



## **1- Introducción**

Un Informe Socioeconómico de la Vall d'Albaida elaborado por expertos de la Universitat de València aboga porque empresas y administraciones impulsen planes de reconversión del sector textil cuyo principal objetivo ha de ser multiplicar la inversión en innovación tecnológica. Dicho documento examina detalladamente la situación actual de Ontinyent y se muestra contundente en cuanto a las disposiciones que empresarios y responsables políticos deberían emprender para revitalizar el sector textil.

En primer lugar, constata que “la capacidad de consumo” de la ciudad “ha aumentado desde 1999” lo que “supone una oportunidad de crecimiento para las empresas”. Para aprovechar la ocasión, advierten que es conveniente “cierta reconversión empresarial con el objetivo de ganar tamaño, masa crítica y liderazgo tecnológico. Esto es especialmente necesario en el sector textil, donde el incremento de competencia internacional, con la bajada de precios que ello supone, está poniendo en serios apuros su crecimiento y sostenibilidad, con tasas de rentabilidad negativas”.

Para los analistas resulta imprescindible “la puesta en marcha de planes de reconversión industrial, con nuevas infraestructuras y equipamientos e inversiones en I+D+I, deberían ser un elemento de dinamización de la economía del municipio y la comarca, de manera que se produjera un cambio cualitativo que superara el tradicional nivel tecnológico y de cualificación científico-técnica media-baja del sector”. Sólo innovando se podrá superar “esa debilidad tecnológica que supone un importante factor limitador del crecimiento, además de provocar que el tejido empresarial sea más vulnerable a la competencia internacional con el preocupante fenómeno de la deslocalización de actividades productivas y las nefastas consecuencias económicas y sociales que ésta conlleva”, según los expertos.

Desde el punto de vista de definición, y por exclusión, el ilustrísimo catedrático de la UPC Joaquín Detrell decía que dentro del concepto general de textiles de uso técnico, se consideran todos los productos textiles que no pueden inscribirse dentro de los sectores tradicionales de indumentaria, hogar y decoración. Claro está, dicha definición se recoge hace más de una década, mucho ha cambiado lo que se definía como *sectores tradicionales* desde entonces.

Los expertos económicos del mundo textil presentan los textiles inteligentes como la próxima generación de fibras, tejidos y artículos que se producirán gracias a sus enormes posibilidades y funcionalidades[1]. Pueden ser descritos como materiales textiles que piensan por sí mismos, por ejemplo, a través de la incorporación de dispositivos electrónicos o de materiales inteligentes. Muchos tejidos inteligentes ya se utilizan en tipos de ropa avanzados, principalmente para prendas de protección y seguridad, aunque se están abarcando con éxito conceptos de moda, comodidad e innovación.

Un profano se adentra en el mundo del textil técnico y no deja de sorprenderse: son capaces de detener una bala, pueden sustituir partes esenciales del cuerpo humano, consiguen que los deportistas logren proezas inimaginables, presentan más resistencia



---

que el acero o pueden utilizarse para controlar el frío o el calor. En el futuro, habrá textiles capaces de transmitir datos, ser emisores de mp3 o sustituir el móvil.

Una de las principales razones del rápido desarrollo de los textiles inteligentes es la importante inversión hecha por la industria militar. Esto es debido a que los utilizan en diversos proyectos tales como chaquetas de invierno para condiciones de temperatura extremas o uniformes que cambien el color para mejorar los efectos de camuflaje.

Los textiles inteligentes proporcionan una evidencia del potencial y de las enormes oportunidades que todavía pueden realizarse en la industria del textil, en la moda o en el diseño, así como en el sector de textiles técnicos. Por otro lado, estos progresos son el resultado de la colaboración activa entre personas de diferentes disciplinas: ingeniería, ciencia, diseño, desarrollo de procesos, business y marketing. Nuestra vida cotidiana, en los próximos años, se regulará significativamente por dispositivos inteligentes y muchos de estos dispositivos estarán integrados en prendas o distintos sustratos textiles.



## **2- Definición y clasificación de textiles inteligentes:**

Los textiles inteligentes se definen como textiles que pueden detectar y reaccionar a condiciones medioambientales o a estímulos mecánicos, térmicos, químicos, fuentes eléctricas o magnéticas.

Según su actividad funcional los textiles inteligentes pueden ser clasificados en tres categorías [2]:

➤ ***Textiles Inteligentes Pasivos:*** La primera generación de textiles inteligentes, los cuáles solamente pueden detectar las condiciones medioambientales o estímulos.

➤ ***Textiles Inteligentes Activos:*** La segunda generación son textiles que tienen la capacidad de detectar y de actuar frente a una determinada situación. Los detectores actúan sobre la señal detectada tanto directamente como de una unidad central de control. Los Textiles Inteligentes Activos tienen una memoria de la forma, son camaleónicos, hidrófugos y permeables al vapor (hidrofílico / no poroso), pueden almacenar calor, son termorreguladores, absorben el vapor, etc...

➤ ***Textiles Ultra Inteligentes:*** Los Textiles Ultra Inteligentes son la tercera generación de estos textiles. Éstos pueden detectar, reaccionar y adaptarse a las condiciones y estímulos del medio. Un textil ultra inteligente esencialmente consiste en una unidad, la cuál trabaja como cerebro, con capacidad cognitiva, que razona y reacciona. En la actualidad la producción de textiles ultra inteligentes es una realidad debido a una unión acertada de textiles tradicionales y nuevos tejidos con otras ramas de la ciencia como: ciencia de los materiales, mecánica estructural, tecnología de sensores y de detectores, avanzada tecnología de procesos, electrónica, comunicación, inteligencia artificial, biología etc.

Los nuevos materiales para fibras y los que forman parte de tejidos, junto a los componentes electrónicos miniaturizados hacen posible la creación de textiles inteligentes, de este modo se crean las verdaderas prendas inteligentes realmente llevables. Estas ropas inteligentes son utilizadas como prenda de diario, aportando soluciones o ayudas a varias situaciones según los usos diseñados.



### **3- Materiales Inteligentes y usos en SFIT**

Se define con las siglas SFIT a los textiles inteligentes e interactivos (Smart Fabrics and Interactive Textil). Los analistas de mercado definen el mercado SFIT como una nueva generación de productos textiles, que cognitivamente responden o interactúan con el entorno (tejidos *inteligentes*).

Los materiales ‘Inteligentes’ o ‘Funcionales’ generalmente forman parte de un ‘Sistema Inteligente’ que tiene la capacidad de detectar el ambiente y sus efectos y, si es de segunda o tercera generación es también capaz de responder a ese estímulo externo gracias a un mecanismo activo de control. Los materiales Inteligentes y sistemas ocupan ‘un espacio de la tecnología’ que también incluyen las áreas de sensores y de detectores.

#### **3.1- Materiales de cambio de fase para termorregulación**

##### **3.1.1- Principio y Materiales**

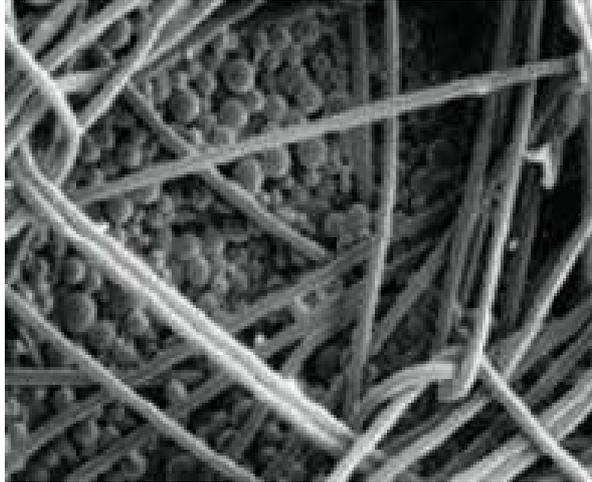
Un material normal absorbe calor durante un proceso de calefacción mientras su temperatura se eleva constantemente. El calor es almacenado en el material y liberado en el ambiente a través de un proceso reverso de enfriamiento. Durante este proceso, la temperatura del material disminuye continuamente. Por ejemplo, un material de textil normal absorbe cerca de un Kilojulio por cada kilogramo de calor mientras que su temperatura se eleva en un grado Centígrado.

Comparando, la absorción del calor durante el proceso de fusión de un material de cambio de fase (PCM: Phase changing materials) con un proceso normal de calefacción, la cantidad de calor absorbida es mucho más alta si un PCM se funde. Una parafina-PCM, por ejemplo, absorbe aproximadamente 200 KiloJulios por kilogramo de calor si experimenta un proceso de fundido. De modo que si un textil absorbe la misma cantidad de calor, su temperatura necesitaría ser aumentada en 200 °C. La gran cantidad de calor absorbida por la parafina en el proceso de fundición es liberada en los alrededores en un proceso de enfriado que comienza con la temperatura de cristalización del PCM. Después de comparar las capacidades del almacenaje de calor de textiles y de los PCM, se concluye que al aplicar parafina-PCM a textiles sus capacidades de almacenamiento de calor pueden ser substancialmente realizadas [3]. En efecto, durante el proceso de fundido completo, la temperatura del PCM así como su area alrededor sigue siendo constante. El aumento no deseado de la temperatura al proceso normal de la calefacción no ocurre. Igual pasa con el proceso de cristalización. Durante todo el proceso de la cristalización la temperatura del PCM no cambia tampoco. La transferencia de alta temperatura durante el proceso de fundido, así como el proceso de la cristalización sin cambio de temperatura, hace del PCM un campo de interés para aplicaciones de almacenaje del calor.

En su uso en textiles, la parafina es utilizada en estado sólido o líquido. Para prevenir la disolución de la parafina en el estado líquido, es incluida en esferas plásticas pequeñas con diámetros de solamente unos micrómetros. Estas esferas microscópicas



que contienen el PCM se llaman las microcápsulas-PCM. La parafina microencapsulada se aplica sobre fibras acrílicas y en espumas de poliuretano se aplica en un recubrimiento sobre la superficie de una estructura del textil.



PCM en los textiles

### **3.1.2- Aplicaciones en Textiles Inteligentes**

Las prendas deportivas tienen que proporcionar un equilibrio entre el calor generado por el cuerpo mientras se practica una actividad física y el calor liberado al ambiente. Las prendas deportivas comunes no satisfacen siempre este requisito. El calor generado por el cuerpo durante una actividad física intensa a menudo no es liberado al ambiente en la cantidad necesaria, y como resultado genera una situación de estrés térmico. Por otra parte, durante los períodos de descanso entre actividades se genera menos calor por el cuerpo humano [4]. Si se mantiene la misma liberación de calor, es probable que se den casos de leve hipotermia. Existen algunas prendas comerciales que poseen microcápsulas-PCM, como por ejemplo la marca registrada OUTLAST®, que ayuda a prevenir ese tipo de incomodidades. De hecho, en el caso de la generación de calor, PCM absorbe la energía gracias al proceso de solidificación. Ese sistema permite regulaciones térmicas de la prenda y del usuario.

## **3.2- Materiales de memoria de forma**

### **3.2.1- Principio**

Existen dos tipos de materiales con memoria de la forma [5]. La primera clase son materiales estables en dos o más estados de temperatura. En estos diversos estados de temperatura, tienen el potencial de asumir diversas formas, cuando han alcanzado su temperatura de transformación. UK Defence Clothing and Textiles Agency han sido pioneras en esa tecnología. Los otros tipos de materiales con memoria de forma son los polímeros electroactivos que pueden deformarse en respuesta a estímulos eléctricos. En la última década ha habido acontecimientos significativos en polímeros electroactivos (EAPs: Electroactive polymers) capaces de producir un cambio substancial en el



tamaño o forma y generar fuerza para la actuación de mecanismos en una variada serie de aplicaciones. En contraste con muchos sistemas de actuación convencional, muchos tipos de EAPs son también capaces de proporcionar funciones de detección, incluso una gamma de mecanismos básicos de actuación, fuerza y niveles de desplazamiento.

### **3.2.2- Materiales**

Las aleaciones con memoria de la forma, como el níquel-titanio, han sido desarrolladas para proporcionar un aumento de la protección contra fuentes del calor. Los materiales con memoria de forma poseen diversas propiedades debajo y encima de la temperatura en la cual es activada. Por debajo de esta temperatura, la aleación es deformada fácilmente. En la temperatura de activación, la aleación ejerce una fuerza para volver a una forma previamente adoptada y volviéndose mucho más rígida. La temperatura de activación se puede fijar cambiando la proporción de níquel al titanio en la aleación [6].

Las aleaciones del Cobre-zinc son capaces de una activación de doble dirección y por lo tanto pueden producir la variación reversible necesaria para la protección contra condiciones atmosféricas cambiantes. También reaccionarán a los cambios de temperatura causados por variaciones en niveles físicos de actividad.

Los polímeros con memoria de forma tienen el mismo efecto que las aleaciones de Ni-Ti pero, al ser polímeros, serán más compatibles con el sustrato textil. El primer Shape Memory Polymers (SMPs) estaban basados en polinorborenos con una Tg (Temperatura de Transición Vítreo) en un intervalo entre de 35°C a 40°C y fueron desarrollados por la French Company CdF Chimie. Más tarde, diversas clases de los SMPs basados en mezclas entre estireno, butadieno, polietileno, teleftalato, óxido de polietileno, poliuretano, policaprolactona... fueron desarrollados con Tg varían entre -46°C y 125°C [5].

Los polímeros electroactivos - EAPs están generalmente compuestos de polímero de altas prestaciones. Uno de los más famosos EAPs son los “geles robots” compuestos de 2-poli-2-acrilamida-2-ácido sulfónico de metilpropano que es investigado para usos de reemplazo de los músculos y de los tendones [7].

### **3.2.3- Aplicaciones en los Tejidos Inteligentes**

Para aplicaciones en prendas, las temperaturas idóneas para que el efecto de la memoria de forma sea accionado será la temperatura cercana a la superficie corporal 31-33 °C.

En la práctica, una aleación con memoria de forma tiene por lo general la forma de un resorte. El resorte es plano en condiciones bajo la temperatura de activación, pero se alarga por encima de esta. Incorporando estas aleaciones entre las capas de una prenda, se puede generar un hueco entre las capas del tejido al darse la temperatura de activación. Por lo tanto, se consigue una mejora en la protección contra el calor externo[8].



Se han conseguido películas del poliuretano que se pueden incorporar entre las capas adyacentes de ropa. Cuando la temperatura de la capa externa de la ropa ha caído suficientemente, la película del poliuretano responde de modo que el hueco de aire entre las capas de ropa se hace más amplio. Este ensanchamiento se alcanza si, al refrescarse, la película desarrolla una deformación fuera-de-plano, la cuál debe ser bastante fuerte para resistir el peso de la ropa y de las fuerzas inducidas por los movimientos de la persona portadora. La deformación debe ser capaz de invertirse si en la capa externa de la prenda aumenta la temperatura [9].

