



INFORME PROYECTOS— 2022-2023

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

Informe: “RESULTADOS”

Programa: Proyectos de I+D en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22200057

Expediente: IMDEEA/2022/14

Duración: Del 01/04/2022 al 30/09/2023

Coordinado en AIDIMME por: GARCÍA MALPARTIDA, STEPHANE
ABENAMAR



GENERALITAT
VALENCIANA



Financiado por
la Unión Europea

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>2. OBJETIVOS MARCADOS</u>	<u>1</u>
<u>3. ALCANCE</u>	<u>4</u>
<u>4. ACTIVIDADES REALIZADAS</u>	<u>5</u>
<u>5. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y MEDICIÓN</u>	<u>26</u>

1. Introducción

En el presente documento se recopilan los resultados alcanzados tras las investigaciones llevadas a cabo dentro del marco del proyecto **PREFIRETOOL**: “*Investigación y desarrollo de una herramienta predictiva del comportamiento al fuego de diferentes productos para aplicación multisectorial*”.

El plan de trabajo del proyecto constó de **6 paquetes de trabajo** que se correspondían a distintas áreas de actuación, que se dividieron en 13 tareas, 5 hitos y 5 entregables. El proyecto tuvo una duración de **18 meses** (15 meses iniciales previstos y una prórroga concedida de 3 meses), durante los cuales se realizaron varias reuniones de trabajo que sirvieron para la revisión de los resultados obtenidos y el análisis y organización de las tareas del proyecto.

En la siguiente tabla se pueden observar los **paquetes de trabajo** del proyecto.

PT N.º	Nombre	Mes / Año inicio	Mes / Año finalización
1	Gestión y coordinación.	04/2022	09/2023
2	Difusión del proyecto	04/2022	09/2023
3	Transferencia y promoción de resultados	04/2022	09/2023
4	Análisis y caracterización materiales con métodos de pequeña escala.	04/2022	02/2023
5	Análisis y caracterización materiales con métodos de gran escala.	01/2023	09/2023
6	Desarrollo y validación de la herramienta predictiva	01/2023	09/2023

En la siguiente tabla se pueden observar los **hitos** del proyecto.

Hito Nº	Nombre	Breve descripción	PT asociado	Fecha prevista
1	Acciones de difusión realizadas	Difusión de resultados del proyecto.	PT2	Durante todo el proyecto
2	Hoja de ruta para la transferencia y promoción de los resultados.	Evaluación del impacto esperado de los resultados obtenidos en el proyecto.	PT3	Durante todo el proyecto
3	Análisis y caracterización materiales con métodos de pequeña escala.	Evaluación comportamiento frente al fuego y análisis de resultados para su implementación en herramienta predictiva.	PT4	02/2023
4	Análisis y caracterización materiales con métodos de gran escala.	Evaluación comportamiento frente al fuego y análisis de resultados para su implementación en herramienta predictiva.	PT5	09/2023
5	Desarrollo herramienta predictiva	Desarrollo y validación de la herramienta predictiva.	PT6	09/2023

Finalmente, también se pueden consultar los **entregables** previstos durante el proyecto:

Hito Nº	Nombre	Breve descripción	PT asociado	Fecha prevista
1	Dossier de difusión realizada del proyecto y sus resultados.	Difusión exitosa del proyecto y sus resultados.	PT2	09/2023
2	Transferencia y promoción de los resultados.	Plan de promoción y transferencia de resultados para la evaluación del impacto del proyecto.	PT3	09/2023
3	Informe de evaluación de comportamiento frente al fuego pequeña escala y análisis de resultados	Resultados de la evaluación comportamiento frente al fuego y análisis de resultados para implementación en herramienta predictiva.	PT4	02/2023
4	Informe de evaluación de comportamiento frente al fuego gran escala y análisis de resultados	Resultados de la evaluación comportamiento frente al fuego y análisis de resultados para implementación en herramienta predictiva.	PT5	09/2023
5	Informe sobre el desarrollo y validación de la herramienta predictiva	Desarrollo y validación de la herramienta predictiva	PT6	09/2023

2. Objetivos marcados

El **objetivo general** del proyecto era la **investigación** y desarrollo de una herramienta que permita **predecir el comportamiento frente al fuego** de los materiales, para evaluar la posibilidad de ser empleado para diversas aplicaciones. Debido al **estrecho contacto** entre las **empresas y AIDIMME**, podemos constatar que cada vez son más las **empresas** que **diseñan y desarrollan** nuevos productos, **ampliando** el rango de **aplicaciones y usos finales**

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

Los objetivos específicos eran:

- **O.1. Caracterización** de diferentes **materiales** sometidos a **diferentes sistemas de evaluación** de comportamiento frente al **fuego**.
- **O.2. Desarrollo** de una **herramienta predictiva** que relacione distintos parámetros con los que evaluar el comportamiento frente al fuego.
- **O.3. Estudiar la correlación de resultados** entre los **métodos de gran escala** y los métodos de **pequeña escala**.

3. Alcance

En general, con los resultados del proyecto se pretendió tener un **alto impacto** en la optimización del **diseño experimental** de los **proyectos de investigación** y desarrollo de materiales, productos y procesos llevados a cabo por las empresas valencianas.

Más concretamente, los resultados esperados con el desarrollo de este proyecto eran:

- **Disponer de una gran cantidad de valores de distintos parámetros de varios sistemas de evaluación** de comportamiento frente al fuego.
- **Desarrollo** de una **herramienta predictiva** que relacione distintos parámetros con los que evaluar el comportamiento frente al fuego.
- **Conseguir una correlación de resultados** entre los **métodos de gran escala** y los métodos de **pequeña escala**.
- **La difusión efectiva del proyecto y sus resultados.**
- **La transferencia y promoción de los resultados a empresas de la Comunitat Valenciana**, escogiendo los canales más adecuados para que la transferencia tuviera el mayor impacto posible.

4. Actividades realizadas

A continuación, se detallan las actividades relacionadas en cada uno de los paquetes de trabajo del proyecto **PREFIRETOOL**.

