

2017



Universitat
de les Illes Balears

Evaluación del marco normativo español relativo a seguridad contra incendios en edificación



eps

Alumno: Jeroni Bestard Crespí

Tutor: Dr. Carlos Ribas González





**Universitat de les
Illes Balears**

Escuela Politécnica Superior

Memoria del Trabajo de Fin de Grado

Evaluación del marco normativo español relativo a seguridad contra incendios en edificación

Jeroni Bestard Crespí

Grado de Edificación

Año académico 2016-17

DNI del alumno: 43.113.307- Z

Trabajo tutelado por: Dr. Carlos Ribas González

| | | | | |
|---|-------|----|-------|----|
| Se autoriza a la Universidad a incluir este trabajo en el Repositorio Institucional para su consulta en acceso abierto y difusión en línea, con finalidades exclusivamente académicas y de investigación. | Autor | | Tutor | |
| | Sí | No | Sí | No |
| | X | | X | |



Índice

| | | |
|-------|--|----|
| I. | Listado de figuras | 9 |
| II. | Listado de fórmulas | 10 |
| III. | Listado de tablas | 11 |
| IV. | Acrónimos | 12 |
| V. | Resumen | 13 |
| VI. | Agradecimientos..... | 14 |
| 1. | Introducción..... | 15 |
| 2. | Objetivos | 16 |
| 2.1 | Objetivos principales | 16 |
| 2.2 | Objetivos secundarios..... | 16 |
| 2.3 | Objetivos personales..... | 16 |
| 3. | Terminología de interés..... | 17 |
| 3.1 | Evaluación..... | 17 |
| 3.2 | Marco Normativo/ Normativa..... | 17 |
| 3.3 | Seguridad..... | 17 |
| 3.3.1 | Seguridad Activa | 18 |
| 3.3.2 | Seguridad Pasiva | 18 |
| 3.4 | Contra Incendio..... | 18 |
| 3.4.1 | • Medidas pasivas: | 19 |
| 3.4.2 | • Medidas activas: | 19 |
| 3.5 | Establecimiento..... | 19 |
| 4. | Estado de conocimiento ^{4,5} | 20 |
| 4.1 | Evolución histórica de las diferentes concepciones sobre el fuego..... | 20 |
| 4.1.1 | Introducción..... | 20 |
| 4.2 | Breve historia de la ingeniería y normativa contraincendios | 22 |
| 4.3 | ¿Y en España cómo ha evolucionado la normativa? | 27 |
| 4.4 | Equipos de protección contra incendios..... | 31 |
| 4.4.1 | Sistema de alarma | 31 |
| 4.4.2 | Hidrantes..... | 32 |
| 4.4.3 | Mangueras | 32 |
| 4.4.4 | Equipos de impulsión y monitores..... | 32 |
| 4.4.5 | Escaleras | 33 |



| | | |
|-----------|--|----|
| 4.4.6 | Autobombas | 34 |
| 5. | Estudio comparativo de las reglamentaciones contraincendios actuales en España (CTE-DB-SI y RSCIEI)..... | 35 |
| 5.1 | Introducción..... | 35 |
| 5.1.1 | Estructura del estudio comparativo del CTE-DB-SI con RSCIEI en este TFG | 36 |
| 5.2 | El diseño basado en prestaciones (DBP) ⁸ | 37 |
| 5.3 | Objeto de las reglamentaciones..... | 39 |
| 5.4 | Ámbito de aplicación..... | 40 |
| 5.4.1 | Casos límite entre las dos reglamentaciones..... | 43 |
| 5.4.1.1 | Límite de almacenamiento de cualquier uso a 3.000.000 MJ..... | 43 |
| 5.4.1.2 | Establecimiento industrial con más de un uso y misma titularidad..... | 44 |
| 5.5 | Cálculo de las densidades de carga de fuego según CTE-DB-SI ^{1,6} y RSCIEI ^{2,3} | 46 |
| 5.5.1 | CTE-DB-SI ^{1,6} | 46 |
| 5.5.2 | RSCIEI ^{2,3} | 48 |
| 5.5.3 | Conclusiones sobre el cálculo de densidad de carga de fuego según normativa. | 50 |
| 5.6 | Problemas de la clasificación para almacenes de la tabla 2.1 CTE-DB-SI-1 ¹³ | 52 |
| 5.6.1 | Ejemplo comparativo de clasificación por volumen (establecimiento no comercial) ¹³ | 52 |
| 5.6.2 | Ejemplo comparativo de clasificación por densidad de carga de fuego (establecimiento comercial) ¹³ | 54 |
| 5.6.3 | Soluciones al problema de clasificación de almacenes por CTE-DB-SI ^{1,6} | 57 |
| 5.7 | Cálculo del volumen máximo ¹³ a partir del cual los almacenamientos regidos por el CTE-DB-SI ^{1,6} pasan a estar regidos por RSCIEI ^{2,3} | 61 |
| 5.8 | Medidas de protección | 63 |
| 5.8.1 | Sistemas pasivos | 63 |
| 5.8.1.1 | Compartimentación/sectorización en sectores de incendio..... | 63 |
| 5.8.1.1.1 | Compartimentación según CTE-DB-SI ^{1,6} | 64 |
| 5.8.1.1.2 | Sectorización RSCIEI ^{2,3} | 67 |
| 5.8.1.1.3 | Conclusiones sobre sectorización según normativa..... | 68 |
| 5.8.1.2 | Reacción al fuego..... | 69 |
| 5.8.1.2.1 | Reacción al fuego de los materiales según CTE-DB-SI ^{1,6} | 72 |
| 5.8.1.2.2 | Reacción al fuego de los materiales según RSCIEI ^{2,3} | 73 |
| 5.8.1.2.3 | Conclusiones sobre reacción al fuego según normativa..... | 74 |
| 5.8.1.3 | Estabilidad al fuego de elementos portantes (R-t)..... | 75 |
| 5.8.1.3.1 | Estabilidad al fuego de elementos portantes según CTE-DB-SI ^{1,6} | 75 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 5.8.1.3.2 | Estabilidad al fuego de elementos portantes según RSCIEI ^{2,3} | 77 |
| 5.8.1.3.3 | Conclusiones estabilidad al fuego de elementos portantes según normativa..... | 78 |
| 5.8.1.4 | Resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento..... | 79 |
| 5.8.1.4.1 | Resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento según CTE-DB-SI ^{1,6} | 80 |
| 5.8.1.4.2 | Resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento según RSCIEI ^{2,3} | 81 |
| 5.8.1.4.3 | Conclusiones sobre la resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento | 81 |
| 5.8.2 | Sistemas activos | 82 |
| 5.8.2.1 | Sistemas automáticos de detección de incendio..... | 82 |
| 5.8.2.1.1 | Sistemas automáticos de detección de incendio según CTE-DB-SI ^{1,6} | 82 |
| 5.8.2.1.2 | Sistemas automáticos de detección de incendio según RSCIEI ^{2,3} | 83 |
| 5.8.2.1.3 | Conclusiones sobre Sistemas automáticos de detección de incendio..... | 83 |
| 5.8.2.2 | Sistemas manuales de alarma de incendio..... | 83 |
| 5.8.2.2.1 | Sistemas manuales de alarma de incendio según CTE-DB-SI ^{1,6} | 83 |
| 5.8.2.2.2 | Sistemas manuales de alarma de incendio según RSCIEI ^{2,3} | 83 |
| 5.8.2.2.3 | Conclusiones sobre sistemas manuales de alarma de incendio | 84 |
| 5.8.2.3 | Sistemas de comunicación de alarma..... | 84 |
| 5.8.2.3.1 | Sistemas de comunicación de alarma según CTE-DB-SI ^{1,6} | 84 |
| 5.8.2.3.2 | Sistemas de comunicación de alarma según RSCIEI ^{2,3} | 84 |
| 5.8.2.3.3 | Conclusiones sobre sistemas de comunicación de alarma | 84 |
| 5.8.2.4 | Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios..... | 85 |
| 5.8.2.4.1 | Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios según CTE-DB-SI ^{1,6} | 85 |
| 5.8.2.4.2 | Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios según RSCIEI ^{2,3} | 85 |
| 5.8.2.4.3 | Conclusiones sobre sistemas de abastecimiento de agua contra incendios | 85 |
| 5.8.2.5 | Sistemas de hidrantes exteriores | 86 |
| 5.8.2.5.1 | Sistemas de hidrantes exteriores según CTE-DB-SI ^{1,6} | 86 |
| 5.8.2.5.2 | Sistemas de hidrantes exteriores según RSCIEI ^{2,3} | 87 |
| 5.8.2.5.3 | Conclusiones sobre Sistemas de hidrantes exteriores | 87 |
| 5.8.2.6 | Extintores de incendio portátiles..... | 87 |
| 5.8.2.6.1 | Extintores portátiles de incendio según CTE-DB-SI ^{1,6} | 87 |
| 5.8.2.6.2 | Extintores portátiles de incendio según RSCIEI ^{2,3} | 88 |
| 5.8.2.6.3 | Conclusiones sobre extintores portátiles de incendio..... | 88 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 5.8.2.7 | Sistemas de bocas de incendio equipadas (BIEs) | 88 |
| 5.8.2.7.1 | BIEs según CTE-DB-SI ^{1,6} | 89 |
| 5.8.2.7.2 | BIEs según RSCIEI ^{2,3} | 89 |
| 5.8.2.7.3 | Conclusión sobre BIEs | 89 |
| 5.8.2.8 | Sistemas de columna seca..... | 90 |
| 5.8.2.8.1 | Sistemas de columna seca según CTE-DB-SI ^{1,6} | 90 |
| 5.8.2.8.2 | Sistemas de columna seca según RSCIEI ^{2,3} | 90 |
| 5.8.2.8.3 | Conclusiones sobre sistemas de columna seca | 90 |
| 5.8.2.9 | Sistemas de rociadores automáticos de agua..... | 91 |
| 5.8.2.9.1 | Sistemas de rociadores automáticos de agua según CTE-DB-SI ^{1,6} | 91 |
| 5.8.2.9.2 | Sistemas de rociadores automáticos de agua según RSCIEI ^{2,3} | 91 |
| 5.8.2.9.3 | Conclusiones sobre sistemas de rociadores automáticos de agua | 91 |
| 5.8.2.10 | Sistemas de extinción (agua pulverizada, espuma, polvo, gas)..... | 92 |
| 5.8.2.10.1 | Sistemas de extinción según CTE-DB-SI ^{1,6} | 92 |
| 5.8.2.10.2 | Sistemas de extinción según RSCIEI ^{2,3} | 92 |
| 5.8.2.11 | Alumbrado de emergencia | 92 |
| 5.8.2.11.1 | Alumbrado según CTE-DB-SI ^{1,6} | 92 |
| 5.8.2.11.2 | Alumbrado según RSCIEI ^{2,3} | 92 |
| 5.8.2.11.3 | Conclusiones sobre alumbrado de emergencia..... | 92 |
| 5.8.2.12 | Señalización | 93 |
| 5.8.2.13 | Ascensor de emergencia..... | 93 |
| 6. | Conclusiones..... | 94 |
| 6.1 | Las conclusiones referidas a los objetivos marcados en el apartado 1.1..... | 94 |
| 6.2 | Conclusiones específicas..... | 96 |
| 6.3 | Otras conclusiones..... | 102 |
| 6.4 | Recomendaciones para futuros TFG sobre normativa contra incendios..... | 102 |
| 7. | Bibliografía | 103 |
| Anexo 1. | Tabla sobre volúmenes y áreas límite de almacenamiento según actividad para pasar a estar regido por RSCIEI ^{2,3} | 105 |
| Anexo 2: | Check list de comprobación cumplimiento CTE-DB-SI ^{1,6} de un proyecto real..... | 114 |
| Anexo 3. | Check list de comprobación cumplimiento RSCIEI ^{2,3} de un proyecto real | 117 |

I. Listado de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Vigili | 22 |
| Figura 2. Ubicación de los Vigiles en el Prefecto | 23 |
| Figura 3. Área incendiada en el incendio de Londres 1666 | 24 |
| Figura 4. Sprinkler antiguo vs moderno | 25 |
| Figura 5. Incendio Corona Aragón | 28 |
| Figura 6. Incendio Corona Aragón | 28 |
| Figura 7. Primer sistema de alarma | 31 |
| Figura 8. Ejemplo de las primeras bombas de impulsión..... | 33 |
| Figura 9. Ejemplo de las primeras escaleras manuales de los Bombers de Palma..... | 33 |
| Figura 10. Primer vehículo contraincendios de los Bombers de Palma. Restaurado en 2004..... | 34 |
| Figura 11. Configuraciones contempladas en el anexo 1 RSCIEI ^{2,12} | 48 |



II. Listado de fórmulas

| | |
|---|----|
| ECUACIÓN 1: TIEMPO DE CÁLCULO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO | 46 |
| ECUACIÓN 2: VALOR DE CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO EN FUNCIÓN DEL USO DEL SECTOR..... | 47 |
| ECUACIÓN 3: DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO DE UN SECTOR DETERMINADO CON ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN, TRANSFORMACIÓN O REPARACIÓN | 49 |
| ECUACIÓN 4: DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO DE UN SECTOR DETERMINADO CON ACTIVIDADES DE ALMACENAMIENTO . | 49 |
| ECUACIÓN 5: DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO DEL EDIFICIO INDUSTRIAL | 49 |
| ECUACIÓN 6: DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL | 49 |

III. Listado de tablas

| | |
|---|----|
| TABLA 1: NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO | 50 |
| TABLA 2: ZONAS DE RIESGO ESPECIAL DB-SI ¹ | 50 |
| TABLA 3: EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN POR VOLUMEN | 53 |
| TABLA 4: EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN POR VOLUMEN | 53 |
| TABLA 5: EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN POR VOLUMEN..... | 54 |
| TABLA 6: EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN POR VOLUMEN | 55 |
| TABLA 7: RESULTADOS CONTRADICTORIOS..... | 56 |
| TABLA 8: TABLA INICIAL SEGÚN CTE-DB-SI ^{1,6} | 57 |
| TABLA 9: PRIMERA EVOLUCIÓN TABLA..... | 57 |
| TABLA 10: SEGUNDA EVOLUCIÓN TABLA..... | 58 |
| TABLA 11: SIMPLIFICANDO Y DESPEJANDO VALORES SE OBTIENE LA SIGUIENTE TABLA..... | 59 |
| TABLA 12: CONDICIONES DE COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO SEGÚN EL CTE-DB-SI ^{1,6} | 67 |
| TABLA 13: MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO SEGÚN RSCIEI ^{2,3} | 68 |
| TABLA 14: TABLA EQUIVALENCIAS ENTRE NOMENCLATURAS SOBRE REACCIÓN AL FUEGO | 71 |
| TABLA 15: CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CTE-DB-SI | 72 |
| TABLA 16: CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS RSCIEI | 73 |
| TABLA 17: TABLA 3.1 CTE-DB-SI 6 | 76 |
| TABLA 18: TABLA 3.2 CTE-DB-SI 6 | 77 |
| TABLA 19: TABLA 2.2 ANEXO II RSCIEI | 78 |
| TABLA 20: TABLA 1.2 CTE-DB-SI 1 | 80 |
| TABLA 21: TABLA PUNTO 5.2 ANEXO II RSCIEI | 81 |
| TABLA 22: ABASTECIMIENTO AGUA SEGÚN CEPREVEN..... | 86 |

IV. Acrónimos

| | |
|-----------|---|
| SCI | Seguridad contra incendios |
| CTE | Código técnico |
| CTE-DB-SI | Documento básico seguridad contra incendios del código técnico |
| DB-SI | Documento básico seguridad contra incendios |
| RSCIEI | Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales |
| PCI | Protección contra incendios |
| DCF | Densidad de carga de fuego |
| NRI | Nivel riesgo intrínseco |
| DBP | Diseño basado en prestaciones |
| TFG | Trabajo final de grado |
| SEIS | Servicio extinción y salvamento |

V. Resumen

En el marco del trabajo final de grado, del Grado en Edificación, se elabora el presente trabajo con el objeto de evaluar el marco normativo español de prevención de incendios tanto en edificaciones residenciales como industriales. En la actualidad existen dos reglamentos de aplicación, uno para edificios de uso industrial y otro para uso distinto al industrial.

La motivación principal para la realización de este trabajo es la superación de todas las asignaturas de la titulación anteriormente mencionada con el fin de cumplimentar el expediente académico del autor y obtener la adaptación de la diplomatura de Arquitectura Técnica al Grado de Edificación.

El tema elegido, la lucha contra incendios, es fruto de la profesión de bombero, que ejerce el autor del trabajo desde el año 2005 en el Cuerpo de Palma de Mallorca. Este trabajo, además pretende ampliar los conocimientos técnicos en la materia, con la finalidad de mejorar como profesional en la materia y que posteriormente estos conocimientos adquiridos puedan transferirse al oficio del autor.

VI. Agradecimientos

- Al tutor de este TFG, Dr. Carlos Ribas González, por su dedicación, interés y consejos en la realización de este trabajo.
- A Benito Mas Gràcia, por su saber, experiencia y tiempo dedicado en la elaboración de este TFG.
- A todos los amigos, compañeros y profesores que han ayudado y que de una manera u otra han aportado sus conocimientos a este proyecto.
- Y una mención especial para mi familia que ha sido, es y será el motor de mi vida y que en estos últimos meses más les he exigido por las circunstancias que nos ha tocado vivir.

1. Introducción

Entre otros aspectos fundamentales, se pretende obtener una idea clara y concisa del actual marco normativo español que regula el riesgo de incendio en edificaciones en general. Cabe destacar el término edificación, el contexto que se considera es el de cualquier edificación, independientemente del uso al que se destine. Esta diferencia es destacable dado que el marco normativo español actual diferencia las edificaciones o establecimientos de uso industrial de las de uso no industrial.

Se podrá comprobar a lo largo del presente escrito se puede asegurar con total certeza que todas las normativas nacionales e internacionales siempre surgen desgraciadamente después de una tragedia ya sea con daños materiales y sobre todo si hay víctimas mortales.

Derivada de esta peculiaridad (dos normativas diferenciadas), aparece la necesidad de estudiar el marco regulatorio para conocer las diferencias, que se prevén sustanciales, que justifique la necesidad de dicha distinción.

Por esta distinción que hay dentro de la normativa española, se estudiarán minuciosamente las diferencias, similitudes, etc. entre las dos normativas (Documento Básico de Seguridad en caso de incendio¹ y el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales²), para esclarecer los objetivos principales descritos en el siguiente punto.

2. Objetivos

Como desprende la introducción, el objetivo fundamental del presente trabajo es el de estudiar el marco normativo español que regula el riesgo de incendios en edificación. Para la consecución de este objetivo se precisa de un estudio histórico de la evolución normativa española.

2.1 Objetivos principales

- Evaluar históricamente la reglamentación española en materia de protección contra incendios.
- Estudiar el estado actual y realizar un estudio comparativo de las dos reglamentaciones españolas vigentes y evaluar los puntos en común y diferencias significativas.
- Valorar la necesidad de mantener la división actual de las normas.

2.2 Objetivos secundarios

- Elaborar un listado de los términos y definiciones destacados para la correcta interpretación de los diferentes reglamentos.
- Estudiar la evolución de la ingeniería contraincendios.
- Estudiar los casos límite entre normativas.
- Realizar una tabla sobre volúmenes y áreas límite de almacenamiento según actividad para pasar a estar regido por RSCIEI ^{2,3}.
- Estudio de dos casos reales (uno de uso industrial y el segundo de uso no industrial)

2.3 Objetivos personales

- Ampliar los conocimientos teóricos y técnicos en materia contra incendios.
- Mejorar como profesional en la materia contra incendios para posteriormente transferir estos conocimientos adquiridos al oficio del autor del TFG.

3. Terminología de interés

3.1 Evaluación

El propio Diccionario de la Real Academia Española da dos definiciones de evaluación:

1. Señalar el valor de una cosa.
2. Estimar, apreciar, calcular el valor de una cosa.

Según Pérez Juste: “Proceso sistemático, diseñado intencional y técnicamente, de recogida de información, que ha de ser valorada mediante la aplicación de criterios y referencias como base para la posterior toma de decisiones de mejora, tanto del personal como del propio programa”.

3.2 Marco Normativo/ Normativa

El propio Diccionario de la Real Academia Española da dos definiciones de normativa:

1. Que fija la norma.
2. Conjunto de normas aplicables a una determinada materia o actividad.

Norma: Regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las conductas, tareas y actividades.

3.3 Seguridad

El Diccionario de la Real Academia Española da como definición de seguridad:

Libre y exento de riesgo.

En el campo que nos concierne hay dos conceptos de seguridad a resaltar:

3.3.1 *Seguridad Activa*

Seguridad que proporciona un conjunto de mecanismos, características o prestaciones cuya función es evitar o prevenir accidentes.

3.3.2 *Seguridad Pasiva*

Seguridad que proporciona un conjunto de mecanismos, características y prestaciones cuya función es proteger a las personas, bienes, etc., en caso de accidente.

3.4 **Contra Incendio**

Incendio: El Diccionario de la Real Academia Española da como definición:

Fuego grande que destruye lo que no debería quemarse.

La protección contra incendios es el conjunto de medidas que se disponen en los edificios para protegerlos contra la acción del fuego.

Generalmente, con ellas se trata de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas.
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

La salvación de vidas humanas suele ser el único fin de la normativa de los diversos estados y los otros dos los imponen las compañías de seguros rebajando las pólizas cuanto más apropiados sean los medios.

Las medidas fundamentales contra incendios (relacionadas con las definiciones de seguridad) pueden clasificarse en dos tipos:

3.4.1 • *Medidas pasivas:*

Se trata de las medidas que afectan al proyecto o a la construcción del edificio, en primer lugar, facilitando la evacuación de los usuarios presentes en caso de incendio, mediante caminos (pasillos y escaleras) de suficiente amplitud, y en segundo lugar retardando y confinando la acción del fuego para que no se extienda muy deprisa o se pare antes de invadir otras zonas.

3.4.2 • *Medidas activas:*

Fundamentalmente manifiesta en las instalaciones de extinción de incendios.

3.5 **Establecimiento**

Según el anexo I del CTE-DB-SI un establecimiento es una zona de un edificio destinada a ser utilizada bajo una titularidad diferenciada, bajo un régimen no subsidiario respecto del resto del edificio y cuyo proyecto de obras de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sean objeto de control administrativo. Conforme a lo anterior, la totalidad de un edificio puede ser también un establecimiento.

