

TRABAJO FINAL DE FIN DE GRADO

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BIENES CULTURALES

# Aplicación de los textiles inteligentes en el ámbito de la Conservación y Restauración

Autora: Carolina Salazar Lloreda

Tutora: Anabelle Kriznar

**Facultad de Bellas Artes**

**Universidad de Sevilla**

**Junio 2020**



---

TRABAJO FIN DE GRADO  
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BIENES  
CULTURALES

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

4º CURSO

TÍTULO: APLICACIÓN DE LOS TEXTILES  
INTELIGENTES EN EL ÁMBITO DE LA  
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

AUTORA: CAROLINA SALAZAR LLOREDA

TUTORA: ANABELLE KRIZNAR

Vº Bº DE LA TUTORA:

**INDICE**

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 3  |
| Palabras Clave .....   | 3  |
| ABSTRACT .....   | 3  |
| Key Words .....  | 3  |
| INTRODUCCIÓN .....   | 4  |
| 1. ¿QUÉ SON LOS TEJIDOS INTELIGENTES? .....                                  | 6  |
| 1.1. Estructuras inteligentes .....  | 6  |
| 1.2. Materiales inteligentes .....   | 7  |
| 1.2.1. Textiles con memoria de forma: .....                                  | 7  |
| 1.2.2. Textiles cromosactivos: .....   | 8  |
| 1.2.3. Textiles electroactivos: .....  | 9  |
| 1.2.4. Textiles con microcápsulas: .....                                     | 10 |
| 1.3. Los tejidos inteligentes y tipos .....                                  | 11 |
| 2. USOS E INVESTIGACIONES DE LOS TEJIDOS INTELIGENTES EN LA ACTUALIDAD ..... | 14 |
| 2.1. Moda .....  | 14 |
| 2.2. Artes plásticas y acústicas .....                                       | 15 |
| 2.3. Biotecnología .....   | 17 |
| 2.4. Ingeniería .....  | 18 |
| 2.5. Arquitectura .....  | 20 |
| 2.6. Deporte .....   | 21 |

|   |    |
|---|----|
| 2.7. Equipamiento Militar .....   | 23 |
| 3. APLICACIÓN EN LA CONSERVACIÓN Y RESTURACIÓN .....  | 25 |
| 3.1. Conservación y almacenaje .....  | 25 |
| 3.2. Transporte .....   | 28 |
| 3.3. Sistemas expositivos.....  | 31 |
| 3.4. Investigación .....  | 32 |
| 4. FACTORES NEGATIVOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN.....  | 33 |
| Suministro eléctrico .....  | 33 |
| Exposición a condiciones del entorno .....  | 33 |
| Condiciones de uso y mantenimiento .....  | 34 |
| Conexiones y conductividad .....  | 34 |
| Mercado y especialistas.....  | 34 |
| Economía.....   | 35 |
| 5. POSIBILIDADES REALES PARA LA APLICACIÓN DE TEJIDOS<br>INTELIGENTES EN LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN ..... | 36 |
| CONCLUSIONES .....  | 37 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 39 |

## **RESUMEN**

Este documento estudia de forma pionera la posible inclusión de los tejidos inteligentes como nuevo material en la conservación y restauración. Tras una breve introducción para contextualizar el trabajo, se definen los tejidos inteligentes, sus tipologías y mecanismos que los componen. Después se presentan ejemplos actuales de proyectos desarrollados alrededor del tema y su aplicación en otros campos de conocimiento. Seguidamente se desarrolla el tema y aplicaciones en la restauración y conservación, como objetivo principal de este trabajo de investigación. Una vez expuestas las ventajas e ideas positivas, se concluye con los problemas y factores negativos que también pueden presentar. Para concluir una bibliografía con los documentos consultados.

### **Palabras Clave**

Tejidos inteligentes, Conservación y Restauración, Nuevos materiales.

## **ABSTRACT**

This document studies in a pioneer way the possible inclusion of smart fabrics as a new material in conservation and restoration. After a brief introduction to contextualize the work, smart fabrics, their typologies, and the mechanisms that compose them are defined. Then, current examples of developed projects related to the subject and their application in other fields of knowledge are presented. Next, the theme and applications in restoration and conservation are explained as the main objective of this research work. Once exposed the advantages and positive ideas, the study concludes with the problems and negative factors that can also be present. At the end a bibliography with the consulted documents is included.

### **Key Words**

Smart Textiles, Conservation and Restoration, New Materials.

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemorables el ser humano ha tenido la necesidad innata de guardar y cuidar todo aquello que posee, la información y los objetos materiales que ha ido encontrando, adquiriendo y apareciendo a través del tiempo, y ha aprendido a transmitirlos de generación en generación. Este fenómeno entorno a la protección y salvaguardia de los bienes y testimonios culturales de la humanidad se desarrolla específicamente en el campo de la conservación y restauración.

La perdurabilidad de los objetos materiales se adhiere a su capacidad de adaptarse en el tiempo, a los nuevos conocimientos y a los diferentes avances que se desarrollan a través de él. Aunque la vida útil de la materia es limitada y nada es para siempre, es un deber y una obligación para la humanidad encargarse de su cuidado para hacer que sea lo más longeva posible. En la conservación y restauración, los métodos utilizados, así como sus técnicas y materiales, se han modificado durante los años, desarrollándose nuevos recursos que han hecho de este campo del conocimiento una auténtica disciplina. Esta investigación apuesta por su desarrollo tecnológico y en este campo centra la investigación que aborda con la aplicación de nuevos materiales de la ciencia y sus creaciones. `` (...) es este mismo progreso tecnológico el que hoy ofrece una gran variedad de métodos sofisticados para estudiar, conocer y diagnosticar, proporcionando durante la restauración soluciones al conjunto de alteraciones y degradaciones que cada obra de arte sufre con el paso del tiempo y el contacto con el ambiente. `` (Matteini & Arcangelo, 1984).

No sólo la conservación-restauración adapta la ciencia y sus avances tecnológicos a su campo de trabajo, son muchas las disciplinas que investigan y estudian el uso de las nuevas tecnologías y sus diferentes aplicaciones en su ámbito de trabajo. Fruto del desarrollo e investigación en la física y la química aparecen los llamados ``nuevos materiales``, que dan respuesta a nuevas necesidades o a alguna aplicación práctica de las mismas.

Se propone por primera vez en la historia de la conservación y restauración el estudio de los tejidos inteligentes como uno de estos nuevos materiales a adaptar

a su terreno. Se pretende desarrollar una investigación en base a un método científico y al análisis de experiencias ya recogidas en otras áreas. Es muy importante conocer que todo lo desarrollado en este documento, en cuanto a las aplicaciones de los tejidos inteligentes en el ámbito de la conservación-restauración, sus usos y ventajas, no han sido llevados a la realidad. Ha hecho falta una investigación nacional e internacional para contrastar la innovación de esta aplicación que este trabajo se presenta de forma pionera.

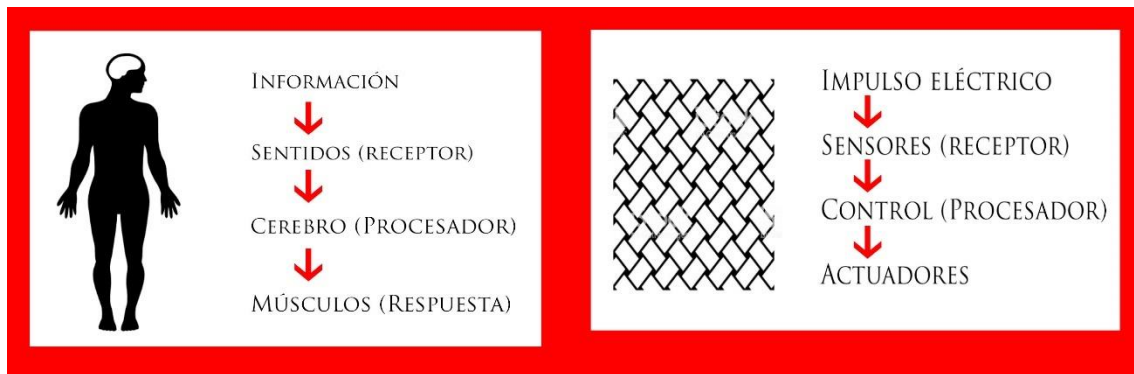
Estudiando diferentes ejemplos de tejidos inteligentes ya usados y probados, además de estudiar proyectos todavía en proceso y futuros, se consigue una carta de usos de este material. Derivado de esos usos se plantean ejemplos prácticos en la conservación y restauración en la que los prototipos ya inventados podrían aplicarse, además de plantear la invención de ciertos tejidos adaptados exclusivamente en esta disciplina. El fin es actualizar y mejorar algunos métodos de trabajo.

