



FLEXITEX

**Proyecto de
investigación sobre
sustratos elásticos de
sensores embebidos**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO.....	4
2.	ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES.....	6
3.	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
4.	PLAN DE TRABAJO	10
5.	RESULTADOS OBTENIDOS	19

1.FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

Nº EXPEDIENTE	IMAMCI/2018/1
TÍTULO COMPLETO	FLEXITEX - PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE SUSTRATOS ELÁSTICOS DE SENSORES EMBEBIDOS
PROGRAMA	Plan de Actividades de Carácter no Económico 2018
ANUALIDAD	1ª anualidad
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL www.ivace.es
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870

Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius i Treball, a través de IVACE (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial)

2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES

La electrónica que imita el mundo natural al doblarse, estirarse y flexionarse, está cobrando cada vez más sentido a medida que la tecnología se integra en nuestras vidas, en nuestros entornos e, incluso, en nuestros cuerpos.

La impresión de electrónica sobre sustratos flexibles ha suscitado especial interés en la comunidad científica durante los últimos años gracias a su gran potencial en cuanto a posibles aplicaciones se refiere; desde pantallas flexibles hasta dispositivos que se adapten a la piel. Además, esta electrónica tiene unos costes inferiores a las técnicas estándares actuales, lo cual supone una ventaja añadida. El modo de aplicación de esta tecnología es similar al utilizado en otros ámbitos como el de la serigrafía, pero mediante la utilización de tintas conductivas.

Su uso en textiles, a pesar de la oportunidad que supone teniendo en cuenta el auge que los textiles inteligentes están experimentando, es todavía incipiente. La decisión sobre el tipo de sustrato a utilizar como base de la impresión o como protección es crítica en el diseño del sistema de impresión electrónica. Cada sustancia tiene unas características que tendrán un impacto en la aplicación final. Asimismo, la tipología de tintas, su deposición y el diseño del circuito, con la complejidad añadida de las propiedades como flexibilidad y elasticidad, suponen un desafío para su empleo.

De este reto ha partido el proyecto FLEXITEX, con el que se perseguía la obtención de conocimiento para la aplicación de tintas electrónicas con materiales orgánicos en sustratos flexibles y estirables, logrando el desarrollo de varios sensores integrados en textil.

3.OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo establecido del proyecto era la investigación y desarrollo de tejidos sensorizados mediante el empleo técnicas de impresión electrónica con materiales flexibles.

Para su ejecución, se han abordado impresiones de aplicaciones multicapa para obtener diferentes sensores empleando tintas con materiales conductores, dieléctricos y resistivos. Estos diseños electrónicos embebidos en tejidos se han caracterizado, analizando, además de los aspectos de funcionamiento, su capacidad de flexión y estiramiento.

Con el fin de salvar las problemáticas que ofrecen los tejidos en cuanto a flexibilidad y estiramiento se han empleado tintas de reciente aparición basadas en polímeros conductores que mejoran la elasticidad de estas una vez aplicadas. También se han abordado retos como la encapsulación de los circuitos impresos para mejorar su durabilidad y nivel de protección.

4. PLAN DE TRABAJO

A continuación, se presenta el cronograma ejecutado durante la ejecución del proyecto. Las desviaciones que ha sufrido han sido las siguientes:

Cabe señalar que aun habiendo ocurrido ligeras desviaciones debido a avances o retrasos en la ejecución de ciertas actividades en su totalidad se han alcanzado los objetivos iniciales cumpliendo con los hitos establecidos

	2018											
PAQUETES DE TRABAJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Gestión y coordinación técnica												
Tarea 1.1. Gestión												
Tarea 1.2. Coordinación técnica												
Hito 1												▲
Entregable 1												
Reunión	☀		☀		☀		☀		☀		☀	☀
2. Investigación tecnologías y materiales												
Tarea 2.1. Investigación de materiales (tintas estirables, encapsulados y sustratos)												
Tarea 2.2. Investigación componentes electrónicos												
Entregable 2						◇						
Hito 2						▲						
3. Diseño de los prototipos												
Tarea 3.1. Análisis y diseño sensor												
Tarea 3.2. Diseño electrónica control												
Tarea 3.3. Diseño proceso encapsulación												
Entregable 3							◇					
Hito 3							▲					
4. Desarrollo de los prototipos												
Tarea 4.1. Desarrollo sensor												
Tarea 4.2. Desarrollo unidad de control												
Tarea 4.3. Desarrollo encapsulado												
Entregable 4										◇		
Hito 4										▲		
5. Validación de prototipos												
Tarea 5.1. Validación funcional												
Tarea 5.2. Caracterización y test												
Tarea 5.3. Validación de encapsulado												
Entregable 5												◇
Hito 5												▲
6. Difusión de resultados												
Tarea 6.1. Definición y seguimiento plan difusión												
Tarea 6.2. Realización acciones difusión												
Entregable 6												◇
Hito 6												▲