4. Estado de conocimiento ^{4,5}

4.1 Evolución histórica de las diferentes concepciones sobre el fuego

En este apartado se presenta cronológicamente el contexto histórico destacando, bajo la opinión del autor, los momentos fundamentales que han motivado la necesidad de la regulación del riesgo de incendios mediante diferentes reglamentos.

4.1.1 *Introducción*

En la antigüedad el fuego era uno de los cuatro elementos clásicos junto con el agua, la tierra y el aire. Estos cuatro elementos representaban las cuatro formas conocidas de la materia y eran utilizados para explicar diferentes comportamientos de la naturaleza.

El fuego es un elemento, desde los inicios de los primeros hombres que puede tener dos vertientes: puede tener una vertiente útil por su desprendimiento de luz y energía calorífica, y la segunda es una vertiente destructora, por su capacidad de quemar todo cuanto encuentre en su camino.

El hombre conoció el fuego a través de sus manifestaciones naturales, erupciones de volcanes, incendio de los bosques debido a los rayos, etc. Lo obtuvo de las mencionadas fuentes naturales y lo utilizó, inicialmente, para calentarse, cocinar, iluminarse y protegerse de los animales. Además, se aumentó el rango de horas al día donde el hombre podía trabajar con la ayuda lumínica del fuego. El fuego fue el origen de la erradicación de su vida nómada una vez aprendió a crearlo por sí mismo.

A continuación, se presentó un problema importante: encenderlo. De ahí que las religiones se convirtieran en las guardianas del fuego: mantener un fuego colectivo permanente era importante por si los fuegos particulares se apagaban, se podía recurrir al primero y de ahí que todas las religiones, todavía ahora, mantengan un fuego encendido en el santuario.

El culto del fuego siguió al que se tributaba al Sol y casi todos los pueblos lo adoraron como el más noble de los elementos y como una viva imagen del astro del día.

En la media Mesopotamia lo tenían como el dios supremo. En Persia es donde se extendió su culto casi exclusivamente. Se encontraban por todas partes, cercados cerrados con muros y sin techo,

dentro los cuales, se encendía asiduamente el fuego en donde el pueblo devoto venía a ciertas horas para rogarle. Cuando un rey de Persia estaba agonizando, se apagaba el fuego en las principales ciudades del reino y no se volvía a encender hasta después de la coronación de su sucesor.

Posteriormente esta creencia pasó a Grecia. El fuego estaba presente en los principales templos de los dioses de la antigua Grecia tales como Apolo, Minerva, etc. donde ardían continuamente las lámparas cuidando muy particularmente que no se apagasen.

Los romanos imitadores de los griegos adoptaron este culto y Numa que fue el segundo rey de Roma después de Rómulo fundó un colegio, cuyas funciones consistían en conservar el fuego sagrado.

El fuego es igualmente una de las principales divinidades de los tártaros. Los extranjeros no pueden adentrarse en sus dominios sin antes purificarse (se realiza pasando entre dos hogueras).

Los antiguos africanos tributaban los honores divinos a este elemento y mantenían en sus templos un el eterno.

En Siberia, los yakouts creen que existe en el fuego, un ser a quien atribuyen el poder de dispensar los bienes y los males y le ofrecen sacrificios perpetuos.

Los chinos que habitan en los confines de Siberia reconocen un dios del fuego, hasta el punto de que en un incendio las llamas devoraban muchas casas y, sin embargo, ningún habitante procuraba sofocarlo. Algunos arrojaban algunas gotas de agua para apaciguar al dios, que decían, había escogido sus habitaciones para un sacrificio. Si los rusos no hubiesen extinguido el incendio, toda la ciudad hubiera quedado reducida a cenizas.

4.2 Breve historia de la ingeniería y normativa contraincendios

Los incendios eran frecuentes en Roma. Una ciudad densamente poblada, con mucho material inflamable (paja, madera, telas, etc.), callejuelas estrechas. Desde el año 300 a de C. en Roma se asignaron esclavos a la "lucha contra incendios" y durante el reinado de Cesar Augusto (63 a de C. – 14 d de C.) se crearon los corps of vigiles, lo que puede decirse fue el primer cuerpo de bomberos profesionales de la historia.

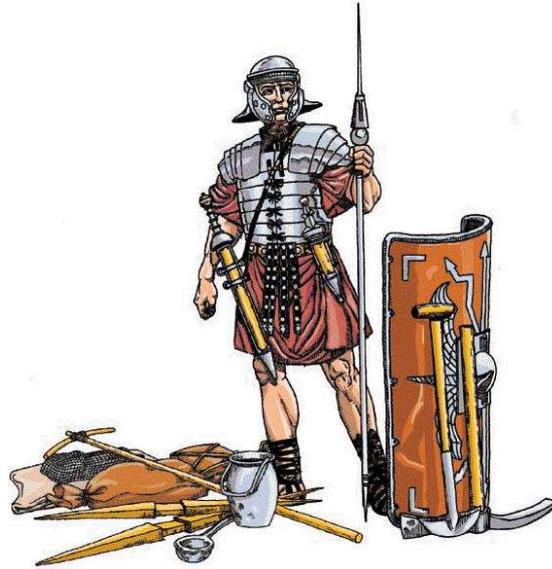


Figura 1. Vigili

(<http://www.geocities.ws/bomberosdearagua/mundial.html>)

El cuerpo de vigiles estaba formado por:

Los aquari (aguadores), transportaban el agua formando cadenas humanas.

Los siphonarii, arrojaban el agua al fuego con bombas de mano (siphos).

Los uncurari, con unas lanzas provistas de ganchos se sujetaban a los techos y paredes en llamas.

Los falcari, para otros trabajos



Figura 2. Ubicación de los Vigiles en el Prefecto

(<https://elglobodegambetta.wordpress.com/2013/01/07/los-bomberos-romanos/>)

El Emperador Nerón ordenó tras el Gran incendio de Roma (64 d de C.) que destruyó la ciudad, que esta fuera escrito un manual o código constructivo y se tuviera en cuenta medidas de protección pasiva como mantener una separación mínima entre viviendas y el uso de materiales no combustibles.

Este fue quizás el primer ejemplo registrado de la utilización de la ciencia y la ingeniería de la época en la práctica de la ingeniería de protección contra incendios.

Después de la caída del imperio romano pasaron cientos de años sin noticias de nuevos códigos o manuales constructivos para hacer frente a los incendios urbanos.

Pero en el siglo XII más concretamente en 1189 después de un gran incendio en Londres, en dicha ciudad se implanta un código constructivo donde se establecía que las nuevas edificaciones serían construidas con paredes de piedra de 0,9 m de anchura y tejados de pizarra o teja, prohibiendo los cubiertos por paja.

Después del Gran Incendio de Londres de 1666, que destruyó tres cuartas partes de la ciudad, Londres adoptó en su reglamento de edificación que las casas debían ser a base a piedra y ladrillo resistente al fuego con separaciones con pared medianera. Después del incendio se adoptó un código completo de regulaciones sobre edificios, del cual aún hoy se conservan características.

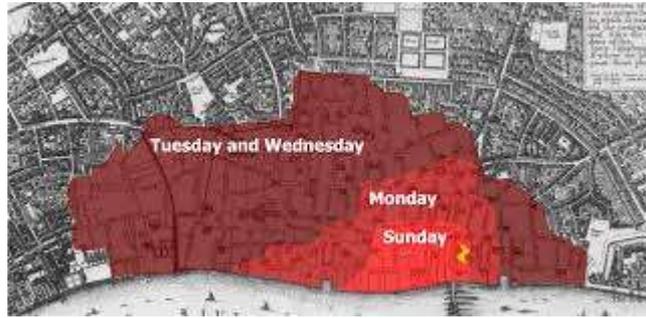


Figura 3. Área incendiada en el incendio de Londres 1666

(<http://perseomadrid.es/el-gran-incendio-de-londres/>)

El incendio de Londres también estimuló el interés en el desarrollo de equipos de extinción de incendios

A lo largo de la Revolución Industrial en el siglo XVIII y XIX, los incendios continuaron, pero comenzaron a disminuir tanto en cantidad como en virulencia a causa de las medidas constructivas a base de estructuras de mampostería, hormigón y acero que sustituyeron las anteriores estructuras más combustibles. Se instalaron suministros de aguas subterráneas y bocas de incendios de las cuales los vehículos contraincendios se podían abastecer y tener un suministro “indefinido”, y se produjo una mejora en los vehículos contraincendios de los bomberos.

Los nuevos procesos industriales y el almacenamiento masivo de material suponían un incremento del riesgo elevado.

A mediados del siglo XIX, en Estados Unidos y más concretamente en Nueva Inglaterra, había una industria basada en fábricas textiles y de papel en las cuales se produjeron grandes incendios. Se propagaban con tanta rapidez que los bomberos no podían sofocarlos con los métodos que disponían por aquel entonces. La solución que se inventó fueron lo que actualmente conocemos como sprinklers o rociadores automáticos. Fue la instalación de un sistema de accionamiento manual de tubos perforados en el techo, creando así uno de los primeros sistemas fijos de extinción de incendios.

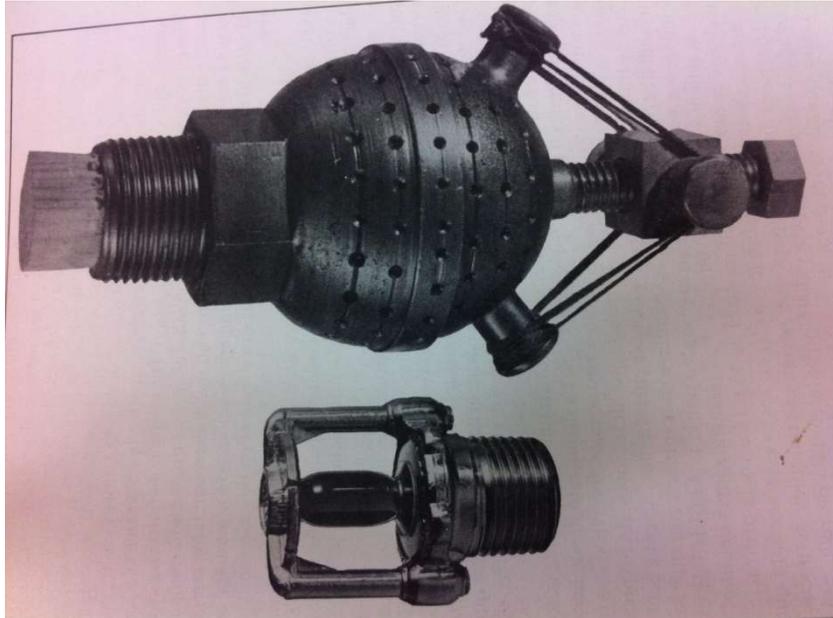


Figura 4. Sprinkler antiguo vs moderno

(<https://blog.prefire.es/2012/06/historia-de-los-inicios-de-los-rociadores-para-la-proteccion-contra-incendios/>)

Muchos de los avances en la ingeniería de protección contra incendios que se produjeron en este siglo fueron provocados por la influencia de la industria aseguradora y su afán de reducir al mínimo los efectos de los incendios y por consiguiente sus indemnizaciones.

Durante la primera mitad del siglo 20, se centró en la elaboración de normativa como el principal medio de aplicación de la ingeniería de protección contra incendios para la seguridad de la vida y la protección de la propiedad. La experiencia de los anteriores grandes incendios se aplicó para revisar los códigos y normas, y mejorar la normativa contra incendios

Durante la segunda mitad del siglo 20, surgió la ingeniería de protección contra incendios como una profesión. Este hecho se debió principalmente al desarrollo de un cuerpo de conocimientos específicos de la ingeniería de protección contra incendios. La formación de una sociedad profesional, los inicios de la consultoría independiente de ingeniería de protección contra incendios y el desarrollo de directrices de ingeniería de protección contra incendios reforzó la profesión.

En el inicio del siglo XXI, los métodos de cálculo para una evaluación cuantitativa de la protección contra incendios siguen mejorando. Estos incluyen la severidad del fuego y resistencia al fuego para determinar las necesidades estructurales de protección contra incendios; propiedades de los



materiales tales como la propagación del fuego, el humo desarrollado y movimiento del humo y el flujo de salida. Estos métodos, junto con la potencia de cálculo de los ordenadores de hoy en día, han dado lugar al desarrollo de modelos más fáciles de usar por el ingeniero de protección contra incendios.

Con el paso del tiempo, se han ido perfeccionando la ingeniería de protección contra incendios, gracias al progreso industrial y técnico y desgraciadamente, debido a las experiencias aprendidas resultantes de numerosas catástrofes relacionadas con los incendios a lo largo de la historia.

4.3 ¿Y en España cómo ha evolucionado la normativa?⁴

Hasta 1974 no apareció una norma nacional que se basaba en el mundo de la protección contra el fuego: la *Norma Tecnológica sobre Instalaciones de Protección contra el Fuego (NTE-IPF)*. Esta norma definió las instalaciones para prevenir la iniciación, evitar la propagación y facilitar la extinción de incendios en edificios de no más de 20 plantas. Se excluían los edificios donde se realizaban actividades industriales y donde se manipulasen explosivos y/o combustibles.

En la norma se definían aspectos tales como: características de fachadas, pasillos de evacuación, salidas, escaleras, cortafuegos, sectores de incendio, etc.

En 1978 se redactó el Decreto 2177/78 de *Protección Contra Incendios en Hospitales* después del incendio en el hospital materno-infantil de la ciudad sanitaria Virgen del Rocío, en Sevilla. En el incendio no hubo víctimas, pero perfectamente hubiese podido ser una masacre. El incendio se originó en el sótano con gran producción de humo por la falta de oxígeno en esas estancias. El humo se extendió rápidamente por las diversas plantas por los conductos de ventilación y se vivieron momentos de gran pánico entre los ocupantes del hospital. Aún no existían las escaleras de incendios cosa aún no obligatoria en pleno siglo XX, lo que dificultó su evacuación.

La mayoría de los hospitales, clínicas o centros sanitarios habían sido diseñados sin tener en cuenta la posibilidad de incendio, por lo que su aplicación fue difícil en muchos casos.

En 1979 después del gran incendio del hotel Corona de Aragón se dictó una orden ministerial sobre *Protección Contra Incendios en Hoteles*. En este siniestro sí que hubo que lamentar víctimas mortales. En total fueron más de 80 víctimas. El incendio se inició en una freidora del hotel, cuando se preparaban los desayunos. El calor y las llamas se extendieron por los conductos de la instalación de ventilación como en el caso descrito anteriormente. El hotel tenía mucha madera y suelo de moqueta, lo que contribuyó a la propagación de las llamas. El principal problema con que hubieron de enfrentarse para extinguir el fuego y para rescatar a sus ocupantes no fue el fuego ni el humo provocado principalmente por la combustión de la moqueta, sino la situación de pánico general vivido.

Al igual que en la normativa anterior ciertos aspectos de la nueva normativa fueron de muy difícil ejecución debido a que en el diseño de los hoteles no se había contemplado medidas contraincendios cosa que tampoco era obligatoria por aquel entonces.



Figura 5. Incendio Corona Aragón

(<https://www.flickr.com/photos/zaragozaantigua/21405320428>)



Figura 6. Incendio Corona Aragón

(<http://criminalia.es/asesino/incendio-del-hotel-corona-de-aragon/>)

En 1979 sólo existían dos normas de carácter nacional. La de Protección Contra Incendios en Hospitales y la de Protección Contra Incendios en Hoteles y las dos fueron diseñadas después de pasar por una calamidad. Esto nos hace pensar cómo ha actuado nuestro país frente a este aspecto.

Visto lo visto un grupo de personas entre los que había diferentes jefes de cuerpos de bomberos de las ciudades más importantes del país, representantes de Cepreven, CSIC, etc. se reunieron para desarrollar una normativa que incluyera todos los usos que podía tener una edificación como pública concurrencia, vivienda, hoteles, hospitales, oficinas, comercios, etc. Esta normativa se presentó en el Ministerio de Interior el cual la rechazó por no ser procedente en ese momento.

A pesar de ello, en 1980 el Instituto de Administración Local lo publicó, sin ser obligatorio, con el título de *Anteproyecto de Ordenanza Tipo de Protección Contra Incendios*. De todas formas, cada jefe de bomberos que intervino en su redacción lo introdujo como norma PCI en sus respectivas ciudades.

En 1981 a iniciativa del Ministerio de la Vivienda se aprobó la *Norma Básica de Protección Contra Incendios (NBE-CPI-81)*, de ámbito nacional y de obligado cumplimiento, que en su parte dispositiva citaba que anulaba a toda otra norma de igual o inferior rango que contradijese o se opusiese a lo dispuesto en esta NBE.

Pero la NBE-CPI-81 tuvo una vida muy corta por sus limitaciones en su aplicación. Se derogó parcialmente al año siguiente a su aprobación por la *NBE-CPI-82*. En este momento el proyectista a la hora de trabajar disponía de esta norma, y volvían a entrar en juego todas las ordenanzas locales, provinciales y autonómicas.

Tuvo que pasar casi diez años para que se publicase la norma, la *NBE-CPI 91*. Esta fue la norma supuso un gran avance. Ésta tenía una visión más real del problema, daba soluciones prácticas y viables técnicamente, a la vez te permitía la posibilidad de adoptar otras formas de resolución, siempre que el técnico proponente lo justificara técnica y documentalmente, alcanzando niveles de protección iguales o superiores similares a los establecidos en la norma.

La experiencia y la necesidad de colocarnos al mismo nivel que el resto de Europa hizo que en 1996 se aprobara la *NBE-CPI-96*. Norma que ha seguido viva hasta la entrada en vigor del Código Técnico en el año 2006. Aún hoy en día, sin estar en vigor sigue siendo una norma de referencia de la protección contra incendios para muchos profesionales.

El **Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RIPCI)** se aprobó en 1993. El objetivo de este Reglamento, que aún es vigente, es el de establecer y definir las condiciones que deben cumplir los aparatos, equipos y sistemas, así como su instalación y mantenimiento. Este Reglamento, con sus correcciones de 1994 y las Normas de Procedimiento y Desarrollo, de 1998, sigue vigente.

Pero hasta este momento no se había tenido en cuenta el uso donde estadísticamente hay mayores incendios tanto en magnitud como en número. El uso industrial.

En 2001, se aprobó el **Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales de 2001**, el cual se anuló en 2003, y al año siguiente en el 2004, se publicó el Real Decreto 2267/04 por el que se aprueba el nuevo **Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales de 2004**², aún hoy en vigor. Con este Reglamento se sentaron las bases para hacer un ordenamiento correcto dentro del sector. Tras la aprobación del Código Técnico de Edificación (CTE), en 2007 se publicó la **Guía de Aplicación del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales**³, que incorpora importantes modificaciones según los criterios del dicho código.

Y el paso definitivo fue en el año 2006 con la entrada en vigor del **Nuevo Código Técnico de la Edificación**⁶ y sus **Documentos Básicos de Seguridad Contra Incendios, DB-SI**¹, y de **Seguridad de Utilización, DB-SU**⁷, son desde entonces y hasta la actualidad el eje a seguir en la protección contra incendios.

La aprobación del CTE⁶ aporta el paso definitivo como se menciona anteriormente. La norma nos pone al nivel de los criterios europeos. Se armonizan nuestras obsoletas normas UNE y se adaptan a las normas europeas EN, lo cual permite una circulación de nuestros productos por toda la UE. La actualización de estas normas nos permite la obtención del marcado CE para los materiales de protección contra incendios, necesario para un buen control de la edificación.

Es una norma flexible y abierta que permite a los agentes de la edificación disponer en sus proyectos soluciones distintas siempre y cuando estén debidamente documentados.

Desde su aprobación lo más reseñable es que es un documento flexible, abierto y que permite cambios a la hora de solucionar dificultades en su aplicación. Después de su aprobación, en 2007 se publicaron las **Guías de Aplicación de DB-SI**³, y **DB-SU**, modificadas en 2008.

4.4 Equipos de protección contra incendios

La mayoría de las normativas o regulaciones establecidas hasta principios del siglo XIX se ocupaban, principalmente de la capacidad destructora del fuego y de los métodos para combatirlo o minimizarlo utilizando paredes de piedra, tejados de materiales no combustibles, separaciones entre edificios, etc. (denominado seguridad pasiva).

Es a partir de aquí donde se introduce la seguridad activa (Fundamentalmente las conforman las instalaciones de extinción de incendios).

4.4.1 Sistema de alarma

El primer sistema de alarma contra robo fue instalado en Boston en 1851, utilizando un telégrafo, para posteriormente adaptarlo a sistemas contra incendio en 1871.

Como los robos se producían a menudo en las ciudades, estaría bien que su sistema no solo disparara la alarma, sino que también proporcionara la ayuda necesaria, para lo cual creó una central de llamada de emergencias para gestionar la ayuda. Así es como empezó a dividir la ciudad de Nueva York por distritos que estarían conectados a través de una central de llamadas de emergencia. Desde ahí la llamada de emergencia sería atendida por la centralita, la cual gestionaría la ayuda y acudirían al lugar para prestar y organizar la ayuda correspondiente en el menor tiempo posible. En 1871 Edward A. Calahan ayudó a levantar la empresa American District Telegraph (ADT). Las cajas de alarma tipo Calahan se convirtieron en sistemas habituales en comisarías de policía y cuerpos de bomberos



Figura 7. Primer sistema de alarma

(<http://rodych.es/historia-de-los-primeros-sistemas-de-alarma/>)

4.4.2 *Hidrantes*

Hasta 1803 no se introdujeron los primeros hidrantes conectados a una red de tuberías de madera de agua “relativamente” presurizadas desde los cuales las bombas contra incendios se podían abastecer. Hasta ese momento la principal fuente de agua eran los depósitos de agua almacenada con el principal inconveniente de que estaban dispersos por la ciudad y las bombas contraincendios no podían disponer en la mayoría de las ocasiones de un suministro in situ.

4.4.3 *Mangueras*

En 1799 se empleaban tramos cortos de mangueras de cuero. Con esta innovación se pudo acercarse mucho más al foco del incendio y realizar una extinción más eficaz. Hasta ese momento las puntas de lanza o boquillas por donde salían el agua estaban unidas directamente a la bomba. Después de este paso y dado su importancia en pocos años las mangueras y sus devanadoras se convirtieron en parte imprescindible de los equipos contra incendios.

En 1871, se remplazaron a las mangueras de cuero por las mangueras forradas de caucho.

Al siguiente año se empezó a estudiar las conexiones entre mangueras y entre manguera y bomba mediante el sistema roscado. Hasta 1904 no hubo avances de relevancia donde la NFPA (National Fire Protection Association) empezó a regular mediante normas las roscas para mangueras contraincendios.

