

# Incorporación de E-textile al programa de master y doctorado de Ingeniería Textil

Ana Rodés Carbonell  
*Instituto Tecnológico del Textil (AITEEX)*  
 Alcoy (Alicante), España  
 arodes@aitex.es

Eduardo García-Breijo  
*Departamento Ingeniería Electrónica*  
*Escuela Técnica Superior de Ingeniería del*  
*Diseño*  
*Universitat Politècnica de València*  
 Valencia, España  
 egarciab@eln.upv.es

Luis Gil Sánchez  
*Departamento Ingeniería Electrónica*  
*Escuela Técnica Superior de Ingeniería del*  
*Diseño*  
*Universitat Politècnica de València*  
 Valencia, España  
 lgil@eln.upv.es

Eva Bou Belda  
 Departamento Ingeniería Textil y Papelera  
 Escuela Politécnica Superior de Alcoy  
 Universitat Politècnica de València  
 Valencia, España  
 evbobel@upvnet.upv.es

Ignacio Montava Seguí  
*Departamento Ingeniería Textil y Papelera*  
*Escuela Politécnica Superior de Alcoy*  
*Universitat Politècnica de València*  
 Valencia, España  
 imontava@txp.upv.es

**Abstract — Las nuevas tecnologías de fabricación electrónica se han incorporado en los últimos años al área de ingeniería textil, dando lugar a una nueva área tecnológica denominada *Electronic Textile* (E-Textile).**

La Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA) está desarrollando un programa de master de Ingeniería Textil donde se incorpora una asignatura sobre esta tecnología. En esta comunicación se describe dicho máster y el contenido de una asignatura (textiles inteligentes) donde se pone en práctica esta tecnología.

**Keywords— E-Textile, docencia en másteres**

## I. INTRODUCCIÓN

Los textiles electrónicos (E-Textile), también conocidos como prendas o tejidos inteligentes, son tejidos que mediante la modificación de su estructura o mediante la incorporación de elementos externos pueden detectar estímulos físicos y reaccionar frente a estos estímulos mediante la incorporación de elementos externos. De esta manera, estos tejidos logran una funcionalidad añadida. El desarrollo de estos tejidos ha estado progresando rápidamente durante los últimos veinte años [1-2].

La modificación de la estructura se puede obtener a partir de fibras o aditivos con determinadas propiedades funcionales. También pueden obtenerse a partir de hilos o telas de diferentes fibras o capas, otro método consiste en realizar determinados acabados superficiales que modifiquen las propiedades del tejido. En el segundo caso, la incorporación de elementos externos consiste en la integración de componentes eléctricos o electrónicos en el tejido para realizar una determinada función.

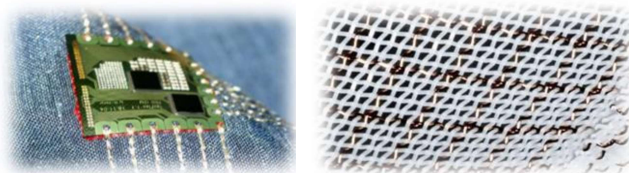


Fig. 1. Elementos externos incorporados al textil (izq.) y Modificación de la estructura del textil (der.)

## II. CLASIFICACIÓN DE LOS E-TEXTILE

Los E-Textile se pueden clasificar según diversos criterios, uno de ellos es el origen de la funcionalidad, y puede ser de dos tipos, sistema externo donde el textil actúa como un sustento del sistema y en aquellos en que el tejido posee una funcionalidad propia.

Otro criterio de clasificación de los E-Textile es según su comportamiento, existiendo tres tipos: Pasivos (*Passive Smart Textile*) que los tejidos que actúan como meros sensores, Activos (*Active Smart Textile*) donde además de actuar como sensor, actúan sobre un estímulo y Ultra Inteligentes (*Ultra Smart Textile*) donde, además, de sensar y actuar, son capaces de adaptarse al entorno [3-6].

La naturaleza de los sistemas externos añadidos al textil suele ser de carácter mecatrónico, es decir sistemas que abarcan, total o parcialmente, elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos, informáticos, telemáticos o de control.

Esta tecnología dota a los materiales textiles de unas características físicas que permiten actuar como sensores y actuadores con aplicaciones en deporte, fisioterapia, medicina, etc.

### A. *Passive Smart Textile*

Estos tejidos muestran los procesos físicos o químicos que suceden en ellos, como el cambio de color, forma, temperatura, etc. Por ejemplo, una camisa con sensores de temperatura incorporados para registrar la temperatura corporal con el tiempo. Pueden simplemente actuar como en un calefactor, encendiendo leds, etc.

