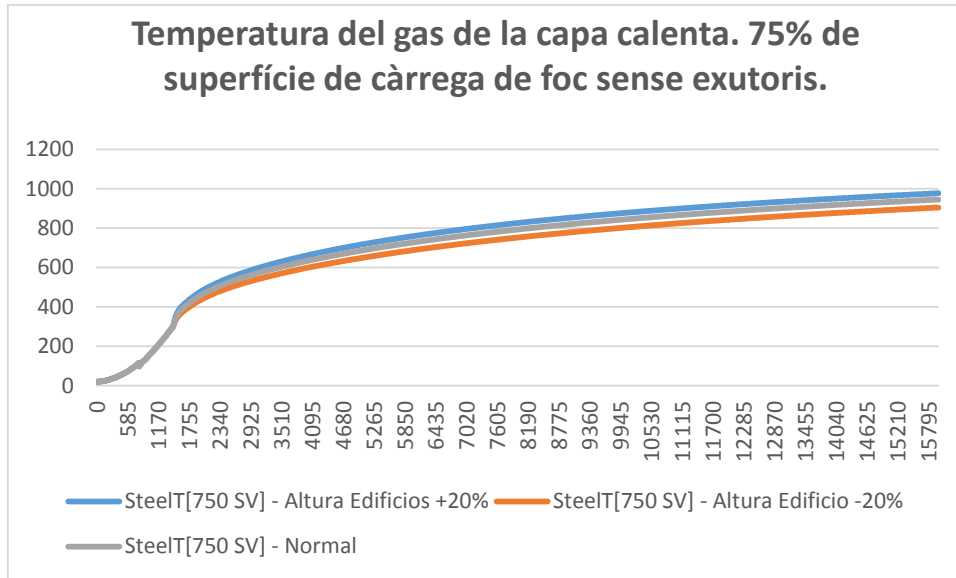


Figura 60 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

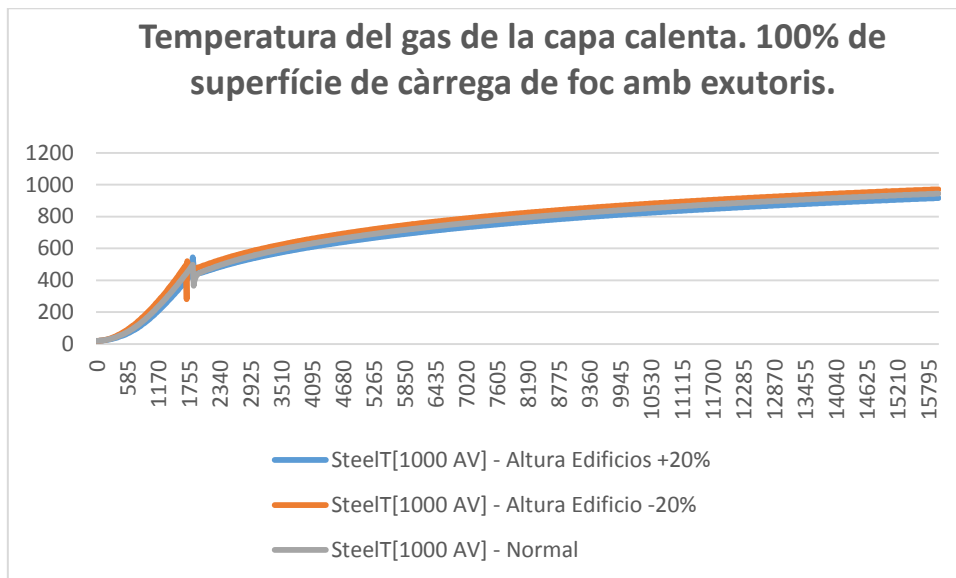


Figura 61 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

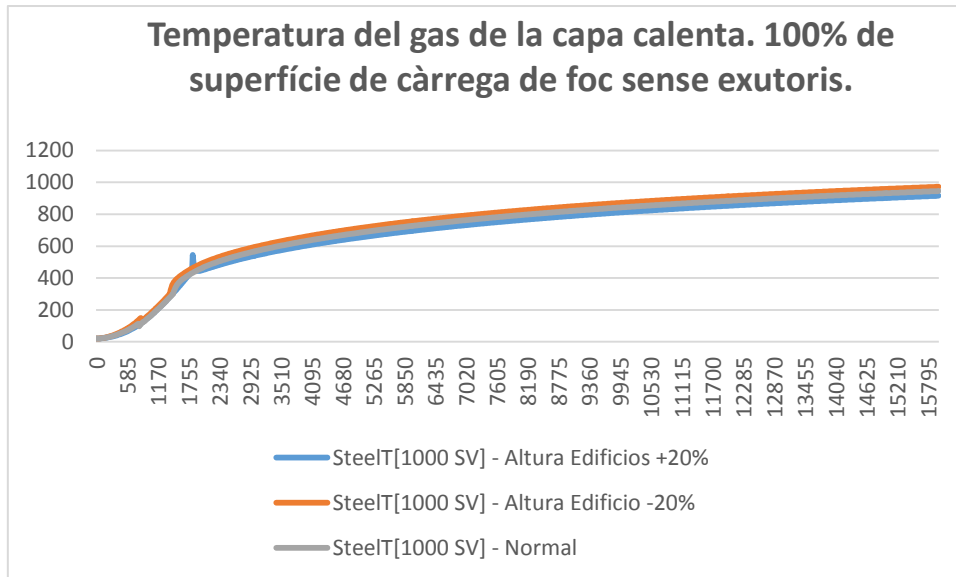


Figura 62 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

RISC 3 – VARIACIÓ DE L'ALÇADA DE LES VENTILACIONS

Observant les fig. 65-72 s'observa el mateix fenomen observat en anterioritat als escenaris de Risc 1 i 2. La diferència de temperatures que es pot veure entre corbes característiques és petita. Apareix un fenomen de desfasament entre corbes que podria ser interessant ser estudiat per tècnics de prevenció de risc.