Algunas fibras inteligentes activas contienen materiales electro-conductores, materiales de cambio de fase - PCM, y partículas de grafito, que puede conducir electricidad. De esta manera la resistencia de la fibra varía en función del cambio de la temperatura y el volumen de la fibra. Como el material se calienta, se amplía y se reduce la conductividad entre las partículas gráficas. Estos materiales pueden regular automáticamente la conexión/desconexión de la electricidad y mantener la temperatura estable.

Las aleaciones con memoria de forma pueden contribuir también a la miniaturización de equipo y sistemas, disminución del número de piezas requeridas y también aumentar la esperanza de vida debido a las resistencia a la fatiga favorable de la aleación. Todavía se necesita hacer un progreso considerable con tecnologías EAPs antes que de sean comercialmente viables. Un acercamiento multidisciplinario es esencial para futuros progresos. La utilización de tejidos y estructuras textiles requerirán de fibras EAP y sensores para alcanzar una integración eficaz. Los grandes avances que se han observado, han promovido una nueva serie de aplicaciones y diseños. La facilidad natural de preparación y formación de tales materiales, junto con su ligereza y desplazamientos, está abriendo nuevos caminos en muchas áreas tradicionales del mismo modo que presenta un gran potencial para aplicaciones en nuevas tecnologías.

### **3.3- Materiales Crómicos**

#### **3.3.1- Definición**

Otros tipos de materiales inteligentes son los que cambian su color de forma reversible según las condiciones de estímulos externos, por esta razón también se las denomina fibras camaleónicas [10]. Material crómico es el término general que se refiere a los materiales que irradian color, apagan el color o simplemente cambian el color por la inducción causada por el estímulo externo. El sufijo “crómico” significa color. Por lo tanto podemos clasificar los materiales crómicos dependiendo del estímulo que los afecta [11] (en negrita se indican los utilizados en textil):

- **Fotocrómico:** el estímulo externo es luz.
- **Termocrómico:** el estímulo externo es calor.
- **Electrocrómico:** el estímulo externo es electricidad.
- Piezorocrómico: el estímulo externo es presión.
- Solvatecrómico: el estímulo externo es líquido o gas.



### **3.3.2. Materiales y Usos en los Textiles Inteligentes**

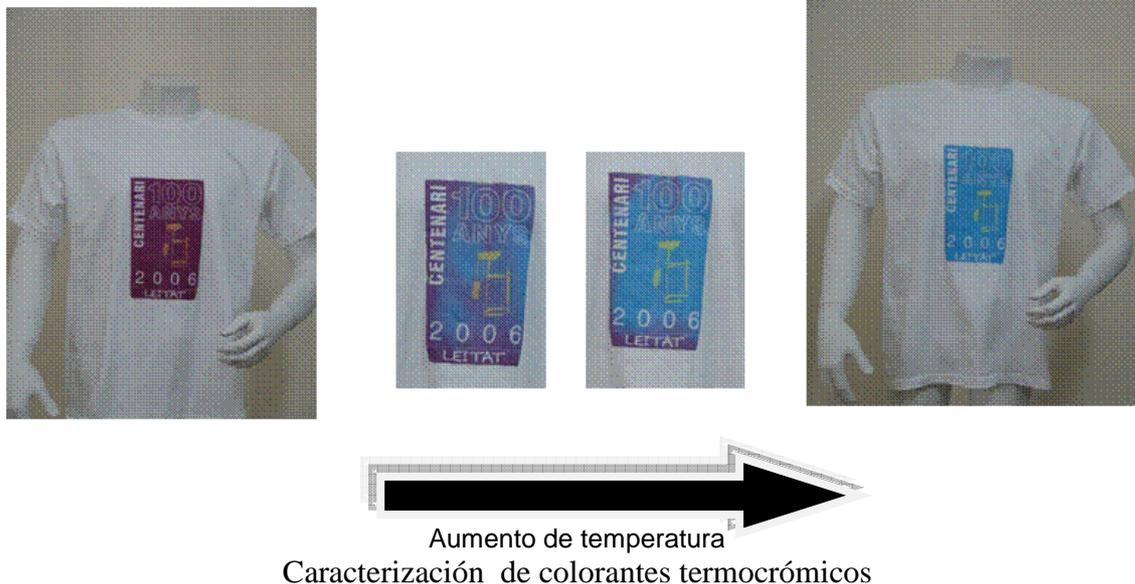
Los materiales fotocromáticos son generalmente moléculas orgánicas inestables reversibles que cambian la configuración molecular, por rotura de enlaces covalentes o cambio de configuración espacial, con la influencia de una radiación especial. El cambio molecular perturba los espectros de absorción de la molécula y en consecuencia el color. Los usos en textiles se dirigen a la moda y solamente algunas a la protección solar. Una camiseta hecha con tejido fotocromático fue introducida al Mercado en 1989 [12].

Los materiales termocromáticos, son los que cambia el color como resultado de una variación de la temperatura. Los tipos de sistemas termocromáticos que se han utilizado con éxito en textiles son dos: un tipo de cristal líquido y un sistema de cambio molecular. En ambos casos, los colorantes son encerrados en microcápsulas y son aplicados en el tejido de la prenda como un pigmento en base de resina [13].

Los tipos más importantes de cristal líquido para los sistemas termocromáticos son los denominados Cholesteric Liquid Crystals, donde las moléculas adyacentes se organizan de forma helicoidal. El termocromismo es el resultado de la reflexión selectiva de la luz con el cristal líquido. La longitud de onda de la luz reflejada es gobernada por el índice de refracción del cristal líquido y por la estructura helicoidal de sus moléculas. Puesto que la estructura helicoidal varía con la temperatura, la longitud de la onda de la luz reflejada también se altera, y resulta en cambio de color. Una manera alternativa de inducir termocromismo es por medio de una ruptura de enlace covalente que genera un cambio estructural de la molécula.

Los tipos más comunes de colorantes que exhiben termocromismo a través del cambio molecular son las espirolactonas, aunque también han sido identificados otros tipos. Un precursor del tinte y un revelador de color se disuelven en un solvente orgánico. La solución entonces es microencapsulada y es sólida en temperaturas inferiores al punto de fusión. Bajo una fuente de calor, el sistema se colorea o pierde color en el punto de fusión de la mezcla. El cambio inverso ocurre si la mezcla se enfría y baja del punto de fusión. Sin embargo, aunque el termocromismo a través del cambio molecular en colorantes haya despertado un grado de interés comercial, este tipo de tecnología ha de madurar y todavía está muy abierta a la especulación con respecto a aplicaciones comerciales. Toray Industries redactó en 1987 el desarrollo de un tejido termosensible a través de la introducción de microcápsulas de 3-4 micras de diámetro que contenían el agente del cromóforo y el neutralizador del color que reaccionaba y mostraba color/no-color según la temperatura del ambiente. SWAY era un tejido multicolor, con 4 colores básicos combinados de forma que se lograban 64 tonalidades. SWAY puede cambiar reversiblemente el color por encima de una temperatura mayor a 5°C y es funcional de 40 a 80°C. El punto o intervalo de temperaturas de cambio de color se fija a la temperatura más adecuada a la aplicación final, por ejemplo, para el uso para ropa de esquí 11-19°C, la ropa de las mujeres 13-22°C y las cortinas de temperatura 24-32°C [14].

Otros tipos de SFIT que utilizan este efecto son los textiles que se calientan eléctricamente (mediante el efecto Joules) y son capaces de cambiar de color tanto con el efecto de calentamiento como el de los materiales termocrómicos [15-16].



Además del cambio de color debido a la reacción frente a la luz o al calor, existen otras fibras crómicas que presentan otras características. Algunas de estas fibras son las que presentan el fenómeno llamado cromismo del solvente [17], cuyo color se cambia cuando entra en contacto con un líquido, por ejemplo el agua. Estos materiales son utilizados normalmente para bañadores de “diseño”.

### 3.4- Materiales luminiscentes

#### 3.4.1- Definición

La diferencia entre los materiales crómicos y luminiscentes es que el primero cambia de color mientras que el segundo emite luz gracias a un estímulo [18]. Hay varios tipos de efectos luminiscentes (en negrita se indican los utilizados en textiles):

- **Fotoluminiscencia:** el estímulo externo es luz. Hay dos tipos de efectos fotoluminescentes, la fluorescencia y el fosforescencia. La diferencia entre los dos es el modo de desexcitación que se traduce por una duración de emisión mucho más larga en el caso de la fosforescencia.
- **Opticoluminiscencia:** conducción de luz.
- **Electroluminiscencia:** el estímulo externo es electricidad.
- **Quimioluminiscencia:** el estímulo externo es una reacción química.
- **Triboluminiscencia:** el estímulo externo es la fricción.

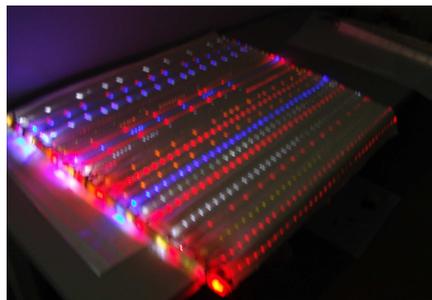
#### 3.4.2- Materiales y Usos en Textiles Inteligentes

Existen dos tipos de materiales fotoluminiscentes los orgánicos y los minerales. Los fotoluminiscentes orgánicos son los compuestos rígidos (moleculares o



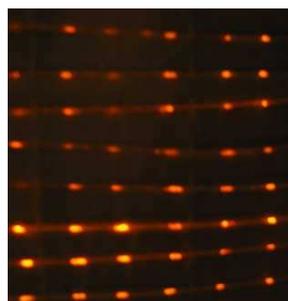
poliméricos) que poseen una buena conjugación molecular y que poseen la capacidad de pasar de estados excitados (Singulet o triplete) a un estado fundamental mediante la emisión de fotón [19]. Existen también materiales fotoluminiscentes minerales tales como algún tipo de tierra rara (europio, iridio, fósforo). Los materiales fluorescentes son generalmente utilizados en los textiles para ropas de discoteca y, de un modo más interesante, en el sellado de etiquetas con materiales de revelación de rayos UV de forma que se pueden detectar imitaciones de marcas, así como en etiquetas de seguridad. Los materiales fosforescentes han sido aplicados en colorantes que pueden almacenar luz y son utilizados en los equipos de protección individual, consiguiéndose efectos de señalización luminosa de la persona. Otro uso lo encontramos en la confección de alfombras con indicaciones luminosas para guiar a la gente durante un apagón. El efecto obtenido se conoce generalmente como “glow in the dark” [20].

La Opticoluminiscencia es el efecto típico que se encuentra en fibras ópticas. El uso de estos tipos de fibras técnicas se usa actualmente para textiles de fabricación que emiten luz. Existen desarrollos que emplean la fibra óptica aplicada a la creación de pantallas [21-22].



Cortina utilizando el fenómeno de Opticoluminiscencia

Al igual que los materiales fotoluminiscentes, los materiales electroluminiscentes pueden ser también los compuestos orgánicos (moleculares o poliméricos) o los materiales minerales [23]. Los compuestos electroluminiscentes, en este momento, son poco utilizados en textiles. La forma de uso más común del hilado electroluminiscente (constituido por los compuestos minerales) es en el sector de la moda y también en los equipos de protección de alta visibilidad. Sin embargo los fenómenos electroluminiscentes son ahora uno de los más estudiados en el área de los textiles inteligentes gracias a la aparición de los diodos orgánicos electroluminiscentes [24] que poseen un carácter flexible y que son utilizados para la fabricación de pantallas planas, finas, ligeras y flexibles.



Cortina electroluminiscente

### **3.5- Materiales conductores**

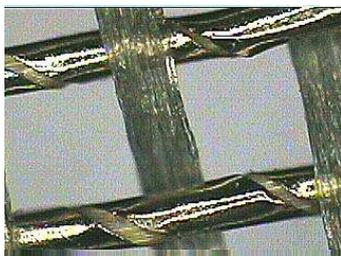
#### **3.5.1- Materiales**

Existen dos formas de desarrollar tejidos conductores eléctricos y/o térmicos, del mismo modo que existen dos tipos de materiales, metales y polímeros, que aportan estas propiedades. Los mismos materiales se podrían utilizar para ambas conductividades (térmicas y eléctricas). En efecto, ambos procesos son similares y resultan de una agitación/conducción electrónica.

La primera forma usa acabados (pigmentos y pastas de estampados) con un alto contenido metálico pero que aún conserva la flexibilidad requerida para la ropa. De la adición de capas de níquel, de cobre, de plata o de carbón de diversas espesuras, estos acabados proporcionan una combinación versátil de características físicas y eléctricas que abarca una gran variedad de demandas de uso [25].

La segunda forma consiste en el uso directo de hilos conductores. El hilo puede estar constituido por una base tradicional (algodón, lana, PES, etc) y un alma de metal como la plata, el cobre, etc. o de polímero conductor tal como el politiofeno, las polianilina, el poliacetileno y sus derivados [26].

Aunque existen muchas marcas comerciales diferentes que comercializan estos materiales, todos tienen las mismas características principales. Son ligeros, duraderos, flexibles y competitivos y pueden ser prensados, soldados e integrados al proceso textil.



Ejemplos de hilos conductores y de tintas conductoras usados en textiles.

#### **3.5.2- Usos en Textiles Inteligentes**

Desde tiempo, los materiales conductores se utilizan en textiles en aplicaciones de protección electromagnética [27] y antiestática [28]. Estos materiales son igualmente valorizados para la mejora de la conductividad térmica en comparación con los polímeros convencionales que se utilizan en ropas deportivas con un mínimo de aislamiento térmico. Otro tipo de fibras incluidas en este grupo son las fibras de carbono.

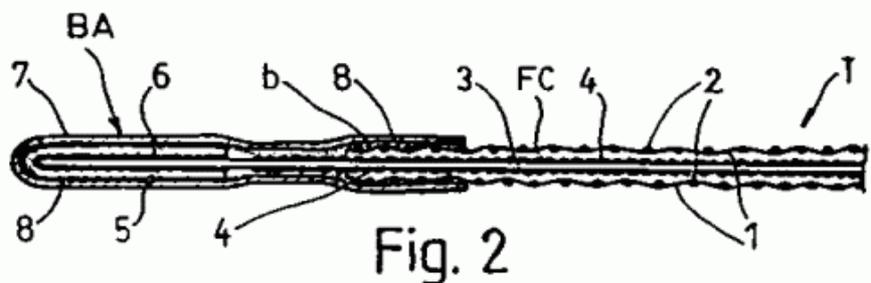
Estos materiales ofrece igualmente la capacidad de leer la posición, dentro de un sándwich de tejido, lo que permite identificar un punto de presión (como la presión de un dedo) o un impacto. Se pueden obtener lecturas del tejido tomando como variables el

área y la fuerza de un punto de presión. Esto permite que el usuario distinga entre las lecturas realizadas en diferentes áreas. Otra variable capaz de registrarse es el tiempo de presión. La lectura de la fuerza del área puede ser versátil, ya que los textiles pueden ser contruidos para ser más sensibles a la fuerza o al área. Con esta nueva tecnología, la capacidad de sensibilidad a la presión puede ser incorporada casi sin apreciarse en los textiles sin aumentar significativamente su coste ni comprometer a cualquiera de sus características [29].

