

ENTREGABLE PROYECTOS— 2022-2023

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PREDICTIVA DEL COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE DIFERENTES PRODUCTOS PARA APLICACIÓN MULTISECTORIAL.

“PREFIRETOOL”

Entregable: E3_INFORME DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO MEDIANTE MÉTODOS DE PEQUEÑA ESCALA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Programa: Proyectos de I+D en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22200057

Expediente: IMDEEA/2022/14

Duración: 18 meses (del 01/04/2022 al 30/09/2023)

Coordinado en AIDIMME por: GARCÍA MALPARTIDA, STEPHANE ABENAMAR



GENERALITAT
VALENCIANA

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Financiado por
la Unión Europea

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.....	1
2. ACTIVIDADES REALIZADAS.	2
2.1 INTRODUCCIÓN	2
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CON MÉTODOS DE PEQUEÑA ESCALA.	4
2.2.1 CONO CALORIMÉTRICO	4
2.2.2 SMOKE BOX (CÁMARA HUMOS)	11
2.2.3 MATERIALES Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS ESTUDIADOS.	14
3. RESULTADOS OBTENIDOS.....	16
3.1 CONO CALORIMÉTRICO	16
3.2 SMOKE BOX (CÁMARA HUMOS)	17
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	19
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	22

1. Introducción, objetivos del entregable.

El presente entregable tiene como objetivo recopilar los resultados procedentes de la evaluación del comportamiento frente al fuego mediante métodos de pequeña escala y dar a conocer el posterior análisis de resultados para su implementación en el desarrollo de la herramienta predictiva. Todas las tareas del presente entregable están englobadas en el **paquete de trabajo 4: “Análisis y caracterización de materiales con métodos de pequeña escala”**.

Dentro del PT.4 se establecieron tres tareas:

- Tarea 4.1. Búsqueda, selección y preparación de materiales

En esta tarea se realizó una **búsqueda, selección y preparación de materiales**, intentando abarcar el mayor número posible de aplicaciones posibles, así como el mayor rango de tipología de materiales (madera y derivados, pinturas y barnices, biocomposites, paneles sándwich, polímeros, laminados, etc.)

En esta tarea, se contó con la participación de las empresas colaboradoras: **KRION SOLID SURFACE S.A., L'ANTIC COLONIAL, PINTURAS BLATEM, EMEDEC y PINTURAS ISAVAL**, para la realización de esta tarea con una doble misión: **proporcionar materiales** representativos para su caracterización y dar a conocer su **visión** acerca de la utilidad de una herramienta predictiva del tipo que se plantea como objetivo del proyecto.

- Tarea 4.2.- Caracterización de los materiales para extraer datos experimentales de diversos parámetros.

Esta tarea se centró en el **desarrollo experimental** con **método de pequeña escala** mediante los cuales se obtuvieron datos de las **distintas variables** que tienen incidencia en el comportamiento frente al fuego de los materiales, tales como: la tasa de emisión de calor, calor total producido, tiempo de ignición, duración de la inflamación, emisión de humos, etc.

- Tarea 4.3.- Análisis de los datos obtenidos para su inclusión en la herramienta predictiva

En el desarrollo experimental llevado a cabo en la tarea 4.2, se obtuvieron una gran cantidad de valores para distintos parámetros y variables que fueron evaluados y analizados para discernir su inclusión en el desarrollo de la herramienta predictiva.

2. Actividades realizadas.

2.1 Introducción

La evaluación del comportamiento frente al fuego de los materiales empleados en diversos sectores como la construcción, transporte y automoción siempre ha sido prioritaria para poder incrementar el nivel de seguridad en caso de un eventual incendio.

Cuando se revisa la **extensa y específica reglamentación** existente, no sólo sorprende el encontrar una **multitud** de **sistemas** de **clasificación** dependiendo del **sector** destino del producto que no tiene conexión entre sí, sino también la falta de un sistema común de referencia para un riesgo de alcance mundial.

La **evaluación del comportamiento frente al fuego** de los materiales se regía por normativas nacionales que tenían diferentes métodos de ensayo en los que se evaluaban **parámetros** muy **dispares**. Esto conllevaba que la clasificación obtenida era diferente para España, Reino Unido, Francia o Alemania y lo que era peor, que no existía una correlación o equivalencia, lo cuál implicaba que el material debía ser evaluado con cada uno de los métodos nacionales, disparando los costes de producción/certificación.

A **nivel europeo**, con el cambio de milenio (circa 2000), esta insostenible situación se mitigó con el acuerdo de los países de la Unión Europea en desarrollar un marco común de referencia para evaluar el comportamiento frente al fuego, denominado **Euroclases**.

Las **Euroclases** de reacción al fuego de los productos de construcción se basan en cinco métodos de prueba de fuego:

- Determinación de la incombustibilidad s/n UNE-EN ISO 1182:**2021**
- Cálculo del poder calorífico superior s/n UNE-EN ISO 1716:**2021**
- Comportamiento ante acción llama pequeña s/n UNE-EN ISO 11925-2:**2021**
- Evaluación comportamiento frente al fuego - **SBI** s/n UNE-EN 13823:**2021**
- Evaluación comportamiento frente al fuego **panel radiante** s/n UNE-EN ISO 9239-1:2011.

Los tres primeros métodos de ensayo son comunes a la hora de evaluar los revestimientos de paredes o revestimiento de suelos, siendo el ensayo del SBI específico para evaluar revestimientos de paredes/techos y el ensayo de panel radiante el determinante para el análisis de un revestimiento de suelo. Los detalles de acondicionamiento de la muestra y la selección del sustrato se dan en la norma UNE-EN 13238:2011 y el procedimiento armonizado para la clasificación se describe en la norma UNE-EN 13501-1:2018. Como se puede observar, este **sistema de evaluación** ha sido recientemente **modificado en 2021**.