4.1 Paquete de trabajo 1. GESTIÓN Y COORDINACIÓN DEL PROYECTO.

En este paquete de trabajo se englobaron todas las actividades relacionadas con la gestión y la coordinación del proyecto. Se celebraron reuniones presenciales y telemáticas generales de seguimiento del proyecto, así como reuniones específicas de los grupos de trabajo para el correcto desarrollo del proyecto y la consecución de hitos y objetivos marcados. Cabe destacar que se han logrado los objetivos propuestos para este paquete de trabajo:

1. Enfocar de forma global la dirección y objetivos del proyecto.
2. Coordinar y gestionar, de forma integrada, las actividades del proyecto.
3. Asegurar un adecuado nivel de cooperación, comunicación, difusión de conocimientos y consenso entre los miembros del proyecto, velando por el cumplimiento de los diferentes hitos, coordinando en el tiempo las actuaciones de cada uno de los participantes y resolviendo posibles solapes entre paquetes de trabajo y/o participantes.
4. Organizar y participar en las reuniones del proyecto, tanto en las realizadas con los distintos técnicos participantes en el proyecto, como las realizadas con las empresas que colaboran en el proyecto.
5. Revisar y controlar la calidad del trabajo realizado en el proyecto, concentrándose en los entregables procedentes de cada paquete de trabajo, para conformar una documentación de proyecto única y coherente.
6. Proporcionar los procedimientos y medios adecuados para acelerar la explotación de los resultados del proyecto y la difusión de los mismos, protegiendo la propiedad intelectual de modo adecuado.



Figura 1. Foto de la reunión general del proyecto celebrada el 09/07/2022

4.2 Paquete de trabajo 2. DIFUSIÓN DEL PROYECTO

Las tareas asociadas al paquete de trabajo relacionado con la difusión del proyecto cumplieron con el objetivo de divulgar el conocimiento y los resultados obtenidos durante la investigación, principalmente entre las distintas empresas potencialmente interesadas y la sociedad en general.

Para ello, a lo largo de toda la vida del proyecto se han llevado a cabo acciones de difusión, que han consistido principalmente en: comunicaciones en jornadas, seminarios técnicos, publicaciones web y publicaciones escritas en revistas técnicas especializadas. Un mayor detalle de las actividades de difusión realizadas puede consultarse tanto en el Entregable 1, como en el apartado 13 de la Memoria de Justificación.

4.3 Paquete de trabajo 3. TRANSFERENCIA Y PROMOCIÓN DE RESULTADOS.

En este paquete de trabajo se han llevado a cabo diferentes tareas relacionadas con la transferencia de los resultados obtenidos.

Una **primera tarea** se ha centrado en la **transferencia y promoción de los resultados**. La transferencia tecnológica se ha realizado mediante estas actividades:

- Reuniones con PYMEs y autónomos interesados en el proyecto. Las reuniones se han celebrado de manera periódica durante todo el proyecto.
- Se ha preparado una ficha resumen con información técnica sobre los principales resultados alcanzados durante toda la duración del proyecto, con el fin de ser difundida entre los sectores de interés mediante el plan detallado en el entregable de difusión (E1).
- Integración de los principales resultados del proyecto en el material docente que AIDIMME utilizan en sus numerosas actividades de formación para profesionales y empresas, así como en jornadas y seminarios.

También se ha llevado a cabo una **segunda tarea** cuyo objetivo ha sido la **evaluación del impacto** del proyecto. Para conseguir este objetivo se han mantenido reuniones periódicas con las empresas colaboradoras con objeto de poder medir el grado de implantación de los resultados obtenidos durante la propia ejecución del proyecto. De esta manera se dispondrá de una evaluación progresiva del impacto.

El análisis de dicha evaluación ha servido para refinar el plan de promoción y transferencia de resultados con objeto de ampliar el impacto al resto de potenciales usuarios identificados.

Se ha contado con la participación de las siguientes empresas colaboradoras: KRION SOLID SURFACE S.A., L'ANTIC COLONIAL, PINTURAS BLATEM, EMEDEC y PINTURAS ISAVAL, para la realización de esta tarea.

4.3.1 Reuniones iniciales

Desde su génesis se confirió una gran importancia a la transferencia de los resultados del proyecto desde su inicio, y por este motivo se mantuvieron reuniones iniciales con las empresas colaboradoras. En estas reuniones se trataron los siguientes puntos:

- Presentación del proyecto PREFIRETOOL

- Explicación del objetivo general del proyecto: la investigación y desarrollo de una herramienta que permita predecir el comportamiento frente al fuego de un producto para evaluar la posibilidad de ser empleado para diversas aplicaciones.
- Dar a conocer los objetivos específicos del proyecto
 - Caracterización de diferentes materiales sometidos a diferentes sistemas de evaluación de comportamiento frente al fuego (pequeña y gran escala)
 - Desarrollo de una herramienta predictiva que relacione distintos parámetros con los que evaluar el comportamiento frente al fuego.
- Se informa a la empresa que en la página web de AIDIMME, y más concretamente en el enlace:

https://www.aidimme.es/serviciosOnline/difusion_proyectos/detalles.asp?id=32887

podrá encontrar información actualizada durante la ejecución del proyecto PREFIRETOOL.

Tal y como se reflejó en la memoria de solicitud del proyecto así como en la declaración expresa y compromiso de participación en el proyecto **PREFIRETOOL**, las empresas **colaboradoras** :

- **KRION SOLID SURFACE S.A**
- **L'ANTIC COLONIAL**
- **PINTURAS BLATEM**
- **EMEDEC**
- **PINTURAS ISAVAL**

participaron activamente en la tarea de **evaluación del impacto del proyecto.**

Además de recoger sus impresiones acerca del objetivo general y objetivos específicos del proyecto PREFIRETOOL, las empresas colaboradoras anteriormente citadas, completaron el siguiente cuestionario para evaluar inicialmente el impacto potencial del proyecto.

Tabla 1. Valoración del impacto inicial del proyecto

PREGUNTAS / VALORACIÓN	1	2	3	4	5
1. ¿Cómo de interesante valora el objetivo general del proyecto?					
2. ¿Cree que los resultados del proyecto pueden implantarse en la actividad de su empresa?					
3. ¿Considera que supone un avance tecnológico?					

Nota: La valoración más baja es 1, siendo 5 la valoración más alta.

Del análisis de esta evaluación desprende que el 100% de las empresas valoran con la máxima puntuación el interés del objetivo general del proyecto. Además, la totalidad de las empresas consideraron que los resultados del proyecto pueden ser implantados en la actividad de la empresa. Finalmente, cabe destacar que también el 100% de las empresas valoraron con un 5 el avance tecnológico del proyecto.

4.3.2 Reuniones intermedias

Haciendo coincidir los trabajos desarrollados por las empresas colaboradoras en tareas posteriores, se mantuvieron reuniones intermedias en las que se actualizaban los hitos y resultados conseguidos hasta la fecha.