Hay otros usos de los materiales conductores tales como prendas capaces de generar calor (efecto calefacción) para las condiciones extremas del invierno o para actividades de buceo en aguas frías. En estos casos una fuente de energía eléctrica es necesaria de manera que el material pueda generar calor. La conducción térmica permite la distribución de calor por toda la prenda [30].

Existen también algunos usos de tejidos conductores en el ámbito de las antenas debido a sus capacidades para recibir ondas electromagnéticas [31].

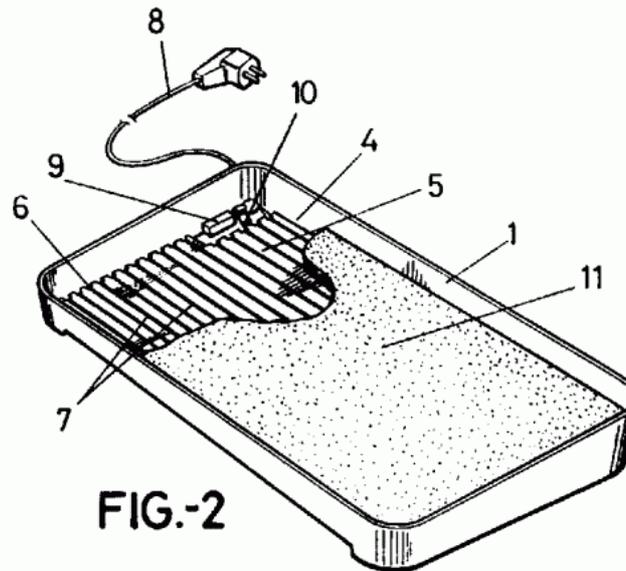
Tejido calefactor. Para muchas aplicaciones existen tejidos térmicos o calefactores que proporcionan calor a los usuarios en condiciones muy variadas. Los tejidos calefactores conocidos presentan determinados inconvenientes como son el no presentar un aspecto como tal, y normalmente no permiten someterlos a determinados tratamientos dentro del mundo textil [32].



El tejido calefactor consiste en un tejido que presenta un aspecto convencional y es flexible, plegable, ligero y resistente, y al propio tiempo según su constitución permite someter el tejido calefactor a tratamientos usuales en la industria textil. El tejido calefactor se constituye a base de filamentos conductores que consisten en un hilo conductor que forma el alma y está recubierto por al menos un elemento alargado aislante, y presenta en los orillos del tejido la conexión de los filamentos conductores mediante un conjunto de conexión, el cual interiormente es conductor y exteriormente es aislante, efectuando la unión correspondiente mediante adhesivo conductor.

Sistema de calefacción eléctrica de bajo consumo para focos térmicos de baja temperatura. Se basa en la utilización, como resistencia electro-calefactora, de un filamento (7) de fibra de carbono, convenientemente encapsulado por un dieléctrico a base de resina de poliéster, que permite obtener un nivel de temperatura bajo, con un consumo energético mínimo y mediante conexión directa a la red de suministro de dicha resistencia con interposición de un termostato electrónico (9). El filamento (7) se monta

sobre un soporte laminar (5), preferentemente de cartón, que a su vez se monta en el interior de una carcasa (1), adaptado a la cara interna de la base superior de la misma, constitutiva de la superficie radiante, mientras interiormente se recubre por una gruesa capa de un material aislante, como por ejemplo poliuretano, que además de aislar eléctricamente la resistencia evita las pérdidas térmicas hacia el suelo o superficie de apoyo del conjunto [33].



Finalmente, algunos de los usos principales de los materiales textiles conductores son sus aplicaciones como fuente de alimentación de dispositivos electrónicos en prendas, la segunda área principal del SFIT.

### **3.6 Membranas**

#### **3.6.1 Materiales**

La investigación multidisciplinar de químicos y físicos y profesional del textil condujo al desarrollo acertado de la tecnología punta del laminado, las membranas microporosas o hidrofílicas. Las membranas están constituidas de polímeros y su estructura se puede hacer de una o más capas (hasta 6 capas) de acuerdo con las propiedades deseadas. Las membranas son depositadas sobre el textil para añadir nuevas propiedades en sus superficies. Los polímeros usados en membranas pueden ser de diferentes naturalezas como los biopolímeros, generalmente celulósico, o sintético como el polifluorocarbono o los poliuretanos y sus derivados [33].



La membrana indestructible Texflex de INVENTA Umwelt.

### **3.6.2 Los usos en los textiles inteligentes**

Uno de los principales usos de membranas está en la ropa de deporte para la fabricación de ropas transpirable e impermeable. De hecho, con un simple sistema de membrana, las telas que poseen un buen intercambio del agua se obtienen con una buena eliminación del sudor en la estructura del tejido (transpirabilidad) y la creación de una barrera externa que repele el agua.

Por ejemplo, la multinacional Gore es el primer proveedor de membranas textiles, su máximo exponente es la membrana denominada Gore-Tex, la cuál contiene sobre 9 millones de poros por pulgada cuadrada. Cada poro es 20.000 veces más pequeño que una gota de agua, y unas 700 veces más grande que una molécula de vapor de humedad. Esto da a la tela niveles excelentes de impermeabilidad y de transpiración. Gore-Tex es una membrana bi-componente compuesta de dos capas. La parte principal es constituida de politetrafluoretileno expandido (ePTFE) que se combina con una capa oleofóbica que protege la membrana del óleo natural de la piel, de repelentes de insectos, de cosméticos, etc. La otra porción del Gore-Tex se cubre con un tratamiento hidrofóbico DWR (Durable Water Repellency) que ayuda la superficie del agua a emigrar hacia arriba y escurrirse, mejorando su funcionalidad en el mojado de la ropa y promoviendo la transpiración, previniendo la adherencia de la parte externa.

Otro uso acertado de las membranas en textiles inteligentes es el efecto Loto (Flor de Loto) [35]. El efecto de Loto provoca un resultado ultra hidrofóbico (las membranas o capa) que proporciona el repelente de los productos acuosos y también del producto oleico. El resultado es que la ropa no tiene afinidad con ninguno de los productos de modo que no se ensucia. Otra característica es la ropa autolimpiadora. Existen varios productos comerciales que utilizan la membrana de los derivados del politetrafluoretileno que presentan una analogía con el efecto de la flor de Loto [36].



## **4- Textiles Electrónicos**

Como se presentaba al principio, el otro campo de la investigación y del desarrollo de SFIT es la integración de la electrónica miniaturizada en sustrato textil, como los sensores y microchips, que detectan y analizan estímulos proporcionando una respuesta. Este tipo de desarrollo tiene varios nombres como e-textil, textronics, etc [2]. Se han hecho diversos esfuerzos en este campo durante los últimos 10 años, esencialmente para la ropa utilizada por soldados y en el área médica [37]. Cuando se incorpora en el diseño de la ropa, la tecnología puede llegar a monitorear el ritmo cardíaco del portador, EKG, respiración, temperatura, y un abanico de funciones vitales, alertando al usuario o al médico si hay algún problema.

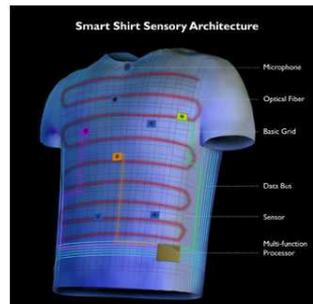
Es muy difícil relacionar todos los trabajos hechos en investigación de I+D, así que solamente se describen los más famosos y los más útiles.

### **4.1- Textiles con sensores de constantes corporales para aplicaciones militares o médicas**

#### **4.1.1- El Smart Shirt**

Georgia Tech, y en particular el equipo del Profesor Sundaresan **Jayaraman** fue el instituto pionero en el desarrollo de SFIT que integran electrónica. En 1996, fue desarrollada una “placa base de Pc portable” (el nombre comercial de GTWM es Smart Shirt) [38-39], que fue fabricada para el empleo en condiciones de combate. La ropa utiliza fibras ópticas para detectar heridas de balas y sensores especiales pegado al cuerpo que interconectan para supervisar constantes vitales durante situaciones de combate. El GTWM es un tejido, de modo que las fibras ópticas plásticas y otros hilos especiales están integrados en la estructura del tejido. El GTWM identifica la localización exacta del problema físico o herida y transmite la información en segundos. Eso ayuda a determinar quién necesita de atención inmediata en acciones militares, frecuentemente la más crítica en batallas

Además, los tipos de sensores utilizados pueden variar dependiendo de las necesidades del usuario. Por lo tanto, pueden ser personalizados para cada usuario. Por ejemplo, un bombero podría tener un sensor que supervisara el oxígeno o los niveles peligrosos de gas. Otros sensores podrían supervisar la tasa de respiración y temperatura del cuerpo, etc.



Izquierda: Los GTMW de Georgia Tech, La derecha: El Smart Shirt de Sensatex [40]



El Smart Shirt puede ser utilizada en una gran variedad de campos y la compañía Sensatex le fabrica actualmente para los siguientes usos comerciales:

- Supervisión Médica
- Supervisión de enfermedades
- Supervisión de Niños
- Atletismo
- Propósitos Militares

#### **4.1.2- Camuflaje militar inteligente**

El uniforme de camuflaje militar creado por científicos de ASU está repleto de detectores de patógenos [42]. Contiene una micro célula energética de alta densidad, ligera y que funciona en temperaturas bajas y es una fuente de energía de larga vida. El uniforme fue diseñado para demostrar cómo funciona la electrónica y los sensores incorporados, siendo muchos de ellos creados en los laboratorios de la Universidad Estatal de Arizona.

El grupo de investigadores de Zenhausern colaboró con Ghasson Jabbour, de la Universidad de Arizona (Tucson) en este proyecto. Jabbour tiene muchos años de experiencia trabajando en el desarrollo de emisores orgánicos. La tecnología sensorial incluye detectores de bacterias que son de funcionamiento seguro y más sensible que la tecnología actual. Por ejemplo, los detectores que se utilizan en el uniforme militar de camuflaje podrían destruir bacterias, luego ampliar su ADN y buscar ciertas características de patógenos específicos como el ántrax o viruela.

El uniforme también incluye un dispositivo flexible electroluminiscente que se coloca en la muñeca del soldado y provee información instantánea que le ayuda a percibirse de peligros en el medio ambiente y recibir órdenes, o informarle si ha estado expuesto a agentes biológicos o químicos.

#### **4.1.3- Alfombra Aladín**

ALADIN es una innovadora alfombra que ha sido desarrollada por AITEX junto a UNIFAM (Unión de Fabricantes de Alfombra y Moqueta) y con la colaboración del Departamento de Electrónica de la Universidad La Salle de Barcelona y EPSON ELECTRONICS, y ha contado con el apoyo del Ministerio de Industria [46].

La alfombra de detección de presencia, tiene la función concreta de detectar la presencia de una persona que se sitúe sobre ella, mediante la utilización de los textiles inteligentes aplicados a este tipo específico de artículo textil. Entre sus aplicaciones, destaca la utilización como alarma de intrusión, flujos de movimiento, así como contador de entrada y salida en hoteles, centros comerciales, bancos, etc.

## 4.2- Telas Interactivas

En las herramientas de comunicación de nuestra sociedad, los dispositivos interactivos y portátiles son una de las grandes fuentes de innovación y representan un gran mercado. La integración de dispositivos electrónicos portátiles en textiles aparece como un mercado natural.

La primera innovación fue un teclado hecho en una sola capa de tejido usando la detección capacitiva, donde una serie de electrodos bordados o protegidos por seda componen los puntos del contacto [46]. El contacto de un dedo con un electrodo puede ser detectado midiendo el aumento en la capacidad total del electrodo. Vale la pena observar que esto se puede hacer con un solo alfiler de entrada y salida bidireccional o por el electrodo, y una resistencia de salida cosido a un hilado altamente resistente. La capacidad de detección también puede ser utilizada para decir como se ajusta la ropa al cuerpo del usuario, una vez que la señal varía de acuerdo con la presión.

El teclado mostrado aquí fue fabricado en serie usando técnicas de bordado ordinarias y tramas conductoras suaves. El resultado es un teclado flexible, duradero y sensible al tacto. Una placa de circuito impresa contiene los componentes necesarios para hacer una detección capacitada y productiva de eventos (pulsaciones) tales como una secuencia de datos sucesivos. En una aplicación de prueba, 50 chaquetas de jeans de algodón fueron bordadas en este patrón. Algunas de esas chaquetas se equipan de sintetizadores en miniatura de MIDI controlados por el teclado numérico. La sensibilidad del teclado al toque y la sincronización fueron calificadas por varios usuarios como excelentes.



*Diferentes versiones de materiales de teclado capacitivo o flexibles [46]*

Hay varios productos comerciales que están inspirados en este teclado. El más famoso es la chaqueta de KENPO que posee lectores integrados de MP3 y los pantalones vaqueros Ipod de Levis.

Se han hecho también muchos esfuerzos para la integración de teléfonos móviles en la ropa. Un equipo sueco del I+D ha desarrollado un guante que incorpora un teléfono.



*Un guante que integra un teléfono móvil*

### **4.3- Confort**

Uno de los mejores ejemplos de mejora en la comodidad gracias a la electrónica es una invención australiana: el sujetador inteligente. Wallace et al., de la Universidad de Wollongong, han desarrollado un sujetador que cambia sus propiedades de respuesta en función del movimiento del pecho. Este sujetador proporcionará una mayor ayuda a las mujeres activas cuando están en acción. El sujetador inteligente apretará y aflojará sus correas, o se pondrá rígido o relajará sus copas para restringir el movimiento del pecho, previniendo el dolor y la caída del pecho. Para su fabricación se han utilizado tejidos recubiertos de polímeros. El tejido puede alterar su elasticidad en respuesta a la información sobre cuanta tensión hay en la tela. El sujetador inteligente será capaz de aumentar su rigidez o relajarse sus copas y apretará o aflojará sus tirantes cuando detecte excesivo movimiento [50].



### **4.4- Seguridad**

Las primeras herramientas de seguridad, desarrolladas gracias a la posibilidad electrónica del textil, son las etiquetas de identificación mediante radiofrecuencia. Las etiquetas de RFID son minúsculos microchips, que ya han sido reducidos a la mitad del tamaño de un grano de arena. Se escucha una señal de radio y se responde transmitiendo su código de identificación único. La mayoría de las etiquetas de RFID no tienen ninguna batería: utilizan la energía de la señal inicial de radio para transmitir su respuesta.

El uso primario de RFID en prendas, hasta la fecha, se ha centrado en el manejo del proceso de automatización de producción, incluyendo: registros, clasificación, y comprobación. Los sistemas de RFID en los sistemas de producción textil pueden eliminar significativamente el trabajo manual. Sin embargo, los sistemas de RFID generan mejoras significativas en la satisfacción del cliente, pocos errores de distribución, trazabilidad. Por esas razones, muchas marcas de prestigio piensan



adoptar, en breve, el sistema de las etiquetas de RFID para luchar contra la falsificación de sus productos [51].