Sin embargo, para el **sector ferroviario** se emplea un sistema de evaluación completamente distinto. Se emplean métodos de pequeña escala como el **cono calorimétrico** (normativa internacional ISO 5660-1) y la **cámara de humos** (normativa internacional ISO 5659-2).

Cada vez es más habitual que materiales típicamente empleados para un uso concreto, sean escogidos para nuevas aplicaciones en distintos sectores. AIDIMME recibe **multitud de consultas** de las empresas en las que se pregunta acerca de la posibilidad de emplear un material cuyo comportamiento al fuego, que ya ha sido evaluado mediante algún método, para **nuevas aplicaciones** para otros sectores (**construcción, automoción, transporte ferroviario/marítimo**, etc.)

A **nivel de investigación y desarrollo de nuevos productos**, existe el **hándicap** de la limitación en la **cantidad y tamaño de probetas** en las fases iniciales de un nuevo producto/material. Los **métodos de gran escala** precisan una gran cantidad de muestra que en las fases iniciales cuando se prueban distintas variables como la composición o parámetros de fabricación no es viable realizar. Es por ello que es necesario realizar una evaluación con **métodos de pequeña escala** que precisen probetas de dimensiones adecuadas que permitan la fabricación necesaria en cuanto a tamaño y número de probetas. **Encontrar** una **relación** entre resultados obtenidos en métodos de pequeña escala y de gran escala no es tarea sencilla por la multitud de factores implicados, pero de gran valor debido a la gran cantidad de información **predictiva** que puede proporcionar.

2.2 Descripción de la investigación con métodos de pequeña escala.

Como hemos mencionado anteriormente, los métodos de pequeña escala elegidos para la evaluación del comportamiento frente al fuego materiales que puedan ser empleados en diversos sectores fueron dos de carácter internacional: cono calorimétrico (ISO 5660-1) y cámara de humos o *smoke box* (ISO 5659-2).

Ambos métodos precisan probetas de tamaño reducido: 100mm x 100mm (cono calorimétrico) y 70 mm x 70mm (cámara de humos). En relación con el método de gran escala de SBI supone, respectivamente, una superficie 225 y 450 veces menor, con el consiguiente ahorro en materias primas y proceso de producción de materiales.

2.2.1 Cono calorimétrico

Mediante el cono calorimétrico, se evalúa el comportamiento de las probetas frente a la acción de niveles controlados de irradiancia con un ignitor externo. El procedimiento se lleva a cabo siguiendo las indicaciones de la norma ISO 5660-1:2015. *Ensayos de reacción al fuego. Calor emitido, producción de humo y pérdida de masa. Parte 1: Tasa de emisión de calor (método del cono calorimétrico) y tasa de producción de humos (medida dinámica).*

Objeto y campo de aplicación.

Especifica un método para evaluar la tasa de emisión de calor y la producción de humos de probetas expuestas en posición horizontal con niveles de irradiancia controlados y un ignitor externo. La tasa de producción de calor se determina por medio de la medida del consumo de oxígeno derivado de la concentración de oxígeno y la velocidad de flujo de combustión del producto. El tiempo de ignición (llama sostenida) también se mide durante el ensayo.

La tasa de producción de humo se calcula a partir de la atenuación de la luz del láser durante la combustión del producto. La opacidad del humo es registrada durante todo el ensayo, tanto si la probeta está inflamada o no.

Este método se puede aplicar a materiales o componentes que se emplean en la construcción dentro del sector ferroviario y del transporte, así como en la investigación en los sectores de la madera, plástico o recubrimientos que puedan tener una contribución frente al fuego.

Método de ensayo.

Las probetas de ensayo deben ser representativas de la muestra ensayada en su uso final. Las probetas deben ser esencialmente planas.

Se necesitan 3 probetas de $100^{0,-2}$ mm de lado (cuadradas), con un espesor comprendido entre (6 - 50] mm. Se pueden realizar experiencias previas para dilucidar si el material es intumescente frente a la acción de la irradiancia controlada. En ese caso, la distancia entre la base del cono y la superficie de la muestra se debe modificar:

- Materiales no intumescentes: 25 ± 1 mm.
- Materiales intumescentes: 60 ± 1 mm.

En el caso de observarse intumescencia o inestabilidad dimensional de la muestra durante los ensayos previos, se deberá introducir una rejilla normalizada encima de la superficie de la muestra con el fin de poder proteger al equipo de que la probeta pueda provocar algún daño al instrumental.

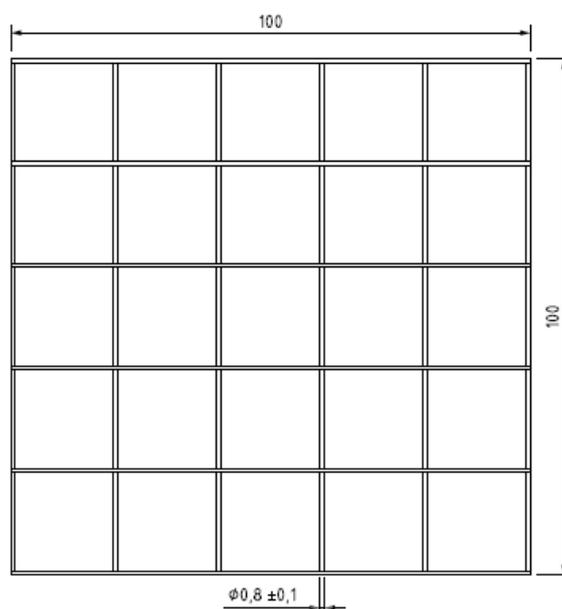


Figura 1. Esquema de la rejilla normativa.

