

2021 INFORME



Proyectos

“SENSOESTANT”

DESARROLLO DE PROTOTIPOS BASADOS EN SENSORES PARA AUMENTAR LA SEGURIDAD EN EL USO DE MOBILIARIO CON CAJONES, ESTANTERÍAS Y ELEMENTOS COLGADOS EN PAREDES

RESULTADOS OBTENIDOS

Número de proyecto: 22100062

Expediente: IMDEEA/2021/67

Duración: 01/07/2021 al 31/07/2022

Coordinado en AIDIMME por: NUÉVALOS APARISI, JOSÉ EMILIO

Línea de I+D: DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE PRODUCTO



GENERALITAT
VALENCIANA

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por
la Unión Europea

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

ÍNDICE

1	Resultados obtenidos	3
----------	-----------------------------------	----------



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

1 Resultados obtenidos

A continuación, se describen las tareas realizadas y los resultados obtenidos en los Paquetes de Trabajo técnicos del proyecto SENSOESTANT, es decir, los Paquetes de Trabajo del 4 al 6. Los primeros tres paquetes de trabajo corresponden a: PT1: Gestión y coordinación del proyecto, PT2: Difusión del proyecto y PT3: Transferencia y promoción de los resultados.

Paquete de Trabajo 4.- Desarrollo y evaluación de sensores de conteo y control de ciclos de apertura en cajones.

Los objetivos del paquete de trabajo 4 son el diseño, desarrollo, incorporación y optimización de dispositivos que controlen el número de ciclos de apertura seguros del mobiliario con cajones. Estos dispositivos se basan en sensores de conteo y control del número de ciclos de apertura de una cajonera.

En primer lugar, se ha realizado una evaluación de la normativa actual, en cuanto a requerimientos de mobiliario con cajoneras. Así como, se ha efectuado una búsqueda de las posibles soluciones utilizadas en la actualidad para esta tipología de mobiliario. De este modo, se ha conocido sobre qué situación concreta partía el proyecto con respecto al control existente de seguridad de mobiliario con cajones. Este trabajo se corresponde con la Tarea 4.1 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E4.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 4.1.- Evaluación normativa y del mercado con respecto a los requerimientos y dispositivos existentes que controlen el número de ciclos de apertura seguros del mobiliario con cajones.

La Tarea 4.1 se dividió en tres grandes bloques:

- Análisis de los riesgos de seguridad según la normativa actual para mobiliario con cajones.
- Evaluación de los criterios de seguridad a aplicar para reducir los riesgos hacia el usuario.
- Evaluación de sensores y dispositivos existentes en el mercado.

1 Análisis de los riesgos de seguridad según la normativa actual para mobiliario con cajones

Durante la realización de este trabajo se constató que para evaluar si un elemento de mobiliario es o no seguro, necesitamos establecer unos criterios de evaluación. En el RD 1801/2003 de seguridad general de los productos de consumo se sigue el principio de conformidad a normas, adoptado por las directivas de nuevo enfoque. Es decir que, básicamente, un criterio objetivo y fiable de que un mueble es seguro es que cumpla las normas europeas o internacionales sobre los requisitos de seguridad que le son de aplicación.

Por ello, se han analizado las distintas normas europeas que recogen los requisitos de durabilidad y seguridad de mobiliario con elementos extensibles (cajones) para determinar los criterios más relevantes que implican a este tipo de mobiliario.

Las diferentes normas que se aplican en este ámbito son:



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

- *ISO7170:2021* “Furniture — Storage units — Test methods for the determination of strength, durability and stability.” Esta norma funciona de marco para la elaboración del resto de normas en relación con la metodología para determinar la fuerza, durabilidad y estabilidad del mobiliario de almacenamiento, incluyendo sus partes extraíbles y no extraíbles. Además de establecer métodos para la realización de ensayos, también detalla cargas, ciclos y fuerzas recomendadas para la aplicación en las pruebas.
- *UNE-EN 16122:2013* “Mobiliario de almacenamiento de uso doméstico y no doméstico. Método de ensayo para la determinación de la resistencia, la durabilidad y la estabilidad.” Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 16122:2012, donde vienen recogidos los métodos de ensayo para la determinación de la resistencia, la durabilidad y la estabilidad del mobiliario de almacenamiento de uso doméstico y no doméstico.
- *UNE 11-023-92* Norma española de “Armarios y muebles similares para uso doméstico y público. Especificaciones y características funcionales. Parte 2: resistencia estructural y estabilidad.”.
- *UNE 56866* “Muebles de baño. Ensayos mecánicos.” Normativa que establece una serie de ensayos mecánicos para comprobar las características funcionales de los muebles de baño domésticos, en ella también se contemplan diferentes ensayos para cajoneras.
- *UNE-EN 56875:2021* “Muebles de cocina. Especificaciones, requisitos y métodos de ensayo” Norma que establece las especificaciones, requisitos y métodos de análisis para la evaluación de la resistencia, durabilidad estructural, propiedades de superficie y comportamiento físico del mobiliario de cocina de uso doméstico y residencial.

2 Evaluación de los criterios de seguridad a aplicar para reducir los riesgos hacia el usuario.

En toda la normativa actual de mobiliario con cajones se señala la resistencia a la fatiga como uno de los principales indicadores de seguridad y durabilidad de este tipo de elemento, dependiendo del uso al que vayan a ser destinados se establecen unos valores mínimos de resistencia y durabilidad que se deben alcanzar.

En base al objeto del proyecto, considerando como punto de partida que el mueble ha obtenido el certificado de cumplimiento de la normativa vigente, se ha determinado que el aspecto más crítico para un mueble con cajones es el desgaste que presentan estos elementos tras su uso. Por lo que, este análisis de la normativa actual va a enfocarse en analizar los ensayos relacionados con este criterio. Concretamente en el ensayo de durabilidad frente a la apertura y cierre de cajones, que tiene como objeto determinar el comportamiento de las guías y correderas de los cajones ante un número determinado de ciclos de apertura y cierre de cajón.

En relación con el ensayo de durabilidad de elementos extraíbles, existen dos aspectos críticos que dependen del uso al que vaya a ser sometido y la normativa que se pretenda aplicar, estos son el número de ciclos y la carga aplicada. En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de estos aspectos a tener en cuenta:



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Norma	Alcance	Ámbito	Nº Ciclos	Índice de carga (kg/dm ³)
ISO7170:2021	Mueble contenedor	Internacional	50.000	0.325
UNE-EN 16122:2013	Mueble contenedor	Europeo	Métodos	Métodos
UNE 11-023-92	Mueble contenedor	Español	40.000	0.65
UNE 56866	Baño	Español	20.000	0.5
UNE-EN 56875:2021	Cocina	Español	60.000	0.2

Tabla 1: Resumen indicadores según normativa

Al ser el objeto del proyecto la seguridad del usuario, se establecieron unos coeficientes de aplicación suficientemente restrictivos en lo que respecta a cargas aplicadas y número de ciclos, así como se va a buscar siempre la aplicación de la normativa más amplia e internacional posible para este tipo de proyectos. Por tanto, para asegurar una prevención correcta de los posibles riesgos que puedan aparecer, se ha seleccionado la norma ISO 7170:2021 como la base que va a determinar las especificaciones de durabilidad dónde se considera que un mueble sigue siendo seguro tras un determinado desgaste.

Índice de carga aplicada	Número de ciclos
0.325 kg/dm³	50.000

Tabla 2: Especificaciones utilizadas

Por lo que se definieron como requisitos de funcionalidad del dispositivo de control de apertura de cajones el conteo de los ciclos de apertura y cierre, de forma que el dispositivo sea capaz de avisar cuando el número de ciclos sea próximo al de la vida útil del cajón indicado por el fabricante o la norma ISO 7170:2021. A su vez, debe de ser capaz de controlar si estos procesos de apertura y cierre se realizan de forma correcta, de manera que envíe un aviso si se detecta algún funcionamiento incorrecto en el mecanismo de guiado del cajón.

3 Evaluación de sensores y dispositivos existentes en el mercado

Tras realizar un estudio de mercado sobre los sensores y dispositivos o soluciones tecnológicas para resolver este tipo de situaciones de riesgo de seguridad para los usuarios de muebles en el ámbito doméstico, se ha detectado que actualmente no existe ninguna solución efectiva a esta problemática.

Por lo que, se puede afirmar que el objetivo y solución tecnológica que ofrece este proyecto es original y no entra en conflicto con ningún producto desarrollado.

En segundo lugar, se realizó el diseño y desarrollo del dispositivo capaz de monitorizar el funcionamiento correcto del cajón en sus ciclos de apertura y cierre.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Para ello, se realizó una búsqueda en el mercado de los sensores y otros dispositivos que pudieran ser adaptados para conseguir desarrollar el sistema en base a los requerimientos y objetivos propuestos.

Estos dispositivos y sistemas se adquirieron y se adaptaron para poder aplicarlos a los productos en estudio. Este trabajo corresponde a la Tarea 4.2., que se encuentra ampliamente detallado en el entregable E4.2.

A continuación, se resumirá el trabajo realizado en la tarea.

Tarea 4.2.- Diseño y desarrollo de dispositivos de conteo y control del número de ciclos de apertura de una cajonera.

La Tarea 4.2 se dividió en tres grandes bloques:

- Análisis y adquisición de los sensores y componentes que formarán el dispositivo.
- Diseño del dispositivo de control de apertura de cajones
- Desarrollo del dispositivo de control de apertura de cajones

1 Análisis y adquisición de los sensores y componentes que formarán el dispositivo

Una vez definidos los requerimientos y los objetivos del dispositivo, se realizó un estudio sobre los sensores y componentes electrónicos que más se adaptaban a las necesidades del mismo.

