

# **Escola Universitària Politécnica de Mataró**

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA**

## **ENGINYERIA MECÀNICA**

**Simulació d'un incendi al TecnoCampus Mataró-Maresme  
mitjançant software de càlcul per elements finits**

### **MEMÒRIA**

**ALBERTO PUERTA DEL AMOR**

**TUTORA: ELENA BLANCO**

**PROJECTE FI DE GRAU**



**TecnoCampus  
Mataró-Maresme**



## **RESUM**

En aquest Projecte Fi de Grau s'ha realitzat la simulació d'un incendi en una àrea ubicada a la primera planta de l'edifici Tecnocampus 1. S'ha aplicat també el Document Basic de Seguretat Industrial a la primera planta de l'edifici. Així, ha estat necessari determinar la càrrega de foc, dissenyar en el software part de la primera planta de l'edifici i simular. Paral·lelament al càlcul computacional, s'ha recopilat informació tècnica de l'edifici per tal de determinar aspectes com la sectorització, la reacció al foc o el càlcul d'ocupació, entre altres paràmetres, per determinar si l'edifici compleix o no el Codi Tècnic Edificació, i quines accions serien necessàries en cas que no es complís.

## **RESUMEN**

En este Proyecto Fin de Grado se ha realizado la simulación de un incendio en un área ubicada en la primera planta del edificio Tecnocampus 1. Se ha aplicado también el Documento Básico de Seguridad Industrial en parte de la primera planta del edificio. Así, ha sido necesario determinar la carga de fuego, diseñar en el software toda la primera planta del edificio y simular. Paralelamente al cálculo computacional, se ha recopilado información técnica del edificio para determinar aspectos como la sectorización, la reacción al fuego o el cálculo de empleo, entre otros parámetros, para determinar si el edificio cumple o no el Código Técnico Edificación, y qué acciones serían necesarias en caso de que no se cumpliera.

## **ABSTRACT**

In this Degree Final Project has been carried out simulating a fire in an area located on the first floor of the building also Tecnocampus 1. Applied Industrial Safety Basic Document in a section on the first floor of the building. Thus, it was necessary to determine the fire load, the software design the entire first floor of the building and simulate. At the same time the computational calculation, technical information has been gathered from the building to determine issues such as zoning, the reaction to fire or calculation of employment, among other parameters, to determine whether or not the building complies Building Technical Code, and what actions would be necessary if it is not fulfilled .



# ÍNDEX

ÍNDEX DE TAULES .....	IV
ÍNDEX DE FIGURES .....	VI
ÍNDEX D'EQUACIONS .....	VIII
GLOSSARI DE TERMES .....	IX
1. Objectius.....	11
1.1. Propòsit.....	11
1.2. Finalitat.....	11
1.3. Objecte.....	11
1.4. Abast.....	11
2. Antecedents i necessitats d'informació .....	13
2.1. Normativa.....	13
2.2. DB-SI i RSCIEI.....	14
2.3. Plans d'autoprotecció .....	15
2.4. Plans d'emergència .....	15
2.5. Material com a mesura de seguretat .....	15
2.6. Instal·lació de protecció contra incendis .....	16
2.7. Elements finits.....	16
2.8. Càlcul computacional per elements finits .....	17
3. Objectius i especificacions tècniques.....	19
3.1. Objectius.....	19
3.2. Especificacions tècniques.....	19
4. Informació tècnica de la primera planta.....	21
4.1. Elements comuns en tots els sectors .....	21
4.1.1. Parets .....	21
4.1.2. Finestres.....	21
4.1.3. PCI.....	22
4.1.4. Portes .....	23

4.1.5. Mobiliari .....	23
4.2. Sector 1 .....	24
4.3. Sector 2 .....	26
+4.4. Sector 3 .....	28
4.5. Zona d'estudi .....	30
5. Determinació de la càrrega de foc .....	31
5.1. Càrrega de foc en el sector 1 .....	33
5.2. Càrrega de foc en el sector 2 .....	33
5.3. Càrrega de foc en el sector 3 .....	33
5.4. Càrrega de foc de la primera planta de l'edifici .....	34
5.5. Càrrega de foc a la zona d'estudi .....	34
6. Simulació d'incendis .....	35
6.1. Canvi de la superfície a simular i justificació .....	35
6.2. Objectiu de la simulació .....	35
6.3. Hipòtesi de càlcul. Simplificació del model a simular .....	36
6.4. Dimensionament de la zona d'estudi .....	38
6.5. Simulacions .....	40
6.6. Anàlisi de resultats .....	41
7. Aplicació del DB-SI .....	45
7.1. Sectorització .....	45
7.2. Càlcul de l'ocupació .....	46
7.3. Sortides i longitud de recorregut .....	48
7.4. Dimensionament dels elements d'evacuació .....	49
7.5. Protecció de les escales .....	51
7.6. Portes situades en els recorreguts d'evacuació .....	52
7.7. Senyalització en els mitjans d'evacuació .....	53
7.8. Sistemes de protecció contra incendis .....	55
7.9. Senyalització de les instal·lacions de protecció contra incendis .....	57
8. Accions per al compliment del DB-SI .....	59
9. Resultat .....	61

9.1. Assoliment dels objectius.....	62
10. Planificació.....	65
10.1 Activitats i recursos .....	65
10.2. Durada del projecte .....	69
11. Impacte mediambiental .....	71
11.1. Accions impactants .....	71
11.2. Factors ambientals impactants .....	72
12. Conclusions .....	73
12.1. Resum del projecte .....	73
12.2. Millores en el projecte.....	74
12.3. Anàlisi, presentació i justificació de desviacions .....	75
13. Referències .....	77

## ÍNDEX DE TAULES

4. Informació tècnica de la primera planta.....	21
4.2. Sector 1.....	24
Taula 4.1: Elements del Sector S1.....	26
Taula 4.2 Elements del Sector S2.....	28
4.4. Sector 3.....	28
Taula 4.3: Elements del Sector S3.....	29
7. Aplicació del DB-SI.....	45
7.1. Sectorització.....	45
Taula 7.1: Resistència al foc de parets, sostres i portes dels sectors d'incendis.....	45
7.2. Càlcul de l'ocupació.....	46
Taula 7.2: Densitat d'ocupació.....	46
Taula 7.3: Compliment de l'ocupació.....	48
7.3. Sortides i longitud de recorregut.....	48
Taula 7.4: Longitud d'evacuació.....	48
Taula 7.5: Compliment de les longituds d'evacuació dels recorreguts.....	49
7.4. Dimensionament dels elements d'evacuació.....	49
Taula 7.6: Dimensionat dels elements d'evacuació.....	50
Taula 7.7: Compliment dels elements d'evacuació.....	51
7.5. Protecció de les escales.....	51
Taula 7.8: Protecció de les escales.....	51



7.8. Sistemes de protecció contra incendis.....	55
Taula 7.9: Sistemes PCI segons ús de l'edifici.....	57
Figura 7.2: Dimensions senyals fotoluminiscent.....	58
10. Planificació.....	65
10.1. Activitats i recursos.....	65
Taula 10.1: Programació del projecte.....	66
11. Impacte mediambiental.....	71
11.1. Accions impactants.....	71
Taula 11.1: Accions impactants.....	72
11.2. Factors ambientals impactants.....	72
Taula 11.2: Factors ambientals impactants (I).....	72
Taula 11.3: Factors ambientals impactants (II).....	72

## ÍNDEX DE FIGURES

4. Informació tècnica de la primera planta.....	21
4.2. Sector 1.....	24
Figura 4.1: Captura d'imatge del Sector 1.....	26
4.3. Sector 2.....	26
Figura 4.2: Captura d'imatge del Sector S2.....	28
4.4. Sector 3.....	28
Figura 4.3: Captura d'imatge del Sector S3.....	30
5. Determinació de la càrrega de foc.....	31
Figura 5.1: detall de la introducció de la càrrega de foc al software.....	33
6. Simulació d'incendis.....	35
6.4. Dimensionament de la zona d'estudi.....	38
Figura 6.1: Plànol de la zona d'estudi.....	41
Figura 6.2: Zona d'estudi dissenyada en el Pyrosim.....	42
6.6. Anàlisi de resultats.....	41
Figura 6.3: Intent de combustió de la simulació.....	44
Figura 6.4: Combustió de la simulació 5.....	45

7. Aplicació del DB-SI.....	45
7.7. Senyalització en els mitjans d'evacuació.....	53
Figura 7.1: Porta sala instal·lacions on hi hauria d'haver-hi un cartell amb el rètol “sense sortida”.....	55
7.9. Senyalització de les instal·lacions de protecció contra incendis.....	57
10. Planificació.....	65
10.2. Durada del projecte.....	69
Figura 10.1: Diagrama de Gantt del projecte.....	71

## ÍNDEX D'EQUACIONS

5. Determinació de la càrrega de foc.....	31
Eq 5.1.....	32
Eq 5.2.....	32
Eq 5.3.....	32
Eq 5.4.....	32
5.1. Càrrega de foc en el sector 1.....	33
Eq 5.5.....	33
Eq 5.6.....	33
5.2. Càrrega de foc en el sector 2.....	33
Eq 5.7.....	33
Eq 5.8.....	33
5.3. Càrrega de foc en el sector 3.....	33
Eq 5.9.....	33
Eq 5.10.....	34
5.4. Càrrega de foc de la primera planta de l'edifici.....	34
Eq 5.11.....	34
Eq 5.12.....	34
5.5. Càrrega de foc a la zona d'estudi.....	34
Eq 5.13.....	34
Eq 5.14.....	34

## GLOSSARI DE TERMES

BIE	Boca Incendis Equipada
CEE	Comunitat Econòmica Europea
CTE	Codi Tècnic Edificació
DB	Document Bàsic
EI	Assaig contra Incendis
FDS	Fire Dynamic Simulation
HRRPUA	Taxa de Calor Per Àrea
IPF	Instal·lació Protecció contra Foc
M	Massa
M2	Metres quadrats
MEF	Finite Element Method
NBE	Norma Bàsica Espanyola
NIST	Institut Nacional de Estàndars i Tecnologia
NTE	Norma Tecnològica Espanyola
PC	Poder Calorífic
PCI	Protecció Contra Incendis
QF	Càrrega de Foc
RD	Reial Decret
RIPCI	Reglament Instal·lacions Protecció Contra Incendis
RSCIEI	Reglament de Seguretat Contra Incendis en Establiments Industrials

S	Superfície
TCM	TecnoCampus Mataró-Maresme
UNE	Una Norma Espanyola
ZMIN	Plànol Z Inferior
ZMAX	Plànol Z Superior

# 1. Objectius

## 1.1. Propòsit

Aquest projecte pretén determinar de manera visual, realista i sense necessitat de realitzar assajos destructius [1], el comportament d'un incendi en un edifici de gran ocupació. A dia d'avui, es dissenya tenint en compte incendis, però això no significa que l'edifici es comporti tal i com es desitja, podent tenir greus conseqüències a nivell material i personal.

## 1.2. Finalitat

El projecte presenta dues finalitats: per un costat, es realitzarà una simulació d'incendi al laboratori de mecànica del Tecnocampus, (TCM d'ara en endavant), i s'analitzaran els resultats: evolució del foc respecte el temps, la seva propagació al passadís, els elements que s'arribarien a cremar degut a la combustió, etc. Paral·lelament a la simulació, s'aplicarà el Document Bàsic de Seguretat contra Incendis del Codi Tècnic d'Edificació [2] (DB-SI i CTE respectivament) a la primera planta de la universitat, per tal de determinar si compleix la normativa principal d'edificació estatal. Si no es compleix, es proposaran mesures per tal de complir-la.

## 1.3. Objecte

En aquest projecte es realitza, per tant, una simulació d'incendi en una zona situada a la primera planta del TCM, així com l'anàlisi de resultats i l'estudi del compliment del CTE SI. La simulació es realitzarà mitjançant un software informàtic específic. Es vol determinar, de forma visual i aproximada, quins serien els danys materials en cas d'incendi, quina seria l'evolució del foc, saber si el foc es propagaria per l'edifici, en cas afirmatiu comprovar que la sectorització funciona degudament.

## 1.4. Abast

El projecte inclou la redacció de la memòria del projecte, plànols en 2D de l'edifici, plànols d'autoprotecció, càlculs, i el resultat de la simulació en vídeo. Entre el que no inclou hi ha la implantació física de millores a l'edifici i una simulació d'evacuació de persones, per qüestions principalment, de temps





## 2. Antecedents i necessitats d'informació

Aquest capítol conté tota la informació que serà necessària per al desenvolupament de l'avantprojecte i del projecte de detall. Així, es necessitarà informació referent a la normativa que afecta al projecte, inclosos plans d'emergència, plans d'autoprotecció i plànols. També serà necessari saber què és el mètode dels elements finits i com s'aplica als softwares de simulació. Per últim, es necessitarà saber informació sobre els materials a emprar per suportar el foc i de les instal·lacions de protecció contra incendis.

### 2.1. Normativa

També anomenades reglaments, tenen la finalitat d'establir unes pautes a d'actuació per tal de mantenir una harmonia i un cert equilibri en els contextos on s'apliquen.

La primera normativa nacional antiincendis va ser la Norma Tecnològica Espanyola sobre Instal·lacions de Protecció contra el Foc (NTE-IPF) l'any 1974 [3]. El seu propòsit va ser l'estandardització de certs aspectes a les edificacions, aspectes que fins a l'aparició de la normativa no ho estaven. A més, va definir de quina manera s'havien de dissenyar i què havien de contenir les instal·lacions de protecció. Aquesta normativa també va unificar les connexions de les mànegues encarregades d'extingir incendis, ja que ni tan sols aquestes estaven estandarditzades a nivell nacional.

Durant el segle passat, van aparèixer tres incendis que van marcar un abans i un després a nivell nacional i que, sens dubte, van accelerar la creació d'aquest tipus de normatives.

El primer incendi d'envergadura del segle XX va ser de la refineria de Escombreras de Cartagena, el 1 octubre 1969 [4], en el qual van morir un total de 8 persones i van haver-hi més de 100 ferits. El foc va estar en actiu durant 8 dies, cremant 110 hectàrees de superfície de la planta i 1 milió de metres cúbics de petroli.

El segon gran incendi es va produir a l'hospital Virgen del Rocío a Sevilla, el 22 de novembre de 1977 [3], com a conseqüència de la manipulació de productes inflamables i l'absència de mesures de seguretat, al no tenir caràcter obligatori. Malgrat que no van haver víctimes i no va

causar danys severes, a causa de flames petites, si va fer que s'estengués el pànic pel fum produït. Al no haver-hi una normativa antiincendis, l'hospital no comptava amb escala d'incendis, com tampoc comptava amb altres mesures, com plans d'emergència o evacuació. Al final es va haver de desallotjar l'hospital, més pel pànic del personal sanitari que pel perill real. Com a conseqüència d'aquest incident, el dia 1 de setembre de 1978 es va aprovar el Reial Decret RD2177/78 de Protecció Contra Incendis (PCI) en Hospitals.

El tercer i últim gran incendi analitzat és el de l'Hotel Corona d'Aragón, a Saragossa, el 12 de juliol de 1979 [3], amb centenars de ferits i 76 morts. L'origen va tenir lloc a la cuina de l'hotel i, igual que a l'hospital Virgen del Rocío, el fum es va propagar pels conductes de ventilació i falsos sostres. El 25 de setembre de 1979 es va dictar una ordre de protecció contra incendis en hotels.

L'any 1980 l'Institut d'Administració Local el va publicar, sense caràcter d'obligatorietat, amb el títol d'Avantprojecte d'Ordenança Tipus de Protecció Contra incendis. Al no ser obligatòries, cada cap de bombers elaborava la seva pròpia normativa PCI segons el seu propi criteri. Al no haver-hi una estandarització, elements que funcionaven en una localitat podien no ser compatibles en unes altres.

El Ministeri d'Habitatge va estudiar les normes PCI i el 10 d'abril de 1981 es va aprovar el Reial Decret RD 2059/81, pel qual s'aprovava la Norma Bàsica de Protecció Contra Incendis (NBE-PCI-81) a nivell nacional, la qual era d'obligatori compliment.

## **2.2. DB-SI i RSCIEI**

Document Bàsic del Codi Tècnic Edificació (DB i CTE respectivament) que afecta els edificis per tal d'adequar-los en cas d'incendi. El mateix DB està dividit en 6 capítols, els quals tracten de la propagació interior i exterior del foc, l'evacuació dels ocupants i intervenció dels bombers, les instal·lacions de protecció contra incendis i la resistència al foc de l'estructura. Aquest DB és el que s'estableix per al conjunt general d'edificis, excloent aquells d'ús industrial, en els quals s'aplica el RSCIEI. La principal diferència entre els dos reglaments no és la pròpia estructura de l'edifici en si, sinó l'activitat que s'hi realitza. Així, si es té una nau però no es desenvolupa una activitat industrial se li aplicarà el CTE.

Entre els càlculs i paràmetres a avaluar en la solució tècnica per tal de verificar el correcte compliment, destaquen els següents, els quals queden recollits en el DB-SI, ja que l'edifici a analitzar no desenvoluparà una activitat industrial i per tant li afecta el CTE i no el RSCIEI.

### **2.3. Plans d'autoprotecció**

Un pla d'autoprotecció [5] és un document que estableix una sèrie de mesures per prevenir i controlar els riscos sobre les persones i béns, de tal manera que permet actuar de la millor manera possible, ja sigui durant la realització d'una activitat, en una empresa o en qualsevol establiment, garantint la integració d'aquestes actuacions en el sistema de protecció civil.

### **2.4. Plans d'emergència**

Un Pla d'Emergència [5] és un conjunt de mesures destinades a fer front a situacions de risc, minimitzant els efectes derivats d'aquests sobre les persones i estris, garantint l'evacuació segura dels seus ocupants, si fos necessària. Per tant, és molt possible que a l'execució del projecte, s'hagi de consultar el pla d'emergència de la infraestructura.

### **2.5. Material com a mesura de seguretat**

L'any 1989 va aparèixer la Directiva 106/89 de la Comunitat Econòmica Europea (CEE) [3] referent a la classificació de productes de la construcció contra incendis. A Espanya no es va instaurar fins a l'any 2005, ja que qualsevol norma no traduïda al castellà, tot i pertànyer a la CEE, no era de caràcter obligatori. Així, el 2005 s'aprova el RD 312/05, classificant els productes de construcció per la seva resistència al foc, però seguia existint el mateix problema. El RD no feia cap referència a normes en anglès, i per tant, aquesta no era d'obligat compliment. Amb l'arribada del CTE es va normalitzar la situació, amb el RD 100/08, en el qual es diu que tot material de construcció s'ha de sotmetre als assajos establerts en aquestes normes.

