

## SCREENTEX II

# PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE IMPRESIÓN ELECTRÓNICA SOBRE SUSTRATO FLEXIBLE

PT6. Difusión de resultados

Entregable:  
Informe Final de Resultados

<b>Programa:</b>	PROYECTOS DE I+D EN COOPERACIÓN CON EMPRESAS
<b>Expediente:</b>	IMDEEA/2017/40
<b>Fecha:</b>	30/12/2017



"Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014 - 2020"



# CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1	NECESIDAD.....	2
1.2	NIVEL TECNOLÓGICO.....	2
1.3	GRADO DE INNOVACIÓN .....	3
<b>2</b>	<b>RESULTADOS ALCANZADOS</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS</b> .....	<b>5</b>
3.1	INVESTIGACIÓN.....	5
3.2	DESARROLLO PROTOTIPOS.....	6
3.3	VALIDACIÓN .....	9

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Necesidad

La impresión de electrónica sobre sustratos flexibles es un área de especial interés debido a los bajos costes de fabricación en comparación con técnicas estándares de fabricación electrónica. Esto es debido a que permiten obtener electrónicas multifuncionales sobre grandes superficies. La electrónica impresa permite la impresión de dispositivos electrónicos y fotónicos mediante técnicas propias de las artes gráficas, como por ejemplo la serigrafía y el inkjet, con la particularidad de que utiliza tintas conductoras o semi conductoras. El desarrollo de esta técnica permite imprimir elementos como resistencias, condensadores, bobinas, transistores y todos los componentes electrónicos presentes en los circuitos convencionales sobre soportes muy diversos, como tejidos o plásticos.

Es por esto por lo que hay ciertas aplicaciones o tipos de circuitos que pueden ser aplicables mediante impresión electrónica y otros que por sus características de precisión o tipos de materiales no pueden ser aplicados por el momento. Esto plantea grandes retos en diferentes líneas de investigación como puedan ser combinar diferentes técnicas de impresión electrónica para producción de tipo roll-to-roll en líneas de producción.

## 1.2 Nivel tecnológico

La electrónica impresa ya no es solo una tecnología experimental. A día de hoy ya se puede considerar una realidad que abre múltiples posibilidades y que tiene un gran potencial, ya que permite otorgar nuevas funcionalidades y propiedades diferenciales a muchos productos que ya se encuentran en el mercado. Entre estas características hay que mencionar la flexibilidad, la facilidad de integración, la capacidad para adaptarse a entornos muy diferentes, el coste o la escalabilidad a grandes formatos. Esta revolucionaria técnica abre la posibilidad de nuevas aplicaciones como por ejemplo, pantallas flexibles, etiquetas y envases inteligentes (que informan sobre el producto, el día que se abrió y su estado de conservación), libros interactivos, carteles decorativos dinámicos o una tapicería capaz de dar luz o ser un sensor.

La tecnología de *printing electronics* es una tecnología madura, cuando se aplica sobre sustratos plásticos, pero no lo es en absoluto cuando se aplica en sustratos textiles, que presentan un reto a

resolver dada la flexibilidad, elasticidad y deformaciones que sufren debidas a las variaciones de temperatura, humedad o uso. El continuo aumento de la demanda de *wearables* y de productos inteligentes interconectados (IoT – Internet of Things) hace que sean un sector en gran expansión potencial en los próximos años. El auge de estos dispositivos *wearables* (*Smart-watches*, pulseras inteligentes, camisetas inteligentes, etc.) y el aumento de la práctica de deportes como el *running*, ciclismo y el triatlón; junto con la mayor concienciación sobre el propio estado de salud, hacen pensar que la tecnología de electrónica impresa tendrá un papel protagonista en una nueva fase de evolución de los textiles inteligentes, también conocidos como *Smart-textiles* y su integración con los sensores y dispositivos *wearables*. En los últimos años el mercado de los *wearables* ha ido introduciendo soluciones centradas en el fitness como pulseras, brazaletes y relojes con sensores que monitorizan la actividad física, el número de pasos diarios, las pulsaciones, etc. Todos estos dispositivos tenderán en unos años a estar interconectados y más integrados en prenda de manera que pasen desapercibidos y generen el menor impacto visual posible.

### 1.3 Grado de innovación

El grado de innovación del presente proyecto ha consistido en trasladar la tecnología de impresión electrónica sobre el sustrato textil. Aunque la tecnología sobre sustratos plásticos ya tiene un nivel de madurez tal que permita crear productos comerciales sobre sustratos textiles este nivel de madurez es más bajo ya que además de flexibilidad los tejidos tienen elasticidad y además sufren deformaciones ante variaciones exteriores como temperatura o humedad. A pesar de ello la rápida evolución de las tintas orgánicas y estudios previos dan cierta seguridad para aventurar su aplicación en sustratos textiles. Esto posibilita una gran cantidad de aplicaciones dentro de los productos textiles como puedan ser personalizaciones reales de productos de forma inmediata.