4.4.4 *Equipos de impulsión y monitores*

En el siglo del siglo XVIII pusieron en servicio los primeros equipos de impulsión de agua. Posteriormente se utilizaron monitores que aportaban agua a las zonas altas de las edificaciones los cuales reducían las pérdidas de carga y por consiguiente se podían alcanzar mayores alturas.



Figura 8. Ejemplo de las primeras bombas de impulsión

(<http://www.geocities.ws/bomberosdearagua/mundial.html>)

4.4.5 Escaleras

En 1905 se introdujeron las escaleras aéreas manuales y a mediados de 1930 las escaleras aéreas a motor.



Figura 9. Ejemplo de las primeras escaleras manuales de los Bombers de Palma

(<http://www.bombersdepalma.net>)

4.4.6 *Autobombas*

En 1910 se puso en marcha la introducción de vehículos contra incendios que gradualmente fueron eliminando a los carros. La primera norma NFPA sobre vehículos contra incendios fue en 1914.



Figura 10. Primer vehículo contra incendios de los Bombers de Palma. Restaurado en 2004

(<http://www.bombersdepalma.net>)

5. Estudio comparativo de las reglamentaciones contraincendios actuales en España (CTE-DB-SI y RSCIEI).

5.1 Introducción

Desde tiempos inmemorables el técnico o técnicos competente/s que diseñaba/n el proyecto de cualquier tipo de uso se basaba en unas normas prescriptivas de debía cumplir para su posterior convalidación por la administración competente.

En el caso de obra nueva, el cumplimiento de las medidas de carácter obligatorio y prescriptivo normalmente se llegaban a cumplir adecuando el proyecto inicial a tales medidas.

Otra cosa era en un edificio, local o establecimiento ya existente se quisiese realizar una reforma, rehabilitación o cambio de uso de dicho edificio. El proyectista además de tener que cumplir con dichas medidas de carácter obligatorio y prescriptivo, tenía el hándicap de tener que hacerlo dentro de recinto previamente diseñado, y seguramente su diseño era bajo unas condiciones totalmente diferentes a las actuales tanto por actualización de normativas como por cambio de uso del edificio.

Ante tales dificultades, y tal y como expresa el propio texto del CTE⁶": *.....frente a los tradicionales códigos prescriptivos, la adopción de un código basado en prestaciones, supone una mayor apertura a la innovación que se justifica también por la consideración de que los conocimientos y la tecnología de la edificación están en continuo progreso, de tal forma que la normativa promueva la investigación y no dificulte el progreso tecnológico"*., en los últimos tiempos ha llegado un nuevo concepto de diseño, el diseño basado en prestaciones (DBP).

5.1.1 *Estructura del estudio comparativo del CTE-DB-SI con RSCIEI en este TFG*

Se estructura de la siguiente manera:

- Explicación del diseño basado en prestaciones
- Estudio de:
 - Objeto de ambas reglamentaciones.
 - Ámbito de aplicación de ambas reglamentaciones.
 - La densidad de carga de fuego de ambas reglamentaciones.
 - Los problemas de clasificación para almacenes según CTE.
 - Del volumen máximo de los almacenes a partir del cual pasa a estar regido por RSCIEI.
 - De las sistemas pasivos y activos de prevención de incendio (en este apartado del TFG cuenta con muchos subapartados ya que se sigue la estructura de la reglamentación del RSCIEI y posteriormente se compara con el CTE-DB-SI)
 - Conclusiones
 - Anexos (casos reales)

5.2 El diseño basado en prestaciones (DBP)⁸

El diseño basado en prestaciones ha progresado inexorablemente y a buen ritmo en los últimos años, pero con una aceptación diferente según distintos países, tanto a nivel práctico como normativo. Este sistema se consolidará cuando la aplicación de las normas técnicas de reconocido prestigio se generalice a nivel internacional, y la formación de profesionales de la ingeniería de protección contra incendios se consolide.

Según los profesionales más experimentados en materia de seguridad contra incendios, el modelo basado en prestaciones en el cual se engloba el CTE, aporta mayor eficacia a las estrategias en seguridad contra incendios ayudando a la realización de los proyectos de lucha contraincendios. Además, el modelo prestacional facilita las alternativas para la reducción de elementos contaminantes en la construcción y el desarrollo de proyectos más sostenibles.

Referente a la lucha contraincendios el diseño basado en prestaciones permite al proyectista una mayor flexibilidad y eficiencia durante el diseño del sistema contra incendios, pudiendo optar por diversas soluciones para un mismo problema, cosa que no ocurre con un sistema de tipo prescriptivo.

Sin embargo, dicha flexibilidad requiere que todos los integrantes responsables en el proceso constructivo (el técnico competente en la elaboración de dicho proyecto, técnicos de la administración competente, fabricantes, instaladores...) tengan que realizar un trabajo mucho más laborioso y tener una formación mucho más extensa.

Con un código de edificación prestacional, España está a la vanguardia en materia de regulación, ya que tan solo hay una docena de países con códigos de las mismas características, pero en lo que falla nuestro país es que no se ponen los medios educativos necesarios para la aplicación de estos sistemas prestacionales, especialmente para los incendios.

Por la inexistencia de programas educativos que preparen en ingeniería contra incendios lo más fácil, seguro y que más confianza le da al técnico de turno es el de utilizar el método prescriptivo para la obtención de las soluciones para su proyecto. Para que España haga avances significativos en la materia, tiene que formalizar programas de educación universitaria especializados en ingeniería contra incendios además de aplicar el diseño prestacional al reglamento de seguridad

contra incendios en establecimientos industriales, al reglamento de protección contra incendios y a cualquier otra reglamentación específica.

Por todo lo comentado anteriormente, el CTE-DB-SI da doble posible solución para satisfacer las exigencias básicas SI:

- Aplicar los parámetros del DB-SI donde su contenido es muy prescriptivo
- Adoptar soluciones alternativas justificando el cumplimiento de las exigencias básicas y que sus prestaciones son, al menos equivalentes, a las obtenidas aplicando el DB SI.

* El Artículo 3.3 de la NBE-CPI/96 ya contemplaba la posibilidad de soluciones diferentes en proyectos singulares, justificadas documentalmente y que garantizaran niveles de seguridad equivalentes a los de la normativa*

Ejemplo: SI 1. Punto 1: compartimentación en sectores de incendio.

Como primera opción, tenemos la opción de tipo prescriptivo remitiéndose al cumplimiento de los datos que se establecen en la tabla 1.2 de la misma sección para el cumplimiento de las condiciones.

Como segunda opción, según el modelo basado en prestaciones, da la posibilidad de calcular el tiempo equivalente de exposición al fuego como solución igualmente válida para el mismo problema.

5.3 Objeto de las reglamentaciones

El objetivo del requisito básico DB-SI¹ que consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio accidental, por las características del proyecto, construcción, uso y mantenimiento del mismo. Hay que puntualizar que las condiciones exigibles del DB-SI¹ son las que afectan a la seguridad de las personas, mientras que las que afectan a los bienes son condiciones voluntarias.

El objeto del RSCIEI² es definir los requisitos que deben los establecimientos de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

Como se puede apreciar, el objetivo último de ambas normas es la de preservar la vida humana por encima de cualquier otra cosa material. De este modo se aprecia la voluntad de los poderes públicos en proteger la vida humana y tal y como se ha hecho hincapié en el apartado número 2 (estado del conocimiento) de este TFG en la mayoría de los casos toda normativa redactada es a consecuencia de una desgracia a nivel de pérdidas humanas.

5.4 **Ámbito de aplicación**

Hay que tener en cuenta que a la hora de decidir si se aplica una norma o la otra no es relevante si un edificio es una nave industrial desde el punto de vista constructivo o urbanístico, sino que lo que realmente decide que normativa utilizar es si la actividad que se lleva a cabo en dicho edificio es industrial o no. En el caso de que la actividad sea industrial se registrará por el RSCIEI², en caso contrario se registrará por el DB-SI¹.

CTE-DB-SI¹

Según el punto II de la introducción del DB-SI¹ el ámbito de aplicación de dicho documento es el que se dispone con carácter general para todo el CTE⁶ especificado en el artículo 2 del CTE⁶. A continuación, se resume de forma general su ámbito de aplicación:

El CTE⁶ es de aplicación, en los términos que establece la LOE⁹ y con las limitaciones que en el misma se determinan, a las edificaciones públicas y privadas cuyos proyectos precisen disponer de la correspondiente licencia o autorización legalmente exigible.

Como norma general el CTE⁶ se aplica a las obras de edificación de nueva construcción sean públicas o privadas y que cuyos proyectos necesiten su correspondiente licencia o autorización legal que le sea exigible. También es de aplicación a intervenciones en edificios ya construidos (obras de ampliación, modificación o cambio de uso, reforma o rehabilitación) y se justificará su cumplimiento en el proyecto o memoria firmada por técnico competente.

Los usos previstos según el CTE⁶ son:

- Residencial vivienda (zona destinada a alojamiento permanente como por ejemplo bloques de edificios de viviendas, casas unifamiliares, apartamentos no turísticos...)
- Administrativo (zona donde se desarrolla actividades de gestión o de servicios como, por ejemplo: administración pública, bancos, despachos, oficinas...)
- Comercial (zona cuya actividad principal es la venta de productos como por ejemplo supermercados, todo tipo de tiendas, grandes almacenes, mercados, galerías comerciales...)

- Residencial público (zona destinada a proporcionar alojamiento temporal como por ejemplo residencias de ancianos, hoteles, hostales, residencias alumnos, apartamentos turísticos...)
- Docente (zona destinada a la docencia como por ejemplo universidades, colegios de cualquier etapa escolar, escoletas...)
- Hospitalario (zona destinada a asistencia sanitaria con hospitalización de 24 horas como por ejemplo hospitales, clínicas, geriátricos...)
- Pública concurrencia (zona de público la cual desconoce el lugar donde se encuentra como por ejemplo cines, teatros...)
- Aparcamiento (zona independiente o accesoria de otro uso principal, destinada a estacionamiento de vehículos y cuya superficie construida exceda de 100 m² como por ejemplo aparcamientos públicos, aparcamientos privados, robotizados... Se excluyen de este uso los aparcamientos de una vivienda unifamiliar (de cualquier superficie), así como los aparcamientos en espacios exteriores)

Criterios generales de aplicación:

- Las zonas de un aparcamiento destinadas a taller, engrase y lavado de vehículos se registrarán por el RSCIEI² al tratarse de usos industriales. El único caso que puede registrarse por el CTE-DB-SI^{1,6} es el lavado manual de vehículos.
- La aplicación del CTE-DB-SI^{1,6} no se contempla para estructuras provisionales.
- El CTE-DB-SI^{1,6} no es aplicable a las condiciones de evacuación de las zonas de uso exclusivo para personal de mantenimiento.
- Los trasteros en régimen de alquiler se registrarán por el RSCIEI².
- Zonas tales como prisiones o psiquiátricos no deben aplicar las condiciones que les sean incompatibles por su actividad. En su lugar se aplicarán unas condiciones alternativas que cumplan con el requisito básico de seguridad en caso de incendio.
- Estaciones de autobuses con movimiento continuo de vehículos y presencia de público se registrará por CTE-DB-SI^{1,6} como zona de pública concurrencia, si no hay público como zona de aparcamiento. Si la zona es para albergar o aparcar vehículos se registrará por el RSCIEI².
- Si un usuario de una vivienda realiza actividades tal como clases pedagógicas, consultas médicas, fisioterapéuticas, etc. se entenderá su uso es residencial vivienda, mientras que si toda la vivienda pasa a estar dedicada a la actividad en cuestión ésta debería hacer un cambio de uso.

- Si en una zona hay presencia en su mayoría de ocupantes que requieran ayuda para su evacuación se debe aplicar el uso como hospitalario (ejemplo de escoleta de 0-3 años, residencias de día de adultos, etc.).
- Zonas de uso sanitario o asistencial de carácter ambulatorio se le aplicará uso administrativo.

RSCIEI²

Así mismo en el mismo punto II de la introducción del DB-SI¹ se excluye del ámbito de aplicación del DB-SI¹ los edificios, establecimientos y zonas de uso industrial y a las cuales se remite al RSCIEI².

El RSCIEI² es de aplicación a los establecimientos industriales nuevos que se construyan o implanten, y a los existentes que modifiquen su actividad, se trasladen, amplíen o reformen, en la parte afectada por la ampliación o reforma.

Tal y como se indica en el artículo 1 del RSCIE² (objeto del reglamento), éste se aplica con carácter complementario a las medidas de PCI dispuestas en las disposiciones vigentes que regulen actividades industriales, sectoriales o específicas, en los aspectos no contemplados en ellas.

Para dar un ejemplo de lo mencionado anteriormente, los almacenamientos de productos inflamables (reglamentos MI-APQ) o los almacenamientos de productos petrolíferos (reglamentos MI-IP) tienen su normativa específica en materia de PCI y almacenamientos. El RSCIEI² sólo se aplicaría en los aspectos no regulados por dichas normativas.

Se entiende como actividad industrial las actividades destinadas:

- a la obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales
- al envasado y embalaje
- al aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos
- almacenamientos industriales (y a cualquiera de con carga fuego \geq tres millones MJ. Ver apartado estados límite)

- talleres de reparación y los estacionamientos de vehículos destinados al transporte de personas o mercancías.
- servicios auxiliares o complementarios de las actividades anteriormente descritas
- a las industrias existentes cuando su nivel de riesgo intrínseco, su situación o sus características impliquen un riesgo grave para las personas.

Exclusiones de aplicación del RSCIEI²:

- actividades en establecimientos o instalaciones nucleares, radiactivas, las de extracción de minerales, las actividades agropecuarias y las instalaciones para usos militares
- actividades industriales y talleres artesanales y similares cuya densidad de carga de fuego $\leq 42 \text{ MJ/m}^2$ y con superficie útil $\leq 60 \text{ m}^2$. Si multiplicamos la densidad de carga de fuego de 42 MJ/m^2 por su superficie útil mínima de 60 m^2 podemos observar que el límite de carga de fuego aproximadamente de 2.500 MJ . Se puede afirmar que el valor de 2.500 MJ es el valor límite inferior para que una actividad, establecimiento o zona no disponga de extintores portátiles y alumbrado de emergencia.

5.4.1 *Casos límite entre las dos reglamentaciones*

5.4.1.1 *Límite de almacenamiento de cualquier uso a 3.000.000 MJ*

En las dos normativas estudiadas se hace referencia a este límite de tres millones de mega julios. Todo almacenamiento integrado en un establecimiento no industrial, cuando la carga de fuego total, ponderada y corregida de dicho almacenamiento, calculada según el Anexo 1 del RSCIEI², exceda de los $3 \cdot 10^6 \text{ MJ}$ le será de aplicación el RSCIEI².

No obstante, cuando haya previsión la presencia del público en dichos establecimientos se les deberá aplicar además las condiciones que DB-SI ¹ establece para el uso comercial.

Para saber el orden de magnitud de carga de fuego mediante el poder calorífico de cada materia se puede afirmar que $3 \cdot 10^6 \text{ MJ}$ equivalen a:

Gasóleo: poder calorífico inferior de $42,275 \text{ MJ/kg}$; densidad 850 kg/m^3 . Se necesitaría un almacenamiento de 83.487 litros de gasóleo para superar la barrera de los $3 \cdot 10^6 \text{ MJ}$.

Gasolina: poder calorífico inferior de 43,95 MJ/kg; densidad 730 kg/m³. Se necesitaría un almacenamiento de 93.506 litros de gasolina para superar la barrera de los 3·10⁶ MJ.

En aspectos más prácticos de almacenamiento, se puede asimilar una carga de fuego equivalente utilizando el método de cálculo del apéndice 1 del RSCIEI²:

- almacén de mobiliario de 833 m² de superficie suponiendo un almacenamiento de tres metros de altura.
- almacén de productos de droguería de 641 m², suponiendo un almacenamiento de tres metros de altura.

Por los datos anteriormente mencionados se puede afirmar que la magnitud de almacenamiento es muy considerable y se necesitan almacenamientos muy grandes para pasar a regirse por la RSCIEI².

Ahora la pregunta que se hace es porque es este valor de 3·10⁶ MJ y no otro. ¿De dónde ha salido este valor?

5.4.1.2 *Establecimiento industrial con más de un uso y misma titularidad*

Debe distinguirse el titular de la titularidad. Si hay un mismo titular, pero dos titularidades legales diferenciadas (dos licencias) no cabría hablar de un establecimiento, sino de dos a efectos del cumplimiento de la normativa.

Cuando en un establecimiento industrial coexistan con la actividad industrial otros usos con la misma titularidad, para los que sea de aplicación el CTE-DB-SI^{1,6}, los requisitos que deben satisfacer los espacios de uso no industrial serán los exigidos por dicha normativa cuando se superen los valores indicados a continuación:

- a) Zona comercial: superficie construida superior a 250 m².
- b) Zona administrativa: superficie construida superior a 250 m².
- c) Salas de reuniones, conferencias, proyecciones: capacidad superior a 100 personas sentadas.
- d) Archivos: superficie construida superior a 250 m² o volumen superior a 750 m³.

- e) Bar, cafetería, comedor de personal y cocina: superficie construida superior a 150 m² o capacidad para servir a más de 100 comensales simultáneamente.
- f) Biblioteca: superficie construida superior a 250 m².
- g) Zonas de alojamiento de personal: capacidad superior a 15 camas.

Las zonas a las que por su superficie sean de aplicación las prescripciones de las diferentes normativas deberán constituir un sector de incendios independiente una de otra.

5.5 Cálculo de las densidades de carga de fuego según CTE-DB-SI^{1,6} y RSCIEI^{2,3}

5.5.1 CTE-DB-SI^{1,6}

En la sección SI 6 el CTE⁶ hace referencia a la resistencia al fuego de la estructura. Con un incendio y su posterior aumento de temperatura, ésta afecta a la estructura de dos formas diferentes:

- En primer lugar, las propiedades de los materiales son alteradas por la temperatura del incendio y esto afecta a sus propiedades mecánicas iniciales.
- En segundo lugar, las posibles dilataciones, retracciones, deformaciones producidas en los elementos estructurales provocan acciones indirectas sobre la estructura que no se han tenido en cuenta en proyecto.

La resistencia de elementos estructurales principales se considera suficiente si:

- Alcanza la clase indicada en las tablas 3.1 y 3.2 del SI 6 apartado 3, donde se representa el tiempo en minutos que debe soportar una estructura.
- Alcanza el tiempo equivalente de exposición al fuego indicada en el anejo B.

Para calcular el tiempo equivalente^{10,11} de exposición al fuego indicada en el anejo B, apartado B.3 se utiliza la expresión:

Ecuación 1: tiempo de cálculo equivalente de exposición al fuego

$$T_{e,d} = k_b \cdot w_f \cdot k_c \cdot q_{f,d}$$

siendo:

$T_{e,d}$: tiempo de cálculo equivalente de exposición al fuego

k_b : coeficiente de conversión de las propiedades térmicas de la envolvente del sector.

w_f : coeficiente de ventilación en función de la forma y tamaño del sector.

k_c : coeficiente de corrección según el material estructural

$q_{f,d}$: **valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función del uso del sector.**

Por tanto en el CTE-DB-SI^{1,6} el valor de densidad de carga de fuego se utiliza cómo complementario a la fórmula anteriormente mencionada, que haciendo hincapié sirve para calcular un tiempo equivalente de exposición al fuego.

Para calcular el valor de cálculo de la densidad de carga de fuego según el CTE-DB-SI^{1,6} nos remitimos al anejo B (tiempo equivalente de exposición al fuego), apartado B.4 (valor de cálculo de la densidad de carga de fuego).

Este valor se determina en función del valor característico de la carga de fuego del sector, así como de la probabilidad de activación y de las previsible consecuencias del incendio, como:

Ecuación 2: valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función del uso del sector

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot \delta_c$$

siendo:

$q_{f,d}$: valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función del uso del sector.

$q_{f,k}$: valor característico de la densidad de carga de fuego.

m : coeficiente de combustión que tiene en cuenta la fracción del combustible que arde en el incendio.

δ_{q1} : coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector.

δ_{q2} : coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tipo de uso o actividad.

δ_n : coeficiente que tiene en cuenta las medidas activas voluntarias existentes, $\delta_n = \delta_{n1} \cdot \delta_{n2} \cdot \delta_{n3}$.

δ_c : coeficiente de corrección según las consecuencias del incendio.

5.5.2 *RSCIEI*^{2,3}

Según el anexo 1 del *RSCIEI*² un establecimiento es el conjunto de edificios, edificio, zona de éste, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

Los establecimientos industriales se caracterizarán por:

a) Su configuración y ubicación con relación a su entorno. (la configuración de los establecimientos respecto a su entorno, y la posibilidad de transmisión de un posible incendio a otros establecimientos)

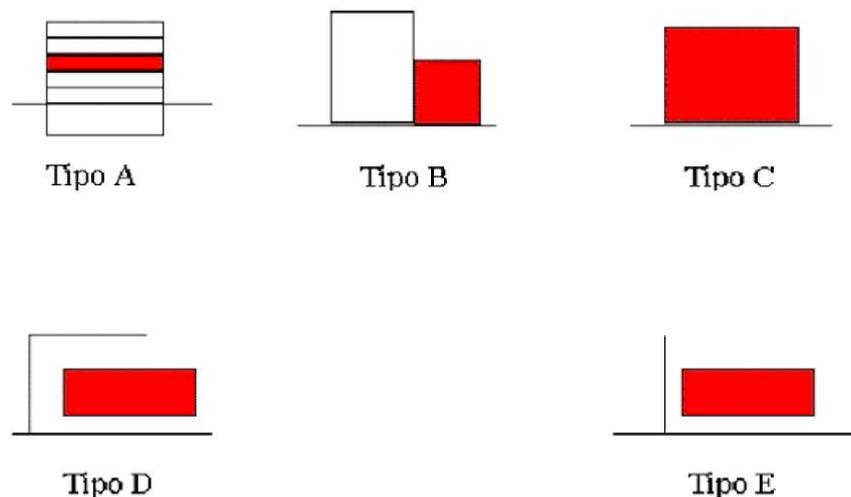


Figura 11. Configuraciones contempladas en el anexo 1 RSCIEI^{2,12}

b) Su nivel de riesgo intrínseco (la carga de fuego previsible en caso de originarse un incendio, en función del tipo y cantidad de combustible presente en cada sector de incendio)

El riesgo intrínseco de cada sector de incendio de los que configuran el establecimiento, se establece en función del valor de la carga de fuego ponderada y corregida, calculada mediante una expresión matemática donde los factores más importantes son:

- El tipo de actividad (producción, transformación o reparación vs almacenamiento)
- La densidad de carga de fuego según proceso industrial.
- Superficie de zona a considerar.
- Coeficientes que ponderan y corrigen el valor final según grado de peligrosidad por combustibilidad y activación.