Para el diseño del dispositivo se seleccionaron dos sensores de proximidad inductivos que son capaces de monitorizar la posición del cajón al detectar la presencia de la parte metálica del cajón.

Para llevar la cuenta del número de ciclos de apertura y cierre mediante las detecciones de ambos sensores inductivos, es necesaria la utilización de un controlador que sea capaz de alojar la programación requerida para la monitorización y el aviso. Por ello, dichos sensores se han conectado a un autómata programable con una pantalla que muestra la cuenta, todo ello alojado en un armario eléctrico industrial.

El autómata programable SIEMENS SIMATIC S7 1200 utilizado es un controlador compacto, modular y de un tamaño reducido con el que se pueden solucionar procesos simples en la industria. Las principales ventajas de este modelo son su capacidad de programación, fácil comunicación, bajo coste y, además, es compatible con muchas aplicaciones.

Para poder alimentar los sensores inductivos y poder trabajar con ellos mediante el autómata seleccionado, ha sido necesario utilizar una fuente de alimentación de 24 V para el autómata.

También se ha incorporado una pantalla de datos para visualizar la monitorización del cajón e interactuar con la configuración del sistema, ya que dispone de tecnología táctil.

2 Diseño del dispositivo de control de apertura de cajones

En esta parte de la tarea se ha diseñado el circuito electrónico necesario para realizar las funcionalidades establecidas mediante los sensores y dispositivos adquiridos.

Los requerimientos previstos son detectar el cajón en la posición de cierre completo y conocer la transición en la que se encuentra (fase de apertura o fase de cierre) para establecer si el cajón se queda



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

abierto o si no se realiza un cierre correcto debido algún problema del mismo (por ejemplo, una sobrecarga del cajón).

Para ello, se ha diseñado un sistema que consta de dos sensores de posición, uno detectará la posición del cajón completamente cerrado, mientras que, gracias a incorporar un segundo sensor en la zona media del recorrido, se podrá saber si el cajón se encuentra en fase de apertura o de cierre, y obtener información a partir de estas señales sobre si el cajón se ha quedado abierto, si se ha cerrado pero algo le ha impedido un cierre completo, e incluso realizar el conteo de ciclos de apertura y cierre.

3 Desarrollo del dispositivo de control de apertura de cajones

Esta parte se ha centrado en el desarrollo del dispositivo, implementando el sistema diseñado previamente.

En primer lugar, se ha mecanizado un armario eléctrico para alojar el autómata programable del equipo de ensayo de apertura y cierre de cajones, así como la pantalla táctil donde se visualizará toda la información referente a los ensayos.

Una vez establecidas las comunicaciones y configuraciones entre los distintos componentes, se desarrolló la programación del autómata programable según el diseño previo y las funcionalidades objetivo del presente proyecto.

Mediante la programación del controlador se realizó el tratamiento de esta información, de manera que se realicen avisos al usuario de los distintos eventos que se quiere prevenir: El límite máximo establecido de ciclos de apertura y cierre de seguridad, la existencia de un problema en el mecanismo de cierre que impida al cajón recuperar la posición de cierre completo y el aviso de que el cajón se ha quedado abierto.

En la siguiente imagen se muestra la disposición de visualización que se ha diseñado para observar el funcionamiento del dispositivo durante las pruebas de evaluación. En ella se detallan los aspectos que están recogidos en la propia pantalla de funcionamiento una vez implementada y durante el testeo manual, así como las funcionalidades establecidas para las distintas configuraciones de detecciones y avisos.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

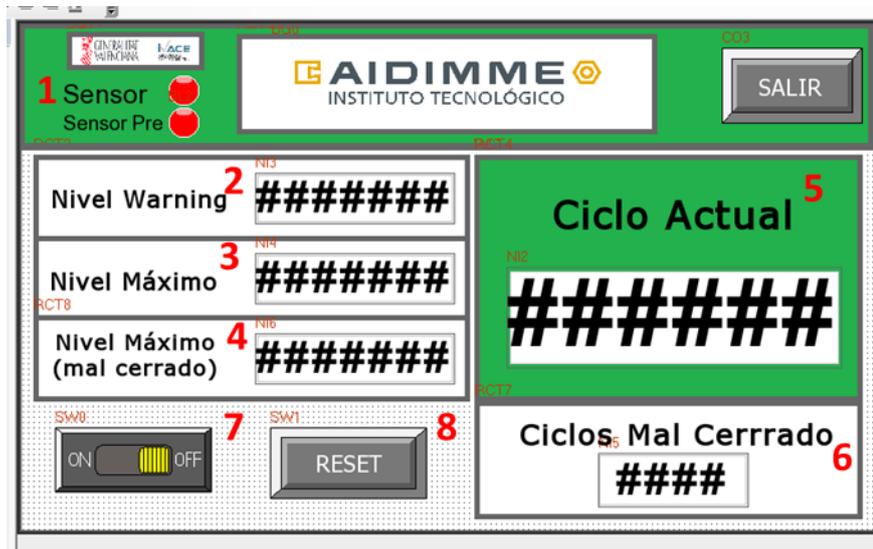


Ilustración 1: Diseño pantalla de visualización durante el funcionamiento

1. Muestra el estado de detección de los sensores inductivos conectados al dispositivo, sensor trasero y sensor lateral. El color de cada sensor se muestra verde o rojo respectivamente según si el sensor está detectando presencia o no del cajón en posición.
2. Pantalla de ajuste del número de ciclos a partir del cual el dispositivo avisará que el mecanismo de apertura está llegando al nivel máximo establecido de uso seguro.
3. Pantalla de ajuste del número de ciclos a partir del cual el dispositivo avisará que el mecanismo de apertura ha llegado al número de ciclos de uso seguro.
4. Pantalla de ajuste del número de máximo de cierres incorrectos a partir del cual el dispositivo avisará que el mecanismo necesita ser revisado por el usuario.
5. Muestra el número actual de ciclos correctos (apertura y cierre) que ha registrado el dispositivo.
6. Muestra el número actual de cierres incorrectos (el cajón no ha finalizado el cierre completo) que ha registrado el dispositivo.
7. Selector de activación de contadores de ciclos, posición ON/OFF
8. Botón “RESET”, establece los contadores de ciclos correctos e incorrectos en 0.

La pantalla de visualización táctil se ha programado para realizar diferentes tipos de aviso de los distintos eventos que suceden durante el funcionamiento del sistema.

Estas alarmas se han establecido de forma que muestre diferentes configuraciones del color de la pantalla para realizar un aviso visual durante las pruebas:

- Funcionamiento normal: Pantalla verde.
- Límite de ciclos máximos próximo: Pantalla naranja.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

- Límite de ciclos máximos alcanzado: Pantalla roja.
- Límite de cierres incorrectos alcanzado: Aviso por pantalla emergente.

Por otro lado, se activará una alerta acústica incorporada en la pantalla cuando se muestre el aviso de límite de ciclos máximos alcanzado.

Estas diferentes configuraciones de visualización que se han realizado para el control y tipos de avisos ensayados se pretenden implementar en el dispositivo final miniaturizado en forma de avisos.

El siguiente paso consistió en la incorporación y evaluación del funcionamiento de los dispositivos desarrollados en un elemento real de mobiliario con cajones. De esta manera, se pudo comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo, demostrando que avisa a los tiempos requeridos, y lo que es crucial, buscando la manera más adecuada de incorporarlo en el mobiliario, ya que de esto va a depender, en gran medida, el correcto funcionamiento del dispositivo. Este trabajo se corresponde con la Tarea 4.3 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E4.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 4.3.- Incorporación de estos dispositivos de conteo y control de ciclos de apertura en elementos de mobiliario con cajones.

La Tarea 4.3 se dividió en tres grandes bloques:

- Caracterización del mobiliario utilizado e incorporación del dispositivo desarrollado.
- Evaluación del funcionamiento básico del dispositivo de control desarrollado
- Evaluación del funcionamiento del dispositivo en un ensayo de durabilidad real

1 Caracterización del mobiliario utilizado e incorporación del dispositivo desarrollado

Las pruebas y ensayos que se han llevado a cabo durante el proceso de desarrollo del dispositivo de conteo y control de apertura de cajones se han realizado sobre un mueble de baño bajo apoyado al suelo y fijado a la pared de tablero, cuenta con dos cajones que utilizan guías con sistema de amortiguación al cierre, un refuerzo en la parte trasera y se suministra con una pila.



Ilustración 2: Mueble utilizado.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Para la realización de los ensayos y la incorporación de los componentes del dispositivo se ha seleccionado, como objeto de estudio, el cajón inferior del mueble, ya que cuenta con mayor capacidad de almacenaje y, por tanto, supone una mayor fatiga aplicable a las guías instaladas en el cajón.

En primer lugar, se ha realizado un análisis sobre cuál es la disposición de los sensores más adecuada para la obtención de la información que requiere el dispositivo. Se necesita una configuración, de tal forma que, el dispositivo sea capaz de registrar cada ciclo de apertura y cierre del cajón, así como, de detectar si se produce algún tipo de cierre incompleto por un mal funcionamiento de las guías y/o sobrecarga en el mismo.

Por lo tanto, se ha optado por incorporar uno de los dos sensores fijado a la parte trasera del mueble, de esta forma, el sensor no se activa hasta que el cajón llega a la posición de cierre completo.

Como con un único sensor no era posible monitorizar si el cajón no se había cerrado correctamente o si, por el contrario, permanecía abierto, fue necesario incorporar un segundo sensor que es el encargado de controlar si el cajón está en fase de apertura o cierre.

El segundo sensor se ha incorporado en el lateral del mueble mediante el mismo procedimiento que el primero. Se coloca a una profundidad determinada que permite conocer si existe algún problema en el mecanismo automático de cierre del cajón.