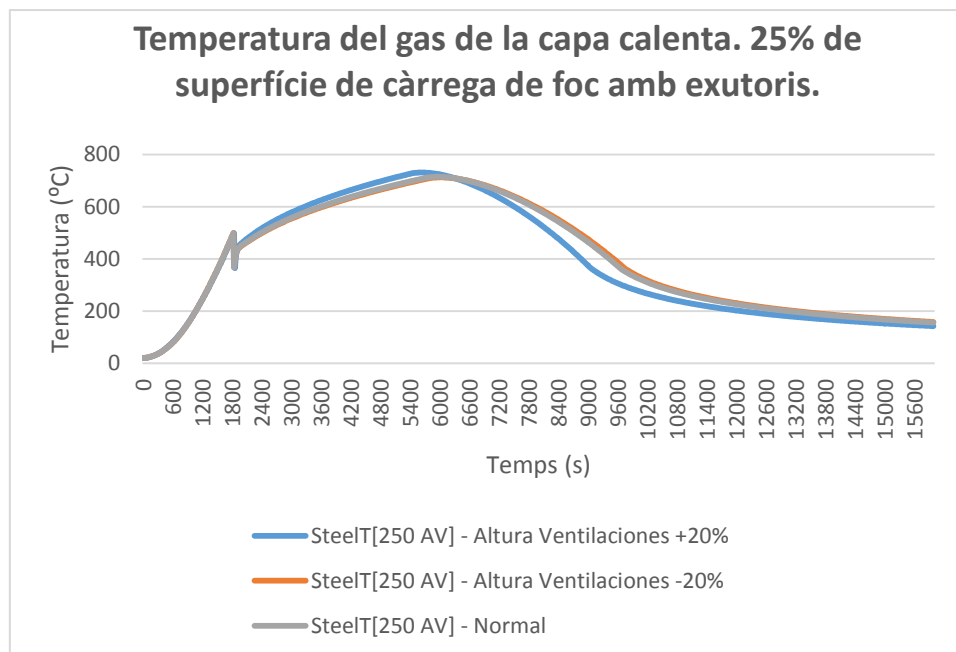


Figura 63 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

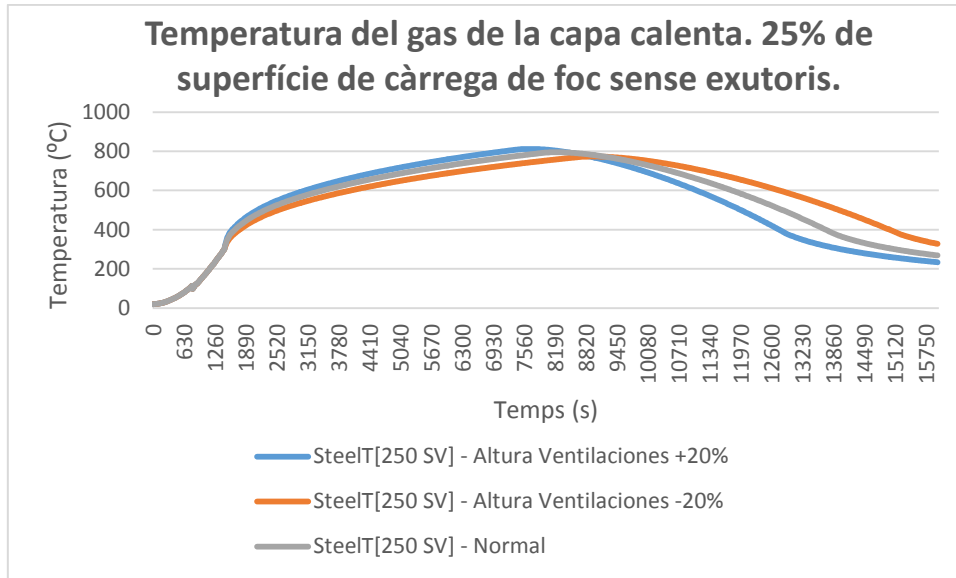


Figura 64 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

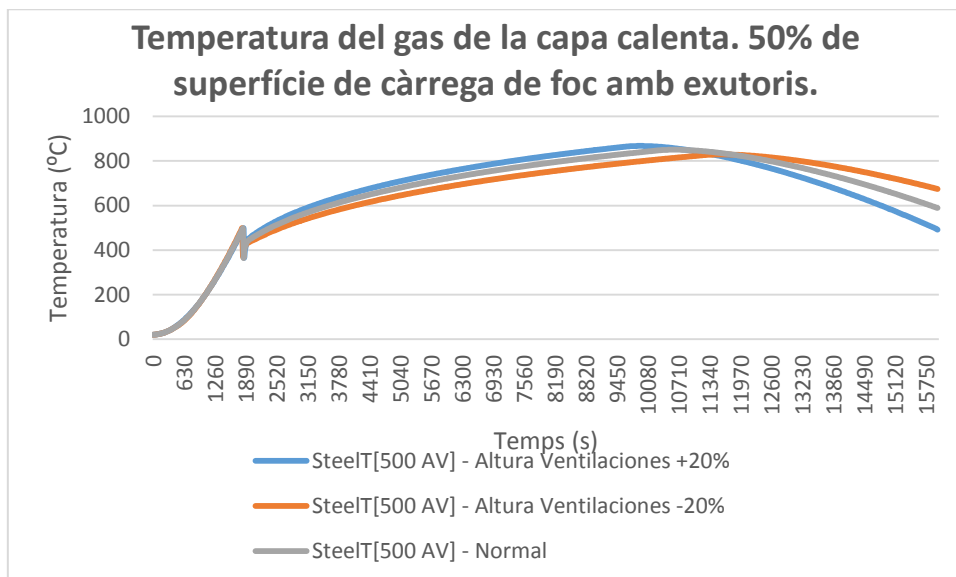


Figura 65 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

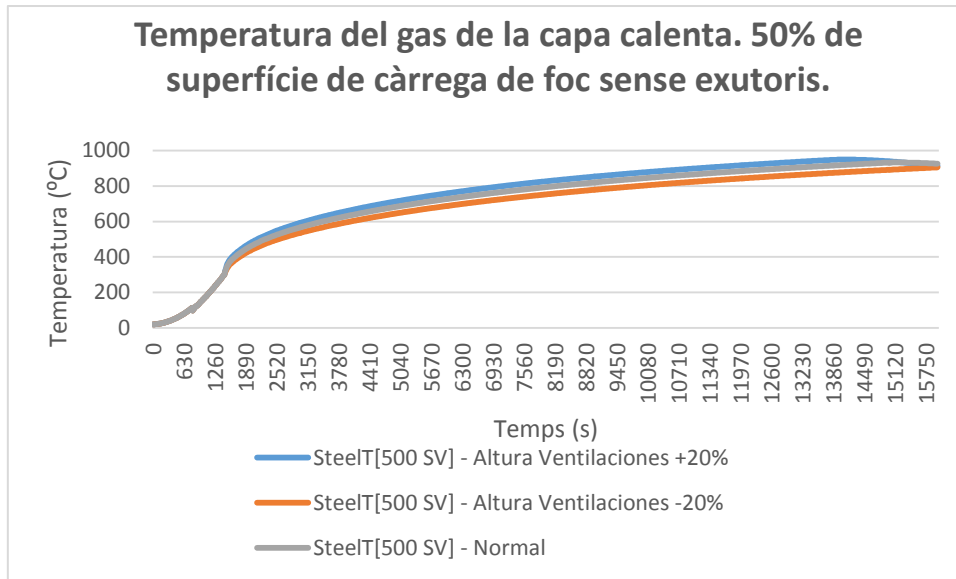


Figura 66 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

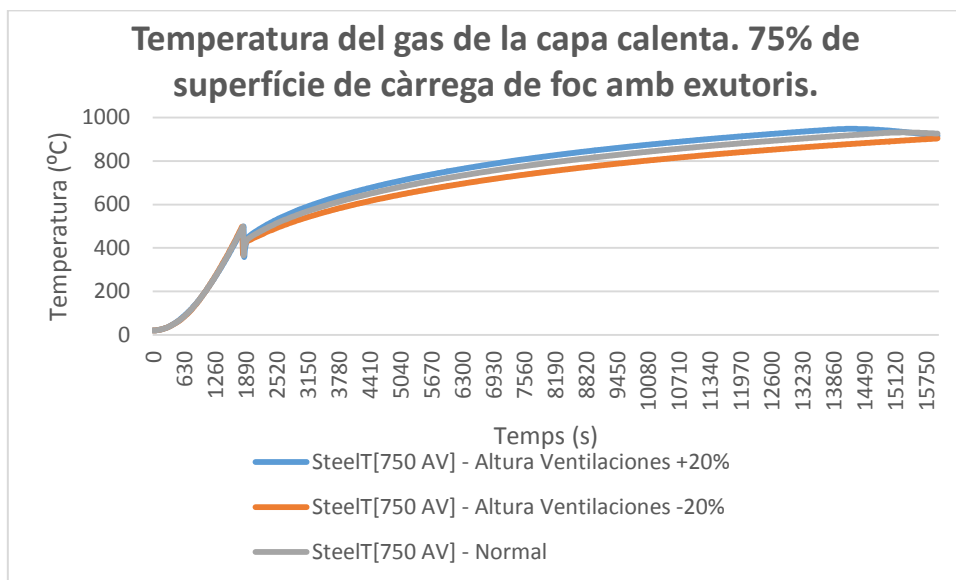


Figura 67 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