## 1. ¿QUÉ SON LOS TEJIDOS INTELIGENTES?

Antes de definir qué son los tejidos inteligentes, hemos de definir dos contextos básicos para su comprensión: estructuras y materiales inteligentes.

### 1.1. Estructuras inteligentes

Las estructuras inteligentes tienen como función imitar los sentidos humanos de forma análoga. Los sentidos nos ayudan a percibir información del exterior, forman una cadena por la cual podemos actuar según las interacciones que tengamos, y adaptar nuestras respuestas. La cadena humana se conforma de: sentido, cerebro y músculos. En una estructura inteligente podemos encontrar estos paralelismos:



*Ilustración 1. Gráfico humano-textil inteligente.*

Para que una propia estructura sea capaz de procesar esos estímulos y actuar de forma propia, es necesario dotarla de un procesador (control) y unirlo a los sensores y actuadores.

En resumen, toda estructura intrínsecamente inteligente debe de contar con estos tres puntos.

- **Sensores:** Son aquellos que reciben el estímulo. Pueden o no medir la intensidad, deformación, esfuerzos o temperatura según el tipo de estímulo y de sensor. Sólo reciben la información, no son capaces de reconocerla.



- **Mecanismos de control o selección de respuesta:** Se encargan de procesar la información, elegir la respuesta y mandar las acciones necesarias a los actuadores.
- **Actuadores:** Recibiendo la información de respuesta, reaccionan ante estos impulsos de una manera u otra, generando fuerzas y deformaciones. (Cambra Sánchez, 2017)

## 1.2. Materiales inteligentes

Los materiales inteligentes por su parte son materiales que pueden cumplir múltiples propiedades funcionales, reciben, transmiten o procesan un estímulo, generando como respuesta útil. Pueden ser utilizados en ámbitos muy diferentes como estructuras aeroespaciales, ingeniería civil o biomecánica entre otros (Altran, 2019). Se alteran al recibir estímulos externos de forma controlada y reversible. Los materiales inteligentes no necesitan ningún elemento electrónico ni informático, es decir, poseen capacidades funcionales intrínsecas en su estructura material.

Estos materiales pueden ser usados para la creación de tejidos inteligentes en forma de fibras. Pueden ser conductores de electricidad, reconocer estímulos y crear respuestas sin necesidad de tener que crear un complejo eléctrico en un textil. Existen textiles con características distintas:

### 1.2.1. Textiles con memoria de forma:

En la constitución de algunos materiales existe la propiedad de reversibilidad, suelen tener una memoria de forma. Estos materiales son deformables, pero tienden a volver a su estado original. Estos cambios dependen del tipo de estímulo que reciban. Además, es posible crear fibras con ellos, y son aplicados en el mundo textil.

Existen aleaciones que responden a una deformación por temperatura, de manera que pueden adquirir diferentes formas, pero volver a su original gracias a un simple cambio de calor o frío.

Además, también encontramos cerámicas con memoria de forma, que varían mediante la aplicación de una fuerza externa y un proceso térmico adecuado, o aleaciones ferromagnéticas que responden a los diferentes campos magnéticos.

Pero en este campo, los polímeros con memoria de forma son los más aplicados y estudiados por la industria textil (textil y electrónica). Se pueden obtener hilos textiles sintéticos con propiedades de memoria de forma gracias a su composición polimérica y en algunos casos termoplásticas, que varía en función de la temperatura. (Cambra Sánchez, 2017) El material más conocido, usado y desarrollado es el nitinol, una aleación de níquel y titanio. Aunque hoy en día se hayan descubierto otras aleaciones de hierro y cobre que también presentan esta capacidad, el nitinol sigue siendo la aleación más estable y con mejor capacidad de recuperar su forma en grandes deformaciones. (Cerrillo, 2018)

### 1.2.2. Textiles cromoaactivos:

Estos deben sus propiedades a los materiales cromoaactivos de los que están hechos. Estos pueden cambiar de color en respuesta a algún fenómeno externo como puede ser la corriente eléctrica (electrocromicos), los rayos UV (fotocromicos), la temperatura (termocromicos) e incluso al aplicarles presión (piezocromicos).

Los primeros, los electrocromicos, son materiales que presentan la propiedad de cambiar de color al cambiar su estado de oxidación por la aplicación de una diferencia de potencial externa. Este cambio de estado no sólo influye en sus propiedades electrónicas, sino que también afecta a las ópticas, de aquí que sean cromoaactivos.

Los segundos son aquellos que sufren un cambio de color en presencia de irradiación de luz visible o UV, los fotocromicos. Puede darse un cambio por dos

razones, porque el material reaccione al calor que transmite la luz o porque el material reaccione fotoquímicamente. Los usos de estos materiales en los textiles inteligente suelen estar enfocados a la moda o a algunos requerimientos técnicos.

Los termocrómicos por su parte, cambian de color con la temperatura. Aunque esto es algo temporal, cuando la temperatura vuelve a ser la inicial recupera su tonalidad. Un problema de estos materiales es que sólo unos pocos presentan una buena conductividad, lo que los limita a la hora de ser usados en la textórica.

Por último, los materiales piezocrómicos, que poseen la propiedad de cambiar de color cuando se ejerce presión en ellos. Actualmente las sustancias orgánicas que presentan esta característica exponen muchas limitaciones, aunque para los tejidos inteligentes son bastante óptimos.

### 1.2.3. Textiles electroactivos:

Reaccionan a los impulsos de un campo eléctrico provocando cambios en sus propiedades físicas. Los materiales más usados para la confección de textiles electroactivos son polianilinas, polipirroles y politiofenos. Estos materiales tienen la capacidad de conducir la electricidad y de reconocer el impulso eléctrico externo. Esto se puede ver reflejado en el cambio de sus propiedades inherentes tales como conductividad, volumen, color, etc. del propio material. Comparados con otros materiales inteligentes, estos pueden desarrollar varios grados de deformación a altas cantidades de energías.

Dentro de este campo cabe destacar los polímeros conductores, ya que son muy importantes en la producción de textiles inteligentes. Estos en forma de fibra son una excelente opción textil para el diseño de líneas de conducción de la señal eléctrica hacia el sistema de procesamiento de la señal.

#### 1.2.4. Textiles con microcápsulas:

La microencapsulación es el proceso de recubrir sustancias activas con materiales de otra naturaleza para dar lugar a partículas de tamaño micrométrico. Ofrecen muchas ventajas, como la protección y enmascaramiento de la sustancia encapsulada frente a medios inestables para ser liberados posteriormente de forma progresiva.

Los beneficios de este material en los tejidos hechos con fibras con microcápsulas son muy útiles. Se pueden conseguir tejidos con efecto refrigerante (por absorción del calor de aquello que envuelve), también se pueden conseguir tejidos aislantes y tejidos con efecto termo regulador. Este último se produce según la temperatura interna o externa del tejido, que absorbe o libera temperatura. (Cambra Sánchez, 2017)

### 1.3. Los tejidos inteligentes y tipos.

Es importante concretar otros términos que pueden crear confusión a la hora de entender la complejidad de los tejidos inteligentes y sus variantes. Hay que saber diferenciar entre la existencia de la denominada en inglés ‘‘wearable technology’’, que traducido al español es la tecnología ponible, y los tejidos inteligentes. Existe una diferencia esencial entre estos, la primera no siempre necesita la presencia de tejido en ella. Parece algo obvio, pero suele confundirse y generar dudas y malentendidos. Como explican Jennifer Xiaopei Wu y Li Li, expertos en materia de electrónica y autores del artículo ‘‘Una introducción a la tecnología ponibles y a los textiles y prendas de vestir inteligentes: terminología, estadísticas, evolución y desafíos’’ (Xiaopei Wu & Li, 2019), es cierto que todos los tejidos inteligentes llevan en sí tecnología ponible, pero ésta no es siempre un tejido inteligente. La tecnología ponible es toda aquella que sea accesoria del cuerpo humano, sin distinción de material, por ejemplo, unas gafas o unos cascos con tecnología. Los tejidos inteligentes necesitan tener el textil como base de su desarrollo.