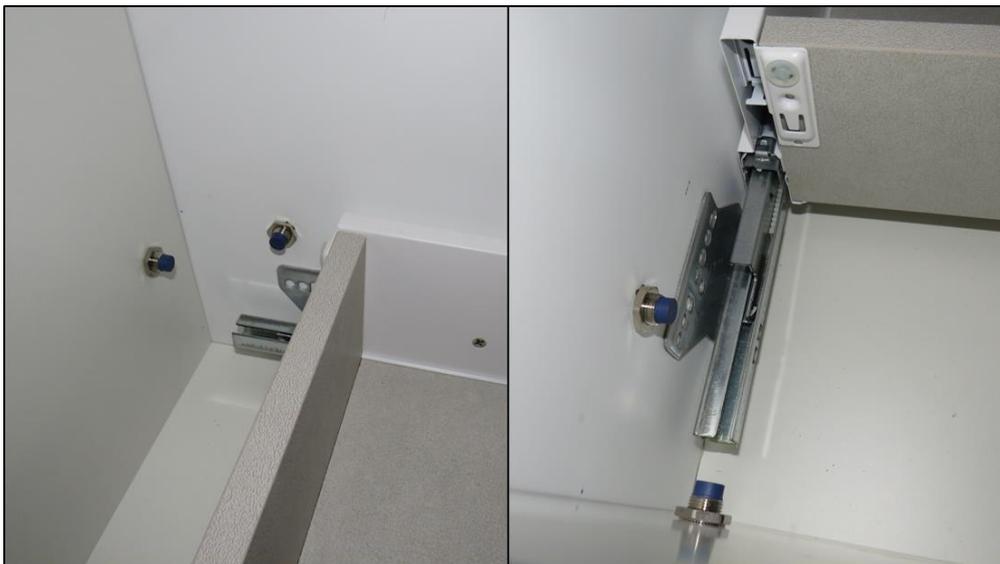


Ilustración 3: Disposición de los sensores

Gracias a esta disposición se puede conocer si el cajón se encuentra en proceso de apertura o proceso de cierre, de esta forma si se obtiene la señal de ambos sensores se puede afirmar que se ha realizado un cierre correcto y, en caso contrario, obtener información sobre un cierre incorrecto.

2 Evaluación del funcionamiento básico del dispositivo de control desarrollado

Una vez incorporado el dispositivo de pruebas en el mueble con cajones objeto del estudio se realizaron una serie de comprobaciones de funcionamiento del sistema.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Por un lado, se realizaron una serie de comprobaciones manuales para verificar que la lectura y funcionamiento básico del dispositivo era el adecuado.

En primer lugar, establecidas todas las conexiones de los componentes del sistema, las primeras pruebas han consistido en verificar el funcionamiento de cada una de las partes implicadas en el conteo y aviso correcto del dispositivo.

Comprobación de la detección del cajón por parte de los dos sensores inductivos de proximidad, y la correcta lectura por parte del autómat. Al iluminarse el led incorporado en el sensor se verifica de forma visual la detección y activación del mismo, de la misma forma se ha programado para que se muestre por pantalla el estado de cada sensor.

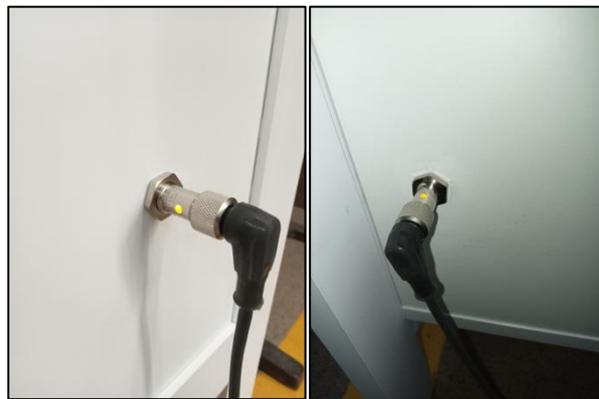


Ilustración 3: Detección sensores lateral y trasero



Ilustración 4: Visualización estado de detección sensores

A partir de estas comprobaciones previas básicas se empieza con la prueba manual de apertura y cierre del cajón, se evaluó el funcionamiento de avisos preestablecido y la interacción con el usuario a través de la pantalla, ajustando los límites de ciclos para cada caso relativamente bajos para que fuese fácilmente realizable de forma manual esta comprobación.

Para ello, se provocaron situaciones donde el sistema detecte cierres incorrectos y de esta manera poder verificar el conteo adecuado de ambos tipos de ciclos, los ciclos correctos de apertura y cierre y los cierres incorrectos.

Estas simulaciones de cierres incorrectos se simularon cerrando el cajón hasta el punto donde empieza a actuar el mecanismo automático de cierre, a una distancia de 10mm del cierre completo, y frenándolo antes de que actúe el propio mecanismo. De esta forma, el sensor lateral detecta la fase de cajón en proceso de cierre, pero al no ser detectado por el sensor trasero en el transcurso de 5 segundos, se contabiliza como un cierre incorrecto debido a un posible fallo del mecanismo guía.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes



Ilustración 5: Comprobación manual del funcionamiento del dispositivo de pruebas

Tras la comprobación del funcionamiento del dispositivo para unos pocos ciclos se procedió a realizar un ensayo de durabilidad según la normativa vigente para verificar la funcionalidad real del dispositivo desarrollado.

3 Evaluación del funcionamiento del dispositivo en un ensayo de durabilidad real

En este apartado se pretende obtener un análisis de cómo se comporta un cajón a lo largo de su vida útil y, de esta forma, comprobar que el dispositivo desarrollado es capaz de monitorizar y detectar los problemas que van apareciendo en el cajón durante un uso continuado del mismo.

Como muestra el análisis de la normativa, para realizar una simulación de uso es necesario aplicar un ensayo de fatiga a los elementos objeto del estudio. Para ello, se someten a uso repetido con una duración determinada por la norma y bajo una carga establecida. De esta forma, se consigue poder evaluar la durabilidad, la resistencia y la seguridad del mobiliario, bajo unas condiciones similares a las que va a estar expuesto durante su uso cotidiano.

Por tanto, se ha aplicado una carga al cajón según indica la norma ISO 7170:2021 con una relación de 0.325 kg/dm^3 , obteniendo una carga resultante para el cajón bajo del mueble de 25 kg (véase Ilustración 6).



Ilustración 6: Aplicación de la carga (25 kg) al elemento a ensayar

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Para conseguir automatizar este proceso y realizar las pruebas con la mayor exactitud y control posible se ha utilizado del robot colaborativo Universal Robots del que dispone AIDIMME, desarrollando la programación para que realice el ensayo de durabilidad mientras el dispositivo conectado al cajón monitoriza el estado del mismo y los posibles fallos que puedan ocurrir.

Para dicho ensayo se ha diseñado y desarrollado una herramienta en forma de garra que se incorpora al robot (Ilustración 7), de forma que actúe sobre el tirador del cajón simulando la acción de la mano de una persona realizando la acción de apertura y cierre.

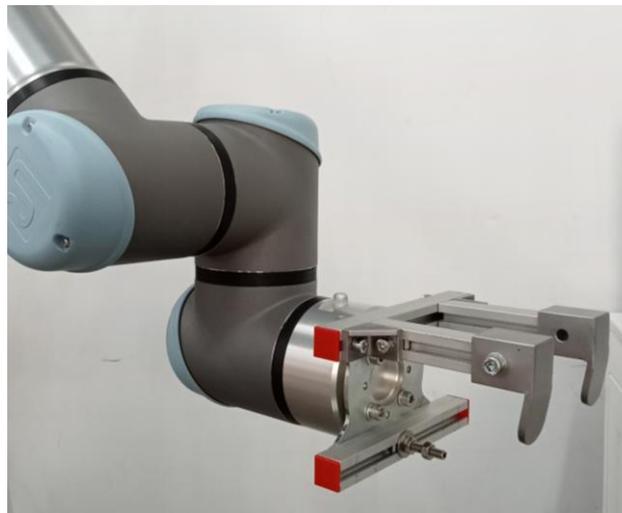


Ilustración 7: Garra desarrollada incorporada al robot colaborativo

Esta secuencia de apertura y cierre se ha realizado un total de 50.000 ciclos para obtener unos resultados de la experimentación basados en una vida útil de un mueble con cajón.

Durante el proceso de la prueba de durabilidad se ha configurado el robot colaborativo para que realice un movimiento lineal entre las posiciones de apertura y posición antes del cierre automático del cajón. De esta forma, se ha conseguido obtener una monitorización del estado general del sistema de guiado del cajón durante toda la prueba de durabilidad, o lo que se establece similar a lo que sería durante la vida útil del cajón.

Obteniendo unos resultados satisfactorios en lo que respecta al dispositivo desarrollado, ya que ha sido capaz de detectar con una efectividad del 100% el conteo de ciclos realizados, así como los fallos que han ido sucediendo en el mecanismo de cierre automático debido al desgaste del mismo.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes



Ilustración 8: Robot realizando el ensayo de durabilidad en estado apertura



Ilustración 9: Robot realizando el ensayo de durabilidad en estado cierre

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento y una evaluación del dispositivo de pruebas y sus características, se han considerado una serie de optimizaciones que serían adecuadas implementar en la fabricación del dispositivo final, o tenerlas en cuenta como opciones añadidas a incorporar en el mismo. Finalmente, se exponen estos aspectos de mejora del dispositivo de control de apertura de cajones desarrollado, así como los requerimientos y resultado final de la fabricación del prototipo



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

obtenido al cierre del presente proyecto. Este trabajo se corresponde con la Tarea 4.4 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E4.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 4.4.- Evaluación y optimización final de los dispositivos de conteo y control de ciclos de apertura de cajones.