Aprovechando el gran número de visitas realizadas por las empresas a AIDIMME y viceversa, se presentaron los resultados del proyecto PREFIRETOOL a PYMEs y autónomos interesados durante la ejecución del proyecto.

4.3.3 Reuniones resultados finales

Durante las últimas semanas de ejecución del proyecto se mantuvieron reuniones con las empresas colaboradoras, en las que se expusieron los siguientes puntos:

Las acciones de promoción y transferencia que se han realizado se detallan en la siguiente tabla, adjuntando a continuación, las actas de las diferentes reuniones llevadas a cabo con las empresas.

- Se dieron a conocer los **avances realizados en el proyecto**:

*Siguiendo la planificación del proyecto, durante el año 2022, se han realizados las tareas correspondientes a los **paquetes de trabajo transversales** (coordinación, difusión y transferencia), además del*

*paquete de trabajo técnico correspondiente a la investigación del comportamiento frente al fuego de materiales de aplicación multisectorial mediante distintos **métodos de pequeña escala (P.T.4)** como son el **cono calorimétrico** y la **cámara de emisión de humos***

- Adicionalmente se informó de la publicación de noticias relacionadas con el proyecto a través de los siguientes enlaces:

<https://actualidad.aidimme.es/2022/06/15/kick-off-meeting-proyecto-prefiretool/>

<https://actualidad.aidimme.es/2023/04/11/prefiretool-id-de-una-herramienta-predictiva-del-comportamiento-al-fuego-de-diferentes-productos-para-aplicacion-multisectorial/>

- Se comentan las **tareas** realizadas la empresa colaboradora del proyecto:

*Tal y como se refleja en la memoria de solicitud del proyecto, las empresas colaboradoras **participaron** en la **Tarea 4.1 “Búsqueda, selección y preparación de materiales”**, y más concretamente en la aportación de muestras reales para la evaluación del comportamiento frente al fuego en la tarea 4.2 y 5.2, para incrementar la base de datos de la futura herramienta predictiva. Se muestran los resultados obtenidos en las investigaciones llevadas a cabo con los métodos de pequeña escala.*

- Se informó de la concesión de prórroga de ejecución del **proyecto hasta 30/09/2023**:

*Siguiendo la planificación del proyecto, durante el primer semestre del año 2023, se han realizados las tareas correspondientes a los **paquetes de trabajo transversales** (coordinación, difusión y transferencia), además del **paquete de trabajo técnico** correspondiente a la investigación del comportamiento frente al fuego de materiales de aplicación multisectorial mediante distintos **métodos de gran escala (P.T.5)** como son el **Single Burning Item** y **Panel Radiante**.*

- Se informa que en esos instantes se estaba llevado a cabo el análisis de los datos obtenidos en las experiencias anteriormente descritas para que dichos datos fueran óptimos para desarrollar la herramienta predictiva, objetivo del P.T.6.

Tabla 2. Tabla detalle de las acciones de transferencia del proyecto.

Acción de transferencia y promoción de resultados	Fecha de la acción de transferencia	Empresas de la C.V. beneficiarias de la acción
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 3.2. del proyecto	Mayo 2022	L'ANTIC COLONIAL
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 3.2. del proyecto	Mayo 2022	KRION
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 3.2. del proyecto	Mayo 2022	PINTURAS ISAVAL
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 3.2. del proyecto	Mayo 2022	EMEDEC
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 3.2. del proyecto	Mayo 2022	PINTURAS BLATEM
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto	01/06/2023	EMEDEC
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto	18/09/2023	PINTURAS BLATEM
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto	20/09/2023	L'ANTIC COLONIAL
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto	20/09/2023	KRION
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto	20/09/2023	PINTURAS ISAVAL
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	26/09/2023	dBCOVER
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	27/09/2023	TABLEROS FOLGADO
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	27/09/2023	TABLEROS PICÓ
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	29/09/2023	FAUS INTERNACIONAL



Figura 2. Foto de la reunión con empresa colaboradora con fecha 20/09/2022

4.4 Paquete de trabajo 4. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES CON MÉTODOS DE PEQUEÑA ESCALA.

En este paquete de trabajo 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.

Se recopilaron hasta un total de 35 muestras de diversa naturaleza y con posibilidad de ser empleadas en diversos sectores. Se consiguió que al menos un 50% de las muestras tuvieran una posible aplicación como revestimiento se suelos, mientras que casi la

totalidad de las muestras podrían ser empleadas como revestimientos de paredes y techos.

- 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.

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.

4.4.2.1 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.

Variables investigadas

Así pues, como resultados de este método de pequeña escala, 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/m²)**: es la velocidad a la cual la probeta emite calor por unidad de área.
- **$q_{A,180s}$ (kW/m²)**: velocidad media de emisión de calor por unidad de área en el periodo desde el t_{ig} hasta 180 s después.
- **$q_{A,300s}$ (kW/m²)**: velocidad media de emisión de calor por unidad de área en el periodo desde el t_{ig} hasta 300 s después.
- **$q_{A,máx}$ (kW/m²)**: es el valor máximo de emisión de calor por unidad de área (pico HRR).
- **MAHRE HRR (kW/m²)**: es el valor máximo del promedio de la emisión de calor por metro cuadrado.
- **Total Heat Release, THR (MJ/m²)**: 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/m²)**: pérdida de masa total de la probeta por unidad de área.
- **Tasa media de pérdida de masa (g/m²·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 3. Probeta durante el ensayo de cono calorimétrico



Figura 4. Aspecto muestra PFT-09 antes y después del cono calorimétrico

4.4.2.2 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.