Otro par de términos que suelen confundirse son los ‘‘Textiles inteligentes’’ y ‘‘electrónicos (E-textiles)’’. A la hora de hablar sobre nuestro trabajo, es muy importante saber la diferencia que existe entre estos dos conceptos, ya que son conceptos mencionados habitualmente en este mundo, y debemos saber a qué se están refiriendo concretamente a la hora de iniciar un estudio.

Los textiles inteligentes describen una nueva categoría de textiles con capacidad de detectar, reaccionar o / y adaptarse a condiciones o estímulos externos. Por otra parte, los e-textiles generalmente se definen como textiles con componentes electrónicos o fibras conductoras integradas dentro para darle funciones inteligentes o inteligentes. (Xiaopei Wu & Li, 2019). Aunque también existen teorías que defienden que los e-textiles no existen realmente. Según dice Melissa Coleman en una entrevista que se le hace en el libro de Pailes-Friedman de *TEJIDOS INTELIGENTES PARA DISEÑADORES. INVENTANDO EL FUTURO DE LAS PRENDAS*, si existieran no podríamos llegar a diferenciar un tejido normal de uno electrónico, puesto que la parte electrónica formaría parte de la

estructura textil (físicamente). De momento, lo que existe son fibras textiles con un recubrimiento metálico. (Pailes-Friedman, 2016)

Por lo tanto, una de sus definiciones responde a que los textiles inteligentes son la categoría general que incluye los e-textiles como un tipo de textil inteligente; sin embargo, también incluye otros tipos de textiles que exhiben funciones inteligentes o inteligentes sin elementos electrónicos o conductores. (Xiaopei Wu & Li, 2019).

Una vez conocidas las diferencias que surgen entre estos conceptos habitualmente confundidos entre sí, se puede plantear una definición total de un textil inteligente.

La definición más completa y correcta que se ha encontrado es la siguiente, realizada por Vicente Cambra Sánchez en su tesis doctoral:

Los textiles inteligentes, “smart textiles” en la literatura anglosajona, se definen como textiles que pueden detectar, y reaccionar o adaptarse a condiciones medioambientales o a estímulos mecánicos, térmicos, químicos, fuentes eléctricas o magnéticas. Estos materiales son capaces de actuar ante un estímulo externo porque integran **sensores**, y son capaces de actuar ante este estímulo porque presentan **actuadores**, pudiendo también presentar otros mecanismos de control. Estos tres elementos pueden ser intrínsecos al textil o estar embebidos en él.

Dicho de otro modo, los textiles inteligentes son materiales activos formados por la incorporación de elementos de detección y actuación en tejidos capaces de responder y actuar en consecuencia a este estímulo de detección. Hasta ahora, la mayoría de los textiles inteligentes sólo se basan en dispositivos microelectrónicos. (Cambra Sánchez, 2017)

Al igual que las estructuras inteligentes de las que se habla en el apartado anterior, los tejidos inteligentes también tienen sensores y actuadores (control y

motor). Podemos así clasificar los tejidos según su actividad funcional. Existen tres categorías:

- a. **Primera generación o de tipo pasivo:** Tienen el nivel más bajo de funciones, actúan como sensores del entorno y estímulos externos. Recogen información, pero no son capaces de actuar.
- b. **Segunda generación o de tipo activo:** Esta categoría además de detectar estímulos externos, actúa frente a un estímulo determinado. Son tejidos activos y están programados para responder a un estímulo y una función específica.
- c. **Tercera generación o de tipo inteligente:** Son la categoría más alta a nivel de funciones. Los tejidos tienen sensores, actuadores y un sistema de control que les permite reaccionar a diferentes estímulos y dar distintas respuestas según el tipo de estímulo que perciba, adaptándose al entorno. (Cambra Sánchez, 2017)

A la hora de confeccionar un tejido inteligente, lo primero a plantearse es qué queremos que haga, así conseguiremos plantear a qué nivel queremos que se corresponda. De este modo, podremos tratar de crear el mejor sistema posible y adaptarlo a nuestras necesidades.

## 2. USOS E INVESTIGACIONES DE LOS TEJIDOS INTELIGENTES EN LA ACTUALIDAD

### 2.1. Moda

La moda y el tejido siempre han ido de la mano para en su desarrollo. Con los tejidos inteligentes no se ha quedado atrás. Se exponen algunos ejemplos de usos de este nuevo material en este mundo:

Artistas y tejidos inteligentes: La empresa CuteCircuit es una experta en la creación de prendas con circuitos integrados. Ha creado muchos diseños, como el Hug Shirt, la camiseta de abrazos, con sensores bordados que detectan la duración, fuerza y posición del contacto físico, que recibe y transmite esa información a la camiseta de otro usuario con activadores que también le hacen sentir contacto. Ha creado encargos para artistas como Katy Perry de un vestido con cristales brillantes interactivos; U2, con una chaqueta de cuero con más de 5000 píxeles de luz; y muchos más artistas y grupos artísticos como Pink Floyd y Cirque du Soleil.



*Ilustración 2. Vestido luces LED (CuteCircuit)*

Diseño de moda conceptual: La diseñadora Ying Gao desarrolla muchos proyectos de moda conceptual. Tiene creaciones que cuestiona lo aceptable del terreno de la indumentaria y combina la robótica con los tejidos para crear piezas interactivas. Su objetivo es transformar los contornos físicos. Se obra



*Incertitudes* se compone de dos prendas interactivas cubiertas por alfileres. Estos son controlados por sistemas electrónicos que interactúan a los estímulos creados por la voz de los espectadores. moviendo las puntas de los alfileres que acaban imitando a un erizo.

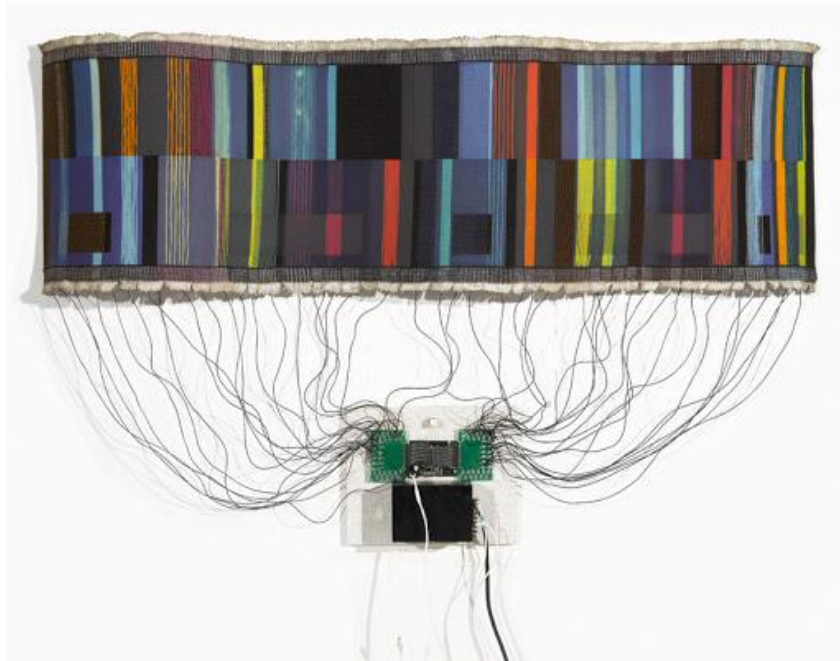
Vestidos con cambios de color: La diseñadora Lynsey Calder también se une a este reto y crea sus *Codedchromics* (concepto asociado a sus diseños en esta línea). Son vestidos/tutus, diseñados con el patrón estético del ala de una mariposa, que tienen la capacidad de cambiar de color reaccionando al ritmo de la música. Su base tecnológica está en que usa unas tintas de tinción de la tela que cambian de tonalidad cuando se les aplica una corriente eléctrica. Se crea así un sistema de cables, soldaduras y circuitos inmersos en el diseño, que hacen sentir al espectador una conexión entre música, vestuario y bailarinas que genera una belleza muy singular. (Pailes-Friedman, 2016)

## **2.2. Artes plásticas y acústicas**

La variedad de usos de los tejidos inteligentes ha alimentado, además de a la moda, a otras categorías artísticas, desarrollando la imaginación de los artistas. Las artes plásticas y sonoras también se han unido:

FireWall: Se trata de una instalación electrónica y musical realizada con un textil flexible que tiene una interfaz en su interior. El público puede interactuar con la obra y según sus acciones esta emitirá luces y sonidos diferentes en función de la presión y velocidad.