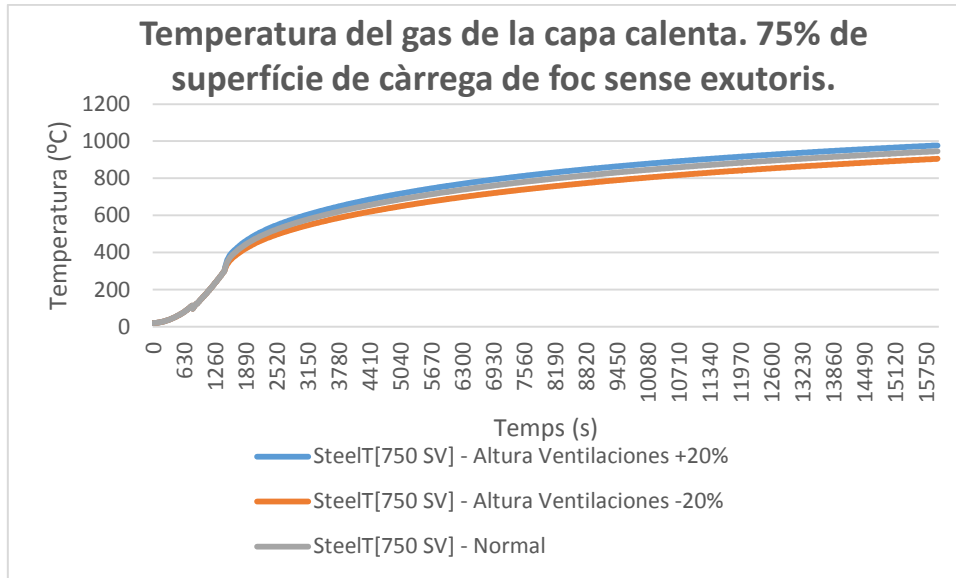


Figura 68 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

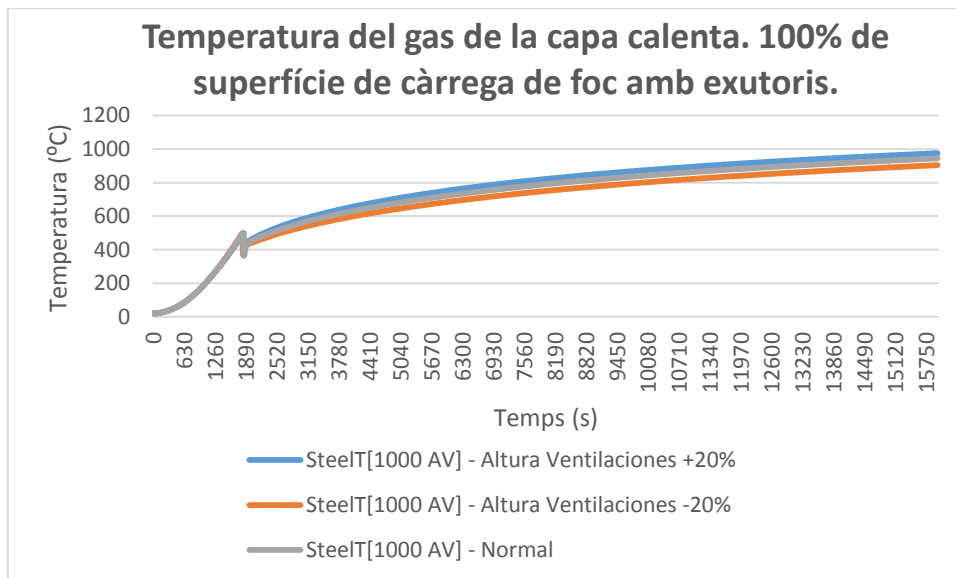


Figura 69 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

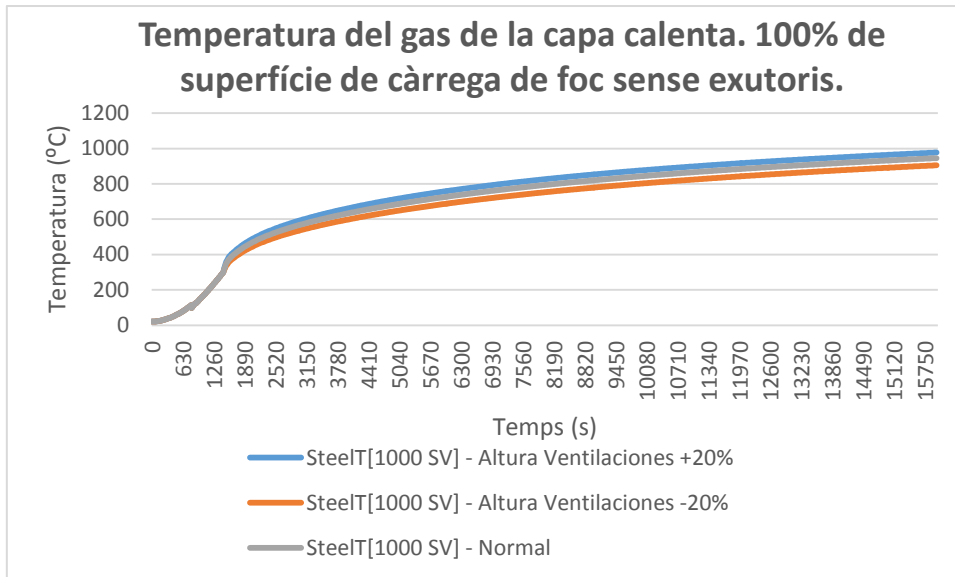


Figura 70 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

Com es pot observar, a partir de la simulació pertanyent a 50% d'àrea de la nau cremant i sense cap mena de ventilació forçada, només és capaç de computar la fase de creixement i l'inici de la fase de desenvolupament – incendi desenvolupat –. Tot i així, en els primers casos de l'escenari, si es pot observar el desfasament entre corbes característiques de temperatura de la capa calenta i la poca diferència en valor de temperatures entre elles.

RISC 3 – VARIACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE LA NAU

A l'escenari de risc 3 torna a ser el factor que més diferències genera entre les corbes característiques. Com s'explica en la memòria però, aquest factor d'incidència perd protagonisme, generant menys diferència de valors.