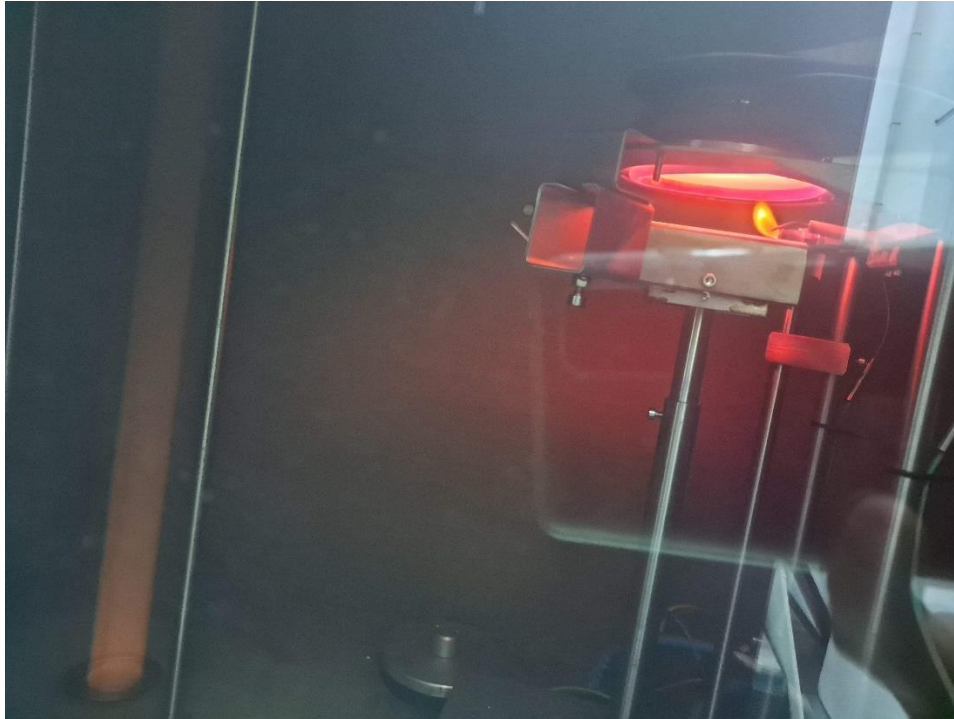


Figura 5. Interior de la cámara de humos durante la realización de una experiencia.

Resultados obtenidos

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.

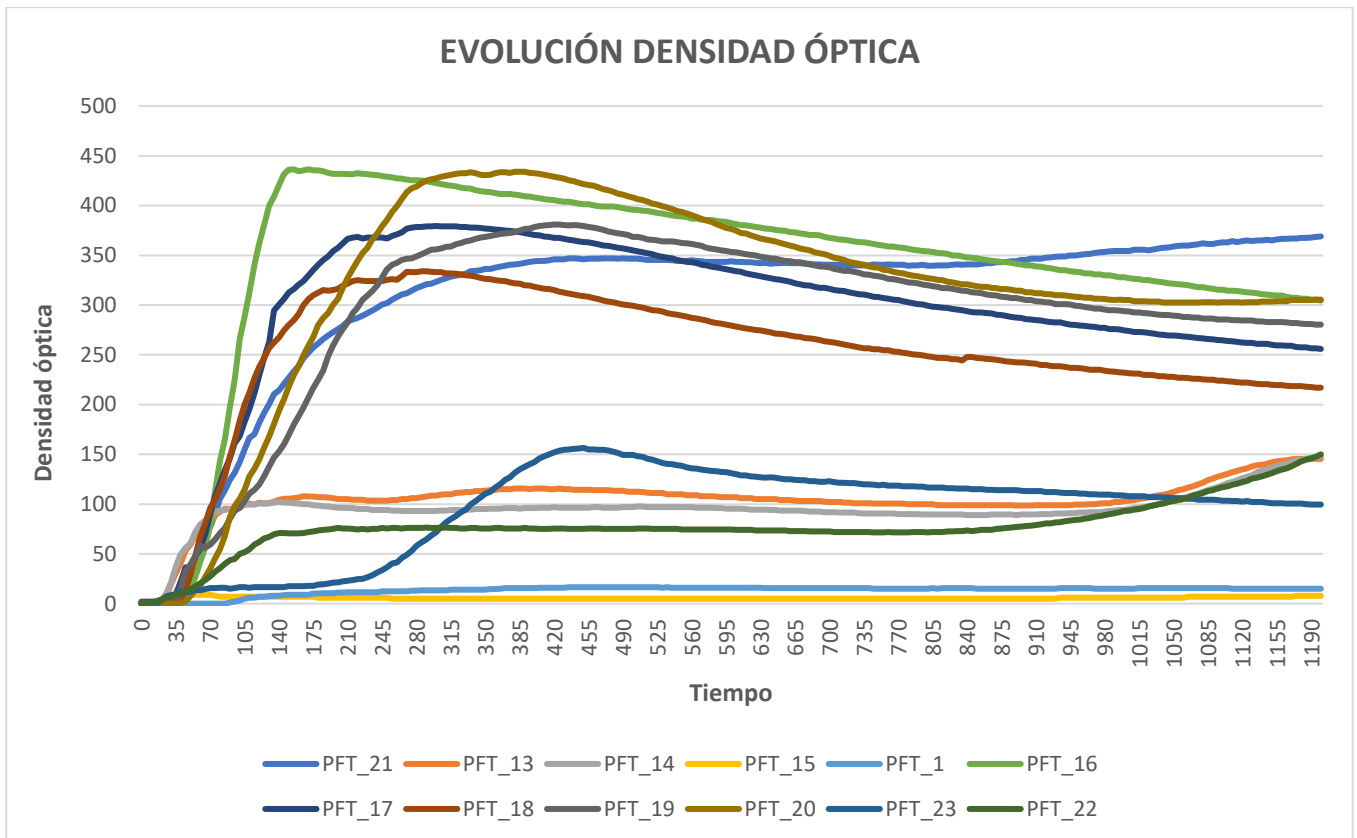


Figura 6. Evolución de la densidad óptica en el método de cámara de humos.

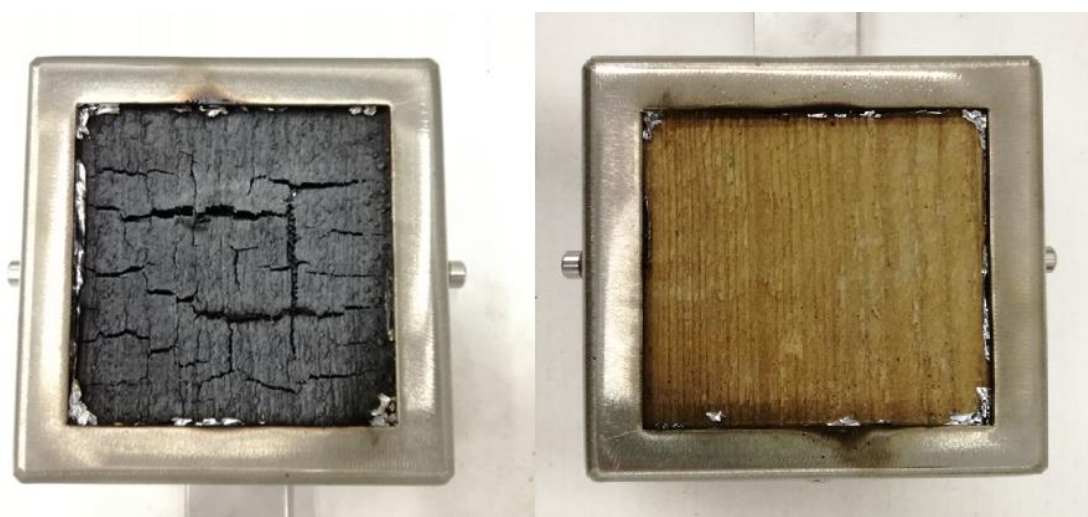


Figura 7. Material PFT-09 antes y después de experiencia en cámara de humos.