Ecuación 3: densidad de carga de fuego de un sector determinado con actividades de producción, transformación o reparación

$$Q_S = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} Ra \text{ (MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2\text{)}$$

Ecuación 4: densidad de carga de fuego de un sector determinado con actividades de almacenamiento

$$Q_S = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} Ra \text{ (MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2\text{)}$$

Ecuación 5: densidad de carga de fuego del edificio industrial

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} A_i}{\sum_1^i A_i} \text{ (MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2\text{)}$$

Ecuación 6: densidad de carga de fuego del establecimiento industrial

$$Q_E = \frac{\sum_1^i Q_{se} A_{ei}}{\sum_1^i A_{ei}} \text{ (MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2\text{)}$$

Una vez calculados los valores de densidad de carga de fuego de los sectores, edificios o establecimientos industriales en cuestión se puede deducir el Nivel de Riesgo Intrínseco según indica la tabla 1.3 del RSCIEI ^{2,3}.

| Nivel de riesgo intrínseco | Densidad de carga de fuego ponderada y corregida | |
|----------------------------|--|-------------------------|
| | Mcal/m ² | MJ/m ² |
| BAJO | 1 $Q_s \leq 100$ | $Q_s \leq 425$ |
| | 2 $100 < Q_s \leq 200$ | $425 < Q_s \leq 850$ |
| MEDIO | 3 $200 < Q_s \leq 300$ | $850 < Q_s \leq 1275$ |
| | 4 $300 < Q_s \leq 400$ | $1275 < Q_s \leq 1700$ |
| | 5 $400 < Q_s \leq 800$ | $1700 < Q_s \leq 3400$ |
| ALTO | 6 $800 < Q_s \leq 1600$ | $3400 < Q_s \leq 6800$ |
| | 7 $1600 < Q_s \leq 3200$ | $6800 < Q_s \leq 13600$ |
| | 8 $3200 < Q_s$ | $13600 < Q_s$ |

Tabla 1: Nivel de riesgo intrínseco

Si comparamos los valores límite de esta tabla con los valores límite para almacenamiento de uso comercial de la tabla 2.1 del DB-SI ¹ para establecer el nivel de riesgo se puede observar que los valores son coincidentes. La diferencia entre las tablas es que en el RSCIEI ^{2,3} divide en diferentes subniveles los principales niveles de riesgo.

| | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |
|--|---|---|---------------------------------|
| Comercial | | | |
| - Almacenes en los que la densidad de carga de fuego ponderada y corregida (Q_s) aportada por los productos almacenados sea ⁽⁵⁾ | $425 < Q_s \leq 850$ MJ/m ² | $850 < Q_s \leq 3.400$ MJ/m ² | $Q_s > 3.400$ MJ/m ² |

Tabla 2: Zonas de riesgo especial DB-SI ¹

5.5.3 Conclusiones sobre el cálculo de densidad de carga de fuego según normativa.

El CTE-DB-SI ¹ se basa para realizar su clasificación de riesgos en los diferentes usos contemplados en la norma (comercial, docente, administrativo,...), estableciendo según éstos, unas medidas específicas de protección contra incendios.

En cambio el RSCIEI ² en los establecimientos industriales, por la gran cantidad de variables a contemplar como: la diversidad de actividades, instalaciones, equipos..., utiliza otros criterios para

caracterizar los establecimientos industriales en relación a su clasificación de riesgos y su posterior protección contra incendios.

Mientras que en el CTE-DB-SI ¹ se calcula la densidad de carga de fuego para posteriormente utilizarla para calcular el tiempo equivalente de exposición al fuego (método basado en prestaciones en contrapartida del método prescriptivo), en el RSCIEI ² la densidad de carga de fuego se utiliza para averiguar el nivel de riesgo intrínseco de un sector, edificio o establecimiento (método prescriptivo).

Aquí se puede observar cómo el CTE es una normativa basada en prestaciones, mientras que el RSCIEI aún se rige como un código prescriptivo.

Por tanto, se puede afirmar que su finalidad según normativa es diferente.

5.6 Problemas de la clasificación para almacenes de la tabla 2.1 CTE-DB-SI-1¹³

El CTE-DB-SI¹ se refiere a su fórmula propia (ecuación 2) de cálculo de densidad de carga de fuego para calcular el tiempo de exposición al fuego.

En cambio cuando el CTE-DB-SI¹ quiere determinar la clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios hay dos formas y criterios que dan resultados muy dispares y que ahora se comentarán. Estudio realizado por Pedro J. Álvarez Morales en colaboración con CEPREVEN, método CRAEH¹³.

La función principal del CTE-DB-SI¹ es la protección de las personas y bienes. Con este objetivo se compartimenta todas las zonas que tengan una actividad o la presencia de productos combustibles que pudieran producir un aumento no permitido de la peligrosidad para las personas.

Hablando de almacenamientos en el CTE-DB-SI-1¹ en su tabla 2.1 realiza una clasificación de los locales y zonas de riesgo especial atendiendo a dos criterios diferentes.

- Almacenamientos de cualquier uso excepto el comercial se utilizará el criterio de volumen.
- Almacenamientos de uso comercial se utilizará el criterio de densidad de carga de fuego calculada según el Anexo 1 del RSCIEI².

5.6.1 Ejemplo comparativo de clasificación por volumen (establecimiento no comercial)¹³

Establecimiento no comercial. Criterio por volumen según CTE-DB-SI-1¹.

Datos a considerar: superficie s_i ocupada por almacenamiento 50% de 50 m²; altura almacenamiento h_i 3m; superficie total A 50m²; q_{vi} , C_i , R_a extraídas del anexo 1 RSCIEI².

| Almacén 150 m ³ | Carga de fuego $\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i R_a$ | Q _s $\frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a$ | Riesgo DB-SI por volumen | Riesgo RSCIEI |
|----------------------------|---|---|--------------------------|---------------|
| Bebidas sin alcohol | 9.375 MJ/m ² | 187,5 MJ/m ² | Bajo | Bajo 1 |
| Bebidas alcohólicas | 117.000 MJ/m ² | 2.340 MJ/m ² | Bajo | Medio 5 |
| Material oficina | 253.500 MJ/m ² | 5.070 MJ/m ² | Bajo | Alto 6 |
| Archivo | 331.500 MJ/m ² | 6.630 MJ/m ² | Bajo | Alto 6 |

Tabla 3: Ejemplo de clasificación por volumen

Mismo caso que el anterior, pero modificando el volumen. Establecimiento no comercial. Criterio por volumen según CTE-DB-SI-1 ¹.

Datos a considerar: superficie s_i ocupada por almacenamiento 50% de 25 m²; altura almacenamiento h_i 3m; superficie total A 25m²; q_{vi}, C_i, R_a extraídas del anexo 1 RSCIEI ².

| Almacén 75 m ³ | Carga de fuego $\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i R_a$ | Q _s $\frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a$ | Riesgo DB-SI por volumen | Riesgo RSCIEI |
|---------------------------|---|---|--------------------------|---------------|
| Bebidas sin alcohol | 4.687 MJ/m ² | 187,5 MJ/m ² | Sin riesgo | Bajo 1 |
| Bebidas alcohólicas | 58.500 MJ/m ² | 2.340 MJ/m ² | Sin riesgo | Medio 5 |
| Material oficina | 126.750 MJ/m ² | 5.070 MJ/m ² | Sin riesgo | Alto 6 |
| Archivo | 165.750 MJ/m ² | 6.630 MJ/m ² | Sin riesgo | Alto 6 |

Tabla 4: Ejemplo de clasificación por volumen

Conclusiones de las dos tablas anteriores:

1. La carga de fuego de un almacén de archivos es un 3.500% superior al almacén de bebidas sin alcohol y los dos tienen el mismo nivel de riesgo según el CTE-DB-SI-1 ¹.
2. La densidad de carga de fuego se mantiene entre las dos tablas pero el nivel de riesgo según CTE-DB-SI-1 ¹ baja.
3. Diferencias sustanciales entre la clasificación por volumen del CTE-DB-SI-1 ¹ y la clasificación por densidad de carga de fuego del RSCIEI ².
4. Conclusión final: la clasificación por volumen del CTE-DB-SI-1 ¹ es menos restrictiva que la densidad de carga de fuego del RSCIEI ², y no tiene en cuenta las variaciones de carga de fuego y densidad de carga de fuego.

5.6.2 Ejemplo comparativo de clasificación por densidad de carga de fuego (establecimiento comercial)¹³

Establecimiento comercial. Criterio por densidad de carga de fuego según CTE-DB-SI-1 ¹.

Datos a considerar: superficie s_i ocupada por almacenamiento 50% de 67 m²; altura almacenamiento h_i 3m; superficie total A 67m²; q_{vi} , C_i , R_a extraídas del anexo 1 RSCIEI ².

| Almacén 200 m ³ | Carga de fuego $\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i R_a$ | Q_s $\frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a$ | Riesgo DB-SI por DCF | Riesgo RSCIEI |
|----------------------------|---|--|----------------------|---------------|
| Televisores | 26.130 MJ/m ² | 390 MJ/m ² | Sin riesgo | Bajo 1 |
| Prendas de vestir | 52.260 MJ/m ² | 780 MJ/m ² | Bajo | Bajo 2 |
| Muebles de madera | 156.780 MJ/m ² | 2.340 MJ/m ² | Medio | Medio 5 |
| Artículos de papelería | 287.430 MJ/m ² | 4.290 MJ/m ² | Alto | Alto 6 |

Tabla 5: Ejemplo de clasificación por volumen

Mismo caso que el anterior, pero modificando el volumen. Establecimiento no comercial. Criterio por densidad de carga de fuego según CTE-DB-SI-1 ¹.

Datos a considerar: superficie s_i ocupada por almacenamiento 50% de 8,33 m²; altura almacenamiento h_i 3m; superficie total A 8,33 m²; q_{vi} , C_i , R_a extraídas del anexo 1 RSCIEI ².

| Almacén 25 m ³ | Carga de fuego $\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i R_a$ | Qs $\frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a$ | Riesgo DB-SI por DCF | Riesgo RSCIEI |
|---------------------------|---|---|----------------------|---------------|
| Televisores | 3.250 MJ/m ² | 390 MJ/m ² | Sin riesgo | Bajo 1 |
| Prendas de vestir | 6.500 MJ/m ² | 780 MJ/m ² | Bajo | Bajo 2 |
| Muebles de madera | 19.500 MJ/m ² | 2.340 MJ/m ² | Medio | Medio 5 |
| Artículos de papelería | 35.750 MJ/m ² | 4.290 MJ/m ² | Alto | Alto 6 |

Tabla 6: Ejemplo de clasificación por volumen

Conclusiones de las dos tablas anteriores:

1. Como sólo se tiene en cuenta la densidad de carga de fuego, hay almacenes muy pequeños y no infrecuentes en edificación que se pueden clasificar como riesgo alto. Por esta razón se ha añadido una nota donde aclara que para que un local se considere como local de riesgo tiene que tener una carga de fuego mínima de 10.000 MJ sin ponderar ni corregir.
2. No hay graduación progresiva del riesgo. Con el siguiente ejemplo se demuestra. Si ponderamos y corregimos (multiplicamos por C_i y R_a) el valor mínimo de 10.000 MJ según el tipo de material que tenemos:
 - 13.000 MJ para televisores y prendas de vestir.
 - 19.500 MJ para muebles de madera.
 - 26.000 MJ para papelería.

Por tanto:

| | Carga de fuego $\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i Ra$ | Q_s $\frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} Ra$ | Riesgo DB-SI por volumen | Riesgo RSCIEI |
|---|--|---|--------------------------|---------------|
| 25 m ³ Muebles de madera | 19.500 MJ/m ² | 2.340 MJ/m ² | Medio | Medio 5 |
| 24 m ³ Muebles de madera | 18.720 MJ/m ² < 19.500 MJ | 2.340 MJ/m ² | Sin riesgo | Bajo 2 |
| 19 m ³ Artículos de papelería | 27.170 MJ/m ² | 4.290 MJ/m ² | Alto | Medio 5 |
| 18 m ³ Artículos de papelería | 25.740 MJ/m ² < 26.000 MJ | 4.290 MJ/m ² | Sin riesgo | Alto 6 |

Tabla 7: Resultados contradictorios

Con todo lo expuesto anteriormente se ha comprobado que:

- Almacенamientos clasificados por volumen como riesgo bajo serían clasificados sin riesgo por su densidad de carga de fuego.
- Almacенamientos clasificados sin riesgo por su volumen resultarían clasificados por su densidad de carga de fuego como riesgo medio/alto según circunstancias.

5.6.3 Soluciones al problema de clasificación de almacenes por CTE-DB-SI^{1,6}

A la vista de los resultados recogidos mediante el método del CTE-DB-SI^{1,6} se ha creado el método CRAEH¹³ donde se fusionan los dos criterios anteriormente mencionados para crear una nueva tabla de clasificación con las mínimas fisuras posibles.

Se intentará hacer un resumen sobre cómo evoluciona la tabla según el método CRAEH¹³.

| Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios | | | |
|---|---|---|------------------------------------|
| Nivel de riesgo | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |
| Uso del local | | | |
| En cualquier edificio o establecimiento: almacenes de elementos no combustibles NO comerciales | $100 < V \leq 200 \text{ m}^3$ | $200 < V \leq 400 \text{ m}^3$ | $V > 400 \text{ m}^3$ |
| Almacenes subsidiarios de uso comercial | $425 < Q_s \leq 850$ MJ/m ² | $850 < Q_s \leq 3.400$ MJ/m ² | $Q_s > 3.400$ MJ/m ² |

Tabla 8: Tabla inicial según CTE-DB-SI^{1,6}

| Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios | | | |
|---|--|---|--|
| Nivel de riesgo | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |
| Densidad de carga | | | |
| $425 < Q_s \leq 850 \text{ MJ/m}^2$ | $Q_{T(\text{bajo})} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | | |
| $850 < Q_s \leq 3400 \text{ MJ/m}^2$ | $Q_{T(\text{bajo})} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | $Q_{T(\text{medio})} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | |
| $Q_s > 3400 \text{ MJ/m}^2$ | $Q_{T(\text{bajo})} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | $Q_{T(\text{medio})} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | $Q_{T(\text{alto})} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ |

Tabla 9: Primera evolución tabla

$$[1] Q_S = \frac{Q_T}{V} H \implies [2] Q_S = \frac{Q_S}{H} V \implies [3] V = \frac{Q_T}{Q_S} H = Q_{T(\text{bajo/medio/alto})} \cdot \frac{H}{Q_S}$$

Para determinar los valores Q_T (bajo, medio y alto) se despeja el valor en la fórmula [3] y ponemos como volúmenes de referencia los indicados en el CTE-DB-SI ^{1,6} para cada nivel de riesgo con altura de 3m como altura de referencia en edificación:

$$Q_{T(\text{bajo})} = \frac{Q_S}{H} \cdot V = \frac{850 \cdot 100}{3} = 28.333,3 \text{ MJ} = \frac{850 \cdot 10^2}{3} \text{ MJ}$$

$$Q_{T(\text{medio})} = \frac{Q_S}{H} \cdot V = \frac{1700 \cdot 200}{3} = 113.333,3 \text{ MJ} = \frac{3400 \cdot 10^2}{3} \text{ MJ} \text{ con } Q_S \text{ media geométrica entre } 850 \text{ y } 3.400 \text{ MJ}$$

$$Q_{T(\text{alto})} = \frac{Q_S}{H} \cdot V = \frac{3400 \cdot 400}{3} = 453.333,3 \text{ MJ} = \frac{13600 \cdot 10^2}{3} \text{ MJ}$$

| Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios | | | |
|---|--|---|--|
| Nivel de riesgo | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |
| Densidad de carga | | | |
| $425 < Q_s \leq 850 \text{ MJ/m}^2$ | $\frac{850 \cdot 10^2}{3} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | | |
| $850 < Q_s \leq 3400 \text{ MJ/m}^2$ | $\frac{850 \cdot 10^2}{3} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | $\frac{3400 \cdot 10^2}{3} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | |
| $Q_s > 3400 \text{ MJ/m}^2$ | $\frac{3400 \cdot 10^2}{3} \cdot \frac{H}{Q_s} \geq V$ | $\frac{3400 \cdot 10^2}{3} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ | $\frac{13600 \cdot 10^2}{3} \cdot \frac{H}{Q_s} < V$ |
| | | $\frac{13600 \cdot 10^2}{3} \cdot \frac{H}{Q_s} \geq V$ | |

Tabla 10: Segunda evolución tabla

| Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios | | | |
|---|---|--|---|
| Nivel de riesgo | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |
| Densidad de carga | | | |
| $425 < k_f \cdot k_a \cdot H \leq 850 \text{ MJ/m}^2$ | $\frac{850 \cdot 10^2}{3 \cdot k_f \cdot k_a} < V$ | | |
| $850 < k_f \cdot k_a \cdot H \leq 3400 \text{ MJ/m}^2$ | $\frac{850 \cdot 10^2}{3 \cdot k_f \cdot k_a} < V$ | $\frac{3.400 \cdot 10^2}{3 \cdot k_f \cdot k_a} < V$ | |
| $k_f \cdot k_a \cdot H > 3400 \text{ MJ/m}^2$ | $\frac{3.400 \cdot 10^2}{3 \cdot k_f \cdot k_a} \geq V$ | $\frac{3.400 \cdot 10^2}{3 \cdot k_f \cdot k_a} < V$ $\frac{13.600 \cdot 10^2}{3 \cdot k_f \cdot k_a} \geq V$ | $\frac{13.600 \cdot 10^2}{3 \cdot k_f \cdot k_a} < V$ |

Tabla 11: Simplificando y despejando valores se obtiene la siguiente tabla

Partiendo de la fórmula base del anexo I del RSCIEI ^{2,3} donde:

$$Q_S = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a; \text{ donde } h_i \cdot s_i \text{ es igual a volumen } \implies Q_S = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i R_a}{A} V_1$$

$$Q_s = \frac{Q_t}{A}; \text{ donde sacamos que } Q_t = q_v \cdot C_i \cdot R_a \cdot V_1$$

Con las tablas 1.1 y 1.2 del anexo I del RSCIEI ^{2,3} podemos determinar los valores q_v , C_i y R_a de forma directa.

Con la finalidad de simplificar la tabla anterior se crean dos nuevos coeficientes: coeficiente característico de cada tipo de almacenamiento (k_f) y coeficiente de cantidad de almacenamiento (k_a) donde:

$$k_f = q_v \cdot C_i \cdot R_a \text{ (MJ/m}^3\text{)}$$

$k_a = \frac{V_1}{V} = \frac{s_1 h_1}{A \cdot H} = a \cdot \frac{h_1}{H} = a \cdot \frac{H-d}{H} = a \cdot \left(1 - \frac{d}{H}\right)$; relación entre el volumen ocupado realmente por el almacenamiento respecto al volumen total del recinto (adimensional)

$$\frac{V_1}{A} = k_a \cdot H$$

Con estos nuevos coeficientes las fórmulas quedan del siguiente modo:

$$Q_s = k_f \cdot \frac{V_1}{A} \implies Q_s = k_f \cdot k_a \cdot H$$

$$Q_T = k_f \cdot V_1 \implies Q_T = k_f \cdot k_a \cdot V$$

5.7 Cálculo del volumen máximo¹³ a partir del cual los almacenamientos regidos por el CTE-DB-SI^{1,6} pasan a estar regidos por RSCIEI^{2,3}.

Como se ha mencionado en el apartado 3.4.1. (casos límite) y más concretamente en el punto 3.4.1.1. (límite de almacenamiento de cualquier uso a 3.000.000 MJ), todo almacenamiento que supere los tres millones de mega julios pasará a estar regido por el RSCIEI^{2,3}.

Desarrollando las fórmulas anteriormente mencionadas se intentará llegar a una fórmula que nos permita averiguar a partir de qué volumen según actividad pasamos a regirnos por el RSCIEI^{2,3}.

Sabemos que:

$$Q_s = \frac{Q_t}{A} \quad \text{y} \quad A = \frac{V}{H} \quad \implies Q_s = \frac{Q_t \cdot H}{V} \quad \implies V = \frac{Q_t \cdot H}{Q_s}$$

- Para cualquier tipo de almacenamiento el volumen será:

$$V_{\text{RSCIEI}} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot H}{Q_s}$$

Donde:

$$Q_t = 3.000.000 \text{ MJ}$$

H = altura libre

Q_s = densidad de carga de fuego media obtenida de la tabla 1.2 del anexo I del RSCIEI^{2,3}

- Para almacenamientos tipo homogéneo

$$V_{\text{RSCIEI}} = \frac{3 \cdot 10^6}{k_f \cdot k_a}$$

Donde:

$$Q_t = 3.000.000 \text{ MJ}$$

Sustituyendo en la fórmula anterior $Q_s = k_f \cdot k_a \cdot H$

- Para almacenamientos tipo estándar (considerando $k_a = 1/3$)

$$V_{\text{RSCIEI}} = \frac{9 \cdot 10^6}{k_f}$$

Para considerar $k_a = 1/3$ se tienen en cuenta las siguientes directrices:

1. La altura libre del es de 3 m $\implies H = 3$ m
2. La separación del almacenaje al techo es 1 m $\implies d = 1$ m
3. La proporción de superficie ocupada por el almacenamiento es del 50% \implies

$$a = 0,5$$

Con las fórmulas anteriores se puede obtener de forma rápida el volumen límite a partir del cual pasamos a regirnos por el RSCIEI ^{2,3}.

En el anexo 1 del presente TFG se muestran tablas de volúmenes límite para almacenamientos según datos obtenidos de la tabla 1.2 del anexo I del RSCIEI ^{2,3}

5.8 Medidas de protección

Las medidas de protección tienen como objetivo la seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

5.8.1 *Sistemas pasivos*

Los sistemas de protección pasiva contra incendios tienen como funciones principales:

- prevenir la aparición de un incendio
- impedir o retrasar su propagación
- facilitar tanto la extinción del incendio como la evacuación.

En el CTE-DB-SI ^{1,6} basará principalmente sus condiciones y requisitos para el diseño de los sistemas de protección pasiva en el uso previsto del edificio o establecimiento, superficie del sector, plantas bajo o sobre rasante, altura de evacuación y nivel de riesgo.

Tal y como se menciona en el articulado del RSCIEI ^{2,3} las condiciones y requisitos de los sistemas de protección a instalar dependerán principalmente de la configuración del edificio, de donde se encuentra el sector, la superficie del sector y el nivel de riesgo intrínseco del sector.