## 2.6. Instal·lació de protecció contra incendis

Pel que fa a les instal·lacions contra incendis, el 5 de novembre de 2003 va aparèixer el RD 1942/93 [3] que va aprovar el Reglament d'Instal·lacions de Protecció Contra Incendis (RIPCI), norma que avui dia està en vigor. Igual que el RSCIEI, el qual s'ha explicat, s'espera que el RIPCI sigui renovat pròximament per donar entrada a altres instal·lacions i procediments no previstos en ell i que avui són d'ús freqüent.

## 2.7. Elements finits

Són moltes les àrees que utilitzen aquest tipus de càlcul per a la solució de problemes, com ara l'anàlisi d'una estructura, transferència de calor, esforços a tracció, compressió, càlcul de fluids i un llarg etc.

Les solucions analítiques són aquelles que són vàlides al llarg de tot el cos estudiat, el que significa que és aplicable a qualsevol secció de l'objecte d'estudi. Aquest tipus de solucions requereixen d'equacions diferencials, que a causa de les geometries dels objectes d'estudi, són impossibles de determinar numèricament.

El càlcul per elements finits [6] permet abordar el problema mitjançant una sèrie d'equacions algebraiques que es realitzen de forma simultània, ja que l'element s'ha de "descompondre" en cossos més petits units per uns nodes. La suma d'aquests models dona com a resultat l'objecte total d'estudi. Així, en lloc d'abordar el problema com un conjunt, el cos es divideix en un nombre finit d'elements, els quals es resolen simultàniament, obtenint el resultat del cos sencer, fruit de la suma dels resultats dels elements finits.

Aquest sistema de càlcul es basa en mètodes matricials. Això es deu a dos factors determinants: d'una banda, a causa de la gran quantitat d'equacions a resoldre, i no menys important és la simplicitat de la seva notació i fàcil implantació en algorismes informàtics per resoldre mitjançant un ordinador.

## 2.8. Càlcul computacional per elements finits

El Mètode per Elements Finitos, d'ara endavant MEF [7], és un model matemàtic que intenta aproximar la solució d'equacions diferencials en aplicacions d'enginyeria i científiques mitjançant aproximacions molt fidels a la realitat [8]. Permeten obtenir resultats en els quals és pràcticament impossible per qualsevol altre mètode matemàtic.

L'ús d'aquesta tecnologia fa que, en reduir la dependència dels prototips, s'estalviï molt de temps que repercuteix en una reducció dràstica dels costos de cara a les empreses, a més de tenir l'avantatge que els modelats poden modificar tantes vegades com calgui i realitzar les seves respectives simulacions.

Malgrat l'existència de diversos programes de simulació d'incendis, tots es basen en el mòdul de càlcul Fire Dynamic Simulation (FDS), el qual ha estat desenvolupat pel NIST [9], però això és només el mòdul de càlcul. La diferenciació entre software ve donada per la interfície, que és específica de cada programa, opcions i variables que permet el programa, facilitat d'ús, etc.

Com en qualsevol altre software de simulació, s'ha de començar definint la geometria de l'objecte d'estudi (dimensions, formes, material, etc.) [5]. En el cas del software d'incendi en edificis, s'ha de dimensionar l'àrea d'estudi a analitzar. Aquest, degut a la seva naturalesa, també permet distingir materials, ja que aquests tenen comportaments diferents. Aquest fet és fonamental en software de simulació. Per tant, si l'objecte d'estudi disposa de mobiliari, maquinària, cortines o qualsevol element susceptible al foc, aquests poden posar-se al programa i aplicar-hi el material que correspongui, ja que influirà en el resultat de la simulació en variar la càrrega de foc.

Per a un major grau de fiabilitat dels resultats obtinguts mitjançant la simulació, és possible definir el nombre de cel·les de càlcul (nombre d'elements finits) [10]. A major nombre d'elements a calcular s'obindrà una precisió molt més gran, però aquest fet repercutirà a més temps de càlcul, ja que hi haurà un major nombre d'elements finits, el que pot fer que el temps de simulació augmenti de forma exponencial.

No obstant, els factors decisius de la mida de cel·la seran les característiques de l'ordinador disponible (a major potència, major capacitat de càlcul) i el temps disponible per a la simulació, ja que aquestes poden durar setmanes i fins i tot mesos, depenent dels factors ja esmentats .

Els resultats de la simulació es mostren en forma de vídeo, on es pot veure el foc en la seva fase de creació, així com la seva evolució i expansió al llarg del temps. La durada del vídeo resultant també pot ajustar-se i serà una gran responsable del temps de càlcul de la simulació. A major durada de vídeo, l'escala de la simulació serà més lenta i per tant, major temps de càlcul

## 3. Objectius i especificacions tècniques

### 3.1. Objectius

- L'edifici escollit ha estat el Tecnocampus Mataró-Maresme, degut a la major disponibilitat d'informació i la utilitat dels resultats per la pròpia comunitat universitària. Sabent que l'edifici és el TCM 1, s'ha de decidir si l'anàlisi es realitzarà en tot l'edifici, només en una planta de les quatre possibles, només una sala, etc, a més d'extreure tota la informació tècnica possible: quants metres quadrats té, quantes sales, plantes i objectes habituals de la sala
- Comprovació del compliment del CTE a l'edifici principal del Campus. Es dona per fet que, efectivament, l'ha de complir, però també és cert que aquesta infraestructura l'ha complís tenint en compte un nombre màxim d'alumnes. Si l'ocupació varia, l'edifici pot deixar de complir el CTE, així com tenir apartats que es compleixin i uns altres no.
- Estudiar les causes més probables de que es produeixi un incendi. Al no haver-hi laboratoris amb productes químics, les opcions més probables de foc són els laboratoris d'informàtica, electrònica o mecànica, mentre que el tipus de foc més probable és elèctric, presumiblement degut al sobreescalfament o mal funcionament d'algun aparell electrònic.
- Simulació mitjançant software per tal d'estudiar el comportament del foc en un hipotètic incendi.

### 3.2. Especificacions tècniques

Les especificacions tècniques d'un projecte d'enginyeria són els objectius expressats de forma numèrica. No obstant, degut a la manca d'informació de caràcter definitiu, aquestes s'han hagut d'indicar en termes generals.

1. Situar l'origen de l'incendi a la ubicació òptima [11] [12] .
  - a. La ubicació òptima és el laboratori de mecànica
  - b. Longitud: 12,05 metres
  - c. Amplada: 8,9 metres

- d. Alçada: 2,7 metres
  - e. Superfície: 99,6 m<sup>2</sup>
  - f. Portes: 2
  - g. Finestres: 6
  - h. Extintors: 1
  - i. Ordinadors: 9
  - j. Taules: 8
  - k. Cadires: 17
2. Compliment o no del CTE (capítol 7 del projecte).
    - a. Actualment, l'edifici compleix el CTE
    - b. Verificació del seu compliment
  3. Determinació de las causes d'un incendi
    - a. Foc elèctric degut a maquinaria (temperatures altes o sobreescalfament)
  4. Simulació d'incendi mitjançant software (capítols 5 i 6) [12]
    - a. Càrrega de foc: 819 KJ/m<sup>2</sup>
    - b. Extintors: 1
    - c. Detector de fum: 13
    - d. Parets antiincendis: 21,11 metres
    - e. Dimensions de cel·les de càlcul: 25 x 25 cm



## **4. Informació tècnica de la primera planta**

### **4.1. Elements comuns en tots els sectors**

La primera planta de l'edifici TCM 1 té tres sectors d'incendi [12], identificats en els plànols de distribució (1-4) del document Plànols [13].

#### **4.1.1. Parets**

Les parets exteriors que delimiten l'exterior amb l'interior de l'edifici consten de tres capes: formigó, escuma de poliuretà i pladur, en aquest ordre, des de l'exterior cap a l'interior. Així, el formigó s'encarrega de suportar el pes de l'edifici, l'escuma de poliuretà s'encarrega d'aïllar tèrmicament l'edifici envers l'exterior i el pladur és la part visible de la paret desde l'interior de l'edifici. Els murs tenen una amplada de 30 cm i s'estima que la proporció és 50% de formigó, 30% d'aïllant i 20% el pladur. Es denomina pladur a un sistema format per capes de guix i dues capes de cartró al mig.

Els murs interiors, tal com s'ha esmentat al paràgraf anterior, estan realitzats de pladur i tenen una amplada de 11 centímetres. La tabiqueria interior per tant no ha d'aguantar cap mena d'esforç estructural, motiu pel qual es pot utilitzar aquest material.

Els murs tallafocs, tot i pertànyer al grup de murs interiors, estan realitzats d'una combinació de formigó i pladur. Aquesta combinació de materials és deguda a que aquests murs han d'assegurar durant un determinat temps que el foc no passi d'un sector a un altre i el formigó té una gran resistència tèrmica. Aquests murs tenen una amplada de 25 centímetres i s'estima que la proporció és de 75% formigó i 25% pladur.

#### **4.1.2. Finestres**

La superfície acristallada per finestres ocupa tot l'edifici, tant a la part que dona a l'exterior del recinte com a la part que dona a la plaça interior del centre. Totes les finestres són de doble vidre de 8 mil·límetres cadascun i amb una cambra d'aire al mig. El motiu d'aquest tipus de finestra és purament per climatització, no per la propagació de l'incendi cap a l'exterior o des de l'exterior cap a l'interior. No hi ha cap sistema que, en cas d'incendi obri les finestres. Al

obrir les finestres es podria evacuar el fum, permetent que els alumnes i el personal que hi sigui, pugui morir intoxicat, però d'altra banda, l'aire que entraria per les finestres mantindria l'incendi actiu al subministrar-li oxigen. Les úniques finestres que s'obren són les que hi ha a la plaça d'inici del recinte, on es troben els edificis TCM 1, 2 i 3, però aquestes finestres només serveixen per evacuar el fum produït per un incendi a la sala d'actes de l'edifici TCM 2, i per tant, no són objecte d'aquest projecte.

Tot el centre està climatitzat amb sistemes de bomba de calor i extracció d'aire. Els dos sistemes estan junts, de manera que, observant el sostre del centre, hi ha unes plaques quadrades amb reixes. La meitat d'aquestes reixes amaga el sistema de climatització, mentre que l'altra meitat amaga el sistema d'extracció. En teoria, es subministra el mateix caudal que s'absorbeix, per tal d'evitar que la pressió a les sales sigui massa elevada o massa reduïda. Els conductes tant de subministrament com d'extracció comuniquen amb els diferents sectors de l'edifici. Un aspecte important és que el sistema de subministrament talla el subministre d'aire quan salta l'alarma, mentre que el d'extracció fa exactament el mateix. Els tubs que s'encarreguen de comunicar els diferents sectors, posseeixen unes vàlvules que sellegen el pas d'aire. D'aquesta manera, el foc originat en una sala no pot passar una altra mitjançant els conductes de ventilació.

### **4.1.3. PCI**

Els elements de Protecció Contra Incendis (PCI) dels quals disposa el centre són: extintors de pols ABC i CO<sub>2</sub>, Boques d'Incendi Equipades (BIE) i polsadors d'alarma. Aquests sistemes estan ubicats en zones comuns (passadissos), si bé és cert que algunes aules tenen els seus propis PCI, sobretot extintors en aquelles sales on hi ha risc d'incendi, com en els diferents laboratoris. La ubicació dels PCI pot consultar-se als plànols 8-10 del document Plànols.

En el grup dels PCI però en una categoria lleugerament diferent, es troben els detectors, els quals s'encarreguen de fer saltar l'alarma quan detecten una possible amenaça. L'edifici només disposa de detectors de fum/partícules i estan ubicats cada 15 m<sup>2</sup>. L'edifici no disposa de detectors de calor, aspersors d'aigua etc. La ubicació dels detectors pot consultar-se als plànols 11-13 del document Plànols.

#### **4.1.4. Portes**

Les portes són estàndard de material contraxapat amb un gruix de 4 centímetres i una amplada de 1 metre. Les portes tallafocs s'encarreguen, junt amb els murs tallafocs, de delimitar sectors. Estan realitzades d'acer i una pintura especial que permet retenir el foc. Aquestes portes, quan s'obren, tenen un sistema d'imants que fa que quedin obertes. En cas d'incendi, el sistema d'alarmes fa que els imants de la paret deixen d'interactuar amb els imants de les portes i aquestes es tanquen.

#### **4.1.5. Mobiliari**

Per últim, el mobiliari més comú són les taules i les cadires, les quals són aglomerades i ignífugues, pensades per no ser consumides durant un incendi. Estan presents en totes les aules i laboratoris del centre. També hi ha multitud d'ordinadors: 1 a cada classe i un mínim de 15 en els diferents laboratoris del centre. Per últim, s'han observat dos tipus de prestatgeries: unes que contenen motors i equips elèctrics i electrònics, realitzades en alumini, i unes altres que s'encarreguen de guardar diferent tipus de material, realitzades amb alumini i contraxapat

En els següents apartats s'explicaran les característiques més rellevants de cada estància, sala i zona. La ubicació exacta de cada zona pot consultar-se en els plànols de distribució (plànols 1-4 del document Plànols). Per a aquest apartat s'ha obviat el sector 4 al ser part de Cetemmsa, però es tindran en compte en el capítol 7, al aplicar el DB-SI.

## 4.2. Sector 1

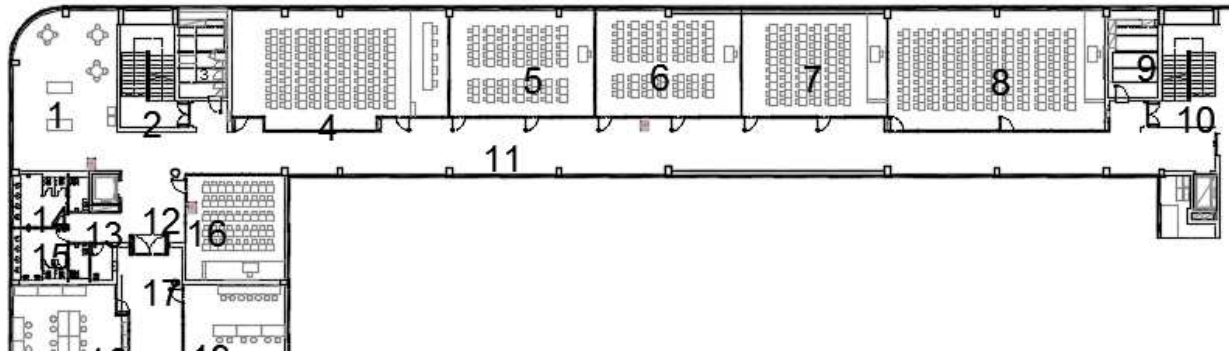


Figura 4.1: Captura d'imatge del Sector S1

ID	Denominació	ID	Denominació
1	Sala vending	11	Passadís S1
2	Escales 1B	12	Passadís S1-S2
3	S. Instal·lacions	13	Z. Sanitària
4	Aula 101	14	Lavabo dones
5	Aula 102	15	Lavabo homes
6	Aula 103	16	Aula 100
7	Aula 104	17	Passadis S2
8	Aula 105	18	Laboratori 1
9	S. Instal·lacions	19	Laboratori 6
10	Escales 2B		

Taula 4.1: Elements del Sector S1

El sector 1 conté la zona de vending, que té també funció de menjador i de descans dels alumnes entre classes. Aquesta sala, sense portes, conté màquines expenedores de begudes, cafès i snaks, així com de dos microones per tal que els alumnes es puguin escalfar el menjar. Al actuar també com a menjador, hi ha taules y cadires. Conté un extintor i dos sensors de fum. Té una superfície de  $90,08 m^2$

Just al costat hi ha una porta antiincendis que condueix cap a l'escala 1B, la qual permet accedir a la planta superior i a la planta baixa. Aquestes escales estan protegides per murs contra incendis, ja que aquestes escales formen part de la ruta d'evacuació en cas d'emergència (plànols 14-16 del document Plànols), per tant, haurien d'estar dissenyades per tal de poder

evacuar a la gent tan de la primera com de la segona planta (es comprovarà en el capítol 7). Junt a les escales, hi ha una BIE, un extintor de pols ABC i un polsador d'alarma, així com una porta que condueix cap a una sala d'instal·lacions. La seva superfície és de  $23,94 m^2$

El aquest primer sector, hi ha dos passadissos: un condueix cap al sector 2 (Passadís S1-S2) i l'altre continua cap al sector 1 (Passadís S1). El passadís S1 conté 8 sensors de fum separats cada  $15 m^2$ , un conjunt de PCI format per un extintor, un polsador i un BIE junt a l'aula 101, un extintor junt a l'aula 103, un conjunt de PCI format per un extintor, un polsador, una BIE i per últim, un equip idèntic situat junt a l'aula 105, a més de tenir un polsador addicional. El passadís també té unes escales d'emergència idèntiques a les citades amb anterioritat (Escala 2B), així com una altra sala d'instal·lacions, amb idèntica superfície. En el passadís S1, hi han 32 finestres i té una superfície de  $281 m^2$ .

El passadís S1 conté les aules 101-105. Són aules on es realitzen sessions de teoria. Totes les sales contenen una pissarra, un ordinador, un sistema de projector i pantalla i cadires i taules tant pels alumnes com pel professor.

L'aula 101 té una superfície de  $136 m^2$ , 91 taules amb 91 cadires i un total de 8 finestres i dues portes. Les aules 102-104 tenen una superfície de  $85 m^2$ , 5 finestres, 57 cadires i 57 taules i dues portes cadascuna. Per últim, l'aula 105 té una superfície de  $144 m^2$ , 121 taules amb 121 cadires i un total de 8 finestres i dues portes.

Al final del passadís S1 hi ha una porta tallafocs que separa el recinte d'estudi amb el recinte empresarial de Cetemmsa. Actualment, el Tecnocampus té llogades tres sales de la primera planta de Cetemmsa, i la previsió és que, per motius de capacitat, acabi llogant tota la primera planta. Cetemmsa disposa d'una escala que comunica amb la planta baixa, però a diferència de les escales del Tecnocampus, aquestes no estan preparades per evacuar en cas d'emergència.