Maggie Orth: Esta diseñadora crea en su empresa International Fashion Machines productos para el hogar que son también obra de arte únicas que cambian de color. Usan la tecnología termocromática combinada con hilos conductores de electrodos que a través de un software cambian el patrón del textil. (Pailes-Friedman, 2016)



*Ilustración 3. Diseño de Maggie Orth.*

Those who affected me: Así te titula una de las primeras esculturas/instalaciones creadas con los tejidos inteligentes, diseñada por el artista Malin Bobeck. Estructuras de gran formato realizadas con textiles luminosos suspendidas en el aire que interactúan con el público y que crean colores vivos y vibrantes. Su tejido está compuesto por más de 500 LEDs individualmente programables. Todo un espectáculo sensorial. (Tadaa, 2017)



*Ilustración 4. Instalación Those Who Affected Me.*

### 2.3. Biotecnología

La biotecnología conecta también la ciencia con el mundo. Tanto es así que también se sube al carro de la aplicación de éste nuevo material para sus fines. Hace ya un tiempo que empezaron las investigaciones y proyectos desarrollados en torno a ésto, por lo que hoy en día es uno de los campos más desarrollados en el uso de tejidos inteligentes. (Cambra Sánchez, 2017)

En el sector textil se trabaja en procesos de tratamiento de tejidos enzimas, polímeros, microencapsulación, etc. De esta forma se puede generar un sistema de tratamiento implantado en el tejido que de forma ``ponible`` facilita y hace más cómodo su uso para las personas.

Apósitos textiles inteligentes: Existen investigaciones y proyectos que estudian la manera de conseguir que un material contenga un principio activo y que se pueda liberar de forma controlada y remota en el desarrollo de tratamientos farmacológicos o estéticos a través de parches cargados de los principios activos que se necesiten administrar. Estos parches permiten un suministro paulatino y controlado de la sustancia en cuestión. Cetmmsa y la empresa biotecnológica Infinitec estudian estas posibilidades en 2010. (Roldán, 2010)



*Ilustración 5. Tejido apantallamiento electromagnético CETEMMSA.*

Tejidos con propiedades antimicrobianas: Un gran ejemplo del uso de la tecnología textil en el campo del bienestar social es el desarrollado por Courtaulds con su tecnología Amicor. Esta empresa emplea este nuevo material en la creación de sábanas de cama antialérgica, para aquella población, cada vez más en aumento, que desarrolla reacciones alérgicas a una gran cantidad de sustancias desconocidas. Se incorporan fibras antibacterianas, antifúngicas y antialérgicas para su confección, que se basa en la inyección de aditivos antimicrobianos en la solución de polímeros antes del hilado de la fibra. Estas fibras cortan la cadena alimenticia de los patógenos, evitando su desarrollo. (Roldán, 2010)

Nanofibras en biomedicina: Las investigaciones en el campo de la biomedicina también han hecho posible el uso de las nanofibras para la realización de ``apósito de curación`` que utilizan un velo biodegradable de nanofibras biodegradables electrohiladas como estructuras para el crecimiento de tejido celular para recuperar tejido humano dañado. (Roldán, 2010)

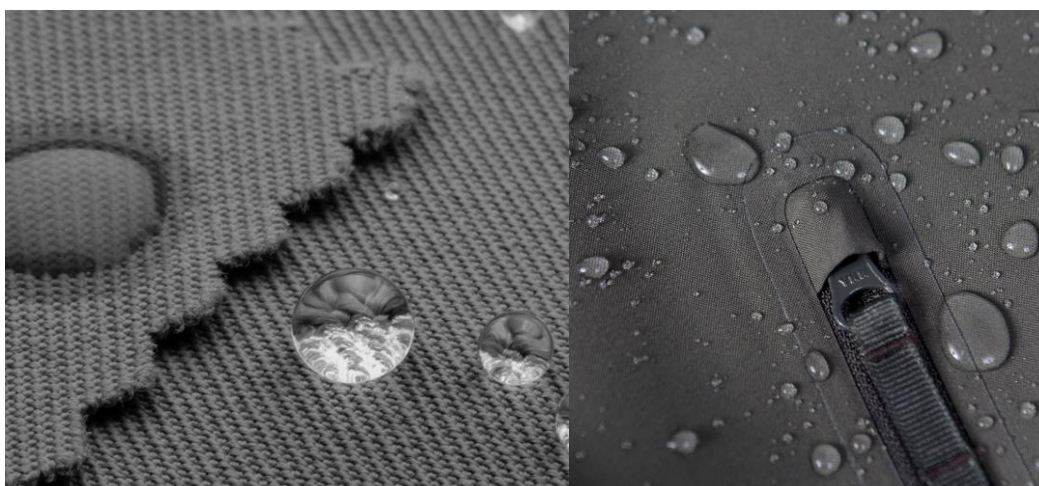
Tejido-escudo para ondas electromagnéticas: Tejido con nano fibras usado para la confección de prendas profesionales con capacidad de bloquear estas ondas tan peligrosas. Sirven de barrera para el cuerpo y son bastante ligeras y cómodas de llevar, como una fina capa. Se usan en actividades o sitios en los que sea necesario aislar de ondas electromagnéticas, rayos x, rayos UV... por ejemplo, en un espacio en el que no deben de sonar móviles, las paredes son forradas de este textil para bloquear las ondas de comunicación que se conectan a todos los dispositivos del interior de esa sala, de esta forma no se tiene cobertura ni conexión. Es decir, para ser más concretos, en los trajes usados para la protección de ondas no se pueden guardar dispositivos electrónicos, puesto que estos perderían la conexión. (Roldán, 2010)

## **2.4. Ingeniería**

Los ingenieros son expertos en la generación de ideas prácticas. Aportan un toque científico e investigador al diseño de nuevos productos:

Nanofibras en el tejido acústico: Los tejidos acústicos se suelen usar para la reducción del ruido que encontramos en un entorno. En España, el AITEX (Instituto Tecnológico textil) y la Universidad Politécnica de Valencia desarrollan prototipos con nuevos textiles basados en nanofibras. Estos tejidos se usan para sectores como la automoción y construcción. Su principal ventaja es que al ser tejidos con fibras muy delgadas en comparación a las que se usan actualmente como absorbentes de sonido, reduce la pérdida de superficie de los habitáculos y disminuye su peso. En el mundo de la automoción esto ayuda, por ejemplo, al ahorro de carburante. (Roldán, 2010)

Tejido hidrófobo, antisuciedad y antiabrasivo: Empresas como Schoeller y Clariant, han creado un tejido con tecnología Nanosphere. Estos repelen el agua y la suciedad, además de tener una capacidad antiabrasiva.



*Ilustración 6. Tejido NanoSphere, Schoeller Textiles AG.*

Tejidos conductores y antiabrasivos: Adicionando nanofibras a fibras termoplásticas y combinándolas con nanofibras de carbono se puede mejorar su conductividad eléctrica. Esto, aplicado a nanoarcillas hace que se obtengan mejores comportamientos ignífugos y con nanoóxidos metálicos podemos conseguir unir esta tecnología con la tela-escudo de ondas electromagnéticas. (Roldán, 2010)



## 2.5. Arquitectura

La flexibilidad que suponen los nuevos materiales textiles también ha llegado a la arquitectura moderna, para la creación de estructuras y espacios inteligentes:

EFTE: Uno de esos es el EFTE (Etileno-TetraFluoroEtileno), que ha revolucionado el diseño arquitectónico por su durabilidad, ligereza y transparencia. Se suele usar para la realización de grandes cubiertas y superficies.