En la Fig. 2 se muestra un ejemplo de calcetines con sensores de presión piezoeléctricos que son capaces de medir los pasos de la persona que los utiliza. Estos sensores poseen un sistema de transmisión Bluetooth que permite conectarse a un Smartphone y con los datos obtenidos una aplicación que realiza una cuenta de los pasos caminado y un análisis de la pisada.

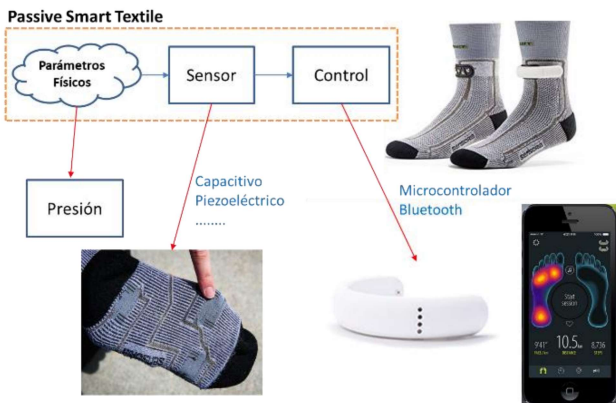


Fig. 2. Ejemplo Smart Textile Pasivo

**B. Active Smart Textile**

Puede responder a un estímulo particular. En la Fig. 3 se indica un ejemplo de este tipo de aplicación donde una prenda posee un sensor de temperatura a base de termistor NTC y de resistencias de platino. En caso de que el sensor detecte una bajada térmica inferior a una determinada temperatura un sistema de control activa un calefactor que hace aumentar la temperatura hasta que la prenda alcanza un valor determinado.

**C. Ultra Smart Textile**

Estos tipos de e-textil pueden tomar decisiones en función del valor de la salida actual frente al valor esperado de la salida cuando las señales de entrada toman unos valores determinados. En la Fig. 4 se muestra un sistema de control de movimiento de la mano que es utilizado para personas con problemas de temblor y destreza de movimientos en las manos como pueden ser los enfermos de Parkinson. El sistema está formado por una especie de guante con sensor de movimiento formado por acelerómetro y giroscopio. Los datos obtenidos con estos sensores se comparan con los que deberían corresponder en la realización de un determinado acto, por ejemplo, el uso de una cuchara. En caso de que el movimiento no corresponda con el adecuado (con el consiguiente problema de derrame) se pone en marcha un motor colocado en el propio guante, que fuerza la corrección de la posición de la mano y por tanto, de la cuchara, manteniendo así la estabilidad.



Fig. 3. Ejemplo Smart Textile Activo

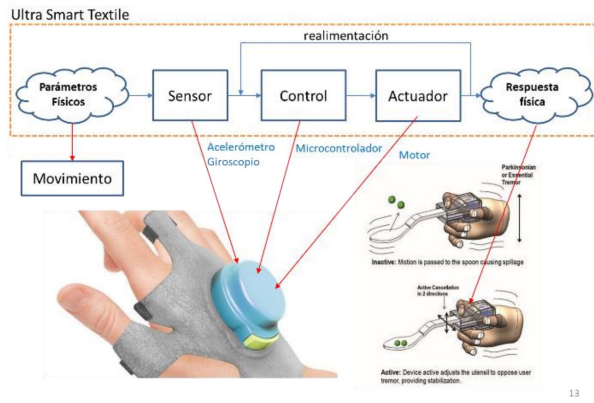


Fig. 4. Ejemplo de Ultra Smart Textile

Las aplicaciones de los E-textiles se pueden extender a múltiples campos de la actividad humana como son la protección frente a agentes externos (temperatura, gases, radiaciones, etc.), médicas (enuresis, prótesis), deportivas (aplicar sensores para medir parámetros fisiológicos y analizar el rendimiento deportivo), estéticas, etc. Las amplias aplicaciones de los textiles electrónicos ha motivado la presentación de múltiples comunicaciones científicas docentes [7-9].