5.8.1.1 *Compartimentación/sectorización en sectores de incendio*

Un sector de incendios es aquella superficie construida que está delimitada por elementos constructivos resistentes al fuego durante un período de tiempo determinado, para que, en caso de incendio, éste quede confinado en su interior y no se propague a las áreas colindantes o medianeras, y que afecte al resto del edificio, local o establecimiento.

La condición de resistencia al fuego de un material implica tener tres propiedades fundamentales:

- Capacidad portante (R), (estabilidad): condición por la que el material, sometido a elevadas temperaturas durante un tiempo, conserva sus propiedades soportando las cargas.
- Integridad (E), (Estanqueidad): comportamiento por el cual, durante un tiempo determinado, un material no deja pasar las llamas y no produce de gases calientes en la cara no expuesta al fuego.
- Aislamiento (I), (Aislamiento térmico): es el tiempo durante el cual el elemento cumple su función de aislante térmico para que no se produzcan temperaturas excesivamente elevadas en la cara no expuesta al fuego para que no sea posible transmisión del calor de un combustible a otro por conducción.

Según sus propiedades, se distinguen dos categorías de materiales y elementos constructivos:

- Estables al fuego, aquellos que sólo cumple con la primera propiedad, capacidad portante (R).
- Resistentes al fuego, aquellos que pueden reunir la totalidad de las propiedades, capacidad portante (R), la estanqueidad (E) y el aislamiento térmico (I).

5.8.1.1.1 Compartimentación según CTE-DB-SI ^{1,6}

El DB-SI 1 ¹ en su primer punto rige como va a ser la compartimentación en sectores de incendio. Las condiciones a seguir para cumplir con la compartimentación están reseñadas en la tabla 1.1 de esa misma sección.

Los criterios que se han seguido a la hora de disponer la superficie máxima de los sectores de incendio es el uso previsto del edificio o establecimiento.

Las superficies máximas se podrán duplicar si los sectores de incendio están protegidos con una instalación automática de extinción. El RSCIEI ^{2,3} también te permite duplicar la superficie máxima de sector pero sólo en el caso en que la instalación automática de incendios no sea obligatoria (nota 3 tabla 2.1 anexo II RSCIEI ^{2,3}

Las resistencias al fuego de los elementos separadores de los sectores de incendio deberán satisfacer las condiciones que se establecen en la tabla 1.2 de la sección SI 1. Como alternativa al método

prescriptivo hay la alternativa de carácter prestacional conforme a lo establecido en la Sección SI 6, se haya adoptado el tiempo equivalente de exposición al fuego para los elementos estructurales, podrá adoptarse ese mismo tiempo para la resistencia al fuego que deben aportar los elementos separadores de los sectores de incendio.

Las escaleras, ascensores y todo hueco que comunique sectores de incendio diferentes deberán estar compartimentados y deberán cumplir con lo establecido en el párrafo anterior.

| Uso previsto del edificio o establecimiento | Condiciones |
|---|--|
| En general | <ul style="list-style-type: none"> - Todo establecimiento debe constituir <i>sector de incendio</i> diferenciado del resto del edificio excepto, en edificios cuyo uso principal sea <i>Residencial Vivienda</i>, los establecimientos cuya superficie construida no exceda de 500 m² y cuyo uso sea <i>Docente, Administrativo o Residencial Público</i>. - Toda zona cuyo <i>uso previsto</i> sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que esté integrada debe constituir un <i>sector de incendio</i> diferente cuando supere los siguientes límites: <ul style="list-style-type: none"> Zona de <i>uso Residencial Vivienda</i>, en todo caso. Zona de alojamiento⁽¹⁾ o de <i>uso Administrativo, Comercial o Docente</i> cuya superficie construida exceda de 500 m². Zona de uso Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 500 personas. Zona de <i>uso Aparcamiento</i> cuya superficie construida exceda de 100 m².⁽²⁾ Cualquier comunicación con zonas de otro uso se debe hacer a través de vestíbulos de <i>independencia</i>. - Un espacio diáfano puede constituir un único <i>sector de incendio</i> que supere los límites de superficie construida que se establecen, siempre que al menos el 90% de ésta se desarrolle en una planta, sus salidas comuniquen directamente con el espacio libre exterior, al menos el 75% de su perímetro sea fachada y no exista sobre dicho recinto ninguna zona habitable. - No se establece límite de superficie para los <i>sectores de riesgo mínimo</i>. |
| Residencial Vivienda | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de todo <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m². - Los elementos que separan viviendas entre sí deben ser al menos EI 60. |
| Administrativo | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de todo <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m². |
| Comercial ⁽³⁾ | <ul style="list-style-type: none"> - Excepto en los casos contemplados en los guiones siguientes, la superficie construida de todo <i>sector de incendio</i> no debe exceder de: <ul style="list-style-type: none"> i) 2.500 m², en general; ii) 10.000 m² en los establecimientos o centros comerciales que ocupen en su totalidad un edificio íntegramente protegido con una instalación automática de extinción y cuya <i>altura de evacuación</i> no exceda de 10 m.⁽⁴⁾ - En establecimientos o centros comerciales que ocupen en su totalidad un edificio exento íntegramente protegido con una instalación automática de extinción, las zonas destinadas al público pueden constituir un único <i>sector de incendio</i> cuando en ellas la <i>altura de evacuación</i> descendente no exceda de 10 m ni la ascendente exceda de 4 m y cada planta tenga la evacuación de todos sus ocupantes resuelta mediante <i>salidas de edificio</i> situadas en la propia planta y <i>salidas de planta</i> que den acceso a <i>escaleras protegidas</i> o a <i>pasillos protegidos</i> que conduzcan directamente al espacio exterior seguro.⁽⁴⁾ - En centros comerciales, cada establecimiento de uso Pública Concurrencia: <ul style="list-style-type: none"> i) en el que se prevea la existencia de espectáculos (incluidos cines, teatros, discotecas, salas de baile, etc.), cualquiera que sea su superficie; ii) destinado a otro tipo de actividad, cuando su superficie construida exceda de 500 m²; debe constituir al menos un <i>sector de incendio</i> diferenciado, incluido el posible vestíbulo común a diferentes salas.⁽⁵⁾ |
| Residencial Público | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m². - Toda habitación para alojamiento, así como todo oficio de planta cuya dimensión y uso previsto no obliguen a su clasificación como local de riesgo especial conforme a SI 1-2, debe tener paredes EI 60 y, en establecimientos cuya superficie construida exceda de 500 m², puertas de acceso EI₂ 30-C5. |

| | |
|-----------------------------|---|
| Docente | <ul style="list-style-type: none"> - Si el edificio tiene más de una planta, la superficie construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 4.000 m². Cuando tenga una única planta, no es preciso que esté compartimentada en <i>sectores de incendio</i>. |
| Hospitalario | <ul style="list-style-type: none"> - Las plantas con zonas de hospitalización o con unidades especiales (quirófanos, UVI, etc.) deben estar compartimentadas al menos en dos <i>sectores de incendio</i>, cada uno de ellos con una superficie construida que no exceda de 1.500 m² y con espacio suficiente para albergar a los pacientes de uno de los sectores contiguos. Se exceptúa de lo anterior aquellas plantas cuya superficie construida no exceda de 1.500 m², que tengan salidas directas al <i>espacio exterior seguro</i> y cuyos recorridos de <i>evacuación</i> hasta ellas no excedan de 25 m. - En otras zonas del edificio, la superficie construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m². |
| Pública Concurrencia | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m², excepto en los casos contemplados en los guiones siguientes. - Los espacios destinados a público sentado en asientos fijos en cines, teatros, auditorios, salas para congresos, etc., así como los museos, los espacios para culto religioso y los recintos polideportivos, feriales y similares pueden constituir un <i>sector de incendio</i> de superficie construida mayor de 2.500 m² siempre que: <ol style="list-style-type: none"> a) estén compartimentados respecto de otras zonas mediante elementos EI 120; b) tengan resuelta la evacuación mediante <i>salidas de planta</i> que comuniquen con un <i>sector de riesgo mínimo</i> a través de <i>vestibulos de independencia</i>, o bien mediante <i>salidas de edificio</i>; c) los materiales de revestimiento sean B-s1,d0 en paredes y techos y B_{FL}-s1 en suelos; d) la <i>densidad de la carga de fuego</i> debida a los materiales de revestimiento y al mobiliario fijo no exceda de 200 MJ/m² y e) no exista sobre dichos espacios ninguna zona habitable. - Las <i>cajas escénicas</i> deben constituir un <i>sector de incendio</i> diferenciado. |
| Aparcamiento | <p>Debe constituir un <i>sector de incendio</i> diferenciado cuando esté integrado en un edificio con otros usos. Cualquier comunicación con ellos se debe hacer a través de un <i>vestíbulo de independencia</i>.</p> <p>Los <i>aparcamientos robotizados</i> situados debajo de otro uso estarán compartimentados en <i>sectores de incendio</i> que no excedan de 10.000 m³.</p> |

Tabla 12: Condiciones de compartimentación en sectores de incendio según el CTE-DB-SI^{1,6}

5.8.1.1.2 Sectorización RSCIEI^{2,3}

Según el apartado 2 del anexo II del RSCIEI^{2,3} todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo A, tipo B o tipo C, o constituirá un área de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo D o tipo E, según el anexo I del mismo RSCIEI^{2,3}. Con esta condición se pretende que el incendio no se propague de establecimiento en establecimiento.

En este caso los criterios que se han seguido a la hora de disponer la superficie máxima de los sectores de incendio son dos:

Riesgo intrínseco del sector de incendio según la densidad de carga de fuego ponderada y corregida calculada según anexo I RSCIEI^{2,3}.

Caracterización del establecimiento comercial por su configuración y ubicación en relación a su entorno.

| Riesgo intrínseco del sector de incendio | Configuración del establecimiento | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | TIPO A (m ²) | TIPO B (m ²) | TIPO C (m ²) |
| BAJO | (1)-(2)-(3) | (2) (3) (5) | (3) (4) |
| 1 | 2000 | 6000 | SIN LÍMITE |
| 2 | 1000 | 4000 | 6000 |
| MEDIO | (2)-(3) | (2) (3) | (3) (4) |
| 3 | 500 | 3500 | 5000 |
| 4 | 400 | 3000 | 4000 |
| 5 | 300 | 2500 | 3500 |
| ALTO | NO ADMITIDO | (3) | (3)(4) |
| 6 | | 2000 | 3000 |
| 7 | | 1500 | 2500 |
| 8 | | NO ADMITIDO | 2000 |

Tabla 13: Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio según RSCIEI^{2,3}

5.8.1.1.3 Conclusiones sobre sectorización según normativa

1. El CTE-DB-SI^{1,6} sólo se basa como criterio general el “uso” para establecer las condiciones de compartimentación en sectores de incendio, aunque también menciona “altura de evacuación”, “número plantas”, “recorridos de evacuación” en según qué apartado de uso.
2. El RSCIEI^{2,3} se basa en dos criterios más objetivos a la hora de establecer las superficies máximas del sector de incendio como son: caracterización y configuración del edificio, y nivel de riesgo intrínseco.

3. El RSCIEI ^{2,3} sólo deja duplicar la superficie del sector si los sistemas de extinción de incendios no son obligatorios por normativa.
4. El RSCIEI ^{2,3} tiene en cuenta a la hora de sectorizar si la planta está por encima o por debajo de rasante y la altura de evacuación.
5. El RSCIEI ^{2,3} tiene en cuenta a la hora de sectorizar la longitud de fachada accesible.
6. El RSCIEI ^{2,3} además tiene en cuenta su entorno y no deja según qué sectores de incendio a menos de 25 m de masa forestal.

Por todo lo mencionado anteriormente se puede afirmar que los criterios de sectorización/compartimentación del RSCIEI ^{2,3} son mucho más exhaustivos y según mi punto de vista mucho más acertados que los del CTE-DB-SI ^{1,6}.

5.8.1.2 *Reacción al fuego*

El comportamiento y la respuesta de un material frente al fuego en términos de su contribución al inicio y desarrollo viene determinado por las características y cualidades del mismo, conociéndose como reacción al fuego.

Es de gran importancia la elección de los materiales empleados en el acabado de obras, ya que de las características de los mismos dependerá en gran medida la iniciación del incendio, y su propagación inmediata en los comienzos del mismo.

Se puede encontrar dos tipos de nomenclaturas respecto a la reacción al fuego: la norma UNE-23727 y la norma UNE-EN 13501-1.

- Norma UNE- 23727 (antigua)

M-0: No combustible (Incombustible)

M-1 Material combustible, pero no inflamable

M-2 Dificilmente inflamables

M-3 Medianamente inflamables

M-4 Fácilmente inflamables

- Norma UNE-EN 13501-1 (nueva)

Contribución a la propagación del fuego.

A1: No combustible; sin contribuir al fuego en grado máximo.

A2: No combustible; sin contribuir al fuego en grado menor.

B: Combustible con contribución muy limitada al fuego.

C: Combustible con contribución limitada al fuego.

D: Combustible con contribución media al fuego.

E: Combustible con contribución alta al fuego.

F: Sin clasificar.

Opacidad de los humos producidos.

s1: Baja opacidad.

s2: Opacidad media.

s3: Alta opacidad.

Caída de gotas o partículas inflamadas.

d0: No las produce.

d1: Las produce en grado medio.

d2: Las produce en grado alto.

Según su aplicación.

Sin subíndice para materiales de techos y paredes.

Con subíndice FL para materiales de suelos.

Con subíndice L para materiales de aislamiento de tuberías y conducciones en general.

Ejemplos:

- Revestimiento C-s1,d0 indica que colocado en paredes y techos es combustible con contribución limitada al fuego, produce humos de baja opacidad y no ocasiona gotas o partículas inflamadas.
- Revestimiento B_{FL}-s2 corresponde a un material que colocado en suelos es combustible con contribución muy limitada al fuego y produce humos de opacidad media.
- Por último, un producto B_L-s2,d1 es el que, colocado como aislante térmico de tuberías, es combustible con contribución muy limitada al fuego, produce humos de opacidad media y ocasiona gotas o partículas inflamadas de grado medio.

Actuando por el lado de la seguridad, se permite la colocación de un material de mayores prestaciones de seguridad al designado por la norma.

Surge el problema de que en muchas obras cuyos proyectos fueron redactados bajo la norma NBE CPI-96, sus materiales fueron definidos según la nomenclatura anterior y en este momento los materiales se redactan bajo una nueva nomenclatura. Por este motivo se presenta un cuadro de equivalencias entre nomenclaturas. Tabla 4.1 y 4.2 del Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo¹⁴

| Clase según norma UNE 23727:1990 NBE-CPI 96 | Clase según norma UNE EN 13501-1:2002 | | CTE-DB-SI |
|---|---------------------------------------|-------------------------|---|
| | Revestimiento de paredes o techos | Revestimiento de suelos | Aislamiento de tuberías y conducciones |
| M0 | A1-s1,d0 | A1 _{FL} -s1 | A1 _L -s1,d0 |
| M0 | A2-s1,d0 | A2 _{FL} -s1 | A2 _L -s1,d0 |
| M1 | B-s3,d0 | A2 _{FL} -s2 | B _L -s3,d0 |
| M2 | C-s3,d0 | B _{FL} -s2 | C _L -s3,d0 |
| M3 | D-s3,d0 | C _{FL} -s2 | D _L -s3,d0 |

Tabla 14: Tabla equivalencias entre nomenclaturas sobre reacción al fuego

5.8.1.2.1 Reacción al fuego de los materiales según CTE-DB-SI ^{1,6}

El apartado de reacción al fuego aparece en la sección SI-1 apartado 4. En dicha sección aparece la tabla 4.1 donde rige la clasificación necesaria para los materiales de revestimiento de techos y paredes, y de suelos. Referente a los materiales de aislamiento de tuberías y conducciones se remite a su reglamentación específica.

Punto 4.2

| Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos CTE-DB-SI | | |
|--|------------------|---------------------|
| situación | revestimientos | |
| | Paredes y techos | suelos |
| Zonas ocupables | C-s2,d0 | E _{FL} |
| Pasillos y escaleras protegidos | B-s1,d0 | C _{FL} -s1 |
| Aparcamientos y recintos de riesgo especial | B-s1,d0 | B _{FL} -s1 |
| Espacios ocultos no estancos, tales como patinillos, falsos techos y suelos elevados (excepto los existentes dentro de las viviendas) etc. o que siendo estancos, contengan instalaciones susceptibles de iniciar o de propagar un incendio. | B-s3,d0 | B _{FL} -s2 |

Tabla 15: Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos CTE-DB-SI

Punto 4.3

| | |
|---|----|
| Los cerramientos formados por elementos textiles, tales como carpas | M2 |
|---|----|

Punto 4.4

| | |
|---|--|
| En los edificios y establecimientos de uso Pública Concurrencia, los elementos decorativos y de mobiliario cumplirán las siguientes condiciones | |
| Butacas y asientos fijos tapizados que formen parte del proyecto en cines, teatros, auditorios, salones de actos, etc. | UNE-EN 1021-1:2006 UNE-EN 1021-2:2006 |
| Elementos textiles suspendidos, como telones, cortinas, cortinajes, etc. | Clase 1/UNE-EN 13773:2003 |

5.8.1.2.2 Reacción al fuego de los materiales según RSCIEI ^{2,3}

En el anexo II punto 3 del RSCIEI se definen los materiales respecto a su comportamiento frente al fuego o reacción al fuego.

Punto 3.1

| Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos RSCIEI. | |
|--|--|
| Suelos | C _{FL} -s1 (M2) o más favorable |
| Paredes y techos | C-s3, d0 (M3) o más favorable |
| Lucernarios no continuos o instalaciones de eliminación de | D-s2, d0 (M3) o más favorable |
| Lucernarios continuos en cubierta | B-s1, d0 (M1) o más favorable |
| Materiales de revestimiento exterior de fachadas | C-s3, d0 (M2) o más favorable |

Tabla 16: Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos RSCIEI

Punto 3.2

| | |
|---|-------------------------------------|
| <p>Cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado 3.1, la capa y su revestimiento, en su conjunto, serán, como mínimo, EI 30 (RF-30). Este requisito no será exigible cuando se trate de productos utilizados en sectores industriales clasificados según el anexo I como de riesgo intrínseco bajo, ubicados en edificios de tipo B o de tipo C para los que será suficiente</p> | <p>D-s3,d0 (M3) o más favorable</p> |
|---|-------------------------------------|

Punto 3.3

| | |
|---|-------------------------------------|
| <p>Productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, tanto los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico como los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado o de ventilación</p> | <p>B-s3,d0 (M1) o más favorable</p> |
| <p>Los cables deberán ser no propagadores de incendio y con emisión</p> | |

Punto 3.5

| | |
|--|----------------|
| <p>Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, se considerarán</p> | <p>A1 (M0)</p> |
|--|----------------|

5.8.1.2.3 Conclusiones sobre reacción al fuego según normativa

1. El CTE-DB-SI basa su clasificación según la situación del elemento. A más protección necesaria o más exposición al riesgo los materiales serán más seguros
2. El RSCIEI no hace ninguna clasificación según exposición al riesgo o protección necesaria. Realiza una clasificación generalista sin tener en cuenta la “infinitad” de variables posibles en los establecimientos industriales.
3. Se puede afirmar que el CTE-DB-SI es más restrictivo que el RSCIEI en su clasificación excepto en las zonas ocupables.

5.8.1.3 Estabilidad al fuego de elementos portantes (R-t)

Como se ha mencionado en el apartado 3.9.1.1. la condición de resistencia al fuego de un material implica tener tres propiedades fundamentales:

- Capacidad portante (R), (estabilidad): condición por la que el material, sometido a elevadas temperaturas durante un tiempo, conserva sus propiedades soportando las cargas.
- Integridad (E), (Estanqueidad): comportamiento por el cual, durante un tiempo determinado, un material no deja pasar las llamas y no produce de gases calientes en la cara no expuesta al fuego.
- Aislamiento (I), (Aislamiento térmico): es el tiempo durante el cual el elemento cumple su función de aislante térmico para que no se produzcan temperaturas excesivamente elevadas en la cara no expuesta al fuego para que no sea posible transmisión del calor de un combustible a otro por conducción.

Según sus propiedades, se distinguen dos categorías de materiales y elementos constructivos:

- Estables al fuego, aquellos que sólo cumple con la primera propiedad, capacidad portante (R), que son los que se analizarán en este apartado del TFG y más concretamente de los elementos estructurales principales.
- Resistentes al fuego, aquellos que pueden reunir la totalidad de las propiedades, capacidad portante (R), la estanqueidad (E) y el aislamiento térmico (I).

5.8.1.3.1 Estabilidad al fuego de elementos portantes según CTE-DB-SI ^{1,6}

Se puede afirmar que un elemento constructivo tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración un incendio, el valor de cálculo de las solicitaciones, durante todo el tiempo (t) marcado como REI (t), no supera el valor de la resistencia de dicho elemento constructivo. En este caso será el tiempo R (t) ya que estamos hablando de estructura portante.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal de un edificio, es suficiente si:

- alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura (método prescriptivo).
- soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego calculado como se indica en el anejo B (método prestacional).

| Tabla 3.1 CTE-DB-SI 6. Resistencia al fuego en tiempo de elementos estructurales | | | | |
|--|----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Uso del sector analizado | Plantas bajo rasante | Plantas sobre rasante | | |
| | | ≤ 15 m | ≤ 28 m | > 28 m |
| Vivienda unifamiliar | R30 | R30 | - | - |
| Residencial vivienda, residencial público, docente, administrativo | R120 | R60 | R90 | R120 |
| Comercial, pública concurrencia, hospitalario | R120 | R90 | R120 | R180 |
| Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso) | R90 | | | |
| Aparcamiento (situado bajo un uso distinto) | R120 | | | |

Tabla 17: Tabla 3.1 CTE-DB-SI 6

| Tabla 3.2 CTE-DB-SI 6. Resistencia al fuego en tiempo de elementos estructurales en zonas de riesgo especial | |
|--|-----------------------------|
| Nivel de riesgo | Resistencia en minutos R(t) |
| Bajo | R90 |
| Medio | R120 |
| Alto | R180 |

Tabla 18: Tabla 3.2 CTE-DB-SI6

Hay que recordar que la resistencia de dichos elementos no será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio.

La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial va en función del uso de la planta existente bajo dicho suelo.

5.8.1.3.2 Estabilidad al fuego de elementos portantes según RSCIEI ^{2,3}

En el apartado número 4 del anexo II del RSCIEI ^{2,3} se hace referencia a la estabilidad mecánica o capacidad portante de los elementos constructivos en los sectores de incendio de un establecimiento industrial. Esta referencia se basa en un tiempo (t) que debe resistir dicho elemento.