Se trata de un material derivado del teflón (Politetrafluoroetileno). Se presentan en láminas y son reciclables y autolimpiables, ya que al ser antiadherentes el agua de la lluvia arrastra la suciedad de su capa exterior. Con Él se hacen cojines de aire a presión bastante ligeros con los que se puede montar diversas estructuras. (Roldán, 2010)



*Ilustración 7. Estructuras con material EFTE. Imagen derecha: Edificio Allianz Arena en Munich. Imagen izquierda: Edificio Galea de Diller Scofidio + Renfro en Nueva York.*

Estructuras STAR: La empresa AITEX (Instituto de tejidos y laboratorios) desarrolla muchos proyectos alrededor de la industria textil inteligente. En uno de sus proyectos más actuales junto con STAR (Smart Textile Architecture) desarrollaron diferentes prototipos de estructuras arquitectónicas que reducen el consumo energético de las ciudades inteligentes. Gracias a unas células fotovoltaicas se consiguió alimentar un sistema de iluminación por luces LED; con unos sensores se pudieron medir los parámetros ambientales del entorno de

la estructura; y por último, con nuevos textiles basados en colectores solares térmicos se consiguió aprovechar el calor que le llegaba e incluso detectar cambios de forma. (Instituto Textil y Laboratorios., 2020)



*Ilustración 8. Estructuras STAR.*

**Lumalive:** Una pared de textil que se ilumina. Puede presentar diferentes colores y figuras, se usa como decoración e iluminación al mismo tiempo. (Pailes-Friedman, 2016)

## 2.6. Deporte

En el deporte los tejidos inteligentes están también cogiendo gran protagonismo. Las opciones son infinitas para generar equipamiento deportivo que se adapte a la flexibilidad de los deportistas y a la comodidad tecnológica.

**Tecnología y nieve:** La compañía Burton, introdujo en su catálogo de hace unas temporadas una línea de productos para la nieve que integraban funcionalidades de comunicación inalámbrica en cuatro modalidades: Motorola, (conectaba cualquier teléfono móvil con Bluetooth); iPod (integraba un teclado flexible en la chaqueta para el control del dispositivo de Apple, que se alojaba en un bolsillo delantero específico para mantenerlo seguro); MP3 (similar al anterior pero compatible con cualquier dispositivo reproductor mp3); y Push-to-Talk (integraba un sistema de comunicación PPT bidireccional). (Cambra Sánchez, 2017)



*Ilustración 9. Chaquetas de nieve BURTON.*

Dentro de la categoría de nieve, los laboratorios PolychromeLAB, han desarrollado una chaqueta para deportes de montaña capaz de calentarse y enfriarse en función de las necesidades del usuario que la lleve. (Pailes-Friedman, 2016) Además de estas empresas, en España, AITEX también se encarga de testar las prendas realizadas enfocadas en este campo y crea nuevas con otras funciones aplicables como su proyecto de ``Investigación y desarrollo de un tejido para la detección de personas perdidas en el bosque, nieve, niebla o mar`` (Instituto Textil y Laboratorios., 2020)

Tela con memoria de forma: La empresa GZE, diseña el gorro K-Cap que está hecho de tela con memoria de forma para crear un pasamontaña único para alpinistas y viajeros de los obstáculos climáticos. Esta capucha está compuesta de dos capas, la primera más interna se adapta a la cabeza, creando un escudo que imita la piel humana, que facilita la visión gracias a su capacidad adaptativa con el cuerpo. (Pailes-Friedman, 2016)

Camiseta interior auto alimentadora: La elaboración de tejidos de alto rendimiento en el ámbito del deporte está en bastante auge. La marca Dyran junto con Outwet han desarrollado una camiseta interior deportiva capaz de suministrar automáticamente las sustancias minerales que necesita un deportista durante el ejercicio. En contacto con la piel puede controlar la sed del deportista reduciendo su sudoración y manteniendo en el sujeto una temperatura constante. Además, la fibra de polipropileno es 100% reciclable, es ligera, repele el agua a la vez que es transpirable y bacteriostática y lavable. (Roldán, 2010)



## 2.7. Equipamiento Militar

En la actualidad se han desarrollado múltiples campos de estudio en el sector militar textil basándose en integración de mecanismos que hagan del uniforme militar una herramienta más de trabajo. La integración de sensores y mecanismos capaces de captar la presencia de sustancias y radiaciones en el entorno, así como de tejidos que faciliten la dispensación de sustancias, prestaciones lumínicas y mecánicas, creación de materiales ergonómicos, ligeros y autocamuflables y un amplio campo más de usos militares. También se trabaja en el geoposicionamiento y localización de trabajadores o militares, integrando sistemas GPS u otros. (Cambra Sánchez, 2017)

De lo militar a nuestras casas: La Weaeable Motherboard Smart Shirt es una prenda electro-óptica creada por el Instituto de la Tecnología de Georgia y financiada por la DARPA. Esta camiseta fue creada con una infraestructura avanzada para gestión de datos y comunicación. Esta era capaz de detectar, monitorizar y procesar información. Una prenda que la compañía Snsatex tuvo comercializada durante una temporada para el público general, pero que después desapareció del mercado público para ser tratado sólo en ámbitos privados de estudio. (Cambra Sánchez, 2017)



*Ilustración 10. Izquierda: Camiseta Wearable Motherboard del Instituto de la Tecnología de Georgia, prenda de uniforme militar. Derecha: Camiseta compañía Sensatex.*

Protección antibalas: Desde hace años la empresa DuPont, con su tejido Kevlar, se encarga de forrar cascos, chalecos y blindaje militar antibalas. Este tejido es muy ligero y resistente. El tejido antibalas se compone de una fibra sintética de aramida.

Bomberos: Aunque no sea estrictamente equipamiento militar, también forman parte de nuestros cuerpos de seguridad. En este trabajo el principal rival es el fuego. El laboratorio de pruebas Thermo-Man de DuPont simula las situaciones extremas a las que se exponen estas fuerzas y crea su uniforme con trajes aislantes Normex. (Pailes-Friedman, 2016)

### **3. APLICACIÓN EN LA CONSERVACIÓN Y RESTURACIÓN**

La idea de aplicar los tejidos inteligentes al campo de la conservación todavía no ha sido desarrollada, ni empleada en ningún sitio en el mundo, por lo que se ha podido comprobar buscando en la literatura y páginas web accesibles. Por lo tanto, en este documento se observa por primera vez la posible aplicación de los mismo en éste área de conocimiento. Todos los casos redactados en las siguientes líneas son fruto de una combinación entre la investigación e iniciativa propia. Todos los inventos recogidos han sido creados para dar solución a algunas de las problemáticas que afectan hoy en día a la restauración-conservación, y que en este documento ha encontrado respuesta en los tejidos inteligentes.

Dividimos las aplicaciones en cuatro categorías. Las funciones que tiene un conservador son muy variadas y acompañan a todas las posibles fases vitales de una obra tras su creación. De esta forma se pueden observar aplicaciones en supuestos comunes del día a día de un restaurador-conservador, adaptando a cada una las diferentes necesidades que tienen. Así el uso de este nuevo material se podría adaptar e individualizar a los desafíos que presenta este trabajo.

#### **3.1. Conservación y almacenaje**

Empezamos con el campo de la conservación. Se define como conservación al acto de salvaguardar un bien y su entorno procurando su estabilidad mecánica, formal y visual.

El uso de los tejidos inteligentes en este ámbito podría resultar bastante amplio, usándose de muchas maneras. Hablamos de confección de fundas o forros inteligentes, así como de la creación de métodos de prevención de incidentes o situaciones de emergencia en caso de desastre natural, entre otros muchos usos. En este documento se plantean y desarrollan dos ejemplos en este sector.

La primera propuesta a desarrollar se enfoca en la creación de tejidos inteligentes capaces de transmitir información constante sobre el estado de una pieza al estar ser almacenada. Uniendo lo que ya existe con los nuevos materiales, se podría

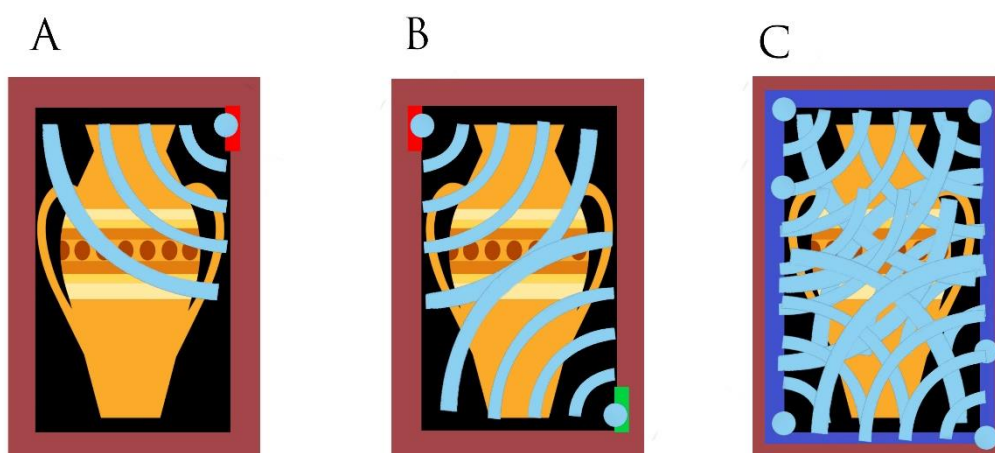
crear de manera factible un nuevo método de forraje interior de los contenedores que las protegen.

Pongamos el caso de que tenemos una pieza de grandes dimensiones guardada en un almacén (*Ilustración 11*), ya que una pieza grande presenta mayor complejidad a la hora del control. Hay que tener en cuenta que no todos los almacenes pueden tener las mismas instalaciones que poseen los museos con gran presupuesto, así que esta solución se plantea como una posible salida menos costosa para almacenar las piezas sin tener que crear una instalación completa de seguimiento y registro. También se puede aplicar para los propietarios de obras de arte ajenos a instituciones y que pueden tener estos objetos incluso en sus propios hogares.

En la siguiente imagen encontramos tres cajas con diferentes posibilidades de medidas de control de parámetros. La primera caja (A) lleva en su interior un dispositivo datalogger, con el que podríamos saber cuál es la T° (Temperatura) y HR° (Humedad relativa) del interior del contenedor siendo tomada desde un único punto. Esta solución no es factible por algunos contrapuntos. Lo primero, el simple hecho de introducir un mecanismo así en una caja complica su embalaje además de poner el peso de un dispositivo que desestabilizaría el equilibrio del contenedor. Por otra parte, tomar los parámetros desde un solo sitio no da información del conjunto suficiente como para tener resultados con pequeños márgenes de error. La segunda caja (B), lleva en su interior dos dispositivos datalogger ubicados en puntos opuestos del embalaje, y cada uno tomaría la temperatura de la caja desde su único punto. En caso de que la temperatura varíe entre los dos, podríamos saber que hay una variación de parámetros entre una punta de la pieza y la otra, pero todavía sin una gran precisión. De esta manera el equilibrio de la caja se podría contrarrestar, sacrificando aún más el espacio interior y aumentando espacio y peso del contenedor. En la tercera (C), se plantea un forraje de la caja de embalaje con un textil de nanofibras con un circuito instalado y varios sensores térmicos y de humedad a lo largo de su estructura. Existen diferentes tipos de textiles, como se puede ver en el apartado [Los tejidos inteligentes y tipos.](#), así que este textil además de medir la temperatura y humedad desde varios puntos diferentes podría realizar también diferentes acciones en respuesta a posibles variaciones de los parámetros. Por ejemplo, ante una

variación de humedad drástica podría emitir una señal de alerta del lugar exacto donde está apareciendo esa humedad.

Todo el circuito eléctrico intrínseco en el tejido de forraje interior de las cajas mandaría la señal vía bluetooth o satélite a un dispositivo con pantalla del exterior. Este recogería todos los datos en un programa de tablas y gráficas. Este programa puede instalarse en una pantalla adherida en la caja o en cualquier otro dispositivo que se encontrara a una distancia prudencial del objeto y de ahí podría transmitir la información a cualquier otro lugar del mundo.



*Ilustración 11. Gráfico aplicación de textiles inteligentes en el forraje de una funda de almacenaje de una pieza.*

En cuanto al segundo posible uso que se presenta, los tejidos inteligentes podrían ser mecanismos de defensa de obras almacenadas en caso de desastre y situaciones de emergencia. Es sabido que los tejidos de tercera generación son capaces de adaptarse a los diferentes estímulos que perciben en su entorno y pueden reaccionar con una respuesta adaptada a éste.

Hoy en día hay mecanismos de protección para algunas obras que se activan en caso de derrumbe, inundación o fuego. Por ejemplo, existen sistemas de seguridad que guardan las piezas individualmente en una especie de habitación creada por la misma estructura del edificio creando una caja en la que la obra

está segura, cuando existe la posibilidad de alguno las anteriores situaciones, Se propone el mismo mecanismo pero en un textil, más flexible y adaptable, además de práctico. La creación de fundas defensivas que en caso de desastre puedan endurecerse y crear una carcasa hermética a prueba de agua, fuego y proyectiles, es uno de los posibles desarrollos de estas tecnologías en nuestro campo de actuación. Además, las fundas podrían llevar un chip localizador que facilitaría el rescate de los bienes tras la tragedia.

De este modo, además de tener un plan de evacuación de obras en caso de emergencia, las obras con menos posibilidades (facilidades) de ser evacuadas podrían contar con otro tipo de protección para minimizar (que no eliminar) en la mayor medida los posibles daños provocados (*Ilustración 12*).



*Ilustración 12. Esquema aclaratorio de las fundas anti-catástrofe. De izquierda a derecha vemos el proceso de acción. El jarrón se expone a un peligro y se forra con el tejido, después puede haber un desprendimiento de objetos/derrumbe, inundación o fuego; el forro protegería a la pieza en todo momento. La última imagen representa al jarrón bajo los escombros o agua y muestra la facilidad que tendría encontrarlo gracias a su sistema geolocalizador que enviaría unas ondas captables al exterior.*

### 3.2. Transporte

En el caso de la aplicación de los tejidos inteligentes en el transporte de las obras, se plantea su uso para el seguimiento de las condiciones del bien en el trayecto. En la actualidad los traslados de obras ya cuentan con un método de transporte especializado. Aun así, se siguen dando casos de traslado de obras que se complican, y acaban con la obra en mal estado. Se crean muchas situaciones de

tensión a la hora de identificar en qué momento del trayecto ha sucedido el problema. La propuesta se basa en la motorización del traslado a través del contenedor y no del vehículo.

Integrar un forraje textil inteligente con sensores de Hº, Tº y en este caso de vibraciones a las cajas de transporte supone un registro del movimiento del contenedor de la obra, mucho más factible que el simple seguimiento del vehículo. Podríamos pasar de usar las pegatinas actuales (*Ilustración 13*), que reflejan los daños ocurridos una vez llegada la obra al lugar de recepción, y detectar cualquier posible daño en la estructura o cualquier otra parte de la obra en el momento en el que se ha realizado y actuar de forma inminente en ella. Se reduciría así el riesgo de agravar posibles daños derivados de un golpe o caída, e incluso frenar y tratar a tiempo un daño que al paso del tiempo se hiciera irreversible.

El mecanismo sería bastante simple, tan sólo haría falta integrar la tecnología del anterior punto a estos embalajes de transporte, y monitorizar todo lo que le pueda pasar a la obra. Se plantea un programa informático que funcionaría conectado por bluetooth o cualquier variante de conexión inalámbrica. Además, nos daría datos reales de la fuerza y grado de impacto (*Ilustración 14*).