Las probetas se acondicionan a 23 ± 2 °C y a una humedad relativa de 50 ± 5 %, según la norma ISO 554.

El resultado del ensayo debe estar compuesto por tres resultados de tres muestras en idénticas condiciones.

La fuente de irradiancia debe ser una varilla calefactora eléctrica, capaz de suministrar una potencia de 5000 W en el voltaje operativo, enrollado firmemente en forma de cono truncado. La irradiancia del calefactor se debe controlar a un valor establecido controlando la media de temperatura de 3 termopares simétricamente dispuestos y en contacto, pero no soldados, al elemento calefactor. En la siguiente figura puede observarse el montaje:

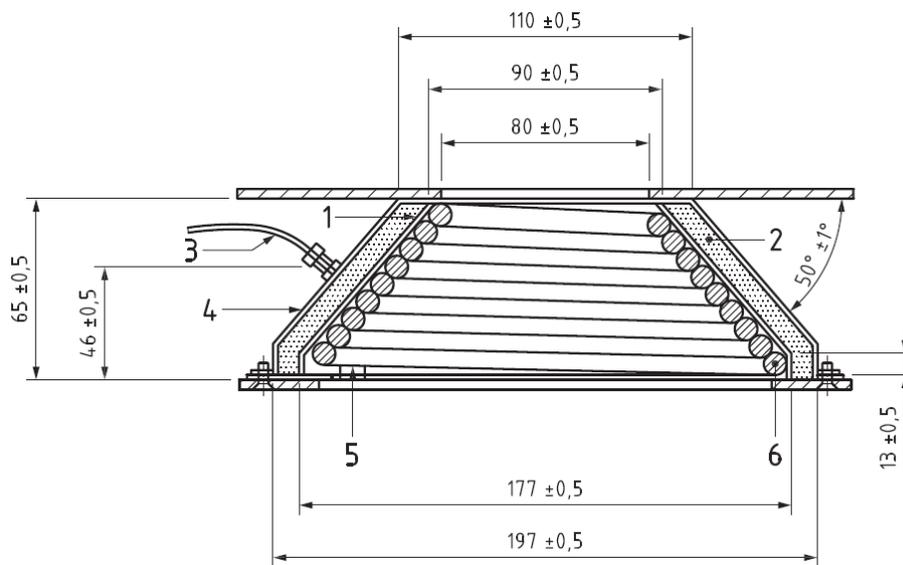


Figura 2. Esquema de montaje del elemento calefactor.

El calefactor debe ser capaz de producir una irradiancia sobre la superficie de la probeta de hasta 75 kW/m^2 . La irradiancia debe ser uniforme dentro del área de $50 \times 50 \text{ mm}$ de la superficie expuesta de la probeta, dentro de un $\pm 2 \%$ para una irradiancia de 50 kW/m^2 .

También se emplea un ignitor externo que provoca la inflamación de los gases que emite la probeta durante el ensayo. Su colocación debe estar $13 \pm 2 \text{ mm}$ por encima del centro de la superficie de la probeta, excepto para las muestras inestables dimensionalmente, cuya distancia será de $48 \pm 2 \text{ mm}$, como se puede observar en la siguiente figura:



Figura 3. Disposición del cono calefactor y ejemplo de irradiación sobre muestra.

Previamente al ensayo, se debe ajustar el sistema de extracción de humos, próximo, pero no conectado al sistema de ventilación, para que extraiga los productos de combustión y se pueda determinar la densidad óptica de los mismos, por medición de la transmitancia del láser que atraviesa el conducto de medición.

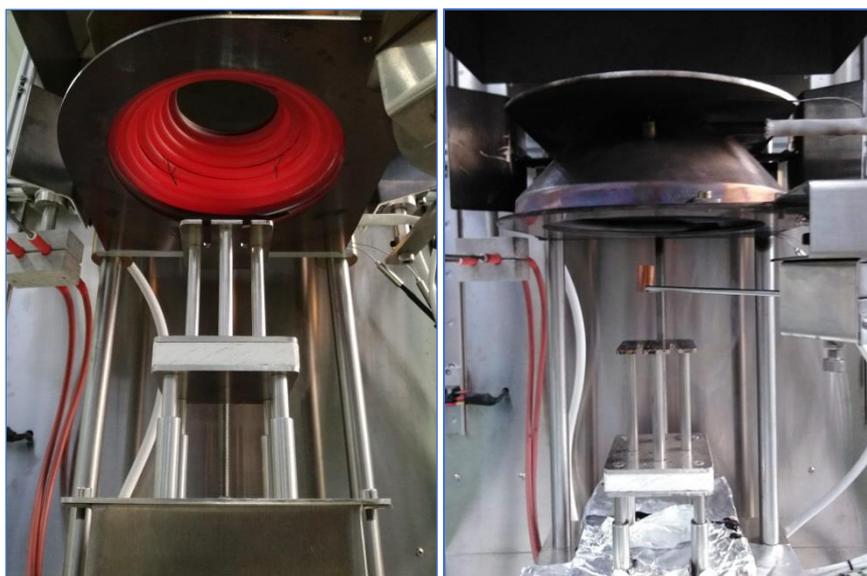


Figura 4. Vista del cono calefactor encendido y disposición del radiómetro durante la calibración.

Asimismo, hay que calibrar el cono calefactor (fuente de irradiancia) con el fin de poder asegurar que la irradiancia que se le está suministrando a la superficie de la probeta es la adecuada. Para ello, se coloca un radiómetro refrigerado continuamente a la misma distancia a la cual va a estar la superficie de la probeta y se mide la irradiancia (potencia incidente por unidad de área). La temperatura del cono calefactor se ajusta hasta alcanzar una irradiancia $\pm 0.1 \text{ kW/m}^2$ al valor objetivo.