En este caso el RSCIEI ^{2,3} permite dos métodos para cumplir con la normativa.

- Un método prescriptivo basado en el cumplimiento de la tabla 2.2 del punto 4.1 del anexo II.
- Otro basado en procedimientos de cálculo, analítico o numérico, de reconocida solvencia o justificada validez (método prestacional).

| NRI | TIPO A | | TIPO B | | TIPO C | |
|-------|-------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|
| | PL. SÓTANO | PL. SOBRE RASANTE | PL. SÓTANO | PL. SOBRE RASANTE | PL. SÓTANO | PL. SOBRE RASANTE |
| BAJO | R120 | R90 | R90 | R60 | R60 | R30 |
| MEDIO | NO ADMITIDO | R120 | R120 | R90 | R90 | R60 |
| ALTO | NO ADMITIDO | NO ADMITIDO | R180 | R120 | R120 | R90 |

Tabla 19: tabla 2.2 ANEXO II RSCIEI

5.8.1.3.3 Conclusiones estabilidad al fuego de elementos portantes según normativa.

1. Las dos normativas tienen permiten una solución prescriptiva (uso de las tablas) y una prestacional (métodos de cálculo de reconocida y justificada validez)
2. El CTE-DB-SI ^{1,6} basa su clasificación de la tabla 3.1 en el uso que se dará a dicho sector, cosa que es predominante en todo su articulado.
3. Las dos normativas comparten una misma visión de la problemática de la acción del fuego sobre la estructura: el nivel de riesgo y la posición de la planta del sector estudiado.
4. En referencia a las tablas 3.2 del CTE-DB-SI ^{1,6} y 2.2 del RSCIEI ^{2,3} donde las dos se rigen por el nivel de riesgo se pueden apreciar similitudes entre ellas: la tabla 3.2 del CTE-DB-SI ^{1,6} es idéntica que la tabla del RSCIEI ^{2,3} (edificios tipo B). a partir de aquí los edificios tipo A del RSCIEI ^{2,3} están mucho más penalizados y los tipo C están menos penalizados.
5. En la tabla 3.2 del CTE-DB-SI ^{1,6} aumenta la resistencia al fuego en base a: si el sector está bajo rasante y según la altura de evacuación.

5.8.1.4 Resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento

Como se ha mencionado en el apartado 3.9.1.1. y en el apartado anterior, la condición de resistencia al fuego de un material implica tener tres propiedades fundamentales:

- Capacidad portante (R), (estabilidad): condición por la que el material, sometido a elevadas temperaturas durante un tiempo, conserva sus propiedades soportando las cargas.
- Integridad (E), (Estanqueidad): comportamiento por el cual, durante un tiempo determinado, un material no deja pasar las llamas y no produce de gases calientes en la cara no expuesta al fuego.
- Aislamiento (I), (Aislamiento térmico): es el tiempo durante el cual el elemento cumple su función de aislante térmico para que no se produzcan temperaturas excesivamente elevadas en la cara no expuesta al fuego para que no sea posible transmisión del calor de un combustible a otro por conducción.

Según sus propiedades, se distinguen dos categorías de materiales y elementos constructivos:

- Estables al fuego, aquellos que sólo cumple con la primera propiedad, capacidad portante (R).
- Resistentes al fuego, aquellos que pueden reunir la totalidad de las propiedades, capacidad portante (R), la estanqueidad (E) y el aislamiento térmico (I).

Si la función del elemento constructivo tiene función portante tendrá la nomenclatura REI-t. En cambio, si no tiene función portante tendrá la nomenclatura EI-t.

5.8.1.4.1 Resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento según CTE-DB-SI ^{1,6}

| Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio | | | | |
|--|----------------------|---|----------------------------|--------------------|
| Elemento | | Resistencia al fuego | | |
| Paredes y techos separadores de sector con uso previsto: | Plantas bajo rasante | Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación: | | |
| | | $h \leq 15 \text{ m}$ | $15 < h \leq 28 \text{ m}$ | $h > 28 \text{ m}$ |
| Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso | - | EI120 | EI120 | EI120 |
| Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo | EI120 | EI60 | EI90 | EI120 |
| Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario | EI120 | EI90 | EI120 | EI180 |
| Aparcamiento | EI120 | EI120 | EI120 | EI120 |

Tabla 20: Tabla 1.2 CTE-DB-SI 1

La resistencia al fuego del suelo es función del uso al que esté destinada la zona existente en la planta inferior.

5.8.1.4.2 Resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento según RSCIEI ^{2,3}

| | Sin función portante | Con función portante |
|--------------|----------------------|----------------------|
| Riesgo bajo | EI120 | REI120 |
| Riesgo medio | EI180 | REI180 |
| Riesgo alto | EI240 | REI240 |

Tabla 21: tabla punto 5.2 ANEXO II RSCIEI

PUNTO 5.1 anexo II dice: “La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros, no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la Tabla 2.2, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio”.

Esta puntualización no tiene mucho sentido ya que todas las resistencias exigidas para los elementos delimitadores son igual o superiores que las exigidas en la tabla 2.2 para elementos portantes.

5.8.1.4.3 Conclusiones sobre la resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento

1. Las resistencias de los elementos compartimentadores según el CTE-DB-SI ^{1,6} son equivalentes a las resistencias de los elementos portantes, cosa que es congruente con la afirmación del RSCIEI ^{2,3} sobre que las resistencias de dichos elementos tienen que tener como mínimo la misma resistencia.
2. El CTE-DB-SI 1,4 basa su clasificación en el uso que se dará a dicho sector y en la altura de evacuación, cosa que es predominante en todo su articulado.
3. La tabla del RSCIEI ^{2,3} basa su clasificación en el nivel de riesgo intrínseco que también es predominante en todo su articulado a la hora de realizar sus clasificaciones.
4. Por analogía, si comparamos la tabla 3.2 CTE-DB-SI 6 (Resistencia al fuego en tiempo de elementos estructurales en zonas de riesgo especial) que tendría los mismos valores que los elementos compartimentadores en función del riesgo podemos afirmar que la tabla del punto 5.2 del RSCIEI ^{2,3} es un escalón más exigente que la del CTE-DB-SI ^{1,6}.

5.8.2 *Sistemas activos*

Los sistemas de protección activa contra incendios tienen como funciones principales:

- detección del incendio,
- control del mismo
- extinción del incendio, a través de una lucha directa contra el mismo, facilitando la evacuación.

En el CTE-DB-SI ^{1,6} basará sus condiciones principalmente requisitos para el diseño de los sistemas de protección activa en el uso previsto del edificio o establecimiento, superficie del sector, plantas bajo o sobre rasante, altura de evacuación y nivel de riesgo.

En el RSCIEI ^{2,3} al igual que en los sistemas pasivos, los sistemas de protección activa a instalar dependerán de la relación entre la tipología del edificio donde se encuentra el sector de incendio, el nivel de riesgo intrínseco del sector y la superficie del sector de incendio.

Las dos normativas disponen en su primer punto que todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI¹⁵)

5.8.2.1 *Sistemas automáticos de detección de incendio*

Sistema que permite detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma y de localización adecuadas para que puedan adoptarse las medidas apropiadas.

5.8.2.1.1 Sistemas automáticos de detección de incendio según CTE-DB-SI ^{1,6}

Su diseño se basa principalmente en el uso previsto del edificio o establecimiento y en la superficie construida. En el caso particular de residencial vivienda depende de la altura de evacuación

5.8.2.1.2 Sistemas automáticos de detección de incendio según RSCIEI ^{2,3}

El diseño está basado en la configuración del establecimiento (tipo A, B o C), en la superficie, si la actividad es de almacenaje o producción y según su NRI. Según estos cuatro criterios se configura el establecimiento respecto a los sistemas de detección de incendios.

Para actividades de almacenamiento los requisitos son más restrictivos.

5.8.2.1.3 Conclusiones sobre Sistemas automáticos de detección de incendio.

El RSCIEI ^{2,3} tiene en cuenta más factores a la hora de fijar los requisitos para la dotación de los sistemas de detección de incendios. La explicación a esto puede ser, que el grado de magnitud de un incendio industrial puede ser es mucho mayor a un incendio no industrial.

5.8.2.2 *Sistemas manuales de alarma de incendio*

Son un conjunto de pulsadores que permiten transmitir voluntariamente por los ocupantes del sector, una señal de alarma a una central de control y señalización permanentemente vigilada, por lo que se puede identificar el lugar donde se ha pulsado el botón de alarma.

5.8.2.2.1 Sistemas manuales de alarma de incendio según CTE-DB-SI ^{1,6}

Va dentro del mismo ítem que la detección de incendios por lo que su diseño se basa principalmente en el uso previsto del edificio o establecimiento y en la superficie construida. En el caso particular de residencial vivienda depende de la altura de evacuación.

5.8.2.2.2 Sistemas manuales de alarma de incendio según RSCIEI ^{2,3}

El diseño está basado en si la actividad es de almacenaje o producción, en la superficie construida o no se requiera la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios.

Para actividades de almacenamiento los requisitos son más restrictivos.

5.8.2.2.3 Conclusiones sobre sistemas manuales de alarma de incendio

En el CTE-DB-SI ^{1,6} los sistemas de detección y alarma van de la mano, cuando uno es necesario el otro también, mientras que en el RSCIEI ^{2,3} los propone como antagónicos, cuando uno existe el otro no importa ponerlo.

5.8.2.3 *Sistemas de comunicación de alarma*

Sistema que permite emitir señales acústicas y visuales a los ocupantes de un edificio para advertirles de un posible riesgo de incendio.

5.8.2.3.1 Sistemas de comunicación de alarma según CTE-DB-SI ^{1,6}

Su diseño se basa principalmente en el uso previsto del edificio o establecimiento y en la superficie construida. Se disponen en uso administrativo, docente, comercial, pública concurrencia (en este caso va en función de la ocupación).

5.8.2.3.2 Sistemas de comunicación de alarma según RSCIEI ^{2,3}

Se instalarán sistemas de comunicación de alarma si la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial es $\geq 10.000 \text{ m}^2$.

5.8.2.3.3 Conclusiones sobre sistemas de comunicación de alarma

Los sistemas de alarma en CTE-DB-SI ^{1,6} se disponen a partir de los 1.000 m^2 , mientras que en el RSCIEI ^{2,3} se disponen a partir de los 10.000 m^2 . La diferencia entre estos valores puede ser que los espacios en una industria son mucho más diáfanos que en establecimientos no industriales.

5.8.2.4 *Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios*

5.8.2.4.1 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios según CTE-DB-SI ^{1,6}

No se menciona nada respecto a este punto pero como dice en su primer punto le será de aplicación el RIPCI ¹⁵, en el cual se especifica que: “cuando se exija sistema de abastecimiento de agua contra incendios, sus características y especificaciones se ajustarán a lo establecido en la norma UNE 23.500. En dicha norma se explican los diferentes sistemas de abastecimiento de agua en su apartado 7 (TIPOS Y CONDICIONES DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA).

5.8.2.4.2 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios según RSCIEI ^{2,3}

Según el RSCIEI ^{2,3} se instalará un sistema de abastecimiento de agua contra incendios cuando:

- las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas, de acuerdo con el artículo 1 de este reglamento (carácter complementario del RSCIEI ^{2,3} explicado en el punto 3.4 de este TFG)
- Cuando sea necesario para dar un adecuado servicio de caudal, presión y reserva a los sistemas contra incendios proyectados (BIE, sprinklers, ...)

Cuando coexistan varios sistemas de PCI, el caudal y reserva de agua se calcularán considerando la simultaneidad de operación mínima que se establece en la tabla del punto 6.1 del RSCIEI ^{2,3}.

5.8.2.4.3 Conclusiones sobre sistemas de abastecimiento de agua contra incendios

El RSCIEI ^{2,3} es mucho más preciso en este punto de sistemas de protección activa que en el CTE-DB-SI ^{1,6}.

Metros cúbicos de referencia para abastecimiento de agua según CEPREVEN ¹⁶

| RESUMEN DE LAS CONDICIONES MÍNIMAS DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA (según RT2 - BIE de CEPREVEN) | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|
| Tipo de BIE | Presión dinámica (mínima punta lanza) | Caudal instantáneo | Reserva de agua (1 hora) | |
| BIE 25 | 3,5 kg/cm ² | 2 x 100 = 200 l/minuto | 60 | 12,00 m ³ |
| BIE 45 | 3,5 kg/cm ² | 2 x 198 = 396 l/minuto | 60 | 23,76 m ³ |
| BIE 45 | 3,5 kg/cm ² *) | 3 x 198 = 594 l/minuto | 90 | 53,46 m ³ |

*) De acuerdo con el RSCIEI, para uso industrial NRI Alto se exige garantizar el funcionamiento simultáneo de 3 BIE de 45 mm.

Tabla 22: Abastecimiento agua según CEPREVEN

5.8.2.5 Sistemas de hidrantes exteriores

Son sistemas de abastecimiento de agua para uso exclusivo del cuerpo de bomberos y personal debidamente formado.

5.8.2.5.1 Sistemas de hidrantes exteriores según CTE-DB-SI ^{1,6}

Se disponen en todos los usos del CTE-DB-SI ^{1,6}. Como regla general depende de: altura de evacuación descendente o ascendente, densidad de ocupación y superficie construida. En los casos concretos según uso previsto del edificio o establecimiento su instalación viene definida según la superficie construida. El primer hidrante se instalará en función del uso previsto y la superficie requerida será menor o mayor según peligro. Los sucesivos se instalarán a partir de los 10.000 m² y en fracciones del mismo tamaño.

Hay que tener en cuenta que se pueden considerar los hidrantes que se encuentran en la vía pública a menos de 100 m de la fachada accesible del edificio.

5.8.2.5.2 Sistemas de hidrantes exteriores según RSCIEI ^{2,3}

Según el RSCIEI ^{2,3} se instalará un sistema de hidrantes exteriores cuando:

- las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas, de acuerdo con el artículo 1 de este reglamento (carácter complementario del RSCIEI ^{2,3} explicado en el punto 3.4 de este TFG)
- se cumplan las circunstancias según tabla 3.1 del punto 7.1 del anexo III del RSCIEI ^{2,3}, que van en función del NRI, configuración del edificio y superficie del sector de incendio.

Además el RSCIEI ^{2,3} describe cómo tiene que ser su implantación, distancias a fachada, caudales, autonomía,...

5.8.2.5.3 Conclusiones sobre Sistemas de hidrantes exteriores

El RSCIEI ^{2,3} en este apartado tiene un grado de especificación mucho mayor que el CTE-DB-SI ^{1,6}. Se cree que dicha diferencia de especificación debe ser porque en la extinción de establecimientos industriales normalmente se necesita mucho mayor caudal que en un establecimiento no industrial.

5.8.2.6 *Extintores de incendio portátiles*

5.8.2.6.1 Extintores portátiles de incendio según CTE-DB-SI ^{1,6}

El diseño de su implantación se basa principalmente en el uso previsto del edificio o establecimiento, en la superficie construida y en el nivel de riesgo. Se disponen de manera general como máximo cada 15 m de recorrido desde cualquier origen de evacuación y en las zonas de riesgo especial. Además, se disponen en uso hospitalario y comercial (de 25 y 50 kg. respectivamente). Referente al tema de los kg de extintor se puede afirmar que sería más adecuado más cantidad de extintores de menor tamaño con mejor movilidad, que unos pocos de gran tamaño y escasa movilidad. En principio unos extintores portátiles son para controlar conatos de incendio, no para realizar una extinción verdadera.

5.8.2.6.2 Extintores portátiles de incendio según RSCIEI ^{2,3}

Según el RSCIEI ^{2,3} se instalará siempre un sistema de extintores portátiles en todo los sectores de incendio de cualquier establecimiento industrial y se hará de acuerdo con las directrices del RIPCI ¹⁵. Hace una breve explicación de las clases de fuego que existen según UNE 23.010.

Especifica mediante dos tablas las cantidades de extintores que debe contar un establecimiento industrial para fuegos de clase A y B.

Para fuegos de clase A basa su clasificación en base a su NRI y áreas de protección del sector. En cambio, para fuegos de clase B su clasificación se basa en el volumen de combustible en litros.

Además, hace hincapié en aspectos como: la precaución del empleo de extintores sobre aparatos con electricidad, emplazamiento de extintores, ...

5.8.2.6.3 Conclusiones sobre extintores portátiles de incendio

El RSCIEI ^{2,3} en este apartado tiene un grado de especificación mucho mayor que el CTE-DB-SI ^{1,6}. Se cree que dicha diferencia de especificación debe ser porque la cantidad de conatos de incendio en establecimientos industriales es mayor que en un establecimiento no industrial.

5.8.2.7 *Sistemas de bocas de incendio equipadas (BIEs)*

Los sistemas de bocas de incendio equipadas están compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y los equipos con una devanadera que puede ser de diámetro 45mm o de 25mm con una lanza para dar forma al chorro de agua. También son llamadas sistemas de columna húmeda.

5.8.2.7.1 BIEs según CTE-DB-SI ^{1,6}

Su diseño se basa principalmente en el uso previsto del edificio o establecimiento y en la superficie construida y en el nivel de riesgo. En el caso particular de residencial público depende de la ocupación.

Es obligatorio su instalación en todos los usos previstos en el CTE-DB-SI ^{1,6} menos en el residencial vivienda, y también se especifica que deben ser de \varnothing 25mm. Sólo se instalarán de \varnothing 45mm si se está en una zona de riesgo especial alto.

5.8.2.7.2 BIEs según RSCIEI ^{2,3}

El diseño está basado en la configuración del establecimiento (tipo A, B, C, D o E), en la superficie y según su NRI. Según estos tres criterios se configura el establecimiento respecto a los sistemas de BIEs. Se especifica el tipo de BIE necesaria según el NRI, la simultaneidad y el tiempo de autonomía necesario.

5.8.2.7.3 Conclusión sobre BIEs

El CTE-DB-SI ^{1,6} con buen criterio establece que la gran mayoría de las BIEs sean de \varnothing 25mm ya el grado de preparación para su uso se puede considerar mínimo, la fuerza de retroceso de la lanza es bajo y no importa desplegar completamente toda la devanadera para su uso. Sin embargo, para utilizar las BIEs de \varnothing 45mm ya se necesita una preparación más alta.

El RSCIEI ^{2,3} incluye aportaciones extra a las descritas por el RIPC ¹⁵.

El nivel de especificación en este apartado se puede considerar más igualado que en los apartados anteriores, pero aún sigue mejor especificado el RSCIEI ^{2,3}.

5.8.2.8 *Sistemas de columna seca*

Una columna seca es para uso exclusivo de los SEIS y estará formada por una conducción normalmente vacía (seca), que partiendo de la fachada del edificio discurre generalmente por la caja de la escalera y está provista de bocas de salida en pisos pares hasta la octava planta y de toma de alimentación en la fachada para conexión de los equipos de los SEIS, que es el que proporciona a la conducción la presión y el caudal de agua necesarios para la extinción del incendio.

5.8.2.8.1 Sistemas de columna seca según CTE-DB-SI ^{1,6}

Su diseño se basa principalmente en el uso previsto del edificio o establecimiento y en la altura de evacuación. Se disponen en todos los usos (residencial vivienda, administrativo, residencial público docente, comercial, pública concurrencia y hospitalario). Todos ellos con una altura de evacuación a partir de 24m, excepto el hospitalario que es a partir de 15m.

En uso aparcamiento se basa en las plantas sobre o bajo rasante y se dispondrán en todas las plantas, criterio más restrictivo que en la norma RIPCI ¹⁵ donde se disponen sólo en plantas pares hasta la octava planta.

Su instalación podrá ser sustituida por BIEs si su utilidad no queda garantizada

5.8.2.8.2 Sistemas de columna seca según RSCIEI ^{2,3}

Se remite al cumplimiento del RIPCI ¹⁵. Para complementar a éste, se basa en el NRI y en la altura de evacuación (15m).

Además, establece donde debe ser la implantación de las columnas secas.

5.8.2.8.3 Conclusiones sobre sistemas de columna seca

En este apartado las dos normativas están al mismo nivel de especificidad, básicamente se refieren al cumplimiento del RIPCI ¹⁵.

Se puede afirmar que el RSCIEI ^{2,3} es más restrictivo en altura de evacuación que el CTE-DB-SI ^{1,6}, excepto en uso hospitalario donde son equivalentes.

5.8.2.9 *Sistemas de rociadores automáticos de agua*

5.8.2.9.1 Sistemas de rociadores automáticos de agua según CTE-DB-SI ^{1,6}

Su diseño se basa de forma genérica y con matices según uso. De forma genérica según altura de evacuación (80m) y en cocinas y en centros de transformación según potencia instalada.

De forma particular según uso será: residencial público (altura evacuación y superficie construida), comercial (superficie construida, densidad de carga de fuego ponderada y corregida) y para aparcamientos robotizados en todo caso.

5.8.2.9.2 Sistemas de rociadores automáticos de agua según RSCIEI ^{2,3}

El diseño está basado en la configuración del establecimiento (tipo A, B o C), en la superficie, si la actividad es de almacenaje o producción y según su NRI. Según estos cuatro criterios se configura el establecimiento respecto a los sistemas de detección de incendios.

Para actividades de almacenamiento los requisitos son más restrictivos.

5.8.2.9.3 Conclusiones sobre sistemas de rociadores automáticos de agua

Se puede decir que en este apartado las dos normas tienen el mismo grado de especificación, si bien es cierto que cuando el factor determinante es la superficie construida, el RSCIEI ^{2,3} es más restrictivo que el CTE-DB-SI ^{1,6}.

5.8.2.10 *Sistemas de extinción (agua pulverizada, espuma, polvo, gas)*

5.8.2.10.1 Sistemas de extinción según CTE-DB-SI ^{1,6}

No hace referencias a este apartado.

5.8.2.10.2 Sistemas de extinción según RSCIEI ^{2,3}

Su disposición se basará en las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas, de acuerdo con el artículo 1 de este reglamento (carácter complementario del RSCIEI 2,3 explicado en el punto 3.4 de este TFG).

5.8.2.11 *Alumbrado de emergencia*

5.8.2.11.1 Alumbrado según CTE-DB-SI ^{1,6}

No hace referencias a este apartado. Nos tenemos que remitir al CTE-DB-SUA ¹⁷ donde basa sus requisitos para la instalación del alumbrado de emergencia en ocupación, recorridos de evacuación y aparcamientos y los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios, ...