La Tarea 4.4 se dividió en dos grandes bloques:

- Evaluación de los aspectos a optimizar en el dispositivo desarrollado
- Optimización y realización del prototipo final.

1 Evaluación de los aspectos a optimizar en el dispositivo desarrollado

Algunas de las características principales que se buscan en la solución tecnológica que se pretende desarrollar son la facilidad de incorporación en el mobiliario y la versatilidad de adaptación a distintos tipos de diseños de cajones.

Para ello, es necesario realizar un diseño compacto del dispositivo desarrollado, que tenga unas dimensiones mínimas para conseguir la facilidad de adaptación mencionada a cualquier mueble de almacenamiento con cajones.

Con este fin, se han evaluado distintas optimizaciones a realizar en el dispositivo:

- Todos los elementos del dispositivo deben estar integrados en una placa PCB de tamaño reducido
- Incorporar la electrónica de control utilizada en un microprocesador
- Incorporar los sensores en la propia PCB
- Conseguir un dispositivo autónomo
- Alternativas de detección en el elemento a monitorizar

2 Optimización y realización del prototipo final

Para la fabricación del prototipo final se ha subcontratado a la empresa Ingeniería Electrónica a tu medida SL. La tarea subcontratada ha consistido en diseñar y fabricar una placa electrónica de control basada en un microprocesador de bajo consumo que monitorizará la apertura de cajones sobre el mueble en el que está montada, informando al usuario acerca del estado del objeto a través de una señal sonora.

El dispositivo fabricado cuenta con las siguientes características:

Tarjeta electrónica que cuenta el número de veces que se abre y cierra un cajón, avisando a través de una alarma sonora si se supera el límite establecido previamente.

La detección del estado del cajón, abierto/cerrado, se realiza a través de un imán situado en la parte trasera del cajón. Dicho imán activará un sensor del tipo REED RELAY.

Un segundo sensor sirve para conocer la fase en la que se encuentra el cajón (fase de apertura o fase de cierre) y distinguir así, entre aperturas reales y cajones mal cerrados.

Cuando el número de operaciones de apertura y cierre se aproxime al límite establecido, se emitirá un zumbido



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

intermitente a modo de alerta. El zumbido será continuo si se supera el límite establecido. Se ha establecido una tercera alarma que consiste en un zumbido intermitente de mayor frecuencia que el anterior que nos avisará de un mal cierre del cajón.

Finalmente se han fabricado dos prototipos para adaptarse fácilmente al diseño del mueble.

Uno lleva incorporado los relés magnéticos que son, en este caso los encargados de detectar la presencia y posición del elemento del cajón.

En el otro dispositivo se han sustituido estos relés por dos conectores donde se realizan las conexiones de los sensores encargados de la detección de posición, de esta forma, dichos sensores se pueden colocar en la posición más adecuada según la tipología del mueble, sin afectar al diseño o cambios relacionados con la funcionalidad del dispositivo

Además, la empresa encargada de la subcontratación ha desarrollado y fabricado una caja donde va a estar alojada la placa electrónica de control, de esta manera va a estar protegida frente a posibles daños.

Paquete de trabajo 5.- Desarrollo y evaluación de dispositivos de verificación del anclaje de elementos de mobiliario colgados a la pared.

Los objetivos del paquete de trabajo 5 son el diseño, desarrollo, incorporación y optimización de dispositivos que controlen el anclaje de elementos de mobiliario colgado a la pared.

En primer lugar, se ha realizado una evaluación de la normativa actual, en cuanto a requerimientos de mobiliario que se utiliza suspendido en paredes. Así como, se ha efectuado una búsqueda de las posibles soluciones utilizadas en la actualidad para esta tipología de mobiliario. De este modo, se ha conocido sobre qué situación concreta partía el proyecto con respecto al control existente de seguridad de mobiliario anclado a paredes. Este trabajo se corresponde con la Tarea 5.1 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E5.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 5.1.- Evaluación normativa y del mercado con respecto a los requerimientos y dispositivos existentes que controlen y verifiquen el estado del anclaje de los elementos de mobiliario colgados en paredes.

La Tarea 5.1 se dividió en tres grandes bloques:

- Análisis de los riesgos de seguridad según la normativa actual para mobiliario colgado.
- Evaluación de los criterios de seguridad a aplicar para reducir los riesgos hacia el usuario.
- Evaluación de sensores y dispositivos existentes en el mercado.

1 Análisis de los riesgos de seguridad según la normativa actual para mobiliario colgado

Durante la realización de este trabajo se constató que para evaluar si un elemento de mobiliario es o no seguro, necesitamos establecer unos criterios de evaluación. En el RD 1801/2003 de seguridad general de los productos de consumo se sigue el principio de conformidad a normas, adoptado por las directivas de nuevo enfoque. Es decir que, básicamente, un criterio objetivo y fiable de que un mueble es seguro es que cumpla las normas europeas o internacionales sobre los requisitos de seguridad que le son de aplicación.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Por ello, se han analizado las distintas normas europeas que recogen los requisitos de resistencia estructural y la seguridad de los muebles fijados a muros o a otras superficies para determinar los criterios más relevantes que implican a este tipo de mobiliario.

Las diferentes normas que se aplican en este ámbito son:

- *ISO7170:2021* “Furniture — Storage units — Test methods for the determination of strength, durability and stability.” Esta norma funciona de marco para la elaboración del resto de normas en relación con la metodología para determinar la fuerza, durabilidad y estabilidad del mobiliario de almacenamiento, incluyendo sus partes extraíbles y no extraíbles. Además de establecer la metodología de los ensayos específicos para evaluar la resistencia de los dispositivos utilizados para el montaje en el edificio o en una estructura, incluyendo la fijación del mueble.
- *UNE-EN 16122:2013* “Mobiliario de almacenamiento de uso doméstico y no doméstico. Método de ensayo para la determinación de la resistencia, la durabilidad y la estabilidad.” Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 16122:2012, donde vienen recogidos los métodos de ensayo para la determinación de la resistencia, la durabilidad y la estabilidad del mobiliario de almacenamiento de uso doméstico y no doméstico.
- *UNE 14749:2016* “Muebles contenedores y planos de trabajo para uso doméstico y en cocinas. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.” Recoge los requisitos de seguridad y métodos de ensayo en muebles de almacenamiento de cocina y baño de uso doméstico, incluyendo sus elementos
- *UNE-EN 56875:2021* “Muebles de cocina. Especificaciones, requisitos y métodos de ensayo” Norma que establece las especificaciones, requisitos y métodos de análisis para la evaluación de la resistencia, durabilidad estructural, propiedades de superficie y comportamiento físico del mobiliario de cocina de uso doméstico y residencial.

2 Evaluación de los criterios de seguridad a aplicar para reducir los riesgos hacia el usuario

Tras analizar la normativa actual que determina la resistencia, la durabilidad, la estabilidad y la seguridad de los muebles contenedores fijados a muro o a otra superficie, se ha elaborado un resumen que recoge los ensayos aplicables a este tipo de mueble con las especificaciones más restrictivas, con el fin de simular las condiciones más desfavorables a las que puede estar sometido.

Al ser el objeto del proyecto la seguridad del usuario, se van a establecer los coeficientes más exigentes de la normativa en lo que respecta a cargas aplicadas y número de ciclos, para asegurar una prevención correcta de los posibles riesgos que puedan aparecer.

Los principales desplazamientos que se pretenden supervisar en el mueble colgado son los que se muestran en la siguiente imagen:



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

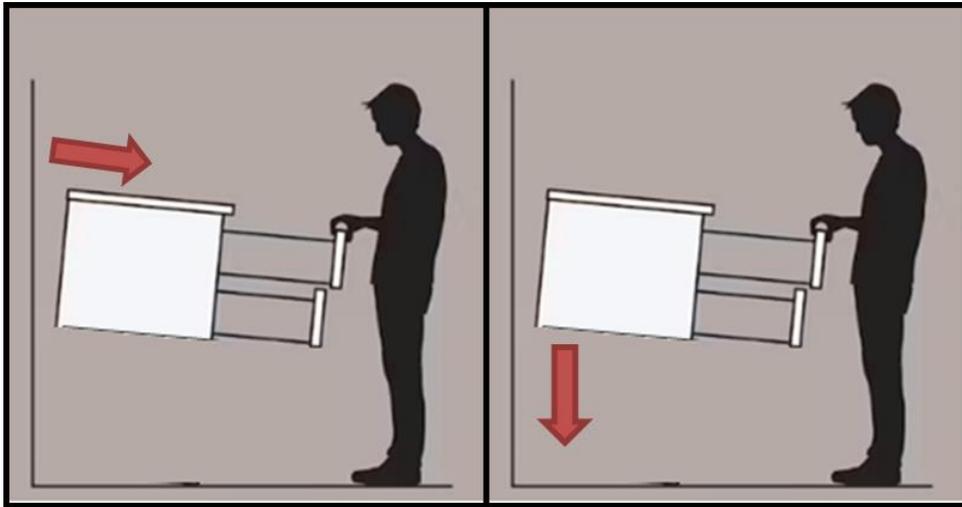


Ilustración 10: Desplazamientos que indican riesgo de caída del mueble.

Por lo que, el resultado de la evaluación de los aspectos más críticos que afectan directamente al usuario se ha basado principalmente en el ensayo de carga de los elementos extraíbles y el ensayo de sobrecarga, que son estos los que suponen más riesgo de descuelgue del mueble:

- *Ensayo de carga de elementos extraíbles*

Cargar los elementos extraíbles con relación a 0.2 kg/dm^3 .

Abrir, hasta sus topes de apertura, los cajones, y aplicar 10 veces una fuerza estática vertical de 100N, en una de las esquinas superiores de los cajones.