Una vez ajustada la irradiancia, se debe realizar las calibraciones de cada uno de los elementos de medición sujetos a esta comprobación periódica. Para ello, se deben realizar las calibraciones de los analizadores de gases que contiene el equipo (O_2 , CO y CO_2). Para cada uno de ellos, se realiza 2 tipos de ajuste: calibración cero y calibración del fondo de escala. El motivo de estas dos operaciones es poder asegurar que los límites en los que el analizador está midiendo [0 – fondo de escala] son los correctos. Para la calibración del 0 % se emplea N_2 de alta pureza y para el fondo de escala del CO y CO_2 se utilizan mezclas previamente preparadas a los límites de medida de los analizadores. En el caso del O_2 , se emplea aire atmosférico del propio laboratorio.

Por último, se realiza una tara del útil portamuestras en el sistema de pesaje con el objetivo de parametrizar únicamente la pérdida de masa de la probeta.

Procedimiento de ensayo.

Una vez realizadas todas las calibraciones, se envuelve la muestra en aluminio y se monta en el útil portamuestras, dejando al descubierto la superficie de la muestra correspondiente al marco retenedor.

Se comienza a registrar medidas antes de introducir la probeta con el fin de establecer una línea base. Una vez realizado este paso (entre 60 - 90 s), se coloca el plato protector de radiación, se introduce el útil con la muestra, se retira el plato y se activa el ignitor (arco voltaico) con objeto de provocar la inflamación de los gases desprendidos.

Se registran los tiempos a los cuales ocurre la inflamación. Cuando ocurre este evento, se retira el ignitor. Si la llama se extingue en menos de 60 s después de retirar el ignitor, se vuelve a introducir el ignitor dentro de los 5 s de intervalo y éste no se retira hasta que el ensayo no haya finalizado.

Se realiza un registro de datos en cualquiera de los siguientes supuestos:

- a) 32 min desde el tiempo de llama sostenida (los 32 min consisten en 30 min de tiempo de ensayo y 2 min adicionales posteriores al test para recopilar datos que se desplazarán en el tiempo). Se recopilan datos desde el momento que existe llama sostenida más 30 min.

- b) 30 min y la probeta no se ha inflamado.
- c) La fracción molar de oxígeno (χ_{O_2}) vuelve a valores mayores que los registrados antes del inicio del test menos 100 μl / l de concentración de oxígeno en 10 min. El final del ensayo es el inicio del periodo de 10 min.
- d) La diferencia de masa en la probeta es menor de 0.1 g en 60 s. El final del ensayo es el inicio del periodo de 60 s.

Para cualquier supuesto que ocurra primero, la duración mínima de ensayo deben ser 5 min. Se deben observar y registrar cambios físicos en las probetas, como es el caso de fundición, hinchazón o agrietamiento.

Retirar el útil portamuestras colocando antes el plato protector de radiación, con objeto de proteger al operador de la radiación que emite el cono calefactor.

Expresión de resultados

Así pues, como resultados del ensayo, se determinan o calculan los siguientes parámetros:

- **Tiempo de inflamación, t_{ig} (s):** es el tiempo al que ocurre la ignición de la probeta tras 3 s de llama sostenida.
- **Duración del ensayo (s):** es el tiempo que transcurre desde el tiempo de inflamación hasta el final del ensayo.
- **Heat Release Rate, HRR (kW/m^2):** es la velocidad a la cual la probeta emite calor por unidad de área.
- **$q_{A,180\text{ s}}$ (kW/m^2):** velocidad media de emisión de calor por unidad de área en el periodo desde el t_{ig} hasta 180 s después.
- **$q_{A,300\text{ s}}$ (kW/m^2):** velocidad media de emisión de calor por unidad de área en el periodo desde el t_{ig} hasta 300 s después.
- **$q_{A,m\acute{a}x}$ (kW/m^2):** es el valor máximo de emisión de calor por unidad de área (pico HRR).
- **MAHRE HRR (kW/m^2):** es el valor máximo del promedio de la emisión de calor por metro cuadrado.
- **Total Heat Release, THR (MJ/m^2):** Calor emitido total de la probeta por unidad de área.
- **m_s (g):** masa de la probeta en el tiempo de inflamación.
- **m_f (g):** masa de la probeta al final del ensayo.
- **Pérdida de masa (g/m^2):** pérdida de masa total de la probeta por unidad de área.
- **Tasa media de pérdida de masa ($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{s}$):** velocidad media de pérdida de masa de la probeta por unidad de área.

- **MLR₁₀₋₉₀** (g/m² s): velocidad media de pérdida de masa de la probeta por unidad de área entre el 10 % y el 90 % de pérdida de masa.
- **S_{A,1}** (m²/m²) : emisión total de humos por unidad de área durante la fase sin llama.
- **S_{A,2}** (m²/m²) : emisión total de humos por unidad de área durante la fase con llama.
- **S_A** (m²/m²) : emisión total de humos por unidad de área de la muestra.



Figura 5. Probeta durante el ensayo de cono calorimétrico

2.2.2 Smoke box (cámara humos)

El método de ensayo de la cámara de humos se basa en el análisis de la evolución de la producción de humos de una probeta de área conocida bajo la acción de una fuente de radiación. La medición de la producción de humos se mide con la densidad óptica específica.

Densidad óptica específica D_s .

Se traza un gráfico de la transmisión de la luz en función del tiempo y se determina el porcentaje de transmisión de la luz mínima, T_{\min} . T_{\min} se transforma en la densidad óptica específica máxima $D_{s,\max}$, mediante cálculo, con dos cifras significativas, empleando la siguiente ecuación:

$$D_{s,\max} = 132 \cdot \log_{10} \left(\frac{100}{T_{\min}} \right)$$

Dónde:

132 es el factor derivado de la expresión $\frac{V}{A \cdot L}$ para la cámara de ensayo, donde V es el volumen de la cámara, A es el área expuesta de la probeta y L es la longitud de la trayectoria de la luz.