5.8.2.11.2 Alumbrado según RSCIEI ^{2,3}

Basa sus requisitos de instalación en la ocupación, plantas bajo rasante, sobre rasante con una determinada ocupación y locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios, ...

5.8.2.11.3 Conclusiones sobre alumbrado de emergencia

Se puede afirmar que hay equidad entre normativas.

5.8.2.12 *Señalización*

Las dos normativas derivan a normativas específicas de señalización como son las siguientes normas: UNE 23033, UNE 23034 y UNE 23035.

5.8.2.13 *Ascensor de emergencia*

Requisito dispuesto en el CTE-DB-SI ^{1,6}. Como norma general se dispondrán en plantas con altura de evacuación superior a 28 m. en uso hospitalario esta altura se reduce hasta los 15m.

6. Conclusiones

6.1 Las conclusiones referidas a los objetivos marcados en el apartado 1.1.

- **Evolución histórica de la reglamentación española en materia de protección contra incendios.**

Se puede afirmar que el objetivo se ha cumplido. Se ha estudiado la normativa nacional e internacional referente a la normativa contra incendios. Para ello se ha empezado con una introducción a la concepción del fuego según las diferentes culturas existentes. Una vez sabemos cómo piensa una cultura sobre el fuego se puede valorar cómo van a ser sus normativas contra incendios.

Además, se ha hecho una introducción histórica sobre la evolución de la ingeniería contra incendios que facilitará el entendimiento de la evolución de la normativa contra incendios.

Una de las conclusiones más impactantes que se puede destacar es que la mayoría de las redacciones de normativas en materia de seguridad contra incendios viene precedida por acontecimientos donde se produce dolor a las personas, ya sea por su destrucción de bienes y sobre todo por pérdida de vidas humanas.

- **Estado actual y estudio comparativo de las dos reglamentaciones españolas vigentes y evaluación de los puntos en común y diferencias significativas.**

Como se ha mencionado anteriormente se ha estudiado la evolución histórica de la normativa contra incendios hasta el estado actual. En estos momentos las normativas más relevantes contra incendios están claramente diferenciadas según el uso previsto que se le vaya a dar al edificio o establecimiento.

Tenemos el CTE-DB-SI ^{1,6} que abarca todos los usos que no sean industriales, y después tenemos el RSCIEI ^{2,3} que se ocupa de los establecimientos industriales.

Se ha realizado un estudio comparativo entre las dos reglamentaciones intentando esclarecer los puntos comunes y los puntos con una visión diferente.

Se ha analizado principalmente: objeto de las reglamentaciones, ámbito de aplicación y sus casos límite, diferencias entre cálculo de densidades de carga de fuego y mediadas de protección tanto activas como pasivas.

La conclusión más relevante en referencia a este objetivo es que la normativa española siempre ha ido un poco rezagada respecto a la normativa internacional (sobre todo de EEUU e Inglaterra). En los últimos tiempos la normativa española se ha puesto al día y está a nivel internacional ya que la UE exige cumplir unos mínimos normativos.

Se puede afirmar que el objetivo se ha cumplido.

- **Valoración de la necesidad de mantener la división actual de las normas.**

Sobre este objetivo podrá haber muchas opiniones diferentes y todas serán válidas y respetables.

Después de realizar el estudio comparativo se puede afirmar que hay muchos puntos en común entre normativas pero también puntos diferenciadores, cosa muy normal debido a que el uso industrial entraña unas particularidades muy diferenciales.

Pero del mismo modo que un uso hospitalario tiene muchas particularidades diferentes que un uso residencial vivienda y los dos usos se engloban dentro del CTE-DB-SI ^{1,6}, se podría valorar la unificación de normativas, y que cada uso tuviera unas prescripciones particulares a su riesgo.

Es lo que viene haciendo el CTE-DB-SI ^{1,6} en sus diferentes usos, lo que ahora se añadiría el uso industrial con sus particularidades tan especiales.

El gran inconveniente a esto es que el CTE-DB-SI ^{1,6} depende del Ministerio de Fomento, mientras que el RSCIEI ^{2,3} depende del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (así como se llamaba en 2004). El tema de competencias es un asunto donde las autoridades tienen mucho recelo a traspasar o delegar.

6.2 Conclusiones específicas

Sin ánimo de ser repetitivo se detallan en este apartado las conclusiones más específicas que se han ido mencionando a lo largo del TFG y se concentran en este apartado:

- PUNTO 5.5.3. (cálculo de densidad de carga de fuego):

Mientras que en el CTE-DB-SI ¹ se calcula la densidad de carga de fuego para posteriormente utilizarla para calcular el tiempo equivalente de exposición al fuego (método basado en prestaciones en contrapartida del método prescriptivo), en el RSCIEI ² la densidad de carga de fuego se utiliza para averiguar el nivel de riesgo intrínseco de un sector, edificio o establecimiento (método prescriptivo).

Aquí se puede observar cómo el CTE es una normativa basada en prestaciones, mientras que el RSCIEI aún se rige como un código prescriptivo.

Por tanto, se puede afirmar que su finalidad según normativa es diferente.

- PUNTO 5.6. (problemas de la clasificación para almacenes de la tabla 2.1 CTE-DB-SI):

Hablando de almacenamientos en el CTE-DB-SI-1 ^{1,6} en su tabla 2.1 realiza una clasificación de los locales y zonas de riesgo especial atendiendo a dos criterios diferentes.

- Almacenamientos de cualquier uso excepto el comercial se utilizará el criterio de volumen.
- Almacenamientos de uso comercial se utilizará el criterio de densidad de carga de fuego calculada según el Anexo 1 del RSCIEI ^{2,3}.

Según se utilice un sistema u otro los resultados pueden salir muy dispares. Para solucionar esto mirar el estudio de Pedro J. Álvarez Morales en colaboración con CEPREVEN, método CRAEH ¹³.

- PUNTO 5.8.1.1.3. (sectorización):
 - a. El CTE-DB-SI ^{1,6} sólo se basa como criterio general el “uso” para establecer las condiciones de compartimentación en sectores de incendio, aunque también menciona “altura de evacuación”, “número plantas”, “recorridos de evacuación” en según qué apartado de uso.
 - b. El RSCIEI ^{2,3} se basa en dos criterios más objetivos a la hora de establecer las superficies máximas del sector de incendio como son: caracterización y configuración del edificio, y nivel de riesgo intrínseco.
 - c. El RSCIEI ^{2,3} sólo deja duplicar la superficie del sector si los sistemas de extinción de incendios no son obligatorios por normativa.
 - d. El RSCIEI ^{2,3} tiene en cuenta a la hora de sectorizar si la planta está por encima o por debajo de rasante y la altura de evacuación.
 - e. El RSCIEI ^{2,3} tiene en cuenta a la hora de sectorizar la longitud de fachada accesible.
 - f. El RSCIEI ^{2,3} además tiene en cuenta su entorno y no deja según qué sectores de incendio a menos de 25 m de masa forestal.

Por todo lo mencionado anteriormente se puede afirmar que los criterios de sectorización/compartimentación del RSCIEI ^{2,3} son mucho más exhaustivos y según mi punto de vista mucho más acertados que los del CTE-DB-SI ^{1,6}

- PUNTO 5.8.1.2.3. (reacción al fuego):
 - a. El CTE-DB-SI basa su clasificación según la situación del elemento. A más protección necesaria o más exposición al riesgo los materiales serán más seguros
 - b. El RSCIEI no hace ninguna clasificación según exposición al riesgo o protección necesaria. Realiza una clasificación generalista sin tener en cuenta la “infinitud” de variables posibles en los establecimientos industriales.
 - c. Se puede afirmar que el CTE-DB-SI es más restrictivo que el RSCIEI en su clasificación excepto en las zonas ocupables

- PUNTO 5.8.1.3.3. (estabilidad al fuego de elementos portantes):
 - a. Las dos normativas tienen permiten una solución prescriptiva (uso de las tablas) y una prestacional (métodos de cálculo de reconocida y justificada validez)
 - b. El CTE-DB-SI ^{1,6} basa su clasificación de la tabla 3.1 en el uso que se dará a dicho sector, cosa que es predominante en todo su articulado.
 - c. Las dos normativas comparten una misma visión de la problemática de la acción del fuego sobre la estructura: el nivel de riesgo y la posición de la planta del sector estudiado.
 - d. En referencia a las tablas 3.2 del CTE-DB-SI ^{1,6} y 2.2 del RSCIEI ^{2,3} donde las dos se rigen por el nivel de riesgo se pueden apreciar similitudes entre ellas: la tabla 3.2 del CTE-DB-SI ^{1,6} es idéntica que la tabla del RSCIEI ^{2,3} (edificios tipo B). a partir de aquí los edificios tipo A del RSCIEI ^{2,3} están mucho más penalizados y los tipo C están menos penalizados.
 - e. En la tabla 3.2 del CTE-DB-SI ^{1,6} aumenta la resistencia al fuego en base a: si el sector está bajo rasante y según la altura de evacuación.

- PUNTO 5.8.1.4.3. (resistencia al fuego de los elementos compartimentadores o de cerramiento):
 - a. Las resistencias de los elementos compartimentadores según el CTE-DB-SI ^{1,6} son equivalentes a las resistencias de los elementos portantes, cosa que es congruente con la afirmación del RSCIEI ^{2,3} sobre que las resistencias de dichos elementos tienen que tener como mínimo la misma resistencia.
 - b. El CTE-DB-SI ^{1,6} basa su clasificación en el uso que se dará a dicho sector y en la altura de evacuación, cosa que es predominante en todo su articulado.
 - c. La tabla del RSCIEI ^{2,3} basa su clasificación en el nivel de riesgo intrínseco que también es predominante en todo su articulado a la hora de realizar sus clasificaciones.
 - d. Por analogía, si comparamos la tabla 3.2 CTE-DB-SI 6 (Resistencia al fuego en tiempo de elementos estructurales en zonas de riesgo especial) que tendría los mismos valores que los elementos compartimentadores en función del riesgo

podemos afirmar que la tabla del punto 5.2 del RSCIEI ^{2,3} es un escalón más exigente que la del CTE-DB-SI ^{1,6}

- PUNTO 5.8.2.1.3. (Sistemas automáticos de detección de incendio):

El RSCIEI 2,3 tiene en cuenta más factores a la hora de fijar los requisitos para la dotación de los sistemas de detección de incendios. La explicación a esto puede ser, que el grado de magnitud de un incendio industrial puede ser es mucho mayor a un incendio no industrial.

- PUNTO 5.8.2.2.3. (sistemas manuales de alarma de incendio):

En el CTE-DB-SI ^{1,6} los sistemas de detección y alarma van de la mano, cuando uno es necesario el otro también, mientras que en el RSCIEI ^{2,3} los propone como antagónicos, cuando uno existe el otro no importa ponerlo.

- PUNTO 5.8.2.3.3. (Sistemas de comunicación de alarma):

Los sistemas de alarma en CTE-DB-SI ^{1,6} se disponen a partir de los 1.000 m², mientras que en el RSCIEI ^{2,3} se disponen a partir de los 10.000 m². La diferencia entre estos valores puede ser que los espacios en una industria son mucho más diáfanos que en establecimientos no industriales

- PUNTO 5.8.2.4.3. (Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios):

El RSCIEI ^{2,3} es mucho más preciso en este punto de sistemas de protección activa que en el CTE-DB-SI ^{1,6}.

Metros cúbicos de referencia para abastecimiento de agua según CEPREVEN ¹⁶.

| RESUMEN DE LAS CONDICIONES MÍNIMAS DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA (según RT2 - BIE de CEPREVEN) | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|
| Tipo de BIE | Presión dinámica (mínima punta lanza) | Caudal instantáneo | Reserva de agua (1 hora) | |
| BIE 25 | 3,5 kg/cm ² | 2 x 100 = 200 l/minuto | 60 | 12,00 m ³ |
| BIE 45 | 3,5 kg/cm ² | 2 x 198 = 396 l/minuto | 60 | 23,76 m ³ |
| BIE 45 | 3,5 kg/cm ² *) | 3 x 198 = 594 l/minuto | 90 | 53,46 m ³ |

*) De acuerdo con el RSCIEI, para uso industrial NRI Alto se exige garantizar el funcionamiento simultáneo de 3 BIE de 45 mm.

- PUNTO 5.8.2.5.3. (Sistemas de hidrantes exteriores):

El RSCIEI ^{2,3} en este apartado tiene un grado de especificación mucho mayor que el CTE-DB-SI ^{1,6}. Se cree que dicha diferencia de especificación debe ser porque en la extinción de establecimientos industriales normalmente se necesita mucho mayor caudal que en un establecimiento no industrial.

- PUNTO 5.8.2.6.3. (extintores portátiles de incendio):

El RSCIEI ^{2,3} en este apartado tiene un grado de especificación mucho mayor que el CTE-DB-SI ^{1,6}. Se cree que dicha diferencia de especificación debe ser porque la cantidad de conatos de incendio en establecimientos industriales es mayor que en un establecimiento no industrial.

- PUNTO 5.8.2.7.3. (BIEs):

El CTE-DB-SI ^{1,6} con buen criterio establece que la gran mayoría de las BIEs sean de \varnothing 25mm ya que el grado de preparación para su uso se puede considerar mínimo, la fuerza de retroceso de la lanza es baja y no importa desplegar completamente toda la devanadera para su uso. Sin embargo, para utilizar las BIEs de \varnothing 45mm ya se necesita una preparación más alta.

El RSCIEI ^{2,3} incluye aportaciones extra a las descritas por el RIPCI ¹⁵.

El nivel de especificación en este apartado se puede considerar más igualado que en los apartados anteriores, pero aún sigue mejor especificado el RSCIEI ^{2,3}.

- PUNTO 5.8.2.8.3. (sistemas de columna seca):

En este apartado las dos normativas están al mismo nivel de especificidad, básicamente se refieren al cumplimiento del RIPCI ¹⁵.

Se puede afirmar que el RSCIEI ^{2,3} es más restrictivo en altura de evacuación que el CTE-DB-SI ^{1,6}, excepto en uso hospitalario donde son equivalentes.

- PUNTO 5.8.2.9.3. (sistemas de rociadores automáticos de agua):

Se puede decir que en este apartado las dos normas tienen el mismo grado de especificación, si bien es cierto que cuando el factor determinante es la superficie construida, el RSCIEI ^{2,3} es más restrictivo que el CTE-DB-SI ^{1,6}.

- PUNTO 5.8.2.11.3. (alumbrado de emergencia):

Se puede afirmar que hay equidad entre normativas.

- ANEXO 2 Y 3

Según lo comentado con la persona encargada de la revisión de los proyectos contra incendios del Cos de Bombers de Palma y también comentado en apartados anteriores de este TFG, el cumplimiento de la normativa contra incendios es mucho más fácil para obra nueva. El cumplimiento de dicha normativa se complica en edificios ya construidos donde se realiza un cambio de uso, donde los técnicos competentes están mucho más limitados.

La segunda conclusión más importante y también comentada a lo largo de este TFG y en el próximo apartado, es que los técnicos competentes a la hora de redactar los proyectos contra incendios tienden a usar el modelo prescriptivo porque con su cumplimiento se ahorran muchos quebraderos de cabeza y les da mucha más seguridad. Se puede afirmar que sólo se utiliza el modelo basado en prestaciones cuando no es posible cumplir el modelo prescriptivo por las condiciones de la edificación o establecimiento.

Otra razón de la poca utilización del modelo basado en prestaciones es la falta de formación en España de este modelo.

6.3 Otras conclusiones

El CTE es un código de edificación prestacional. Con esto, España está a la vanguardia en materia de regulación, ya que tan solo unos pocos países tienen códigos edificatorios de las mismas características.

Pero no basta con una regulación excelente y basada en criterios prestacionales. En lo que falla nuestro país es que no se ponen los medios educativos necesarios para la aplicación de estos sistemas prestacionales, especialmente para los incendios.

Para que España haya avances significativos en la materia, se tienen que formalizar programas de educación universitaria especializados en ingeniería contra incendios además de aplicar el diseño prestacional al reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, al reglamento de protección contra incendios y a cualquier otra reglamentación específica.

6.4 Recomendaciones para futuros TFG sobre normativa contra incendios

- Evaluación de un caso práctico que se encuentre en el límite de aplicación de las dos normativas.
- Estudio del diseño basado en prestaciones en las reglamentaciones contra incendios.

7. Bibliografía

1. Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio. (2010).
2. Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Real Decreto 2267 / 2004 , de 3 de diciembre , por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos
TEXTO CONSOLIDADO Última modificación : 22 de mayo de 2010. *Boe***303**, 41194–41255 (2004).
3. GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES. (2007).
4. Ramón Fernández Becerra. DESARROLLO DE LAS NORMAS CONTRA INCENDIOS EN ESPAÑA. *Efectivos* (1933).
5. Jorge A. Capote Abreu. Historia Breve de La Seguridad Contra Incendios | Fires | Transport. Available at: <https://es.scribd.com/doc/11978343/Historia-Breve-de-La-Seguridad-Contra-Incendios>. (Accessed: 30th April 2017)
6. Ministerio de Fomento. Código Técnico de la Edificación. (2006). Available at: <https://www.codigotecnico.org/>. (Accessed: 24th March 2017)
7. Ministerio de Fomento. CTE DB SU Seguridad de utilización y accesibilidad. (2006). Available at: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-utilizacion-accesibilidad>. (Accessed: 24th March 2017)
8. Especial Prevención de incendios 2012. (2012). Available at: <http://www.seguridadypromociondelasalud.com/nEspecial2012/es/index.html>. (Accessed: 9th April 2017)
9. Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación. (1999).
10. Orta, B. El tiempo equivalente de exposición al fuego en un edificio histórico. *Inf. la Construcción***62**, 57–66 (2010).

11. Llinares Cervera; Maciá Torregrosa; Arteaga Iriarte. CALIBRACIÓN DEL TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CALIBRATION OF THE EQUIVALENT TIME OF FIRE EXPOSURE ACCORDING TO THE SPANISH BUILDING CODE). (2004).
12. FUNDACIÓN MAPFRE. GUÍA RSCIEI MAPFRE.
13. Pedro J. Álvarez Morales. Cepreven - Asociación de investigación para la seguridad de vidas y bienes. (2016). Available at: <http://www.cepreven.com/CRAEH>. (Accessed: 30th March 2017)
14. Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego (Vigente hasta el 24 de Noviembre de 2013).
15. Ministro de Industria y Energía. REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (RIPCI).
16. Asociación para la prevención y protección de riesgos. Available at: <http://www.cepreven.com/>. (Accessed: 25th May 2017)
17. CTE. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada. (2006).

Anexo 1. Tabla sobre volúmenes y áreas límite de almacenamiento según actividad para pasar a estar regido por RSCIEI 2,3

| ACTIVIDAD | Qv (MJ/m ³) | Ra | Ci | Kf (MJ/m ³) | Volumen máximo para pasar a RSCIEI (Ka=1/3) | Área máxima para pasar a RSCIEI para altura de 3m |
|------------------------------------|----------------------------|-----|-----|----------------------------|--|--|
| | | | | | Vrsciei= 3.000.000/Kf·Ka (m ³) | Área máxima RSCIEI (m ²) |
| Hidrógeno | 130.800 | 2,0 | 1,6 | 418560 | 22 | 7 |
| Depósitos de hidrocarburos | 43.700 | 2,0 | 1,6 | 139840 | 64 | 21 |
| Caucho | 28.600 | 2,0 | 1,3 | 74360 | 121 | 40 |
| Sacos de plástico | 25.200 | 2,0 | 1,3 | 65520 | 137 | 46 |
| Aceites comestibles | 18.900 | 2,0 | 1,3 | 49140 | 183 | 61 |
| Aceites comestibles, expedición | 18.900 | 2,0 | 1,3 | 49140 | 183 | 61 |
| Aceites: mineral, vegetal y animal | 18.900 | 2,0 | 1,3 | 49140 | 183 | 61 |
| Grasas comestibles | 18.900 | 2,0 | 1,3 | 49140 | 183 | 61 |
| Grasas | 18.000 | 2,0 | 1,3 | 46800 | 192 | 64 |
| Sacos de papel | 12.600 | 2,0 | 1,3 | 32760 | 275 | 92 |
| carbón de coque | 10.500 | 2,0 | 1,3 | 27300 | 330 | 110 |
| Papel | 10.000 | 2,0 | 1,3 | 26000 | 346 | 115 |
| Azúcar | 8.400 | 2,0 | 1,3 | 21840 | 412 | 137 |
| Fibras de coco | 8.400 | 2,0 | 1,3 | 21840 | 412 | 137 |
| Harina en sacos | 8.400 | 2,0 | 1,3 | 21840 | 412 | 137 |
| Papel, viejo o granel | 8.400 | 2,0 | 1,3 | 21840 | 412 | 137 |
| Imprentas, almacén | 8.000 | 2,0 | 1,3 | 20800 | 433 | 144 |
| Paneles de madera aglomerada | 6.700 | 2,0 | 1,3 | 17420 | 517 | 172 |
| Paneles de madera contrachapada | 6.700 | 2,0 | 1,3 | 17420 | 517 | 172 |
| Barnices a la cera | 5.000 | 2,0 | 1,6 | 16000 | 563 | 188 |
| Materiales sintéticos | 5.900 | 2,0 | 1,3 | 15340 | 587 | 196 |
| Cacao, productos | 5.800 | 2,0 | 1,3 | 15080 | 597 | 199 |
| Municiones | 4.500 | 2,0 | 1,6 | 14400 | 625 | 208 |

| | | | | | | |
|--|--------|-----|-----|-------|-------|-----|
| Leche en polvo | 10.500 | 1,0 | 1,3 | 13650 | 659 | 220 |
| Caucho, artículos de | 5.000 | 2,0 | 1,3 | 13000 | 692 | 231 |
| Colchones no sintéticos | 5.000 | 2,0 | 1,3 | 13000 | 692 | 231 |
| Correas | 5.000 | 2,0 | 1,3 | 13000 | 692 | 231 |
| Linóleo | 5.000 | 2,0 | 1,3 | 13000 | 692 | 231 |
| Melaza | 5.000 | 2,0 | 1,3 | 13000 | 692 | 231 |
| Madera en troncos | 6.300 | 1,5 | 1,3 | 12285 | 733 | 244 |
| café, extracto | 4.500 | 2,0 | 1,3 | 11700 | 769 | 256 |
| Leche condensada | 9.000 | 1,0 | 1,3 | 11700 | 769 | 256 |
| Azufre | 4.200 | 2,0 | 1,3 | 10920 | 824 | 275 |
| Madera, mezclada o variada | 4.200 | 2,0 | 1,3 | 10920 | 824 | 275 |
| Puertas plásticas | 4.200 | 2,0 | 1,3 | 10920 | 824 | 275 |
| Resinas sintéticas | 4.200 | 2,0 | 1,3 | 10920 | 824 | 275 |
| Artículos pirotécnicos | 2.000 | 3,0 | 1,6 | 9600 | 938 | 313 |
| Alimentación, materias primas | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Alquitrán | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Alquitrán, productos de | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| celuloide | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| cera | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Depósitos Merc. incomb. En paletas de madera | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Diluyentes | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Materiales usados, tratamiento | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Pegamentos combustibles | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Pegamentos incombustibles | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Resinas sintéticas, placas de | 3.400 | 2,0 | 1,3 | 8840 | 1.018 | 339 |
| Forraje | 3.300 | 2,0 | 1,3 | 8580 | 1.049 | 350 |
| cartón | 4.200 | 1,5 | 1,3 | 8190 | 1.099 | 366 |
| Madera, vigas y tablas | 4.200 | 1,5 | 1,3 | 8190 | 1.099 | 366 |