- *Ensayo de sobrecarga*

Con las puertas y cajones abiertos, aplicar una carga adicional de 250 kg/m^2 , que se complementa con una masa equivalente a la capacidad de agua que puede llenarse el lavabo y un incremento del 20% de la carga en los elementos extraíbles.

3 Evaluación de sensores y dispositivos existentes en el mercado

Tras realizar un estudio de mercado sobre los sensores y dispositivos o soluciones tecnológicas para resolver este tipo de situaciones de riesgo de seguridad para los usuarios de muebles en el ámbito doméstico, se ha detectado que actualmente no existe ninguna solución efectiva a esta problemática.

Por lo que, se puede afirmar que el objetivo y solución tecnológica que ofrece este proyecto es original y no entra en conflicto con ningún producto desarrollado.

En segundo lugar, se realizó el diseño y desarrollo del dispositivo capaz de monitorizar el desplazamiento del mueble anclado respecto a la pared.

Para ello, se realizó una búsqueda en el mercado de los sensores y otros dispositivos que pudieran ser adaptados para conseguir desarrollar el sistema en base a los requerimientos y objetivos propuestos.

Estos dispositivos y sistemas se adquirieron y se adaptaron para poder aplicarlos a los productos en estudio. Este trabajo corresponde a la Tarea 5.2., que se encuentra ampliamente detallado en el entregable E5.1.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

A continuación, se resumirá el trabajo realizado en la tarea.

Tarea 5.2.- Diseño y desarrollo de dispositivos de control y verificación de anclaje a pared.

La Tarea 5.2 se dividió en tres grandes bloques:

- Análisis y adquisición de los sensores y componentes.
- Diseño del dispositivo de verificación del anclaje de elementos colgados.
- Desarrollo del dispositivo de verificación del anclaje de elementos colgados.

1 Análisis y adquisición de los sensores y componentes

Una vez definidos los requerimientos y los objetivos del dispositivo, se realizó un estudio sobre los sensores y componentes electrónicos que más se adaptaban a las necesidades del mismo.

Para la detección de la posición del elemento colgado se ha escogido el modelo de sensor de posicionamiento, que es equivalente a un pulsador momentáneo normalmente cerrado. Se han utilizado dos de estos sensores, uno para la detección del desplazamiento horizontal y otro para el desplazamiento vertical.

Para el dispositivo electrónico encargado del aviso acústico para alertar al usuario de un riesgo inminente de caída del mueble anclado, se ha utilizado un zumbador piezoeléctrico.

El dispositivo de pruebas estuvo integrado en una placa electrónica autónoma desarrollada por el equipo del proyecto, para conseguir esta autonomía utilizó una fuente de alimentación que consiste en tres pilas alcalinas AA que se alojaron en un porta pilas incorporado a la placa

2 Diseño del dispositivo de verificación del anclaje de elementos colgados

En esta parte de la tarea se ha diseñado el circuito electrónico necesario para realizar las funcionalidades establecidas mediante los sensores y dispositivos adquiridos, y se ha diseñado una tarjeta electrónica dotada de los sensores montados en paralelo, que detecten la caída del armario a través de una función de álgebra de Boole.

Los sensores se basan en un conmutador dotado de un elemento móvil que mantiene el circuito abierto si está oprimido. Debe mantenerse oprimido contra la pared si el montaje se realiza correctamente, y están ubicados de forma que uno detecte el desplazamiento vertical del mueble y el otro el desplazamiento horizontal.

En el instante en que al menos uno de los sensores deje de estar oprimido se cierra el circuito activando un zumbador y así, mediante un aviso acústico, alertar al usuario de que el armario está desplazándose.

La alimentación del dispositivo ha consistido en una solución autónoma formada por tres pilas alcalinas de larga vida (uso industrial de 1,5 voltios cada una), que forman una tensión de alimentación de 4,5 voltios, de manera que suministra suficiente tensión para conseguir un funcionamiento correcto de los elementos que se integran en la placa electrónica.

3 Desarrollo del dispositivo de verificación del anclaje de elementos colgados

Esta parte se ha centrado en el desarrollo del dispositivo, implementando el sistema diseñado previamente. Por lo que, se ha desarrollado el dispositivo de pruebas basado en una placa electrónica que incorpora todos los componentes, salvo los sensores de posición que van ubicados en el propio mueble y conectados a ella, actuando como interruptores.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Para ello, se han incorporado los elementos a la placa y se han realizado las soldaduras estableciendo las conexiones previstas en el diseño electrónico del dispositivo.



Ilustración 11: Dispositivo de pruebas desarrollado.

El siguiente paso consistió en la incorporación y evaluación del funcionamiento de los dispositivos desarrollados en un elemento real de mobiliario suspendido. De esta manera, se pudo comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo, demostrando que avisa a los tiempos requeridos, y lo que es crucial, buscando la manera más adecuada de incorporarlo en el mobiliario, ya que de esto va a depender, en gran medida, el correcto funcionamiento del dispositivo. Este trabajo se corresponde con la Tarea 5.3 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E5.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 5.3.- Incorporación de estos dispositivos de control y verificación del anclaje en elementos de mobiliario colgados en paredes.

La Tarea 5.3 se dividió en dos grandes bloques:

- Caracterización del mobiliario utilizado e incorporación del dispositivo desarrollado.
- Evaluación del funcionamiento de detección del desplazamiento horizontal.
- Evaluación del funcionamiento de detección del desplazamiento vertical.

1 Caracterización del mobiliario utilizado e incorporación del dispositivo desarrollado

Para la muestra sobre la que se han realizado las pruebas y ensayos durante el proceso de desarrollo del dispositivo de control y verificación del anclaje, se ha utilizado un mueble de baño suspendido.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Consiste en un mueble de baño suspendido, de tablero de partículas laminado, color blanco, cuenta con dos cajones que utilizan las guías con sistema de amortiguación al cierre, un refuerzo en la parte trasera y presenta dos herrajes laterales para su fijación a la pared en los extremos de ambos costados, como se muestra en Ilustración 12.



Ilustración 12: Vista de lateral mueble utilizado.

En primer lugar, se realizó la sujeción del mueble objeto de estudio, mediante los herrajes que ofrece el fabricante, a una estructura móvil utilizada en el laboratorio de AIDIMME para la realización de ensayos de descuelgue para mobiliario colgado en paredes y otras superficies. Esta estructura simula las condiciones que se encuentran cuando se sitúan dichos muebles en superficies verticales.

Una vez situado el mueble en el entorno donde iba a ser ensayado, se realizó un análisis sobre cuál es la disposición de los sensores más adecuada para la obtención de la información que requiere el dispositivo. Se necesitaba una configuración, de tal forma que, el dispositivo fuese capaz de registrar un desplazamiento del mueble respecto a la superficie a la que se ancla y, de esta manera, evitar los daños que una caída podría ocasionar.

Tras este análisis, se mecanizaron unos soportes para poder incorporar los sensores adquiridos al mueble y que permiten una regulación para ajustarlos a la profundidad de la pared. Para una lectura óptima del desplazamiento, el sensor encargado de detectar el desplazamiento horizontal se ha ubicado en la parte superior del anclaje que sujeta el mueble a la pared, mientras que el encargado de detectar el desplazamiento vertical se ha incorporado en la parte interna del mueble de forma que detecta los desplazamientos verticales del mueble respecto el anclaje unido a la superficie de sujeción.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes



Ilustración 13: Disposición final de los sensores

Una vez incorporados los dos sensores, se ha realizado la conexión con la placa desarrollada que incluye el sistema acústico de alarma. De esta manera, ya se puede obtener una lectura de los distintos desplazamientos que sufra el mueble colgado y realizar distintas comprobaciones.

Las conexiones se han realizado de manera que los sensores actúan como interruptores, de forma que si alguno de ellos deja de detectar contacto con el anclaje cierra el circuito eléctrico para alimentar el buzzer y activa el sistema acústico de alarma.

Para la evaluación de la funcionalidad del dispositivo de pruebas desarrollado se van a realizar los ensayos según la norma para simular las situaciones donde el elemento se descuelga y presenta un riesgo de caída mediante la aplicación de fuerzas en puntos críticos.

2 Evaluación del funcionamiento de detección del desplazamiento horizontal

En primer lugar, se ha realizado el ensayo de carga sobre los elementos extraíbles abiertos. Esta prueba es una de las principales causas por las que un mueble suspendido se desplace de forma horizontal y pueda producir una caída.

Este ensayo se ha realizado en el elemento superior ya que, como se indica en la norma, el ensayo se debe hacer sobre los elementos con mayor probabilidad de fallo de la fijación al muro, y en este caso el elemento cargado que más efecto tiene sobre el anclaje del mueble es el elemento superior.

Con el mueble cargado con el peso determinado, se procede a abrir el elemento extraíble (en este caso los cajones) hasta sus topes de apertura y se aplica una fuerza estática de 100N vertical en una de las esquinas superiores.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Los requisitos que se establece en la norma son que, una vez finalizado el ensayo, el mueble debe quedar fijado a la estructura y debe soportar la carga de ensayo. En la realización del mismo se ha verificado que se cumplen los requisitos mínimos de seguridad y el resultado es favorable.

Este ensayo ha servido de punto de partida para simular una situación donde el mueble se desplaza y el sensor que monitoriza el desplazamiento horizontal es el encargado de detectar.

Por tanto, bajo estas condiciones de ensayo, se ha continuado aplicando fuerza en este punto hasta conseguir un desplazamiento del mueble de 0.3mm respecto a la superficie horizontal sobre la que se encuentra anclado y se ha ajustado el sensor para conseguir que active la alarma acústica cuando se detecte esta situación.