Si se requiere, el valor de D_s a los 4 min ($D_{s,4}$), 8 minutos ($D_{s,8}$), y 20 minutos ($D_{s,20}$).

Las experiencias se pueden realizar bajo las siguientes condiciones:

- La radiación aplicada sobre la probeta es de 50 kW/m² y con presencia de llama.
- Las probetas se disponen en posición horizontal
- La distancia entre la superficie de la probeta y el foco radiante es de 25mm.
- Los productos se ensayan envueltos en film de aluminio en su cara no expuesta
- Duración de 1200 segundos.



Figura 6. Cámara de emisión de humos (*smoke box*)



Figura 7. Interior de la cámara de emisión de humos (*smoke box*)



Figura 8. Material PFT-09 antes y después de experiencia en cámara de humos.



Figura 9. Interior de la cámara de humos durante la realización de una experiencia.

2.2.3 Materiales y soluciones constructivas estudiados.

A continuación, se ofrece una tabla resumen en la que se recogen todos los materiales y soluciones constructivas que han sido objeto de estudio en el presente proyecto. Se han codificado las muestras con el acrónimo PFT y una numeración correlativa.

Codificación	Descripción detallada
PFT-01	Panel compuesto por dos láminas de aluminio de 0.3 mm de espesor, (delantera y trasera). Su núcleo está formado por un polímero termoplástico de baja densidad (LDPE) con carga mineral. Acabado mate. Modelo Capricce
PFT-02	Panel compuesto por dos láminas de aluminio de 0.3 mm de espesor, (delantera y trasera). Su núcleo está formado por un polímero termoplástico de baja densidad (LDPE) con carga mineral. Acabado mate. Modelo Bericcio.
PFT-03	Panel compuesto por dos láminas de aluminio de 0.3 mm de espesor, (delantera y trasera). Su núcleo está formado por un polímero termoplástico de baja densidad (LDPE) con carga mineral. Acabado mate. Modelo Forest.
PFT-04	Solid Surface negro compuesto 2/3 partes de mineral natural trihidrato de alúmina (ATH) y 1/3 de resinas acrílicas (PMMA).
PFT-05	Solid Surface rojo compuesto 2/3 partes de mineral natural trihidrato de alúmina (ATH) y 1/3 de resinas acrílicas (PMMA).
PFT-06	Solid Surface blanco compuesto 2/3 partes de mineral natural trihidrato de alúmina (ATH) y 1/3 de resinas acrílicas (PMMA).
PFT-07	Sistema de Aislamiento Térmico (SATE) con núcleo EPS montado sobre fibrosilicato normalizado. Densidad comprendida entre 40-60 Kg/m ³ y un espesor total de 200mm.
PFT-08	Sistema de Aislamiento Térmico (SATE) con núcleo lana mineral (MW) montado sobre fibrosilicato normalizado. Densidad comprendida entre 40-60 Kg/m ³ y un espesor total de 200mm.
PFT-09	Tablero MDF ignífugo de 12 mm de espesor, recubierto en la cara vista con chapa de roble europeo de 0,5mm de espesor y en la contracara (cara no vista) con chapa de haya de 0,5mm de espesor. El conjunto presenta un espesor de 13mm con una densidad de 790 kg/m ³ y una masa superficial de 10,27 Kg/m ² .
PFT-10	Papel pintado pegado con acetato de polivinilo en placa de yeso normalizado. Modelo SKINS MURAL
PFT-11	Papel pintado pegado con acetato de polivinilo en placa de yeso normalizado. Modelo 100328930 CEV2023 601
PFT-12	Pintura plástica ignífuga formulada a base de resinas, cargas minerales, aditivos y agua, aplicadas sobre fibrosilicato cálcico normalizado. 85-100 micras (µm) secas.
PFT-13	Tarima tricapa compuesta por 4mm de capa noble de madera de roble + 11mm de abedul marino + 4mm de roble alistonado. Espesor total de 19 mm y una densidad comprendida entre 710-750 Kg/m ³ . A la capa noble se le aplica dos capas de 210-230 g/m ² de IRUFIRE REAL B-s1,d0 PUR + catalizador IRUFIRE con un tiempo de secado entre capas de 16-20 horas. La tarima se pega con acetato de polivinilo a un tablero contrachapado de chopo ignífugo (clasificado como B-s1,d0, según Euroclases UNE EN 13501-1) de espesor 15 mm y densidad comprendida entre 440-480 Kg/m ³