El plan de trabajo del proyecto ha sido ejecutado siguiendo un ciclo de vida en cascada estableciendo una planificación que incluye las siguientes tareas de forma secuencial: Análisis, Diseño, Desarrollo, Pruebas.

En algunas fases del proyecto se ha considerado adoptar metodologías iterativas e incrementales, en el que el resultado final es conseguido a medida que se va iterando según prácticas de "use case driven development" en el que la directriz del desarrollo del proyecto la marca la consecución de los casos de uso establecidos y definidos. Este es el caso de la parte de diseño que ha ido adaptándose a los resultados obtenidos con el fin de obtener nuevos desarrollos mejores.

A continuación, se detallan las actividades desarrolladas en los diferentes paquetes de trabajo.

Paquete de trabajo Nº	1	Fecha de comienzo: 1/2018	Fecha de fin: 12/2018
Título del paquete de trabajo	Gestión y coordinación		

T1.1. Gestión

Durante esta tarea se han realizado actividades de reparación, revisión y gestión de contratos: Solicitud y revisión de presupuestos de proveedores. En este caso y una vez solicitado el presupuesto al proveedor se procede a revisar que en dicha oferta sea correcta la definición de la parte técnica, el precio y la descripción de las tareas y cronograma a realizar por el proveedor. También se han realizado actividades de documentación del proyecto: Revisión de las actas internas del personal y de las actas con los proveedores. Revisión de la correcta identificación de las muestras y prototipos de los proyectos, con referencia expresa a las entidades financiadoras. Revisión de los entregables de personal interno y verificación con la planificación del proyecto.

T1.2. Planificación y coordinación técnica del proyecto

Esta tarea de coordinación recoge las acciones referentes a la coordinación técnica de todo el equipo de trabajo, así como de los servicios externos. Las acciones de coordinación han ido dirigidas hacia la gestión eficiente de los equipos de trabajo y actuaciones con el fin de alcanzar los objetivos previstos en los tiempos definidos. En esta etapa la labor del equipo de gestión ha sido fundamental para el desarrollo del proyecto y sincronizar las diferentes actividades que se han realizado en paralelo.

Paquete de trabajo Nº	2	Fecha de comienzo: 1/2018	Fecha de fin: 6/2018
Título del paquete de trabajo	Investigación tecnologías y materiales		

T2.1. Investigación de materiales

Es la presente anualidad se han realizado varios diseños de caracterización de materiales. En estos diseños se ha evaluado el comportamiento de diferentes tintas sobre distintos sustratos. Debido al efecto capacitivo de los materiales empleados se han realizado caracterizaciones de los mismos realizando diferentes combinaciones de estos.

Durante esta tarea se han realizado varias impresiones empleado diferentes tejidos con el fin de valorar la complejidad de su aplicación, así como la viabilidad de realizar impresión directa sobre tejido.

Se ha aplicado sobre tejidos de poliéster, poliéster recubierto, algodón crudo, algodón 100%, algodón 100% con recubrimiento hidrófugo y mezcla algodón-poliéster.

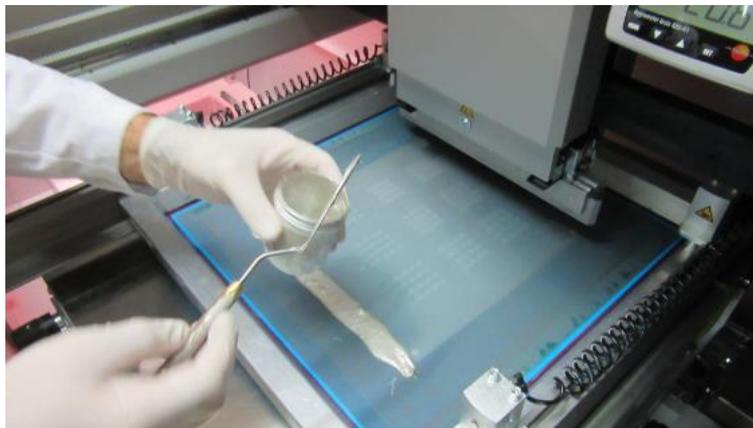


Figura 1. Aplicación tinta conductora sobre screen.