**III. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA TEXTIL**

**A. Antecedentes**

La ciudad de Alcoy y las comarcas colindantes del centro de la Comunidad Valenciana poseen una gran tradición de industria textil con fábricas de distintos subprocesos de este tipo de industria: hilaturas, tejedurías, tintes, etc. Para el desarrollo y mantenimiento de esta industria siempre ha sido necesario contar con personal especializado y por ello desde un principio se crearon en Alcoy diversos centros de enseñanza para la enseñanza de esta industria. El inicio de esta industria estuvo fomentado por la Real Fábrica de Paños de Alcoy fundada en el siglo XVIII y que promovía contratos a técnicos extranjeros y expertos en procesos de tinturas y equipamiento. Pero en el siglo XIX se comprobó que no era adecuado la dependencia de tecnología y personal especializado extranjero. Por ello se pusieron en marcha los primeros establecimientos docentes hasta que en 1910 se establece la Escuela Industrial donde la ingeniería textil era una de las especialidades más importante. Esta escuela tenía autonomía y edificio propio (construido en 1923). Los estudios que se impartían recibieron a lo largo de su historia distintos nombres y características según la normativa establecida: en 1942, Escuela de Peritos Industriales y, en 1964 Escuela de Ingeniería Técnica Industrial) [10].

En 1972 se integró en la Universitat Politècnica de València (UPV) como “Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Alcoy” (EUITIA) teniendo los estudios rango universitario. Desde 1983 se impartieron cinco especialidades: Química, Mecánica, Eléctrica, Textil y Electrónica Industrial.

Con la entrada en vigor de la LRU en 1986, la Universidad adquiere una nueva estructura interna que la reorganiza en departamentos. Dada esta nueva estructura y la singularidad que la Ingeniería Textil representa dentro de la UPV, se ubica la sede central del Departamento de Ingeniería Textil y Papelera en Alcoy. Desde 1991, se imparten en este departamento cursos de Doctorado (3r ciclo).

Desde febrero de 1998 el Campus de Alcoy ha ampliado sus instalaciones con la rehabilitación de dos antiguas e importantes fábricas textiles de género de punto de principios del siglo XX: las fábricas de Ferrándiz inicialmente y Carbonell que fue inaugurada en la primera década del siglo XXI. En la actualidad, la EPSA es un campus universitario competitivo, cercano a los alumnos, que ofrece una formación personalizada y adaptada a los retos de la economía y sociedad. Cerca de 2.500 alumnos cursan sus estudios en el Campus de Alcoy de la UPV.

Con la implantación de la Ley Orgánica de Universidades (LOU) y la adaptación al denominado Proceso de Bolonia e iniciación del Espacio Europeo de Educación Superior se crearon en la EPSA diversos estudios de Grado y de Máster. En los estudios de grado desapareció la ingeniería textil (el antiguo título de Ingeniero Técnico Textil poseía pocos alumnos). Los antiguos estudios de doctorado (3er Ciclo) fueron transformados en 2007 en la titulación de Máster Universitario en Ingeniería Textil, siendo modificados sus contenidos, para adaptarlos a la realidad del sector, en el curso 2014/15.

### B. Máster Universitario en Ingeniería Textil

El Máster Universitario en Ingeniería Textil tiene como entidad responsable del título a la Escuela Politécnica Superior de Alcoy y para la puesta en marcha de sus planes de estudio del 2014/15 y posterior seguimiento, cuenta con el asesoramiento de las entidades que aglutinan a las empresas del sector a nivel regional, como es el caso de la Asociación Textil de la Comunidad Valenciana (ATEVAL) o a nivel nacional e internacional como es el caso de la Asociación de Investigación de la Industria Textil (AITEK). En el caso de AITEK, además del asesoramiento, se cuenta con su participación activa en la docencia, prestando sus punteros recursos humanos y materiales para la impartición del título. Las infraestructuras disponibles y la fuerte relación con el entorno productivo que aportan dichos organismos permiten suponer una buena calidad en la formación que se propone.

El Máster surgió ante la constatación de que el ámbito textil actual requiere de personas formadas, con capacidad para liderar las empresas y estructuras de investigación relacionadas con el sector, que afronten el reto de las nuevas competencias, y que ayuden a potenciar el desarrollo de nuevos productos y a ser competitivos en el renovado mercado textil.

Criterios de admisión: según la Memoria de Verificación que rige los accesos al Máster se establece la siguiente prioridad de acceso de acuerdo con la titulación previa: Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos; Grado en Ingeniería de Diseño y Tecnología Textil; Grado en Ingeniería de Tecnología y Diseño Textil; Grado en Ingeniería de Diseño Industrial; Grado en Diseño; Grado en Diseño de Moda; entre otras.