Los sustratos textiles ofrecen un amplio campo de aplicación para la electrónica impresa en el desarrollo de dispositivos electrónicos y en la dotación de inteligencia a los tejidos. Esto es así, dado que los textiles están presentes en nuestra vida diaria en prácticamente todos los sectores de aplicación; no sólo en moda y deporte obviamente, sino también en otros campos de aplicación como: automoción, aeronáutica, construcción, etc. La integración de sensores textiles, en prendas de vestir, prendas deportivas, vehículos, construcciones, etc., desarrollados mediante tintas electrónicas aportará información valiosa para mejorar nuestra calidad de vida.

## 2 RESULTADOS ALCANZADOS

A continuación, se incluye una tabla con los resultados obtenidos del proyecto indicando los resultados alcanzados durante el 2017:

### RESULTADOS ALCANZADOS DURANTE 2017

- Se ha generado nuevo conocimiento sobre la impresión electrónica para diferentes aplicaciones teniendo en cuenta estructuras electrónicas y las problemáticas que pueden ocasionar al trabajar sobre sustrato textil.
- Se ha adquirido nuevos conocimientos sobre cómo combinar diferentes tintas entre sí y con elementos de electrónica convencional para crear circuitos tales que permitan aportar nuevas prestaciones a tejidos.
- Se ha ampliado conocimiento sobre aplicación de impresión sobre sustratos textiles. Dependiendo del tejido se deben aplicar unas técnicas u otras. Además, dependiendo del tejido las prestaciones varían.
- Se han alcanzado los resultados previstos en cuanto diseño para el desarrollo de sistemas basados en sensores textiles integrados en tejidos. También se han caracterizado obteniendo un conocimiento amplio de sus capacidades y limitaciones.
- Se ha obtenido una visión de los beneficios (técnicos y económicos) de los nuevos sensores textiles integrados en sus productos finales. Permitiendo ofrecer nuevas posibilidades de aplicación en distintos ámbitos.
- Se han realizado publicaciones científicas donde se describen los resultados obtenidos, así como metodologías empleadas. (Veáse: <http://doi.org/10.3390/ma10121450>)

## 3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

### 3.1 Investigación

Durante esta tarea se han realizado varias pruebas con diferentes tintas. Al tratarse de nuevos diseños y tintas ha sido necesario testear su comportamiento sobre los sustratos seleccionados. Cabe señalar que cada sustrato presenta unas características de estructura, adhesión y comportamiento al calor que obligan a realizar una correcta caracterización para cada diseño y tintas empleadas.

Con el fin de tener unas mediciones de referencia se ha empleado tanto sustrato plástico como sustrato textil con el fin de obtener unas conclusiones acerca del comportamiento del dieléctrico por una parte y por otra del comportamiento del textil en comparación con el sustrato plásticos.

El dieléctrico blanco presenta buenos resultados de aislamiento se deposita gran cantidad de material y cubre con totalidad. En alguna impresión se han detectado pequeñas microburbujas que obliga a aplicar dos o tres veces.

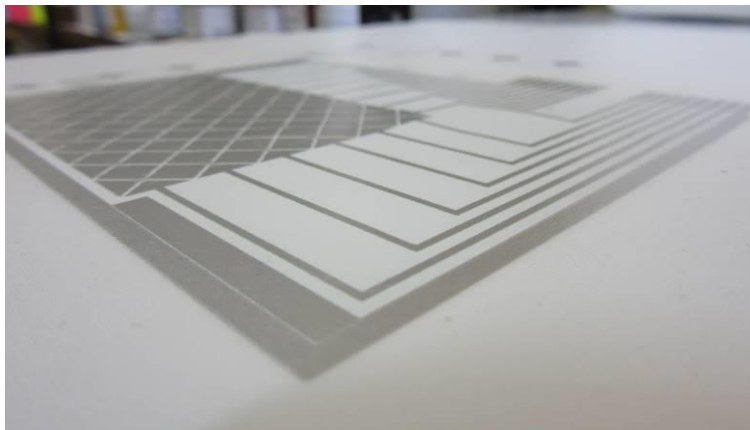


Figura 1. Impresión con dieléctrico blanco.