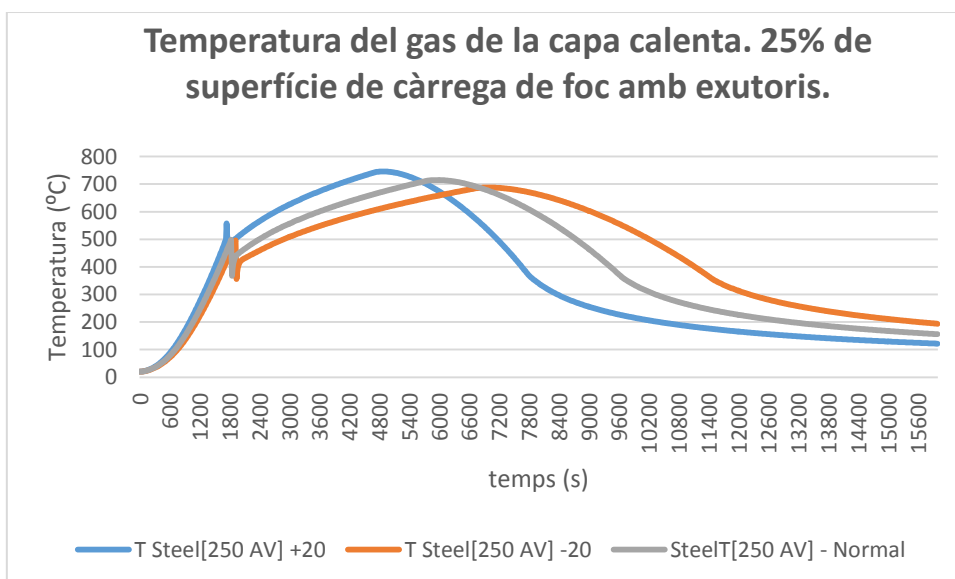


Figura 71 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

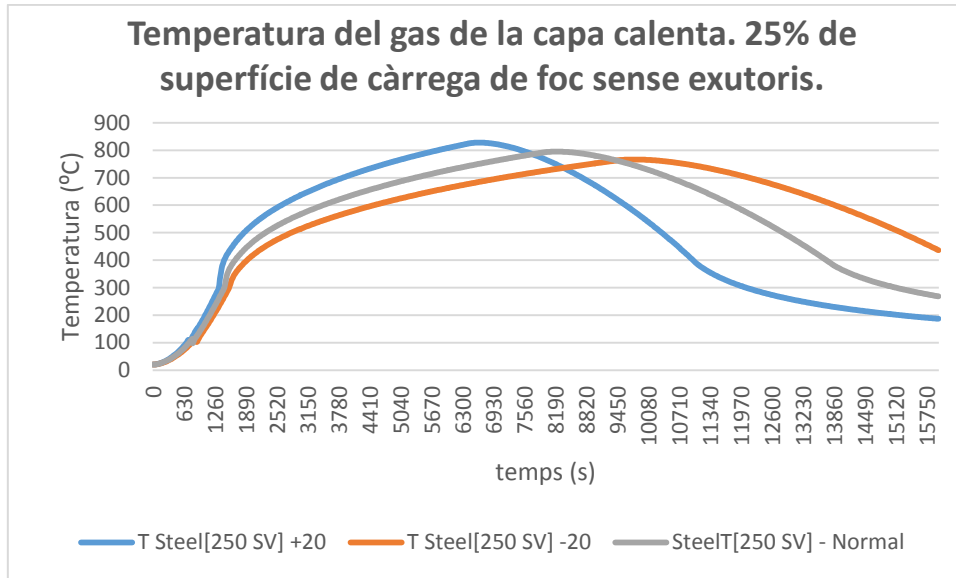


Figura 72 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 25% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

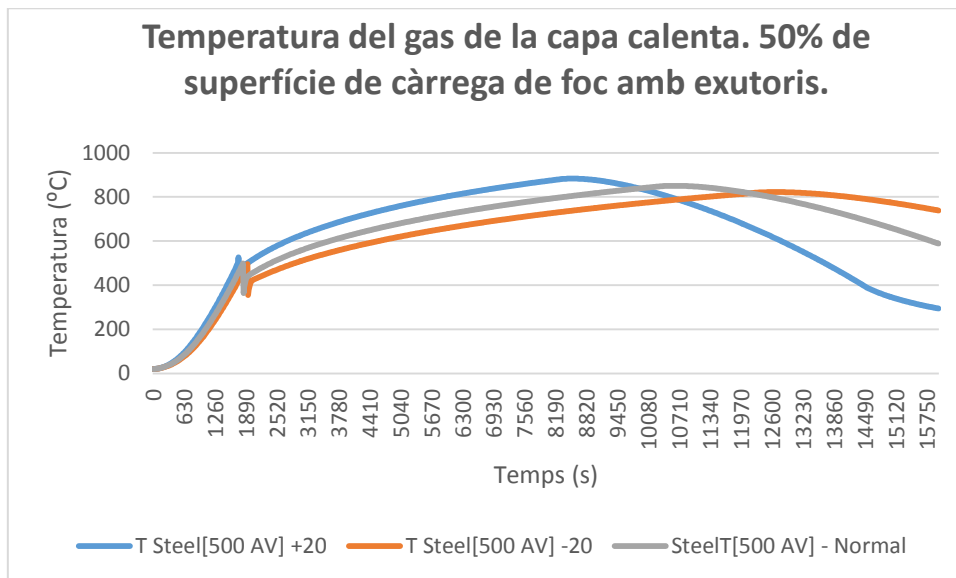


Figura 73 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

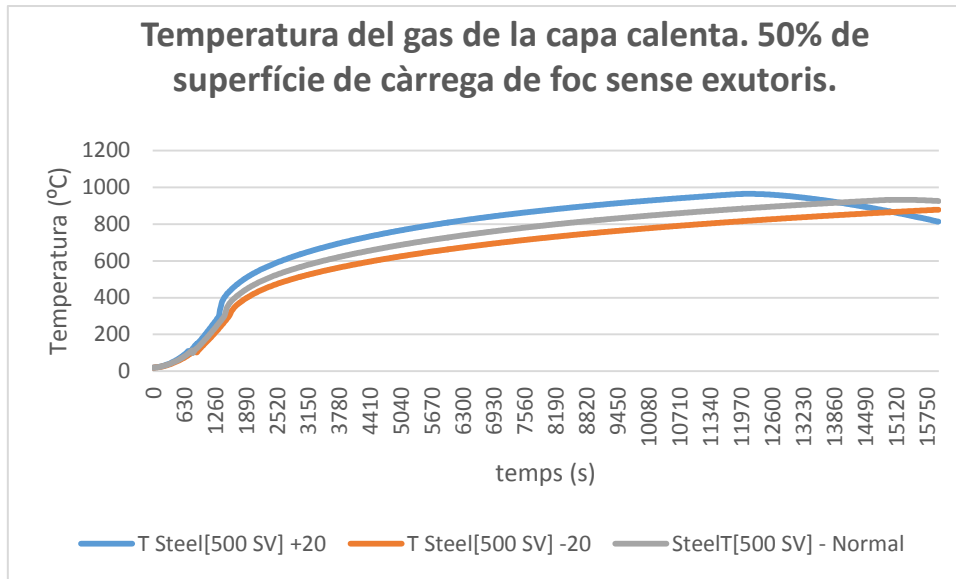


Figura 74 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 50% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