La colaboración de las entidades externas participantes en el máster (ATEVAL y AITEK), permite potenciar la oferta en prácticas del alumnado

### C. Plan de Estudios del Máster Universitario en Ingeniería Textil (MUIT)

La estructura del plan de estudios de MUIT consta de 60 ECTS dividido en dos semestres con un total de 30 ECTS de asignaturas obligatorias, 18 ECTS de asignaturas optativas y 12 de Trabajo Final de Master [11].

Las asignaturas obligatorias poseen los siguientes grupos: Materias y Procesos Físico Textiles (10.5 ECTS), Procesos Químico Textiles (9 ECTS), Mercados de Productos Textiles y Requisitos Técnicos (4.5 ECTS), Técnicas Instrumentales Aplicables a la Industria Textil (6 ECTS).

Entre las asignaturas optativas, 9 ECTS corresponden a Materias Optativas Transversales y otros 9 ECTS Materias Optativas de Especialización a elegir entre asignaturas de dos materias: I+D en la Ingeniería Textil o Gestión e Innovación de Empresas Textiles.

Es de destacar que la gran mayoría de las asignaturas de este master son impartidas por el departamento de Ingeniería Textil por lo que confiere un carácter muy uniforme.

Con el paso de los cursos se ha planteado realizar una reforma del plan de estudios para lograr una mayor diversidad de los estudios introduciendo materias novedosas y tecnologías actuales que permitan lograr una titulación más atractiva y así captar a un mayor número de estudiantes y profesores y que sea susceptible de desarrollar proyectos de investigación de carácter interdisciplinar.

El interés en ofrecer una mayor docencia textil se ve incrementada por el déficit de oferta en formación en este ámbito. Por lo general la oferta de formación textil está centralizada en zonas de tradición industrial textil.

En lo que se refiere a un plano nacional tan sólo la Universitat Politècnica de Catalunya ofrece el Máster Universitario en Ingeniería Textil y Papelera en el cual se imparten tanto asignaturas propias del sector textil, como el papelero y el gráfico. Este máster consta de 90 ECTS impartidos en 1,5 años.

Centrándose en un marco europeo se encuentran distintas universidades que ofrecen másteres de formación textil. En la universidad de Manchester en Reino Unido (The University of Manchester) se imparte el Máster en Textiles Técnicos, cuyo objetivo del plan de estudios se enfoca en proporcionar conocimiento y comprensión de todo el proceso de transformación de materiales fibrosos en productos textiles finales, desarrollando habilidades para identificar y analizar el material apropiado y la ruta de producción para un producto final específico.

En la ciudad de Gante de Bélgica (Ghent University) se imparte el Máster en Ciencias en Ingeniería Textil el cual consta de 120 ECTS. Este Máster se diferencia de los demás por impartirse en tres universidades dentro del espacio europeo reuniendo los especialistas más reconocidos en el dominio multidisciplinario de los textiles en Europa.

En la Universidad de Zagreb (Croacia) se ofrecen diversos másteres textiles, destacando el Máster de Ingeniería y Tecnología Textil de 120 ECTS impartido en 4 semestres. Del mismo modo universidades como Kaunas University of Technology en Lituania y Ege University en Turquía, entre otras, también cuentan con másteres textiles cuyos planes de estudio también se basan en estudiar el proceso de transformación del textil.

Cabe resaltar que todos los másteres comentados se basan en formación de ingeniería textil centrándose en un aspecto técnico, no comentando aquellos másteres cuyos estudios se basan en moda y diseño. Como es el caso del máster ofrecido por la Universidade do Minho, centrado en el diseño, comercialización y desarrollo de la actividad I+D en los

campos de textiles, indumentaria y accesorios y su posterior comercialización.

#### IV. MODIFICACION DEL PLAN DE ESTUDIOS

A la vista de los resultados de los últimos años del máster se propuso una modificación de los planes de estudio donde se incluyan materias de tecnología novedosa que lo haga más atractivo y abierto a un número mayor de alumnos. Esta modificación se ha ido desarrollando estos últimos años y entrará en vigor en el curso 2020-21.

Las novedades principales del nuevo plan de estudios es el aumento de la docencia ya que cuenta con 90 ECTS divididos en tres semestres. Los dos primeros cuentan con 30 ECTS cada uno de asignaturas obligatorias y el tercero 18 ECTS de asignaturas optativas y 12 de Trabajo Final de Máster (TFM). En la Tabla 1 se indica la relación de asignaturas en cada uno de los tres semestres y los créditos asignados.