Otros tipos de innovaciones en el área de la seguridad son la integración del GPS en la ropa para la detección de la posición del usuario en caso de desaparición o secuestro. La compañía Interactive Wear AG ha presentado un prototipo experimental en marzo de 2006 de estas tecnologías que tendrán muchas aplicaciones en ropa de deportes de riesgo, la ropa de los niños, etc [52].

#### **4.5- El ordenador llevable**

Hay varios grupos de investigación que trabajan en una de las soluciones de textil más asombrosas, el ordenador llevable. El objetivo principal es la integración completa de una pantalla de ordenador, de una CPU y de un teclado en una ropa portable. Actualmente, no hay mercancías comerciables que respondan a estos productos increíbles. De hecho, se han presentado algunos prototipos como por ejemplo Boeing Computer Services, desarrollados por Honeywell Ind. Virtual Vision, la Universidad Carnegie Mellon y algunas otras organizaciones de investigación están desarrollando un sistema informático llevable que es un sistema informático impulsado y usado en el cuerpo del usuario (en un cinturón, una mochila o un chaleco) [53].



La computadora llevable [54].

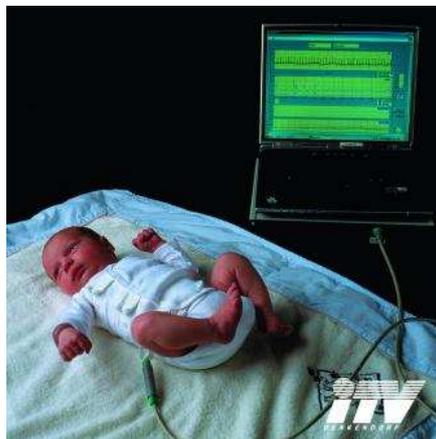
## **5- Textiles médicos**

### **4.1.4- El Electronic Bra**

El Profesor Malcolm McCormick, de la Montfort University ha desarrollado un nuevo dispositivo usando minúsculas corrientes eléctricas, que pasan a través del pecho, trabajando sobre el principio que existen diferencias de conducción entre el tejido sano del pecho y el tejido de un tumor. Según los investigadores, el tejido más denso en tumores hace más difícil que la electricidad consiga atravesar, y el equipo de medición de sensibilidad del sujetador detecta esto. Los investigadores indicaron que explorando el pecho de diversos ángulos, un mapa detallado en el cual está el crecimiento anormal podría ser construido en un ordenador. La tecnología podría estar disponible en un año y puede permitir un rápido auto diagnóstico de la presencia de tumores mamares [41].

### **4.1.5- El Sensory Baby Vest**

En el ITV Denkendorf, un equipo interdisciplinario de investigadores ha desarrollado un chaleco especial para bebés. El chaleco sensorial del bebé está equipado con sensores que permiten la supervisión constante de funciones vitales tales como corazón, pulmones, temperatura de la piel y del cuerpo lo que se puede utilizar en la detección temprana y la supervisión de enfermedades circulatoria o del corazón. Se espera utilizar este chaleco para prevenir muertes sin explicaciones (muerte súbita) y otras situaciones peligrosas para la vida de los bebés. Los sensores están puestos de manera que no pellizquen ni molesten al bebé cuando está durmiendo [42].



Sensory Baby Vest de ITV

### **4.1.6- La LifeShirt de Vivometrics**

El sistema LifeShirt es el primer sistema de supervisión ambulatorio continuo no invasivo (no se penetra el tejido humano), que puede recoger datos sobre información pulmonar, cardíaca y otros datos fisiológicos, y correlacionarlos en un cierto plazo. El sistema de LifeShirt recopila datos durante la rutina diaria del usuario, proveyendo a investigadores farmacéuticos y académicos una “película continua” de la salud del paciente en las situaciones de la vida cotidiana (trabajo, escuela, ejercicio, sueño), como



---

una “foto” generada durante una visita típica a la clínica. El sistema de LifeShirt recoge, analiza e informa sobre los datos cardiacos, pulmonares y físicos del paciente. También correlaciona información conectada por dispositivos ópticos periféricos que miden presión arterial, saturación de oxígeno en la sangre, EEG, EOG, el movimiento periódico de la pierna, la temperatura principal del cuerpo, temperatura de la piel, determina niveles de CO<sub>2</sub>, y tos [44-45].

Las características del sistema LifeShirt presentan una versión mejorada de un inductor respiratorio plestimográfico (RIP), el patrón de oro para la supervisión respiratoria. El RIP se utiliza en unidades de cuidado intensivo en más de 1.000 hospitales por todo el mundo. Es ideal para supervisar el volumen exacto de todos los individuos, incluyendo los que no pueden utilizar los espirómetros debido a la edad o a otros factores. El sistema de LifeShirt está disponible en tamaño adulto y pediátrico (las edades 5-17) y se utiliza en ensayos e investigación clínica. Está disponible como dispositivo médico prescriptible y no se vende directamente a los consumidores.



---

## **6- Conclusiones**

Hace algunos años, los textiles inteligentes fueron presentados como productos imaginarios y como un mercado poco competitivo. Después de esfuerzos científicos y de fases de desarrollo, los SFIT están interesando al usuario y se presentan hoy en día como el futuro de la industria del textil. Hay muchos productos comerciales disponibles y, tal y como han sido presentados en este documento, muchos investigadores están desarrollando nuevas soluciones, ideas y productos concretos. Algunas aproximaciones anuncian un mercado de mil millones de dólares alrededor del 2010 lo que explica la pasión actual por estos nuevos temas.



- [1] P. Stenton, <http://www.smarttextiles.co.uk/wearcomp.htm>.
- [2] M. K. Singh, *Pakistan Textile Journal*, available on line, <http://www.ptj.com.pk/Web%202004/08-2004/Smart%20Textiles.html>.
- [3] Y. Shin, D. I. Yoo, K. Son, *J. Appl Polym. Science*, **2005**, 96 (6), 2005-2010.
- [4] W. Bendkowska, J. Tysiak, L. Grabowski, *Int J. Clothing Science and Technology*, **2005**, 17 (3-4), 209-214.
- [5] A. Lendlein, S. Kelch, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2002**, 41, 2034-2057.
- [6] M. Igharo, J. V. Wood, *Powder Metallurgy*, **1985**, 28 (3), 131-139.
- [7] Y. Bar-Cohen, *Proceeding of the SPIE Smart Structures and Materials Symposium*, **2002**, Paper N° 4695-02.
- [8] F. Boussu, G. Bailleul, J. L. Petiniot, H. Vinchon, *AUTEX Reserach Journal*, **2002**, 2 (1), 1-6.
- [9] R. D. Arthur, E. S. Frederick, *US Patent 631278*.
- [10] R. V. Gregory, R. J. Samuel, T. Hanks, *National Textile Center Annual Report (USA)*, **2001**, M98 C01.
- [11] P. Bamfield, *Chromic Phenomena: Technological Application of Colour Chemistry*, *Royal Society of Chemistry Ed.*, 2002.
- [12] J. Homola, <http://www.screenweb.com/index.php/channel/6/id/1425/>.
- [13] C. M. Lampert, *Glas Electrochromics - History, current status and potential Science and Technology*, **2002**, 75, 244-252.
- [14] K. Jiyuuji, N. Nobuyasu, *JP Patent 62177254*.
- [15] Front Cover, *Future Materials*, 2006, 2. <http://www.ifmachines.com/fashion.html>.
- [16] M. Orth, J. M. Berzowska, *US Patent 200322415*.
- [17] J. Oakes, S. N. Batchelor, S. Dixon, *Coloration Technolog.*, **2005**, 121 (5), 237-244.
- [18] B. M. Krasovitskii; B. M. Bolotin, *Organic Luminescent Materials*, *Weinheim NY, VCH*, **2002**.
- [19] J. R. Lakowicz, *Principle of Fluorescence Spectroscopy, second edition*, *Kulwer Acad.*, 1983.
- [20] P. Gravisse, J. F. Van Schoote, *US Patent 4211813*.
- [21] V. Koncar, *Optics and Photonics news*, 2005, 40-45.
- [22] M. Givoletti, *International Patent WO 02/12785*.
- [23] M. Pope, H. P. Kallman, P. Magnante, *J. Chem. Phys*, **1963**, 38, 2042-2045.
- [24] C. W. Tang, S. A. Vanslyke, *Appl. Phys. Lett.*, **1987**, 51(12), 913-915.
- [25] K. Martin, V. Markus, B. Bramberger, *US Patent 2006027552*.
- [26] M. Angelopoulos, *IBM J. Res. & Dev.*, 2001, 45(1), 57-75.
- [27] Y. Dietzel, W. Przyborowski, G. Nocke, P. Offermann, F. Hollstein, J. Meinhardt *Surface & Coating Technology*, **2000**, 135 (1), 75-81.
- [28] *GB Patent 1261791*.
- [39] A. Mazzoldi, D. de Rossi, F. Lorussi, E. S. Scilingo, R. Paradiso, *Autex research Journal*, **2002**, 2 (4), 199-203.
- [30] A. R. Deangelis, E. Wolynes, *US Patent 2003208851*.
- [31] S. Baurley, *Pers Ubiquit Comput*, **2004**, 8, 274-281.
- [32] S. Brzezinski, G. Malinowska, T. Nowak, H. Schmidt, D. Marcinkowska, A. Kaleta, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, **2005**, 13(6), 53-58.
- [33] <http://patentados.com/invento/tejido-calefactor.html>
- [34] W. Barthlott, C. Neinhuis, *Tekstil*, **2001**, 50(9), 461-465.



- [35] Y. C. Chen, H. Chung, *EP Patent 1652995*.
- [36] R. Czajka, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, **2005**, 13(1), 13-15.
- [37] S. Jayaraman, *Advancements and Applications of Mechatronics Design in Textile Engineering*, , *Kluwer Academic Publishers*, **1995**, 239-269.
- [38] S. Park, C. Gopalsamy, R. Rajamanickam, S. Jayaraman, ", *Studies in Health Technology and Informatics*, **1999**, 62, 252-258. S. Park, C. Gopalsamy, S. Jayaraman, *WO Patent 9964657*.
- [39] With the amiability of the Georgia Tech <http://www.gatech.edu/> and Sensatex <http://www.sensatex.com/> .
- [40] [http://www.worldhealth.net/news/electronic\\_bra\\_detects\\_tumors](http://www.worldhealth.net/news/electronic_bra_detects_tumors)
- [41] Linti, C, Horter, H, Osterreicher, P, et al., *Int. Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, Proceeding*, **2006**, 135-137.
- [42] <http://axxon.com.ar/not/139/c-1390068.htm>
- [43] Anexo VII Institutos tecnológicos y CEEI, iniciativas durante 2004 [http://www.pre.gva.es/altoconsejo/Informe\\_2005/18\\_Anexo07.pdf](http://www.pre.gva.es/altoconsejo/Informe_2005/18_Anexo07.pdf)
- [44] J. L. Cobb, *WO Patent 2004/107962*.
- [45] M. Sackner, D. B. Keeman, D. M. Inman, *US Patent 2006/0036183*.
- [46] <http://www.infurma.es/es/novedades/noticia/17719.es.html>
- [47]available on line,  
[www.eleksen.com/assets/PDFs/ElekTex%20Fabric%20Keyboard%20USER%20GUIDE%20v1.2.pdf](http://www.eleksen.com/assets/PDFs/ElekTex%20Fabric%20Keyboard%20USER%20GUIDE%20v1.2.pdf).
- [48] [http://www.the-gadgeteer.com/review/kenpo\\_jacket\\_for\\_ipod](http://www.the-gadgeteer.com/review/kenpo_jacket_for_ipod) .
- [49] L. T. H. Berglin, available on line  
[www.cs.chalmers.se/idc/publication/pdf/berglin\\_wanted.pdf](http://www.cs.chalmers.se/idc/publication/pdf/berglin_wanted.pdf).
- [50] Available in ABC science on line,  
<http://www.abc.net.au/science/news/stories/s131388.htm> , with the courtesy of the authors for the photography.
- [51] Available in Chek point Europe on Line,  
<http://www.checkpointeurope.com/app/?locale=ES&page=qssolution&id=61>.
- [52] M. Schaffrath, P. Salonen, H. Hurme, M. Kivikoski, *Communications in Internet, and Information Technology Proceeding*, **2003**.
- [53] S. Mann, available on line, <http://wearcomp.org/wearcompdef.html>.
- [54] With the courtesy of M. K. Singh, *Pakistan Textile Journal*, available on line,  
<http://www.ptj.com.pk/Web%202004/08-2004/Smart%20Textiles.html>.



## **1- Introducción**

La industrial textil ha sufrido a lo largo de su existencia grandes altibajos que han marcado en cada momento un antes y un después de este tan noble y antiguo sector. En cada auge y decaída ha habido sectores específicos que se han visto más beneficiados y otros que han sido más castigados, y consecuentemente, han visto cerrada sus puertas numerosas empresas, mientras que otras han visto como se abrían las suyas. Lo que si es cierto, y cada vez más común a todas ellas, es el cambio de actitud y mentalidad que se ha producido en todas ellas que han querido o podido sobrevivir.

Durante estas últimas décadas, han surgido competidores a las industrias europeas que no podían ser combatidas de un modo cotidiano, ajustando un poco más los precios, intentando ofrecer un servicio diferenciador respecto a la competencia, ofreciendo una imagen corporativa muy superior a las demás, etc. Es por esto que se ha tenido que buscar otras fuerzas con las que poder sobrevivir a un mercado cada vez más exigente en numerosos parámetros, aunque quizás el que menos ha trascendido haya sido el de la calidad.

Desde numerosos grupos de investigación, institutos tecnológicos, cámaras de comercio, organizaciones no gubernamentales y todas las entidades relacionadas con el sector textil, se ha intentado abrir un aliento de esperanza a las desoladoras previsiones económicas que se avecinaban para este sector y en estos tiempos. Esto era el I+D+i.

Para muchos empresarios estas siglas eran algo desconocido o innecesario, pues hasta el momento, todo lo que se desarrollaba se vendía sin demasiado esfuerzo. Paseando por ferias internacionales como Heimtex, Decosit, Aplimatec y conversando con los expositores, nos podemos quedar perplejos cuando nos hablan del volumen de ventas que habían pocos años atrás, mientras se montaban los stand, antes incluso de la inauguración de la feria, el 80 o 90 % de los artículos podían haber sido ya vendidos en exclusiva. En una situación así, era innecesario el I+D+i.

Cuando todo esto cambio, la gente empezó a preocuparse y prestar más atención a lo que era la investigación y desarrollo y como podían implantarlo en sus empresas. Bien es cierto que quizás se sobre valoro la capacidad y trascendencia de todo esto, con discursos lanzados sin mesura diciendo que los textiles técnicos eran el futuro, lo que iba a salvar la economía textil, perdone usted, una mejora en su empresa, sumado a la convivencia entre los nuevos desarrollos que sea capaz de lanza y los tradicionales ya implantados, será lo que otorgué a su negocio una mayor estabilidad.