De esta forma, el sistema de control y aviso es capaz de alertar al usuario cuando, debido a una sobrecarga o desgaste del herraje, el mueble sufre un desplazamiento que pueda suponer una caída y, por tanto, un riesgo para el usuario. Así se consigue una alerta con carácter preventivo y, el usuario debe inspeccionar el anclaje y realizar su ajuste para asegurar una posición segura del mueble colgante.

3 Evaluación del funcionamiento de detección del desplazamiento vertical

En segundo lugar, se realizó un ensayo de sobrecarga sobre el mueble con una carga específica para comprobar la funcionalidad del dispositivo ante un desplazamiento vertical del mueble y verificar que soporta dicha carga o si, por el contrario, se descuelga de la superficie.

La metodología y especificaciones de ensayo, según la normativa, es la siguiente:

Con las puertas y cajones abiertos, se aplica una carga adicional de 250 kg/m² sobre la superficie del mueble, que se complementa con una masa equivalente a la capacidad de agua que puede llenarse el lavabo y un incremento del 20% de la carga en los elementos extraíbles. La carga resultante que finalmente se aplicó sobre el mueble fueron 109 Kg.



Ilustración 14: Aplicación de carga, ensayo de sobrecarga.

Este ensayo ha servido de punto de partida para simular una situación donde el mueble se desplaza y el sensor que monitoriza el desplazamiento vertical es el encargado de detectarlo.

Por tanto, bajo estas condiciones de ensayo, se ha continuado aplicando carga sobre la superficie hasta conseguir un desplazamiento del mueble de 0.3mm respecto al herraje situado en la estructura sobre la que se

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

encuentra anclado, se ha ajustado el sensor para conseguir que active la alarma acústica cuando se detecte este desplazamiento vertical.

De esta forma, el sistema de control y aviso es capaz de alertar al usuario cuando, debido a una sobrecarga o desgaste del herraje, el mueble sufre un desplazamiento que pueda suponer una caída y, por tanto, un riesgo para el usuario. Así se consigue una alerta con carácter preventivo y, el usuario debe inspeccionar el anclaje y realizar su ajuste para asegurar una posición segura del mueble colgante o retirar peso del mismo.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento y una evaluación del dispositivo de pruebas y sus características, se han considerado una serie de optimizaciones que serían adecuadas implementar en la fabricación del dispositivo final, o tenerlas en cuenta como opciones añadidas a incorporar en el mismo. Finalmente, se exponen estos aspectos de mejora del dispositivo de control y verificación del anclaje de los elementos de mobiliario colgados en paredes, así como los requerimientos y resultado final de la fabricación del prototipo obtenido al cierre del presente proyecto. Este trabajo se corresponde con la Tarea 5.4 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E5.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 5.4.- Evaluación y optimización final de los dispositivos de control y verificación del anclaje de los elementos de mobiliario colgados en paredes.

La Tarea 5.4 se dividió en dos grandes bloques:

- Evaluación de los aspectos a optimizar en el dispositivo desarrollado
- Optimización y realización del prototipo final.

1 Evaluación de los aspectos a optimizar en el dispositivo desarrollado

Algunas de las características principales que se buscan en la solución tecnológica que se han desarrollado son la facilidad de incorporación en el mobiliario y la versatilidad de adaptación a distintos tipos de muebles colgados en paredes.

Para ello, es necesario realizar un diseño compacto del dispositivo desarrollado, que tenga unas dimensiones mínimas para conseguir la facilidad de adaptación mencionada a cualquier mueble.

Con este fin, se han evaluado distintas optimizaciones a realizar en el dispositivo:

- Todos los elementos del dispositivo deben estar integrados en una placa PCB de tamaño reducido
- Mayor autonomía del dispositivo
- Incorporar el sensorizado en ambos puntos de anclaje del mueble
- Incorporar electrónica de control para detectar seísmos

2 Optimización y realización del prototipo final

Para la fabricación del prototipo final se ha subcontratado a la empresa Ingeniería Electrónica a tu medida SL. La tarea subcontratada consiste en diseñar y fabricar una placa electrónica de control basada en un microprocesador de bajo consumo que monitorizará el anclaje de elementos de mobiliario colgados a la pared, informando al usuario acerca del estado del objeto a través de una señal sonora.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

El dispositivo fabricado cuenta con las siguientes características:

Tarjeta electrónica dotada de dos sensores montados en paralelo, que detectan la caída del armario a través de una función de álgebra de Boole.

Los sensores se basan en un conmutador dotado de un elemento móvil que mantiene el circuito abierto si está oprimido. Debe mantenerse oprimido contra la pared si el montaje se realiza correctamente. En el instante en que al menos uno de los sensores deje de estar oprimido se cerrará el circuito activando el zumbador para avisar que el armario está desplazándose.

El microcontrolador monitoriza las detecciones de desplazamiento respecto la superficie a la que está fijado el mueble en un intervalo de tiempo, y mediante una segunda alarma continua avisa de un ciclo de desplazamientos seguidos a causa, por ejemplo, de un seísmo.

Finalmente se ha procedido a la fabricación del prototipo final, se ha implementado unas conexiones de manera que no sea necesario que los sensores queden adheridos a la placa, para facilitar así la adecuación del dispositivo a diferentes muebles sin modificar su diseño ni su estructura.

La empresa encargada de la subcontratación ha desarrollado y fabricado una caja donde va a estar alojada la placa electrónica de control, de esta manera va a estar protegida frente a posibles daños, así como facilitar su fijación a la estructura del mueble.

Paquete de Trabajo 6.- Desarrollo y evaluación de dispositivos de control de deformación o carga de estanterías.

Los objetivos del paquete de trabajo 6 son el diseño, desarrollo, incorporación y optimización de dispositivos de control de deformación o carga de estanterías.

En primer lugar, se ha realizado una evaluación de la normativa actual, en cuanto a requerimientos de mobiliario con estantes. Así como, efectuar una búsqueda de las posibles soluciones utilizadas en la actualidad para esta tipología de mobiliario. De este modo, se ha conocido sobre qué situación concreta partía el proyecto con respecto al control existente de seguridad de mobiliario con estantes. Este trabajo se corresponde con la Tarea 6.1 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E6.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 6.1.- Evaluación normativa y del mercado con respecto a los requerimientos y dispositivos existentes que controlen las cargas máximas y deformaciones que se producen en estanterías.

La Tarea 6.1 se dividió en tres grandes bloques:

- Análisis de los riesgos de seguridad según la normativa actual para mobiliario con estantes.
- Evaluación de los criterios de seguridad a aplicar para reducir los riesgos hacia el usuario.
- Evaluación de sensores y dispositivos existentes en el mercado.

- 1 Análisis de los riesgos de seguridad según la normativa actual para mobiliario con estantes

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Durante la realización de este trabajo se constató que para evaluar si un elemento de mobiliario es o no seguro, necesitamos establecer unos criterios de evaluación. En el RD 1801/2003 de seguridad general de los productos de consumo se sigue el principio de conformidad a normas, adoptado por las directivas de nuevo enfoque. Es decir que, básicamente, un criterio objetivo y fiable de que un mueble es seguro es que cumpla las normas europeas o internacionales sobre los requisitos de seguridad que le son de aplicación.

Por ello, se han analizado las distintas normas europeas que recogen los requisitos de durabilidad y seguridad de mobiliario con estantes para determinar los criterios más relevantes que implican a este tipo de mobiliario.

Las diferentes normas que se aplican en este ámbito son:

- *ISO7170:2021* “Furniture — Storage units — Test methods for the determination of strength, durability and stability.” Esta norma funciona de marco para la elaboración del resto de normas en relación con la metodología para determinar la fuerza, durabilidad y estabilidad del mobiliario de almacenamiento, incluyendo sus partes extraíbles y no extraíbles. Además de establecer métodos para la realización de ensayos, también detalla cargas, ciclos y fuerzas recomendadas para la aplicación en las pruebas.
- *UNE-EN 16122:2013* “Mobiliario de almacenamiento de uso doméstico y no doméstico. Método de ensayo para la determinación de la resistencia, la durabilidad y la estabilidad.” Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 16122:2012, donde vienen recogidos los métodos de ensayo para la determinación de la resistencia, la durabilidad y la estabilidad del mobiliario de almacenamiento de uso doméstico y no doméstico.
- *UNE 11-023-92* Norma española de “Armarios y muebles similares para uso doméstico y público. Especificaciones y características funcionales. Parte 2: resistencia estructural y estabilidad.”.
- *UNE 56866:2002* “Muebles de baño. Ensayos mecánicos.” Normativa que establece una serie de ensayos mecánicos para comprobar las características funcionales de los muebles de baño domésticos.
- *UNE-EN 56875:2021* “Muebles de cocina. Especificaciones, requisitos y métodos de ensayo” Norma que establece las especificaciones, requisitos y métodos de análisis para la evaluación de la resistencia, durabilidad estructural, propiedades de superficie y comportamiento físico del mobiliario de cocina de uso doméstico y residencial.

2 Evaluación de los criterios de seguridad a aplicar para reducir los riesgos hacia el usuario

En toda la normativa utilizada actualmente para determinar la resistencia, durabilidad y seguridad de los estantes se señala los ensayos de medición de la flexión como uno de los principales indicadores de seguridad y durabilidad de este tipo de elemento.

Por tanto, se ha concluido que la medición de dicha flexión es una de las formas más eficaces de valorar el uso que se le está dando a un estante, así como prever un riesgo de rotura o caída.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

A continuación, la Tabla 3 muestra los criterios recogidos en cada norma:

Norma	Alcance	Ámbito	Flexión máxima	Índice de carga (kg/dm ²)
ISO 7170:2021	Mueble contenedor	Internacional	---	1.5
UNE-EN 16122:2013	Mueble contenedor	Europeo	--	--
UNE 11-023-92	Mueble contenedor	Español	Luz / 200	2.0
UNE 56875:2021	Baño	Español	1.25% Luz	1.5
UNE 56866:2002	Cocina	Español	1.25% Luz	1.5
*Luz: Longitud entre los apoyos del estante				

Tabla 3: Resumen indicadores según normativa.