Dependiendo del tejido los parámetros de curado como temperatura y duración deben ser optimizados con el fin de obtener un buen resultado de secado sin deteriorar el tejido.



Figura 2. Proceso de curado con horno.

También es muy importante la estabilidad del tejido en x e y que ofrezca ya que si es demasiado elástico las tintas tienden a realizar una contracción al evaporar el material solvente. Los materiales que tienen un acabado como hidrófugo o de protección presentan una mejor facilidad de aplicación de las tintas. Los que no tienen dicho tratamiento precisan de una aplicación inicial sobre la zona de impresión para homogeneizar la superficie y facilitar la posterior impresión.

T2.2. Investigación de componentes electrónicos

Durante esta tarea se han evaluado varias alternativas para la selección de componentes electrónicos, tanto de control como de activación y sensado.

Se ha realizado diferentes pruebas de conectores con el fin de evaluar aquellos que mejores resultados ofrecían teniendo en cuenta los sustratos a emplear así como las tintas.

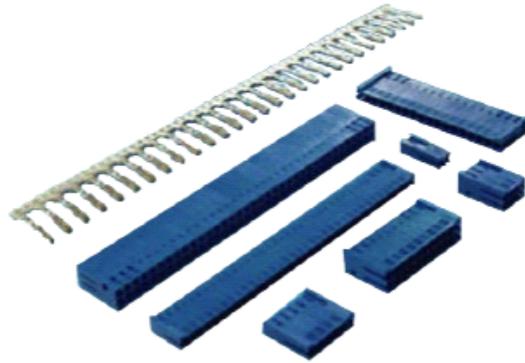


Figura 3. Conectores.

Paquete de trabajo Nº	3	Fecha de comienzo: 2/2018	Fecha de fin: 7/2018
Título del paquete de trabajo	Diseño de los prototipos		

T3.1. Análisis y diseño del sensor

Durante esta tarea se ha realizado una serie de diseño de superficies sensorizadas con el fin de conformar touchpads sobre sustrato textiles que puedan ser empleados para sensorizar prendas o tejidos.

Inicialmente se han preparado unos diseños basados en condensadores abiertos con varias formas y dimensiones.

Posteriormente se ha adaptado el diseño para permitir incorporar un conector tal que facilitara la conexión con la electrónica de control para su caracterización y test. Diferentes variantes de tamaño de diamante y grosores de pista han sido testadas.

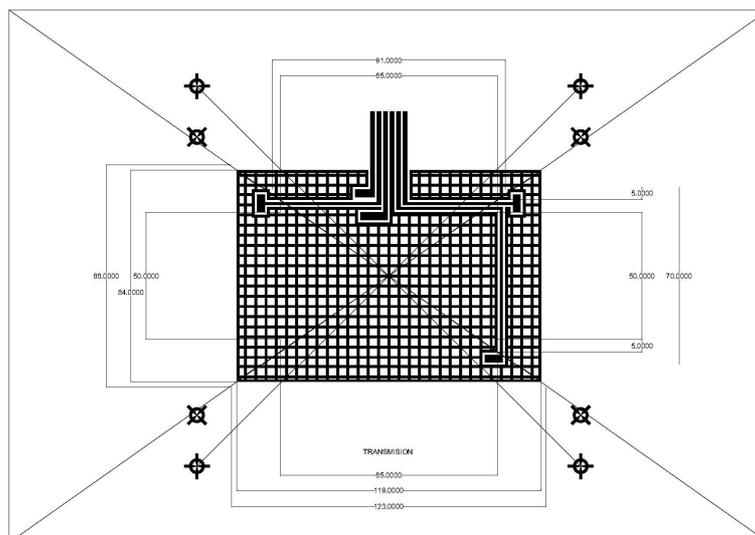


Figura 4. Detalle diseño incorporando zona de conexión.

Debido a problemas con el apantallamiento en la parte trasera se ha modificado para reducir dicha superficie empleando una malla y mejorando dicho comportamiento.

T3.2. Diseño electrónica de control

Durante esta tarea 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.