En cuanto al dieléctrico azul ha sido muy complicada su aplicación como material dieléctrico, según el fabricante es resistente a agentes externos como disolvente. Se descarta su aplicación como material dieléctrico para esta aplicación pero puede tener un buen comportamiento para protección del circuito en su totalidad.

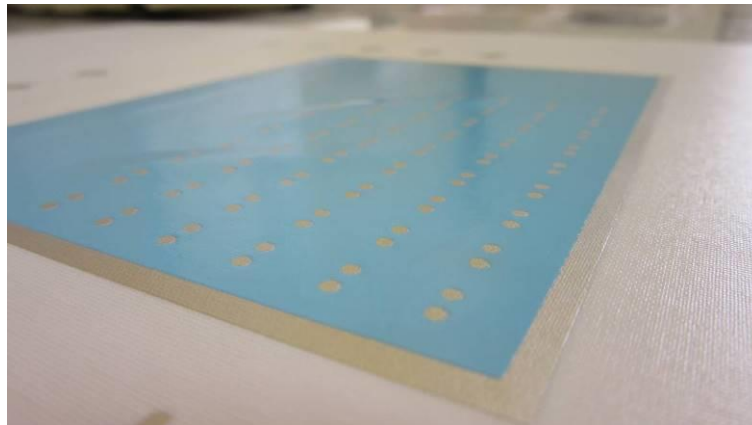


Figura 2. Impresión con dieléctrico de color azul.

De los tres materiales empleados, el dieléctrico verde ha presentado mejor comportamiento. Es por esto por lo que se ha seleccionado para la realización de los siguientes prototipos.

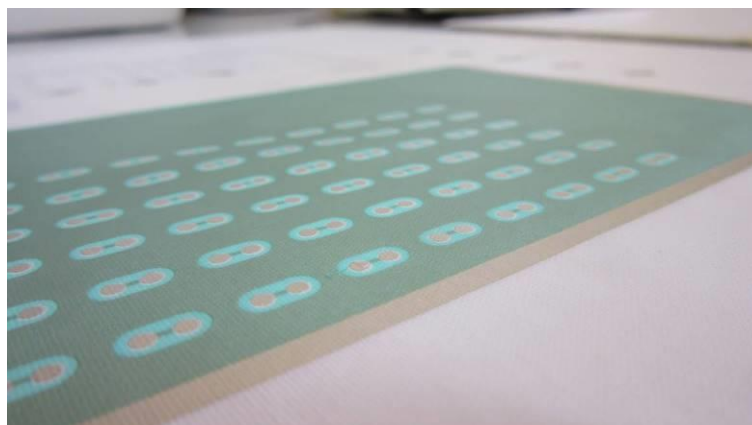
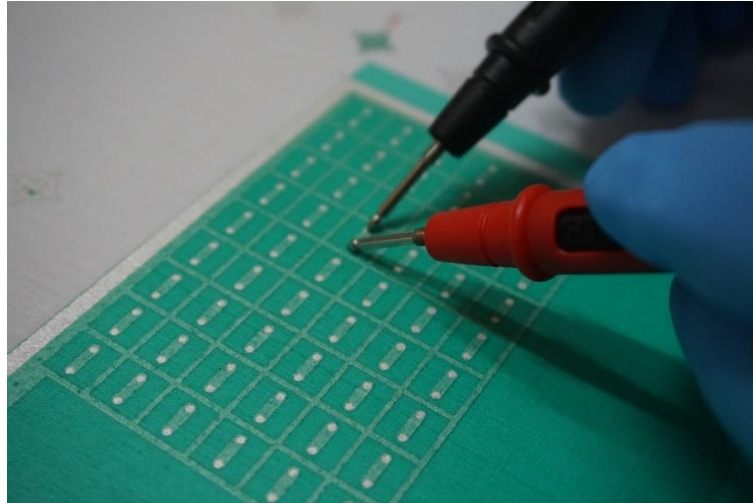


Figura 3. Impresión dieléctrico de color verde.