Los sensores que se han desarrollado en el proyecto SENSOESTANT están destinados a elementos de mobiliario de uso doméstico, por ello el nivel de ensayo que deben soportar estos elementos sería como mínimo al nivel más restrictivo de las especificaciones.

Por tanto, para la realización de las pruebas del dispositivo se han utilizado los coeficientes más restrictivos de la normativa en lo que respecta a cargas aplicadas y límite de flexión permitido, a partir del cual se va a considerar que el elemento presenta un riesgo al usuario.

Índice de carga aplicada	Flexión máxima
2 kg/dm ²	Luz / 200

Tabla 4: Especificaciones utilizadas.

3 Evaluación de sensores y dispositivos existentes en el mercado

Tras realizar un estudio de mercado sobre los sensores y dispositivos o soluciones tecnológicas para resolver este tipo de situaciones de riesgo de seguridad para los usuarios de muebles en el ámbito doméstico, se ha detectado que actualmente no existe ninguna solución efectiva a esta problemática.

Por lo que, se puede afirmar que el objetivo y solución tecnológica que ofrece este proyecto es original y no entra en conflicto con ningún producto desarrollado.

En segundo lugar, se realizó el diseño y desarrollo del dispositivo capaz de monitorizar la flexión o deformación que soporta un determinado estante bajo una carga sometida.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Para ello, se realizó una búsqueda en el mercado de los sensores y otros dispositivos que pudieran ser adaptados para conseguir desarrollar el sistema en base a los requerimientos y objetivos propuestos.

Estos dispositivos y sistemas se adquirieron y se adaptaron para poder aplicarlos a los productos en estudio. Este trabajo corresponde a la Tarea 6.2., que se encuentra ampliamente detallado en el entregable E6.1.

A continuación, se resumirá el trabajo realizado en la tarea.

Tarea 6.2.- Diseño y desarrollo de dispositivos de control de la deformación o carga en una estantería.

La Tarea 6.2 se dividió en tres grandes bloques:

- Adquisición de los sensores y diseño del dispositivo.
- Desarrollo del dispositivo de la deformación en una estantería

1 Adquisición de los sensores y diseño del dispositivo

Una vez definidos los requerimientos y los objetivos del dispositivo, se realizó un estudio sobre los sensores y componentes electrónicos que más se adaptaban a las necesidades del mismo.

Para los sensores encargados de realizar la medición de la deformación se escogieron galgas extensiométricas de madera ya que se basan en una resistencia eléctrica que, al deformarse, se vuelve más estrecho y alargado, incrementando su resistencia eléctrica. Y, de esta forma, se aprovecha por tanto esta deformación para transformarlo en una señal eléctrica que permite realizar mediciones en la deformación de objetos.

Para el diseño del dispositivo de control se ha tenido en cuenta el funcionamiento del sensor utilizado en el mismo, ya que para medir la deformación que sufre la galga extensiométrica, ésta debe estar conectada a un circuito eléctrico que mida los cambios de tensión, relativos a la resistencia.

Por lo que, para el funcionamiento del dispositivo, tal y como se ha diseñado, únicamente va a ser necesario implementar este sensor al estante para poder medir la flexión que presenta el mismo bajo la aplicación de carga.

Sin embargo, para poder medir e interpretar la señal con la precisión adecuada se necesita utilizar unos equipos de amplificación y adecuación de la señal, debido a que las variaciones de tensión emitidas por el sensor son en el orden de microvoltios y son muy sensibles a las condiciones externas.

Por ello, el equipo de instrumentación electrónica utilizado ha sido un amplificador de señal que cuenta con un puente de Wheatston incorporado y un software de adquisición de datos para medir, visualizar y analizar las medidas obtenidas para las diferentes deformaciones y distintos tipos de estantes.

2 Desarrollo del dispositivo de la deformación en una estantería

La solución tecnológica diseñada para la toma de datos y la fabricación del dispositivo ha consistido en la implementación de la galga extensiométrica en cada uno de los estantes analizados, conectadas al sistema de adquisición de datos y al software de visualización.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

El siguiente paso consistió en la incorporación y evaluación del funcionamiento de los dispositivos desarrollados en un elemento real de mobiliario con estantes. De esta manera, se pudo comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo, demostrando que avisa a los tiempos requeridos, y lo que es crucial, buscando la manera más adecuada de incorporarlo en el mobiliario, ya que de esto va a depender, en gran medida, el correcto funcionamiento del dispositivo. Este trabajo se corresponde con la Tarea 6.3 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E6.1. A continuación se resume dicho trabajo.

Tarea 6.3.- Incorporación de estos dispositivos de control de carga o deformación en estanterías de elementos de mobiliario.

La Tarea 6.3 se dividió en tres grandes bloques:

- Caracterización del mobiliario utilizado e incorporación del dispositivo desarrollado.
- Evaluación del ensayo de flexión según la normativa.
- Evaluación del ensayo de flexión con carga progresiva.

1 Caracterización del mobiliario utilizado e incorporación del dispositivo desarrollado

Se han utilizado diferentes variantes de estantes para el análisis de la funcionalidad del dispositivo de control de deformidad desarrollado.

De esta forma, se va a revisar la versatilidad del dispositivo ante diferentes materiales de fabricación, así como, su correcto funcionamiento y evaluación de posibles adaptaciones que se deban realizar para cada modelo analizado.

Durante los ensayos y estudios del dispositivo se han utilizado diferentes estantes con la finalidad del análisis del comportamiento de distintos materiales bajo la aplicación de carga, todas las baldas tienen una longitud de 900 mm y una anchura de 360 mm, variando el espesor para cada estante objeto de estudio. En total se han utilizado las siguientes baldas de estantería:

- 3 estantes de madera de partículas melaminado, espesores de 16, 19 y 25 mm.
- 1 estante metálico, espesor 1 mm.

En cada estante se ha adherido una galga extensiométrica en disposición transversal en el punto medio del mismo, para obtener la medición de la deformación en este punto. Debido a que es el punto que presenta mayor flexión ante la aplicación de la carga y es ahí donde establece la normativa que se debe realizar la medición.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes



Ilustración 15: Proceso de incorporación de la galga extensiométrica

Para la realización de las pruebas, los estantes se ubicaron en la estructura de geometría variable del laboratorio del mueble con el fin de simular las condiciones que tendrán una vez montados en el mueble estantería, como se muestra en la Ilustración 16.



Ilustración 16: Estantes en estructura de geometría variable

A partir de este punto, para realizar la medición ha sido necesaria la utilización del amplificador QuantumX MX1615B que ha permitido conectar los cables de la galga extensiométrica al amplificador de manera manual sin tener que soldar. Y mediante el software CATMAN de HBM se han configurado y visualizado las mediciones realizadas.

Para el desarrollo del prototipo final y la evaluación del dispositivo de control ha sido necesario relacionar la flexión real del mismo con la señal de salida que entrega el sensor extensiométrico.

Por tanto, estas pruebas se han realizado a través de la medición de dos parámetros distintos, por un lado, la flexión real que presenta el estante, medida mediante dos relojes comparadores y, por otro

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

lado, la señal que se obtiene de la galga, medida mediante el equipo de amplificación, acondicionamiento y visualización para este tipo de señales.

Las pruebas y ensayos que se han realizado para poder obtener una evaluación correcta del funcionamiento del dispositivo han consistido en la aplicación de cargas distribuidas uniformemente sobre el estante y obtener registros de las deformaciones mediante los dos equipos de medición mencionados. Como se describe en los dos siguientes puntos.

3 Evaluación del ensayo de flexión según la normativa

En esta primera fase de evaluación se ha realizado un ensayo de flexión para cada estante, con el fin de observar cómo se comportan según su composición y poder analizar cómo debe ser la implementación en el dispositivo final.

En este primer ensayo se han utilizado 3 estantes: el estante de partículas de 16mm, el estante de partículas de 25mm y el estante metálico.

Los datos obtenidos en el primer ensayo han permitido evaluar el correcto funcionamiento de la medición de este tipo de deformaciones a través de las galgas extensiométricas elegidas. El aumento de la carga en el estante ha resultado en una mayor deformación de flexión medida por los relojes comparadores y se ha correspondido con un aumento de la señal ofrecida por el sensor incorporado en cada uno de los entrepaños.

Además, este ensayo ha permitido observar cómo afecta el módulo de elasticidad de cada tipo de material con el que está construido el estante a la señal de deformación proporcionada por la galga.

Se ha concluido que la composición de los materiales constituyentes del estante determina en gran medida la señal que se recibe de la galga extensiométrica. Esto se debe a que el módulo de Young, o módulo de elasticidad longitudinal (parámetro que determina el comportamiento de un material elástico), de cada material condiciona la deformación que sufre el sensor incorporado al elemento y su señal varía en función a ésta.

Por ello, se decidió realizar un segundo ensayo incorporando otro estante de madera de partículas con un espesor distinto para verificar los datos obtenidos en el ensayo según la normativa.

4 Evaluación del ensayo de flexión con carga progresiva

Debido a la varianza obtenida en el primer ensayo, se decidió utilizar tres estantes del mismo material, pero con diferente espesor con el fin de conseguir homogeneizar en una única relación de deformación real y señal de salida de los sensores.

Para ello, se realizó una aplicación progresiva de la carga sobre los estantes mientras se realizaba el muestreo de datos para cada incremento de carga. De tal manera, que se pudiese realizar una recogida de datos lo suficientemente amplia en el rango de deformaciones previstas y poder así, establecer una relación con la mínima variación posible.