Lógicamente la mayoría de las asignaturas las sigue impartiendo el área de Ingeniería Textil pero también se cuenta con la participación de otros departamentos universitarios y áreas de conocimiento que enriquecen al Máster y lo hacen más multidisciplinar.

Concretamente, una de las nuevas incorporaciones al Máster es la asignatura Textiles Inteligentes, que se oferta como obligatoria del segundo semestre y que es el objeto de la presente comunicación.

TABLA 1. MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA TEXTIL

<b>SEMESTRE 1A</b>	
<i>Innovaciones en Fibras Textiles</i>	(4,5 ECTS)
<i>Procesos de Fabricación de Estructuras Lineales y Laminares No Tejidas</i>	(6 ECTS)
<i>Estructuras Avanzadas de Calada</i>	(4,5 ECTS)
<i>Estructuras de Punto y Procesos de Confección</i>	(4,5 ECTS)
<i>Color y Coloración de Materias Textiles</i>	(6 ECTS)
<i>Técnicas Instrumentales Aplicables a la Industria Textil</i>	(4,5 ECTS)
<b>SEMESTRE 1B</b>	
<i>Aprestos y Acabados</i>	(6 ECTS)
<i>Mercados de Productos Textiles y Requisitos Técnicos</i>	(4,5 ECTS)
<i>Caracterización de Materias Textiles</i>	(4,5 ECTS)
<i>Textiles Inteligentes</i>	(6 ECTS)
<i>Diseño de Productos Textiles Sostenibles</i>	(4,5 ECTS)
<i>Tecnologías Textiles para Materiales Compuestos. Bio y Green-Comp.</i>	(4,5 ECTS)
<b>SEMESTRE 2A</b>	
<i>Caracterización y Tratamientos Primarios de Aguas de la IT</i>	(4,5 ECTS)
<i>Creación de Empresas de Base Tecnológica-Textil</i>	(4,5 ECTS)
<i>Herramientas para el Tratamiento de Datos en la Industria Textil</i>	(4,5 ECTS)
<i>Polímeros Conductores Aplicados a Materiales Textiles</i>	(4,5 ECTS)
<i>Tratamientos Avanzados de Aguas de la Industria Textil</i>	(4,5 ECTS)
<i>Vigilancia Tecnológica y Propiedad Industrial</i>	(4,5 ECTS)
<i>Biotecnología en el Sector Textil</i>	(4,5 ECTS)
<i>Estrategias de Internacionalización de Empresas Textiles</i>	(4,5 ECTS)
<i>Diseño Digital de Tejidos de Calada mediante Tecnología Jacquard</i>	(4,5 ECTS)
<i>Gestión y Organización de Proyectos de I+D</i>	(4,5 ECTS)
<i>Logística Global para la Industria Textil</i>	(4,5 ECTS)
<i>Nuevos Materiales Poliméricos para Aplicaciones en el Sector Textil</i>	(4,5 ECTS)
<i>Prevención de Riesgos Laborales en la Industria Textil</i>	(4,5 ECTS)
<i>Trabajo Fin de Máster</i>	(12 ECTS)

El reto pedagógico consiste en lograr una asignatura que, por un lado, describa los conceptos propios de la materia con una clara aplicación industrial y, por otro lado, realizar un enfoque con las características propias de la tecnología electrónica para alumnos que en general proceden de especialidades ajenas a la electrónica.

La asignatura Textiles Inteligentes se imparte en el segundo semestre, posee una carga lectiva de 6 ECTS (3 Teoría de Aula y 3 de Prácticas de Laboratorio). Está asignatura está dividida en dos partes, la primera denominada Textiles Inteligentes Pasivos y Activos (1.6 TA / 1.4 PL) y una segunda parte denominada Textiles Inteligentes ultra-activos (1.4 TA/1.6 PL) que es la parte que afecta a esta comunicación. El reparto de contenidos corresponde 3.7 ECTS a la UPV y 2.3 ECTS a AITEX.

El temario de la asignatura de Textiles Inteligentes se detalla en la tabla 2. Distinguiendo dos bloques, el de los textiles inteligentes pasivos y activos mediante la funcionalización química del tejido y el de los textiles inteligentes ultra-activos donde se integra la electrónica en el textil. Este segundo bloque es al que hace referencia el presente trabajo.