## 3.2 Desarrollo prototipos

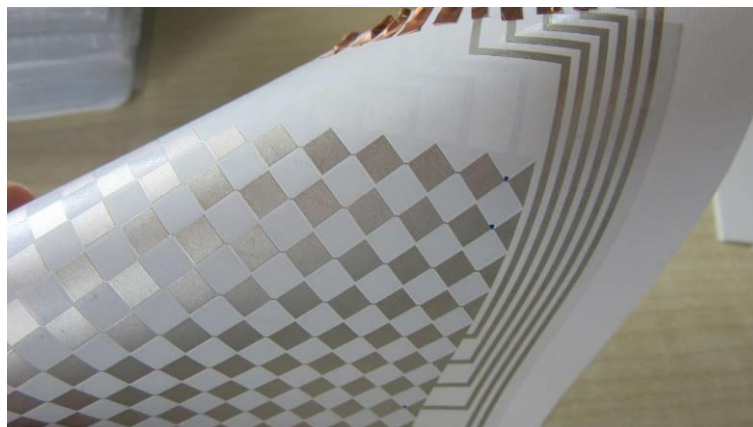
Durante el proyecto se han desarrollado diferentes prototipos de pantallas táctiles también llamadas "touchpad" sobre sustratos textiles. Estas pantallas permiten controlar, por ejemplo, el ratón de un ordenador u otros dispositivos tocando el dedo sobre la pantalla textil. Para el desarrollo de estos prototipos se han utilizado diferentes tejidos y tintas, tanto conductoras, como dieléctricas, las cuales se van depositando sobre el tejido por capas mediante un equipo de serigrafía o "screen printing" avanzado. Cada capa tiene un diseño específico y en cada una de ellas se aplica una tinta con una función específica que permite generar campos eléctricos entre las mismas. Al entrar en contacto

con el dedo la variación de estos campos eléctricos es procesada por la electrónica y se traduce en el movimiento del ratón en la pantalla.



**Figura 4. Mediciones de conductividad en las deposiciones de tinta**

La capacitancia del tacto depende del diseño del sensor, es decir, del grosor del panel frontal, la geometría y el paso del electrodo, el espaciado y el blindaje X-Y de capa a capa. Por lo tanto, el patrón del sensor es un aspecto muy importante del diseño del sensor capacitivo. La linealidad, la precisión y la resolución de la posición táctil dependen en gran medida del patrón del sensor. Comúnmente, el diseño consiste en un conjunto de electrodos en fila y columnas para formar una matriz. Existen varios diseños de patrones de sensor de almohadilla táctil, comúnmente denominados con nombres que son indicativos de la forma o construcción del patrón, como triángulos, diamantes, copos de nieve o pistas.



**Figura 5. Touchpad Textil con tintas conductoras**



Los elementos de diamante se usan para maximizar la exposición de los electrodos del sensor a un toque. La distancia entre los electrodos se conoce como paso. El tono determina el rango de tamaños de dedo que pueden detectarse de manera confiable; las dimensiones típicas del paso son como mínimo de 4 mm y máximo de 10 mm. El espacio entre los electrodos X e Y determina qué tan lejos se proyecta una señal, así como el nivel de ruido en la señal medida. Un sensor con un espacio más grande es capaz de detectar a un usuario más alejado, pero tendrá más ruido que un sensor con un espacio más pequeño.

El *touchpad* desarrollado basado en tecnologías capacitivas proyectadas (pro-cap) para ser utilizado con sustratos textiles y utilizando técnicas de impresión de bajo costo y habitual en la industria textil como la serigrafía. El sistema funciona, tanto en superficies planas, como curvas, lo que le permite ser utilizado en partes de la ropa, como mangas, pantalones o textiles para muebles como sofás, sillones, etc.

El diseño del panel táctil se basa en un patrón de tipo diamante y se han desarrollado dos tipos de arquitectura con diferentes tamaños de electrodos y diferentes tipos de textiles y se ha verificado su correcto funcionamiento. Al ser electrodos capacitivos, el control de la capacitancia es vital por lo que se han realizado estudios sobre todos aquellos aspectos que pueden modificar la capacidad. El factor más importante que condiciona la capacitancia es el grosor, por lo que se ha enfatizado en el estudio de los factores que afectan el grosor.

La aplicación de este dispositivo a los textiles depende del tipo de superficie textil, ya que puede modificar la estructura interna del electrodo; por lo tanto, es aconsejable modificar la superficie de la tela con una capa de dieléctrico para mejorar su respuesta.

### 3.3 Validación

Durante esta tarea también se ha realizado un desarrollo de una electrónica de control tal que permita controlar el funcionamiento de los desarrollos. Inicialmente se ha realizado un pequeño prototipo que posteriormente ha sido escalado.

A medida que los desarrollos se han ido realizando se han realizado test de funcionamiento con el fin de caracterizarlos y determinar qué diseños y qué combinación de materiales y parámetros de secado son los más adecuados.

Para la realización de esta tarea se han realizados las siguientes actividades. Inicialmente se realizaron varias mediciones de parejas de conectores horizontal y vertical con el fin de medir la capacidad en el punto de interconexión.

Posteriormente y con ayuda de la electrónica se ha empleado una aplicación que permiten presentar en pantalla la posición del cursor atendiendo a la posición donde se coloca el dedo en el sensor táctil.