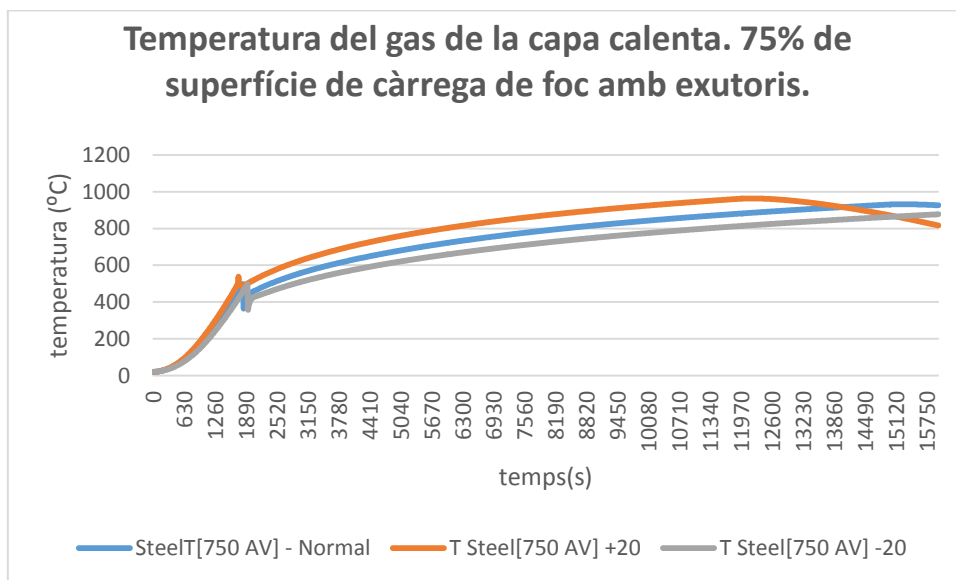


Figura 75 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

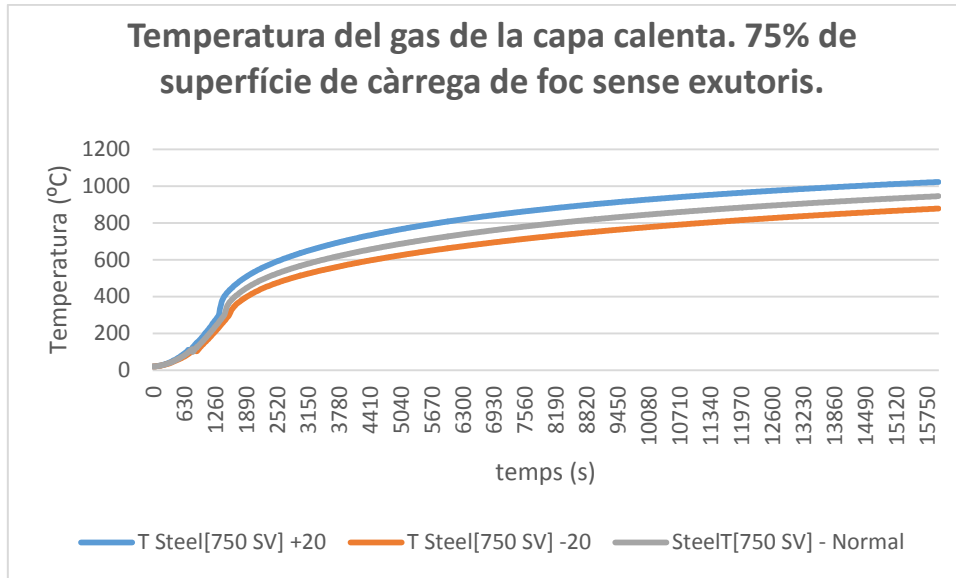


Figura 76 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 75% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

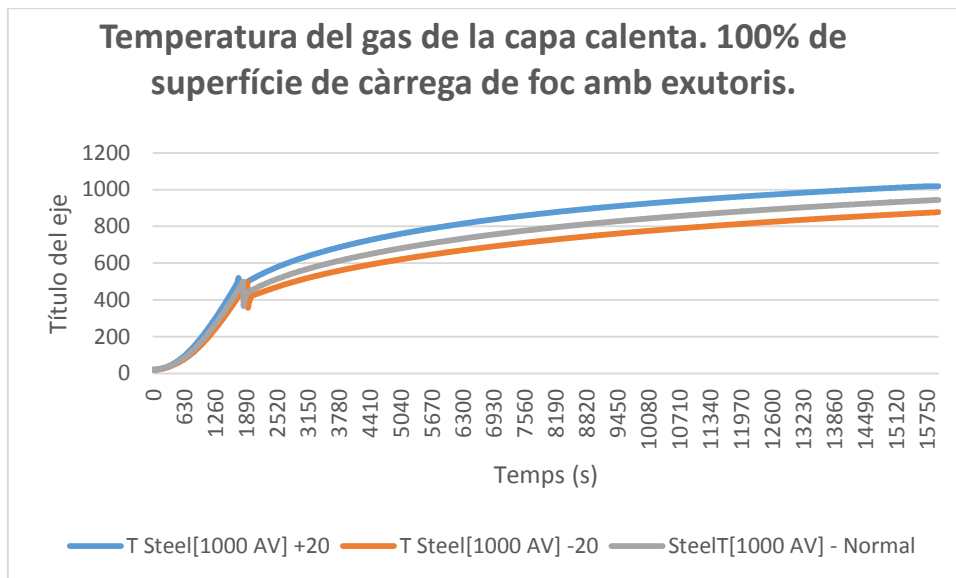


Figura 77 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari amb exutoris.