TABLA 2. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA TEXTILES INTELIGENTES

<i>Textiles Inteligentes</i>
<b>Textiles inteligentes pasivos y activos</b>
1. Introducción a los textiles funcionales. Textiles inteligentes 2. Sistemas de atrapamiento 3. Procesos enzimáticos aplicados a textil 4. Nanotecnología aplicada a artículos textiles
<b>Textiles inteligentes ultra-activos</b>
1. Sistemas electrónicos para textil. 2. Técnicas de adición de dispositivos electrónicos al textil. 3. Integración de sistemas electrónicos en textil 4. Técnicas de impresión electrónica industrial.

#### V. DESARROLLO DE LA ASIGNATURA TEXTILES INTELIGENTES

Tal como indica la Tabla 2 la segunda parte de la asignatura Textiles Inteligentes, denominada Textiles ultra activos posee 3 ECTS y está dividida en cuatro temas. Con ellos se procura realizar una visión rápida pero efectiva de la aplicación de la electricidad y la electrónica al mundo textil.

El primer tema “Sistemas electrónicos para textil” es un tema introductorio donde se desarrollan los conceptos generales de los E-Textile, su clasificación y ejemplos de cada uno de los tipos considerados: Textiles inteligentes Pasivos, Activos y Ultra-Activos.

En el segundo tema “Técnicas de adición de dispositivos electrónicos al textil” se hace un repaso de las bases de la electricidad y electrónica enfocándolas al mundo textil. Se hace más hincapié en la electrónica analógica: concepto de circuito eléctrico, tipos de corriente, magnitudes a considerar, fuentes de energía, cargas resistivas y su asociación serie/paralelo, cargas tipo LED e interruptores mecánicos y electrónicos. Estos conceptos se acompañan con ejemplos de instrumentos para la medida de tensión, corriente y resistencia. De forma más específica se estudian los elementos conductores en el textil, a saber, hilo, cinta, tela y tintas; estudiando sus características. La práctica de laboratorio de este tema consiste en la caracterización de un hilo conductor y de un calefactor serigrafiado con tinta de plata sobre tela de algodón estudiando su resistividad, resistencia y potencia (fig. 5).

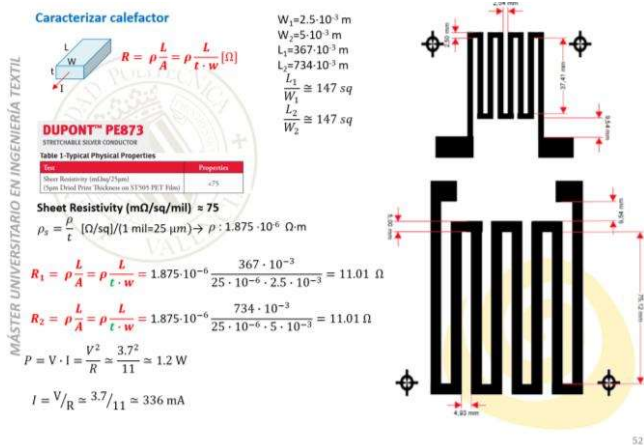


Fig. 5. Práctica de caracterización de un calefactor serigrafiado con tinta de plata sobre sustrato tela 100% algodón.

El tercer tema se denomina “Integración de sistemas electrónicos en textil” y está dedicado a la electrónica digital. En este tema se imparten los conceptos y conocimientos básicos de digital y se estudia el entorno de trabajo de un microcontrolador ATmega168V o ATmega328V, en plataforma Arduino Lilypad [12,13] con forma específica para ser cosido en prendas textiles (Fig. 6). La programación es por puerto USB y posee un conector de alimentación para baterías que le permite ser portable. En este tema se explican los conceptos básicos de programación y se hacen ejercicios sobre el compilador de Arduino.

En la segunda parte de este tema se desarrollan los conceptos de Sensor y Actuador, su función, características, tipos, etc. En este tema hay dos prácticas: la primera práctica consiste en la integración mediante bordado con hilo conductor sobre tela de algodón de un Lilypad controlando un LED (Light Emissor Diode), un sensor de temperatura y un sensor de luz (Fig. 7). El LED se controla en modo digital ON/OFF y en modo analógico mediante un control PWM. Con el sensor de temperatura se realiza un termómetro digital con comunicación serie con el ordenador y un controlador de umbral de temperatura para activar una alarma. Por último con el sensor de luminosidad se realiza un luxómetro y un controlador de umbral de luz para el encendido de luces.