PFT-14	Tarima tricapa compuesta por 4mm de capa noble de madera de roble + 11mm de abedul marino + 4mm de roble alistonado. Espesor total de 19 mm y una densidad comprendida entre 710-750 Kg/m ³ . A la capa noble se le aplica una capa de 120-130 g/m ² de IRUFIRE REAL B-s1,d0 PUR + catalizador IRUFIRE con un tiempo de secado entre capas de 16-20 horas. La tarima se pega con acetato de polivinilo a un tablero contrachapado de chopo ignífugo (clasificado como B-s1,d0, según Euroclases UNE EN 13501-1) de espesor 15 mm y densidad comprendida entre 440-480 Kg/m ³ .
PFT-15	Tablero monocomponente marrón de 15mm con dos caras diferentes texturizadas. La cara expuesta se texturiza con zigzag y la cara no expuesta se texturiza en pequeños cuadrados. Rango de densidad de 600-650 Kg/m ³ .
PFT-16	Muestra polimérica sin ignifugar. Resoltech 1800 ECO/ Hardener 1804
PFT-17	Muestra polimérica ignifugada. Resoltech 1800 ECO/ Hardener 1804 + 60phr Exolit IP 36
PFT-18	Muestra polimérica ignifugada. Resoltech 1800 ECO/ Hardener 1804 + 60phr Exolit AP 422
PFT-19	Muestra polimérica ignifugada. Resoltech 1800 ECO/ Hardener 1804 + 90phr Exolit IP36
PFT-20	Muestra polimérica ignifugada. Resoltech 1800 ECO/ Hardener 1804 + 90phr Exolit AP 422
PFT-21	Resina acrílica con pigmentos y ATH. Espesor 12mm y densidad 1880 Kg/m ³ , pegado con acrílico a fibrosiliato silicato cálcico normalizado.
PFT-22	Material compuesto carbonatos. Modelo SS
PFT-23	Material compuesto carbonatos. Modelo LS
PFT-24	Material compuesto carbonatos y aditivado. Modelo 1PG5
PFT-25	Material compuesto carbonatos y aditivado. Modelo 2PG2
PFT-26	Material compuesto carbonatos y aditivado. Modelo 3PC
PFT-27	Material compuesto carbonatos y aditivado. Modelo 5PB
PFT-28	Material compuesto carbonatos y aditivado. Modelo PB
PFT-29	Tablero contrachapado ignífugo de okume de 6 mm de espesor, con una densidad comprendida entre 550-600 Kg/m ³
PFT-30	Tablero fibra celulósica de 12mm con dos caras diferentes texturizadas. La cara expuesta se texturiza con zigzag y la cara no expuesta se texturiza en pequeños cuadrados. Rango de densidad de 600-650 Kg/m ³ .
PFT-31	Tablero MDF ignífugo B-s1-do con proceso barnizado fondo-acabado acrílico (TS 1552 Serie Gloss FLAMER)
PFT-32	Tablero contrachapado 10 mm de espesor, con una densidad comprendida entre 550-600 Kg/m ³ , ignifugado mediante proceso de autoclave vacío-vacío.
PFT-33	MDF ignífugo 18mm y densidad 680 Kg/m ³ .
PFT-34	Tablero de partículas 18mm de espesor, SWISSPAN P2 SF-B, B-s1,d0
PFT-35	Tablero MDF ignífugo B-s1-do con proceso barnizado fondo-acabado acrílico (FGR1X Serie Gloss)

3. Resultados obtenidos

A continuación, se recopilan los datos obtenidos mediante los métodos de pequeña escala descritos en el punto anterior.

3.1 Cono calorimétrico

En las gráfica de la figura 12, se presentan los resultados obtenidos para los distintos parámetros del método del cono calorimétrico. Se han realizado al menos dos probetas de cada una de las 35 muestras mencionadas en el punto 2.2.3



Figura 10. Aspecto muestra PFT-09 antes y después del cono calorimétrico.

3.2 Smoke box (cámara humos)

En las tablas adjuntas se presentan los valores medios para los distintos parámetros del método de la cámara de humos. Se han realizado al menos dos probetas de cada una de las muestras mencionadas en el punto 2.2.3.

REFERENCIA	Densidad óptica máxima Ds (max)
PFT-01	16,5
PFT-13	145
PFT-14	146
PFT-15	10
PFT-16	436,5
PFT-17	379,5
PFT-18	334
PFT-19	381
PFT-20	434
PFT-21	369
PFT-22	150
PFT-23	256,5

En la siguiente figura se puede observar la evolución del valor de opacidad de humos con el paso del tiempo de la experiencia con el fin de estudiar no sólo el valor máximo, sino cuando se ha alcanzado y analizar la evolución de la producción de humos.