| | | | | | | |
|--|-------|-----|-----|------|-------|-----|
| Placas de resina sintética | 4.200 | 1,5 | 1,3 | 8190 | 1.099 | 366 |
| Barnices | 2.500 | 2,0 | 1,6 | 8000 | 1.125 | 375 |
| Colores y barnices con diluyentes combustibles | 2.500 | 2,0 | 1,6 | 8000 | 1.125 | 375 |
| Tintas de imprenta | 3.000 | 2,0 | 1,3 | 7800 | 1.154 | 385 |
| Café crudo | 2.900 | 2,0 | 1,3 | 7540 | 1.194 | 398 |
| Asfalto (bidones, bloques) | 3.400 | 2,0 | 1 | 6800 | 1.324 | 441 |
| Asfalto, manipulación de | 3.400 | 2,0 | 1 | 6800 | 1.324 | 441 |
| Chocolate | 3.400 | 1,5 | 1,3 | 6630 | 1.357 | 452 |
| Discos compactos y similares | 3.400 | 1,5 | 1,3 | 6630 | 1.357 | 452 |
| Cartón embreado | 2.500 | 2,0 | 1,3 | 6500 | 1.385 | 462 |
| Espumas sintéticas | 2.500 | 2,0 | 1,3 | 6500 | 1.385 | 462 |
| Leña | 2.500 | 2,0 | 1,3 | 6500 | 1.385 | 462 |
| Madera, restos de | 2.500 | 2,0 | 1,3 | 6500 | 1.385 | 462 |
| Quesos | 2.500 | 2,0 | 1,3 | 6500 | 1.385 | 462 |
| Jabón | 4.200 | 1,5 | 1 | 6300 | 1.429 | 476 |
| Talleres de enchapado | 2.900 | 1,5 | 1,3 | 5655 | 1.592 | 531 |
| cera, artículos | 2.100 | 2,0 | 1,3 | 5460 | 1.648 | 549 |
| Hule, artículos de | 2.100 | 2,0 | 1,3 | 5460 | 1.648 | 549 |
| Madera, virutas | 2.100 | 2,0 | 1,3 | 5460 | 1.648 | 549 |
| Productos de reparación de calzado | 2.100 | 2,0 | 1,3 | 5460 | 1.648 | 549 |
| Tabacos, artículos de | 2.100 | 2,0 | 1,3 | 5460 | 1.648 | 549 |
| Tejidos en general, almacén | 2.000 | 2,0 | 1,3 | 5200 | 1.731 | 577 |
| Hilados, productos de lana | 1.900 | 2,0 | 1,3 | 4940 | 1.822 | 607 |
| Textiles, mantas | 1.900 | 2,0 | 1,3 | 4940 | 1.822 | 607 |
| Cartón piedra | 2.500 | 1,5 | 1,3 | 4875 | 1.846 | 615 |
| Cartonaje | 2.500 | 1,5 | 1,3 | 4875 | 1.846 | 615 |
| Neumáticos | 1.800 | 2,0 | 1,3 | 4680 | 1.923 | 641 |
| Puertas de madera | 1.800 | 2,0 | 1,3 | 4680 | 1.923 | 641 |

| | | | | | | |
|--|-------|-----|-----|------|-------|-----|
| Archivos | 1.700 | 2,0 | 1,3 | 4420 | 2.036 | 679 |
| Confiterías | 1.700 | 2,0 | 1,3 | 4420 | 2.036 | 679 |
| Esquíes | 1.700 | 2,0 | 1,3 | 4420 | 2.036 | 679 |
| Estampación de productos sintéticos | 1.700 | 2,0 | 1,3 | 4420 | 2.036 | 679 |
| Hilados, productos de hilo | 1.700 | 2,0 | 1,3 | 4420 | 2.036 | 679 |
| Tabaco en bruto | 1.700 | 2,0 | 1,3 | 4420 | 2.036 | 679 |
| Tapices | 1.700 | 2,0 | 1,3 | 4420 | 2.036 | 679 |
| Papel, desechos prensados | 2.100 | 2,0 | 1 | 4200 | 2.143 | 714 |
| caramelos | 1.500 | 2,0 | 1,3 | 3900 | 2.308 | 769 |
| Neumáticos de automóviles | 1.500 | 2,0 | 1,3 | 3900 | 2.308 | 769 |
| Mercería, venta | 1.400 | 2,0 | 1,3 | 3640 | 2.473 | 824 |
| Algodón, almacén | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Cartón ondulado | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Harina, fábrica o comercio sin almacén | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Hule | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Material de oficina | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Paletas de madera | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Rejilla, asientos y respaldos | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Tejidos cáñamo, yute, lino | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Tejidos sintéticos | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Tejidos, depósito de balas de algodón | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Textiles, bordado | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Textiles, de lino | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Textiles, de yute | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Textiles, tricotado | 1.300 | 2,0 | 1,3 | 3380 | 2.663 | 888 |
| Cuero | 1.700 | 1,5 | 1,3 | 3315 | 2.715 | 905 |
| Cuero sintético | 1.700 | 1,5 | 1,3 | 3315 | 2.715 | 905 |
| Pastas alimenticias | 1.700 | 1,5 | 1,3 | 3315 | 2.715 | 905 |

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-----|-----|------|-------|-------|
| Parquets | 1.200 | 2,0 | 1,3 | 3120 | 2.885 | 962 |
| Algodón en rama, guata | 1.100 | 2,0 | 1,3 | 2860 | 3.147 | 1.049 |
| Papelería | 1.100 | 2,0 | 1,3 | 2860 | 3.147 | 1.049 |
| Teatros, bastidores | 1.100 | 2,0 | 1,3 | 2860 | 3.147 | 1.049 |
| Textiles, apresto | 1.100 | 2,0 | 1,3 | 2860 | 3.147 | 1.049 |
| Heno, balas de | 1.000 | 2,0 | 1,3 | 2600 | 3.462 | 1.154 |
| Productos químicos combustibles | 1.000 | 2,0 | 1,3 | 2600 | 3.462 | 1.154 |
| Tapicerías, artículos de | 1.000 | 2,0 | 1,3 | 2600 | 3.462 | 1.154 |
| Tejidos, seda artificial | 1.000 | 2,0 | 1,3 | 2600 | 3.462 | 1.154 |
| Peletería, productos de | 1.200 | 1,5 | 1,3 | 2340 | 3.846 | 1.282 |
| Pieles, almacén | 1.200 | 1,5 | 1,3 | 2340 | 3.846 | 1.282 |
| Alambre metálico aislado | 1.000 | 2,0 | 1 | 2000 | 4.500 | 1.500 |
| Textiles, bajos de prendas | 1.000 | 1,5 | 1,3 | 1950 | 4.615 | 1.538 |
| Acumuladores | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Alimentación, embalaje | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Apósitos, fabricación de artículos | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Automóviles, almacén de accesorios | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Azúcar, productos de | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Bebidas alcohólicas, venta | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| calzado, accesorio | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| cepillos y brochas | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Cochechitos de niño | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Corcho | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Corcho, artículos de | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Cuero sintético, artículos de | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Droguerías | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Espumas sintéticas, artículos de | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Fieltro | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |

| | | | | | | |
|---|-------|-----|-----|------|--------|-------|
| Juguetes | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Materias sintéticas, artículos de | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Medicamentos, embalaje | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Muebles de madera | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Paja prensada | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Placas de fibras blandas | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Revestimientos de suelos combustibles | 600 | 2,0 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Sacos de yute | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Textiles, lencería | 600 | 2,0 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Toneles de madera | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Toneles de plástico | 800 | 1,5 | 1,3 | 1560 | 5.769 | 1.923 |
| Toldos o lonas | 1.000 | 1,0 | 1,3 | 1300 | 6.923 | 2.308 |
| Materiales de construcción, almacén | 800 | 1,5 | 1 | 1200 | 7.500 | 2.500 |
| Aparatos fotográficos | 600 | 1,5 | 1,3 | 1170 | 7.692 | 2.564 |
| cajas de madera | 600 | 1,5 | 1,3 | 1170 | 7.692 | 2.564 |
| Cordelerías | 600 | 1,5 | 1,3 | 1170 | 7.692 | 2.564 |
| Cuero, artículos de | 600 | 1,5 | 1,3 | 1170 | 7.692 | 2.564 |
| Pilas secas | 600 | 1,5 | 1,3 | 1170 | 7.692 | 2.564 |
| Textiles, artículos de | 600 | 1,5 | 1,3 | 1170 | 7.692 | 2.564 |
| Textiles, encajes | 600 | 1,5 | 1,3 | 1170 | 7.692 | 2.564 |
| Textiles, prendas de vestir | 400 | 2,0 | 1,3 | 1040 | 8.654 | 2.885 |
| Cosméticos | 500 | 1,5 | 1,3 | 975 | 9.231 | 3.077 |
| Perfumería, artículos de | 500 | 1,5 | 1,3 | 975 | 9.231 | 3.077 |
| Cables | 600 | 1,5 | 1 | 900 | 10.000 | 3.333 |
| Legumbres secas | 400 | 1,5 | 1,3 | 780 | 11.538 | 3.846 |
| Producto de lavado, (lejía materia prima) | 500 | 1,5 | 1 | 750 | 12.000 | 4.000 |
| Aparatos eléctricos | 400 | 1,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| Aparatos electrónicos | 400 | 1,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |

| | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|--------|--------|
| Bibliotecas | 200 | 2,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| calzado | 400 | 1,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| Escobas | 400 | 1,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| Muebles, tapizado sin espuma sintética | 400 | 1,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| Paraguas | 400 | 1,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| Prendas de vestir | 400 | 1,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| Teléfonos | 200 | 2,0 | 1,3 | 520 | 17.308 | 5.769 |
| Bicicletas | 400 | 1,0 | 1 | 400 | 22.500 | 7.500 |
| Electricidad, almacén de materiales de | 400 | 1,0 | 1 | 400 | 22.500 | 7.500 |
| Lavadoras | 400 | 1,0 | 1 | 400 | 22.500 | 7.500 |
| Relojes | 400 | 1,0 | 1 | 400 | 22.500 | 7.500 |
| Armarios frigoríficos | 300 | 1,0 | 1,3 | 390 | 23.077 | 7.692 |
| Espicias | 200 | 1,5 | 1,3 | 390 | 23.077 | 7.692 |
| Flores artificiales | 200 | 1,5 | 1,3 | 390 | 23.077 | 7.692 |
| Persianas, fabricación | 300 | 1,0 | 1,3 | 390 | 23.077 | 7.692 |
| Refrigeradores | 300 | 1,0 | 1,3 | 390 | 23.077 | 7.692 |
| Congelados | 372 | 1,0 | 1 | 372 | 24.194 | 8.065 |
| Conservas | 372 | 1,0 | 1 | 372 | 24.194 | 8.065 |
| Bebidas sin alcohol, zumos de fruta | 300 | 1,0 | 1 | 300 | 30.000 | 10.000 |
| abonos químicos | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Aparatos de radio, fabricación | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Aparatos de televisión | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Aparatos domésticos | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Cestería | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Cestería, venta de artículos de | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Depósitos Merc. incomb. En cajas de madera | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Depósitos Merc. incomb. En cajas de plástico | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Depósitos Merc. incomb. En casilleros de madera | 100 | 2,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |

| | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|---------|---------|
| Instrumentos de óptica | 200 | 1,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Textiles | 100 | 2,0 | 1,3 | 260 | 34.615 | 11.538 |
| Producto de lavado, (lejía) | 200 | 1,0 | 1 | 200 | 45.000 | 15.000 |
| Depósitos Merc. incomb. En estanterías de madera | 100 | 1,0 | 1,3 | 130 | 69.231 | 23.077 |
| Bebidas bajas o sin alcohol | 125 | 1,0 | 1 | 125 | 72.000 | 24.000 |
| Depósitos Merc. incomb. En estanterías metálicas | 20 | 1,0 | 1 | 20 | 450.000 | 150.000 |

Anexo 2: Check list de comprobación cumplimiento CTE-DB-SI ^{1,6} de un proyecto real

Datos del proyecto:

No se dan los datos completos del proyecto por motivos de cumplimiento de la ley de protección de datos.

Edificio en el casco histórico de Palma donde se realizará una reforma integral y un cambio de uso del edificio para pasar a ser un hotel (residencial público).

Descripción de las superficies construidas:

PLANTA SÓTANO 2: 62,12 m²

PLANTA SÓTANO 1: 228,39 m²

PLANTA BAJA: 155,6 m²

PLANTA 1: 359 m²

PLANTA 2: 428,52 m²

PLANTA 3: 436,96 m²

PLANTA CUBIERTA: 114,41 m²

TOTAL: 1785 m²

| | Proyecto | CTE-DB-SI | Observaciones |
|---|--|-----------|---|
| SI 1. PROPAGACIÓN INTERIOR | | | |
| 1.1. Compartimentación de sectores de incendio | ≤ 2.500 m ² | ✓ | Ascensor no comunica distintos sectores. Paredes habitaciones EI 60. Puertas EI2 30-C5. |
| 1.2 Locales y zonas de riesgo especial | Recinto cuadro general, recinto grupo contra incendios, spa. | ✓ | 1: Cocina NO es de riesgo especial por ser menor a 20 kW, aunque se cumplirán los criterios como si lo fuese. 2: Cumplen con tabla 2.2 SI-1-2 |
| 1.3 Espacios ocultos | Justificado en proyecto | ✓ | |
| 1.4. Reacción al fuego | Justificado en proyecto | ✓ | |
| SI 2. PROPAGACIÓN EXTERIOR | | | |
| 2.1 Medianeras y fachadas | Justificado en proyecto | ✓ | Justificado cumplimiento puntos SI 2-1.1/1.2/1.3/1.4 |
| 2.2. Cubiertas | Justificado en proyecto | ✓ | Justificado cumplimiento puntos SI 2-2.1/2.2/2.3 |
| SI 3. EVACUACIÓN DE OCUPANTES | | | |
| 3.1 Compatibilidad de los elementos de evacuación | Justificado en proyecto | ✓ | No aplicable por ser inferior a 1.500 m ² |
| 3.2. Cálculo de la ocupación | 236 personas | ✓ | En base a tabla 2.1 del CTE-SI-3 |
| 3.3. Número de salidas y recorrido de evacuación | 2 salidas | ✓ | Cumple con tabla 3.1 del CTE-SI-3 |
| 3.4. Dimensionado medios evacuación | A≥P/200≥0,80 m | ✓ | Cumple con las dimensiones según zona |
| 3.5. Protección de escaleras | Justificado en proyecto | ✓ | Cumple con tabla 5.1 del CTE-SI-3 |
| 3.6. Puertas situadas en recorridos de evacuación | Justificado en proyecto | ✓ | |
| 3.7. Señalización de los medios de evacuación | Justificado en proyecto | ✓ | Cumple con UNE 23034:1988 |
| 3.8. Control del humo de incendio | No preceptivo | ✓ | |
| 3.9. Evacuación de las personas con discapacidad | No preceptivo | ✓ | |
| SI 4. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS | | | |
| 4.1. Extintores | Justificado en proyecto | ✓ | 21A-113B |

| | | | |
|---|-------------------------|---|---|
| 4.2. BIEs | 6 unidades de 25 mm | ✓ | Aljibe de 12 m ³ |
| 4.3. Sistema de detección y alarma | Justificado en proyecto | ✓ | Por tener superficie construida superior a 500 m ² |
| 4.4 Hidrante exterior | No preceptivo | ✓ | Superficie menor a 2.000 m ² |
| 4.5. Instalación automática de extinción | No preceptivo | ✓ | Superficie menor a 5.000 m ² |
| 4.6. Instalación automática en campanas | No preceptivo | ✓ | Se realizará, aunque no sea preceptivo |
| 4.7. Sistema de sobre-presión en escalera | Justificado en proyecto | ✓ | Según EN-12101-6 |
| 4.8. Señalización instalaciones contra incendios | Justificado en proyecto | ✓ | Según UNE 23033-1 |
| SI 5. INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS | Justificado en proyecto | ✓ | |
| SI 6. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA | | | |
| 6.1. Elementos estructurales principales | Justificado en proyecto | ✓ | Según tabla 3.1 CTE-DB SI 6 3.1 |
| 6.2. Elementos estructurales secundarios | | ✓ | Según tabla 3.1 CTE-DB SI 6 4 |
| OBSERVACIONES ADICIONALES: 1. edificio con dos escaleras protegidas con paredes EI 120 y puertas EI2 60-C5. 2. Altura evacuación 14,46 m. | | | |
| CALIFICACIÓN POR SEIS: FAVORABLE | | | |

Anexo 3. Check list de comprobación cumplimiento RSCIEI ^{2,3} de un proyecto real

Datos del proyecto:

No se dan los datos completos del proyecto por motivos de cumplimiento de la ley de protección de datos.

Nave industrial ubicada en calle Asival del polígono de Can Valero, destinada a uso industrial para almacenamiento de muebles usados y un pequeño taller artesanal para reparación de los mismos y posterior venta.

Dispone de un cerramiento perimetral formado por pilares metálicos recubiertos por mortero y murete de ladrillo acabado en mortero y pintado. La nave está separada por ambos lados y a una distancia superior a tres metros por dos parcelas de similares características.

Dispone de tres puertas de acceso, dos en fachada y la tercera por el vial adyacente a la nave. Superficie construida total del espacio destinado a la actividad de almacén y taller artesanal es de 1.080 m². Pavimento acabado con hormigón, considerándose antideslizante.

Descripción de los espacios establecidos:

AREA CARGA I DESCARGA: 20 m²

AREA ALMACENAJE LOGÍSTICO: 75 m²

AREA DE ALMACÉN: 366 m²

TALLER ARTESANAL: 50 m²

OFICINAS: 5 m²

ASEOS Y VESTUARIO: 8,1 m²

ALTILLO: 385 m² sin uso y clausurado

| | Proyecto | Reglamento | Observaciones |
|--|---|------------|--|
| 1. Caracterización del establecimiento por configuración y ubicación | | | |
| 1.1. Configuración y ubicación | Tipo C | ✓ | |
| 1.2. Superficie | 1.080 | ✓ | |
| 1.3. Plantas | 1+1 | Comprobar | Comprobar que realmente el altillo está clausurado |
| 1.4. Altura máxima de evacuación ascendente | 0m | ✓ | |
| 1.5. Altura máxima de evacuación descendente | 0m | ✓ | |
| 2. Caracterización por su nivel de riesgo intrínseco | | | |
| 2.1. Densidad de carga de fuego para actividades diferentes al almacenamiento (sector) | 511,19 MJ/m ² | × | Las superficies no concuerdan con las dadas. Según mis cálculos sale 752 MJ/m ² |
| 2.2. Densidad de carga de fuego para actividades de almacenamiento (sector) | 750 MJ/m ² | ✓ | |
| 2.3. Densidad de carga de fuego del conjunto del edificio | 712,3 MJ/m ² | ✓ | |
| 3. Nivel de riesgo intrínseco | RIESGO BAJO 2 | ✓ | Aunque hay error en 2.1 éste no afecta este ítem |
| 4. Medidas de protección | | | |
| 4.1. Sistemas pasivos | | | |
| 4.1.1. Sectorización | sector más grande de 443 m ² | ✓ | Límite 6.000 m ² |
| 4.1.2. Reacción al fuego | A1 (M0) | ✓ | |

| | | | |
|--|------------------|-----------------|---|
| 4.1.3. Estabilidad al fuego de elementos portantes | | Comprobar (R30) | Según memoria no es de aplicación porque no hay elementos portantes en los sectores de incendio |
| 4.1.4. Resistencia al fuego de los elementos compartimentadores | REI 180 Y EI 180 | ✓ | |
| 4.2. Sistemas activos | | | |
| 4.2.1. Sistemas automáticos de detección de incendio | No preceptiva | ✓ | Por ser de riesgo bajo |
| 4.2.2. Sistemas manuales de alarma de incendio | Sí | ✓ | Almacenamiento y supera los 800 m ² |
| 4.2.3. Sistemas de comunicación de alarma | No preceptiva | ✓ | Por ser inferior a 10.000 m ² |
| 4.2.4. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios | No preceptiva | ✓ | |
| 4.2.5. Sistemas de hidrantes exteriores | Sí | ✓ | Por ser tipo C con riesgo bajo |
| 4.2.6. Extintores de incendio portátiles | Sí | ✓ | 21A-113B |
| 4.2.7. BIEs | No preceptiva | ✓ | Por ser tipo C con riesgo bajo |
| 4.2.8. Columna seca | No preceptiva | ✓ | Altura de evacuación inferior a 15 m |
| 4.2.9. Rociadores automáticos | No preceptiva | ✓ | Por ser tipo C con riesgo bajo |
| 4.2.10. Sistemas de extinción (agua pulverizada, espuma, polvo, gas) | No preceptiva | ✓ | |
| 4.2.11. Alumbrado de emergencia | Sí | ✓ | |
| 4.2.12. Señalización | Sí | ✓ | |
| 4.2.13. Abastecimiento de agua | No preceptiva | ✓ | |
| 5. Cálculo de la ocupación | 8 | ✓ | |
| 6. Fachadas accesibles | Sí | ✓ | |



OBSERVACIONES ADICIONALES POR SEIS: 1. Puertas de evacuación deben cumplir el punto 6.3.5. del anexo II. 2. Acreditar la inscripción en el registro de instalaciones de protección contra incendios en la dirección general de industria de la CAIB. 3. Se mantendrá el vial de acceso a la nave libre de almacenajes para facilitar posible actuación bomberos. 4. El titular será el responsable de garantizar que el nivel de riesgo intrínseco no aumenta.

CALIFICACIÓN POR SEIS: FAVORABLE