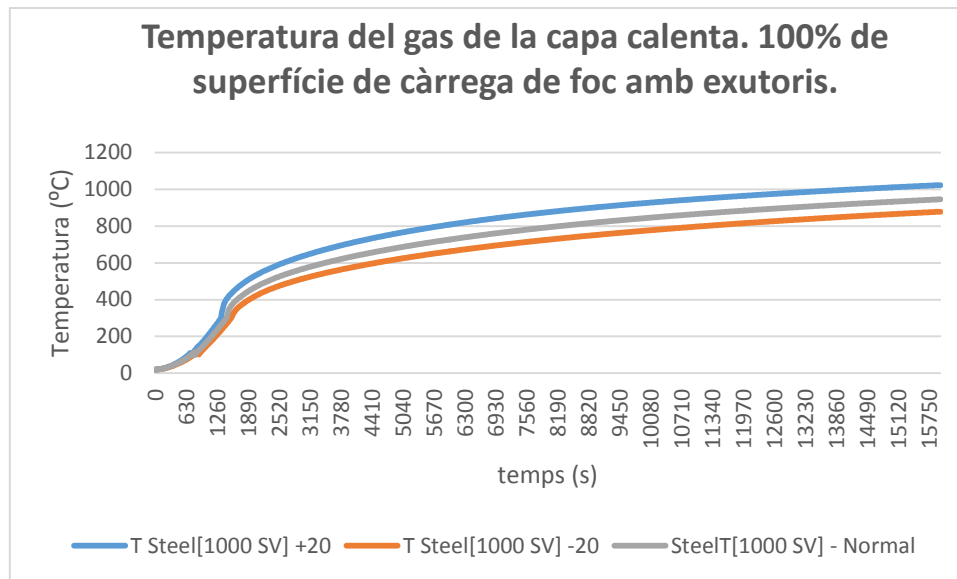


Figura 78 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 100% d'àrea cremada. Escenari sense exutoris.

Com s'observa en les figures 83-86 (referents als escenaris on es crema el 75% i el 100% de la superfície), la diferència de temperatures entre els escenaris de 800 m² i 1200 m² és considerable.

En el cas de la última simulació – escenari de 100% d'àrea cremada sense ventilació forçada – s'observa com la temperatura més alta mostrada (última dada de la simulació) per al cas de 1200 m² és de 1023,007°C, per altra banda, el cas de 800 m² registra una temperatura de 878,467°C el que genera una diferència total de 144-145 °C entre escenaris. La mateixa diferència es pot observar en el cas, per exemple, del 75% d'àrea cremada sense ventilació forçada.

RISC 3 – VARIACIÓ DE LA TAXA DE CREIXEMENT

Com s'ha observat en els escenaris de risc baix (1 i 2), el tipus de creixement no s'observa clarament determinant. És cert però, que depenent del percentatge d'àrea cremada s'observen temps de desenvolupament diferents i, depenent del sistema de ventilació (forçada o no forçada), s'assoleixen un conjunt de temperatures o un altre. Aquest fet el que ens fa veure és que el factor determinant en els escenaris diferenciats per creixement són els ja observats percentatge d'àrea cremada i tipus de sistema de ventilació utilitzat. Aquest conjunt de simulacions ve representat per les figures 81-83.

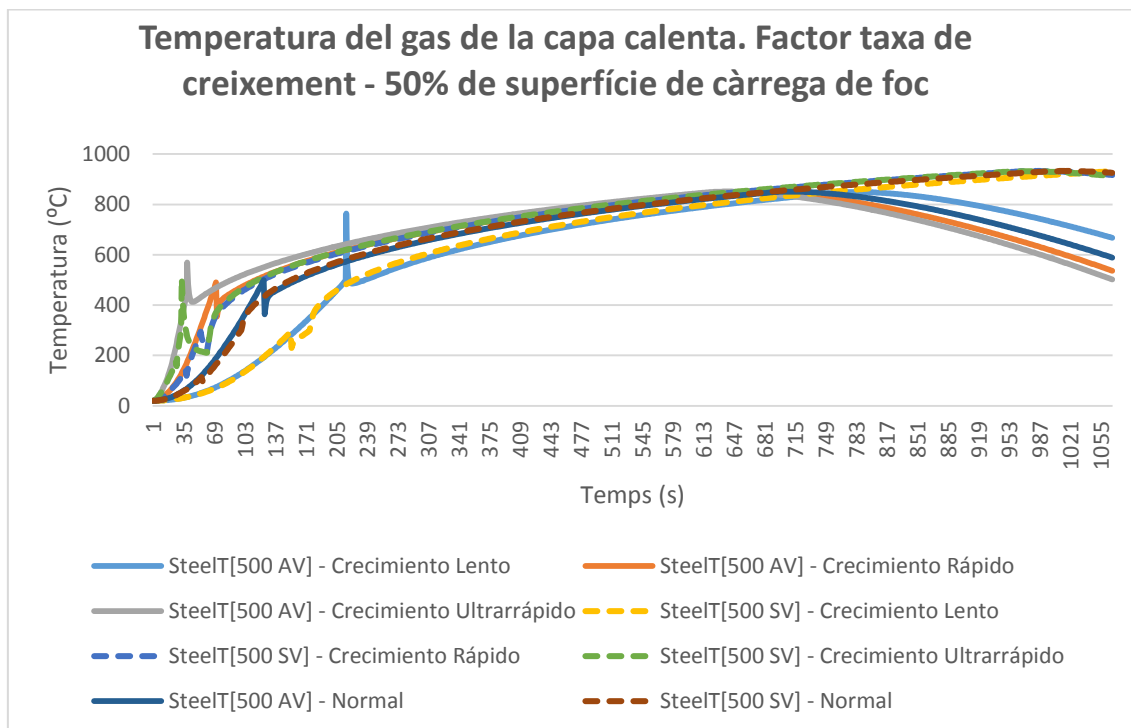


Figura 79 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 50% d'àrea cremada. Modelització de la corba de temperatures segons la taxa de creixement.

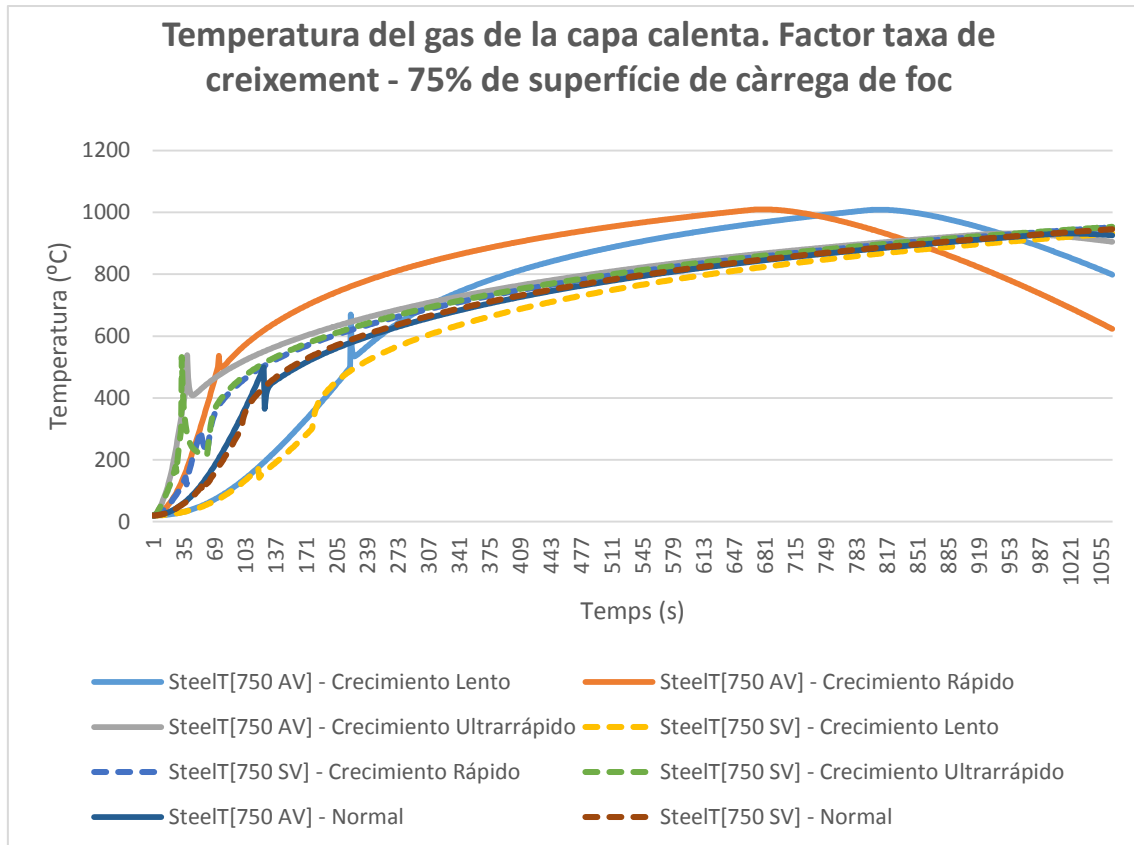


Figura 80 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 2 amb un 75% d'àrea cremada. Modelització de la corba de temperatures segons la taxa de creixement.

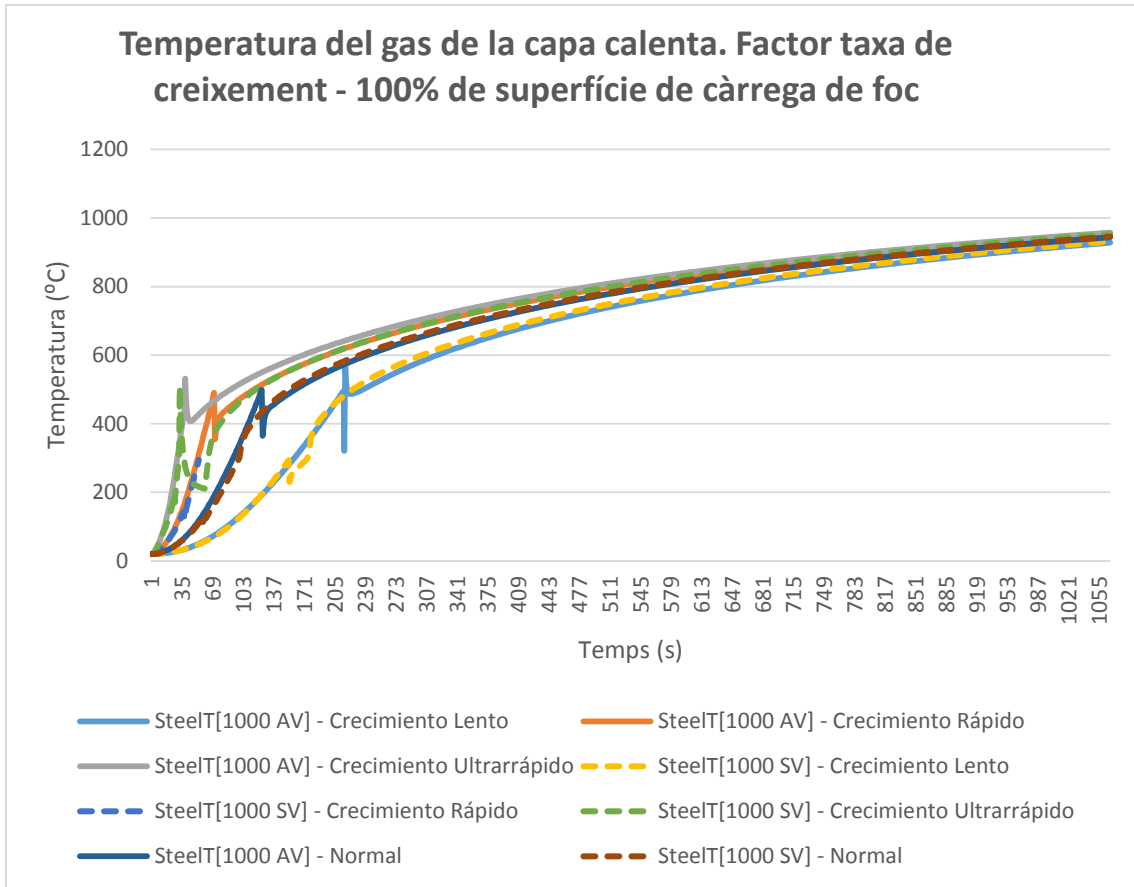


Figura 81 Temperatura de la capa calenta. Escenari de risc 3 amb un 100% d'àrea cremada. Modelització de la corba de temperatures segons la taxa de creixement.