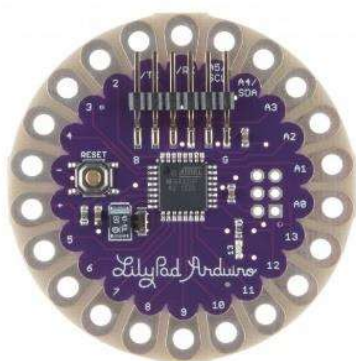


Fig. 6. Arduino Lilypad

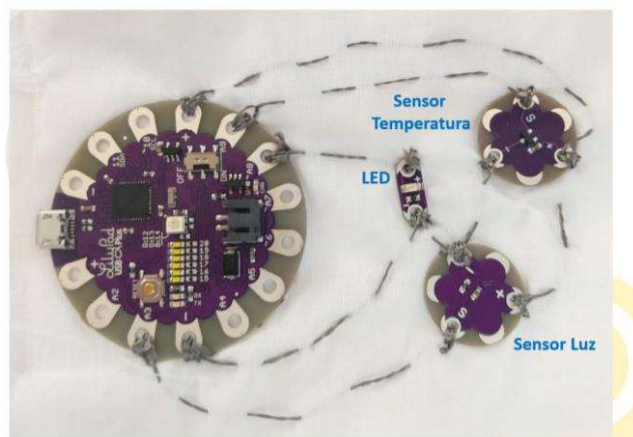


Fig. 7. Práctica de integración mediante bordado con hilo conductor sobre tela de algodón de un Lilypad controlando un LED, un sensor de temperatura y un sensor de luz.

La segunda práctica consiste en el control todo/nada y mediante PWM de un calefactor serigrafiado con tinta de plata en tela de algodón. Se utiliza un MOSFET de potencia y una batería externa. Mediante una cámara IR se evalúa la temperatura conseguida (Fig. 8).

Por último, en el cuarto tema “Técnicas de impresión electrónica industrial” se realiza una revisión de las técnicas actuales de impresión sobre sustratos flexibles: huecograbado, flexografía, serigrafía e inkjet. Se estudian cada una de estas técnicas, sus características, los equipos de impresión y los materiales empleados. La práctica se realiza en colaboración con AITEX en cuyas instalaciones se cuenta con maquinaria para realizar impresión con diferentes tecnologías, como inkjet (Fig. 9), serigrafía (Fig. 10) y flexografía (Fig. 11). En todos ellos se parte de un patrón conductivo, se realizan las impresiones y se caracterizan eléctricamente.



Fig. 8. Práctica de control de un calefactor en textil mediante todo/nada y PWM.



Fig. 9. Práctica de impresión inkjet de patrones conductivos sobre tela de algodón. Se emplea la DIMATIX DMP-2850 con tinta de nanopartículas de plata y un cartucho de 16 nozzles, en simple columna y 10 pL de volumen con una resolución de 100 dpi.

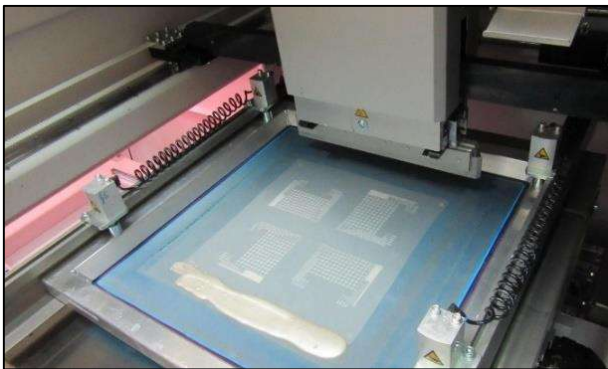


Fig. 10. Práctica de serigrafía de patrones conductivos sobre tela de algodón. Se emplea una EKRA X4 y una patalla de poliéster de 200 mesh. La tinta serigráfica es de plata.



Fig. 11. Práctica de flexografía de patrones conductivos sobre tela de algodón. Se emplea una KPP de una unidad de impresión de flexografía. La tinta flexográfica es de plata.

Por otra parte, se aborda la inclusión de conductores eléctricos mediante bordado de hilos conductores (Fig. 12).