La metodología empleada en este ensayo es la misma que la utilizada en el ensayo anterior, con la salvedad de la aplicación de cargas sobre el estante, esta aplicación de peso se va a dividir en intervalos de carga entre 5 y 10 kg, donde en cada intervalo se va a registrar la flexión medida, la señal obtenida y el peso total aplicado.



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes



Ilustración 17: Carga progresiva estantes 1.

Una vez realizado el ensayo de aplicación de cargas progresivamente en cada uno de los estantes, se han unificado las gráficas obtenidas para los estantes de madera, como se muestra en Ilustración 18.

Y de esta manera, poder comparar los resultados de cada una de las tablas, con el fin de unificar la relación entre la flexión real y la señal obtenida, de forma que se pueda aplicar de manera general a los estantes de partículas independientemente de su espesor.

El estante metálico utilizará una ecuación de relación completamente independiente, debido a la gran diferencia de señal de deformación del sensor incorporado a este tipo de material respecto a los datos obtenidos en estantes de madera.

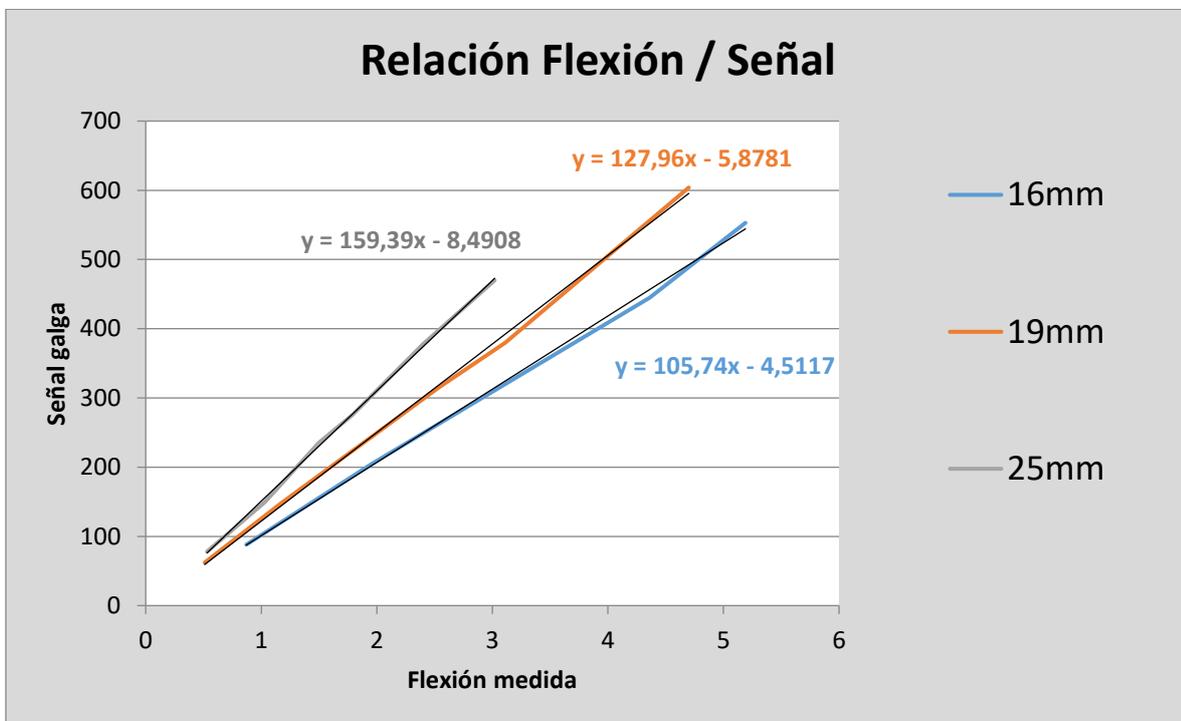


Ilustración 18: Gráfica resumen relación flexión / señal estantes madera.

Como se observa en la gráfica resumen de los datos obtenidos, la tendencia de desviación que aparece ante el



“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

aumento de la flexión en los diferentes estantes es de notable importancia. Por lo que inclina a pensar, que no va a ser posible la obtención de una ecuación general que englobe a todos los estantes de partículas independientemente de su espesor.

Para poder cuantificar esta desviación y el error que se obtendría al unificar estas tres ecuaciones lineales se ha elaborado la Tabla 5.

Cálculo del error al establecer una ecuación media						
Flexión		1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
Señal media		124,74	255,77	386,80	517,83	648,86
16mm	Señal	101,23	206,97	312,71	418,45	524,19
	Error	19%	19%	19%	19%	19%
19mm	Señal	122,08	250,04	378,00	505,96	633,92
	Error	2%	2%	2%	2%	2%
25mm	Señal	150,90	310,29	469,68	629,07	788,46
	Error	-21%	-21%	-21%	-21%	-22%

Tabla 5: Cuantificación de la desviación y el error unificación estantes madera

Como se puede observar, al intentar unificar la ecuación que relaciona los 3 estantes de madera de partículas se encuentra un error constante entorno al 20%.

Se considera un error inasumible para los requisitos del proyecto, ya que lo que se pretende es una monitorización lo más precisa posible de la flexión a la que se somete al estante para poder comprobar así su seguridad de uso.

Por lo tanto, tras la evaluación de distintas alternativas, se ha decidido utilizar ecuaciones de relación independientes para cada estante y, de esta manera, monitorizar correctamente la flexión de cada uno y ofrecer al usuario una solución tecnológica adecuada a sus necesidades.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento y una evaluación del dispositivo de pruebas y sus características, se han considerado una serie de optimizaciones que serían adecuadas implementar en la fabricación del dispositivo final, o tenerlas en cuenta como opciones añadidas a incorporar en el mismo. Finalmente, se exponen estos aspectos de mejora del dispositivo de control de apertura de cajones desarrollado, así como los requerimientos y resultado final de la fabricación del prototipo obtenido al cierre del presente proyecto. Este trabajo se corresponde con la Tarea 6.4 y se encuentra ampliamente detallado en el Entregable E6.1. A continuación se resume dicho trabajo.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Tarea 6.4.- Evaluación y optimización final de los dispositivos de control de carga o deformación en estanterías.

La Tarea 6.4 se dividió en dos grandes bloques:

- Evaluación de los aspectos a optimizar en el dispositivo desarrollado
- Optimización y realización del prototipo final.

1 Evaluación de los aspectos a optimizar en el dispositivo desarrollado

Algunas de las características principales que se buscan en la solución tecnológica que se pretende desarrollar son la facilidad de incorporación en el mobiliario y la versatilidad de adaptación a distintos tipos de diseños de estantes.

Para ello, es necesario realizar un diseño compacto del dispositivo desarrollado, que tenga unas dimensiones mínimas para conseguir la facilidad de adaptación mencionada a cualquier mueble con estantes.

Con este fin, se han evaluado distintas optimizaciones a realizar en el dispositivo:

- Todos los elementos del dispositivo deben estar integrados en una placa PCB de tamaño reducido
- Aplicar una relación entre señal y flexión para cada composición de estante
- Incorporar la electrónica de acondicionamiento y control utilizada en un microprocesador
- Incorporar un sistema de alarma acústica
- Conseguir un dispositivo autónomo
- Supervisión mediante aplicación móvil

2 Optimización y realización del prototipo final

Para la fabricación del prototipo final se ha subcontratado a la empresa Ingeniería Electrónica a tu medida SL. La tarea subcontratada consiste en el diseño y fabricación de una placa electrónica de control basada en un microprocesador de bajo consumo que monitorizará control de carga o deformación de elementos de mobiliario en estanterías, informando al usuario acerca del estado del objeto a través de una señal sonora.

El dispositivo fabricado cuenta con las siguientes características:

Tarjeta electrónica que, mediante la medición de un sensor basado en una galga extensiométrica, avisa de la deformación en ella, ya que compara los valores registrados en la sonda con un rango definido previamente, activando la alarma si el valor de la medición supera el límite programado previamente.

Hay dos tipos de alarmas, la primera de ellas consiste en zumbidos intermitentes que nos avisan que estamos alcanzando el límite de sobrecarga. Rebasados estos valores de preaviso se activará una segunda alarma que consistirá en un zumbido continuo advirtiendo del riesgo ya que la balda ha superado el límite de deformación.

“SENSOESTANT” - Desarrollo de prototipos basados en sensores para aumentar la seguridad en el uso de mobiliario con cajones, estanterías y elementos colgados en paredes

Una vez realizada la medición vuelve a su estado de latencia sólo cuando los valores registrados por la sonda estén comprendidos dentro del rango programado previamente. La alarma deja de sonar en el momento en que los valores registrados por la sonda vuelvan a estar dentro de los límites definidos como rango.

La sonda se basa en un circuito acondicionador de señal para puente de Wheatstone empleado en extensimetría. Además, se ha incorporado un circuito de filtrado de ruido basado en componentes pasivos. La señal filtrada procedente del puente de Wheatstone ha sido amplificada con un circuito integrado compuesto de tres amplificadores operacionales.

El microcontrolador controla el encendido o apagado de esta parte del circuito, de manera que sólo hay suministro eléctrico durante el tiempo que dure la medición, estando apagada el resto del tiempo para aumentar la vida de las baterías.

El dispositivo se ha fabricado con la opción de conectar la pantalla LCD mencionada en la evaluación y optimización del dispositivo, con el fin de realizar las pruebas de verificación del funcionamiento del prototipo.

La empresa encargada de la subcontratación ha desarrollado y fabricado una caja donde va a estar alojada la placa electrónica de control, de esta manera va a estar protegida frente a posibles daños, así como facilitar su fijación a la estructura del mueble.