Llegados a este punto, y siendo conscientes de todo lo hablado hasta ahora, solo nos queda estudiar y valorar que es lo que podemos ser capaces de desarrollar y marcar las pautas para poder hacerlo.

Desde el departamento de ingeniería textil y papelera de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, surge la curiosidad científica de adentrarse en un campo poco indagado por este departamento, este es el de los textiles con propiedades conductoras.



A partir de filamentos conductores de la electricidad y del calor, ya sean metálicos o no metálicos, queremos investigar posibles combinaciones de estos con otros filamentos de otra o similar naturaleza con los que obtener textiles de uso técnico. Para ello, la investigación esta dividida inicialmente en dos partes:

1º- Obtención de un hilado de propiedades intrínsecamente idóneas para las exigencias reclamadas.

2º- Tejeduria de un tejido a partir de este hilado que pueda cubrir exigencias en el desarrollo de productos innovadores.

Una vez planteado el problema que nos atañe, debemos desglosar punto por punto cuales son las características y propiedades que necesitaremos conocer para poder llevar a cabo nuestra investigación.

## **2- Hipótesis**

Partimos de de unas premisas hipotéticas que vamos a ir estudiando y analizando a lo largo de nuestra investigación.

- Existen hilados de naturaleza metálica, que basándonos en la ley de ohm sabemos que permiten el paso de corriente eléctrica y que debido a esta, por el efecto joule emiten energía térmica.
- Los hilados convencionales, tienen diferente resistividad eléctrica, en función del polímero que los compone y de sus características, ya que dependiendo de lo hidrófugo que sea el material, permite absorber más o menos cantidad de agua y conducir la electricidad.
- La combinación de hilados metálicos y convencionales, produce un compuesto mixto con características de ambos, en cuanto a tacto y características técnicas.
- El empleo de compuestos mixtos o de naturaleza metálica en tejidos de punto y/o de calada, proporciona a los tejidos características técnicas innovadoras a los textiles, propias de los hilados que los componen.

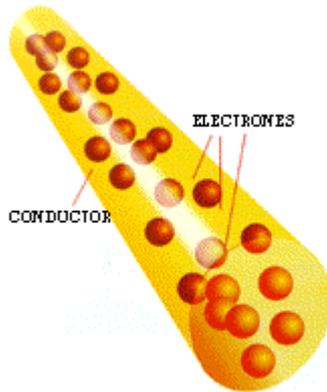
## **3- Objetivos**

- Localizar y conseguir proveedores de hilados metálicos.
- Caracterizar hilados metálicos y convencionales, según su conductividad eléctrica y su emisión térmica.
- Combinar hilados metálicos y convencionales por doblado de los mismos.



## 1- Introducción

Siempre que nos topemos con **circuitería electrónica** deberemos hacer frente a palabras tales como: intensidad, ohmio, impedancia, capacidad, henrios, faradios y demás [1].



La forma en que la **electricidad** circula por los diversos componentes electrónicos de nuestros montajes motiva la aparición de diferentes efectos, tantos como **componentes** diferentes tengamos. Dichos efectos tienen nombres como: tensión, intensidad, resistencia, capacidad, inducción, conducción, etc.

La forma en que los eficientes medidores electrónicos conocidos como **polímetros** o **multímetros** tasan dichos efectos hace que por cada uno de ellos se cree una magnitud (medida) asociada. Dichas **magnitudes** reciben nombres tales como ohmio (abreviado como  $\Omega$ , voltio, faradio, amperio, henrio, etc.

### 1.1-Corriente y tensión

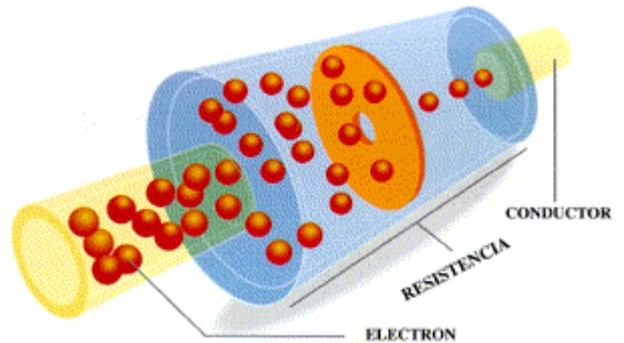
No se nos ocurre una forma más sencilla de adentrarnos en el campo de las **magnitudes electrónicas** que tomar el representante más sencillo del cartel, esto es, la **resistencia**, y su magnitud asociada, es decir, el **ohmio**. Para ello veremos primero los conceptos de tensión y corriente, lo suficiente como para poder empezar a estudiar rápidamente un componente electrónico.

La corriente continua es un movimiento de electrones. Cuando los electrones circulan por un conductor, encuentran una cierta dificultad al moverse. A esta "dificultad" la llamamos resistencia eléctrica. La resistencia eléctrica de un conductor depende de tres factores que quedan recogidos en la ecuación que sigue:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

$\rho$  : resistividad  
 $\ell$  : longitud  
 $S$  : superficie

La resistividad depende de las características del material del que está hecho el conductor. Como su propio nombre indica, la **resistencia** realiza una función clara ante la presencia de una corriente eléctrica. Dicha corriente es la producida por una diferencia de potencial o **tensión eléctrica**.



## 1.2- Magnitudes de medida

Si el primer concepto comentado fue la diferencia de tensión o potencial parece claro que todo lo que un polímetro podrá supervisar es dicha diferencia. Dicha diferencia se mide en **VOLTIOS**. Por ejemplo, una pila de 1,5 voltios lo es porque entre sus dos extremos hay una diferencia de tensión de dicha magnitud. Dicho nombre proviene del inventor de la primera pila, el científico italiano **A. Volta**.

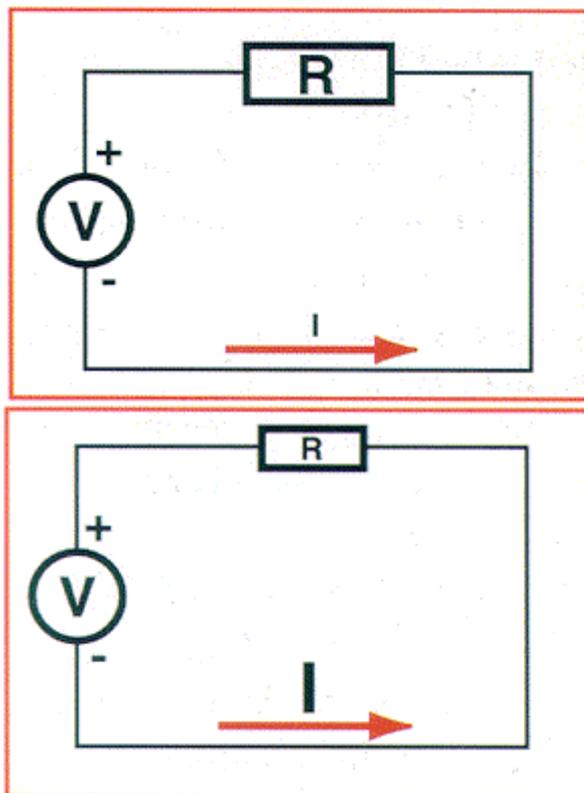
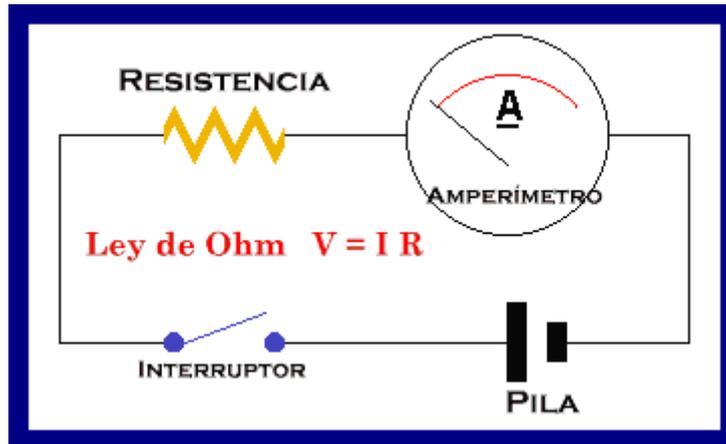
Como la corriente eléctrica ha sido el segundo concepto comentado parece justo explicar ahora cómo se puede cuantificar y medir la misma. La cantidad de corriente se mide, en honor del filósofo inglés **Andrés M. Ampere**, en una unidad denominada **AMPERIO**.

La resistencia eléctrica ha sido el tercer término introducido y, por ello, le toca el turno ahora de mostrar su unidad de medida. Dicha unidad es el **OHMIO** y suele representarse por una abreviatura muy curiosa: la letra griega omega ( $\Omega$ ), es decir, 1 ohmio = 1  $\Omega$ .

Amperio	← A →	Intensidad
Voltio	← V →	Tensión
Ohmio	← $\Omega$ →	Resistencia

## 1.3- Ley de Ohm

La ley de Ohm relaciona el valor de la resistencia de un conductor con la intensidad de corriente que lo atraviesa y con la diferencia de potencial entre sus extremos. En el gráfico vemos un circuito con una resistencia y una pila. Observamos un amperímetro que nos medirá la intensidad de corriente,  $I$ . El voltaje que proporciona la pila  $V$ , expresado en voltios, esta intensidad de corriente, medido en amperios, y el valor de la resistencia en ohmios, se relacionan por la ley de Ohm, que aparece en el centro del circuito.



Para una tensión  $V$  y una resistencia dada se origina cierta **circulación de corriente**. Al aumentar la resistencia intercalada en el circuito se produce -como parece lógico- una disminución de la corriente que fluye a través de dicha resistencia.

La propiedad de ofrecer poca o mucha resistencia eléctrica varía de acuerdo al material que analicemos. Un material que ofrezca una resistencia total cuando a través de él pasa la corriente eléctrica, recibe el nombre de, *aislante*, mientras que los materiales que dejan pasar por ellos la **corriente eléctrica**, con una facilidad suma, reciben el nombre genérico de *conductores*.

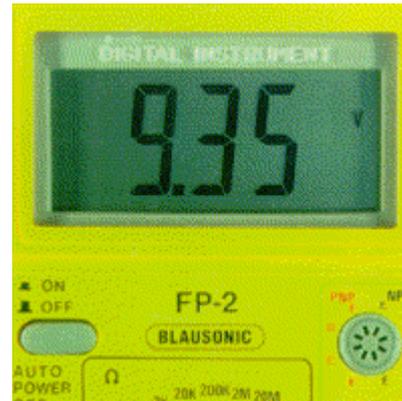
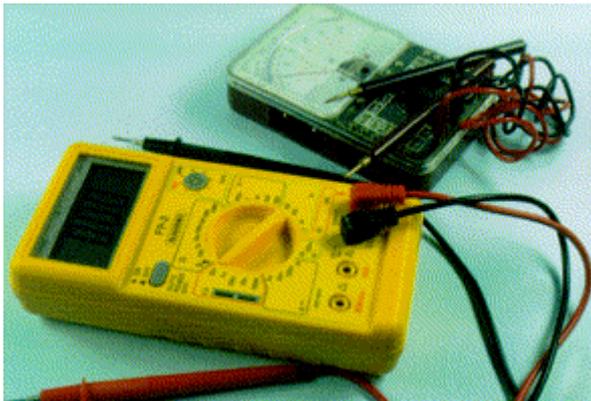


Entre los materiales aislantes destacan los plásticos, el vidrio, etc., mientras que los conductores más conocidos son los **materiales metálicos**: cobre, hierro, plata, etc. Entre unos y otros existe un abanico tan amplio como el número de elementos químicos conocidos -amén de sus correspondientes combinaciones- que conducen o aíslan la corriente en determinada proporción.

#### 1.4- Aparatos de medida

Ahora es preciso presentar el conjunto de dispositivos encargados de llevar a cabo la supervisión y control de todas y cada una de las medidas electrónicas. Esta misión la llevan a cabo los **polímetros**, también llamados **multímetros** o, de forma abreviada, **voltímetros** (aunque medir voltios no sea la única misión que pueden llevar a cabo).

El aspecto de estos aparatos se ha visto afectado también por el auge de las nuevas tecnologías. La aparición de los dispositivos denominados digitales -a los cuales prestaremos luego toda la atención que se merecen han dividido el mundo de los polímetros en dos apartados bien diferenciados: los **polímetros digitales** y los **analógicos**.



Será necesario emplear una fuente de alimentación eléctrica para controlar la intensidad eléctrica que empleamos en nuestro experimento.

Las fuentes lineales siguen el esquema: transformador, rectificador, filtro, regulación y salida. En primer lugar el transformador adapta los niveles de tensión y proporciona aislamiento galvánico. El circuito que convierte la corriente alterna en continua se llama rectificador, después suelen llevar un circuito que disminuye el rizado como un filtro de condensador. La regulación se consigue con un componente disipativo regulable. La salida puede ser simplemente un condensador.

Las fuentes conmutadas tienen por esquema: rectificador, conmutador, transformador, otro rectificador y salida. La regulación se obtiene con el conmutador, normalmente un circuito PWM (*Pulse Width Modulation*) que cambia el ciclo de trabajo. Aquí las funciones del transformador son las mismas que para fuentes lineales pero su posición es diferente. El segundo rectificador convierte la señal alterna pulsante que llega del transformador en un valor continuo. La salida puede ser también un filtro de condensador o uno del tipo LC.



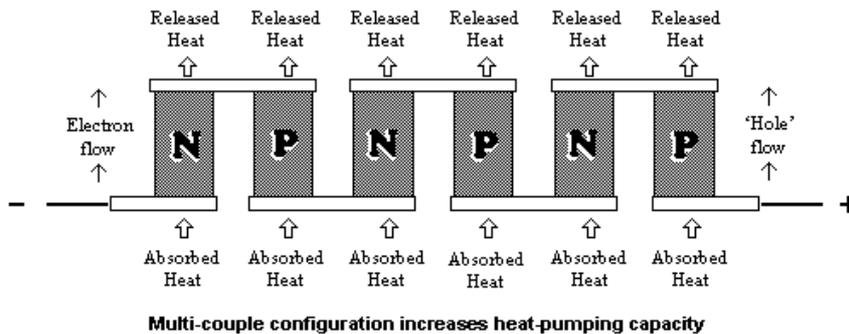
### **1.5- Efecto Joule**

El que una cadena de soldaduras de dos metales distintos produce una corriente eléctrica cuando existe una diferencia de temperatura entre soldaduras alternativas es conocido desde que el físico alemán Thomas Johann Seebeck descubrió en 1821 el efecto que lleva su nombre [2]. Poco después el francés Jean Charles Peltier en 1834 descubrió el fenómeno, que puede denominarse inverso, de que al pasar una corriente a través de un circuito de dos metales soldados, una de las soldaduras se enfría mientras la otra se calienta, actuando el sistema como una "bomba de calor". El efecto Thomson, descubierto por Lord Kelvin, conocido físico británico de nombre William Thomson en 1854 completo los descubrimientos anteriores. Este efecto se produce en un circuito de un único material conductor, según el sentido de paso de la corriente eléctrica, el conductor emite o absorbe calor.