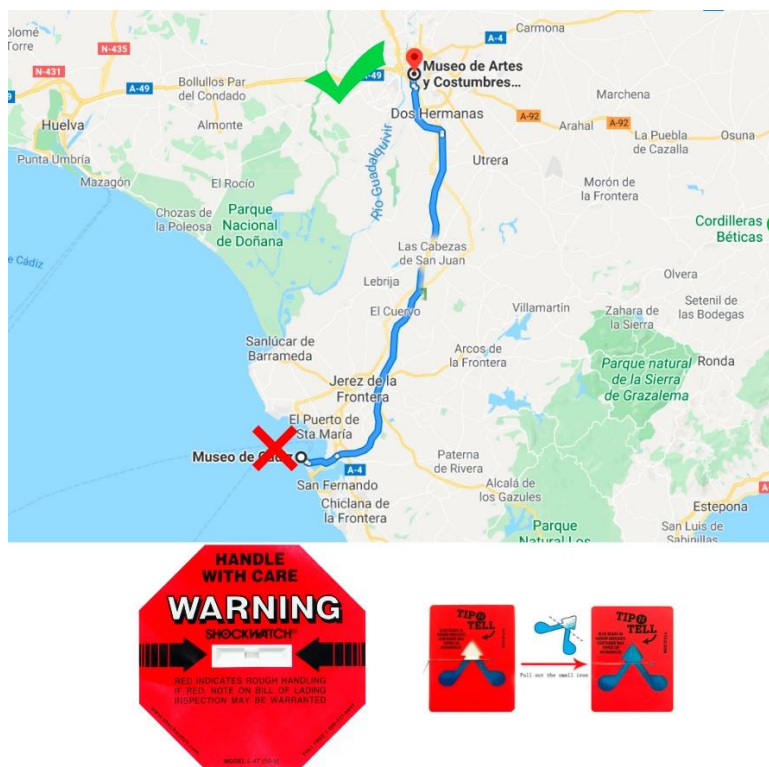


Ilustración 13. Representación del trayecto de una obra trasladada de Sevilla a Cádiz. Debajo a la izquierda, la pegatina Shockwatch, usada en la actualidad para comprobar si la caja que guarda la pieza ha recibido un golpe. Debajo a la derecha, la pegatina TipoTell usada en la actualidad para registrar si la caja de protección de la obra se ha inclinado.

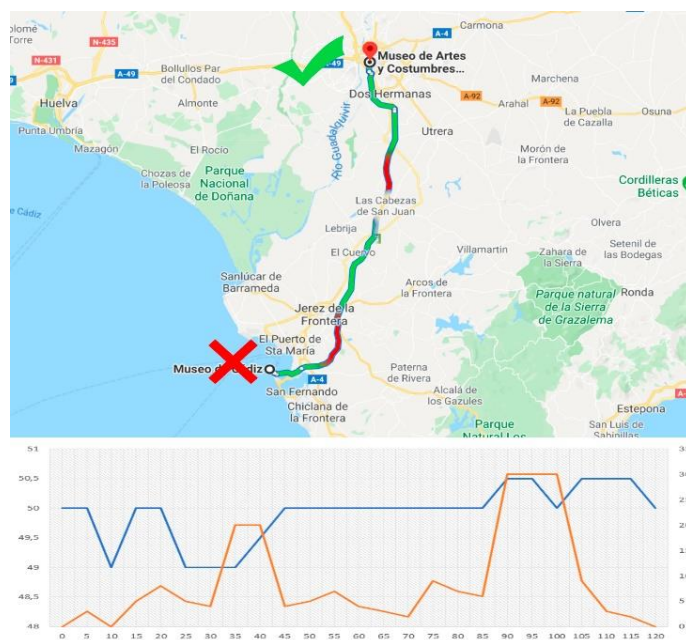


Ilustración 14. Representación del trayecto de una obra trasladada de Sevilla a Cádiz. Este es un hipotético caso en el que la caja de protección de la pieza estuviera forrada con un tejido inteligente programado para medir HR y Vibraciones.



Otro uso de los tejidos inteligentes en el transporte podría enfocarse al uso de tejidos antibacterianos y de pH neutro-automatizados para el forraje de protección de la obra. De éste forma no iría protegido sólo el compartimento, sino que también podría estar conectado con lo que guarda. Conexión embalaje-objeto y conservador-restaurador o correo.

La posibilidad de crear un mismo tejido con estas dos tecnologías integradas que en cuestión actualmente. Para ello, se debería de hacer una investigación y crear proyectos específicos para conservación y restauración en los que se plantearan estos materiales.

### **3.3. Sistemas expositivos**

Los tejidos inteligentes se pueden adaptar a toda clase de superficies y cumplir diferentes funciones en ellas. En los sistemas expositivos se pueden confeccionar soportes inteligentes capaces de adaptar su forma o función según el objeto a exponer.

Los tejidos inteligentes en los sistemas expositivos podrían sustituir a los actuales dataloggers que ocupan un gran espacio en las pequeñas vitrinas con necesidad de un control mayor. Supondría la unión de los soportes expositivos con la tecnología de medición de parámetros.

Por último, la capacidad de cambio de los tejidos, por ejemplo cromáticamente hablando, haría las vitrinas y espacios de exposición totalmente versátiles con la capacidad de adaptar su color a las diferentes exposiciones sin tener que pintar o construir un espacio nuevo. Por otra parte, la idea de crear espacios expositivos interactivos, con la capacidad de conectar al espectador con el objeto sin afectar a su conservación, como por ejemplo, creando luces o sonidos, aportaría mucho a la experiencia museística. Incluso también se podrían forrar las paredes con tejidos lumínicos y ser la fuente de iluminación de las obras como veíamos en [2.5. Arquitectura](#) con las pareces Lumalive, con capacidad de adaptar sus colores o zonas de iluminación dependiendo de la hora o aforo de personas de una sala.

### **3.4. Investigación**

Los textiles inteligentes también podrían facilitar la toma de datos en algunas líneas de investigación ya creadas o incluso usarse para abrir nuevas. Además, los propios tejidos inteligentes también son un tema de investigación en sí, que cada día está siendo más explotado.

El uso de este material en el campo de la restauración podría abrir varias líneas de investigación en el futuro. Tomarlos como base de estudio también podría esclarecer temas como su perdurabilidad en el tiempo. Además de estudiar todas y cada una de las propuestas que se dan en este proyecto de manera hipotética.

Este documento presenta los primeros pasos de investigación en este campo de aplicación. Puede formar bases para futuras investigaciones o dar ideas a las futuras generaciones de conservadores-restauradores cuyo objetivo sea actualizar y evolucionar esta disciplina hacia los nuevos materiales como los tejidos inteligentes.

## **4. FACTORES NEGATIVOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN**

### **Suministro eléctrico**

Una de las problemáticas más importantes asociada al diseño de estos sistemas deriva de la necesidad generalizada de incorporar una fuente de alimentación eléctrica, cuyo requerimiento se salva, normalmente, mediante la incorporación al textil de baterías.

Las posibles aplicaciones de este material deben contar con un sistema viable de ahorro energético. De esta manera, también se haría más factible la incorporación de baterías de menor tamaño y más adaptables a un diseño textil. Actualmente existen baterías y acumuladores de energía de tamaños bastantes reducidos, además de ser adaptables, flexibles y personalizables, pero no dejan de ser los elementos más pesados y voluminosos de un dispositivo electrónico. Comparativamente con las magnitudes de tamaño utilizadas en la microelectrónica y nanoelectrónica, son los elementos más pesados y voluminosos de los dispositivos electrónicos. Para que un textil inteligente cuente con autonomía suficiente para aguantar largos periodos de tiempo, el sistema de carga no podría quedar tan bien integrado en el textil.

### **Exposición a condiciones del entorno**

No hay que olvidar que los textiles con electrónica integrada son objeto de investigaciones en entornos de laboratorio y no han sido, de forma generalizada, ampliamente explotados ni industrialmente ni tampoco comercialmente, además de no haber sido utilizados en un área de trabajo con variaciones de parámetros como la humedad y temperatura. Aunque probablemente los textiles aplicados a la conservación no estén muy expuestos a los mismos cambios externos que los comerciales (lluvia, sudor, luz solar, el movimiento constante, etc.), tienen que estar preparados para adaptarse a las distintas circunstancias. Para mantenerlos óptimos, sería necesaria la utilización de sistemas de protección (impermeabilización, por ejemplo).