- 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.

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.

Gracias a este refinamiento de datos, la herramienta estadística ofreció mejores modelos predictivos al eliminar parámetros de métodos de pequeña escala que no guardaban relación alguna con métodos de gran escala.

4.5 Paquete de trabajo 5. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES CON MÉTODOS DE GRAN ESCALA.

En este paquete de trabajo se establecieron dos tareas:

- Tarea 5.1 Caracterización de los materiales para extraer datos experimentales de diversos parámetros.

Esta tarea se centró en el **desarrollo experimental** con varios **métodos de gran 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.

Los métodos de gran escala elegidos para la evaluación del comportamiento frente al fuego materiales fueron los pertenecientes al sistema de Euroclases: **único objeto ardiendo** (SBI según normativa europea EN 13823:2021; específico para revestimientos de paredes y techos) y **panel radiante** (según normativa europea e internacional EN ISO 9239-1:2011; específico para revestimientos de suelos).

Ambos métodos precisan probetas de gran tamaño 1500 mm x 1000mm y 1500mm x 500mm (SBI) y 1050 mm x 230 mm (panel radiante), lo que confiere una aproximación mucho más aproximada a la escala de un incendio real.

4.5.1 SBI. Single Burning Item

Objeto y campo de aplicación

El *Single Burning Item* (SBI) es un método que tiene como objetivo la simulación de un escenario real de incendio, por ejemplo, una papelera, ubicada en una esquina entre dos paredes construidas con el material de revestimiento a evaluar. Se utiliza para todos los productos de construcción excluidos los suelos.

El ensayo SBI fue desarrollado por un grupo de laboratorios europeos de fuego sobre la base de las especificaciones definidas por un grupo europeo de reguladores de fuego. Dicho trabajo incluyó el diseño de un prototipo, la configuración de las instalaciones de ensayo, la determinación de la precisión del método, y la generación de los datos necesarios para finalizar el sistema de clasificación.

El comportamiento de la muestra se evalúa para un periodo de exposición de 20 minutos. Durante el ensayo, se mide la **velocidad de liberación de calor** (HRR) usando calorimetría de consumo de oxígeno. La tasa de generación de humo (SPR) se mide en el conducto de escape en base a la atenuación de la luz. La caída de las gotas o partículas de fuego se observa visualmente durante los primeros 600 segundos de la exposición al calor en la muestra. Además, y durante toda la duración del ensayo, se evalúa la propagación lateral de la llama observando si el frente de la llama alcanza el borde exterior del ala larga en cualquier altura comprendida entre 500 y 1000mm.



Figura 8. Equipamiento SBI en las instalaciones de AIDIMME

Variables estudiadas

Así pues, como resultados de la experimentación con el equipamiento del SBI, se determinan o calculan los siguientes parámetros:

- **FIGRA_{0,4MJ} (W/s)**: Valor máximo del coeficiente de la velocidad de desprendimiento de calor por la muestra y el instante en que se ha iniciado, utilizando un umbral de THR (cantidad de calor desprendido) de 0,4 MJ.
- **THR_{600s} (MJ)**: Cantidad total de calor desprendido de la muestra en los primeros 600 segundos del inicio de exposición al quemador principal.
- **SMOGRA (m²/s²)**: Tasa de producción de humos. Valor máximo del cociente de la velocidad de producción de humo por la muestra y el tiempo durante el cual se ha producido.
- **TSP_{600s} (m²)**: Producción total de humos de la muestra en los primeros 600 segundos del inicio de exposición de las llamas del quemador principal.
- **LSF**: Propagación lateral de la llama a lo largo del ala larga de la muestra.
- **Caída de gotas o partículas en llamas** con tiempos de inflamación inferiores o superiores a los 10 segundos



Figura 9. De izquierda a derecha: Muestra PFT-10 antes del ensayo SBI, durante el ensayo y después.

4.5.2 Panel radiante.

Objeto y campo de aplicación

Especifica un método para evaluar el comportamiento frente al fuego y propagación de la llama horizontal en la dirección contraria al viento de revestimiento de suelos expuestos a un gradiente de flujo de calor radiante en una cámara de ensayo, cuando se quema con una llama piloto.

Este método se puede aplicar a todo tipo de suelos, como moqueta, corcho, madera, recubrimientos de caucho y plástico. Los resultados obtenidos mediante este método reflejan el comportamiento del revestimiento de suelos, así como de cualquier sustrato utilizado.



Figura 10. De Muestra durante el ensayo del panel radiante.

Variables estudiadas

Los parámetros que se evalúan mediante el método de gran escala del panel radiante son los siguientes:

- **Flujo de calor crítico (kW/m^2):** Flujo de calor en el cual la llama se extingue (CHF) o el flujo de calor después de 30 min de periodo de ensayo (HF-30), tomando el menor valor (por ejemplo, el flujo correspondiente a la posible extensión de la propagación de la llama en 30 min).

- **HF-10, HF-20 y HF-30 (kW/m²):** flujo de calor cada 10, 20 o 30 minutos en kW/m² recibido por la muestra a la máxima distancia de propagación de llama observada durante los primeros 10, 20 ó 30 minutos del ensayo.
- **Tiempo (s)** que tardan en alcanzar las llamas cada marca de 50 mm de distancia desde el punto cero.
- Distancia (mm) máxima de propagación de la llama.
- **Atenuación de la luz (% x min)**, a partir de la curva de atenuación frente al tiempo y la integral del valor del humo, calculado como la integral de lo que oscurece el humo, y expresado en % x min.
- Tarea 5.2.- Análisis de los datos obtenidos para su inclusión en la herramienta predictiva

En el desarrollo experimental llevado a cabo en la tarea 5.1, 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. Esta tarea era sumamente importante ya que la inclusión de datos que no aporten variaciones significativas entre materiales, podría disminuir la eficiencia de la herramienta.