T3.3. Diseño proceso encapsulación

Con el fin de realizado un encapsulado de la electrónica que facilite la integración con los tejidos se ha evaluado un proceso de encapsulado basado en inyección y recubrimiento mediante resinas con varios grados de dureza. Este tipo de solución permite por una parte una protección del circuito y por otra parte una confortabilidad al ser integrado en el tejido.



Figura 5. Proceso encapsulado.

Para ello diferentes test se han llevado a cabo con materiales de encapsulado tanto del mundo electrónico como del textil.

Paquete de trabajo Nº	4	Fecha de comienzo: 4/2018	Fecha de fin: 10/2018
Título del paquete de trabajo	Desarrollo de los prototipos		

T4.1. Desarrollo del sensor

Durante esta tarea se han realizado los desarrollos propiamente dichos partiendo de los diseños realizados en el paquete de trabajo anterior. En esta parte además de experimentar con los diferentes diseños se han combinado diferentes sustratos y tintas, así como diferentes parámetros de curado con el fin de obtener aplicaciones óptimas para cada diseño.

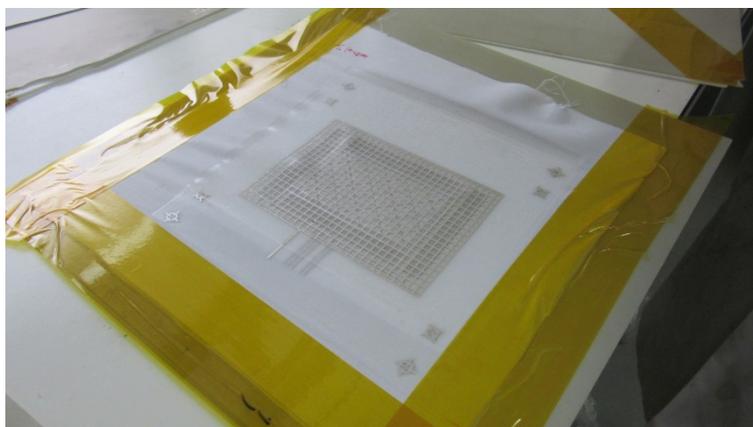


Figura 6. Desarrollo sensor impreso.

T4.2. Desarrollo unidad de control

Durante esta tarea 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 para validar el diseño y comprobar su correcto funcionamiento.



Figura 7. Desarrollo unidad de control

Posteriormente se han realizado varias unidades incorporando funciones de control energético y transmisión de datos por bluetooth. Para la realización de la fabricación de la electrónica se ha contado con la colaboración de servicio externos. Se han desarrollado varias electrónicas a medida para poder realizar control sobre los desarrollos electrónicos impresos.

T4.3 Desarrollo encapsulado

Para el encapsulado diferente test se han realizado con el fin de certificar que los materiales empelados son los adecuados. Por una parte deben ser compatibles con la electrónica para no deteriorarla y por otra parte deben proteger frente a agentes externos.

Paquete de trabajo Nº	5	Fecha de comienzo: 5/2018	Fecha de fin: 12/2018
Título del paquete de trabajo	Validación de prototipos		

T5.1 Validación funcional

Durante la validación se han realizado diferentes ensayos para validar el funcionamiento de los desarrollos. En esta imagen se puede observar el funcionamiento del circuito impreso calefactable.

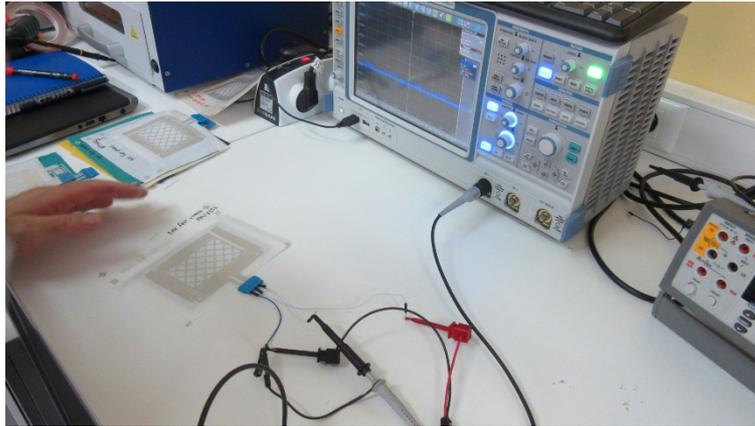


Figura 8. Validación comportamiento sensores dependiendo señales

T5.2. Caracterización y test

Posteriormente se han realizado varios tests de forma exhaustiva con el fin de evaluar comportamientos bajo diferentes condiciones.