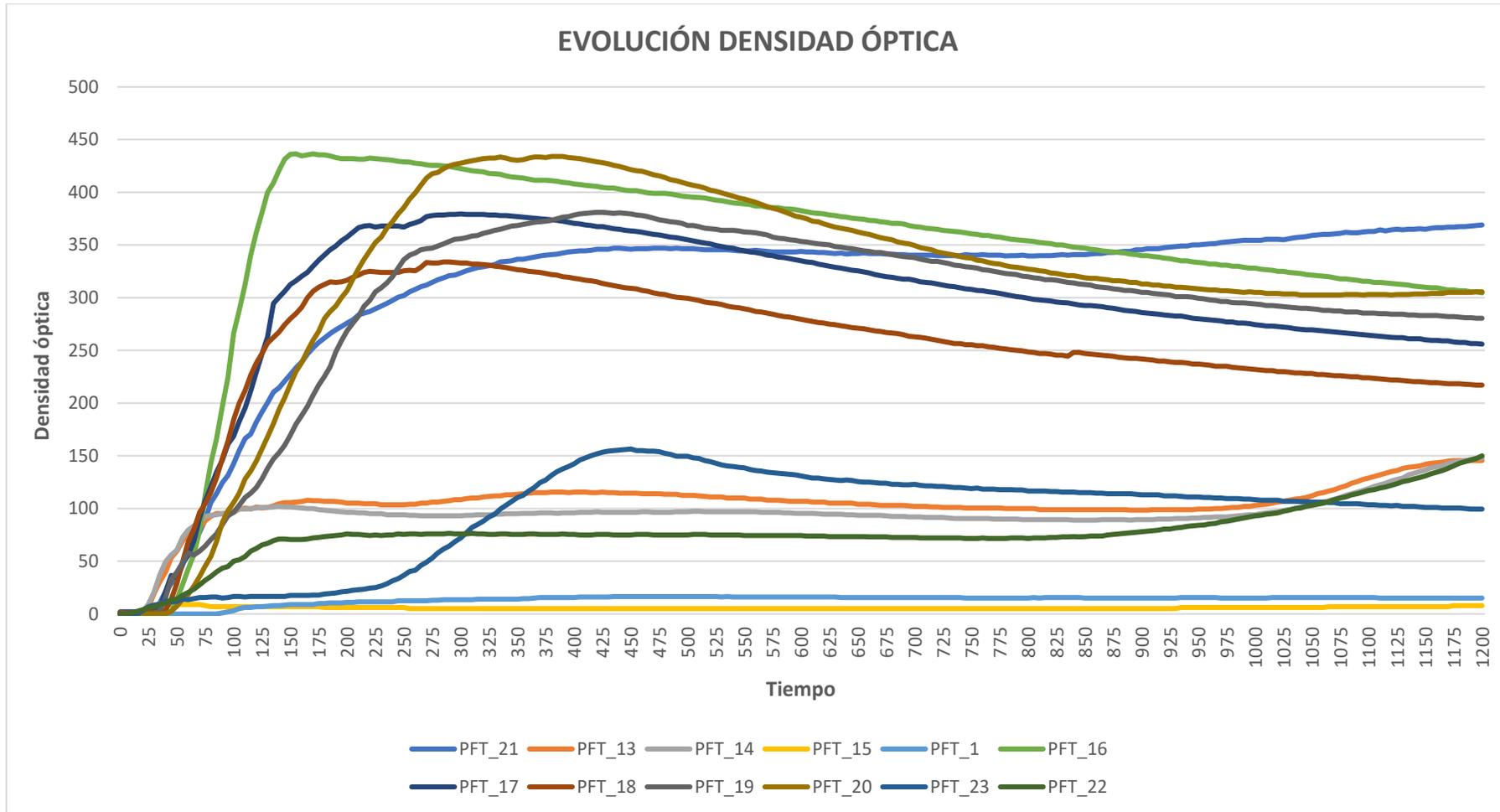


Figura 11. Evolución de la densidad óptica en el método de cámara de humos.

4. Análisis de los resultados.

Tal y como se planteaba en la tarea 4.3, se realizó un análisis de los resultados obtenidos en los métodos de pequeña escala debido a que se obtienen una gran cantidad de valores para diversos parámetros.

Debido a la naturaleza multiparamétrica de los experimentos, se refinaron los datos obtenidos para disponerlos de tal manera para que el programa estadístico pudiera trabajar con los datos de manera eficaz.

No obstante, y como primera aproximación, se compararon los valores de los parámetros más destacados de ambos métodos de pequeña escala. En las siguientes figuras se muestran dichas gráficas comparativas.

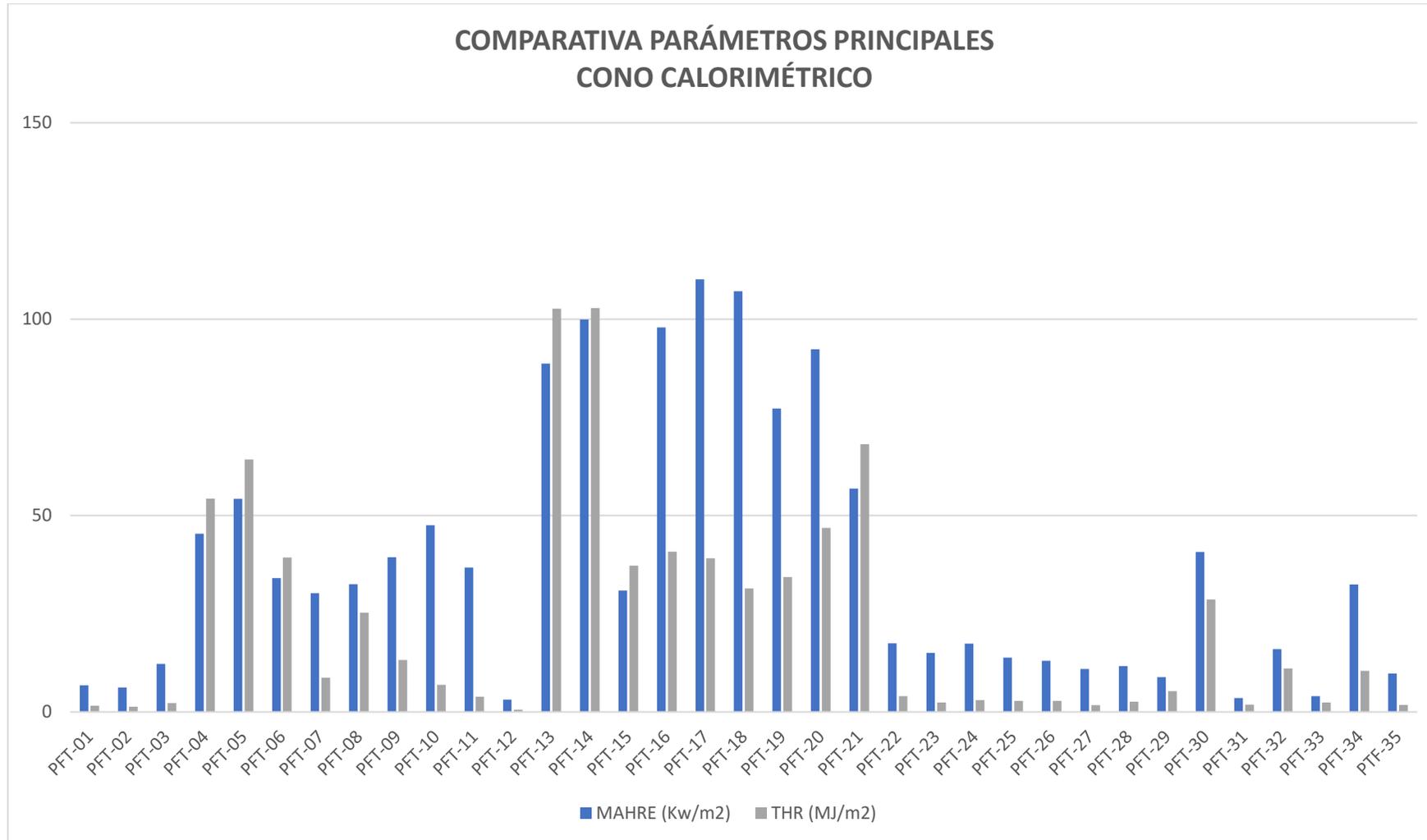


Figura 12. Comparativa de los principales parámetros del método del cono calorimétrico.