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 gran escala. En las siguientes figuras se muestran dichas gráficas comparativas.

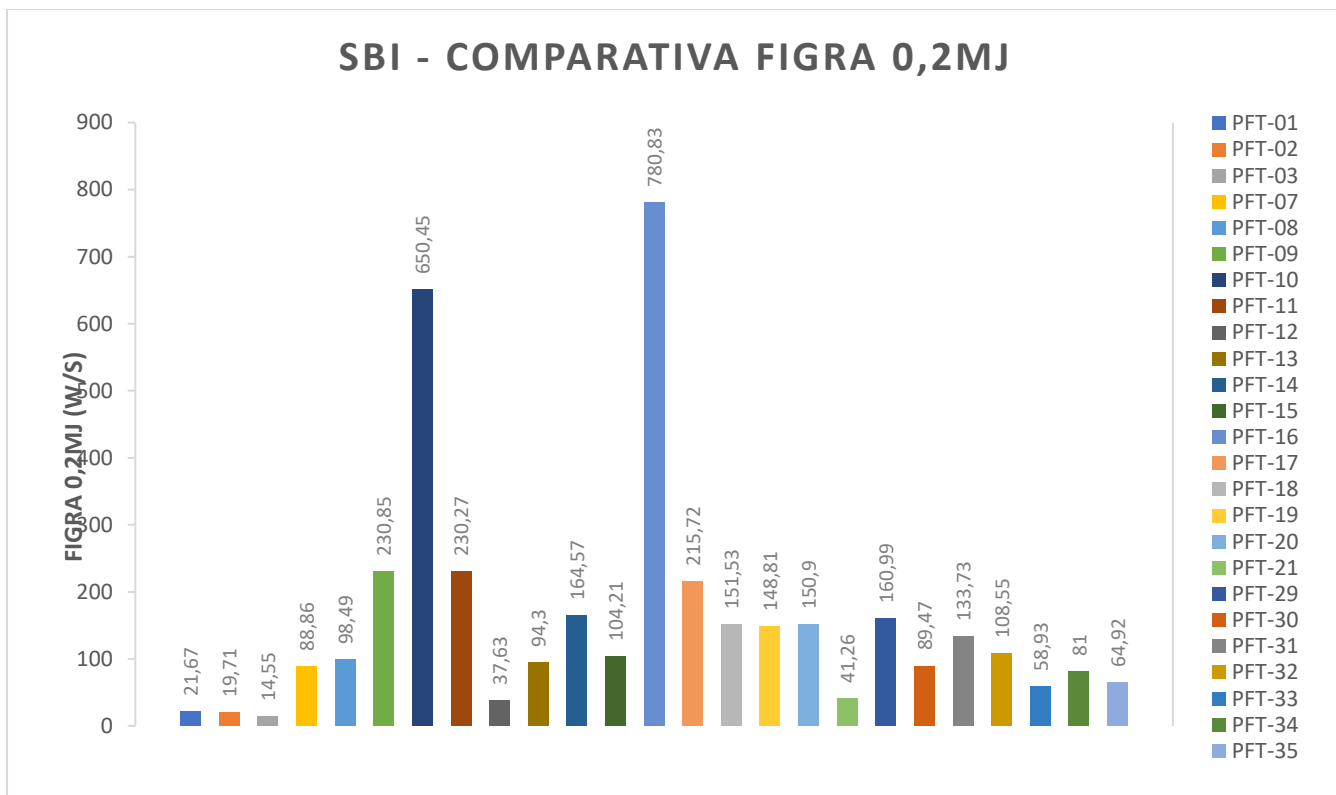


Figura 11. Comparativa del parámetro FIGRA 0.2MJ perteneciente al método del SBI

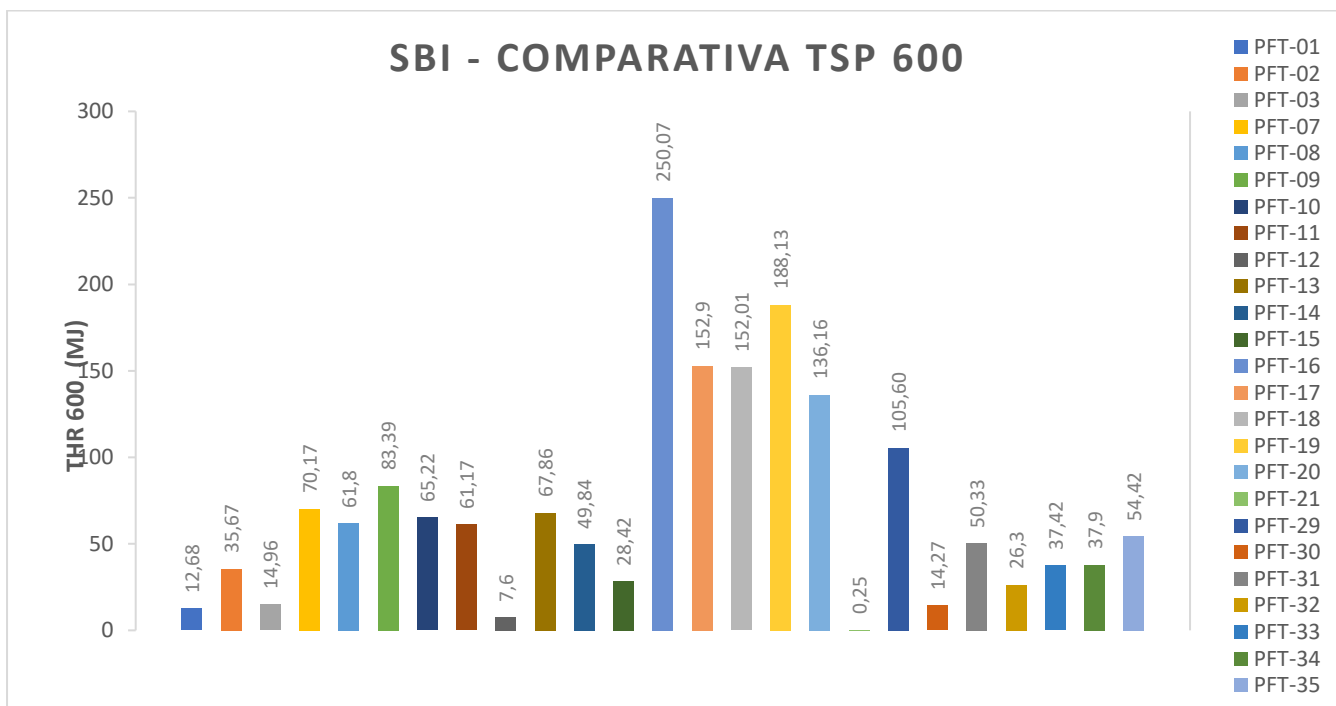


Figura 12. Comparativa del parámetro FIGRA 0.2MJ perteneciente al método del SBI

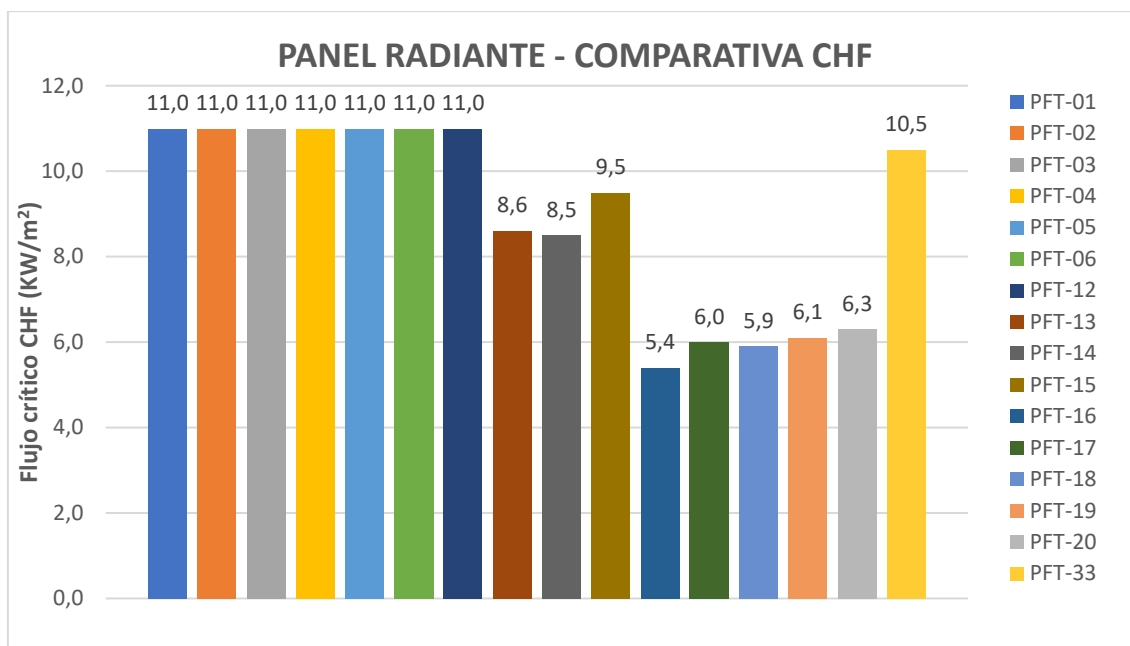


Figura 13. Comparativa del parámetro CHF perteneciente al método del panel radiante

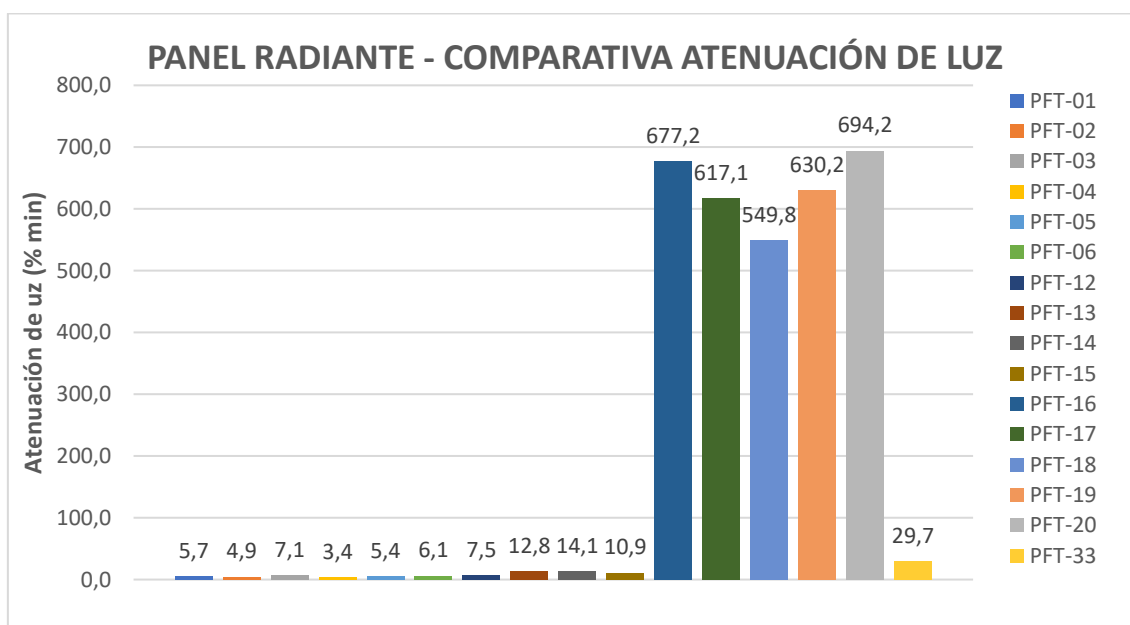


Figura 14. Comparativa del parámetro atenuación de luz perteneciente al método del panel radiante

4.6 Paquete de trabajo 6. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA PREDICTIVA.

El desarrollo de una herramienta predictiva es fundamental para predecir comportamientos futuros. Para ello, la herramienta predictiva se nutre de datos históricos, aplica una serie de técnicas analíticas y estadísticas y obtiene un modelo predictivo.

El proyecto **PREFIRETOOL** se ha enfocado en el desarrollo de una herramienta predictiva que relacione distintos parámetros con los que evaluar el comportamiento frente al fuego y estudiar la correlación de resultados entre los métodos de laboratorio de pequeña escala y los resultados de los métodos de gran escala.

De entre las distintas técnicas existentes de análisis predictivo, en función de la tipología de los datos obtenidos a lo largo del proyecto se ha optado por trabajar con análisis de regresión, una de las opciones más habituales, cuya función es relacionar distintas variables entre sí.

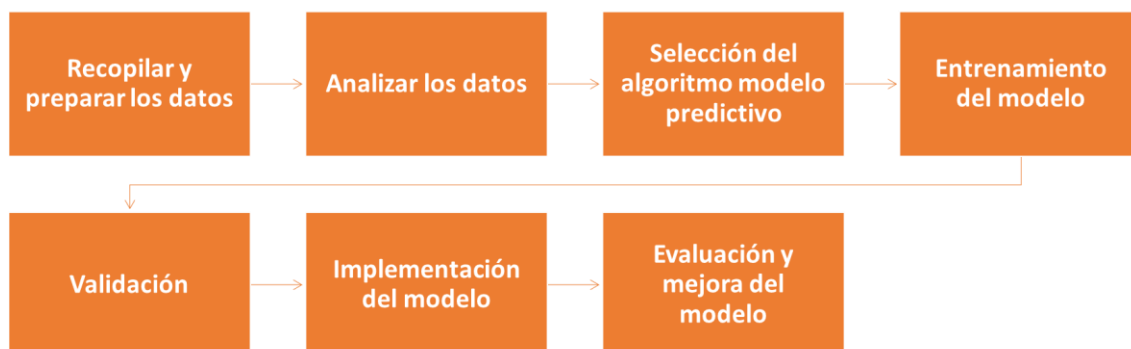


Figura 15. Etapas obtención modelo predictivo

Con la ayuda de un sistema de tratamiento estadístico de datos, se obtuvieron correlaciones en las que se pudieran cuantificar las potenciales relaciones entre las distintas variables, dándose una indicación de la fuerza y dirección de la relación entre pares de variables.

Para cada una de variables se obtuvieron gráficos en los que se puede observar el grado de aproximación de las distintas variables. Estos gráficos aportaron información acerca de la existencia de una relación positiva, negativa o si no tienen una relación aparente.

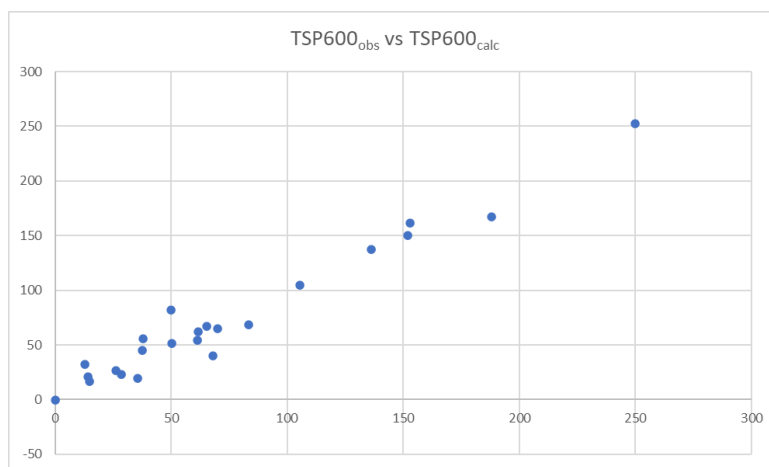


Figura 16. Gráfico correlación entre $Y_{x_{observada}}$ y $Y_{x_{calculado}}$ para parámetro TSP600

Mediante el uso de tablas que contenían la información con los datos medidos frente a los datos obtenidos, se realizó una evaluación de la potencia de la herramienta para estimar correctamente la clasificación de la muestra respecto a su clasificación respecto a su reacción al fuego. Para ello, se ha evaluado la bondad de la predicción de cada parámetro de forma aislada en relación con la potencial clasificación que permitirían obtener. En la figura 19 se recogen los porcentajes de acierto calculados para cada parámetro.

Parámetro	Porcentaje de acierto	Porcentaje de fallo
FIGRA 0,2MJ	83	17
FIGRA 0,2MJ	87	13
THR600s	100	0
TSP600s	87	13
SMOGRA	91	9

Figura 17. Tabla con porcentajes de acierto calculados para la herramienta predictiva

Teniendo en cuenta la efectividad de la herramienta predictiva desarrollada en el proyecto **PREFIRETOOL**, puede concluirse que el desempeño de ésta es positivo cuando se enfrentan los valores de **cono calorimétrico** (método pequeña escala) con los valores del **SBI** (método gran escala). Sin embargo, no se obtuvieron resultados satisfactorios para los parámetros estudiados en el método de la cámara de humos (pequeña escala), y panel radiante (gran escala).

5. Resultados, conclusiones y medición

Mediante la ejecución de los paquetes de trabajos expuestos y a la vista de los resultados obtenidos, podemos afirmar que se han conseguido los objetivos específicos derivados de estas tareas.

Hay que tener siempre presente que el **objetivo general** del proyecto PREFIRETOOL era la investigación y desarrollo de una herramienta que permitiera 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 consiguió establecer las relaciones entre varios parámetros de diferentes sistemas de caracterización frente al fuego. Asimismo, detectó que existen parámetros que no guardan relación alguna y no pueden ser empleados con fines predictivos.

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 consiguieron perfilar los datos que fueron 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 completaron las tareas necesarias 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**.

Todos estos resultados respaldan la utilidad de la herramienta en la tarea de predicción de los ensayos de gran escala a partir de los resultados más rápidos y económicos de pequeña escala. El desarrollo de una herramienta con este potencial y aplicabilidad en escenarios prácticos como la reducción de tiempo y costos asociados al desarrollo de nuevos materiales y soluciones constructivas.

No obstante, es crucial analizar la naturaleza específica de cada muestra a ensayar para tratar de ajustar y aportar conocimiento acerca de las muestras en las que el modelo no estima adecuadamente las predicciones.

En este sentido, sería deseable contar con un mayor número de datos disponibles para alimentar el modelo y proceder a analizar la validez de las suposiciones de este y llevar a cabo una validación completa. Es por ello por lo que resultaría fundamental validar el

modelo con datos que no hayan formado parte de su desarrollo para garantizar que el modelo sea capaz de generalizar patrones y relaciones a nuevos conjuntos de datos.

A pesar de que los resultados obtenidos son prometedores en la predicción de las diferentes variables clave, queda pendiente mayor investigación y trabajo de campo para profundizar, perfeccionar la herramienta y potenciar su uso.

El siguiente paso lógico en esta línea de investigación implica una evaluación más detallada de los factores que puedan afectar a la precisión del modelo, su optimización, validación y evaluar su robustez frente a diferentes conjuntos de datos.

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