El enfriamiento termoelectrónico empezó a ser factible a partir de los estudios de Telkes en los años 30 y de Ioffe en 1956, Los nuevos materiales semiconductores irrumpían en la escena produciendo rendimientos mucho mas altos. Telkes utilizo pares o soldaduras de PbS y ZnSb y Ioffe descubrió el uso de PbTe y PbSe. Los Telluros y Seleniuros han sido muy utilizados, y para conversión de energía calorífica en eléctrica se alcanzan rendimientos aceptables.

A continuación se exponen los principios de funcionamiento de un elemento termoelectrónico (ETE) típico y se describe el factor de mérito y el C.O.P. de un dispositivo termoelectrónico. Se explicara como escoger un ETE para una aplicación dada, se expondrán algunos usos comerciales del enfriamiento mediante elementos termoelectronicos y se darán orientaciones para su aplicación. Finalmente se presentan algunas aplicaciones practicas.

## Teoría Termoeléctrica



### Fundamentos Teóricos del efecto termoeléctrico

Los sólidos tienen generalmente una estructura cristalina, ocupando los átomos o moléculas los vértices de las celdas unitarias, y a veces también el centro de la celda o de sus caras. Cuando el cristal es sometido a una diferencia de potencial, los electrones son impulsados por el campo eléctrico a través del sólido debiendo en su recorrido atravesar la intrincada red de átomos que lo forma. En su camino, los electrones chocan con estos átomos perdiendo parte de su energía cinética, que es cedida en forma de calor.

Este efecto fue definido de la siguiente manera [3]: "La cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica, depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente". Matemáticamente se expresa como

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

**Q** = energía calorífica producida por la corriente

**I** = intensidad de la corriente que circula y se mide en amperios

**R** = resistencia eléctrica del conductor y se mide en ohms

**t** = tiempo el cual se mide en segundos



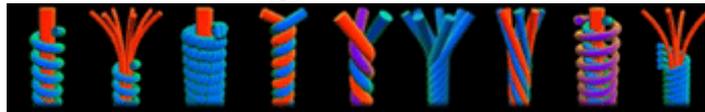
## 2- Materias

En la investigación desarrollada, vamos a hacer uso de hilos de tipo conductores y no conductores, aprovechando las cualidades de cada uno de ellos en aspectos técnicos y de confort para conseguir la mejor combinación posible en el alcance de nuestro objetivo.

- Hilados convencionales: Emplearemos hilados de algodón, fibra acrílica, poliéster, algodón/poliéster. Utilizaremos de diferentes torsiones, a varios cabos, y diferentes títulos, para así comparar la diferente influencia que puede tener. La higroscopicidad y resistencia a temperaturas elevadas, será un factor determinante en la elección de uno o varios hilados frente a los demás.
- Hilados metálicos: Hemos conseguido varias muestras de hilos metálicos, uno de una aleación de cobre/estaño y varias muestras de acero proporcionadas por un productor de hilados de este tipo (Bekintex), estos fueron:
  - *Bekinox VN 14/1x90/100z*
  - *Bekinox VN 15/1x90*
  - *Bekinox VN 8/1x275*
  - *Bekitex 50/2*

Como veremos en posteriores apartados, la combinación de estas materias las diferentes variables posibles, nos harán caracterizar y valorar la combinación más apropiada para nuestros fines.



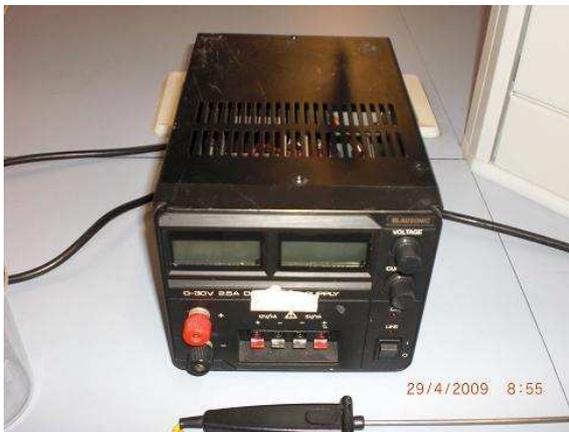


Primero tendremos que seleccionar y analizar los posibles filamentos que pueden acompañar a nuestro hilo metálico. Podremos elegir entre hilos de un solo cabo, a varios cabos, hilados, de filamento continuo, torcidos, tangleados, etc. Va a ser muy importante tener en cuenta estos parámetros a la hora de combinar las materias, ya que, por ejemplo, dependiendo del la torsión (“S” o “Z”) que tenga un hilado, habrá que ver si interesa retorcir al mismo sentido o a diferente, dependiendo de si no nos interesa darle más torsión en el mismo sentido, produciendo “rabia” en el hilado, o si tenemos demasiados problemas al quitarle torsión doblando en sentido contrario, y produciendo la rotura del hilado.

Torsión Hilad.	Doblado	Sentido	Rotura	Rabia	Aceptación
500 Z	600 v.	Z		X	NO
500 Z	500 v.	S	X		NO
500 Z	250 v.	S			OK
150 S	500 v.	S		X	NO
150 S	250 v.	Z	X		NO
150 S	150 v.	S			OK

#### 4- Caracterización de filamentos

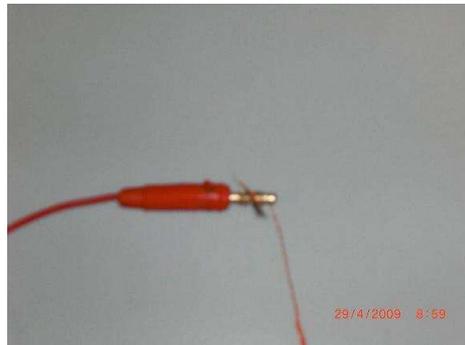
Nuestro interés en la caracterización de los filamentos, se centra en las características conductoras, que son las que van a otorgar a nuestro desarrollo textil esos dotes diferenciadores. Tal y como hemos visto en la introducción, hay unas magnitudes que nos van a dar información sobre el comportamiento del material, estas son la intensidad (I) medida en amperios (A), el voltaje (V) medido en voltios (V) y la resistencia eléctrica, medida en ohmios ( $\Omega$ ). Para registrar estas medidas realizaremos un montaje en serie de una fuente de alimentación y dos multímetros, para ir registrando simultáneamente la medida de la intensidad y del voltaje, calculando posteriormente la resistencia.



Fuente de alimentación



Multímetro



Enlace hilado borne



### **A-Filamentos metálicos**

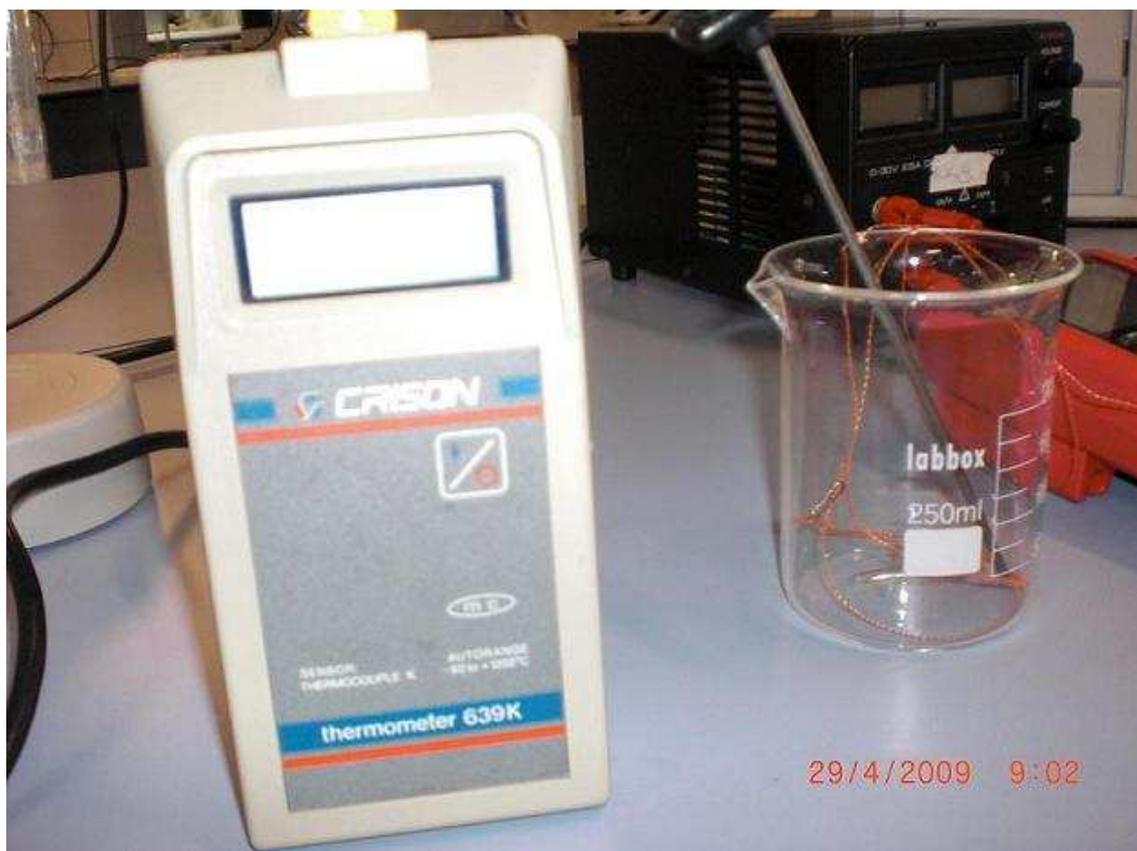
En primer lugar realizaremos mediciones sobre los filamentos metálicos independientes, antes de su manipulaciones con otros hilados más convencionales. Para ello emplearemos el montaje descrito anteriormente. Haremos una primera valoración de la conductividad eléctrica y térmica, para hacer una selección preliminar de las materias que pueden adecuarse más a nuestro estudio. De aquí saldrá la o las materias que pasaremos a manipular en nuestra bobinadora, para obtener los hilados compuestos que utilizaremos en el tisaje de nuestro textil final.

### **B-Hilado final**

Una vez seleccionado el/los filamentos más idóneos, tendremos realizar un estudio comparativo sobre la influencia que tendrá tanto la materia acompañante, como el tipo de doblado que le demos. Es por esto que realizamos varias combinaciones, iremos realizando en el mismo paso que con los filamentos metálicos independientes, mediremos la intensidad y voltaje, y de acuerdo con los resultados que vayamos obteniendo buscaremos la máxima optimización para el hilado.

Una vez hayamos elegido la combinación de hilado metálico, filamento convencional y tipo de combinación, pasaremos a realizar pruebas de radiación calorífica por el efecto joule (ver punto 1.5). Para ello cogeremos un muestreo de

filamento, y con el mismo montaje descrito anteriormente en el que mediamos su resistividad, le haremos pasar una intensidad eléctrica controlada, y observaremos el calor desprendido. Sumergiremos el filamento en un recipiente con agua ultra pura (para que no interfiera en la conductividad) y controlaremos la variación de temperatura de agua en periodos de tiempo constantes.



#### 4- Caracterización del tejido [4,5]

Como futuras líneas de investigación, una vez parametrizados y seleccionados el conjunto de materias primas que mejor se adecuen a nuestro objetivo, pasaremos a realizar medidas de conductividad sobre el tejido. Elaboraremos tejidos tanto de punto como de calada. Al igual que hemos realizado diferentes variables en los hilados, seguiremos las mismas pautas en los tejidos, viendo diferentes combinaciones de materias, densidades, etc.

En esta ocasión no podremos recurrir al mismo método de medida que en el caso de los hilados. Uno de los métodos más empleado es el del *four points* (cuatro puntos). Consiste en medir los valores de corriente y voltaje, en electrodos independientes, a partir de los cuales poder obtener la resistividad en función de la geometría de la muestra. El sistema utilizado consta de un sensor formado por cuatro electrodos verticales cuyas puntas están en un mismo plano orientadas colinealmente y regularmente espaciadas.

Dos de los electrodos están acoplados a una fuente de corriente y los otros dos a un voltímetro. Usualmente, los electrodos exteriores como inyectores y colectores de corriente y los interiores se destinan a la medida de la diferencia de potencial. Se puede aplicar otras disposiciones geométricas (medir el potencial con los electrodos externos y la corriente con los internos). La medida se realiza cuando el sensor entra en contacto con la muestra. Se utilizan amortiguadores para controlar la presión, para garantizar la calidad del contacto entre las cuatro puntas y la muestra a tratar. Este método minimiza los errores de la medida debido a la baja resistencia de contacto entre los electrodos de la muestra, además de ser útil en la caracterización de las propiedades eléctricas de las superficies conductoras.

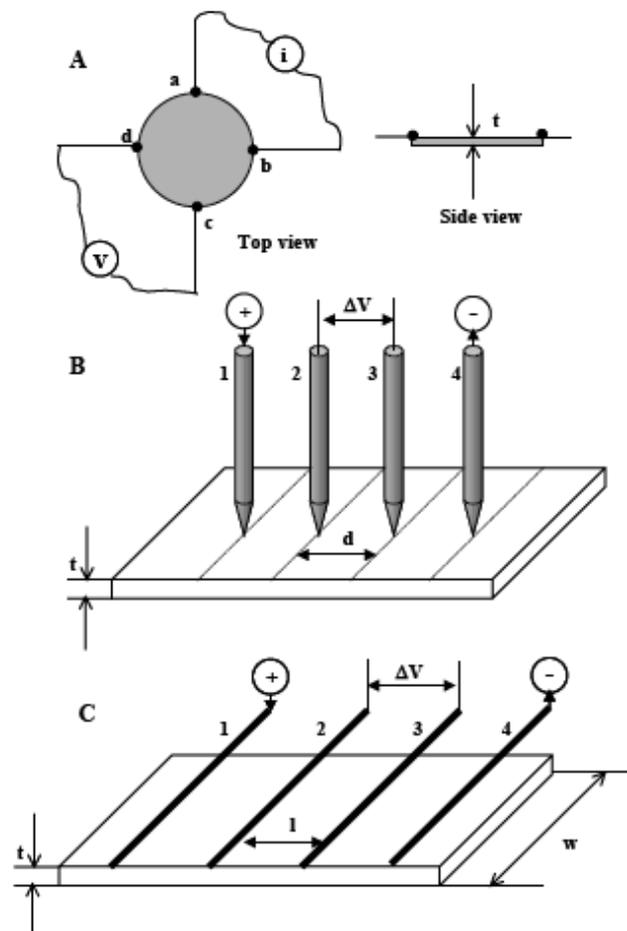


Figure 2.1 Four-probe conductivity methods: A) Van der Pauw, B) four-point probe, C) four-wire



Por lo general la corriente  $I$  se introduce por el electrodo 1 y se recoge por el electrodo 4, mientras que la diferencia de potencial  $\Delta V$  se mide entre los contactos 2 y 3.