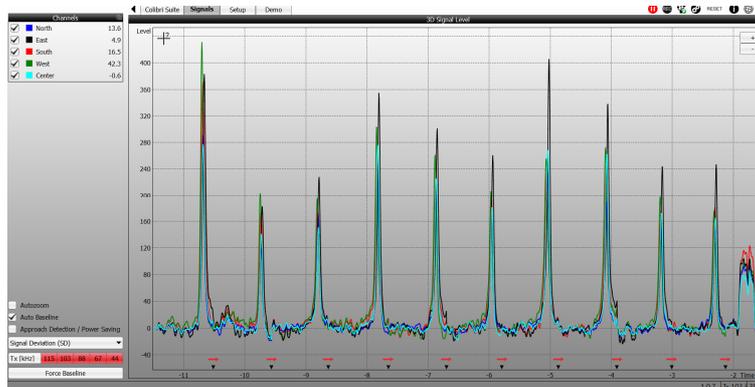


Figura 9. Caracterización sensor atendiendo a movimientos combinando varios electrodos.

Además, se ha realizado tests bajo situaciones reales que permitan analizar su comportamiento en conjunto.

T5.3. Validación encapsulado

La validación de los encapsulados se ha realizado bajo condiciones extremas de humedad con electrónicas en funcionamiento. Para ello estas electrónicas disponen de comunicación bluetooth lo que permite de forma simultánea monitorizar que se encuentran activas y realizado capturas de datos.



Figura 10. Test de electròniques sumergidas en fluido

Paquete de trabajo Nº	6	Fecha de comienzo: 1/2018	Fecha de fin: 12/2018
Título del paquete de trabajo	Difusión de resultados		

T6.1. Definición y seguimiento del plan de difusión

Durante esta tarea se ha preparado un plan de difusión con todas las actividades a realizar estableciendo un cronograma de actuación que ha permitido sincronizar las diferentes actividades de difusión con la evolución del proyecto.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Abstract inicial												
Póster A3												
Publicación web AITEX y RRSS												
Diapositiva eventos												
Tríptico bilingüe												
Reseña Memoria Actividades												
Publicación Revista												
Rollup												
Logotipo proyecto												
Asistencia a eventos												
Leaflet A5												
Video promocional												
Abstract final												
Entregable final de difusión												

Figura 11. Cronograma actividades difusión

Además, se ha realizado un seguimiento periódico de todas las actividades de forma que quede registrada cada una de las actividades de difusión que finalizará en un informe final de difusión a la finalización del proyecto.

T6.2. Realización acciones de difusión

Esta tarea es propiamente la tarea de difusión. Contemplando la preparación de informes y artículos, así como la emisión de noticias o publicaciones a los diferentes medios.

5.RESULTADOS OBTENIDOS

Con la ejecución del proyecto se ha obtenido el conocimiento para la aplicación de tintas electrónicas en el desarrollo de diferentes sustratos con propiedades eléctricas. Los resultados de los análisis realizados han permitido definir las tintas, sustratos y diseños óptimos para cada tipo de impresión mejorando las propiedades de durabilidad, flexibilidad y estirabilidad.

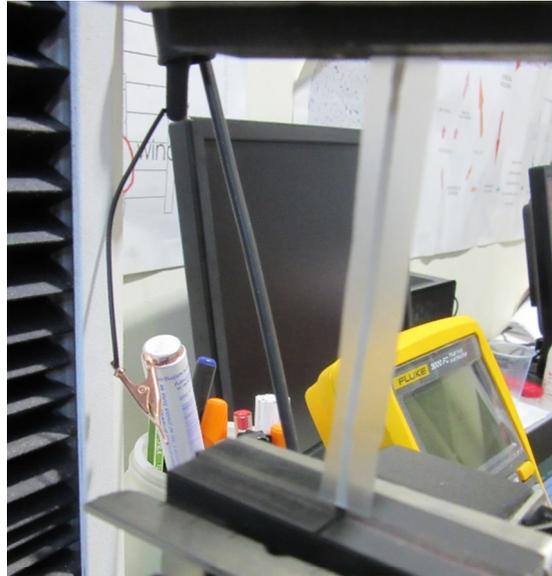


Figura 12. Detalle ensayo conductividad vs estiramiento

Atendiendo a estos resultados se ha podido obtener combinaciones de tintas con sustratos que trabajan de forma óptima y son compatibles. Además de evaluar conductividades eléctricas se ha evaluado cómo éstas se ven afectadas ante movimientos de estiramiento.