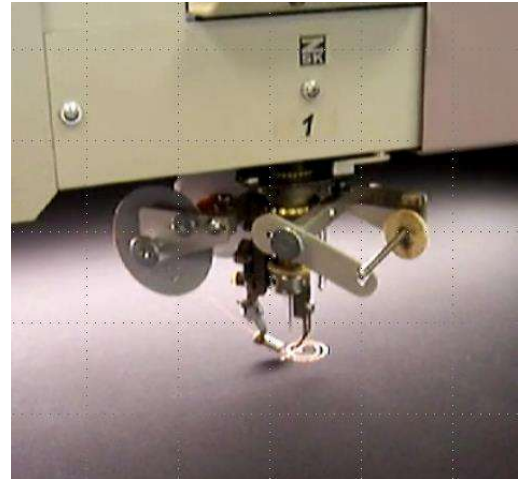


Fig. 12. Práctica de bordado de patrones conductivos sobre tela de algodón. El proceso se lleva a cabo utilizando una máquina de bordar de ZSK con un cabezal F, con una configuración de 1,5 mm/puntada. El hilo es de poliamida recubierta de plata

## VI. RESULTADOS

La asignatura se encuentra en proceso de desarrollo para su próxima impartición y por lo tanto no hay resultados de evaluación.

En el campo de los textiles electrónicos ya se están desarrollando dos tesis doctorales. La primera tiene como título: “Diseño y análisis de sensores y actuadores desarrollados con tecnología de impresión electrónica empleando tintas poliméricas sobre sustratos flexibles y elásticos para aplicación en textiles” y la segunda tesis: “Dispositivos electrónicos impresos sobre sustratos textiles mediante la técnica de flexografía”. Como resultado de la primera tesis se han publicado 4 artículos en revistas internacionales indexadas [14-16]. La segunda tesis se está iniciando al tiempo de desarrollar esta ponencia.

## REFERENCIAS

- [1] D. Marculescu, "E-textiles: toward computational clothing," in IEEE Pervasive Computing, vol. 2, no. 1, pp. 89-95, Jan.-March 2003.
- [2] G. Tröster, "Smart Clothes—The Unfulfilled Pledge?," in IEEE Pervasive Computing, vol. 10, no. 2, pp. 87-89, April-June 2011.
- [3] J. Toth-Chernin, "e-Textiles", 21 Century Skills Innovation Library: Makers As Innovators, 2013.
- [4] S. Schneegass and O.Amft, Editors "Smart Textiles: Fundamentals, Design, and Interaction" Human-computer interactions Series, ed. Springer. 2017.
- [5] L. Ashok Kumar, C. Vigneswaran "Electronics in Textiles and Clothing: Design, Products and Applications". CRC Press. 2016.
- [6] L. Van Langenhove, editor "Smart Textiles for Medicine and Healthcare: Materials, Systems and Applications". Woodhead Publishing in Textiles. CRC Press. 2007.
- [7] K. Pepler, "STEAM-Powered Computing Education: Using E-Textiles to Integrate the Arts and STEM," in Computer, vol. 46, no. 9, pp. 38-43, September 2013.
- [8] E. Hornecker and M. Honauer, "Creating Performance-Oriented Multimedia Projects as Part of an Interdisciplinary Teaching Practice," in IEEE MultiMedia, vol. 25, no. 2, pp. 93-103, Apr.-Jun. 2018.
- [9] J. S. Heo, H. H. Shishavan, R. Soleymanpour, J. Kim and I. Kim, "Textile-Based Stretchable and Flexible Glove Sensor for Monitoring Upper Extremity Prosthesis Functions," in IEEE Sensors Journal, vol. 20, no. 4, pp. 1754-1760, 15 Feb.15, 2020.

- [10] [http://www.epsa.upv.es/campus\\_historia.php?lang=es](http://www.epsa.upv.es/campus_historia.php?lang=es) consultado el 28/02/2020.
- [11] [http://www.upv.es/titulaciones/MUIT/menu\\_1013559e.html](http://www.upv.es/titulaciones/MUIT/menu_1013559e.html), consultado el 28/02/2020.
- [12] Buechley and M. Eisenberg, "The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone," in IEEE Pervasive Computing, vol. 7, no. 2, pp. 12-15, April-June 2008.
- [13] Ferri, Josue, et al. "A wearable textile 2D touchpad sensor based on screen-printing technology." Materials 10.12 (2017): 1450.
- [14] Ferri, Josue, et al. "Integration of a 2D touch sensor with an electroluminescent display by using a screen-printing technology on textile substrate." Sensors 18.10 (2018): 3313.
- [15] Ferri, Josue, et al. "A Wearable Textile 3D Gesture Recognition Sensor Based on Screen-Printing Technology." Sensors 19.23 (2019): 5068.
- [16] Ferri, Josue, et al. "An investigation into the fabrication parameters of screen-printed capacitive sensors on e-textiles." Textile Research Journal (2020): 0040517519901016.