[1] [http://es.geocities.com/pnavar2/ley\\_ohm/colores.htm](http://es.geocities.com/pnavar2/ley_ohm/colores.htm)

[2] <http://www.sistelec.com.ar/peltier08.pdf>

[3] [http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\\_Joule](http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Joule)

[4] Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Multiphysics User's Conference 2005 Boston, (**Aditya Kalavagunta, Robert.A.Weller**)

[5] REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, Resolution enhancement of scanning four-point-probe measurements on two-dimensional systems (Torben M. Hansen, Kurt Stokbro, and Ole Hansen)



---

## **1- Introducción**

Una vez realizados los experimentos oportunos, llega el momento de cotejarlos y analizarlos para poder tomar unas primeras decisiones sobre el rumbo que va a seguir nuestra investigación. Por ello, tal como hablamos en la descripción de la metodología, veremos diferentes resultados de conductividades y sus consecuentes efectos caloríficos obtenidos por el efecto Joule.

Las diferentes variables empleadas, se podrán ver reflejadas en los consiguientes resultados, ya que dependiendo de los materiales empleados, y los diferentes tipo de doblados, las conductividades son notablemente diferentes. Se han ido probando aquellas combinaciones que pensamos se pueden adecuar más a nuestro proyecto final, aunque quedamos totalmente abiertos a posibles futuras variaciones, ya que podemos encontrarnos con materias más adecuadas o métodos que no dominamos de momento.

En la elección de los hilados metálicos-conductores, debido a que son de grosor diferentes, hemos unificado los resultados en resistividades ( $\rho$ ), midiendo el número de filamentos por el que están compuestos y conociendo así su diámetro. Durante el desarrollo de este apartado se verán fotografías adjuntas de las fotografías microscópicas tomadas.

En el caso de la comparación de materias no conductoras, hemos empleado hilados de título y torsión los mas idénticas posibles, para así tener una valoración fidedigna de cómo afectan diferentes materias al resultado del experimento.



## 2- Resistividades de hilados metálicos

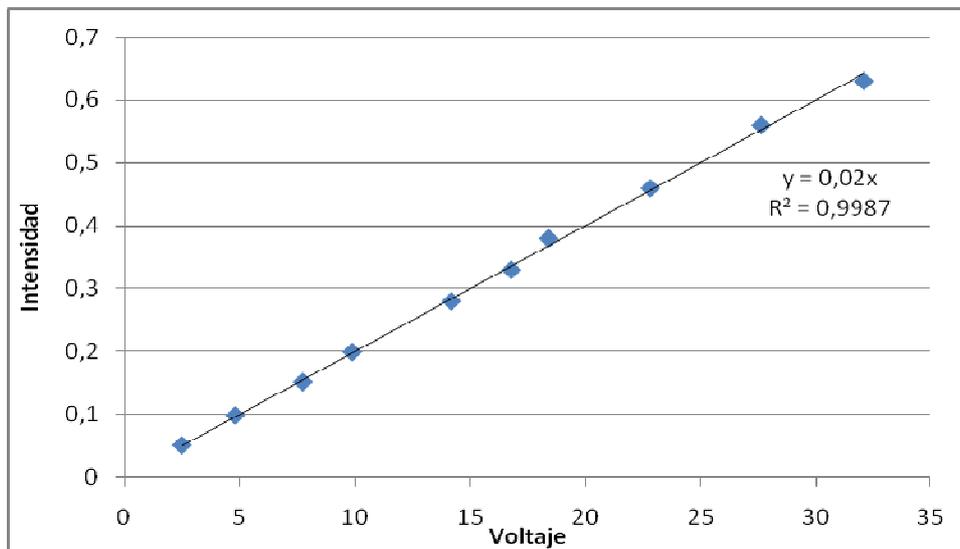
VN 14/1X90/100Z

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
7,76	0,152	51,0526316	0,0014	66,4	1,18358E-06
2,52	0,0514	49,0272374	0,0014	66,4	1,13662E-06
4,83	0,0986	48,9858012	0,0014	66,4	1,13566E-06
9,89	0,1994	49,5987964	0,0014	66,4	1,14987E-06
14,19	0,28	50,6785714	0,0014	66,4	1,1749E-06
16,78	0,33	50,8484848	0,0014	66,4	1,17884E-06
18,4	0,38	48,4210526	0,0014	66,4	1,12257E-06
22,8	0,46	49,5652174	0,0014	66,4	1,14909E-06
27,6	0,56	49,2857143	0,0014	66,4	1,14261E-06
32,1	0,63	50,952381	0,0014	66,4	1,18125E-06

49,8415888

1,1555E-06

R/cm = 0,75062634





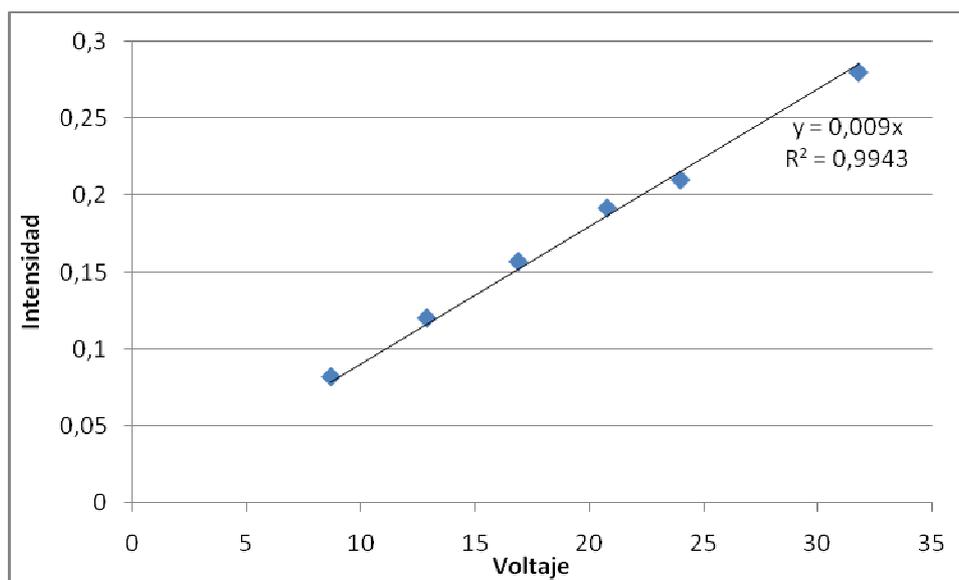
BEKINOX VN 14/1X90

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
8,7	0,0818	106,356968	0,0014	159,9	1,0239E-06
12,9	0,12	107,5	0,0014	159,9	1,0349E-06
16,9	0,1568	107,780612	0,0014	159,9	1,0376E-06
20,8	0,1916	108,559499	0,0014	159,9	1,0451E-06
24	0,21	114,285714	0,0014	159,9	1,1002E-06
31,8	0,28	113,571429	0,0014	159,9	1,0934E-06

109,675704

1,0559E-06

R/cm = 0,68590184





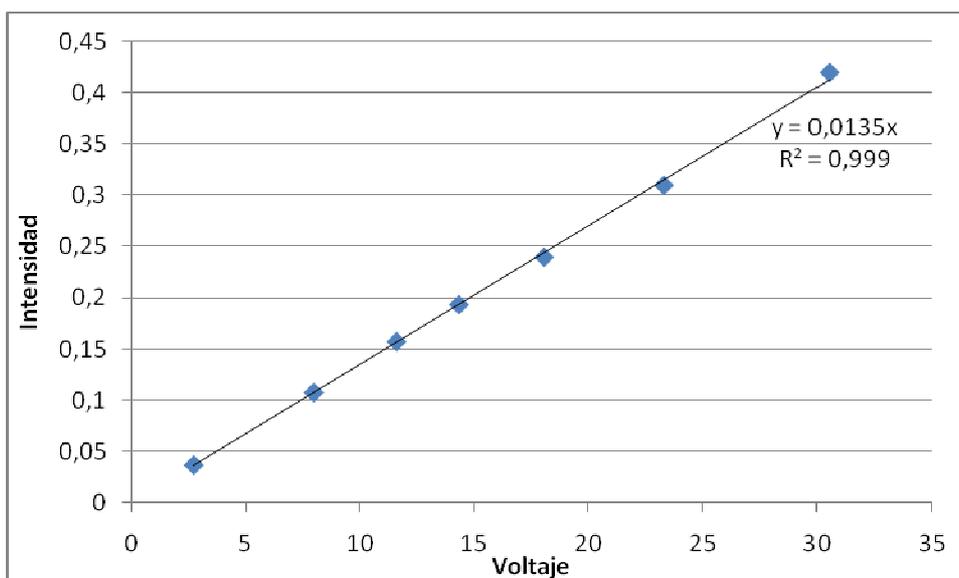
BEKINOX VN 8/1X275

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
2,73	0,0374	72,9946524	0,0008	116	3,163E-07
7,98	0,108	73,8888889	0,0008	116	3,2018E-07
11,6	0,1576	73,6040609	0,0008	116	3,1894E-07
14,33	0,1937	73,980382	0,0008	116	3,2057E-07
18,06	0,24	75,25	0,0008	116	3,2608E-07
23,3	0,31	75,1612903	0,0008	116	3,2569E-07
30,5	0,42	72,6190476	0,0008	116	3,1468E-07

73,6169961

3,19E-07

R/cm = 0,63462928





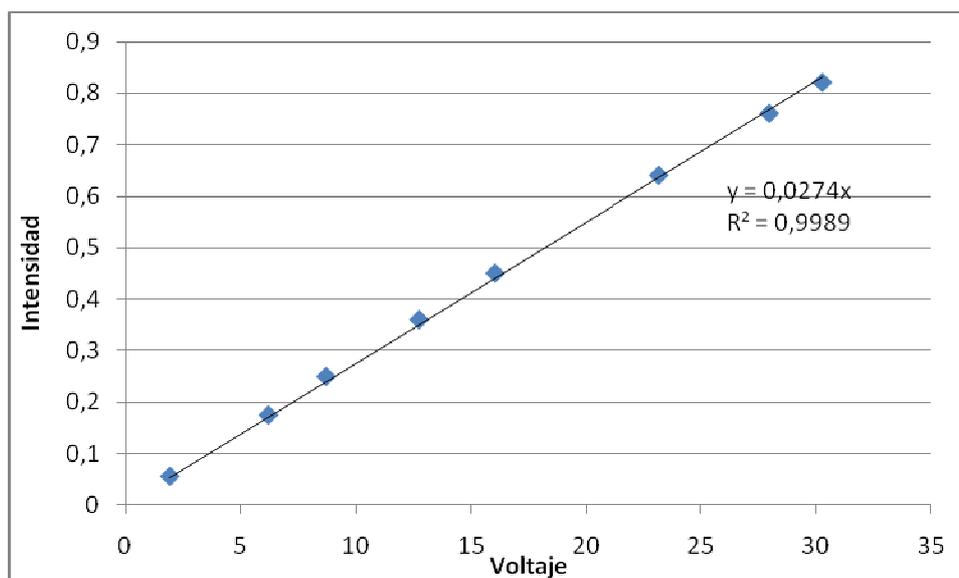
BEKINOX VN 12/1x274/100z

V	I	R	D (cm)	L (cm)	$\rho$
1,92	0,0564	34,0425532	0,0012	120	3,20844E-07
6,2	0,175	35,4285714	0,0012	120	3,33906E-07
8,7	0,25	34,8	0,0012	120	3,27982E-07
12,74	0,36	35,3888889	0,0012	120	3,33532E-07
16,04	0,45	35,6444444	0,0012	120	3,35941E-07
23,2	0,64	36,25	0,0012	120	3,41648E-07
28	0,76	36,8421053	0,0012	120	3,47229E-07
30,3	0,82	36,9512195	0,0012	120	3,48257E-07

35,6684728

3,36167E-07

R/cm = 0,29723727





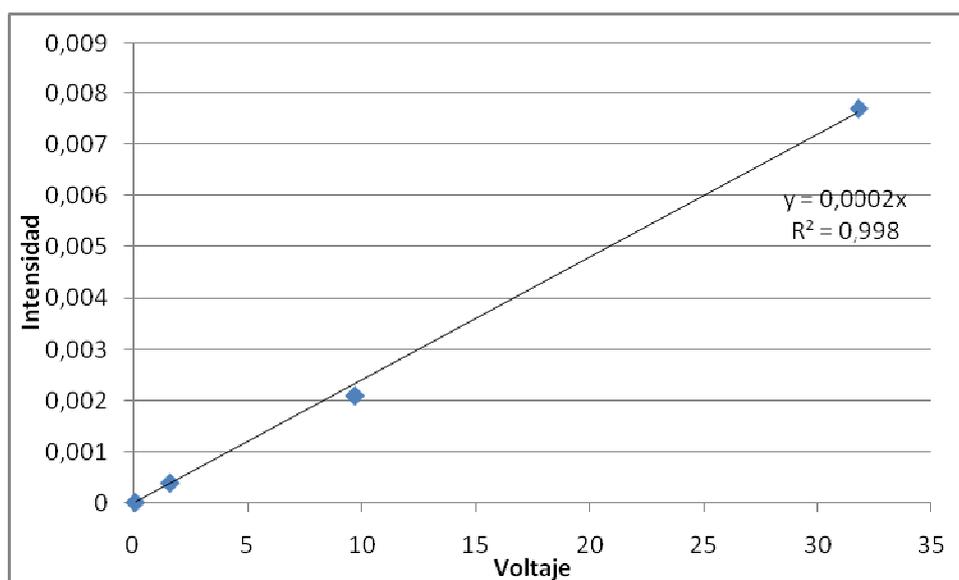
BEKITEX 50/2

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
0,099	0,000022	4500	0,05274725	86,1	0,114208633
1,62	0,0004	4050	0,05274725	86,1	0,10278777
9,71	0,0021	4623,80952	0,05274725	86,1	0,117350881
31,8	0,0077	4129,87013	0,05274725	86,1	0,104814849

4325,91991

0,109790533

R/cm = 50,2429723

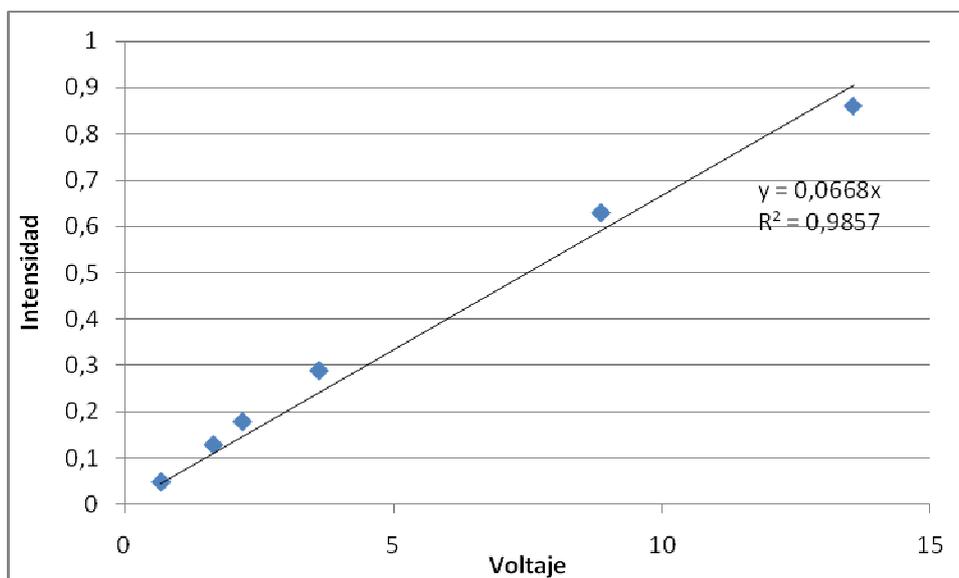




Cobre / estaño

V	I	R	D (cm)	L (cm)	$\rho$	
0,69	0,05	13,8000	0,0001	272	3,98474E-10	
1,66	0,13	12,7692	0,0001	272	3,68711E-10	
2,2	0,18	12,2222	0,0001	272	3,52916E-10	
3,62	0,29	12,4828	0,0001	272	3,60439E-10	
8,86	0,63	14,0635	0,0001	272	4,06082E-10	
13,55	0,86	15,7558	0,0001	272	4,54948E-10	
		13,5155863				3,90262E-10

R/cm = 0,04968966



Podemos ver en los resultados obtenidos una grafica con la regresión de cada batería de resultados. Dichas regresión son bastante buenas, ya que están en valores en torno a 0,99, luego la linealidad se puede decir que es casi total. Por tanto, obtenemos la resistencia por cm. de cada filamento, y su resistividad.