El passadís S1-S2 conté a mà dreta la sala 100, la qual té l'entrada en el sector 1, però que està entre els sectors 1 i 2. A mà dreta es troba la zona sanitària, amb  $52,06 m^2$ , la qual conté els accessos a les sales on es desen els productes emprats pel servei de neteja i els lavabos, amb una superfície de  $19,50 m^2$  pels homes i  $19,6 m^2$  per les dones.

### 4.3. Sector 2

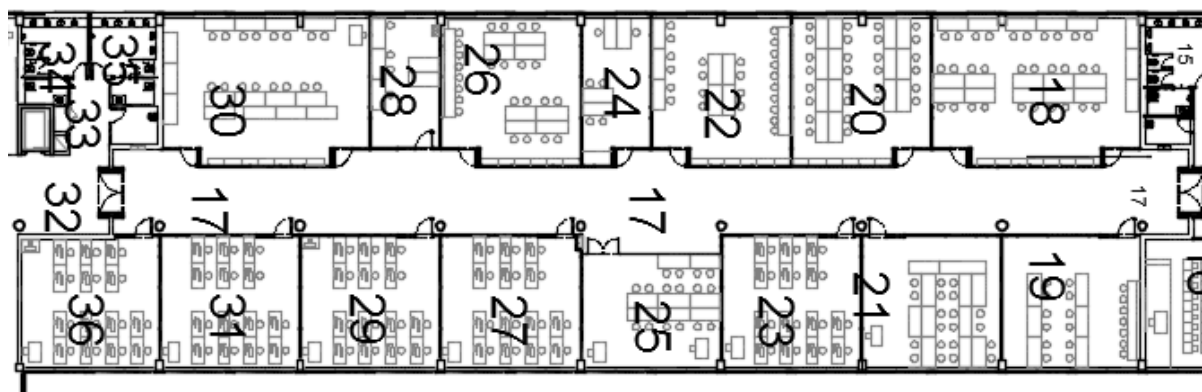


Figura 4.2: Captura d'imatge del Sector S2

ID	Denominació	ID	Denominació
17	Passadís S2	27	Laboratori Inf 2
18	Laboratori 1	28	Lab Mecanitz
19	Laboratori 6	29	Laboratori Inf 3
20	Laboratori 2	30	Lab Mecànica
21	S. Infraestructures	31	Laboratori Inf 4
22	Laboratori 3	32	Passadís S2-S3
23	Laboratori Inf 1	33	Z. Sanitària
24	Serveis tècnics	34	Lavabo homes
25	Sala Digital Fac	35	Lavabo dones
26	Laboratori 4	36	Laboratori Inf 6

Taula 4.2 Elements del Sector S2

El sector 2 comunica amb el sector 1 mitjançant una porta tallafocs i un passadís que comença en el sector 1 (Passadís S1-S2), creua tot el sector 2 (Passadís S2) i acaba en el sector 3 (Passadís S2-S3). En el sector 2, es troben un total de 15 aules, repartides uniformement entre la banda de la dreta i de l'esquerra, observant el plànol en planta.

El passadís té un total de 8 sensors de fum, separats cada 15 m<sup>2</sup> i 2 equips de PCI formats per 1 extintor de pols ABC, una BIE i un polsador d'alarma. Un està ubicat junt amb la porta tallafocs que delimita el S1 amb S2, mentre que l'altre està junt a la porta que delimita el S2 amb S3, porta situada al final del passadís. Hi ha un tercer equip de PCI, situat a la meitat del passadís, coincidint amb la sala Digital Factory.

El passadís S2 no té cap via d'escapament, però condueix cap a les escales d'evacuació 1B, o bé, cap a les escales d'evacuació 3B situades en el sector 3, ja que el sector 2 no té cap escala d'evacuació pròpia.

Totes les aules contenen 4 finestres, 1 porta i 2 sensors de fum, en cas contrari, s'indicarà el número explícitament a la descripció de l'aula que pertorqui. Té una superfície de  $280,81 m^2$ ,

Observant el plànol en planta, a la banda de la dreta hi ha l'aula 100, la qual està entre els sectors S1 i S2, i al igual que la resta d'aules del sector 1, és una aula de teoria. Té una superfície de  $58 m^2$ , un extintor, 4 finestres, 46 cadires, 46 taules.

La següent aula és el laboratori 6 d'electrònica i màquines elèctriques, el qual conté equips electrònics i ordinadors. Té una superfície de  $61 m^2$ , 6 taules, 12 cadires, 4 finestres, 6 ordinadors, unes estanteries amb equips electrònics i 1 extintor.

A continuació es troba la sala d'infraestructures i serveis on hi treballa personal del centre. Té una superfície de  $61 m^2$  i hi han 13 taules, 20 cadires, 4 finestres, i 10 ordinadors.

Seguidament, hi ha el laboratori d'informàtica 1. Té una superfície de  $61 m^2$ , 15 taules, 15 cadires, 15 ordinadors i 1 extintor. En total, hi han 5 laboratoris d'informàtica, els quals contenen els mateixos elements, dimensions, equips, etc, i per tant, no s'explicaràn.

Per últim, hi ha una sala Digital Factory on hi treballa personal del centre. Té una superfície de  $53 m^2$ , 10 taules, 18 cadires, 3 ordinadors i un equip de PCI just a la porta d'entrada de la sala.

A la banda esquerra, hi ha un total de 8 sales. La primera, és el laboratori 1 de Control i Informàtica Industrial, la qual conté 15 taules, 30 cadires, 10 estanteries, 15 ordinadors i 15 equips propis d'aquest tipus de laboratori. Té 3 sensors de fum i una superfície de  $98,83 m^2$ , dues portes i 6 finestres.

El laboratori 2 és de Física i fluids, però a nivell d'equipament és molt similar a l'anterior. Té 14 taules, 28 cadires, 14 ordinadors, 1 porta, 6 estanteries i un extintor i una superfície de  $67,42 m^2$ .

El laboratori 3 és el de Física, on hi han 11 taules, 22 cadires, 11 ordinadors i diferents equips electrònics per fer els experiments, a més d'altres equips per fer experiments de llum, gravetat, etc. Té una superfície de  $67 m^2$ , 1 porta i un extintor.

A la sala de serveis tècnics hi ha personal que treballa per al Tecnocampus. S'encarreguen, entre altres coses, de vigilar els laboratoris. Hi ha 4 taules, 6 cadires, 1 extintor, 2 finestres, 1 sensor de fum, 4 ordinadors i una superfície de  $32 m^2$ .

El laboratori 4 és el de Mecatrònica, per tant, hi ha màquines i eines tant de mecànica com d'electrònica. Hi ha 11 taules, 16 cadires, 6 estanteries, 1 extintor de pols, 1 porta, 4 finestres, 2 sensors de fum i superfície de  $67 m^2$

El laboratori de mecanització és d'ús exclusiu de mecànica. Només hi ha 3 taules, amb 4 cadires, 2 finestres, 4 ordinadors, 1 sensor de fum, 1 extintor de pols i 1 de CO<sub>2</sub>, 4 finestres, una superfície de  $30 m^2$  i una porta. Conté a més, maquinària pròpia de taller mecànic, entre les quals hi ha un torn de grans dimensions, un torn més petit al costat, una fresadora i una serra elèctrica.

L'últim laboratori és el taller, on, igual que el laboratori anterior, aquest laboratori és d'ús exclusiu de mecànica. Té una superfície de  $99 m^2$ , 1 extintor, 6 finestres, 16 taules, 20 cadires, 20 ordinadors, 7 estanteries, 1 impressora 3D i 3 sensors de fum.

#### 4.4. Sector 3

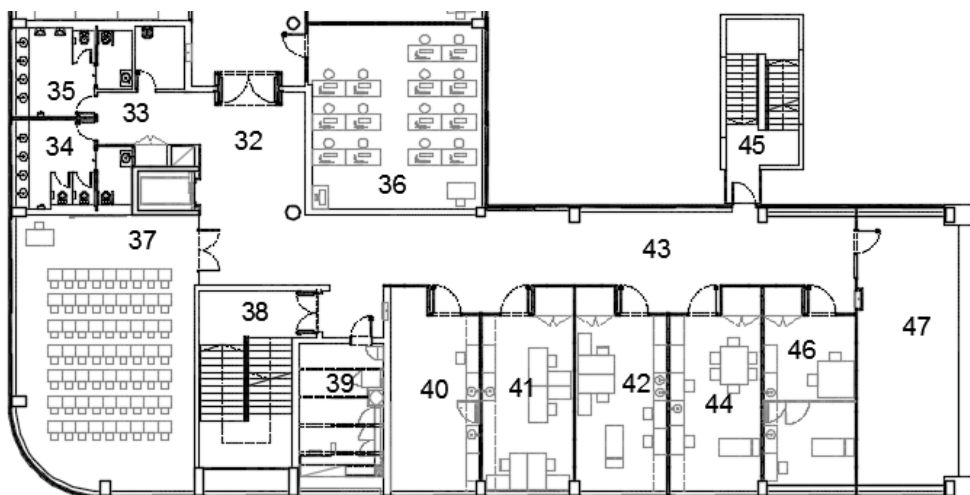


Figura 4.3: Captura d'imatge del Sector S3



ID	Denominació	ID	Denominació
17	Passadís S2	40	Box Infermeria 1
32	Passadís S2-S3	41	Box Infermeria 2
33	Z. Sanitària	42	Box Infermeria 3
34	Lavabo homes	43	Passadís S3
35	Lavabo dones	44	Box Infermeria 4
36	Laboratori Inf 6	45	Escales 4B
37	Aula 110	46	Box Infermeria 5
38	Escales 3B	47	Lavabo homes
39	S. Infraestruct		

Taula 4.3: Elements del Sector S3

El sector 3 comunica amb el sector 2 mitjançant el passadís S2-S3. És el sector més petit de tota la primera planta i està separat mitjançant una porta tallafoc entre els sectors 2 i 3.

El passadís acaba, quedant a la dreta la zona dels sanitaris, amb  $51 m^2$  de superfície i els lavabos d'homes i dones, amb  $18,34 m^2$  en el cas dels homes i  $17 m^2$  en el cas de les dones. Just a sota hi ha l'aula 110, mentre que a l'esquerra hi ha un passadís que condueix fins a la sala de reunions de la primera planta (al fons del passadís), als 5 boxs d'infermeria, i cap a les escales de sortida d'emergència 3B, conjuntament amb la sala instal·lacions, al igual que les escales 1B i 2B. També conté una altre sortida que, a diferència de les anteriors, és una sortida exterior que condueix directament cap al pati del Tecnocampus. És una escala d'obra. El passadís té una superfície de  $99,3 m^2$

El sector 3 té un total 2 equips de PCI, els quals contenen 1 polsador d'alarma, 1 extintor de CO2 i una BIE. Un dels equips està situat junt a la sortida d'emergència que queda més a prop del sector 2, mentre que l'altre està situat a la part exterior de la paret de la sala de reunions. Hi ha 4 sensors de fum distribuïts al llarg del passadís.

L'aula 110 és un aula de teoria, la última de la primera planta. Té una superfície de  $89 m^2$ , 56 taules, 56 cadires, 1 porta, 9 finestres, part dels murs interiors de l'aula són murs tallafocs al estar al costat de les escales d'evacuació, té un extintor de pols i 2 sensors de fum.

Les escales d'evacuació contigües a l'aula 110 són idèntiques a les escales d'evacuació 1B i 2B.

A la banda dreta del passadís hi ha els box d'infermeria. Tots els box tenen unes característiques molt similars: tenen una entrada per cada box, 2 llits, equips i material per fer pràctiques, 2 llits, armaris, piques per rentar-se les mans, etc. 31  $m^2$  de superfície i 2 sensors de fum.

Entre els dos últims box d'infermeria, el 4 i el 5, just al capdavant, es troba la sortida exterior d'evacuació mitjançant unes escales d'obra. Aquesta escala ha de tenir la capacitat suficient com per permetre evacuar al personal del sector 3 tant de la planta 1 com de la planta 2.

Per últim, i al final del passadís, es troba la sala de reunions. Aquesta sala té una superfície de 51  $m^2$ , 2 sensors de fum, 1 taula de grans dimensions, al voltant de 12-16 cadires i dues finestres de grans dimensions que actuen de paret exterior. Aquestes finestres van des del terra cap al sostre amb una inclinació d'entre 70° i 80°.

#### **4.5. Zona d'estudi**

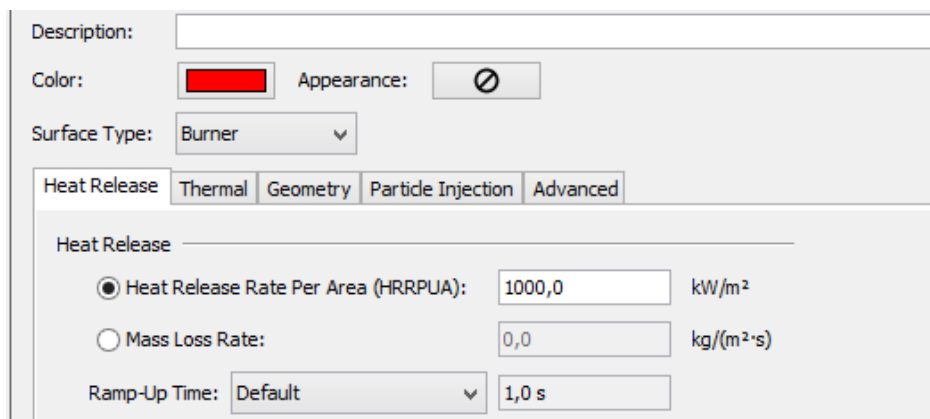
La zona d'estudi es pot observar en el plànol 17 del document Plànols. Al haver-se descrit la seva equipació en els apartats corresponents, no es tornaran a explicar.

## 5. Determinació de la càrrega de foc

La càrrega de foc QF [14], és la quantitat d'energia resultant d'una combustió en un sector d'incendi. Tot i que de forma indirecta, la càrrega de foc es pot arribar a utilitzar com a indicador, per tal de comprovar quin és el sector d'un edifici amb més risc d'incendi. El fet que hi hagi més risc és degut a que les conseqüències serien pitjors, no a la probabilitat que pugui esdevenir un incendi.

Quan es dissenya l'objecte d'estudi al Pyrosim [15], ja sigui una sala, edifici, etc. al marge de dissenyar els elements constructius: parets, portes, finestres, etc. s'ha de situar el foc en un punt concret. Una de les formes d'escollir el focus de l'incendi, es realitzar un anàlisi multicriteri, en el qual, entre altres factors, s'avalua la probabilitat d'incendi en una zona determinada, tal i com es va fer a l'avantprojecte. En aquest cas, una de les localitzacions amb més risc, és el laboratori de mecànica, degut a les altes temperatures que pot agafar la impressora 3D, l'ús de cert tipus de maquinaria pròpia del taller, i algunes activitats realitzades a assignatures com Enginyeria Tèrmica, en la qual es fan anar maquetes que funcionen amb calor.

Un cop es té localitzat a quina sala/zona, es situarà el foc, s'ha de determinar una ubicació exacta per tal d'afegir al software una "Burner Surface" (Superfície de Cremar, el focus de l'incendi). Al afegir aquesta superfície, s'ha d'introduir la Taxa de Calor Per Àrea (HRRPUA) expressat en KW/m<sup>2</sup>. Aquest paràmetre, expressa la quantitat d'energia per metre quadrat que allibera el foc durant la combustió, és a dir, la càrrega de foc:



The image shows a software configuration window for a 'Burner Surface'. The 'Description' field is empty. The 'Color' is set to red, and the 'Appearance' is set to 'Off'. The 'Surface Type' is 'Burner'. The 'Heat Release' tab is selected, and the 'Heat Release Rate Per Area (HRRPUA)' is set to 1000,0 kW/m<sup>2</sup>. The 'Mass Loss Rate' is set to 0,0 kg/(m<sup>2</sup>·s). The 'Ramp-Up Time' is set to 'Default' (1,0 s).

Figura 5.1: detall de la introducció de la càrrega de foc al software

Tal i com ja s'ha dit al començament del capítol, en el càlcul de la càrrega de foc intervén, per un costat, la massa dels materials emprats, el seu poder calorífic i la superfície de tot el sector d'incendi.

La càrrega de foc ve determinada per la següent expressió [16]:

$$QF = \frac{\sum_{i=1}^n M * Pc}{S} \quad \text{Eq. 5.1}$$

on M és la massa, expressada en Kg, Pc és el poder calorífic del material, expressat en Kcal/Kg i S és la superfície del sector d'incendis. La massa del material ve determinada per la formula següent:

$$M = Volum * Densitat \quad \text{Eq. 5.2}$$

La massa per tant, no és un paràmetre estàndard, sinó que depèn del volum de material. La densitat d'altra banda, si que depèn únicament del material, independentment de la seva quantitat.

Els paràmetres aplicats als diferents elements corresponen als casos més generals: acers, fustes, plàstics, etc, degut a que no ha estat possible determinar el material exacte de cada element. Sabent aquests materials, ja és possible saber la seva densitat. El volum, d'altra banda, s'ha determinat gràcies a inspeccions oculars. El volum total és el resultat de multiplicar el número d'elements per el volum unitari.

$$Volum\ total = \frac{Volum}{unitat} * N^o\ unitats \quad \text{Eq. 5.3}$$

$$Massa = Densitat * Volum\ total \quad \text{Eq. 5.4}$$

Per últim, s'ha de determinar la superfície útil del sector d'incendis. Un cop es té, s'aplica la expressió 5.1. per tal de determinar la càrrega de foc.

Tot i que no es necessari per la simulació en el software Pyrosim, ja que només s'estudiarà una zona determinada del sector 2, (la qual pot consultar-se en el plànol 17 del document Plànols), es determinarà la càrrega de foc de tots els sectors, de tota la primera planta i, finalment, de la zona d'estudi, seguint la metodologia descrita al llarg d'aquest capítol. Les taules amb la

informació necessària per a determinar el valor de les equacions 5.5, 5.7, 5.9, 5.11 i 5.13 pot consultar-se a les pàgines 91-94, a l'ANNEX VI.

### 5.1. Càrrega de foc en el sector 1

$$\sum M * P_c = 249043,327 \text{ Kcal} \quad \text{Eq. 5.5}$$

Superfície del sector =  $1263 \text{ m}^2$

$$Q_F = \frac{\sum_{i=1}^n M * P_c}{S} = \frac{249043,327 \text{ Kg} * \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)}{1263 \text{ m}^2} = 197,11 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2} = 825 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} \quad \text{Eq. 5.6}$$

### 5.2. Càrrega de foc en el sector 2

$$\sum M * P_c = 211674,762 \text{ Kcal} \quad \text{Eq. 5.7}$$

Superfície del sector =  $1314,82 \text{ m}^2$

$$Q_F = \frac{\sum_{i=1}^n M * P_c}{S} = \frac{211674,762 \text{ Kg} * \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)}{1314,82 \text{ m}^2} = 161 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2} = 674,55 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} \quad \text{Eq. 5.8}$$

### 5.3. Càrrega de foc en el sector 3

$$\sum M * P_c = 132593,419 \text{ Kcal} \quad \text{Eq. 5.9}$$

Superfície del sector =  $655,28 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}
 QF &= \frac{\sum_{i=1}^n M * P_c}{S} = \frac{132593,419 \text{ Kg} * \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)}{655,28 \text{ m}^2} = 202,35 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2} \\
 &= 847,82 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 5.10}$$

#### 5.4. Càrrega de foc de la primera planta de l'edifici

$$\sum M * P_c = 593308,949 \text{ Kcal}
 \tag{Eq. 5.11}$$

Superfície del sector = 3233,51 m<sup>2</sup>

$$QF = \frac{\sum_{i=1}^n M * P_c}{S} = \frac{593308,516 \text{ Kg} * \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)}{3233,51 \text{ m}^2} = 183,48 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2} = 769 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}
 \tag{Eq. 5.12}$$

#### 5.5. Càrrega de foc a la zona d'estudi

$$\sum M * P_c = 46715,645 \text{ Kcal}
 \tag{Eq. 5.13}$$

Superfície del sector = 240 m<sup>2</sup>

$$QF = \frac{\sum_{i=1}^n M * P_c}{S} = \frac{46715,645 \text{ Kg} * \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)}{240 \text{ m}^2} = 194,64 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2} = 816 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}
 \tag{Eq. 5.14}$$

## **6. Simulació d'incendis**

### **6.1. Canvi de la superfície a simular i justificació**

En el sistema multicriteri realitzat a l'avantprojecte, es va determinar que la ubicació òptima de l'incendi era el taller de mecànica, situat a la planta 1 de l'edifici TCM 1. La simulació, d'altra banda, i determinat pel mateix mètode, seria de tota la planta 1. No obstant, degut al gran volum d'aspectes a dissenyar i el temps de simulació necessari, s'ha hagut de reduir la simulació a una part del Sector 2 d'incendis del Tecnocampus.

L'àrea de simulació constarà, per tant, de tot el laboratori de mecànica, una part de la sala de serveis tècnics, una part del laboratori d'informàtica 4 i el lavabo de dones, delimitant per tant amb el Sector 3.

El motiu d'aquest canvi és, principalment, la complexitat del software escollit. D'altra banda, el càlcul computacional hagués portat moltes hores de treball que haurien acabat repercutint en un termini d'entrega del projecte superior al previst inicialment.

### **6.2. Objectiu de la simulació**

Quan es dissenya un edifici, independentment de l'ús que se l'hi doni (privat, públic, industrial, etc.) es fa aplicant uns reglaments, que són bàsicament: el CTE (activitats no industrials) i el RSCIEI (activitats industrials).

Ambdós reglaments indiquen els criteris amb els quals s'ha de dissenyar l'edifici, entre els quals destaca la Protecció Contra Incendis. Per tant, qualsevol edifici ha de complir els requisits exigits per la normativa adient, en cas contrari, no es podrà desenvolupar l'activitat a l'edifici. Però que un edifici compleixi aquestes normatives no vol dir que sigui segur en cas d'incendi, ni vol dir que no es puguin produir danys en cas d'emergència, ja sigui per un incendi, una explosió, etc.

No obstant, una simulació no deixa de ser la comprovació del que l'hi succeeix a un determinat objecte d'estudi sota unes hipòtesis de càlcul, les quals, poden no donar-se en un entorn real.

La simulació és, per tant, una aproximació a la realitat i no pot ser presa com un fet empíric. No obstant, si serveix per saber si l'objecte d'estudi s'està dissenyant o s'ha dissenyat de forma correcta.

### **6.3. Hipòtesi de càlcul. Simplificació del model a simular**

Tal i com ja s'ha esmentat a l'apartat anterior, per a realitzar una simulació, s'han d'establir unes hipòtesis de càlcul, les quals es detallen a continuació:

La superfície simulada té  $354 m^2$ . Tal i com ja s'ha comentat amb anterioritat, tot i que a l'avantprojecte s'especifica que la simulació es realitzarà en tota la 1a planta de l'edifici, per qüestions tècniques, falta de recursos i de temps excessiu de simulació, s'ha reduït la superfície de simulació.

Al reduir-se la superfície total a analitzar en la simulació es redueix el temps de simulació, tot i disposar d'un ordinador amb pitjors prestacions del qual es comptava a l'hora de fer l'avantprojecte. No obstant, l'ordinador actual té la capacitat suficient com per simular la superfície anterior, amb un mida de malla de  $0,25 \times 0,25$  (a l'avantprojecte es preveia una malla de dimensions d'entre  $0,25$  i  $0,5$ ) i obtenir la simulació en un temps relativament ràpid. Un cop es disposi d'un resultat, s'avaluarà si la simulació de tota la planta és necessària.

Les parets seran dissenyades respectant els gruixos facilitats en els plànols, però aquestes seran blocs sòlids. Per contrastar aquest efecte, s'establiran materials mixtes per a les parets. És a dir, si per exemple un mur tallafoc està format per formigó i pladur, en comptes d'intruir tres capes de paret al software, s'introduirà una amb un 70% de formigó i un 30% de pladur.

El Pyrosim incorpora per defecte una llibreria de materials amb els paràmetres tècnics corresponents, però és una llibreria molt limitada i amb molt poca varietat. Per exemple, incorpora fusta, però no indica quin tipus de fusta, així com l'escuma o altres materials. Per tant, per a materials més específics, es buscaran les propietats tèrmiques i s'introduiran en el Pyrosim. Els materials aplicats poden no ser 100% els materials reals dels objectes que es trobin a la zona d'estudi, degut a la gran varietat de famílies que hi ha per a un mateix material, la manca d'informació de tots els materials disponibles i la manca d'informació per part del propi



centre, a més de perdre massa temps buscant una informació que pot no trobar-se i que l'impacte en la simulació serà menyspreable.

Degut a la disposició de les finestres, d'estar una junta amb l'altra, de tal manera que la zona on hi van col·locades no hi ha formigó, sinó que és tot un forat continu, i degut a limitacions de software, les finestres seran representades com una paret, situada just a sobre de la paret de formigó. Aquesta "paret de finestres" estarà ubicada a sobre de la paret de formigó. Hi ha dos motius pels quals s'ha pres aquesta decisió en les finestres: per un costat, el software interpreta la finestra com a un forat obert, i per tant, en el moment d'introduir les finestres, realment s'estarien introduint com si aquestes estiguessin obertes, quan les finestres acostumen a estar tancades. D'altra banda, els materials de les finestres són molt diferents dels materials de les parets i per tant els resultats de la simulació no serien els mateixos.

En un inici, les portes estaran obertes ja que es dóna a entendre que els alumnes procediran a evacuar al començar el foc i, en sortir l'últim alumne, aquest tancarà la porta de la sala, per tal d'impedir la propagació del foc. En quant a les portes tallafocs, aquestes estaran tancades, s'obriran per procedir amb l'evacuació i passat un temps es tornaran a tancar per contenir l'incendi

Hi ha certes sales, sobretot laboratoris com el de Mecànica, que al observar el sostre s'observa una petita estructura on hi ha conductes, sensors de fum, etc. Aquestes estructures, conductes, etc, no es dissenyaran, degut a que no influeixen en la simulació i l'únic que farà es repercutir negativament en el temps de simulació, al haver-hi més informació

El mateix succeeix amb el sostre i el terra de la zona d'estudi, els quals en comptes d'afegir una capa de formigó en ambdós casos, es considera com a terra la part inferior de la malla Z (ZMIN) i com a sostre la part superior de la malla Z (ZMAX).

En el model no s'ha tingut en compte cablejat elèctric ni endolls, ja sigui el de les pròpies màquines i ordinadors com el de la instal·lació elèctrica de l'edifici. Tampoc s'han tingut en compte els endolls ni els fluorescents de les aules de la zona d'estudi, així com també s'han obviat els diferents conductes procedents d'altres instal·lacions, com per exemple la instal·lació d'aigua, la instal·lació d'aire comprimit o la instal·lació de climatització. En tots els casos el motiu és que no són paràmetres que afectin al resultat.

Enllaçant amb el paràgraf anterior pel tema de la instal·lació de climatització, no s'han introduït ni els sistemes de ventilació ni els sistemes d'extracció, i en aquest cas, a diferència dels casos anteriors, és degut a les característiques de l'edifici, ja que en cas d'incendi es talla el sistema de climatització, tant subministrament com extracció, ja que per un costat, si es continués subministrant, es subministraria oxigen a l'incendi. En quant a l'extracció, aquest sistema també el talla l'edifici, ja que si no el foc podria desplaçar-se a través dels tubs d'extracció per les diferents sales del centre.

A diferència del sistema de refrigeració, si es dibuixaran els sensors de fum. No tindran una utilitat real, degut a que aquest sensors fan saltar l'alarma del centre, però no activen aspersors d'aigua o altres sistemes. Si actuaran, no obstant, en els imants de les portes tallafocs, de tal forma que el sistema deixa de subministrar energia als imants per tal que les portes tallafocs puguin obrir-se, tancar-se i romandre tancades a voluntat

Per pròpies limitacions de software, aquest no reconeix les corbes, sinó que, per al software, tots els objectes són quadrats i rectangulars. Aquest fet no repercuteix negativament en la simulació, però elements com tamborets que en la realitat la base té forma de circumferència, es dibuixaran com si fossin cadires amb una sola base en comptes de tres. La limitació d'una sola base ve donada per les dimensions de malla, la qual fa que no es reconeixin objectes més estrets que la mida de malla escollida.

Per acabar, el programa admet alguns elements PCI com ara aspersors d'aigua, BIE, sensors de fum, però no admet elements com extintors. Només s'introduiran les BIE.

#### **6.4. Dimensionament de la zona d'estudi**

Tal i com s'ha comentat a l'apartat anterior i al llarg del projecte, la zona de càlcul passa de ser tota la primera planta de l'edifici TCM 1 a ser una àrea de  $350 m^2$ . Aquesta zona abarca tot el laboratori de mecànica, els lavabos del sector 3, part del passadís S2, el laboratori d'informàtica 4 i part dels laboratoris d'informàtica 3 i 5.

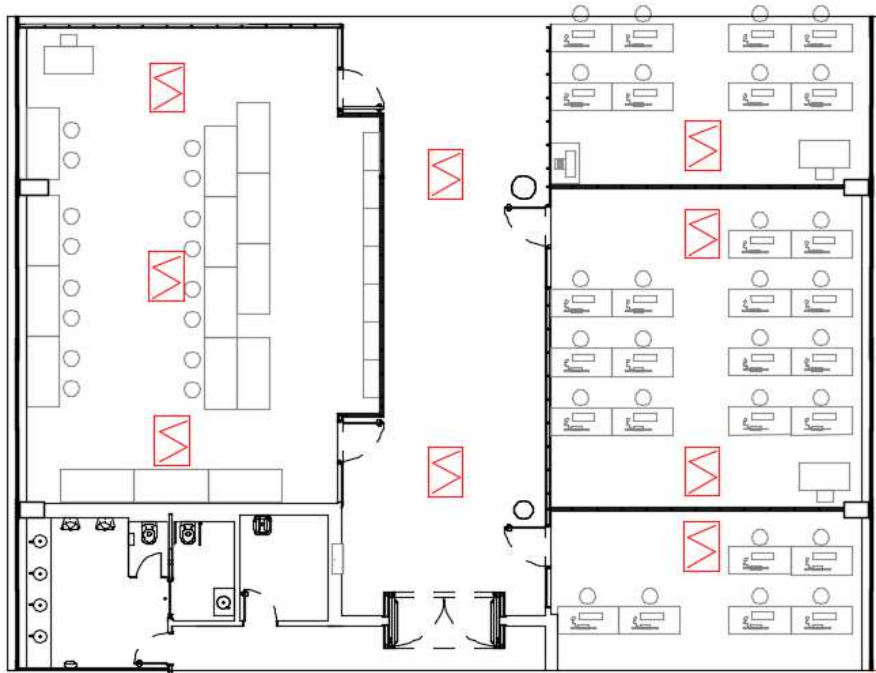


Figura 6.1: Plànol de la zona d'estudi

La figura anterior mostra en una imatge estreta dels plànols d'Autocad quina és la zona d'estudi, amb una longitud en X de 21,88 metres i 16,65 metres en Y. Totes les restriccions i adaptacions de càlcul s'han explicat a l'apartat anterior.

La figura 6.2. mostra el model introduït al software

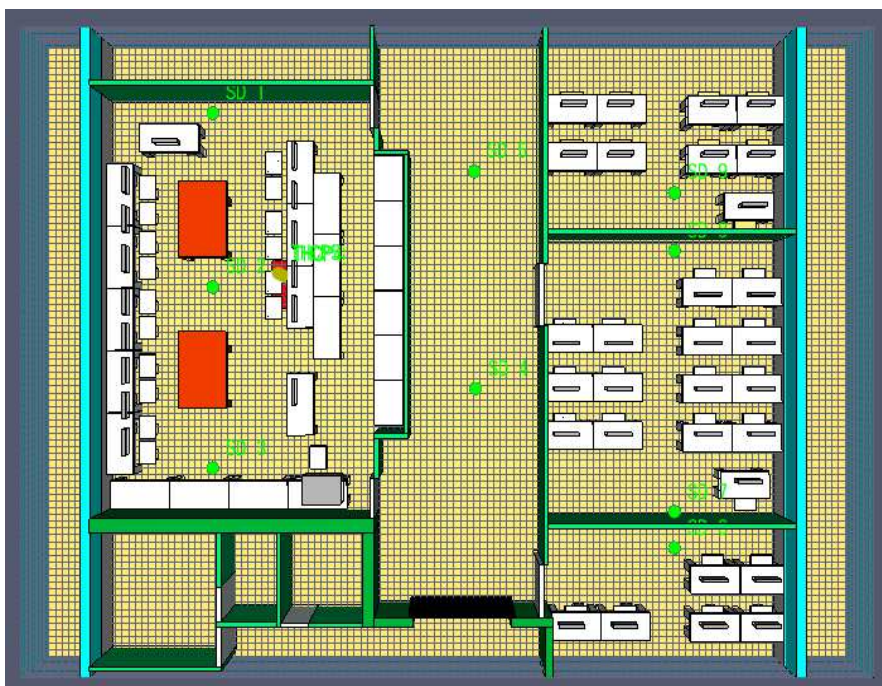


Figura 6.2: Zona d'estudi dissenyada en el Pyrosim

Tal i com es pot veure a la imatge, s'ha tingut en compte totes les taules, ordinadors i resta d'equips que hi ha habitualment a les sales d'estudi. S'han introduït també els sensors de fum, i per últim, uns sensors per saber quina és la temperatura just a l'origen del focus de l'incendi, situat en el terra, junt a una de les taules de la banda dreta del laboratori de mecànica. Tot i que hi ha elements que són del mateix color, com ara les parets que són totes de color verd o les estanteries, taules i cadires, que són totes de color blanc, s'han tingut en compte tots els materials de cada element. Dit d'una altra manera, tot i que el color entre certs elements coincideixi, no té perquè coincidir el material. Els materials associats a cada element, s'han tingut en compte en el capítol anterior, durant la determinació de la càrrega de foc.

## 6.5. Simulacions

Es realitzaran un total de 5 simulacions d'incendis, totes en el laboratori de mecànica. El motiu de no escollir una altre ubicació és degut a que, tal i com es va determinar a l'avantprojecte, és aquesta l'aula amb una probabilitat d'incendi més alta. L'objectiu de realitzar diferents simulacions és, per un costat, comprovar si en una determinada ubicació s'arribaria o no a produir un incendi. D'altra banda, es vol comprovar de manera visual si s'arribaria o no a produir un incendi variant significativament el valor de la càrrega de foc

Les característiques principals de les diferents simulacions són les següents:

**Simulació 1:** és la simulació principal escollida per a la realització del projecte. La càrrega de foc té el valor determinat a la equació 5.14, és a dir,  $817 \text{ KW/m}^2$  i el focus de l'incendi es troba al terra, fruit de un possible sobreescalfament de un ordinador.

**Simulació 2:** el valor de la càrrega de foc s'ha incrementat a  $2000 \text{ KW/m}^2$ , ja que, al ser materials ignífugs, es suposa que en la simulació 1 no es produirà cap incendi. La ubicació del focus de l'incendi és la mateixa

**Simulació 3:** el valor de la càrrega de foc es manté a  $2000 \text{ KW/m}^2$ , però la ubicació de l'incendi ara és una de les taules que són de suro i una planxa de ferro per cada costat.

**Simulació 4:** es manté la ubicació del focus de l'incendi respecte la simulació 3, però el valor de la càrrega de foc té el valor calculat a la equació 5.14, ja que és el valor real de la càrrega de foc de la zona d'estudi.

**Simulació 5:** es manté la ubicació del focus de l'incendi respecte les simulacions 3 i 4, però el valor de la càrrega de foc es fixa en  $1200 \text{ KW/m}^2$ . D'altra banda, s'ha fixat en el programa que la taula no cremi segons les propietats del material com a les simulacions anteriors, sinó a  $200^\circ\text{C}$ . El motiu es comprovar el comportament del foc amb la càrrega de foc inicial i una taula que no fos ignífuga.

## 6.6. Anàlisi de resultats

Prèviament a les simulacions descrites a l'apartat anterior, es van realitzar diferents proves i assajos amb models més senzills que el representats a la Figura 6.2. Els motius es deuen, per un costat, a la quantitat de variables introduïdes en quant a material, número d'elements, etc, així com la superfície de renderitzat, la qual si bé no és ni de lluny l'equivalent a tota la primera planta de l'edifici, no és pas una superfície menyspreable per a ordinadors de gran consum.

D'altra banda, i no menys important, és l'elevada probabilitat de rebre un error crític a mitja simulació, un error del qual el propi software proporciona poca informació, motiu pel qual té múltiples causes [17]. Una suposició és que aquest podria venir degut a la capacitat de càlcul de l'ordinador emprat, al igual que passa amb softwares d'elements finits.

Després de diversos intents es van realitzar les simulacions descrites a l'apartat anterior. Comptant amb els diferents assajos, l'ordinador va simular un total de 95 hores per a les 5 simulacions descrites, així com 26,8 hores addicionals prèvies a les simulacions, per tal de verificar un correcte funcionament dels materials i el model dissenyat de cara a la realització de les simulacions.

A continuació, es descriuen els resultats obtinguts de les diferents simulacions:

**Simulació 1:** amb una duració de 4 minuts, no s'arriba a produir un incendi. Pot ser degut al valor de la càrrega de foc, a que els materials siguin ignífugs o ambdues possibilitats.

**Simulació 2:** es produeix un error d'inestabilitat en la simulació, possiblement degut al valor de la càrrega de foc que era massa elevada per a la capacitat de càlcul de l'ordinador.

**Simulació 3:** es produeix el mateix resultat que a la simulació 2

**Simulació 4:** amb una càrrega de foc més petita, no apareixen errors crítics, però igualment, no s'arriba a produir un incendi.

**Simulació 5:** s'arriba a produir foc a la taula origen de l'incendi, tot i que no es consumeix i el foc no es propaga.

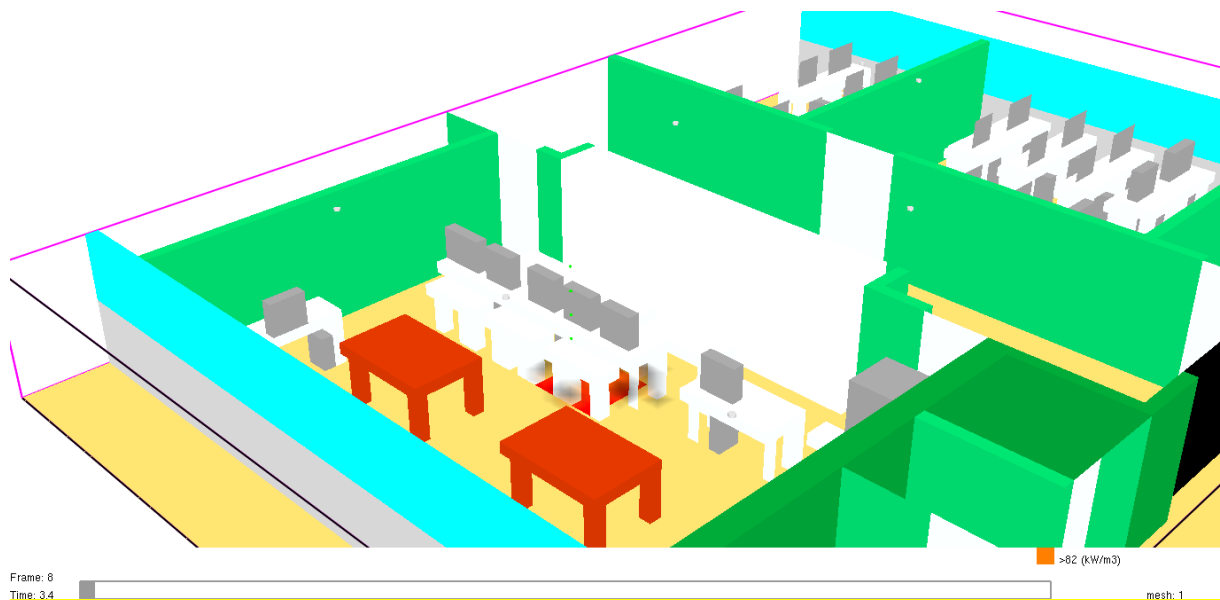


Figura 6.3: Intent de combustió de la simulació

S'observa per tant, que només s'arriba a produir un incendi a la última simulació, quan se li diu al software que aquella taula cremi per sota del que hauria de cremar, segons les seves propietats.

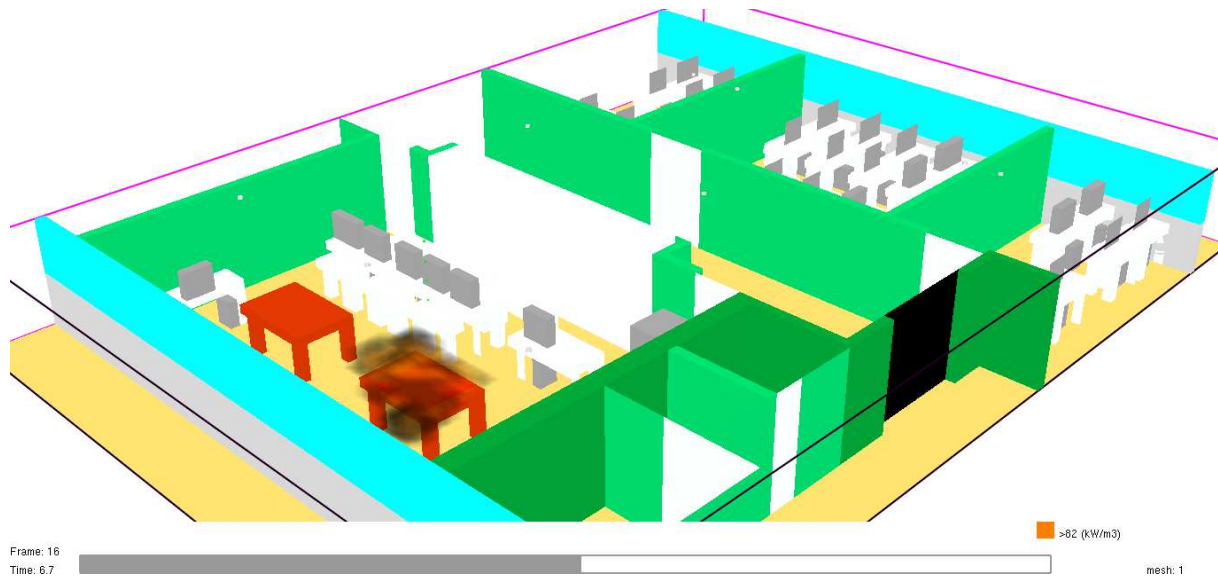


Figura 6.4: combustió de una taula a la simulació 5

Se sabia que els materials de les aules són ignífugs, però fins que no es realitza una simulació o es comprova realitzant assajos en instal·lacions preparades per a aquest tipus de proves, no era possible comprovar si aquesta característica es complia o no.

Hi han diversos motius pels quals els resultats no s'ha arribat ni a encendre una guspira. Per un costat i sent el motiu més evident, els materials són ignífugs [12] [18]. Que un material sigui ignífug no vol dir que no pugui arribar a prendre, sinó que ofereix una resistència al foc molt més elevada que un material equivalent no ignífug. A més, està el fet que, a la cinquena simulació, qual se li va dir al software que aquell material no era ignífug, aquest va cremar. Per tant, una primera conclusió és que l'elecció dels materials escollits per al centre és correcta.

La segona conclusió, lligada directament a l'anterior, és el valor de la càrrega de foc. Aquest, no ha estat una decisió aleatòria. La càrrega de foc determina el valor del foc de tot el sector d'incendi, però no el calor específic que pot agafar un objecte al cremar-se. Dit de una altre manera, si per sobreescalfament s'incendia un ordinador, o la impressora 3D, per posar dos exemples, el valor de la combustió podria arribar a ser més elevat que el valor de la càrrega de foc introduït. Per tant, el que es pot extreure és que, amb aquesta càrrega de foc, no s'encén ni una guspira, però això no vol dir que amb una càrrega de foc més elevada, no s'arribi a produir un incendi. Per limitacions de hardware, no s'ha pogut verificar. No obstant els paràmetres

introduïts són idèntics entre les simulacions 1-4, i curiosament només s'han produït error en aquelles simulacions amb un valor QF molt elevat.

Per últim i no menys important, és el temps de simulació, el qual és, a tots efectes, insuficient. Possiblement amb la simulació 5 s'hagués pogut produir un incendi d'haver posat més temps de simulació, però per qüestions de temps i mitjans disponibles, no ha estat possible. Per a realitzar una simulació d'incendi degudament, el temps de simulació hauria de ser, almenys, de 20 minuts, ja que amb aquests 20 minuts podria donar-se el cas que, amb el pas del temps, el material cedeixi i s'acabi consumint. El problema fonamental és el temps disponible, ja que han estat necessàries 95 hores per simular 4 minuts. En aquest programa, el temps necessari per renderitzar el temps de simulació no és lineal, sinó exponencial. Tot i així, suposant, que fos lineal, per simular 20 minuts serien necessàries, com a mínim, 420 hores, el que equival, mínim, a 17,5 dies, un temps excessiu que degut al temps disponibles per a realitzar el projecte, no és viable.



## 7. Aplicació del DB-SI

En aquest capítol, s'estudiaràn els elements més significatius de l'edifici en quant a autoprotecció i seguretat, aplicant el CTE Document Bàsic de Seguretat d'Incendis [2] (DB-SI d'ara en endavant) per veure si es compleix o no la normativa. Tots els càlculs on es justifica el compliment, poden consultar-se a l'ANNEX VII: Aplicació del DB-SI.

### 7.1. Sectorització

Un sector d'incendis d'un edifici és un espai separat d'altres zones del mateix mitjançant elements constructius. Aquesta separació es realitza de tal manera que, si es produeix un incendi en un sector, aquest quedi retingut en el sector un determinat temps abans que passi a un altre. [2]

Per al càlcul de la sectorització, és necessari la presa de dades de la taula 1.2. de la pàgina 17 del DB-SI, la qual determina la resistència al foc dels elements que delimiten els sectors d'incendi (parets, sostres i portes). La Taula 7.1 és un fragment de la taula citada que permet determinar l'ocupació:

Elemento	Plantas bajo rasante	Resistencia al fuego		
		Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos <sup>(3)</sup> que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: <sup>(4)</sup>				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EI 120 <sup>(5)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento <sup>(6)</sup>	EI 120 <sup>(7)</sup>	EI 120	EI 120	EI 120
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI <sub>2</sub> t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un vestíbulo de independencia y de dos puertas.			

Taula 7.1: Resistència al foc de parets, sostres i portes dels sectors d'incendis

La resistència al foc, és la característica que correspon a una solució constructiva, per la qual es determina la capacitat de resistir l'acció del foc durant un temps determinat. [19]

S'està analitzant la primera planta de l'edifici TCM 1, per tant és una planta sobre rasant. Considerant l'altura total d'evacuació, aquesta és inferior als 6 metres, per tant seria el primer cas, EI 60. Consultant el Pla d'Autoprotecció del Tecnocampus, es comprova a les pàgines 30 i 31 que els elements són EI 90. Al tenir una protecció major que la mínima, es compleix aquesta primera part del CTE.

## 7.2. Càlcul de l'ocupació

Per al càlcul d'ocupació, és necessari la presa de dades de la taula 2.1. de la pàgina 30 del CTE, la qual determina en cada zona de l'edifici, depenen del tipus d'edifici, quina és l'ocupació màxima de cada sala. La

Taula 7.2 és un extret de la taula del CTE, que ja serveix per determinar l'ocupació:

<i>Uso previsto</i>	<i>Zona, tipo de actividad</i>	<i>Ocupación (m<sup>2</sup>/persona)</i>
<i>Cualquiera</i>	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc. Aseos de planta	<i>Ocupación nula</i> 3
<i>Residencial Vivienda</i>	Plantas de vivienda	20
<i>Residencial Público</i>	Zonas de alojamiento Salones de uso múltiple Vestíbulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	20 1 2
<i>Aparcamiento</i> <sup>(2)</sup>	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc. En otros casos	15 40
<i>Administrativo</i>	Plantas o zonas de oficinas Vestíbulos generales y zonas de uso público	10 2
<i>Docente</i>	Conjunto de la planta o del edificio Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc. Aulas (excepto de escuelas infantiles) Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas	10 5 1,5 2
<i>Hospitalario</i>	Salas de espera Zonas de hospitalización Servicios ambulatorios y de diagnóstico Zonas destinadas a tratamiento a pacientes internados	2 15 10 20

Taula 7.2: Densitat d'ocupació

Al ser un edifici dedicat al món de l'educació, és un edifici amb un ús docent. Al analitzar únicament la primera planta de l'edifici TCM 1 no hi ha biblioteca, motiu pel qual l'últim criteri no afecta.

Segons la taula anterior, l'ocupació màxima per metre quadrat és de  $1,5 \text{ m}^2/\text{persona}$  en aules,  $5 \text{ m}^2/\text{persona}$  en laboratoris i  $10 \text{ m}^2/\text{persona}$  a les zones comunes. Amb aquesta informació i consultant els plànols 1-4 del document Plànols, s'elaborarà una taula per a cada sector d'incendis, indicant en cadascuna d'aquestes el nom de la sala, el tipus d'estància, el nombre màxim de persones per metre quadrat, els alumnes teòrics màxims que hi caben a l'estància i el número d'alumnes reals.

L'ocupació actual s'ha determinat mitjançant inspeccions visuals al centre, informació extreta dels plànols del document Plànols i per la pròpia experiència de l'enginyer de projecte, el qual ha realitzat tot el grau al Tecnocampus.

La taula 7.3 mostra el llistat de totes les estàncies estudiades i el seu compliment o no dels requeriments impostos pel CTE

Ocupació					
Estància	Compliment	Estància	Compliment	Estància	Compliment
Sala vending	✓	Laboratori Informàtica 3	✗	Box 2	✗
Passadís S1	✓	Laboratori Informàtica 4	✗	Box 3	✗
Sala Instal·lacions (1)	✓	Laboratori Informàtica 5	✗	Box 4	✗
Aula 101	✓	Sala Digital Factory	✓	Box 5	✗
Aula 102	✓	Laboratori 1 Control	✓	Sala reunions	✓
Aula 103	✓	Laboratori 2 Física i Fluids	✓	Aula 1C1	✓
Aula 104	✓	Laboratori 3 Física	✓	Aula 1C2	✓
Aula 105	✗	Serveis tècnics	✓	Aula 1C3	✓
Sala Instal·lacions (2)	✓	Laboratori 4 Mecatrònica	✗	Passadís S4	✓
Vestíbul Sanitaris	✓	Laboratori 5 Mecanització	✓	Aula 4	✓
Lavabo homes	✓	Laboratori 6 Taller	✓	Aula 5	✓
Lavabo dones	✓	Aula 110	✗	Tech Room	✓
Passadís S2 (part S1)	✓	Vestíbul Sanitaris	✓	Sala Networking	✓
Aula 100	✓	Lavabo homes	✗	Biblioteca	✓
Passadís S2 (part S2)	✓	Lavabo dones	✗	Oficines formació	✓

Laboratori Màquines elèctriques	✘	Passadís S2 (part S3)	✘	Lavabo (homes)	✓
Sala Infraestructures	✘	Passadís S3	✓	Lavabo (dones)	✓
Laboratori Informàtica 1	✘	Box 1	✘	Solucions TIC	✓
Laboratori Informàtica 2	✘				

Taula 7.3: Compliment de l'ocupació

A les estàncies on no es compleix el CTE és degut a un aforament superior al permès. Per tant, per complir amb la part de l'ocupació, es tan senzill com ajustar l'ocupació de cada estància als valors indicats a les pàgines 93-100 de l'ANNEX VII.

### 7.3. Sortides i longitud de recorregut

Per a determinar el número de sortides i longitud d'evacuació és necessari observar la taula 3.1 de la pàgina 32 del CTE, en la qual, mitjançant el número de sortides que té la planta o edifici d'estudi, es determina la distància màxima d'evacuació. La taula Taula 7.4 és un extracte del CTE i recull la informació de la longitud dels recorreguts d'evacuació. Al tenir quatre sortides d'emergència, afecta la part de la taula que parla de recintes amb més d'una via d'evacuació

Número de salidas existentes	Condiciones
Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente <sup>(3)</sup>	<p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria.</li> <li>- 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc.</li> </ul> <p>La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.</p> <p>Si la altura de evacuación descendente de la planta obliga a que exista más de una salida de planta o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2 m, al menos dos salidas de planta conducen a dos escaleras diferentes.</p>

Taula 7.4: longitud d'evacuació

Tal o com diu la Taula 7.4, els recorreguts d'evacuació han de ser com a màxim de 50 metres en termes generals, en hospitals i escoles infantils un màxim de 35 metres i fins a 75 si és una zona l'aire lliure amb risc irrellevant d'incendi. El cas que afecta al Tecnocampus per tant és el primer, 50 metres com a màxim.

La informació de les longituds d'evacuació pot consultar-se als plànols 18-21 del document Plànols, mentre que el valor exacte de les longituds d'evacuació pot consultar-se a les pàgines 100-103 de l'ANNEX VII.

Longitud d'evacuació			
Recorregut	Compliment	Recorregut	Compliment
R1 (S1)	✓	R8 (S3)	✓
R2 (S1)	✓	R9 (S3)	✓
R3 (S1)	✓	R10 (S3)	✓
R4 (S1)		R11 (S3)	
R5 (S2)	✗	R12 (S4)	✓
R6 (S2)	✗	R13 (S4)	✓
R7 (S3)	✓	R14 (S4)	✗

Taula 7.5: Compliment de les longituds d'evacuació dels recorreguts

El CTE determina una longitud màxima d'evacuació de 50 metres, desde el punt més allunyat del recorregut fins a la sortida, amb un 25% de marge si el sector analitzat té un sistema d'extinció automàtica d'incendis. Els recorreguts que no compleixen, per tant, és degut a una longitud d'evacuació superior als 50 metres, ja que cap sector del TCM té un sistema d'extinció automàtica d'incendis.

## 7.4. Dimensionament dels elements d'evacuació

Quan es vol determinar les dimensions dels elements d'evacuació en un recinte, edifici, etc, en el qual hagi d'existir més d'una sortida, els elements han de dissenyar-se de tal manera que, sota les condicions més desfavorables, tot el personal pugui evacuar. En el cas del Tecnocampus, que té 4 escales d'evacuació, repartides en dues escales en el sector 1 i dues en el sector 3, aquestes han de tenir capacitat d'evacuació suficient com per evacuar tot el personal, suposant que una escala de cada sector d'incendis estigui inutilitzada, i per tant sigui inaccessible.