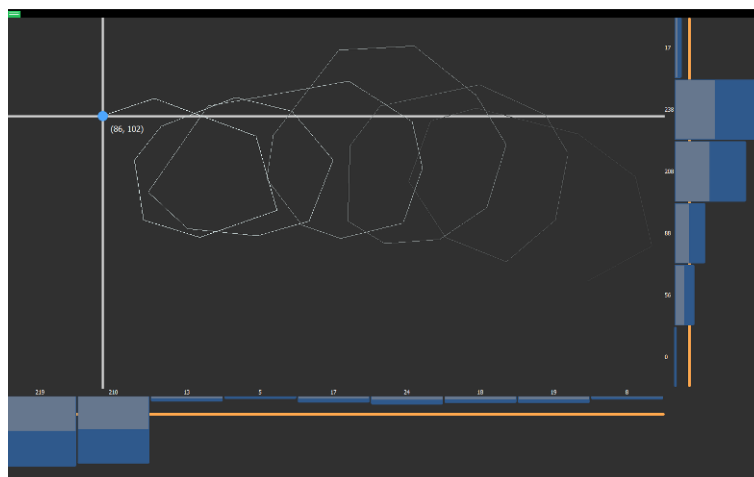
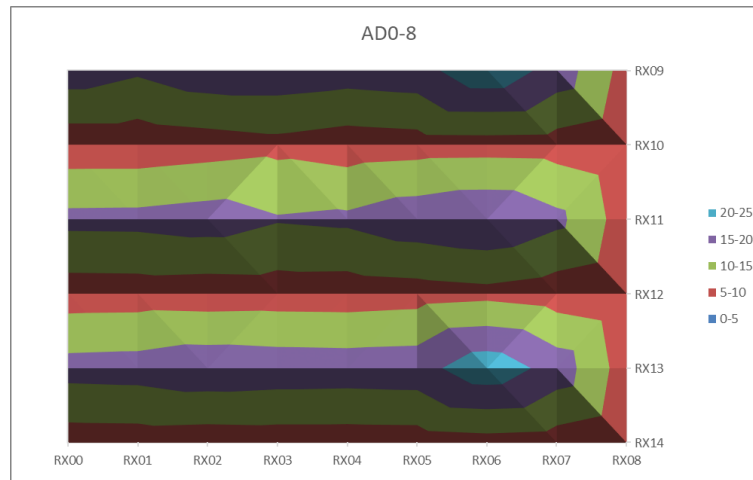


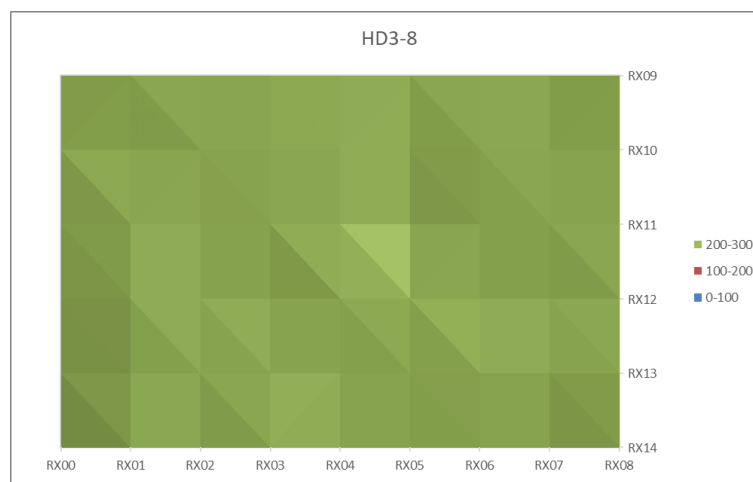
Figura 6. Detalle herramienta validación sensor táctil.

Para los diferentes prototipos se ha realizado una caracterización de las capacidades de cada punto de sensado. Cada prototipo tiene una superficie de 9x6 sensores un total de 54 puntos. Estos puntos se han medido seleccionando la pareja de fila y columna y conectando un capacitómetro.



**Figura 7. Detalle resultados detectando problemas en las filas.**

Posteriormente todos estos datos se han incorporado a una base de datos para su posterior procesado. Este procesado ha permitido convertir las mediciones a curvas de nivel pudiendo observar cómo afectan a los diferentes prototipos la ubicación de cada sensor.



**Figura 8. Detalle resultados mediciones capacidad prototipo**

El proyecto ha contado con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius i Treball, a través de IVACE (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial) y está cofinanciado por los fondos FEDER de la Unión Europea.