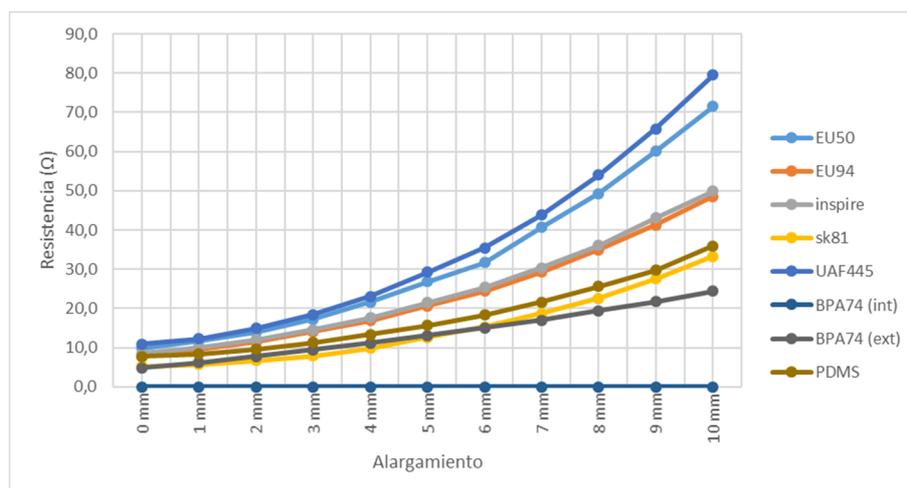


Figura 13. Comportamiento tinta conductora frente a estiramiento con varios sustratos

Por otra parte, se ha evaluado el comportamiento capacitivo combinando tintas y materiales dieléctricos como tintas dieléctricas, poliuretandos así como los propios tejidos empleados. Esto ha permitido obtener una caracterización completa de sus comportamientos en entornos donde se precisen elementos de tipo condensador para aplicaciones como la desarrollada de sensor háptico.

En cuanto al sensor háptico varios diseños se han realizado considerando dimensiones y materiales a emplear. Se ha buscado que sus comportamientos fueran lo más estables posibles y que de algún modo aseguren su reproductividad. En este sentido también se ha desarrollado a una electrónica a medida que permite capturar la información procedente de los sensores, procesarla y enviar los resultados de forma inalámbrica.



Figura 14. Sensor háptico flexible impreso sobre sustrato textil

En cuanto al circuito calefactable se han estudiado varias aproximaciones empleando o bien tintas conductoras o bien tintas resistivas en combinación. Ambas soluciones ofrecen buenos resultados siempre que los circuitos contemplen ciertos requisitos de diseño que faciliten la distribución de la energía por toda la superficie. En este sentido el diseño realizado combinando tintas conductoras y resistivas permite mayor control de dicha distribución.

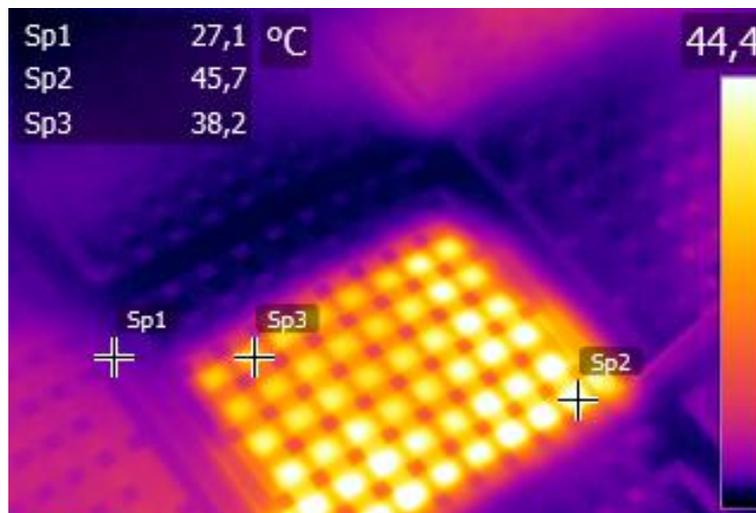


Figura 15. Superficie calefactable impresa.