La taula 4.1. de la pagina 37 del CTE determina les condicions necessàries que han de complir els diferents elements d'evacuació, com portes, passadissos, escales, etc.

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200$ <sup>(7)</sup> $\geq 0,80$ m <sup>(2)</sup> La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00$ m <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>
Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. <sup>(6)</sup>	En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30$ cm cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos. En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30$ cm en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50$ cm. <sup>(7)</sup> Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo.
Escaleras no protegidas <sup>(8)</sup>	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160$ <sup>(9)</sup>
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)$ <sup>(9)</sup>
Escaleras protegidas	$E \leq 3 S + 160 A_s$ <sup>(9)</sup>
Pasillos protegidos	$P \leq 3 S + 200 A$ <sup>(9)</sup>
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600$ <sup>(10)</sup>
Escaleras	$A \geq P / 480$ <sup>(10)</sup>

A = Anchura del elemento, [m]  
A<sub>s</sub> = Anchura de la *escalera protegida* en su desembarco en la planta de *salida del edificio*, [m]  
h = *Altura de evacuación ascendente*, [m]  
P = Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.  
E = Suma de los ocupantes asignados a la escalera en la planta considerada más los de las plantas situadas por debajo o por encima de ella hasta la planta de salida del edificio, según se trate de una escalera para evacuación descendente o ascendente, respectivamente. Para dicha asignación solo será necesario aplicar la hipótesis de bloqueo de salidas de planta indicada en el punto 4.1 en una de las plantas, bajo la hipótesis más desfavorable;  
S = *Superficie útil* del recinto, o bien de la *escalera protegida* en el conjunto de las plantas de las que provienen las P personas, incluyendo la superficie de los tramos, de los rellanos y de las mesetas intermedias o bien del pasillo protegido.

Taula 7.6: Dimensionat dels elements d'evacuació

Mitjançant la taula anterior, es comproven les portes de la primera planta del Tecnocampus, els passadissos i escales protegides. No es calcularan zones al aire lliure, rampes, passos ni tampoc sales amb fileres de seients fixes al terra degut a que no hi ha cap d'aquests tipus d'elements. Així mateix, es determinarà en els plànols les dimensions dels elements reals per tal de verificar si coincideixen els paràmetres reals amb els determinats numèricament.

Portes antiincendis	Compliment	Passadissos	Compliment
Porta escala 1B	✓	Passadís S1	✓
Porta escala 2B	✗	Passadís S1-S2	✓
Porta escala 3B	✓	Passadís S2	✓
Porta S1-S2	✓	Passadís S2-S3	✓
Porta S2-S3	✓	Passadís S3	✓
Escales Protegides	Compliment	Passadís S4	✓
Escales 1B	✓	Escales no protegides	compliment

Escales 2B	✓	Escalera 4B	✗
Escales 3B	✓	Escalera Cetemmsa	✓

Taula 7.7: Compliment dels elements d'evacuació

Els paràmetres que justifiquen si es compleix o no el CTE poden consultar-se a les pàgines 103-107 de l'ANNEX VII. Els elements que no es compleixen és degut a que no es compleixen les condicions de la taula 7.6 (amplada inferior a persones dividit 200 per a la porta i àrea més petit que persones dividit 160 per a l'escala).

## 7.5. Protecció de les escales

A la taula 5.1. de la pàgina 40 del CTE, s'indiquen les condicions de protecció que han de complir les escales per a evacuar.

Uso previsto <sup>(1)</sup>	Condiciones según tipo de protección de la escalera		
	No protegida	Protegida <sup>(2)</sup>	Especialmente protegida
<b>Escaleras para evacuación descendente</b>			
Residencial Vivienda	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	
Administrativo, Docente,	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	
Comercial, Pública Concur-	$h \leq 10$ m	$h \leq 20$ m	
rencencia			
Residencial Público	Baja más una	$h \leq 28$ m <sup>(3)</sup>	Se admite en todo caso
Hospitalario			
zonas de hospitalización o de tratamiento intensivo	No se admite	$h \leq 14$ m	
otras zonas	$h \leq 10$ m	$h \leq 20$ m	
Aparcamiento	No se admite	No se admite	
<b>Escaleras para evacuación ascendente</b>			
Uso Aparcamiento	No se admite	No se admite	
Otro uso: $h \leq 2,80$ m	Se admite en todo caso	Se admite en todo caso	Se admite en todo caso
$2,80 < h \leq 6,00$ m	$P \leq 100$ personas	Se admite en todo caso	
$h > 6,00$ m	No se admite	Se admite en todo caso	

Taula 7.8: Protecció de les escales

La Taula 7.8, que és la taula 5.1. del CTE, indica l'altura màxima d'evacuació de les escales, sent l'altura d'evacuació la diferència entre l'origen d'evacuació i la sortida de l'edifici. L'edifici TCM 1 té una planta baixa, i dues plantes sobre aquesta, en les quals es realitza l'activitat docent. El soterrani 1 conté part de la biblioteca i la primera planta del pàrquing,

mentre que el soterrani 2 conté la segona planta del pàrquing. Hi ha escales entre les plantes 1 i 2 i 3 (escales 1B-4B i la de Cetemmsa), unes escales que comuniquen les dues plantes de la biblioteca i unes escales que comuniquen les dues plantes del parking amb la planta baixa de l'edifici. Per tant, no hi ha cap escala que comuniqui la planta soterrani 2 amb la segona planta de l'edifici.

Durant aquest subapartat només es tindran en compte les escales 1B-4B i l'escala de Cetemmsa, ja que s'està analitzant només la primera planta de l'edifici, i per tant són aquestes les escales que l'afecten.

La Taula 7.8 especifica que, per a un ús docent, l'altura d'evacuació "h" ha de ser menor o igual a 28 metres si l'escala és protegida i 14 metres si no és protegida. El punt més baix és l'origen de les escales a la planta baixa, mentre que el punt més elevat es troba a 5,4 metres d'altura, en el terra de la segona planta. El recorregut d'evacuació és per tant de 5,4 metres d'altura, per tant es compleix aquesta condició, tant per a escales protegides com per no protegides.

## **7.6. Portes situades en els recorreguts d'evacuació**

A les pàgines 41 i 42 del CTE es reuneixen els diferents requisits que han de complir les portes situades en els recorreguts d'evacuació, és a dir, les portes tallafocs.

- El primer requisit es que les portes que hagin d'evacuar a més de 50 persones, han de ser abatibles amb eix vertical. El seu sistema de tancament, o bé no ha d'actuar, o bé ha de ser un dispositiu de fàcil i ràpida obertura desde el sentit de l'evacuació.

Les portes han de permetre evacuar a més de 50 persones. S'ha verificat que siguin abatibles amb eix vertical. D'altra banda, quan salta l'alarma, els imants que fan que les portes d'evacuació estiguin obertes deixen d'actuar, motiu pel qual les portes es tanquen. No obstant, aquestes tenen un mecanisme de ràpida obertura (manilla horitzontal a l'altura de les mans), pel qual, si es compleix aquest primer requisit.

- Es considera que satisfan l'anterior requisit funcional els dispositius d'obertura mitjançant maneta o polsador d'acord amb la norma UNE - EN 179 : 2009, quan es tracti



de l'evacuació de zones ocupades per persones que majoritàriament estiguin familiaritzats amb la porta considerada.

Enllaçament amb el paràgraf anterior, ja que el mecanisme d'obertura de les portes es de manella.

- El tercer i últim requisit que afecta al Tecnocampus és que les portes han d'obrir en el sentit de la evacuació.

Les portes obren en el sentit de la evacuació. Per tant, les portes situades en el recorregut d'evacuació compleixen el CTE.

## **7.7. Senyalització en els mitjans d'evacuació**

A les pàgines 43 i 44 del CTE es reuneixen els diferents requisits que han de complir les senyals ubicades en els mitjans d'evacuació.

- Les Sortides de recinte, planta o edifici tindran una senyal amb el rètol "SORTIDA", excepte en edificis de ús residencial i habitatge. En altres usos, quan es tracti de sortides de recintes del qual Superfície no excedeixi de 50 m<sup>2</sup>, aquests han de ser fàcilment visibles des de qualsevol punt d'aquests recintes.

L'edifici TCM és d'ús docent, per tant ha de tenir i té senyals amb aquest rètol, els quals són perfectament visibles.

- El senyal amb el rètol "Sortida d'emergència" s'ha d'utilitzar en tota sortida prevista per a ús exclusiu en cas d'emergència.

Només les sortides destinades a emergències tenen aquest rètol. Les sortides convencionals tenen un rètol de sortida, no de sortida d'emergència.

- Han de disposar senyals indicatives de la direcció dels recorreguts, visibles des de qualsevol origen d'evacuació des de el que no es percebin directament les sortides o les

seves senyals indicatives i, en particular, davant de tota sortida de recinte amb una ocupació superior a 100 persones que accedeixi lateralment a un passadís.

Hi ha senyals amb fletxes indicant la direcció de la evacuació, a suficient altura com per ser visibles des de qualsevol origen d'evacuació.

- En els punts dels recorreguts d'evacuació en els quals existeixin alternatives que puguin induir a error, també es disposaran les senyals, de manera que quedi clarament indicada l'alternativa correcta. Tal és el cas de determinats encreuaments o bifurcacions de passadissos, així com d'aquelles escales que, a la planta de sortida de l'edifici, continuïn el seu recorregut cap a plantes més baixes.

No hi ha alternatives d'evacuació que puguin induir a error. L'única sortida que podria complir aquest requisit és l'escala de Cetemmsa, la qual no és apta per a evacuació, i no es té informació sobre si està degudament senyalitzada o no. No obstant, en els plànols facilitats pel centre, s'observa com aquesta sortida té una creu, indicant que no és apta per evacuar. Per tant, se suposa que aquesta porta estarà senyalitzada com per no utilitzar-se en cas d'evacuació.

- En els esmentats recorreguts, al costat de les portes que no siguin de sortida i que puguin induir a error en la evacuació, s'ha de disposar el senyal amb el rètol "Sense sortida" en un lloc fàcilment visible, però en cap cas sobre les fulles de les portes.

A les escales 1B, 2B i 3B, just al costat, i tal i com es pot veure als plànols, hi ha les sales d'instal·lacions, a on només pot accedir-hi el personal de manteniment. S'ha observat mitjançant inspecció visual que no hi ha cap senyal amb el rètol "Sense sortida" i l'hauria d'incorporar, ja que podria induir a error durant una evacuació.



Figura 7.1: Porta sala instal·lacions on hi hauria d'haver-hi un cartell amb el rètol “sense sortida”

## 7.8. Sistemes de protecció contra incendis

Els edificis han de tenir els equips de protecció contra incendis (PCI) que s'indiquen a la taula 1.1. de la pàgina 47 del CTE, de la qual s'adjunta un fragment a continuació. Aquesta taula indica els diferents tipus d'elements PCI existents en termes generals per, posteriorment, indicar quins són obligats depenent de l'ús de l'edifici en qüestió. La Taula 7.9 recull la informació general de sistemes PCI i l'específica per a un edifici destinat a la docència.

<b>Uso previsto del edificio o establecimiento</b>	<b>Condiciones</b>
<b>Instalación</b>	
<b>En general</b>	
Extintores portátiles	Uno de eficacia 21A -113B: <ul style="list-style-type: none"> <li>- A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo <i>origen de evacuación</i>.</li> <li>- En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1<sup>(7)</sup> de este DB.</li> </ul>
Bocas de incendio equipadas	En zonas de riesgo especial alto, conforme al capítulo 2 de la Sección SI1, en las que el riesgo se deba principalmente a materias combustibles sólidas <sup>(2)</sup>
Ascensor de emergencia	En las plantas cuya <i>altura de evacuación</i> exceda de 28 m
Hidrantes exteriores	Si la <i>altura de evacuación</i> descendente excede de 28 m o si la ascendente excede de 6 m, así como en <i>establecimientos</i> de densidad de ocupación mayor que 1 persona cada 5 m <sup>2</sup> y cuya superficie construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 m <sup>2</sup> . Al menos un hidrante hasta 10.000 m <sup>2</sup> de superficie construida y uno más por cada 10.000 m <sup>2</sup> adicionales o fracción. <sup>(3)</sup>
Instalación automática de extinción	Salvo otra indicación en relación con el uso, en todo edificio cuya <i>altura de evacuación</i> exceda de 80 m. En cocinas en las que la potencia instalada exceda de 20 kW en <i>uso Hospitalario</i> o <i>Residencial Público</i> o de 50 kW en cualquier otro uso <sup>(4)</sup> En centros de transformación cuyos aparatos tengan aislamiento dieléctrico con punto de inflamación menor que 300 °C y potencia instalada mayor que 1 000 kVA en cada aparato o mayor que 4 000 kVA en el conjunto de los aparatos. Si el centro está integrado en un edificio de uso Pública Concurrencia y tiene acceso desde el interior del edificio, dichas potencias son 630 kVA y 2 520 kVA respectivamente.
<b>Docente</b>	
Bocas de incendio equipadas	Si la superficie construida excede de 2.000 m <sup>2</sup> . <sup>(7)</sup>
Columna seca <sup>(5)</sup>	Si la <i>altura de evacuación</i> excede de 24 m.
Sistema de alarma <sup>(6)</sup>	Si la superficie construida excede de 1.000 m <sup>2</sup> .
Sistema de detección de incendio	Si la superficie construida excede de 2.000 m <sup>2</sup> , detectores en zonas de riesgo alto conforme al capítulo 2 de la Sección 1 de este DB. Si excede de 5.000 m <sup>2</sup> , en todo el edificio.
Hidrantes exteriores	Uno si la superficie total construida está comprendida entre 5.000 y 10.000 m <sup>2</sup> . Uno más por cada 10.000 m <sup>2</sup> adicionales o fracción. <sup>(3)</sup>

Taula 7.9: Sistemes PCI segons ús de l'edifici

La superfície construida del Tecnocampus és superior als 2000 m<sup>2</sup>, de fet, cada planta individual ja supera aquesta superfície. Per tant, comptant amb les plantes soterrani de la biblioteca y pàrquing, estaria al voltant dels 10000 m<sup>2</sup>. Per tant, segons la taula anterior, el Tecnocampus hauria de tenir:

- BIEs, ja que la superfície construïda excedeix els 2000 m<sup>2</sup>
- Extintors portàtils cada 15 metres del recorregut d'evacuació en cada planta
- Sistemes d'alarma, ja que la superfície construïda excedeix de 1000 m<sup>2</sup>

- Sistema de detecció d'incendis en tot l'edifici, ja que excedeix els 5000 m<sup>2</sup>
- Un hidrant exterior

El que no hauria de tenir:

- Columna seca, ja que el recorregut d'evacuació no excedeix els 24 metres.
- Ascensor d'emergència, ja que l'altura d'evacuació no excedeix de 28 metres
- Instal·lació automàtica d'extinció, ja que l'altura d'evacuació no excedeix els 80 metres.

Tal i com es pot observar en els plànols 8-10 del document Plànols, adjunts a aquest projecte, l'edifici té BIEs i polsadors d'alarma en llocs concrets de l'edifici, així com sensors de fum en totes les sales de l'edifici i un hidrant exterior.

No es té constància de l'existència de columna seca, degut a l'altura del recorregut d'evacuació que no supera els 24 metres. Tampoc hi ha un ascensor d'emergència i per últim, tampoc una instal·lació automàtica d'extinció a tot l'edifici. No obstant, tal i com s'ha vist prèviament, i fins i tot la pròpia taula ho indica, el fet que no sigui necessària per l'altura d'evacuació no implica que no sigui necessària per altres aspectes.

Al complir-se les condicions descrites a la taula Taula 7.9, es compleix el CTE.

## **7.9. Senyalització de les instal·lacions de protecció contra incendis**

L'últim punt analitzat del CTE determina les dimensions que han de tenir les senyals dels elements PCI. Aquests, han de tenir alguna de les següents dimensions depenent de la distància de visualització, tal i com s'estableix a la norma UNE 23033-1. Aquestes dimensions són:

- a) 210 x 210 mm si la distància de d'observació de la senyal no excedeix de 10 m;
- b) 420 x 420 mm si la distància de d'observació de la senyal es troba entre 10 y 20 m;
- c) 594 x 594 mm si la distància de d'observació de la senyal es troba entre 20 y 30 m.

Aquestes, han de ser visibles inclòs en cas de falla en el sistema de il·luminació. Si són fotoluminiscent, han de complir el que estableix la UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 i

UNE 23035-4:2003 i el seu manteniment se realitzarà conforme a l'establert en la norma UNE 23035-3:2003.

Mitjançant inspecció visual, s'ha determinat que les dimensions dels senyals és de 210x210, degut a que, per la ubicació dels PCI, la distancia de visualització és de 10 metres. Els senyals són fotoluminiscent i, segons la informació facilitada pel personal del centre, les senyals passen el manteniment que adequat segons la normativa, motiu pel qual es compleix el CTE.



Figura 7.2: Dimensions senyals fotoluminiscent

## 8. Accions per al compliment del DB-SI

En la comprovació de l'ocupació, s'observa que a l'aula 105 hi ha un excés de 25 alumnes, sempre considerant els plànols subministrats pel personal del centre. En el Laboratori de Màquines Elèctriques i passant pels diferents laboratoris d'informàtica, així com en el Laboratori de Mecatrònica, s'observa que hi ha una ocupació extra de dos alumnes per cada laboratori. A l'aula 110 hi ha tres alumnes de més i, en els box d'infermeria, durant els exàmens, sobren dos alumnes en cada espai. Per tant, per a complir amb l'ocupació, s'hauria d'ajustar l'ocupació als alumnes calculats en el punt 7.3

Referent a l'evacuació, aquesta no es compleix en els sectors 2 i 4. En els sectors 2, la distància d'evacuació supera els 50 metres de distància. El CTE no obstant indica que aquesta distància pot incrementar-se un 25% instal·lant un sistema d'extinció automàtica d'incendis. Per tant, amb aquesta millora, els recorreguts d'evacuació podrien tenir un total de 62,5 metres, que és precisament la distància màxima obtinguda. Així, per complir amb la normativa, s'ha d'instal·lar aquest sistema en el sector 2. En el sector 4, la distància màxima supera els 62,5 metres de distància màxima, motiu pel qual és inviable un sistema d'extinció automàtica d'incendis. Les úniques solucions possibles serien, per un costat, adaptar l'escala de Cetemmsa per a convertir-la en una escala d'evacuació. Actualment, la llum del sol entra per les finestres de Cetemmsa fins a les oficines. Convertir aquesta en protegida, significaria aïllar-la i sectoritzar-la, impeding la il·luminació natural de la que es disposa actualment. Per tant, l'única solució seria la implementació d'una escala exterior addicional que permeti evacuar al personal de tot el sector 4.

En quant a la senyalització, no hi ha cap cartell amb el rètol "sense sortida" a les portes de les sales d'instal·lacions, junt a les portes de les escales 1B, 2B i 3B, i l'haurien de tenir, ja que no tenir aquest cartell pot induir a error durant una evacuació.

Per últim, i continuant amb el sector 4, l'escala de Cetemmsa no permet evacuar l'ocupació del sector 4, ja que l'amplada de la porta és més petita que l'ocupació dividit 160. Per tant, és necessària una nova escala exterior que sigui apta per a evacuar.





## 9. Resultat

El resultat d'aquest projecte és l'obtenció una simulació d'incendis de una part concreta del sector 2, planta 1 de l'edifici TCM 1 i haver aplicat el Document Bàsic de Seguretat d'Incendis del CTE, per tal d'estudiar que succeiria en cas d'incendi i comprovar si es compleix la normativa.

S'ha estudiat el centre per tal d'arribar a la conclusió que la ubicació més probable de produir-se un incendi és a la primera planta de l'edifici, a la zona dels laboratoris. Dins d'aquest sector 2, una de les ubicacions més probables de produir-se un incendi és el laboratori de mecànica. S'ha realitzat un total de cinc simulacions d'incendis amb el software Pyrosim, i només ha cremat l'element on es trobava el foc a l'última simulació, on es va rebaixar la temperatura de combustió considerablement, però no s'arriba a produir cap incendi. Que no es produís cap incendi era, de fet, el que es preveia, ja que, el mobiliari del Tecnocampus es ignífug, el que vol dir que està preparat per a suportar incendis de petites intensitats com en aquest cas, ja que al no haver-hi màquines ni grans materials combustibles, la càrrega de foc no és excessivament elevada, motiu pel qual es preveu difícil la propagació de foc per l'edifici, més tenint en compte la sectorització del centre.

Amb la simulació es buscava observar qué succeiria en cas d'incendi, per tal de plantejar unes accions que milloressin, en definitiva, la seguretat del centre. Al ser aquesta la finalitat, es va optar per complementar-la, aplicant-hi el CTE DB-SI per tal d'estudiar els aspectes més rellevants de la normativa, així com trobar deficiències en matèria de seguretat, per tal de fer el centre més segur.

Durant l'aplicació del CTE, s'han trobat aspectes a modificar per al compliment de la normativa. Alguns d'ells tenen fàcil solució, com limitar l'ocupació dels estudiants a les estàncies on aquesta es supera, o instal·lant uns cartells amb el rètol "Sense sortida" sobre les portes de les sales d'Infraestructures.

Altres deficiències, no obstant, són molt més serioses, tant pel risc que comporta com per executar-les. És el cas de la longitud dels recorreguts d'evacuació en el sector 2. El CTE especifica que, des de el punt més allunyat de la sala fins a la sortida, no hi poden haver més de 50 metres. En el sector 2 hi ha 62,5 metres. La solució més factible en aquest sector, és instal·lar

un sistema d'extinció automàtica d'incendis, ja que amb aquest sistema, la normativa permet que el recorregut sigui, precisament de 62,5 metres. S'ha contactat amb diversos proveïdors i valorant qualitat preu es valora un un sistema d'extinció mitjançant un sistema d'aspersors d'aiguade l'empresa Empyros S.L. [19].

A dia d'avui, Tecnocampus només té llogades 3 aules de Cetemmsa. S'ha comprovat que no és una decisió arbitrària, ja que si Tecnocampus decidís llogar tota la primera planta, no es complirien les longituds d'evacuació, ni tant sols amb un sistema d'extinció automàtica d'incendis. Davant aquesta problemàtica només hi ha dues possibles solucions: la primera opció seria convertir l'escala de Cetemmsa en una escala protegida, tot i que no es veu probable. El motiu és que les parets de Cetemmsa, tant interiors com exteriors, són acristallades, per tal d'aprofitar el màxim de llum natural possible. Convertir aquesta escala en protegida, implicaria protegir l'escala amb murs contra incendis, impeding que la llum natural entrés a les oficines. La segona i ultima opció, és construir una escala metàl·lica que permeti una evacuació cap a l'exterior, per fora de l'edifici, semblant a l'escala 4B, però metàl·lica. . S'ha contactat amb diversos proveïdors i valorant qualitat preu es valora que aquesta sigui encarregada a l'empresa Precoin [20].

## 9.1. Assoliment dels objectius

Els objectius principals del projecte consisteixen, per un costat, en determinar quina podria ser una de les ubicacions més probables d'incendi, en funció de la pròpia activitat del centre. Així mateix, estudiar quines podrien ser les causes més probables d'incendi i realitzar una simulació mitjançant un software 3D. D'altra banda, s'ha aplicat el CTE per tal de verificar si el centre compleix la normativa en quant a materia de seguretat en cas d'incendi

Aquests objectius s'han complert, gràcies a l'estudi del centre. S'ha estudiat l'activitat de cada estància s'han pogut observar quines són les estàncies amb més probabilitat d'incendi, tot i que de produir-se un incendi elèctric, no hi ha res que pugui garantir que es produeixi a la ubicació fixada en aquest projecte. S'ha emprat el software Pyrosim per a realitzar la simulació, en la qual s'han obtingut els resultats esperats: no es produeix una combustió, degut a que els materials són ignífugs, tal i com s'ha comentat al començament d'aquest capítol, i a la única

simulació on es produeix foc és degut a que es va rebaixar la temperatura de combustió. Tot i que surt foc, aquest no es propaga. D'altra banda, gràcies a la informació facilitada pel personal del centre, s'ha pogut aplicar el CTE amb èxit

Molt probablement, quan Tecnocampus va obrir les seves portes, ara fa cinc anys, el CTE DB-SI es compliria punt per punt. No obstant, al llarg d'aquest temps, s'han anat fent obres per anar acondicionant el centre a la demanda d'estudiants, fet que ha comportat que, a dia d'avui, s'hagin llogat aules a Cetemmsa per tal de poder donar suport a tots els alumnes. Entre les obres, la gran majoria són sobretot de tabiqueria, fent aules més grans o més petites en funció de la previsió d'alumnes que les ocuparien.

Es buscava, en definitiva, estudiar la seguretat del centre. Per tant, es pot afirmar que els objectius inicials s'han complert.



## 10. Planificació

### 10.1 Activitats i recursos

El lliurament dels Projectes Fi de Grau es produeix durant els mesos de desembre i juny. Tret de complicacions al llarg del projecte, aquest finalitzarà al juny del present curs acadèmic 2014-2015.

Les activitats a desenvolupar a la part del projecte de detall són les següents:

ID	Activitat	Actius	Responsables	Hores	Precedencia
A	1. Objectius	MS Office	Enginyer de projecte	4,8	O,P,Q,K,B,C, R
B	2. Antecedents i necessitats d'informació	MS Office	Enginyer de projecte	0	N
C	3. Objectius i especificacions tècniques	MS Office	Enginyer de projecte	14,8	N
D	4. Informació tècnica 1a planta TCM	MS Office	Enginyer de projecte	27,6	Z
E	5. Determinació de la càrrega de foc	MS Office	Enginyer de projecte	16	A,D
F	6. Simulació d'incendi	MS Office / TE Pyrosim	Enginyer de projecte	102,8	E,S
G	7. Aplicació del CTE DB-SI	MS Office	Enginyer de projecte	124,8	E,S
H	8. Accions per al compliment del DB-SI	MS Office	Enginyer de projecte	4,8	F,G,T
I	9. Resultat	MS Office	Enginyer de projecte	4,8	H
J	10. Planificació	MS Project / MS Office	Enginyer de projecte	20	N
K	11. Impacte ambiental	MS Office	Enginyer de projecte	0	N
L	12. Conclusions	MS Office	Enginyer de projecte	8,8	I, J
M	12. Referències	MS Office	Enginyer de projecte	0	L
N	Annex I: Avantprojecte	MS Office	Enginyer de projecte	182,8	-
O	Annex II: Plec de condicions legals	MS Office	Enginyer de projecte	0	N
P	Annex III: Taules de viabilitat tècnica	MS Office	Enginyer de projecte	0	N
Q	Annex IV: Llistes de control ambiental	MS Office	Enginyer de projecte	0	N
R	Annex V: Taules del sistema multicriteri	MS Office	Enginyer de projecte	0	N
S	Annex VI: Determinació de la càrrega de foc	MS Office	Enginyer de projecte	0	A,D
T	Annex VII: Aplicació del DB-SI	MS Office	Enginyer de projecte	0	E,S

V	Annex VIII: Sistema de gestió de riscos	MS Office	Enginyer de projecte	16,8	J
W	Annex IX: Diagrama de Flux	MS Visio	Enginyer de projecte	12	J
X	Annex X: Tancament	MS Office	Enginyer de projecte	15,6	M,V,W
Y	Estudi econòmic	MS Office	Enginyer de projecte	16,8	X
Z	Plànols	Autodesk Autocad	Enginyer de projecte	48	N

Taula 10.1: Programació del projecte

**Objectius.** Resum del projecte en una sola pàgina on s'explica el propòsit del projecte, la finalitat, l'objecte i l'abast. Comença el 2/02/15 i acaba el mateix dia amb una duració de 4,8 hores

**Antedents i necessitats d'informació.** Capítol de l'avantprojecte. Conté tota la informació necessària per a començar a desenvolupar el projecte. Al ser un punt que ja es va desenvolupar en el projecte, la seva duració ja està inclosa a l'avantprojecte, i per tant, la seva duració durant el desenvolupament del projecte de detall és 0.

**Objectius i especificacions tècniques.** Conté els objectius concrets del projecte expressats de forma numèrica. Tot i que aquest punt ja estava a l'avantprojecte, s'ha modificat. Comença el 16/01/2015 i acaba el 20/02/2015 amb una duració de 14,8 hores

**Informació tècnica de la primera planta del TCM:** Conté tota la informació tècnica de la planta objecte d'estudi: sortides d'emergència, finestres, recorreguts d'evacuació, sectors, aules, superfícies disponibles, maquinaria, etc. Comença el 19/03/15 i acaba el 25/03/15 amb una duració de 27,6 hores.

**Determinació de la càrrega de foc:** El foc és fruit d'una reacció química exotèrmica [11], ja que allibera energia en forma de calor i que per produir-se necessita una energia d'activació [12], que és l'energia mínima necessària per produir la reacció química. Així doncs, la càrrega de foc pròpiament, és el valor de l'energia resultant de la combustió completa de materials combustibles d'un sector d'incendi. Aquest valor és necessari prèviament a la simulació, degut a que en el software s'ha d'introduir al software. Comença el 25/03/15 i acaba el 27/03/15 amb una duració de 16 hores.

**Simulació d'incendi.** Conté tot el referent a la simulació de l'incendi, des de el dimensionament en el software, introducció de dades tècniques, introducció de materials, una revisió de tot el modelat, la posterior simulació i finalment, l'anàlisi de resultats. De

fet, aquesta és una tasca tan complexa, que de cara a treballar amb el Microsoft Project, es descomposarà en tasques més petites. Comença el 22/04/15 i acaba el 12/05/15 amb una duració de 102,8 hores.

**Aplicació del CTE DB-SI.** Paral·lelament a la subtasca simulació de l'activitat 4, s'aplicarà el DB-SI a la planta 1 del TCM per veure si aquest es compleix. Al igual que l'activitat 4, aquesta es descomposarà en tasques més petites de cara a treballar amb el Project. Comença el 27/03/15 i acaba el 22/04/15 amb una duració de 124,8 hores.

**Accions per al compliment del DB-SI.** En el supòsit que no es complís el DB-SI s'haurien de proposar certes accions per tal que l'edifici tingui els requisits del CTE. No es té més informació d'aquesta tasca, ja que depèn de la tasca anterior i fins que no s'analitzi el TCM no es podran extreure més dades. Comença el 12/05/15 i acaba el 13/05/15 amb una duració de 4,8 hores.

**Resultat.** Conté un resum dels resultats obtinguts durant l'elaboració del projecte, així com de les accions a realitzar per a complir amb el que determina la normativa estatal. Comença el 13/05/15 i acaba el 14/05/15 amb una duració de 4,8 hores.

**Planificació.** Mostra com es planificarà l'execució del projecte. Conté un llistat amb les activitats, durada de cada capítol del projecte, data d'inici i de finalització, eines emprades i ordres de precedència, així com un diagrama de Gantt indicant el camí crític del projecte. Comença el 10/01/2015 i acaba el 23/01/2015 amb una duració de 20 hores.

**Impacte ambiental.** És un anàlisi exhaustiu de l'impacte mediambiental que tindrà el projecte un cop s'executi. És un resum basat en unes taules de control adjuntades a l'Annex III. Comença i acaba el 16/01/15 amb una duració de 0 hores, ja que aquest apartat forma part de l'avantprojecte.

**Conclusions.** Les conclusions són l'últim capítol de la memòria del projecte. Es componen de 3 parts: per una banda, un breu resum del projecte. D'altra banda, s'analitzen possibles vies de millora que, o bé no s'han pogut implementar per falta de temps o de recursos o perquè encara no existeixen degut a que la tecnologia i coneixement actual no ho permeten desenvolupar, però si seria possible en el futur. Comença el 14/05/15 i acaba el 15/05/15 amb una duració de 8,8 hores.

**Referències.** Són les fonts bibliogràfiques consultades durant l'elaboració del projecte. Al ser una tasca que s'ha realitzat mentre s'elaborava el projecte, la seva duració és de 0 hores. Comença i acaba el 15/05/15.

**Annex I: Avantprojecte.** És el document previ al projecte de detall. Conté tota la informació necessària sobre el projecte. Inclou tasques indicades en altres punts d'aquest capítol, que són aquelles valorades amb duració 0. Comença el 11/12/14 i acaba el 16/01/15 amb una duració de 182,8 hores.

**Annex II: Plec de condicions legals.** Degut al fet de ser un projecte acadèmic, tot i realitzat amb les mateixes pautes que un projecte real, no s'inclourà un plec de condicions, degut a que no hi ha un client que compra el projecte, però si hi haurà un plec de condicions amb tota la normativa que afecta al projecte. Comença i acaba el 2/02/15.

**Annex III: Taules de viabilitat tècnica.** Conté unes taules emprades per a determinar la viabilitat tècnica del projecte. Comença i acaba el 16/01/15, ja que és una activitat desenvolupada durant l'avantprojecte.

**Annex IV: Llistes de control ambiental.** Són les taules emprades per al desenvolupament del capítol Impacte Ambiental. Comença i acaba el 16/01/15.

**Annex V. Taules del sistema multicriteri.** Taules emprades durant l'elaboració del sistema multicriteri a l'avantprojecte, sobre les quals es va trobar la solució òptima a desenvolupar. Comença i acaba el 16/01/15.

**Annex VI. Determinació de la càrrega de foc.** Conté les taules amb la informació necessària per a determinar la càrrega de foc en els diferents sectors de la primera planta de l'edifici. Comença i acaba el 25/03/15 amb una durada de 0 hores, ja que forma part del capítol amb el mateix nom.

**Annex VII. Aplicació del DB-SI.** Conté part de les taules i càlculs necessaris per a determinar certs aspectes sobre el compliment del DB-SI en els diferents sectors de la primera planta de l'edifici. Comença i acaba el 27/03

**Annex VIII: Sistema de gestió de riscos.** Conté un anàlisi sobre els riscos que poden sorgir durant la fase d'explotació del projecte. Es valoren els riscos en funció del seu impacte i es proposen mesures i accions per tal de minimitzar aquells riscos amb un



impacte més elevat. Comença el 23/01/15 i acaba el 27/01/15 amb una duració de 16,8 hores.

**Annex IX. Diagrama de flux.** És un diagrama de flux sobre la gestió de riscos. Comença el 27/01/15 i acaba el 29/04/15 amb una duració de 12 hores.

**Annex X: Tancament.** És el principi del fi en un projecte real, ja que conté tota el que s'ha après durant l'elaboració del projecte per tal d'utilitzar-lo en un projecte similar que es pugui realitzar en el futur. Comença el 15/05/15 i acaba el 19/05/15 amb una duració de 15,6 hores.

**Estudi econòmic.** Conté el pressupost final del projecte. Conté el pressupost final, així com l'import de les mesures a implementar, si procedeixen. Comença el 19/05/15 i acaba el 22/05/15 amb una duració de 16,8 hores.

**Plànols.** Són els plànols de la primera planta de l'edifici, els quals són necessaris per a determinar la informació tècnica de l'edifici. Aquests a més, contenen informació necessària sobre elements d'autoprotecció, motiu pel qual són necessaris per a l'elaboració del capítol 7. Comença el 10/03/15 i acaba el 19/03/2015 amb una duració de 48 hores.

## 10.2. Durada del projecte

La data d'inici del projecte de detall és el dia 02 de febrer de 2015 i aquest ha d'estar finalitzat de cara al juny de 2015. S'ha determinat la duració del projecte en hores, tenint en compte les condicions més optimistes, les més probables i les més pessimistes. Les durades de les condicions esmentades han estat elaborades sota criteri propi, en base a la complexitat del tipus de projecte i a l'elaboració real de l'avantprojecte, el qual ha servit com a referent en l'estimació de temps.

En total, el projecte consta de 621,2 hores, hores de càlcul computacional a banda. S'han introduït les activitats amb la seva durada estimada en la taula anterior, i també els recursos assignats a les activitats. Aquest software emprat calcula la durada del projecte a partir de la introducció de certs paràmetres (duració activitat, recursos, calendari laboral, costos, etc). De cara al software emprat, 1 dia són 6 hores de treball de dilluns a dissabte.

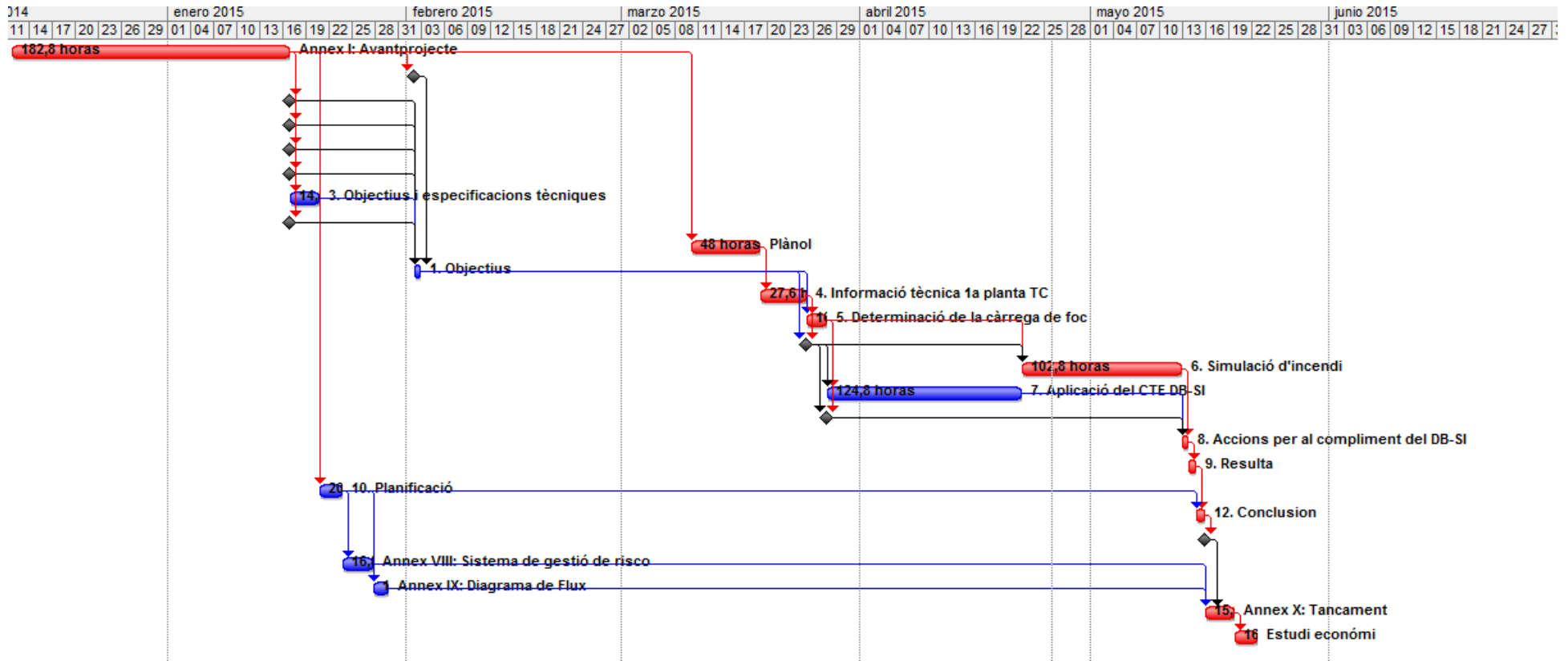


Figura 10.1: Diagrama de Gantt del projecte

## 11. Impacte mediambiental

### 11.1. Accions impactants

Accions Impactants		Observacions
Fase de Construcció o Execució	Modificació del terreny a edificar.	No es realitzaran modificacions en el terreny, ja que aquest ja està construït. S'han de realitzar, això si, obres a l'edifici per tal de complir amb la normativa i realitzar una instal·lació d'un equip d'extinció automàtic d'incendis en el sector 2.
	Connexió a xarxes energètiques públiques.	No procedeix connexió a xarxes energètiques públiques.
	Contaminació degut al transport i a l'execució d'obres mitjançant maquinaria.	La contaminació que es pot produir serà l'equivalent a la reforma d'un habitatge.
	Creació de llocs de treball.	Aquests llocs de treball tindrien una durada igual al termini de construcció.
	Generació de vibracions, sorolls etc.	Les obres comporten generacions de sorolls, pols i vibracions degudes a la utilització de certa maquinaria. Tot i així, és l'equivalent a la reforma d'un habitatge
	Impacte visual	Només apreciable pels alumnes del centre. Menyspreable des del carrer
	Comprovacions del correcte funcionament del clavegueram.	Per tenir la certesa de que no es produiran fuites de residus caldrà comprovar que les connexions estan ben fetes.
	Comprovacions instal·lacions elèctrica i de gas.	Ja funciona degut a que el centre funciona amb normalitat
Fase de Funcionament o Explotació	No generarà cap mena de residus, vibracions o alteracions del terreny o el medi	

<b>Fase d'ús</b>	Augment del flux de persones.	Només augmentarà en el nombre de treballadors durant les obres. No es produirà augment del trànsit i els residus urbans que es puguin produir seran tractats degudament
	Augment del trànsit.	
	Generació de residus urbans.	

Taula 11.3: Accions impactants

## 11.2. Factors ambientals impactants

Factor Ambiental		Impacte sobre...
<b>Medi Natural</b>	<b>Atmosfera</b>	La fabricació i el transport de les matèries primes utilitzades en la construcció ve acompanyada de la contaminació que generen les màquines.  A més, durant la possible construcció s'utilitzarà maquinaria que degut als combustibles fòssils cremats generaran gasos contaminants.
	<b>Sòl</b>	Ja està edificat, no es produiran canvis substancials.
	<b>Aigua</b>	No es veu probable produir cap mena de contaminació, ja sigui d'aqüífers, rius, llacs, etc.
	<b>Flora</b>	No es produiran canvis a la flora
	<b>Fauna</b>	No es produiran canvis a la fauna
	<b>Medi perceptual</b>	El medi perceptual no es veurà afectat ni físicament ni visualment

Taula 11.4: Factors ambientals impactants (I)

Factor Ambiental		Impacte sobre...
<b>Medi Socioeconòmic</b>	<b>Usos del territori</b>	Al medi de l'educació, tal i com ja es troba actualment.
	<b>Culturals</b>	No procedeix.
	<b>Infraestructura</b>	La infraestructura ja té un ús: ensenyança universitària.
	<b>Humans</b>	No procedeix.
	<b>Economia i Població</b>	No produirà impacte a l'economia de la població.

Taula 11.3: Factors ambientals impactants (II)

## 12. Conclusions

### 12.1. Resum del projecte

En aquest projecte s'ha realitzat l'estudi de la seguretat contra incendis de l'edifici Tecnocampus Mataró Maresme, situat a la Avinguda Ernest Lluch 31, edifici TCM 1, codi postal 08302 a la localitat de Mataró, Barcelona. És l'única universitat de la zona del Maresme. És, per tant, un edifici significatiu, tant per la localitat de Mataró com per les localitats més pròximes.

El que es buscava en el projecte era, per un costat, realitzar una simulació d'incendis en el centre. Comptant la biblioteca, hi ha un total de 4 plantes, 5 si s'inclou el pàrquing subterrani. Degut a la gran superfície, es va determinar realitzar la simulació d'incendis de tota la primera planta. No obstant, degut a d'un equip informàtic qualificat, amb el qual es comptava durant la fase d'avantprojecte i que per motius externs al projecte es va haver de prescindir, es va haver de replantejar la simulació, realitzant-la, únicament, en una zona concreta de l'edifici. Aquest factor és degut, per un costat, a que els mitjans no eren els mateixos, i d'altra banda, la simulació hagués suposat amb facilitat i per si sola, la meitat de la duració total del projecte.

Els resultats de la simulació han estat els esperats: no s'arriba a produir un incendi a l'edifici. S'esperava aquest resultat degut a que els materials emprats en el centre són ignífugs. D'altra banda, tot i que la càrrega de foc és moderadament elevada, al no haver-hi elements que puguin desencadenar un incendi, aquest no s'arriba a produir. És possible que amb una càrrega de foc més elevada el material si arribi a combustionar, però aquest resultat ja no seria significatiu. El fet que no sigui significatiu és degut a que la càrrega de foc del Tecnocampus és la que és, i a no ser que es comenci a impartir formacions acadèmiques on en els laboratoris es produeixin reaccions químiques, o s'introdueixi material inflamable, la càrrega de foc no augmentarà significativament. Val a dir que, amb uns materials no ignífugs si que es produeix foc, però aquest no es propaga.

Paral·lelament a la simulació, realitzada per estudiar el comportament d'una zona de l'edifici davant una possible incendi del centre, s'ha aplicat el Document Bàsic de Seguretat d'Incendis. Aquesta normativa, d'obligatori compliment, així com la resta de DB del CTE, determina, en funció de l'ús de l'edifici, els paràmetres que ha de tenir en matèria de seguretat: altura

d'evacuació, longituds d'evacuació, sortides d'emergència, senyalització, ocupació, sectorització, protecció contra incendis, etc.

El fet d'introduir el CTE en aquest projecte es deu a dos motius.

Les simulacions mitjançant un software informàtic són eines molt poderoses que poden donar una gran quantitat d'informació en un temps relativament curt, on s'estudien certs aspectes i s'obtenen uns resultats, així com considerar-se assajos no destructius. Per molt de temps que comporti fer una simulació, en aquest cas d'incendis, sempre serà molt més ràpid que construir una instal·lació física per a realitzar els assajos, a més de ser molt més econòmic. No obstant, no deixa de ser semblant a un experiment de laboratori, en el qual es pot observar el comportament de l'objecte d'estudi, en base a unes condicions inicials establertes. Per tant, aquests paràmetres no tenen per que correspondre's a la realitat, i com a conseqüència, el resultat obtingut per la simulació no és una ciència exacta.

D'altra banda, i com a conseqüència del punt anterior, es volien obtenir paràmetres reals sobre la pròpia seguretat del centre, aplicant el CTE per tal d'obtenir altres resultats, resultats tangibles sobre la seguretat del centre. Es dona per suposat que, en el moment de obrir el centre l'any 2010, el Tecnocampus complia tot el CTE. No obstant, i com s'ha comentat al llarg del projecte, s'han anat realitzant obres a l'edifici, motiu que va fer pensar que podria ser possible que, aspectes que es complien l'any 2010, podrien no complir-se a dia d'avui.

Després d'aplicar els aspectes més rellevants del CTE, s'ha determinat que no es compleixen aspectes com el cas més desfavorable analitzat en el projecte: la longitud d'evacuació. Té solució en el sector 2, instal·lant equips d'extinció automàtica d'incendis. En el sector 4 d'altra banda, al no ser possible la implantació d'aquesta opció, i de la negativa del personal a convertir l'escala de Cetemmsa en escala protegida, la única opció que resta és la construcció de una escala metàl·lica d'evacuació exterior, per tal de complir amb la normativa

## **12.2. Millores en el projecte**

A continuació es plantegen una sèrie de millores que no s'han pogut implementar, degut a qüestions tècniques, temps i mitjans disponible per a realitzar el projecte, entre altres.

- Realitzar la simulació d'incendis de tot l'edifici, planta a planta, situant el focus de l'incendi en diversos llocs de l'edifici.
- Al marge del software Pyrosim, emprar també el Cype y comparar resultats. Tot i emprar el mateix motor de càlcul, FDS, els resultats obtinguts podrien ser diferents.
- Disposar d'un ordinador amb millors prestacions per a simular amb més rapidesa, ajudaria a realitzar més zones de l'edifici.
- Aplicació de tot el DB-SI. Tot i que s'han estudiat els aspectes més significatius, per qüestions de temps, no s'ha analitzat en la seva totalitat.
- Aplicació del CTE de tot l'edifici, ja que podrien haver-hi més deficiències a la resta de plantes.
- El disseny de l'escala a construir al sector de Cetemmsa, càlculs inclosos i instal·lació.

### **12.3. Anàlisi, presentació i justificació de desviacions**

Com en tot projecte d'enginyeria, la planificació i el pressupost tenen unes desviacions a l'alça, impactant negativament en el projecte, ja que aquest s'encareix.

En hores de projecte, es va fer una previsió molt a l'alça, obtenint un resultat de 650 hores de projecte, hores de simulació incloses. La previsió realitzada a l'avantprojecte s'ha ajustat a 600 hores de projecte, però en aquestes 600 hores no s'inclouen les hores de simulació, les quals sumen 95 més, quedant un total de 695 hores. Aquesta desviació es deu a la realització dels capítols 6 i 7. Inicialment, la primera planta del Tecnocampus es va dissenyar amb Solidworks i es va importar el fitxer a Pyrosim. Probablement, degut a ser una geometria tan gran, el Pyrosim generava error de simulació. Posteriorment, es va prendre la decisió d'estudiar només una zona de la primera planta. Al ser molta menys superfície a simular, es va optar pel mateix procediment anterior: dissenyar amb Solidworks i importar a Pyrosim, però tornava a generar errors de simulació. Es va optar per dissenyar directament amb el Pyrosim, però ja es van perdre masses hores. D'altra banda, alguns apartats del capítol 7 han estat molt més laboriosos del que es creia inicialment, degut a la quantitat de sectors, superfície i aules analitzades, fet que ha comportat una execució amb més hores de les planificades inicialment. Per últim, al comptar amb un ordinador amb menys potència del que es tenia a les primeres etapes del projecte, han estat necessàries més hores de simulació. En total, 45 hores més, les quals corresponen

precisament a la simulació. Degut a que les hores de simulació són hores de projecte, però no són hores d'enginyer, s'han comptabilitzat a 10 €/hora vers els 50€/hora de l'avantprojecte. Per tant, com a projecte d'enginyeria, hi ha un estalvi de 15.144 € (-35% del projecte inicial)

Si el client vol implantar els equips pressupostats i incloure'ls en el projecte, hi ha un sobrecost de 67.487 €, degut a que a l'avantprojecte no se sabia quins materials, objectes o equips serien necessaris per al compliment del CTE DB-SI, ja que encara no s'havia realitzat l'anàlisi, motiu pel qual no es va contemplar material.

Com a projecte d'enginyeria, considerant només hores d'enginyeria i donant al responsable del centre l'opció de buscar equips d'altres companyies, hi ha un estalvi del 35% vers l'avantprojecte. En cas contrari, el pressupost s'incrementa un 253% vers l'avantprojecte, amb un cost final de 112.023,7 €.



## 13. Referències

- [1] F. Smith, «ocw.uc3m,» [En línia]. Available: [http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-iii/Tema8-Ensayos\\_no\\_destructivos.pdf](http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-iii/Tema8-Ensayos_no_destructivos.pdf). [Últim accés: 25 03 2015].
- [2] CTE, «[www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org),» [En línia]. Available: <http://www.codigotecnico.org/web/cte/historia/>. [Últim accés: 22 12 2014].
- [3] R. F. Becerra, «Infomadera,» [En línia]. Available: [http://www.infomadera.net/uploads/descargas/archivo\\_12\\_Desarrollo%20de%20las%20normas%20contra%20incendios%20en%20Espa%C3%B1a.pdf](http://www.infomadera.net/uploads/descargas/archivo_12_Desarrollo%20de%20las%20normas%20contra%20incendios%20en%20Espa%C3%B1a.pdf). [Últim accés: 22 12 2014].
- [4] ABC, «Mueren otros tres heridos en el incendio de la refinería de escombreras,» *ABC*, 4 10 1969.
- [5] P. G. Buscà, Interviewee, [Entrevista]. 4 11 2014.
- [6] P.A.Jimenez, «UDLAP (Universidad De Las Americas Puebla),» [En línia]. Available: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/jimenez\\_p\\_a/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/jimenez_p_a/capitulo2.pdf). [Últim accés: 24 12 2014].
- [7] Wikipedia, «Wikipedia,» [En línia]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_de\\_los\\_elementos\\_finitos](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_los_elementos_finitos). [Últim accés: 22 12 2014].

- [8] A. Carnicero, «IIT,» [En línia]. Available: [http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/Resistencia/Introduccion\\_al\\_MEF.pdf](http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/Resistencia/Introduccion_al_MEF.pdf). [Últim accés: 22 12 2014].
- [9] C. Ingenieros, «cype,» [En línia]. Available: <http://fds.cype.es/#introduccion>. [Últim accés: 26 12 2014].
- [10] X. M. Mas, Interviewee, [Entrevista]. 10 11 2014.
- [11] A. P. d. Amor, «Simulació d'un incendi al TecnoCampus Mataró-Maresme mitjançant software de càlcul per elements finits,» Mataró, EUPMT, 2014-2015.
- [12] J. Gil, «PLA D'AUTOPROTECCIÓ,» Mataró, 2011, p. 109.
- [13] A. Puerta, «Plànols. Simulació d'un incendi al TecnoCampus Mataró-Maresme mitjançant software de càlcul per elements finits,» Mataró, 2015, p. 21.
- [14] Wikipedia. [En línia]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/Carga\\_de\\_fuego](http://es.wikipedia.org/wiki/Carga_de_fuego). [Últim accés: 18 02 2015].
- [15] T. Engineering, «Thunderheadeng,» [En línia]. Available: <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/>. [Últim accés: 25 03 2015].
- [16] INSHT, «<http://www.insht.es>,» [En línia]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/ntp-766.pdf>. [Últim accés: 12 04 2015].
- [17] T. Engineering, «Forum Thunderhead Engineering,» [En línia]. Available: <http://www.thunderheadeng.net/forum/index.php/topic,2590.0.html?PHPSESSID=7vc67ffs8rqb6c9c711vfks227>. [Últim accés: 20 03 2015].

- [18] INSHT, «<http://www.insht.esf>,» [En línea]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/41.pdf>. [Últim accés: 04 04 2015].
- [19] F. Blanco, «Uniovi,» [En línea]. Available: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/TemaII.2.3.6.TERMICAS.ResistenciaFuego.pdf>. [Últim accés: 25 03 2015].
- [20] F. J. C. Rojo, Interviewee, [Entrevista]. 08 05 2015.
- [21] E. Ortego, Interviewee, [Entrevista]. 08 05 2015.
- [22] Wikipedia, «Wikipedia,» 06 01 2015. [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fuego>.
- [23] Wikipedia, «Wikipedia,» 06 01 2015. [En línea]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_de\\_activaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_de_activaci%C3%B3n).
- [24] Pyrosim, «Thunderhead Engineering,» [En línea]. Available: <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/>.
- [25] J. F. Peña, «INSHT,» [En línea]. Available: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2003/25/seccionTecTextComp12.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2003/25/seccionTecTextComp12.pdf). [Últim accés: 30 12 2014].
- [26] Definiciones, «Definiciones,» [En línea]. Available: <http://definicion.de/conducta/>. [Últim accés: 02 01 2015].
- [27] Wikipedia, «Wikipedia,» [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ley>. [Últim accés: 02 01 2014].