## **Condiciones de uso y mantenimiento**

Junto con lo anteriormente citado, el textil ha de tener un proceso de manutención tanto del sistema eléctrico como de las fibras textiles, nos referimos en mayor parte a su lavado y su mantenimiento eléctrico. Las soluciones que se formulan ante los procesos de lavado pasan por diseñar un método sencillo para desconectar y retirar la parte electrónica integrada en el textil para que éste pueda ser sometido a lavados y diferentes limpiezas. Sin embargo, aquellas partes que no pueden ser retiradas (conexiones, interconexiones o hilos conductores) tienden a degradarse por la acción de la abrasión química y mecánica del proceso. El fruto de ello puede llegar a acusar un descenso de su conductividad, que se debe, en ocasiones a la rotura de fibras por la acción mecánica ejercida, o a procesos de degradación química. Además, los sistemas eléctricos suelen necesitar de un seguimiento periódico de un personal especializado en este tipo de sistemas.

## **Conexiones y conductividad**

Un sistema informático o eléctrico necesita de buenas conexiones, es clave para asegurar una conectividad lineal y buena. Una mala conectividad conllevaría a la obtención de posibles errores y variaciones que no son aconsejables a la hora de hacer un seguimiento de datos. Como se ha mencionado anteriormente, las fibras textiles son relativamente delicadas, y mientras más se deterioran, menos fiables y seguros serán los resultados a obtener. En el futuro estos puntos han de ser optimizados y mejorados, y son tema de estudio en la actualidad.

## **Mercado y especialistas**

Ni siquiera la industria textil está preparada para una comercialización estándar de éste nuevo material, ni sus canales de venta (reparaciones, mantenimiento de software, recambios, etc). Se necesitaría desarrollar todo un nuevo modelo de negocio adaptado a los textiles inteligentes. Cabe mencionar que la textrónica es bastante actual. Es un tema que cada vez se está explotando más y en un futuro

muy próximo cualquiera podrá tener un textil inteligente en casa, pero todavía es muy pronto para ello. Además, en la conservación y restauración deberíamos de formar a especialistas en ambas materias que sepan usar y mantener este material.

### **Economía**

Aunque es verdad que los tejidos inteligentes son un mercado muy explotado, su manufactura y confección aún conlleva un equipamiento especializado de costo elevado que muchos no quieren o pueden asumir. Los posibles proyectos aplicados a la conservación-restauración necesitarían contar con una inversión costosa, aunque esta inversión sea rentable a largo plazo.

## 5. POSIBILIDADES REALES PARA LA APLICACIÓN DE TEJIDOS INTELIGENTES EN LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

Como se ha comentado al principio del capítulo 3, este proyecto se basa en la hipótesis de usar los tejidos inteligentes en el campo de la conservación y restauración, sin haber sido empleados todavía. ¿Pero esta hipótesis podría llegar a ser real?

Durante el proceso de investigación se contactó con la Textile Academy, un programa transdisciplinar internacional centrado en el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas en la industria textil. Esta academia presenta cursos y charlas enfocados al desarrollo textil inteligente. Dentro de los cursos que ofrece, el alumno puede desarrollar un proyecto individual como trabajo final durante tres meses completos. Tienen centros alrededor del mundo, en España tienen una sucursal en Barcelona (Fab Lab Bcn).

A la hora de investigar sobre la posibilidad de hacer este proyecto de forma realista, se contactó con Anastasia Pistofidou, cofundadora del organismo de investigación de Materiales y Textiles Fabtextiles y directora académica del programa mundial Fabricademy. Se hicieron preguntas para saber si los tejidos inteligentes eran lavables, si se necesitaban fuentes de energía directa, o si era posible crear un textil con varias funciones como la toma de parámetros como la T° y HR.

Todas sus respuestas eran positivas, e invitaba a iniciar una formación en este sector. (Correspondencia vía e-mail) Esta conversación fue clave para el desarrollo de un trabajo con bases realistas y que no se quedara en una mera hipótesis imposible de ejecutar, sino que abre un nuevo campo a explotar y desarrollar.

## CONCLUSIONES

Tras haber realizado una investigación completa de las aplicaciones actuales de los tejidos inteligentes y de los proyectos que se están creando a su alrededor, se declara que la aplicación de este material a la conservación y restauración podría resultar bastante factible.

Las posibilidades de uso y su variedad actual hacen que no exista casi ningún campo de acción en el que los tejidos inteligentes no supongan una ventaja o una mejora.

Para hacer realidad los objetivos planteados sería necesario abrir una nueva línea de trabajo. Haría falta presentar proyectos de conservación y restauración a los laboratorios como los de AITEX u otros internacionales especializados o que tengan en su línea de producción tejidos inteligentes, e incluso usar los laboratorios de restauración y conservación como los del IAPH (Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico) o el IPCE (Instituto del Patrimonio Cultural de España).

Es muy importante que un trabajo tan importante como salvaguardar el patrimonio cultural de una nación entera esté abierto a la innovación e invierta en ella. Como se puede leer a lo largo del documento, no se partiría de cero en los proyectos. Las líneas de investigación podrían acceder a una amplia información sobre el tema enfocándose en los resultados ya probados, pero en otros campos.

Es muy común que el material e instalaciones de los conservadores-restauradores provenga de otras áreas de conocimiento, como por ejemplo de medicina: los bisturís y escalpelos, el uso de la radiografía o el TAC (Tomografías computarizadas), etc. Crear un material totalmente adaptado a las necesidades conservativas que tiene este oficio, respondería a sus necesidades específicas y aportaría respuestas concretas con criterios de conservación y restauración.

Para terminar, hay que mencionar que la formación en este campo actualmente es bastante variada, aunque sólo accesible de forma privada. Empresas como AITEX, tienen formación profesional, post grado y máster sobre ingeniería textil,

donde se estudia este material y donde uno puede obtener conocimientos suficientes como para crear un proyecto propio. La formación del conservador-restaurador debe de ser amplia y variada, y a disposición del patrimonio y su salvaguardia.



## BIBLIOGRAFÍA

Altran, 2019. *EQUIPOALTRAN*. [En línea]

Available at: <https://equipo.altran.es/materiales-inteligentes-y-sus-aplicaciones/#:~:text=Se%20les%20llama%20materiales%20inteligentes,ser%20modificadas%20bajo%20est%C3%ADmulos%20externos.&text=Otras%20definiciones%20los%20identifican%20como,como%20sensores%2C%20actua>

[Último acceso: 08 06 2020].

Anon., 2020. *TCBL/Textile & Clothing Business Labs*. [En línea]

Available at: <https://www.tcbl.eu/>

[Último acceso: 23 Abril 2020].

Cambra Sánchez, V., 2017. *Estudio de la respuesta eléctrica de tejidos piezoresistivos sometidos a estiramiento y deformación por presión*, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Cerrillo, J. C., 2018. *Nitinol y la disolución de los espacios arquitectónicos*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Instituto Textil y Laboratorios., 2020. *AITEX (Textile research institute)*. [En línea]

Available at: <https://www.aitex.es/>

[Último acceso: 29 MAYO 2020].

Matteini, M. & Arcangelo, M., 1984. *Ciencia y restauración: método de investigación*. 2001 ed. Hondarribia: Nerea.

Pailes-Friedman, R., 2016. *Tejidos inteligentes para diseñadores, inventando el futuro de las prendas*. 2016 ed. Barcelona: Parramón Paidotribo.

Pistofidou, A., 2020. *Conservación vía e-mail* [Entrevista] (25 Abril 2020).

Roldán, A., 2010. Textiles inteligentes. *ACTA*, Issue MF 056, pp. 71-79.

Tadaa, M. B., 2017. *Those Who Affected Me*. [En línea]

Available at: <https://www.malinbobeck.se/optical-fiber-textile/those-who-affected-me/>

[Último acceso: 04 Junio 2020].

Xiaopei Wu, J. & Li, L., 2019. *IntechOpen*. [En línea]

Available at: <https://www.intechopen.com/books/smart-and-functional-soft-materials/an-introduction-to-wearable-technology-and-smart-textiles-and-apparel-terminology-statistics-evoluti>

[Último acceso: 20 Abril 2020].