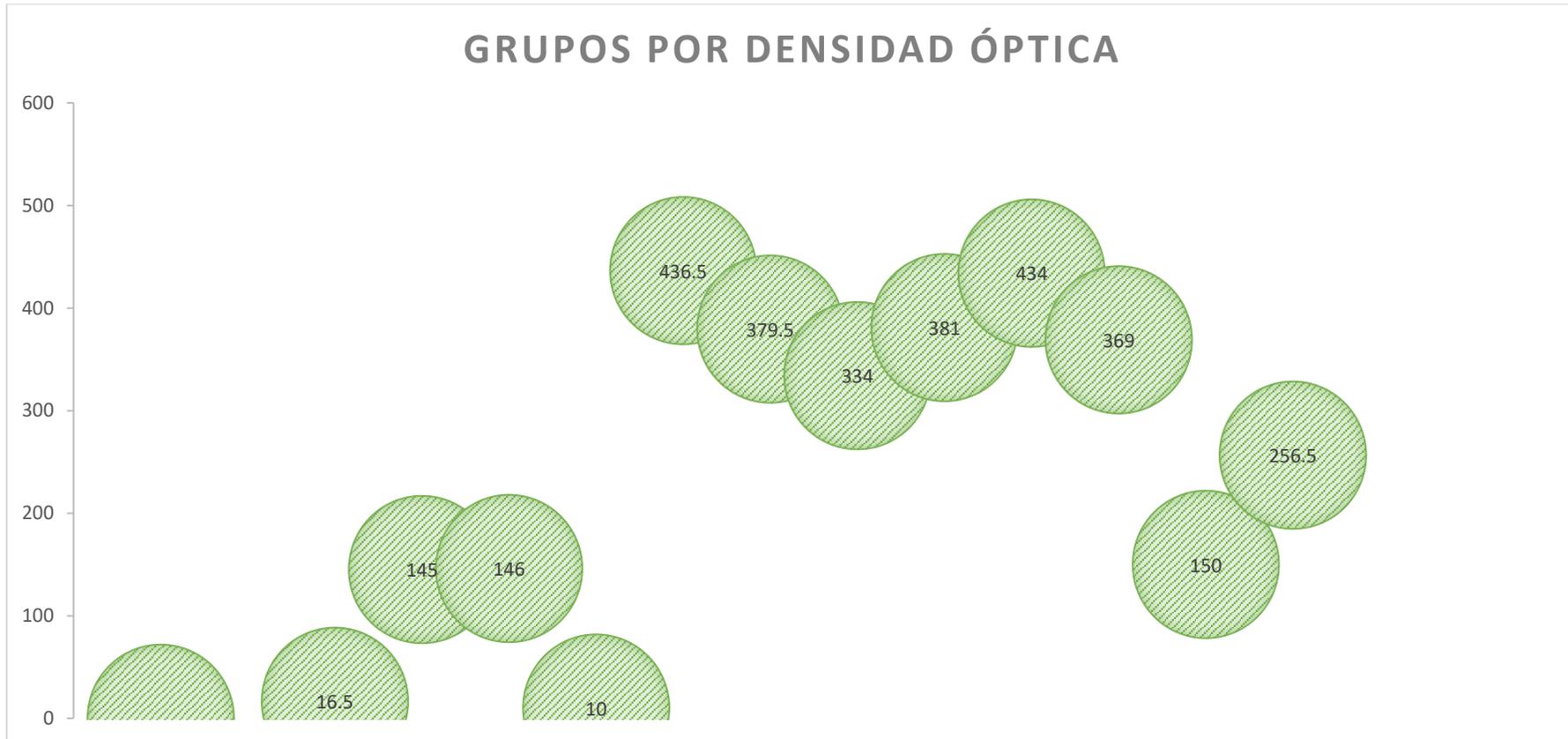


Figura 13. Agrupación por densidad óptica según método de la cámara de humos

5. Resumen y conclusiones

Mediante la ejecución del paquete de trabajo 4 y a la vista de los resultados en los puntos anteriores de este entregable 3, podemos afirmar que se han conseguido los objetivos específicos derivados de estas tareas.

Hay que tener siempre presente que el **objetivo general** del proyecto es la investigación y desarrollo de una herramienta que permita predecir o estimar el comportamiento frente al fuego de un producto, para evaluar la posibilidad de ser empleado para diversas aplicaciones.

La **investigación experimental** propuesta pretende establecer las relaciones entre varios parámetros de diferentes sistemas de caracterización frente al fuego.

Se ha alcanzado el objetivo específico O.1 que consiste en la **caracterización** de diferentes materiales sometidos a diferentes **métodos de pequeña escala** (cono calorimétrico y cámara de humos).

Del posterior análisis de los datos desprendidos de la caracterización mencionada anteriormente, se ha conseguido perfilar los datos que serán empleados para el desarrollo de la herramienta predictiva, cumpliendo el objetivo **O.2**, relacionando distintos parámetros con los que evaluar el comportamiento frente al fuego.

A su vez, se ha completado una parte para poder cumplir con el objetivo específico O.3, de **estudiar la correlación de resultados** entre los **métodos de gran escala** y los métodos de **pequeña escala**.

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es

www.aidimme.es