### 3- Efecto Joule

Aprovechando que conocemos las resistividades de cada material, podemos calcular el calor que desprenderán al hacerles pasar un voltaje de 30 voltios durante 30 segundos en una longitud de 100 cm. por el efecto Joule.

VN 14/1X90/100Z

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
5	0,06661104	75,0626337	0,0014	100	1,1555E-06
10	0,13322208	75,0626337	0,0014	100	1,1555E-06
15	0,19983312	75,0626337	0,0014	100	1,1555E-06
20	0,26644415	75,0626337	0,0014	100	1,1555E-06
25	0,33305519	75,0626337	0,0014	100	1,1555E-06
30	0,39966623	75,0626337	0,0014	100	1,1555E-06
		75,0626337			1,1555E-06

$$R/cm = 0,75062634$$

$$Q = 719,399218$$

BEKINOX VN 14/1X90

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
5	0,07289673	68,5901837	0,0014	100	1,05586E-06
10	0,14579346	68,5901837	0,0014	100	1,05586E-06
15	0,21869019	68,5901837	0,0014	100	1,05586E-06
20	0,29158691	68,5901837	0,0014	100	1,05586E-06
25	0,36448364	68,5901837	0,0014	100	1,05586E-06
30	0,43738037	68,5901837	0,0014	100	1,05586E-06
		68,5901837			1,05586E-06

$$R/cm = 0,68590184$$

$$Q = 787,284668$$



BEKINOX VN 8/1X275

<u>V</u>	<u>l</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
5	0,07878615	63,4629276	0,0008	100	3,18999E-07
10	0,15757231	63,4629276	0,0008	100	3,18999E-07
15	0,23635846	63,4629276	0,0008	100	3,18999E-07
20	0,31514462	63,4629276	0,0008	100	3,18999E-07
25	0,39393077	63,4629276	0,0008	100	3,18999E-07
30	0,47271692	63,4629276	0,0008	100	3,18999E-07
		63,4629276			3,18999E-07

R/cm = 0,63462928

Q= 850,890465

BEKINOX VN 12/1x274/100z

<u>V</u>	<u>l</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
5	0,22896037	21,8378405	0,0014	100	3,36167E-07
10	0,45792074	21,8378405	0,0014	100	3,36167E-07
15	0,6868811	21,8378405	0,0014	100	3,36167E-07
20	0,91584147	21,8378405	0,0014	100	3,36167E-07
25	1,14480184	21,8378405	0,0014	100	3,36167E-07
30	1,37376221	21,8378405	0,0014	100	3,36167E-07
		21,8378405			3,36167E-07

R/cm = 0,29723727

Q= 2472,771974



## BEKITEX 50/2

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
5	0,00099516	5024,29723	0,05274725	100	0,109790533
10	0,00199033	5024,29723	0,05274725	100	0,109790533
15	0,00298549	5024,29723	0,05274725	100	0,109790533
20	0,00398066	5024,29723	0,05274725	100	0,109790533
25	0,00497582	5024,29723	0,05274725	100	0,109790533
30	0,00597098	5024,29723	0,05274725	100	0,109790533
		5024,29723			0,109790533

$$R/cm = 50,2429723$$

$$Q = 10,7477718$$

## Cobre / estaño

<u>V</u>	<u>I</u>	<u>R</u>	<u>D (cm)</u>	<u>L (cm)</u>	<u>ρ</u>
5	193,15942	0,02588535	0,0014	100	3,98474E-10
10	386,318841	0,02588535	0,0014	100	3,98474E-10
15	579,478261	0,02588535	0,0014	100	3,98474E-10
20	772,637681	0,02588535	0,0014	100	3,98474E-10
25	965,797101	0,02588535	0,0014	100	3,98474E-10
30	1158,95652	0,02588535	0,0014	100	3,98474E-10
		0,02588535			3,98474E-10

$$R/cm = 0,75062634$$

$$Q = 2.086.121,74$$

A la vista de los resultados, vemos que la fibra BEKINOX VN 12/1x274/100z es la que mayor calor desprende en la situación descrita al principio del apartado, por tanto, es la que elegimos para continuar con los análisis.



#### **4- Conductividad de hilados convencionales**

Al igual que hicimos con los materiales metálicos, sometidos a la misma prueba a los hilados convencionales, para ver la diferencia que existía entre ellos en cuanto a conductividad y efecto Joule. Nuestra sorpresa fue la de que ninguno de los materiales ensayados (PES, CO, PES/CO, PAN....) dejaba el paso a ninguna intensidad eléctrica apreciable. Pensábamos que dependiendo de la higroscopicidad de las fibras, dejarían algún paso de corriente, pero estábamos equivocados en nuestras hipótesis.

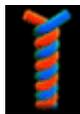
Por tanto, en un principio descartamos como factor trascendental el tipo de materia a emplear como hilado convencional, pero aún así, haremos pruebas con las diferentes materias, por observar el comportamiento.

#### **5- Doblado hilos metálicos y convencionales**

Con las diferentes materias realizamos 3 tipos de recubrimientos diferentes, y observaremos los resultados en las conductividades.

##### **5.1- Doblado mínimo, 150 vueltas / metro**

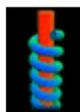
Realizamos un doblado muy ligero, en las que no interfiere demasiado unas materias con otras.



Los resultados de conductividad no varían respecto al que tenía el hilado metálico por sí mismo.

##### **5.2- Doblado medio 350 vueltas / metro**

Esta vez implicamos algo más al hilado convencional, haciéndolo recubrir el metálico, para intentar dar un aspecto y tacto común, pero con anima metálica conductora.



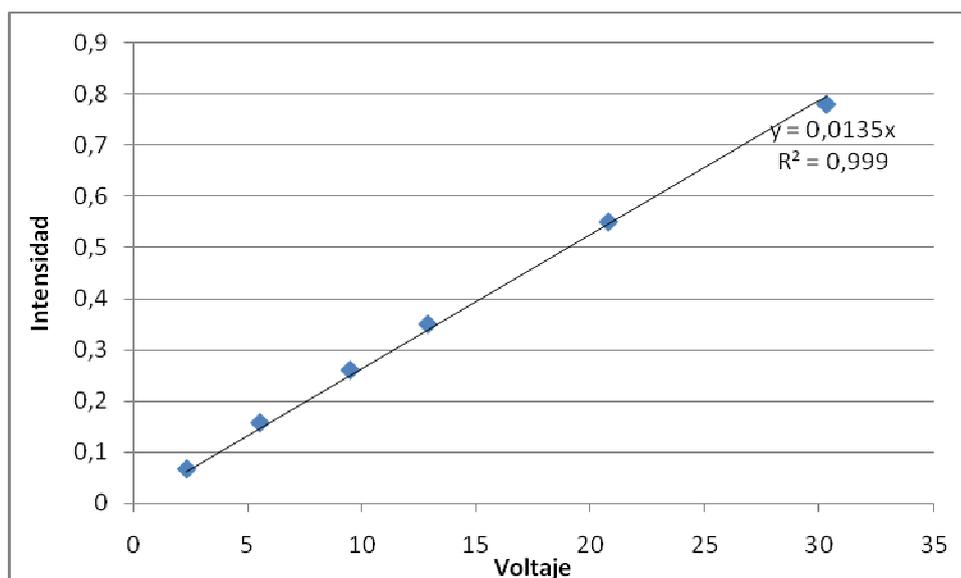
En esta ocasión sí que se aprecian cambios en la conductividad, y se ve reducida considerablemente.



CO - BEKINOX VN/12/1x274/100z

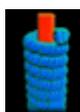
V	I	R	D (cm)	L (cm)	$\rho$	
2,33	0,0667	34,9325337	2	120	0,91453159	
5,54	0,157	35,2866242	2	120	0,92380166	
9,49	0,26	36,5	2	120	0,95556777	
12,89	0,35	36,8285714	2	120	0,96416975	
20,8	0,55	37,8181818	2	120	0,99007768	
30,3	0,78	38,8461538	2	120	1,01698993	
					35,8869323	0,93951769

R/cm = 0,29905777



### 5.3- Doblado alto a 500 vueltas/ metro

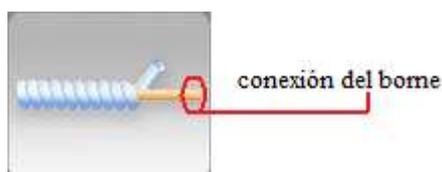
Ahora vamos a realizar un recubrimiento total del filamento metálico con el convencional, para ocultar totalmente el metal.



Los resultados de conductividad son totalmente aislantes, no pasa ninguna intensidad de corriente, el hilado convencional a aislado por completo al metálico.



A la vista de los resultados obtenidos, discurrimos que el aislamiento es debido a que los bornes de la fuente de alimentación no contactan con el metal y por tanto, no se produce paso de corriente. Ya que este ultimo tipo de doblado es el que nos resulta más interesante, decidimos repetir el ensayo pero en esta ocasión dejando los extremos del hilo donde se conectan los bornes, libres de hila convención, y permitiendo el contacto total con el metal.



Los resultados cambian totalmente, consiguiendo la misma conductividad que tenía el hilado metálico libre.

Es importante señalar, que en el ensayo de estos muestreos, las fibras de PES tenían un comportamiento extremo en las intensidades más altas, ya que debido al alto calor desprendido, fundían, por lo cual vamos a descartarlas de momento. Preferentemente vamos a seguir trabajando en nuestras investigaciones con fibras de algodón.



## **6- Medidas de efecto Joule**

Para medir el calor que puede llegar a desprender, sumergiremos 80 cm del hilado en 200 ml de agua ultrapura durante 45 minutos a un voltaje de 30,3 voltios, y registramos los cambios de temperatura.

BEKINOX VN 12/1x274/100z

t (min.)	Tª ambiente	Tª en agua	Aumento Tª
0	25,9	24,6	0
5	25,8	25,6	1
10	25,9	27,4	2,8
15	25,8	28,7	4,1
20	25,8	29,9	5,3
25	25,7	30,7	6,1
30	25,8	32	7,4
35	25,8	32,4	7,8
40	25,8	33	8,4
45	25,7	33,7	9,1

BEKINOX VN 12/1x274/100z + Algodón

t (min.)	Tª ambiente	Tª en agua	Aumento Tª
0	27,2	27	0
5	27	27,7	3,1
10	26,9	28,5	3,9
15	26,8	29,3	4,7
20	26,7	29,8	5,2
25	26,7	30,4	5,8
30	26,5	31,4	6,8
35	26,2	30,9	6,3
40	26,3	31,2	6,6
45	26,1	31,5	6,9



## **1- Introducción**

Tal y como nos marcamos en nuestros objetivos iniciales, hemos avanzado con bastante éxito en nuestra investigación sobre las aplicaciones técnicas de los hilados metálicos en textiles inteligentes (smart textil).

Hemos conseguido diseñar, desarrollar y reproducir una metodología de trabajo, que nos permite caracterizar y comparar hilados metálicos, convencionales y la combinación de ambos, en aspectos de resistividades y emisión térmica. Estos resultados los hemos validado al compararlos con los resultados facilitados por los proveedores de hilados metálicos.

## **2- Evaluación y conclusión**

De los hilados metálicos con los que hemos trabajado, el que mejores características presenta para nuestros objetivos es el “BEKINOX VN 12/1x274/100z”, ya que es el que posee una menor resistividad eléctrica que el resto de hilados y produce una mayor emisión térmica por el efecto Joule.

		$\rho$	R/cm	Q
1	VN 14/1X90/100Z	1,1555E-06	0,75062634	719,399218
2	BEKINOX VN 14/1X90	1,0559E-06	0,68590184	787,284668
3	BEKITEK 50/2	0,10979053	50,2429723	10,7477718
4	BEKINOX VN 8/1X275	3,19E-07	0,63462928	850,890465
5	Cobre / estaño	3,9026E-09	0,49689655	1064,34783
6	BEKINOX VN 12/1x274/100z	3,3617E-07	0,29723727	1816,73043

A la vista de los resultados, nos decidimos a centrar nuestro trabajo sobre este hilado, y probar diferentes variantes y combinaciones con materiales de PES, CO, CV, PAN, etc. Los efectos que pueden tener la naturaleza de los hilados convencionales, no es nada trascendente en la emisión térmica o la transferencia de electrones (conductividad). Todas presentan un efecto totalmente aislante, probablemente haya una ligera conductividad, pero demasiado ínfima como para poder ser percibida por nuestros equipos, que están preparados para controlar y valorar conductividades consideradas de importancia. Lo que sí que ha de hacerse mención, es el comportamiento que presentan las fibras de PES, ya que debido a la alta emisión térmica, el poliéster funde junto con la fibra metálica, mostrando un comportamiento inviable para continuar utilizándolo en nuestra investigación.

Finalmente nos decidimos por emplear fibras de algodón, aunque no descartamos realizar algún cambio en la elección del hilado convencional, si el diseño de nuestro producto final lo requiriese por algún motivo.

Realizamos diferentes pruebas de torsión con el algodón y el Bekinox vn 12, y comparamos los resultados que se obtienen en cada caso. Vemos que cuanto más recubrimos el metal con el algodón, al haber menos contactos de los bornes de la fuente



de alimentación con el metal, la conductividad se reduce considerablemente, actuando el algodón como aislante. Siendo nuestra intención la de recubrir totalmente el metal, para darle un aspecto final de “convencional”, pensamos que lo mejor será posibilitar un contacto total en los extremos del hilados, para favorecer totalmente la conductividad y no ver afectados las características técnicas que queremos aprovechar.

Por tanto, obtenemos los siguientes resultados de variación térmica:

