

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERO INDUSTRIAL

**DISEÑO Y DESARROLLO DE
UNA PLANTILLA DE CALZADO
CAPAZ DE ABSORBER EL SUDOR Y
ELIMINAR LOS MALOS OLORES**



Universidad de Zaragoza



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**



**Departamento de Ingeniería
de Diseño y Fabricación**

Director:

Iván Lidón López

Autor:

Antonio Monter Soláns

Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación

Área de Proyectos de Ingeniería

Universidad de Zaragoza

Zaragoza, Febrero de 2012

AGRADECIMIENTOS

Este Proyecto Fin de Carrera supone el fin de una etapa en mi vida y el comienzo de una nueva en la que, ojalá, pueda tener tan buenos momentos como he tenido en ésta.

Es una buena ocasión para echar la vista atrás y darse cuenta de todo lo que he vivido estos últimos años, por lo que no puedo desaprovechar el momento para agradecer a todos los que han estado a mi lado y me han ayudado a llegar hasta aquí.

Mis primeros agradecimientos son para Iván Lidón y Rubén Rebollar, por su disponibilidad para el proyecto, sus consejos y sus recomendaciones.

A la empresa Troquelados Rogelio Inés S.L., de Illueca, por la confianza depositada y su colaboración en todo lo que he necesitado.

A mis compañeros de carrera y a mis amigos del Colegio Mayor Virgen del Carmen, que han hecho que estos años en Zaragoza sean inolvidables.

A Carmen, por su cariño y comprensión, por acompañarme en cada paso, por hacerme siempre sonreír y, como ella dice, “por aguantarme”.

A mis amigos de toda la vida, con los que he compartido buenos y malos momentos, pero que no me han fallado nunca y sé que van a estar ahí siempre.

Y como no, a mis padres, a mis hermanos y a toda mi familia en general, por haberme ayudado a crecer y madurar y porque siempre me han apoyado, y no me refiero únicamente durante esta dura carrera, sino en todos los aspectos de la vida.

A todos vosotros...

¡¡MUCHAS GRACIAS!!!

RESUMEN

La idea del proyecto nace cuando la empresa sita en Illueca, Troquelados Rogelio Inés S.L., se pone en contacto con la Universidad de Zaragoza, en particular con el Área de Proyectos del Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. La empresa busca un estudiante que esté interesado en colaborar con ella para diseñar una plantilla capaz de absorber el sudor, manteniendo el pie fresco en todo momento, y eliminarlo, siendo lo más transpirable posible.

La memoria del proyecto explica los pasos que se han ido siguiendo para el desarrollo del mismo. Se empieza por una intensa investigación previa, puesto que, al inicio, no se es consciente de la gran cantidad de información que se puede recabar sobre este mundo de las plantillas.

La definición de las especificaciones técnicas que iba a tener la plantilla final es un paso imprescindible, pues se va a trabajar a partir de ello.

Tras este hito, se propone a la empresa el desarrollar una plantilla que no únicamente mantenga el pie fresco, sino que, además, sea capaz de eliminar los malos olores provenientes de los pies. La empresa está de acuerdo con ello, ya que con este aspecto aún se diferenciaría más respecto de los productos de la competencia.

Tras una intensa búsqueda de materiales y algún ensayo en laboratorio, se pasa a la selección de los materiales que se van a utilizar en los prototipos de las plantillas. Se piden muestras de estos materiales a suministradores de todo el mundo, y una vez recibidos, la empresa Troquelados Rogelio Inés S.L. comienza con la fabricación de dichos prototipos.

Con tests de prueba, se va mejorando el prototipo hasta encontrar el que ya se considera el definitivo. La plantilla diseñada queda a disposición de la empresa illuecana para su distribución y venta.

TABLA DE CONTENIDOS

MEMORIA

1. Introducción	5
1.1. Definición del proyecto	5
1.2. Contexto del proyecto	6
1.3. Objetivos del proyecto	6
1.4. Justificación del proyecto	8
1.5. Alcance del proyecto	9
1.6. Contenido del documento	10
2. Especificaciones técnicas requeridas de la plantilla de calzado	11
3. Búsqueda y análisis de información	13
3.1. El sudor	13
3.2. Diferencia entre absorción y adsorción	16
3.3. Empresas del sector	17
3.3.1. Bama	17
3.3.2. Pod-Olor	17
3.3.3. Woly	18
3.3.4. Peusek	18
3.3.5. Devor-Olor	18
3.4. Productos de similar utilidad y sus materiales	19
3.4.1. Poliacrilato de sodio	19
3.4.2. Fibras celulósicas	20
3.4.3. Fibras vegetales	20
3.5. Materiales más comunes utilizados en plantillas en la actualidad	23
3.5.1. Algodón	23
3.5.2. Carbón activado	23
3.5.3. Corcho	24
3.5.4. Poliéster	25
3.6. Otras tecnologías	25
3.7. Tabla resumen	27

4. Búsqueda de materiales de nueva aplicación y su investigación	28
4.1. Materiales interesantes	28
4.1.1. Carbón de bambú	29
4.1.2. Cobre	34
4.1.3. Plata	38
4.2. Distribuidores de las diferentes muestras	40
4.3. Ensayo realizado con las muestras	42
4.3.1. Tipo de ensayo	42
4.3.2. Conclusiones al ensayo	46
5. Prototipos	48
5.1. Realización de prototipos	48
5.2. Tests de prueba	50
5.3. Modificación de prototipos	52
5.4. Diseño final	55
6. Expectativas para el futuro	58
7. Conclusiones	59
8. Bibliografía	61

ANEXOS

- I. Diferentes tratamientos contra el sudor en las empresas**
- II. Fotos del microscopio electrónico de barrido**
- III. Estudio sobre la actividad antimicrobiana del cobre de la Universidad de Chile**
- IV. Diferencia de la eficacia antimicrobiana entre el cobre y la plata**
- V. Ensayo realizado**
- VI. Hoja de los tests de prueba**

1. Introducción

Hoy en día, poca es la gente que compra un producto sin haber comparado antes las características que ofrece el mismo con las que ofrece el de la competencia. Además, estamos en una época donde el bienestar y la salud son aspectos muy relevantes para los consumidores.

Por ello, la industria del calzado es consciente de que la sudoración y la humedad de los pies, y los malos olores que ellos desprenden, son factores muy a tener en cuenta en sus productos. El cliente busca el máximo confort posible en sus pies y estas empresas deben intentar ofrecérselo.

La sudoración del pie es la causa principal del nivel de humedad en el interior del zapato, y está relacionada, además de con la actividad que se esté realizando y la temperatura y humedad relativa exterior, con otros factores inherentes a las características físicas y materiales del calzado, y particularmente de la plantilla, que es la parte que está más en contacto con la zona de sudoración.

1.1 Definición de proyecto

El proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una plantilla de calzado capaz de absorber el sudor proveniente del pie y de eliminar el mal olor causado por él.

Se ha incidido más en lo referente a eliminación de malos olores, puesto que el disponer de una plantilla capaz de ello se convertirá en un elemento diferenciador de la competencia que le proporcionará una significativa ventaja respecto a los demás.

Sin embargo, no se puede omitir el tema de la absorción del sudor, ya que la humedad puede ocasionar malestar e incluso enfermedades en los pies.

Por ello, el diseño final será el de una plantilla que transpire y evacúe la humedad en la medida de lo posible, pero que además, elimine el olor a pies del calzado.

1.2 Contexto del proyecto

La empresa Troquelados Rogelio Inés S.L., de Illueca (Zaragoza), es una empresa cuya actividad principal es la fabricación de plantillas y complementos para calzado. Tras ponerse en contacto con la Universidad de Zaragoza para solicitar colaboración en el proyecto, es el grupo de investigación ID_ERGO de la propia Universidad el encargado de desarrollarlo. El profesor doctor D. Iván Lidón López, que pertenece a dicho grupo de investigación, decide contar conmigo en la realización de este proyecto, siendo él mismo el director del proyecto.

Actualmente, la empresa Troquelados Rogelio Inés S.L. comercializa en el mercado, entre otros productos, la plantilla Neutrolor. Esta plantilla es la que fabrica como la que mejores prestaciones tiene en el tratamiento del sudor y la empresa busca mejorarla, dando un salto de calidad y posicionarse en el mercado nacional e, incluso, internacional.



Imagen 1. Logotipo de Neutrolor.

Personalmente, he iniciado este proyecto sin apenas conocimiento previo en los temas de sudor y de plantillas, así que he empezado de cero en su realización.

1.3 Objetivos del proyecto

El objetivo final del proyecto, como ya se ha mencionado anteriormente, es el de desarrollar, mediante un diseño previo, una plantilla de calzado capaz de absorber, y posteriormente evacuar, el sudor del pie y de eliminar el mal olor provocado por él.

Así pues, la plantilla que se quiere diseñar debe ser:

- Transpirable, disminuyendo la humedad causada por la humedad del pie.
- Desodorizante, evitando con ello los malos olores y sus molestias ocasionadas.

- Duradera, es decir, que no sean desechables y que mantengan sus propiedades a lo largo de la vida del zapato.
- Con un precio no muy elevado, para que no suponga un incremento importante en el precio total del calzado.
- Cómodas, que causen una sensación de confort en el consumidor.

La empresa será la encargada de proporcionarle a la plantilla la ergonomía adecuada, en cuanto a forma y espesor se refiere. Los materiales utilizados y el orden de su colocación respecto al zapato serán las principales aportaciones de este proyecto.

Otro objetivo, aunque se considera obvio, es la mejora de la plantilla que suministra la empresa en el tratamiento del sudor, es decir, mejorar la plantilla Neutrolor. La empresa se verá beneficiada por un aumento de ventas y, por tanto, de ingresos.

El precio actual en el mercado de la plantilla Neutrolor es de aproximadamente 8 euros.



Imagen 2. Plantilla de Neutrolor en la actualidad.

1.4 Justificación del proyecto

La principal justificación del porqué de este proyecto es la importancia que, cada vez más, da la sociedad a su propio bienestar y a su propia salud.

Las soluciones actuales del mercado tienen el inconveniente de que, si bien algunas son capaces de recoger el sudor del pie (manteniéndolo fresco en todo momento), no tienen la posibilidad de evacuarlo hasta que el zapato deja de ser usado, momento en el que el sudor se elimina por evaporación a la atmósfera. Y aquellas que transpiran muy bien, no son capaces de eliminar el mal olor que se queda en la misma plantilla. Hoy en día, aparecen también plantillas capaces de eliminar los malos olores, pero cuya eficacia se pierde tras pocos usos.

Otra solución existente actualmente que intenta facilitar esta transpiración, es la introducción de orificios en el diseño del calzado, con o sin membrana intermedia. El inconveniente aquí es su alto coste y su eficacia real está muy por debajo de su repercusión mediática y comercial.

Además, estamos en un momento con grandes dificultades económicas para la sociedad y es por eso que muchos fabricantes extranjeros, con una mano de obra y unos costes de producción menores que aquí en España, pueden ofrecer los productos a precios inferiores. La innovación de productos, ofreciendo un mayor nivel de calidad y mejores rendimientos, es la solución contra ese hándicap.

Adicionalmente, la plantilla, de coste reducido y altas prestaciones, supondrá para la empresa el poder contar con una alta demanda en el mercado, ya que sus competidores habituales no la dispondrán.

1.5 Alcance del proyecto

Como bien se ha indicado hasta ahora, la meta de este proyecto es una plantilla que sea capaz de absorber el sudor procedente del pie y permitir su evacuación, así como de eliminar el mal olor que causa.

Para la realización de este proyecto, los hitos a alcanzar, en orden cronológico, son los siguientes:

- Definición de las especificaciones técnicas de la plantilla de calzado.
- Búsqueda de información de lo que actualmente hay en el mercado y del estado de la técnica, tanto en el tema de absorción como en el tema de eliminación de olores. Se realizará una investigación comercial y de patentes.
- Investigación de nuevos materiales o aplicación de materiales utilizados en otros campos, y que se crean convenientes para este proyecto.
- Diseño de productos y fabricación de los diferentes prototipos.
- Pruebas y modificaciones al diseño propuesto.
- Desarrollo final del producto.

La memoria no contará con un balance económico, pero sí se buscará, en todo instante durante la realización del proyecto, una minimización de costes, tanto en materiales como en el proceso de fabricación.

Además, la empresa Troquelados Rogelio Inés S.L. estableció como restricción, a ser posible, la no inversión ni en maquinaria ni en recursos humanos, por lo que las plantillas debían poder desarrollarse en sus instalaciones sin requerir mucho más de lo que dispone. El proceso de fabricación no debía suponer un gran desembolso, así que las nuevas tecnologías quedaban, a priori, descartadas.

1.6 Contenido del documento

Dentro de este documento, en el se va a pretender plasmar de forma clara y concisa todo lo que ha sido en sí el proyecto, aparecerán primeramente las especificaciones técnicas que se va a intentar que tenga la plantilla final diseñada.

También se va a encontrar una pequeña investigación de las empresas del sector más importantes y conocidas, los productos cuyas funciones son similares a las plantillas a diseñar y los materiales más comúnmente utilizados en ellas.

A raíz de esto último, se irán buscando nuevos materiales o de nueva aplicación en este sector, que puedan ser útiles en la finalidad de este proyecto y que puedan cumplir las especificaciones definidas.

Se resumirá brevemente los ensayos realizados juntos con las conclusiones obtenidas en ellos.

Por último, previo a la conclusión final del proyecto y la biografía, se hablará de los prototipos realizados, de las mejoras realizadas en cada paso y sus modificaciones hasta la obtención de lo que se considere la plantilla final. Se indicará, también, de qué manera se han cumplido los objetivos con ese diseño final.

En el apartado de anexos, se podrá ver más información sobre productos, materiales y técnicas utilizados en la actualidad, fotos del microscopio electrónico del carbón de bambú, información adicional a los ensayos realizados, estudios científicos llevados a cabo hasta la fecha y otros datos que, aunque no carecen de interés, no tienen la relevancia necesaria para aparecer en la memoria o no han sido desarrollados por mí mismo.

2. Especificaciones técnicas requeridas de la plantilla de calzado

Este es un apartado del proyecto que, aunque pueda parecer sencillo y sin importancia, va a ser clave en el desarrollo del mismo. Consiste en la definición y caracterización de la plantilla de calzado a diseñar, con todas sus especificaciones técnicas, permitiendo así a la empresa diferenciarse de sus competidores. Todo lo que se va a realizar a partir de ahora va a tener como finalidad el cumplir estas especificaciones.

En lo que al sudor y al mal olor se refiere, existen cantidades de plantillas, todas diferentes, en las que se puede apreciar un rasgo en común: aquellas cuya absorción y transpiración del sudor es satisfactoria, no disponen de ningún sistema para eliminar los malos olores; y aquellas que se centran en eliminarlos, no disponen de ninguna técnica para evacuar el sudor, quedándose la plantilla empapada y los pies húmedos.

Así pues, las dos principales características que va a tener la plantilla a diseñar, y por tanto, van a diferenciarla del resto, son su capacidad de transpiración y su capacidad de eliminar el mal olor provocado por la sudoración del pie. Que estas dos especificaciones se impongan en una misma plantilla va a resultar atractivo para el consumidor, que podrá disfrutar de unos pies secos y sin olor.

Si bien ha quedado claro que se va a dar especial importancia al tema del sudor y a la eliminación del olor, no podemos obviar que una buena plantilla debe ser duradera, debiendo mantener su eficacia el máximo tiempo posible.

También va a ser indispensable que la plantilla sea cómoda y que el consumidor no sufra molestias ni dolores durante su uso continuo. Por ello, la plantilla, que constará de diferentes capas, deberá disponer la primera de ellas (la más cercana al pie) de un material suave y liso, y la última (la que estará en contacto con la suela del zapato) de un material capaz de amortiguar los golpes y lo más antideslizante posible.

Otra especificación importante es que la plantilla no debe tener demasiado espesor. Sí es cierto que cuanto más gruesa sea la plantilla, más fácil sería el hacer una

mejor plantilla, puesto que más capas con diferentes materiales se podría introducir. Cada material, y por tanto, cada capa, incorporaría una característica diferente, mejorando la plantilla. Sin embargo, no se va a poder crear una plantilla con grandes dimensiones, puesto que el consumidor seguramente no la aceptaría, e incluso sería incómoda. El calzado que se diseña actualmente no acepta plantillas más allá de los 4mm; a partir de ahí resultaría incómoda. Por tanto, se debe encontrar un equilibrio entre el espesor de la plantilla y la eficacia de la misma.

Además, se va a diseñar una plantilla cuyos materiales impidan la proliferación de enfermedades. Éstos deberán ser antifúngicos, que impidan el crecimiento de cualquier tipo de hongo, y antimicrobianos, que eliminen todo tipo de microbios, incluidas las bacterias.

Y por último, no se debe olvidar el precio de la plantilla a diseñar. Por muy buena que sea una plantilla, ésta no va a ser aceptada en la sociedad si su precio es demasiado alto. Se deben buscar materiales eficaces y lo más baratos posibles, e intentar minimizar los costes de producción. La plantilla debe ser económica si se quiere que su venta sea exitosa.

Como breve conclusión, se va a incluir a continuación las especificaciones nombradas, y que, una vez se haya diseñado la plantilla final, se analizarán una por una para ver si cumple todas ellas o no:

- Desodorizante.
- Transpirable.
- Duradera.
- Cómoda.
- Poco espesor.
- Antimicrobiana.
- Antifúngica.
- Barata.

3. Búsqueda y análisis de información

Es en este apartado y en el siguiente donde se va a comentar de manera resumida toda la información previa obtenida antes de empezar con la fabricación de prototipos y la realización de ensayos. En este capítulo aparecerá una breve introducción, un pequeño análisis del mercado y algunas de las nuevas tecnologías del sector.

También se realizó una breve búsqueda de información en patentes nacionales e internacionales, pero apenas se encontró material interesante. Es por ello que se le ha dedicado más tiempo a obtener información a través de la investigación comercial que a través de las patentes.

3.1 El sudor

No se puede pensar en eliminar el sudor si no se conoce cuál es su composición, cuál es el motivo de su aparición o por qué desprende ese mal olor.

El sudor es una sustancia producida por el propio cuerpo como medio de refrigeración del mismo. Puede ser causado también por una respuesta física a la intranquilidad y al miedo, ya que estos estímulos aumentan la excitación del sistema nervioso.

El sudor es un líquido compuesto por agua, sales minerales y otras sustancias, producido por las glándulas sudoríparas que se encuentran situadas en el tejido subcutáneo, por debajo de la dermis.

Para los seres humanos, el hecho de sudar es una necesidad fisiológica cuando hace calor o cuando se practica deporte. La temperatura de nuestro cuerpo se mantiene constante dentro de unos límites gracias al metabolismo y a la existencia de mecanismos termorreguladores, donde la sudoración juega un papel fundamental. Cuando el sudor se evapora de nuestra piel, reduce el exceso de calor de nuestro cuerpo, permitiendo así la estabilidad de la temperatura corporal.

En cuanto al sudor en los pies, éste da una sensación de humedad a veces molesta y además, en la mayoría de los casos, proporciona malos olores.

El sudor por sí mismo no huele, pero esta humedad si facilita la formación de elementos volátiles desagradables procedentes de las bacterias saprófitas de la piel. Es decir, al sudar se crean unas condiciones de humedad que pueden proliferar bacterias que provoquen la formación de metilmercaptano, un gas con un olor muy desagradable (este gas es, para poner un ejemplo, el causante también del mal olor de la halitosis).

Pero no se suda lo mismo en todas las partes del cuerpo, todo depende de la cantidad de glándulas sudoríparas que existen en la zona del cuerpo de que se trate. Así pues, las zonas donde más aparecen estas glándulas son las axilas y los pies, de ahí que se produzcan allí malos olores, y también, en algunas personas, en las palmas de las manos y la frente.

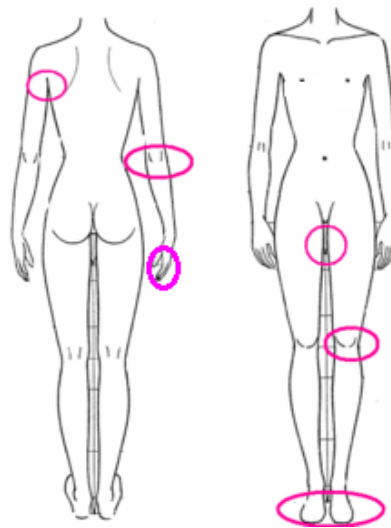


Imagen 3. En la imagen se pueden observar las zonas del cuerpo con mayor sudoración.

Aparte de lo anterior, no todas las personas sudan igual. Por ejemplo, los niños y los ancianos tienen un grado de madurez de las fibras del sistema nervioso diferentes a las de los adultos y por ello sudan menos. Además, la temperatura y la humedad en el ambiente son factores muy importantes a la hora de la sudoración, ya que el cuerpo necesitará más o menos regulación térmica. El metabolismo de cada una de las personas y el tamaño de pie también influirán en la cantidad de sudor que se evacúa por los pies, así como el ejercicio físico realizado por la persona.

Con todo esto, y siempre como dato aproximado, en cada planta de los pies pueden existir hasta 600.000 glándulas sudoríparas en un adulto. El sudor promedio que suele expulsar una persona por sus pies es:

- Día muy caluroso o ejercicio físico extremo: 25-30 gramos / hora.
- Día con temperatura agradable y sin apenas ejercicio físico: 2 gramos / hora.

Estas cantidades serán útiles a la hora de analizar qué materiales pueden ser usados en las plantillas, pues deben ser capaces de absorber, en primer lugar, esa cantidad como mínimo, y luego, dejarla evaporar.

Pero aparte de lo considerado hasta ahora, hay que darle especial importancia también a la salud del pie. El hecho de sudar y generar una gran cantidad de humedad en el pie puede causar graves enfermedades como, por ejemplo, el pie de atleta. El pie de atleta causa enrojecimiento y picor constante. Algunos casos pueden presentarse sin síntomas, excepto por la característica maloliente de la infección. Es frecuente ver también grietas, ampollas y escamas en el área afectada.

El mantener el pie húmedo por tiempos prolongados aumenta el riesgo de aparición o permanencia de la infección, pues crea un ambiente cálido, húmedo y oscuro favorable para el hongo dermatofito provocador de la micosis.



Imagen 4. El pie de atleta genera grietas en la piel y ampollas.

3.2 Diferencia entre absorción y adsorción

La absorción es un proceso físico o químico en el cual átomos, moléculas o iones pasan de una primera fase a otra incorporándose al volumen de la segunda fase.

Es una operación unitaria de transferencia de materia que consiste en poner un líquido (en el caso de las plantillas, el sudor) en contacto con un material (en este caso, la propia plantilla) para que el primero se quede retenido en el segundo, hasta que por evaporación pueda evacuarse a la atmósfera.

Por ejemplo, una esponja en contacto con agua, absorbe el fluido provocándose un aumento de volumen de la esponja.

Por el contrario, la adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material, en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen.

La sustancia que se adsorbe es el adsorbato (partículas del sudor) y el material sobre el cual lo hace es el adsorbente (material de la plantilla). El proceso inverso de la adsorción es la desorción.

Para estos procesos, resultan interesantes materiales con una gran superficie interna, y por lo tanto poco volumen, ya sea en polvo o granular.

Es decir, la adsorción es el proceso mediante el cual un sólido poroso (a nivel microscópico) es capaz de retener partículas de un fluido en su superficie tras entrar en contacto con éste. La adsorción es un proceso exotérmico y se produce por tanto de manera espontánea si el adsorbente no se encuentra saturado.

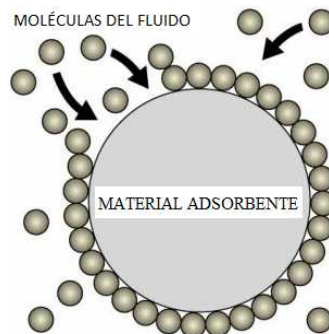


Imagen 5. En el fenómeno de adsorción, la atracción es debida a las fuerzas de Van der Waals.

3.3 Empresas del sector

Existen muchas empresas que se dedican a la fabricación de plantillas especialmente, aunque puedan dedicarse a otras actividades también. Las más importantes de ellas han sido estudiadas y analizadas con el objetivo de ver qué materiales son los más comunes utilizados en la actualidad y ver otras propiedades o características que puedan ser de ayuda para el diseño final de la plantilla.

Algunas de ellas, además de producir plantillas, también fabrican sprays anti-olor para difundirlo dentro del calzado, aunque éste no es tan funcional ya que su eficacia es muy poco duradera.

3.3.1 Bama

Esta empresa alemana es una de las más importantes en el sector donde se desarrolla este proyecto. Entre las características presentes en sus plantillas destacan:

- Musgo como absorbente.
- Capa de carbón activo, contra los malos olores.
- Capa inferior de látex, que da sensación de confort.
- Material exterior con malla, con respiración activa, para dar sensación de pies secos.

Su plantilla más parecida a la aplicación que busca el proyecto, es la “Bama Deo Active”, cuyo precio en el mercado ronda los 8 €.

3.3.2 Pod-Olor

La empresa de la que se va a hablar ahora también introduce partículas de carbón activado para eliminar el mal olor. Por su parte, su capa inferior suele ser una espuma de látex SBR, cuya capacidad de amortiguamiento es elevada y tiene memoria de forma. Sin embargo, en otras plantillas, sustituye ésta por espuma de poliuretano de alta densidad, de celdilla abierta para permitir la circulación del aire.

Su cara exterior es de fibrana, un tejido de celulosa regenerada que reúne cualidades de la lana y el algodón, proporcionándole un aspecto natural y un alto grado de absorción de la humedad.

3.3.3 Woly



Esta empresa británica introduce como novedad una capa superior de fibra de poliéster con iones de plata, un metal antimicrobiano como se comentará en el capítulo siguiente. Su misión fundamental es la de eliminar las bacterias, entre ellas, las que producen el mal olor. Pero además, incluye también una capa intermedia con 40% de carbón activo. La siguiente capa es de texón, un cartón plastificado para reforzar la plantilla, y su última capa dispone de un revestimiento antideslizante.

Su mejor plantilla en cuanto a la aplicación buscada, es la “Woly Textile-Fresh”, con un precio en el mercado de unos 5 €.

3.3.4 Peusek



Esta compañía utiliza medios que ya se han comentado, al menos, en alguna de las anteriores, como son:

- Capa intermedia de fibras de carbón activado.
- Base de látex esponjoso para amortiguar el impacto.
- Tejido suave y resistente para la capa superior.

Su plantilla más eficaz, la “Peusek Carbón Activado”, cuesta unos 6 €.

3.3.5 Devor-Olor



Esta denominación, que en España es una de las más famosas debido sobre todo a la alta publicidad que se le ha dado y su gran desembolso en marketing, se le da a una plantilla procedente de Estados Unidos y que se suministra internacionalmente, en cada país con un nombre y una marca diferente.

Estas plantillas se fabrican sobre una base de tejido de rizo, con alto contenido en algodón que le confiere una mayor resistencia y alta capacidad de absorción. Para neutralizar los malos olores, se introduce carbón activado y también, lo que se conoce como “insta-fresh”, que son polvos vegetales y frutas que desprenden un olor agradable.

Las plantillas “Devor-Olor Doble Acción” pueden encontrarse en el mercado por un precio no superior a los 7 €, y su duración es de unos 6 a 8 meses.

3.4 Productos de similar utilidad y sus materiales

La investigación de materiales posibles y convenientes para el proyecto se comenzó por la búsqueda de productos diferentes a plantillas en los que se utilizan comúnmente materiales con características absorbentes y adsorbentes.

Estos productos a los que se refiere el párrafo anterior serían tales como:

- pañales, con gran poder de absorción de líquidos.
- toallas, con alta capacidad para una rápida evaporación de lo absorbido.
- camisetas interiores, que permiten una rápida desorción del sudor.
- ropa deportiva, que facilite la transpiración.
- calcetines, con facilidad para la desorción.

De toda la búsqueda realizada, los materiales que siguen a continuación son los que durante la investigación han parecido ser los más apropiados, aunque como se va a ver, algunos de ellos han tenido que ser descartados por algún inconveniente que pueden llegar a presentar.

3.4.1 Poliacrilato de sodio

Es conocido también, en inglés, como Super Absorbent Polimer (Polímero Súper Absorbente), o por sus siglas SAP. No es muy difícil entender el motivo: tiene una elevada capacidad de absorción de líquidos, particularmente el agua. Es un polímero sintético y se utiliza de forma granular. Uno de sus usos más comunes son los pañales, puesto que es capaz de absorber líquidos hasta 70 veces su masa y 10 veces en relación a su volumen.

El principal inconveniente, a parte del incremento de volumen que se genera al absorber líquidos y que puede ocasionar defectos en las plantillas, es que cuando absorbe agua se gelifica, es decir, se forma una especie de pasta (ver imagen 8). Esto implica que todo lo que absorbe lo retiene, sin evacuar nada. Por ello, su uso está enfocado a aquellos productos de “usar y tirar”, y no es precisamente lo que se busca para las plantillas que tienen como fin este proyecto.



Imagen 6. Poliacrilato de sodio: antes y después de su inmersión en agua. Se ve como se ha gelificado.

3.4.2 Fibras celulósicas

Entre las fibras celulósicas que existen en la actualidad, la que más útil podría ser útil para este proyecto es la conocida como pasta fluff. Ésta es un material de pulpa de celulosa de pino natural y tiene un uso típico en la fabricación de papel especialmente en Sudamérica, donde esta fibra adquiere su mayor comercialización.

Al igual que el poliacrilato de sodio, tiene una gran capacidad de absorción, unos 9,5 gramos de líquido por gramo de celulosa. El principal inconveniente es, también, su escasa, o incluso nula, facilidad a la evacuación de los líquidos absorbidos.



Imagen 7. Pasta fluff.

3.4.3 Fibras vegetales

Las fibras vegetales tienen ciertas ventajas respecto a las anteriores puesto que permiten una evacuación mucho más rápida. Además son totalmente biodegradables y aguantan el lavado. Su desventaja es que no son tan absorbentes como las fibras celulósicas.

Como ejemplos más interesantes para este proyecto se consideran la fibra de soja y la fibra de cáñamo. Ambas se pueden combinar con otros materiales como el elastano o el algodón para permitir la adición de nuevas propiedades al material.



Imagen 8. Fibra de soja.

Entre las dos, la fibra de cáñamo es más transpirable debido su porosidad y además es más duradera. Es muy similar a la fibra de algodón, aunque no tan suave, pero es más absorbente y hasta tres veces más resistente. Otro aspecto importante para confirmar al cáñamo como un material interesante en la utilización de plantillas para el fin de este proyecto es que tiene un precio competitivo, que no encarecerá mucho la plantilla.

Esta fibra de cáñamo proviene de la planta *cannabis sativa*, y se conoce como cáñamo industrial para diferenciarlo de otro tipo de cáñamo (*cannabis índico*), utilizado para fabricar sustancias estupefacientes. Es importante destacar esta diferencia ya que, por ello, la plantación de cáñamo en muchos lugares ha disminuido, al no estar bien visto su cultivo. Otro motivo de su no adaptación total, es el auge del algodón en la actualidad, dejando al cáñamo en un segundo plano.



Imagen 9. Fibra de cáñamo, tanto en fibra como en tela.

En su composición predomina la celulosa (entre un 75% y un 85%) y el diámetro de sus fibras es de entre 16 y 50 μm . Es biodegradable y reciclable, no requiere de pesticidas ni herbicidas en su crecimiento y además, absorbe más dióxido de carbono que otras plantaciones durante su cultivo.

Por otro lado, el cáñamo también dispone de propiedades antibacterianas naturales: el cannabiol es una sustancia que se encuentra en el cáñamo, la cual previene la formación y el crecimiento de gérmenes. Esta característica no se pierde con los lavados.

La fibra de cáñamo tiene una alta resistencia térmica, haciendo que sea más fresca en verano y más cálida en invierno, lo cual va a proporcionar una mejor sensación de confort al usuario.



Imagen 10. Tallo de Cannabis mostrando las fibras.

Por último, dentro de las fibras vegetales hay que nombrar también la fibra de coco; aunque ésta se descartó, al igual que la fibra de soja, por la superioridad que presenta el cáñamo en cuanto a propiedades se refiere.



Imagen 11. Fibra de coco

3.5 Materiales más comunes utilizados en plantillas en la actualidad

Como se ha podido observar en apartados anteriores, muchos de los materiales utilizados en las plantillas de diferentes empresas son comunes en todas ellas, y las propias plantillas son combinación de algunos de ellos.

A continuación, se va a describir mediante un breve comentario los considerados más relevantes en la fabricación actual de plantillas, siempre refiriéndose al tema de absorción de sudor y de eliminación de olores.

3.5.1 Algodón

El algodón es un material capaz de absorber una cantidad elevada de agua. Además proporciona al pie un tacto agradable y cómodo, y lo protege contra el frío. El problema que tiene es que la desorción de agua no es muy rápida. Otro inconveniente es que para una absorción de sudor adecuada, el espesor de su capa ya tiene que ser considerable. Se suele incluir como capa externa o como capa intermedia.



Imagen 12. Lámina en rollo de algodón.

3.5.2 Carbón activado

El carbón activado es el material más usado actualmente para eliminar los malos olores. Es un carbón vegetal y se presenta en forma de pequeños gránulos o en fibras combinadas con otros materiales. Para activar un material se expone la materia prima a elevadas temperaturas y vapor de agua. Así se crea una estructura muy porosa y con canales minúsculos, lo que provoca una gran superficie interna.

El fenómeno por el que el material atrae y retiene partículas es el fenómeno físico de la adsorción, explicado anteriormente.

El carbón activado es un adsorbente muy versátil porque el tamaño y la distribución de los poros en la estructura pueden controlarse para satisfacer cualquier necesidad. El área superficial habitual para este material es de 1000-2000 m²/g.

Su principal inconveniente es que los poros son limitados y llega un momento en el que las cavidades se saturan. Es posible la reversibilidad de la adsorción, normalmente mediante una desorción térmica, aplicando calor y presión.

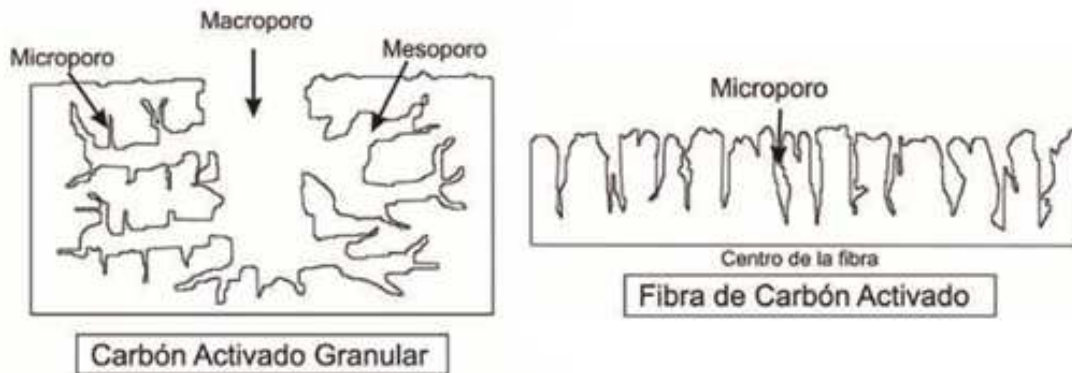


Imagen 13. Diferente ubicación de los poros en un carbón activado granular y en la fibra de un tejido activado.

3.5.3 Corcho

El corcho es un material que, debido a su porosidad, permite una rápida transpiración y evacuación del agua. Se suele incluir como capa inferior y será por donde se desaloje el agua del sudor captado.

Existe corcho natural y corcho sintético. Ambos proporcionan al usuario comodidad al caminar debido a su amortiguación. Sin embargo, el corcho natural ofrece muy poca resistencia al desgaste y se rompe con facilidad. El corcho sintético, que es una mezcla con caucho generalmente, mejora esta cualidad y alarga la vida de la plantilla, aunque tampoco presenta una larga durabilidad.



Imagen 14. Láminas de corcho.

3.5.4 Poliéster

Como tejido inicial en la capa externa, es decir, la más en contacto con el pie, se suele utilizar poliéster en la mayoría de las plantillas. Esto es debido a que el poliéster es un material con una alta transpiración, permitiendo el paso del sudor a capas inferiores cuya misión sea su tratamiento. Además, permite una alta combinación con diferentes materiales, como por ejemplo, el elastano. Se podría decir que es un tejido de paso, pero al contrario que otros como el poliuretano o el polipropileno, éste permite dicho paso con facilidad. Es suave y flexible, generando máximo confort al usuario.



Imagen 15. Tejido de poliéster.

3.6 Otras tecnologías

Además de lo visto hasta ahora, las grandes empresas del sector están investigando y desarrollando nuevas tecnologías. Entre ellas, las más destacables son:

- **Microencapsulación:** Esta tecnología se basa en un proceso por el cual se recubren pequeñas cantidades de ciertas sustancias activas (como pueden ser olores, bactericidas...) envueltas por un armazón polimérico. Ya sea gradualmente por desgaste o por ser sometidos a una elevada presión, estos agentes activos se liberan de su microcápsula y cumplen su misión.

En cuanto a su inclusión en los materiales, su aplicación es directa en el proceso de acabado sobre el sustrato textil y se lleva a cabo sin alterar su textura. La fijación en el textil se basa en la formación de enlaces químicos fibra-microcápsula, lo suficientemente sólidos para asegurar su solidez al uso.



Imagen 16. Estructura de una microcápsula.

- Outlast: Esta técnica se está desarrollando en Arnedo (La Rioja), por el Grupo Morón. Consiste en buscar la creación de un microclima alrededor del pie, es decir, en el interior de la zona entre el pie y la plantilla Outlast. De este modo, existirá un equilibrio térmico y el cuerpo no necesitará adaptarse a diferentes temperaturas ni refrigerarse, evitando con ello una alta sudoración. Su principal inconveniente es su difícil adaptación.

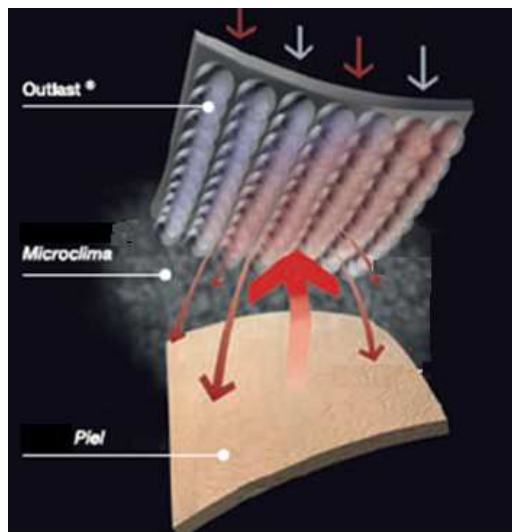


Imagen 17. Creación del microclima en la tecnología Outlast.

Ambas soluciones están siendo investigadas y parece que presentan inconvenientes, por lo que su eficacia es dudosa. Sin embargo, no se puede obviar esta información puesto que, en un futuro, estas técnicas pueden presentar mejoras que las hagan indispensables para la fabricación de una plantilla de calidad. Otros tratamientos que se están estudiando y desarrollando en la actualidad se explican en el ANEXO I.

3.7 Tabla resumen

Antes de continuar con la investigación de los nuevos materiales o los de nueva aplicación, es conveniente incluir una tabla resumen con lo visto hasta ahora y dejar establecido cual de los materiales analizados puede servir o no para el futuro.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Poliacrilato de sodio	Gran absorción, hasta 70 veces su masa.	Aumenta mucho su volumen y se gelifica.
Fibras celulósicas	Gran absorción.	Casi nula transpiración.
Fibra de cáñamo	Absorbente y muy resistente	La evacuación del sudor a la atmósfera no es la ideal.
Fibra de soja	Ambas fibras vegetales son muy similares a la fibra de cáñamo, pero sus propiedades para esta aplicación son peores.	
Fibra de coco		
Algodón	Suave y absorbente.	Dificultad en la evacuación.
Carbón activado	Muy buen adsorbente.	Llegará un momento en el que se sature.
Corcho	Muy buena transpiración.	Poco resistente y no absorbe.
Poliéster	Permite el paso del fluido sin problemas.	No absorbe ni adsorbe.

Con todo lo visto hasta el momento, se va a considerar el cáñamo como el material referencia en cuanto al tema de absorción, mientras que para el tema de eliminación de olores se tenía que seguir buscando más puesto que se quería algo mejor que el carbón activado y además éste era el más usado en la competencia y se buscaba algo novedoso, con diferencias respecto a las demás empresas.

Por otro lado, como capa superior se descartaba el algodón y el poliéster pasaba a ser el candidato para ocupar esa posición.

4. Búsqueda de materiales de nueva aplicación y su investigación

Si hasta ahora se ha hablado de materiales usados comúnmente en la actualidad, ya sea en las mismas plantillas como en otros productos con finalidad que se asemeja, es el momento de analizar otros materiales con los que se pueda optimizar el rendimiento y se pueda cumplir con las especificaciones dadas de la plantilla a diseñar.

Estos materiales serán, junto con alguno de los del capítulo anterior, los que se introduzcan en los prototipos a fabricar y, tras las diferentes pruebas de uso, se evaluarán y se decidirá si son apropiados o no para la plantilla final.

Además, en este capítulo se comentará el ensayo realizado según la norma UNE-EN 12746, sobre la absorción y desorción del agua en plantillas.

4.1 Materiales interesantes

No son muchos los materiales capaces de absorber el sudor y de eliminar el olor. Si se tiene en cuenta que el cáñamo es buen absorbente y que, en principio, se va a contar con él para los futuros prototipos, queda investigar acerca de materiales capaces de eliminar el olor.

En cuanto a la eliminación del olor, se pueden destacar dos modos de efectuarla:

- Mediante el fenómeno físico de la adsorción: Tal y como se ha mencionado antes, las partículas de sudor quedarían en la superficie interna del material adsorbente, con lo que se evitaría que el mal olor se expandiese al ambiente. Se debería tener un material con una elevada superficie interna para evitar que se saturen sus poros.

- Mediante la eliminación de bacterias causantes del mal olor: Rompiendo sus paredes y debilitándolas hasta que mueren. Si se consigue eliminar las bacterias causantes del mal olor, se obtendrán unas plantillas desodorizadas.

Tras la oportuna investigación y comparación entre diversos materiales, se ha llegado a la conclusión que, mediante el fenómeno físico de la adsorción, el material que se considera más apropiado para esta aplicación es el carbón de bambú. Por otro lado, si la forma de acabar con el mal olor es eliminando las bacterias que lo provocan, destacan los metales antimicrobianos, que son el cobre y, en menor medida, la plata.

A continuación, se va a analizar estos tres materiales, estableciendo sus características más generales, y las ventajas y los inconvenientes de su inclusión en las plantillas.

4.1.1 Carbón de bambú

El carbón de bambú es un material muy similar al carbón activado, que se ha explicado anteriormente. Su forma de obtención es la misma (exposición a elevadas temperaturas y vapor de agua), aunque en este caso, la materia prima es, obviamente, el bambú.



Imagen 18. Bambú natural.

Su principal característica y que le diferencia de los demás carbones vegetales es su alta porosidad, hasta 6 veces más que otros carbones. Esto es una de las grandes ventajas de este material, pues al existir tantos poros, su superficie interna es enorme y el fenómeno de adsorción que en él se puede producir es mucho mayor que en el resto.

Además, el bambú ayuda a la microcirculación sanguínea. El carbón de bambú absorbe la radiación infrarroja del medio ambiente, que penetra en las profundidades de la piel y estimula la circulación sanguínea y ayuda en la activación celular.

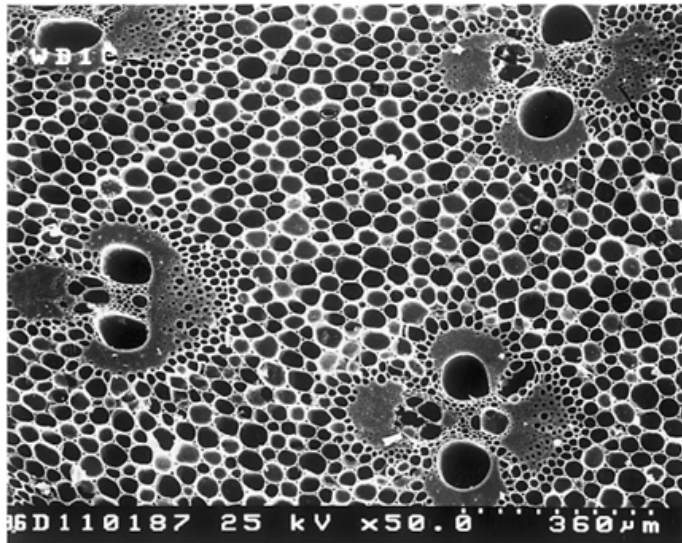


Imagen 19. La alta porosidad del carbón de bambú se aprecia claramente en el microscopio electrónico de barrido.

Este material proviene mayoritariamente de los países asiáticos, donde la plantación de bambú es la más extensa de todo el mundo. Existen diferentes formas de suministrar el carbón de bambú, como por ejemplo, en fibras, en láminas, en polvo y en gránulos más grandes. Las fibras y los gránulos no van a ser tenidas en cuenta para esta aplicación, puesto que va a ser imposible introducirlas en el método de fabricación, principalmente por el propio contexto de la empresa Troquelados Rogelio Inés S.L.

Cuando se habla de láminas se refiere a un envoltorio de polvos finos de carbón de bambú entre dos mantas, generalmente de material plástico (poliéster o polipropileno).



Imagen 20. Lámina de carbón de bambú: polvo de dicho material recubierto por, en este caso, poliéster.

El otro modo de encontrar el carbón de bambú es en polvo. Así, se puede encontrar polvo muy fino, con un diámetro de 10 μm , o más grueso, con un diámetro de 1 mm. La unidad de medida para el tamaño del polvo es el mesh, y cuanto mayor es el mesh, menor es el tamaño del polvo. A continuación, se incluye una tabla de cómo varía el tamaño de grano en función del mesh.

mm	μm	mesh
1mm	1000 μm	14mesh
0.841mm	841 μm	20mesh
0.707mm	707 μm	25mesh
0.595mm	595 μm	30mesh
0.5mm	500 μm	35mesh
0.42mm	420 μm	40mesh
0.354mm	354 μm	45mesh
0.297mm	297 μm	50mesh
0.25mm	250 μm	60mesh
0.21mm	210 μm	70mesh
0.177mm	177 μm	80mesh
0.147mm	147 μm	100mesh
0.125mm	125 μm	120mesh
0.105mm	105 μm	140mesh
0.075mm	75 μm	200mesh
0.068mm	68 μm	230mesh
0.065mm	65 μm	270mesh
0.044mm	44 μm	325mesh
0.037mm	37 μm	400mesh
0.02mm	20 μm	500mesh

Por tanto, ya sea en lámina protegido o en grano fino directamente, el carbón de bambú que interesa para esta aplicación es el polvo. Ahora bien, al poderse fabricar diferentes tamaños de polvo, se debe elegir cuál es el más adecuado.

Por ese motivo, y también por la poca confianza que ofrece el mercado asiático en sus productos, las diferentes muestras que se compraron de este material se observaron por el microscopio electrónico de barrido del Departamento de Materiales de la propia Universidad de Zaragoza. En primer lugar, para asegurar que dichas muestras son carbón de bambú (comprobando que coinciden con imágenes del microscopio electrónico de estudios científicos con carbón de bambú) y en segundo lugar, analizar los diferentes tamaños y elegir cuál es el que más conviene para la introducción de este material en las plantillas.

A continuación se incluyen varias fotografías realizadas por el microscopio electrónico de barrido y un estudio sobre lo observado. Se pueden ver más en el ANEXO II, donde además de verse más fotos sobre el polvo de carbón de bambú, también se incluyen fotos de láminas de poliéster protegiendo al polvo, e incluso, trozos de fibra de carbón de bambú y gránulos. Es importante tener en cuenta las variaciones en la referencia métrica de cada imagen.

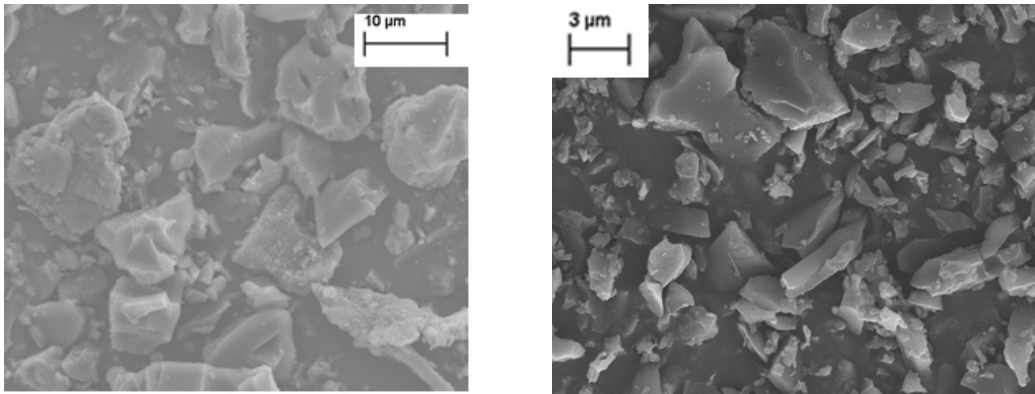


Imagen 21. Imagen del microscopio del polvo 2000 mesh (izquierda) y 400 mesh (derecha).

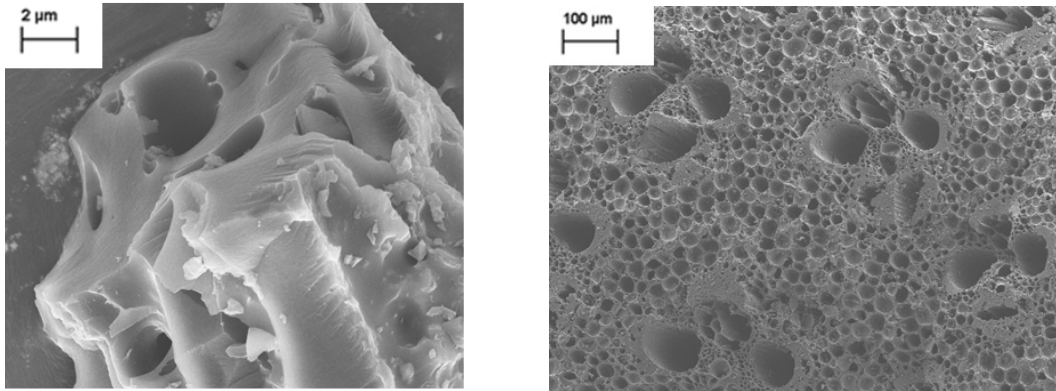


Imagen 22. Imagen del microscopio del polvo 100 mesh (izquierda) y de un gránulo (derecha).

Una de las conclusiones que se obtienen tras la observación de estas imágenes (que se han ordenado de polvo de menor a mayor tamaño) es que el suministrador asiático sí ha proporcionado carbón de bambú, puesto que la imagen del microscopio del gránulo es muy similar a la de los estudios científicos existentes con carbón de bambú.

Otra conclusión, ya más importante para el proyecto, es que, como se puede observar en ellas, el grano más grande (100 mesh) es en el que más se observan las cavidades interiores. Esto podría ser debido a que si se machaca mucho el polvo, estas cavidades también se rompen y por ello, en la foto de polvo muy fino (2000 mesh), apenas se observan esos poros.

Sin embargo, gránulos o polvos de tamaño tan grande como el que aparece en la última imagen, pueden resultar incómodos para el usuario de la plantilla, además de dificultar el proceso de fabricación y se dejaría demasiado hueco libre entre unos granos y otros. Por ello, se cree conveniente que el polvo de carbón de bambú ideal para esta aplicación es el de un tamaño entre 40 y 80 mesh, lo que corresponde a un tamaño entre 420 µm y 250 µm respectivamente.

Por último, hay otras características importantes en el carbón de bambú, y de ahí el alto grado de importancia que se le ha dado, como son su regulación térmica (se siente fresco los días de calor y crea efecto de aislamiento con temperaturas bajas), es lavable (no pierde sus propiedades pese a los lavados) y es ecológico (no se utilizan sustancias químicas peligrosas durante su producción).

4.1.2 Cobre

El 29 de Febrero de 2008 la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) certificó al cobre como el único metal antimicrobiano y, poco después, se creó una nueva tecnología que incorpora partículas microscópicas de cobre iónico para crear una fibra con propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Esta fibra suele ser poliéster, polipropileno o algodón. Existen otras tecnologías donde es óxido de cobre, en vez de cobre únicamente, el material que se utiliza como antimicrobiano.

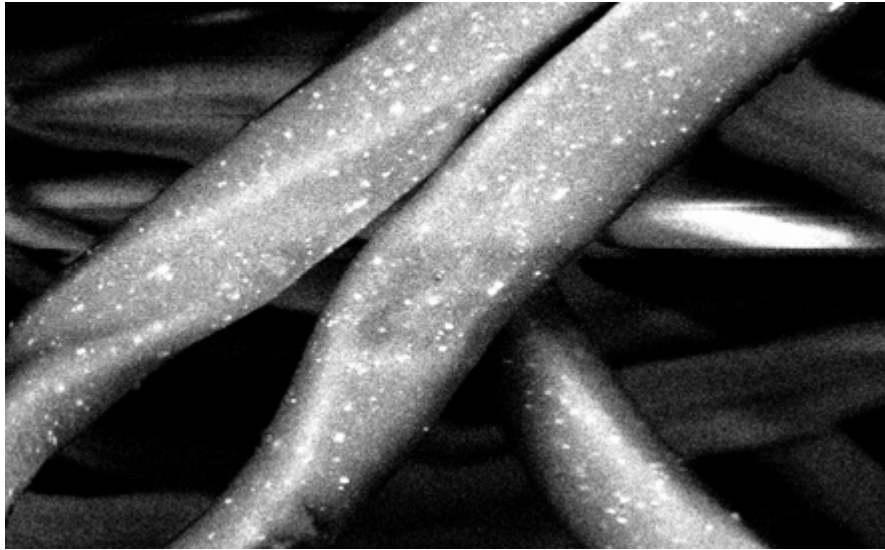


Imagen 23. Fibra de poliéster impregnada con óxido de cobre.

Los resultados científicos realizados hasta la fecha demuestran que los iones de cobre crean una zona natural de protección que elimina el 99,9% de bacterias y hongos, eliminando así las bacterias que causan el mal olor y mejorando la tonalidad de la piel. Además, ayuda a la cicatrización de heridas, combatiendo con ello el pie de atleta y demás enfermedades similares. La protección de esta fibra comienza a trabajar al primer contacto con el organismo (hongo o bacteria) de manera continua, manteniéndose lavado tras lavado. Por esto, el hilado de cobre cumple otro de los objetivos de la plantilla a diseñar, ya que es resistente al desgaste y duradero.

El cobre es uno de los pocos materiales que pueden ser reciclados una y otra vez sin perder sus propiedades. Asimismo, no es ni tóxico ni daña el medioambiente durante su uso, pero tiene el inconveniente de que no es biodegradable.

El cobre se refina a partir del mineral que se encuentra de manera natural en muchos lugares alrededor del mundo. Los cinco principales países mineros son Chile, Estados Unidos, Perú, Australia y Rusia. Son especialmente los tres primeros donde esta tecnología se está empezando a usar más comúnmente, principalmente en hospitales, donde mantener una protección frente a estos microorganismos es vital.

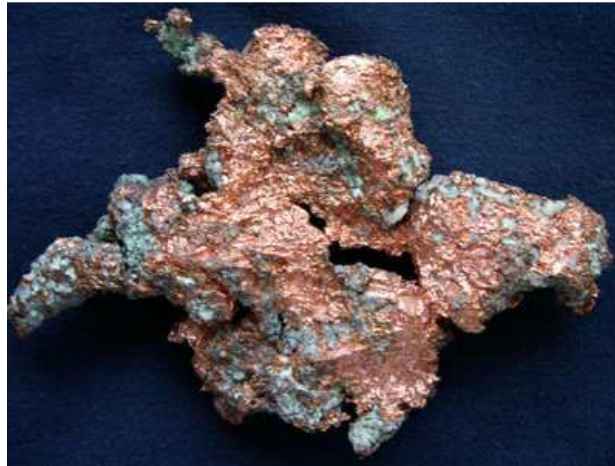


Imagen 24. Cobre natural.

Ahora bien, todavía no se ha mencionado cómo es capaz el cobre de eliminar las bacterias y los hongos al entrar en contacto con ellos, lo que para el caso de plantillas, supondrá la eliminación del mal olor, pues es causado por esas sustancias.

Así pues, el cobre interactúa con las bacterias mediante dos pasos: el primero es una interacción directa entre el cobre y la membrana de la bacteria, causando su ruptura; el segundo está relacionado con la pérdida de nutrientes vitales y agua en la bacteria a través de las perforaciones en la pared celular, provocando el debilitamiento general del microorganismo.

El hecho de que el cobre sea capaz de romper la membrana de los microorganismos es porque dicha membrana dispone de una microcorriente eléctrica que estabiliza la pared. Es una diferencia de voltaje entre el interior y el exterior de la célula, pero que al entrar en contacto con el cobre, se produce un cortocircuito, debilitando la membrana y produciéndose perforaciones. Existe otra teoría acerca de la ruptura de la membrana y es que, al entrar en contacto con ella el cobre, y en presencia de oxígeno, puede ocurrir un proceso de oxidación generando agujeros en la superficie.

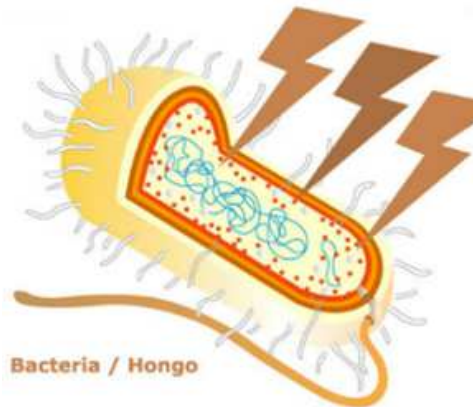


Imagen 25. El cobre es capaz de romper la membrana de bacterias y hongos.

Tras sobreponerse a la principal defensa de la bacteria u hongo, los iones de cobre pueden penetrar en el interior de la célula y hacen peligrar una serie de procesos vitales dentro de la célula, entre ellos, el metabolismo celular, es decir, todas las reacciones que mantienen la célula viva. La acción del cobre es unirse a las enzimas que catalizan esos procesos, desactivándolas.

Por tanto, simplificando la actuación del cobre, éste rompe la membrana del microorganismo, lo que hace que pierda nutrientes básicos y líquidos, daña las proteínas de su interior y no permite su reproducción.

El cobre afecta rápida y efectivamente a un amplio número de microorganismos por los múltiples efectos que origina en los procesos vitales de éstos. Impide el transporte y la digestión de nutrientes, los mecanismos de reparación y la reproducción. Con altas dosis de bacterias y hongos, puede tardar hasta 2 horas la inactivación casi total a la exposición del cobre, mientras que si la dosis es menor, puede producirse la total eliminación en no más de 15 minutos.

La tasa de inactivación microbiana del cobre puede verse afectada por la temperatura, la concentración de cobre y el tipo de microorganismo con el que está en contacto. Estudios recientes han demostrado la eficacia del cobre y de aleaciones de cobre como materiales higiénicos y antimicrobianos frente a microbios patógenos en diferentes ambientes.

Una vez conocida la gran aptitud del cobre para eliminar bacterias y hongos y, con ello, para el caso de las plantillas, la eliminación del mal olor que es causado por las primeras y la protección frente a enfermedades causados por los segundos, queda plantearse si esta capacidad del cobre es sólo en contacto con la piel o no.

Cabe destacar que, además, el cobre es una sustancia necesaria en el cuerpo humano y presente en muchos alimentos, por lo que no va a causar ninguna alergia.

Los estudios científicos de la Universidad de Chile afirman que el cobre es mucho más eficaz en contacto con la piel, como se puede observar en el ANEXO III. Por ello, en ese país se están empezando a fabricar calcetines con partículas microscópicas de cobre en microfibras de poliéster y luego esa fibra se combina con algodón para obtener una textura natural y con elastano que le proporciona elasticidad.



Imagen 26. Calcetín con cobre en la parte inferior, los dedos y el talón, donde el sudor es más frecuente.

Tras haber probado yo mismo esos calcetines en condiciones de extrema sudoración (ejercicio físico a altas temperaturas) y comprobar su alta eficacia, se pasó a considerar este material como uno de los más interesantes a la hora de hacer prototipos. Faltaría saber si, aun habiendo una capa de por medio entre la piel y el propio cobre, como sería el calcetín del usuario, el cobre iba a seguir siendo funcional.

Para concluir, queda decir que al ser esta tecnología tan novedosa (se debe recordar que es de principios de 2008), se cumple con otro de los objetivos, que es dotar a la empresa de unas plantillas con las que se puede introducir en el mercado, al ser un producto innovador y original.

4.1.3 Plata

Al igual que el cobre, la plata es otro metal antimicrobiano. El funcionamiento de la plata es igual que el del cobre: ataca la membrana exterior e interfiere en los procesos vitales del microorganismo al reaccionar con las enzimas.

La plata se impregna también en fibras, ya sean de algodón, de poliéster o incluso de otros polímeros.

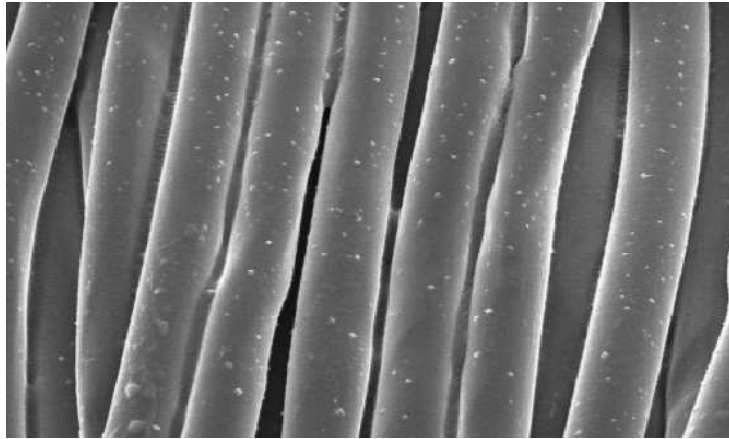


Imagen 27. Plata impregnada en una fibra polimérica.

Sin embargo, existen varias diferencias principales entre ambos materiales:

- El cobre tiene una gama más amplia de las condiciones de eficacia.
- El cobre tiene propiedades para la mejora de la piel que la plata no tiene.
- El cobre es un mineral esencial para el cuerpo humano y la plata no.
- Mientras que la plata plantea algunas preocupaciones ambientales, el cobre ninguna.
- El precio de la plata es más elevado que el cobre.
- La efectividad antimicrobiana de los productos de cobre es continua. No se desgasta incluso cuando las superficies de estos materiales se rayan, como ocurre con los recubrimientos o tratamientos de plata.

Pese a que se observan bastantes diferencias y en todas ellas se aprecia la superioridad del cobre frente a la plata, se va a proceder a un breve análisis en cuanto a eficacia antimicrobiana se refiere.

Se trata de un estudio realizado en la Universidad de Southampton por el profesor Bill Keevil en abril de 2011, es decir, prácticamente nuevo. En el ANEXO IV, aunque está en inglés, se puede observar las conclusiones de este estudio.

Se va a mencionar brevemente este estudio, donde queda constancia de que los recubrimientos de polímeros impregnados con partículas de plata se comportan de la misma manera que el acero inoxidable a temperatura y humedad ambiente, es decir, no muestran un efecto antimicrobiano.

La plata se considera antimicrobiana ya que se utilizaba anteriormente una norma japonesa para probar la eficacia antimicrobiana de los diferentes recubrimientos. Sin embargo, las condiciones de las pruebas realizadas bajo esta norma japonesa no son nada representativas de las condiciones ambientales donde comúnmente se suelen aplicar.

La norma japonesa establece una prueba de 24 horas a 37°C y con una humedad relativa superior al 90%. Además, se utiliza una película de plástico que se presiona sobre la muestra para retener la humedad. Bajo estas condiciones, los recubrimientos con contenido en plata presentan un notable comportamiento antimicrobiano.

Esto es debido en gran parte al exceso de humedad que favorece el intercambio de iones necesario para liberar los iones de la plata que combaten a los microorganismos. Sin embargo, como el profesor Keevil demostró, cuando las condiciones de temperatura y humedad disminuyen a los niveles habituales en interiores, los recubrimientos no tienen casi efecto antimicrobiano.

En cambio, todas las aleaciones de cobre probadas resultaron efectivas bajo todas las condiciones ambientales ensayadas.

Es por todo ello que, a la hora de fabricar prototipos, no se tendrá en cuenta la plata, y será el hilado de cobre el elegido para ser introducido en ellos.

4.2 Distribuidores de las diferentes muestras

A continuación se va a introducir una lista en la que aparecen los diferentes suministradores de las muestras, sus contactos, la cantidad del material recibido y un breve comentario acerca de cada uno.

- ZHEIJANG JIANZHONG BAMBOO INDUSTRY AND TECHNOLOGY, CHINA (*bambooaallen@163.com*): Una muestra de carbón de bambú de 200 x 150 cm. El carbón resultó ser de muy buena calidad, aunque los hay más económicos. Rápido envío.
- SHANDONG DONGXIN NEW ENERGY SCIENCE AND TECHNOLOGY, CHINA (*vickyayang1004@gmail.com*): Cinco muestras de carbón de bambú de 100 x 150 cm, en unos casos recubiertos de poliéster y en otros de polipropileno. Además, unas muestras llevaban 300 g/m² y otras 100 g/m². Ideal para analizar cuál es la cantidad de carbón de bambú más adecuada y cuál es el recubrimiento más favorable.
- ZHEJIANG KANG LI DI MEDICAL ARTICLES COMPANY, CHINA (*wendy@klidi.com*): 10 muestras de carbón de bambú de 10 x 10 cm. El envío fue muy lento y con las muestras, al ser tan pequeñas, no se pudo hacer nada con ellas.
- QINGDAO FAB MILL COMPANY, CHINA (*alice@qdfab.com* y *joy@qdfab.com*): Una muestra de cáñamo de 50 x 50 cm en el primer pedido y una manta de aproximadamente 2 x 2 m en el segundo. Un distribuidor muy rápido y muy seguro y con un precio económico. Además, la fibra de cáñamo que ofrece es de muy buena calidad e ideal para la aplicación de este proyecto por su espesor.
- FUSHISHAN INDUSTRIAL COMPANY LIMITED, CHINA (*sales@asianfertilizer.com*): Una muestra de 1 kg de 400 mesh. Precio excesivamente caro y suministra muy pocos tamaños de carbón de bambú. Su actividad industrial es más del tema de fertilizantes.

- LIANCHENG XINSHENGDA TECHNOLOGY, TAIWAN (*eva@kingolds.com*): Dos muestras de 500 gramos de carbón de bambú, una de ellas de 100 mesh y la otra de 400 mesh. Además, regala una bolsa desodorizante con gránulos de carbón de bambú que es comprobada su eficacia, fuera del alcance del proyecto. El material es de muy buena calidad y el precio es muy competitivo, mucho mejor que el del caso anterior.
- JIANGSHAN LUYI BAMBOO CHARCOAL FACTORY, CHINA (*cncharcoal@hotmail.com*): Una muestra de 1 kg de carbón de bambú de 2000 mesh. Es una empresa que se dedica especialmente a trabajar con carbón de bambú y lo fabrica en todos los tamaños. Al haber adquirido ese tan pequeño puesto que de los demás tamaños ya se tenía, no se pudo comprobar la eficacia del mismo, aunque sí que ofrece garantías, tanto de calidad como en el envío.
- ZHEJIANG FOREST BAMBOO CHARCOAL COMPANY, CHINA (*forest0086@yahoo.com*): Una muestra de 1 kg de carbón de bambú blanco. El carbón de bambú manchaba y se buscó la posibilidad de que la solución fuera blanco por un proceso de destilación seca que realizaba esta empresa, pero el inconveniente es que dejaba el polvo con un tamaño de 125.000 mesh. Era tan fino que durante el proceso de fabricación se escaparía por las superficies de las diferentes capas.
- AXION CORPORATION, EEUU (*avolker@axioncorporation.com*): Una muestra de un par de calcetines de poliéster con iones de cobre. Se realizó este pedido para comprobar in situ la eficacia del cobre y, si resultaba positivo, realizar pedidos de hilado de cobre para introducirlo en los prototipos.
- COPPERANDINO, CHILE (*lamestica@copperandino.com*): Dos muestras de tela de poliéster con iones de cobre impregnados en ella. El material suministrado es de muy buena calidad y totalmente eficaz.
- WANG QINGFENG (*1426677133@qq.com*): Una pequeña muestra de algodón con iones de plata y otra de algodón con iones de cobre. Como en las conclusiones de los ensayos había salido que el poliéster funcionaba mejor que el algodón y el cobre frente a la plata, estas muestras se descartan.

4.3 Ensayo realizado con las muestras

Los ensayos realizados se han efectuado en dos fases: la primera de ellas sin tener en cuenta los metales antimicrobianos (cobre y plata), y la segunda ya considerándolos. Esto es debido a que ha sido más difícil conseguir muestras de estos materiales por el secretismo que invade en las empresas de éstos y el proyecto no podía parar en seco hasta su obtención.

Así pues, en la primera fase, una vez compradas y recibidas diferentes plantillas y diferentes muestras de materiales de la primera fase, se realizó el ensayo UNE-EN 12746: “Método de ensayo para palmillas y plantillas. Absorción y desorción de agua”.

4.3.1 Tipo de ensayo

Este ensayo determina la capacidad de absorción y de desorción de agua en las plantillas, con independencia del material:

- La absorción de agua se va a medir como el aumento de masa por unidad de área de la probeta a causa de la absorción de agua durante un periodo de tiempo determinado.
- La desorción de agua se mide como la pérdida porcentual de masa de la probeta, expresado en función de la masa de agua absorbida.

Es importante recalcar que se realizaron dos ensayos distintos, aunque fueron simultáneos y similares. El motivo es que no se puede considerar del mismo modo a las muestras de plantillas con las muestras de simples materiales. En el ANEXO V, entre otras cosas, se pueden ver todas las muestras ensayadas.

Una de esas plantillas a ensayar es la de Neutrolor, que se recuerda que es la plantilla que actualmente ofrece la empresa Troquelados Rogelio Inés S.L. como plantilla que más absorbe el sudor y elimina el mal olor entre las que suministra.

Las demás muestras de plantillas eran compradas en países asiáticos, con el objetivo de establecer una comparación entre las que están compuestas por carbón activado, por carbón de bambú en diferentes cantidades y formas, y las de Neutrolor.

En cuanto a materiales, se ensayó con diferentes tipos de carbón de bambú y diferentes mantas de recubrimiento (bien poliéster, bien polipropileno) y también se ensayó con cáñamo. Se debe recordar que este ensayo se realizó sin tener presente ni el hilado de cobre ni el de plata.

Así pues, el método va a consistir, básicamente, en introducir en agua destilada probetas de los diferentes materiales de una dimensión de 50 x 50 mm, con las condiciones atmosféricas de acuerdo con la norma UNE-EN 12222. Para intentar minimizar los errores de medida, la norma establece que se ensayará con dos probetas por cada muestra de material diferente. Además, la localización de la toma de muestras y su preparación previa se tomó de acuerdo a la norma UNE-EN 13400.



Imagen 28. Aula del ensayo con todo ya preparado, momentos antes del inicio del ensayo.

Previo a su sumergimiento, se habrán pesado y anotado sus masas, M_0 . Tras estar sumergidas 6 horas, se retiran las muestras, se secan las gotas de agua utilizando papel de filtro y se pesan de nuevo, M_f .



Imagen 29. Se coloca una canica de vidrio sobre las muestras para que éstas estén siempre sumergidas.

Posteriormente, se acondicionan las probetas durante 16 horas en una atmósfera similar y se vuelve a pesar, M_r .

Anotadas las masas de las diferentes muestras, llega el momento de obtener los resultados, siguiendo las fórmulas que se acompañan:

- Absorción de agua (W_A): Se expresa en gramos por metro cuadrado y se utiliza para su cálculo la siguiente ecuación:

$$W_A = \frac{M_f - M_o}{A}, \text{ siendo } A \text{ el área de la probeta}$$

- Desorción de agua (W_D): Se calcula como porcentaje de masa, en relación a la masa que se ha absorbido previamente, utilizando la siguiente ecuación:

$$W_D = \frac{M_f - M_r}{M_f - M_o} \times 100$$

Obviamente, el resultado es la media de las dos probetas de una misma muestra.

Sin embargo, durante la realización del ensayo, y tras haber dejado sumergidas las muestras durante las 6 horas, en el período de secado se ve como éstas se secan muy rápido y el ensayo en cuanto a la desorción de agua no va a tener ninguna utilidad, puesto que se van a secar todas, obteniéndose con ello una desorción del 100%.

Se decide cambiar un poco el método de ensayo, y para ello, se van tomando datos de las masas en periodos más cortos: a las 3 horas, a las 6 horas y 20 minutos, a las 16 horas (tal y como indica la norma) y a las 20 horas.

Como se preveía, con el de las 20 horas no se obtiene ninguna conclusión, pues todas han evacuado al ambiente el agua que habían absorbido.

Además, aprovechando los datos del ensayo, no únicamente se van a calcular la absorción y la desorción de agua, sino otros coeficientes que pueden resultar interesantes, como son el ritmo de desorción y el porcentaje de absorción de agua en relación al peso de la muestra.

Este experimento no tiene en cuenta el espesor de la muestra, por lo que tampoco se pueden sacar conclusiones muy claras. Una muestra con espesor grande, será capaz de absorber más cantidad de agua que una más fina, por lo que su coeficiente de absorción de agua será elevado (hay que recordar que este coeficiente se refiere a gramos por unidad de superficie, que en todas las probetas es la misma, 50 x 50 mm).

El ritmo de desorción, medido como la cantidad de agua que pierde la probeta por unidad de tiempo, da una idea de la velocidad con la que se secan las muestras. Al parecer, es un dato que parece más relevante que los anteriores, en los que el espesor puede influir demasiado en los resultados obtenidos.

El porcentaje de absorción de agua en relación al peso de la muestra también es significativo, puesto que ya tiene algo en cuenta el espesor.

4.3.2 Conclusiones al ensayo

A parte de las conclusiones más interesantes que se van a mostrar a continuación, los resultados finales acompañados de sus gráficos y otras consideraciones menos destacables se pueden ver en el mencionado ANEXO V.

Así pues, se va a proceder a las conclusiones más importantes que se obtuvieron en dicho ensayo:

- En primer lugar, se van a dar a conocer las conclusiones de las plantillas:
 - o Las plantillas de Neutrolor son las que mejor coeficiente de absorción tienen, aunque eso sí, son las de más espesor y, como ya se ha dicho, el espesor puede ocasionar inexactitudes en los resultados y originar conclusiones incorrectas.
 - o Las plantillas Neutrolor absorben un 170% de su peso, mientras que hay otras que alcanzan hasta un 270% en este término.
 - o La desorción de la plantilla Neutrolor no es tan buena y tarda mucho tiempo en secarse. Es más, pasadas las 16 horas en aireación, todavía no está seca. Es la única que no ha evacuado toda el agua previamente captada.
 - o La plantilla que tiene una mejor relación absorción/desorción es una de las muestras de plantillas con carbón de bambú (la muestra nº3).
 - o La plantilla Neutrolor es la única que sufre daños con la inmersión en agua durante tanto tiempo. Se despegan algunas de sus capas.



Imagen 30. La muestra de Neutrolor, la primera en la imagen, es la única que sufre desperfectos tras el ensayo.

- En segundo lugar, se van a conocer las conclusiones de los materiales:
 - o El mejor comportamiento de absorción/desorción es el de la fibra de cáñamo.
 - o Respecto al carbón de bambú, la muestra de 3 capas es mejor que la que sólo dispone de 2 capas, es decir, mejor estar recubierto por ambos lados que no únicamente por uno.
 - o Las capas que recubren el carbón de bambú es mejor si es de poliéster que si es de polipropileno. Es más transpirable el poliéster.
 - o La adición de mayor cantidad de bambú no tiene efectos muy significativos en la absorción, pero previsiblemente evitará con mayor eficacia el mal olor.

Queda decir que en este experimento, aunque se hubieran recibido las muestras de cobre y plata para entonces y se hubiera ensayado con ellas, no se hubiera obtenido información concluyente ya que el efecto de ambos materiales es contra el olor, no es la absorción.

5. Prototipos

Una vez realizado el ensayo anteriormente comentado, y tras la compra de muestras de los nuevos materiales, se pasó a uno de los pasos finales y que ya iba a dar una idea de cómo estaba de avanzado el proyecto. Se trata de la fabricación de diferentes prototipos. Posteriormente, se probarían todos ellos y se calificarían cualitativamente para obtener resultados y, en caso de que fuera necesario, realizar las oportunas modificaciones de los mismos con el fin de mejorarlos.

Se realizaron aquí también dos fases de fabricación de prototipos. En la primera de ellas, se introdujeron en las plantillas carbón de bambú y cáñamo combinados con diferentes materiales. En la segunda, se utilizó ya el hilado de cobre en los prototipos y se mejoró la plantilla que se había considerado más conveniente de la primera fase.

5.1 Realización de prototipos

La empresa Rogelio Inés S.L. fue la encargada de la fabricación de los mismos, una vez se le fueron entregadas las muestras de los materiales y las indicaciones a seguir en cuanto al orden de colocación de los mismos. El método de fabricación es la propia empresa el que lo decide, incluyendo la maquinaria a emplear y los aglutinantes entre capas a aplicar.

Los primeros prototipos que se fabricaron fueron los siguientes:

- (1) Interlock rojo + manta de carbón de bambú protegida con poliéster por ambas caras + látex gelificado negro tejido oculto.



Imagen 31. Plantilla (1), únicamente con carbón de bambú para el tratamiento del sudor.

- (2) Rejilla de doble frontera negra + manta de carbón de bambú protegida con poliéster por ambas caras + manta de cáñamo + látex negro gelificado tejido oculto.



Imagen 32. Plantilla (2), con carbón de bambú y cáñamo para el tratamiento del sudor. Primera capa mallada.

- (3) Interlock azul + manta de carbón de bambú protegida con poliéster por ambas caras + manta de cáñamo + látex negro gelificado tejido oculto.

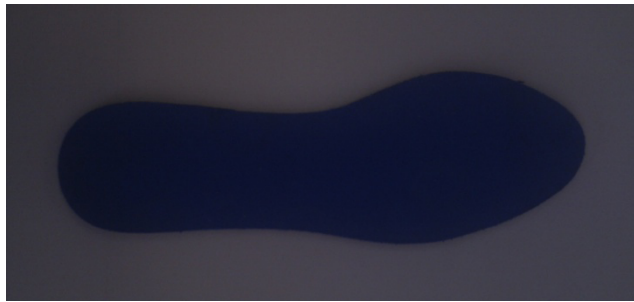


Imagen 33. Plantilla (3), con carbón de bambú y cáñamo para el tratamiento del sudor. Primera capa lisa.

- (4) Interlock rojo + carbón de bambú en polvo de grano fino (mesh 400) + látex gelificado negro tejido visto + soporte plástico Venus.

En este último caso, el polvo es tan fino que los gránulos se escapan por los espacios existentes de la capa superior. Es muy complicada su fabricación y no se dispone de metodología ni de instrumentos para su correcta producción. Además, provoca manchas negras en la ropa por lo que no se va a experimentar con él.

Siempre se considera que la primera capa es la más cercana a la planta del pie, y la última, la que está en contacto con la suela del zapato. El interlock al que se hace referencia en tres de esos prototipos es un tejido de punto liso y doble, muy suave al tacto.

El carbón de bambú debe estar colocado siempre por encima del cáñamo. La razón es sencilla: el olor del sudor es tratado en la capa de carbón de bambú y si la colocación fuera al revés, parte del sudor quedaría retenido en el cáñamo y éste no sería tratado en cuanto al olor. La capa de carbón de bambú no absorbe casi nada como se vio en el ensayo y no prohíbe el paso del sudor a la siguiente capa, puesto que el poliéster de su recubrimiento facilita este traslado.

5.2 Test de prueba

Los tres prototipos a experimentar se probaron en varios días consecutivos, practicando ejercicio en pleno verano y con altas temperaturas (con el objetivo de que la sudoración sea máxima) y se compararon con la plantilla Neutrolor. Después de su empleo y análisis, se dejaba acondicionar sacándolos del calzado.

Se rellenaba una hoja de test de prueba tras el uso del prototipo o de la plantilla Neutrolor para luego poder hacer con ella comparaciones entre unos y otras. Esta hoja es la que aparece en el ANEXO VI. Tras ensayar con las plantillas varias veces cada una, llegó el momento de analizar las hojas de test y ya se podían empezar a obtener algunas nuevas conclusiones acerca de los materiales.

Como conclusiones más interesantes que se pueden sacar a este ensayo con los mencionados prototipos, y siempre teniendo en cuenta tanto el tema de la absorción y la transpiración como el tema de la eliminación de los malos olores, son las siguientes:

- Introducir polvo de carbón de bambú queda descartado por no disponer de los recursos apropiados.
- La plantilla de Neutrolor está capacitada para absorber el sudor y eliminar el mal olor en sus primeros usos pero su eficacia se va diluyendo y finalmente perdiendo.
- Las plantillas con cáñamo y carbón de bambú (2) y (3) mantienen su eficacia a lo largo de los días.
- Los prototipos de nuevas plantillas no tienen una transpiración suficiente y esto es debido al látex gelificado inferior que la impide.

- Entre la plantilla con cáñamo (3) y la de sin cáñamo (1), funciona mejor la de con cáñamo (3). Absorbe más cantidad de sudor, dejando el pie más fresco, y la transpiración es similar entre ambas.
- Y entre las de cáñamo con carbón de bambú, es más eficaz la que tiene la primera superficie mallada (2) que la que la tiene lisa (3). Probablemente, porque esa superficie permite con mayor facilidad el paso del sudor.

Así pues, tras esta primera oportunidad de ensayar con los prototipos de los nuevos materiales, queda como plantilla más conveniente la (2): “Interlock negro mallado con manta de poliéster recubriendo el carbón de bambú, otra manta de cáñamo y con una última capa de látex gelificado. El carbón de bambú tendrá un tamaño de 60 mesh y la cantidad será de unos 300 g/m².”



Imagen 34. Plantilla seleccionada tras la primera tanda en la fabricación de prototipos.

Sin embargo, aún quedan muchas modificaciones por hacer, ya no tanto por el tema del olor, según lo cual la plantilla funciona bastante bien, sino por el tema de la humedad. La plantilla no transpira bien y no permite que se evacúe bien el sudor. En cambio, el olor, debido a las partículas de carbón de bambú que están introducidas en el interior de la plantilla, sí que ha sido parcialmente eliminado, considerando satisfactorios los resultados en cuanto a este asunto.

Además, durante este tiempo de prueba de prototipos, se han comprado plantillas de las diferentes compañías de la competencia y así poder compararlas con las que se iban fabricando. Éstas se han utilizado también para tomar ideas acerca de la forma de su transpiración y otros detalles, algunos de los cuales han podido acabar siendo muy interesantes en la plantilla final de este proyecto. También se ha aprovechado ese tiempo para la compra de mantas con cobre, tanto impregnado en poliéster como impregnado en algodón.

5.3 Modificación de prototipos

Así pues, tras varias reuniones con la empresa y varias experimentaciones por su parte, también cualitativas (olor y tacto), se pudo corroborar que el proyecto había cumplido uno de sus objetivos: mejorar la plantilla existente. Ahora era el momento de diseñar la mejor plantilla posible con los nuevos materiales. Con respecto a los prototipos de la primera fase, se llegó a la conclusión de que la plantilla buscada necesitaba constar de los materiales que la formaban en el prototipo seleccionado, salvo la última capa. El látex gelificado no convenía porque dificultaba en gran medida la transpiración de la plantilla y se debía tomar alguna medida.

Se proponen ahora distintas posibles soluciones para ello:

- Espuma de látex microporoso: Además de asegurar una transpiración aceptable, la espuma proporcionaría confort al usuario por su buena amortiguación.
- Espuma de gel: No es la opción más adecuada ya que ésta sería más conveniente para la absorción de impactos, no para la transpiración.
- Fibra de coco: Esta fibra vegetal permitiría una muy buena transpiración a la plantilla y aseguraría una larga durabilidad de la misma.
- Material de EVA: Son las siglas de Etileno Vinil Acetato. Es un polímero termoplástico muy similar a la goma. Se realizarían agujeros en él, formando una especie de enrejado para esta capa. Proporcionaría una fácil transpiración por la última capa y un buen amortiguamiento.



Imagen 35. Idea que se busca con el enrejado de la capa inferior de material EVA.

- Corcho: Se ha nombrado ya en el apartado de materiales usados en la actualidad. Por su fragilidad y fácil desgaste, no parece el más adecuado.

Tras discutir entre los distintos sistemas detallados, se determinó que la última capa de la plantilla debía ser de fibra de coco. Para esta decisión se tuvo en cuenta la buena transpiración que iba a mostrar el material puesto que las demás especificaciones técnicas ya se cumplían con las otras capas introducidas en la plantilla.



Imagen 36. Prototipo de plantilla diseñado tras las modificaciones efectuadas.

En la imagen superior se observa cómo ha quedado la plantilla después de haber realizado la modificación de la última capa, respecto al prototipo que se había considerado el más apropiado en la fase anterior.

También se han realizado test de prueba sin incorporar ninguna capa por debajo del cáñamo, pero este diseño no resultó satisfactorio puesto que el cáñamo apenas evacuaba si no tiene una capa debajo y la plantilla se quedaba siempre húmeda por su parte inferior.

En esta segunda fase de fabricación de prototipos, como ya se ha mencionado, se va a analizar igualmente el cobre en según qué tejidos. Hay que recordar que el cobre es tanto más efectivo cuando más en contacto esté con la piel, por lo que siempre será la primera capa de la plantilla. Los prototipos con este producto que han sido fabricados son los siguientes:

- Poliéster con cobre + manta de cáñamo + material EVA perforado.
- Algodón con cobre + plantilla Running (material termoplástico).

También se utilizó esta segunda fase para comparar los prototipos fabricados con otras plantillas que estaba diseñando la empresa con el mismo objetivo, conocidas como Neutrolor con fórmula 2^a y fórmula 2.1.



Imagen 37. Plantilla Neutrolor con fórmula 2ª, que también fue analizada.

Los test de pruebas se realizaron de la misma manera que para la primera fase, es decir, buscando una sudoración extrema y rellenando las correspondientes hojas tras su uso (ANEXO VI) y que luego serían analizadas.

A medida que se realizaban continuos ensayos con un mismo prototipo, se iban observando los defectos que cada uno presentaba. Así, se pudo comprobar que las plantillas Running no permitían la transpiración deseada y que las plantillas Neutrolor con fórmula 2ª y 2.1 tenían el mismo problema que las de la fase anterior: aunque en los primeros usos funciona estupendamente tanto absorbiendo y evacuando sudor como eliminando olores, su eficacia se va perdiendo tras unos pocos usos. Apenas existía diferencia entre ambas fórmulas. Por tanto, estas plantillas deben descartarse por no cumplir un objetivo fundamental como es la durabilidad.

Así pues, quedaba la duda de si cobre con poliéster más una manta de cáñamo y una capa de EVA o bien, un tejido de rejilla con una capa de poliéster recubriendo carbón de bambú más una capa de cáñamo y una última de fibra de coco. Se debe decir que ambos prototipos eran muy eficaces en los dos temas tratados, pero la plantilla de cobre era más cómoda. Además, algunos hilos de la fibra de coco se despegaban y se quedaban en el calzado

Es por ello que, tras muchos ensayos con las diferentes plantillas, se ha acabado considerando que la plantilla que mejor funciona, es decir, que mejor elimina el sudor y que, a su vez, permite una alta transpiración permitiendo que el pie esté seco, es aquella

cuya primera capa es poliéster con cobre, a la que le sigue otra capa de manta de cáñamo y finalmente, una última capa de material EVA con perforaciones.

Los iones de cobre que se encuentran en el poliéster de la primera capa son capaces de eliminar las bacterias que generan el mal olor en las plantillas. Además, el propio poliéster permite un paso fácil del sudor a la siguiente capa, el cáñamo, que se encarga de retenerlo ahí e ir evacuándolo poco a poco. La capa de EVA con perforaciones, aparte de amortiguar la pisada, permite esa transpiración tan necesaria en la plantilla.

5.4 Diseño final

El hecho de que al final se haya decidido considerar la plantilla mencionada como la más apropiada no quiere decir que la obtenida tras la primera fase de prototipos sea una plantilla inservible. Y menos aún con la modificación propuesta de cambiar el látex gelificado por la fibra de coco. Pero la fibra de coco tampoco acabó ofreciendo todo lo que se esperaba de ella; quizá también hubiera sido una buena idea probar en ese prototipo el material EVA perforado, pero eso se decidió introducir en la plantilla de cobre.

Así pues, el diseño final quedará de la siguiente manera:

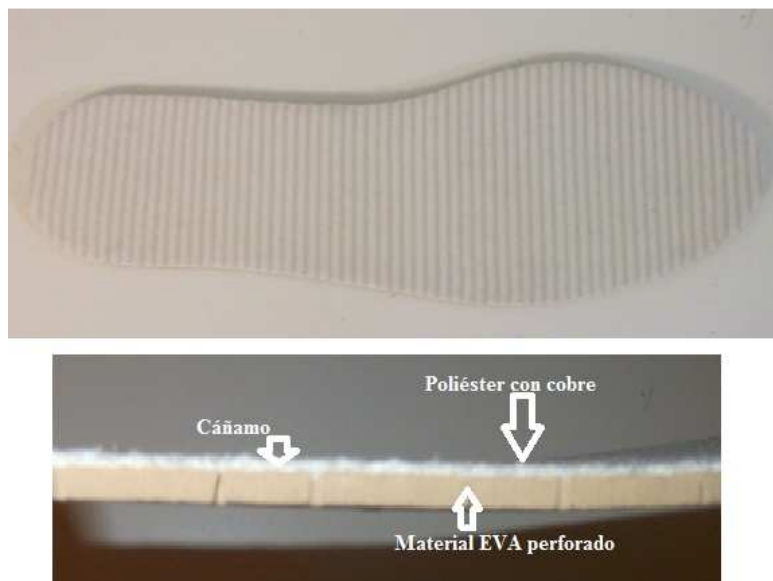


Imagen 38. Diseño final de la plantilla.

Es decir, una plantilla con:

- Una primera capa de poliéster impregnado con iones de cobre.
- Manta de cáñamo.
- Material EVA perforado.

La plantilla, de esta forma, cumple todos los requisitos que se habían especificado al principio del proyecto, tanto en el tema de absorción del sudor como en el tema de eliminación del mal olor. El pie se mantendrá siempre seco y, al no haber humedad, se evitarán posibles infecciones, como pudiera ser el pie de atleta. Además, las molestias ocasionadas por el mal olor quedarían resueltas con esta nueva plantilla.

Asimismo, es una plantilla que va a combatir los microorganismos, no únicamente por el poder antimicrobiano del cobre, sino también porque el cáñamo es una fibra vegetal que impide la proliferación de gérmenes.

Por otro lado, el espesor de la plantilla no resulta muy elevado, unos 4 mm, por lo que también se cumple esta especificación previa.

El tema de la comodidad y el confort queda solucionado con la inclusión de la capa de EVA, que mostrará una alta amortiguación a las continuas pisadas.

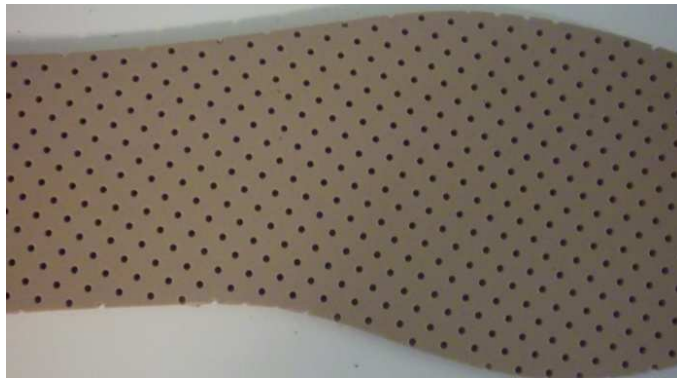


Imagen 39. El material EVA perforado asegurará una buena transpiración pero también confort.

La plantilla, a priori, debe mostrar una alta durabilidad, pues todos los materiales utilizados lo son por separado.

Y en cuanto al precio, ninguno de los materiales es excesivamente caro, y tampoco la maquinaria a utilizar se debe sustituir por la que hay actualmente en la

propia empresa. El poliéster con cobre es el más caro y ha costado unos 8 € el metro cuadrado durante el proyecto, lo que es previsible que disminuya cuando las cantidades solicitadas al suministrador sean de mayor magnitud.

Habría que considerar también los envíos (pues por ejemplo el poliéster con cobre no se suministra en España) ya que puede ser un inconveniente para este asunto, pero no lo suficiente relevante como para desechar el diseño.

Con todo esto, se puede considerar como un diseño final exitoso pues las especificaciones técnicas que se habían establecido al inicio del proyecto se han cumplido. Y sobre todo, las dos especificaciones más importantes, como eran la de que sea transpirable y desodorizante, se han cumplido muy satisfactoriamente.

Para concluir, destacar la alta calidad de la plantilla y sobre todo, la novedosa aparición de ciertos materiales en esta aplicación. Queda a disposición de la empresa si desea modificar la estética de la plantilla para que sea más comercial o si desea establecer algún cambio para mejorar la ergonomía de la misma.

6. Expectativas para el futuro

Para un futuro cercano, la empresa queda encargada de la realización industrial de la plantilla diseñada. Las escasas muestras de materiales ya han sido suministradas a la empresa y ya sólo queda la fabricación industrial del mismo. Además, para las futuras compras que haga la empresa, se le han entregado los contactos necesarios de los suministradores de los diferentes materiales.

Y una vez realizado esto, lo siguiente ya es la introducción de la plantilla en el mercado, con su correspondiente publicidad pues es un producto novedoso. Al ser fácil de copiar por otras empresas, el marketing que se debe aplicar tiene que ser muy fuerte y así conseguir una alta cantidad de clientes, que, si quedan contentos con el producto, no cambiarán de marca en caso de que otras empresas se decidan por copiar.

Por último, ya para un futuro más lejano, no hay que descuidar las nuevas tecnologías, que irán avanzando y dejarán obsoletas estas plantillas. Se han nombrado durante la memoria algunas nuevas técnicas que se están desarrollando y que, seguramente, pronto darán el salto al mercado. Además, pueden aparecer nuevos materiales mucho más adsorbentes o transpirables de los introducidos en esta plantilla, lo que proporcionaría una mayor eficacia frente a éstas. Por ello, estas plantillas que se acaban de diseñar y desarrollar deben presentarse en sociedad cuanto antes.

7. Conclusiones

Mediante la realización de este proyecto se ha diseñado y, posteriormente desarrollado, una nueva plantilla de calzado capaz de absorber el sudor generado por los pies permitiendo su posterior transpiración y, lo que es más novedoso e interesante, capaz de eliminar el olor desprendido por el propio sudor.

La plantilla final consta de una capa superior de tejido de poliéster con iones de cobre impregnados efectiva contra las bacterias, una posterior capa de cáñamo que absorbe y retiene el sudor para luego evacuarlo por una última capa, fabricada en material termoplástico EVA en el que se han efectuado perforaciones para favorecer la transpiración.

El proyecto ha durado aproximadamente 11 meses, desde mediados de enero hasta finales de noviembre. Las diferentes etapas han ocupado diferentes proporciones, como se puede ver a continuación en un modo aproximado:

- Definición de las especificaciones técnicas de la plantilla de calzado: 15 días.
- Revisión del estado de la técnica actual: 2,5 meses.
- Investigación de nuevos materiales o aplicación de materiales utilizados en otros campos, y que se crean convenientes para este proyecto: 3,5 meses.
- Diseño de productos y fabricación de prototipos: 2 meses.
- Pruebas y modificaciones al diseño propuesto: 2 meses.

La última parte del proyecto, una vez diseñada la plantilla final, es la del desarrollo total y fabricación del prototipo final. La empresa realizará este último paso para la finalización del proyecto, pero los materiales utilizados y las pautas a seguir ya se le habrán sido suministradas.

Al ser fabricantes extranjeros (China, Taiwán, Chile...), el tiempo de envío de estos materiales a España ha retrasado un poco el proyecto. Este hecho también ha originado problemas con el idioma, y ha dificultado el contacto tanto por vía e-mail como por vía Skype.

Así pues, sólo queda añadir que, una vez acabado este proyecto y presentado a la empresa, me queda la satisfacción de haber dejado a la empresa contenta por el trabajo realizado.

Además, siempre me gustó la idea de realizar el Proyecto Final de Carrera de algo con un uso útil, y no algún estudio científico o algún análisis de algo que no pudiera ver sus verdaderos resultados. Por eso, la finalización de este proyecto me ha resultado gratificante, al ver como resultado una plantilla que es capaz, entre otras cosas, de eliminar el olor. Algo que antes de empezar el proyecto lo veía inalcanzable.

Se ha obtenido mucha información, parte de ella de fuentes que no consideraba muy fiable, por lo que debía ser comprobada por más fuentes. Se enviaron muchos emails a las diferentes compañías para contrarrestar información.

Otra dificultad añadida ha sido intentar plasmar en este documento todo el trabajo realizado. Resumir brevemente toda la información obtenida es un trabajo arduo y, también, los numerosos tests de prueba son complicados de describir y reflejar.

Con todos los objetivos solventados, el proyecto ha resultado un éxito, diseñando un producto novedoso y con grandes expectativas.

8. Bibliografía

- (1) <http://www.inescop.es/0servidor0/inescop/index.htm>
- (2) <http://www.grupomoron.com/>
- (3) <http://www.qdfab.com>
- (4) <http://www.alibaba.com>
- (5) <http://www.made-in-china.com>
- (6) <http://www.orliman.com>
- (7) <http://www.wikipedia.com>
- (8) <http://www.codeor.es>
- (9) <http://www.axioncorporation.com>
- (10) <http://www.cannarelay.com/Cannarelay.htm>
- (11) <http://www.bama-tana.com/en/Company/index.html>
- (12) http://www.shoestringuk.co.uk/p/woly_insoles_323.php
- (13) <http://peusek.mobi/tag/comfortable-insoles/>
- (14) <http://www.casapia.com/midietetica/pod-olor-m-182.html>
- (15) <http://www.celesa-pulp.com./manufacturing.html>
- (16) <http://www.bambooclothes.com/ABOU.html>
- (17) <http://www.pedag.com.mx/>
- (18) <http://www.textil.org/extranet/inf/Revista9/pag14.pdf>
- (19) <http://www.neolectum.com/newsops/n550shoe/calzado554componentes.html>
- (20) <http://www.calameo.com/read/0000828309ba1482d15ec>
- (21) <http://www.copperandino.com>
- (22) <http://www.cupron.com>
- (23) http://www.monarch.cl/empresa_marcas.html
- (24) <http://www.oepm.es/>
- (25) <http://www.infocobre.org>
- (26) <http://www.antimicrobialcopper.com>
- (27) Normativa UNE EN - 12746
- (28) Normativa UNE EN – 12222
- (29) Normativa UNE EN - 13400

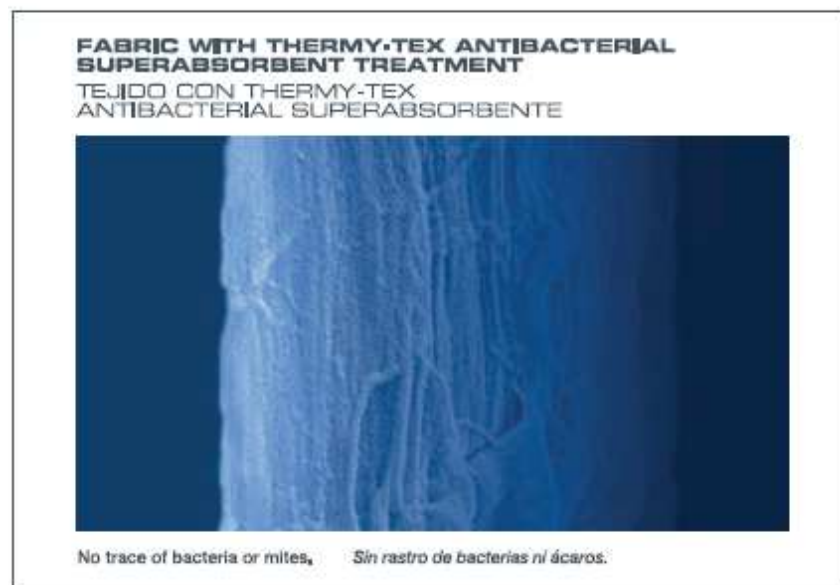
ANEXO I

Diferentes tratamientos contra el sudor en las empresas

1. GRUPO MORÓN – ARNEDO (LA RIOJA)

1.1 THERMY-TEX

Interrumpe el desarrollo y la reproducción de bacterias, moho y ácaros, anulando eficazmente la formación de olores. Absorbe rápidamente el sudor y es 100% transpirable. Su efecto es permanente.



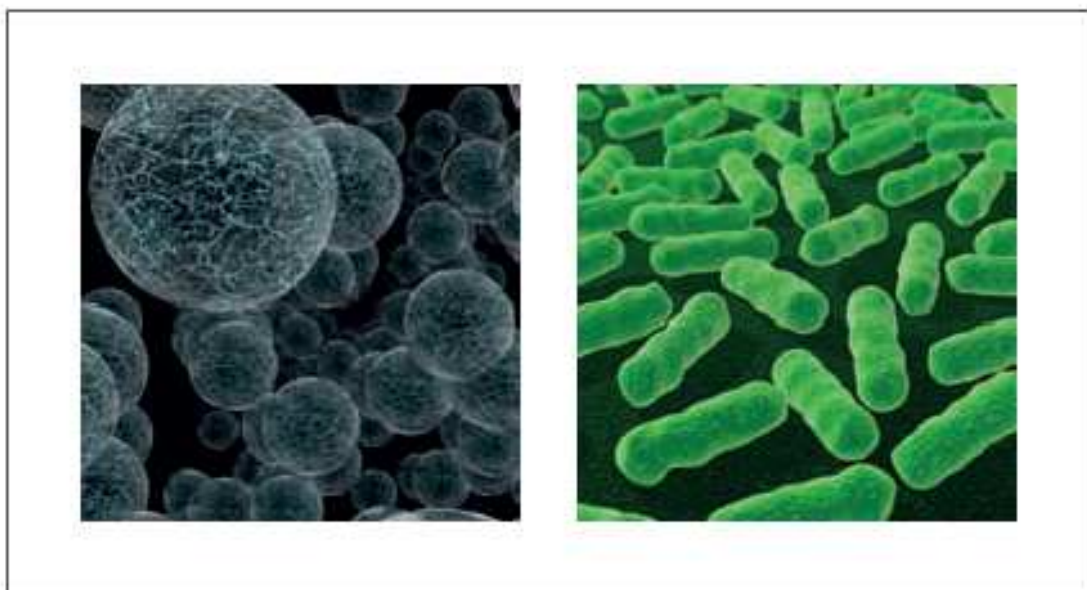
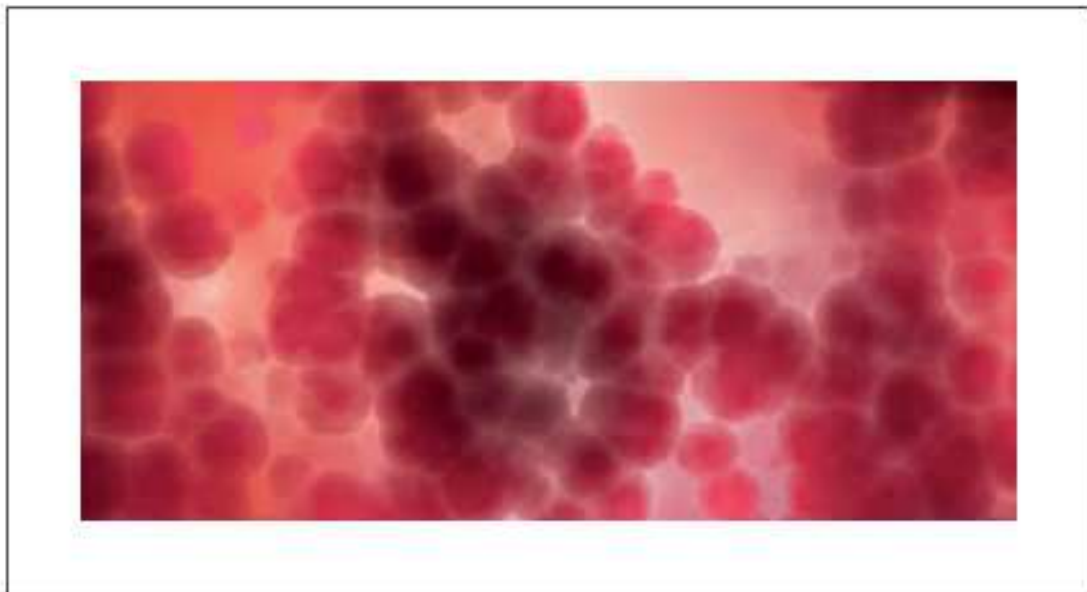
El problema de este nuevo tratamiento es que el fabricante no da pistas acerca de su fabricación para evitar plagios de otras empresas de la competencia. Sin embargo, en las fotos que ofrece la propia empresa, parece ser que la fibra es altamente eficaz contra las bacterias.

1.2 EUCALYPTUS

Este tratamiento es la unión del aroma fresco y natural con el efecto de antimicrobiano de la planta del eucalipto.

El aceite especial está contenido en unas microcápsulas que se liberan en contacto con la piel y mantienen una acción antibacteriana.

Tiene un acabado agradable.



1.3 ION SILVER TECHNOLOGY

Este tratamiento usa las propiedades de los iones de plata por su poder antibacteriano, reduciendo el mal olor. Por su efecto termorregulador, gestiona muy bien la humedad, y mejora el proceso de evaporación-sudoración.

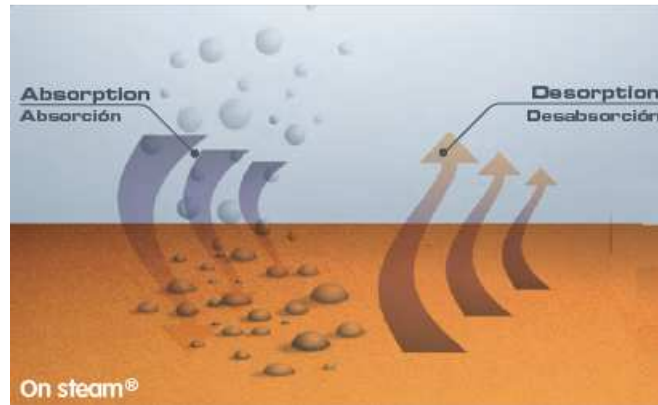
Como la plata es además el mejor conductor natural, ayuda a que las terminaciones nerviosas de la piel liberen la electricidad que generan. Es, por tanto, antiestático.

Por último, generan un campo magnético (debido a su condición de conductores) que mejoran la circulación sanguínea y reducen las inflamaciones. Es, por ello, cicatrizante y terapéutico.



1.4 ON STEAM

Son productos 100% de microfibra, libres de sustancias nocivas y ecológicos, pues no se emite CO₂ durante su fabricación. Es totalmente transpirable y tiene una capacidad de absorción de 8 veces su peso en agua. Con su efecto termorregulador, ofrece máxima comodidad y un secado total. Es antialérgico y antimicrobiano (no genera olor). Se puede lavar.



Esta gráfica anterior muestra la alta permeabilidad al vapor o desorción que tiene esta microfibra y la facilidad para la absorción de agua. De todos modos, estos datos los compara con la piel de cerdo por lo que el significado de su comparación carece de interés.

2. ORLIMAN - VALENCIA

2.1 HEALIXCARE

Se combina una capa superior elaborada con la tecnología novedosa BambooTecc con una capa intermedia con absorción de impactos de Veva.

Veva es una capa más ligera y fina de materiales EVA, proporcionando una absorción total de impactos con un volumen mínimo. Se ha elaborado con un nivel de dureza específico con celdas de ventilación, permitiendo que el calor y la humedad sean liberados a una zona más amplia.



El material EVA, también conocido como Etileno Vinil Acetato o Goma EVA (uno de los varios nombres comerciales), es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo.

Tiene una baja absorción al agua, pero es muy fácil de moldear al calor y no es dañino para el medio ambiente, pudiéndose reciclar.

2.2 BAMBOOTECC

Por su contra, el BambooTecc consiste en una mezcla de fibras tradicionales con nanopartículas de bambú naturales. El resultado es una fibra ecológica que presenta propiedades contra el olor (antibacteriana y antifúngica), además de ser altamente transpirable. Resultan muy cómodos y su nivel de fricción es muy bajo. Como para su fabricación no se requieren sustancias químicas, no hay riesgo de que se produzcan reacciones dérmicas ni de otro tipo. Además, el bambú es un recurso natural y renovable.



3. CODEOR – ORENSE

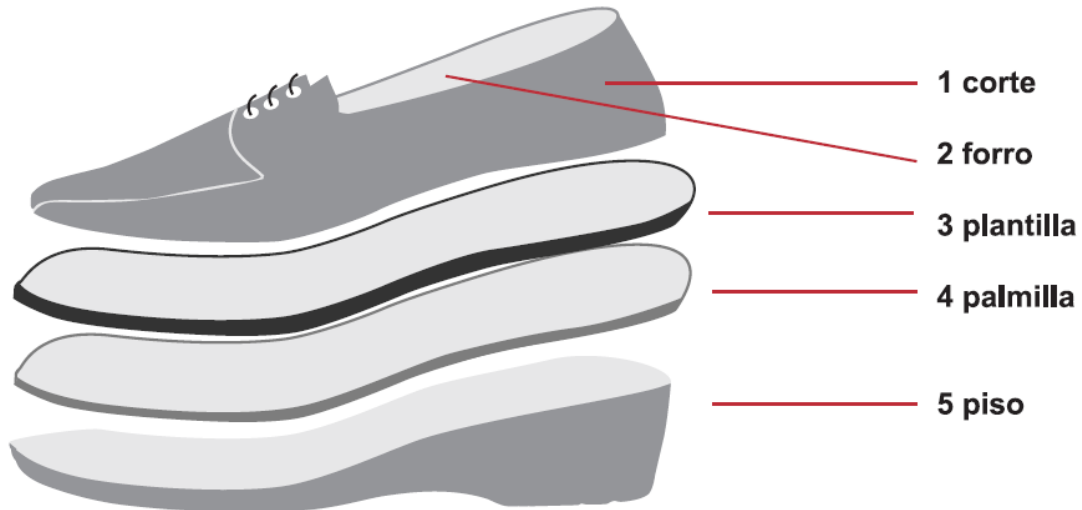
3.1 TRIPLEX

Son plantillas compuestas de poliuretano, que le confiere flexibilidad, ligereza y amortiguación, y le permite acoplarse a cualquier tipo de zapato. Las microfibras de poliuretano actúan como secante y mantienen una temperatura agradable para el pie, y además se apoyan en el tratamiento Thermo-tex (al igual que las del Grupo Morón, en este mismo anexo en el apartado 1.1) para evitar el desarrollo de las bacterias que causan mal olor. Además, al ser microfibras, otra de sus características es que son muy transpirables.



3.2 MYCODEOR

En estos zapatos, se incluyen tanto la tecnología de Iones de Plata, dándole la propiedad de antibacteriano, como el tratamiento On-Steam, proporcionándole una buena capacidad de absorción y regulando en fuerte medida la temperatura del pie.



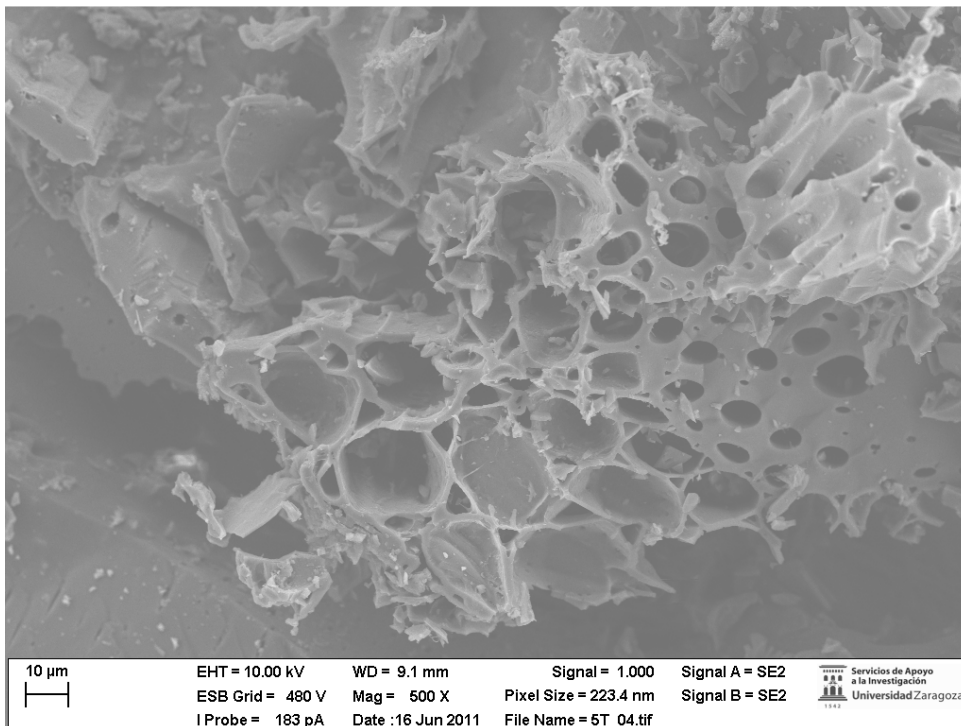
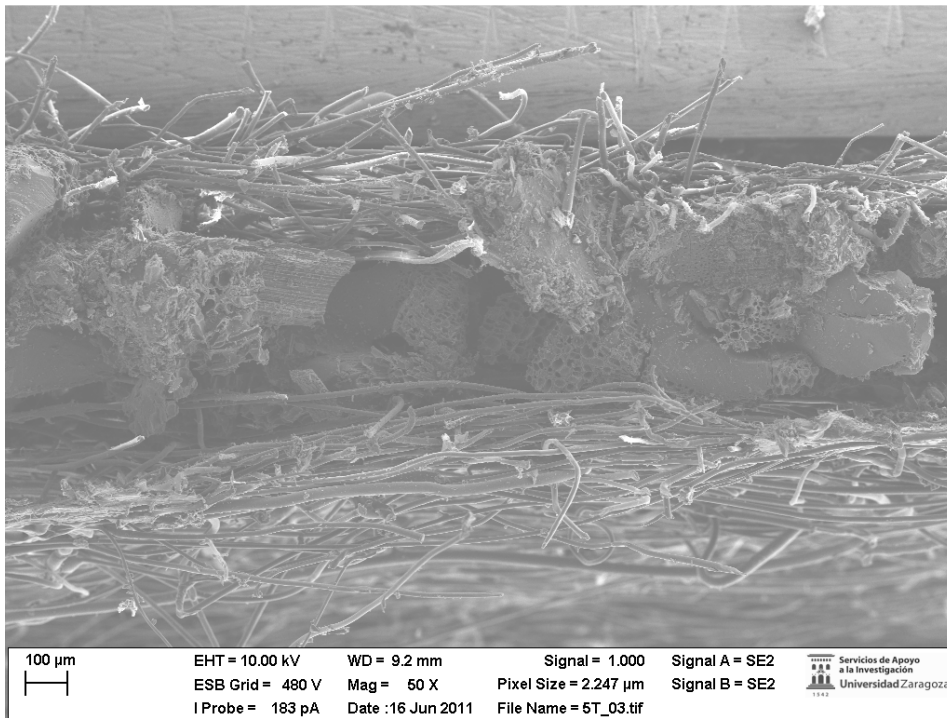
2 forro	Tejido DermoDry® Coolmax® con tratamiento “Iones de Plata”.
3 plantilla	On steam® perforado sobre espuma de 10 mm.

En este caso, no se trata de una plantilla en sí, sino del calzado en general, puesto que el tratamiento de iones de plata (antibacteriano) se incluye en el forro interior del zapato, mientras que el sistema de absorción y transpiración sí que se incluye dentro de la propia plantilla.

ANEXO II

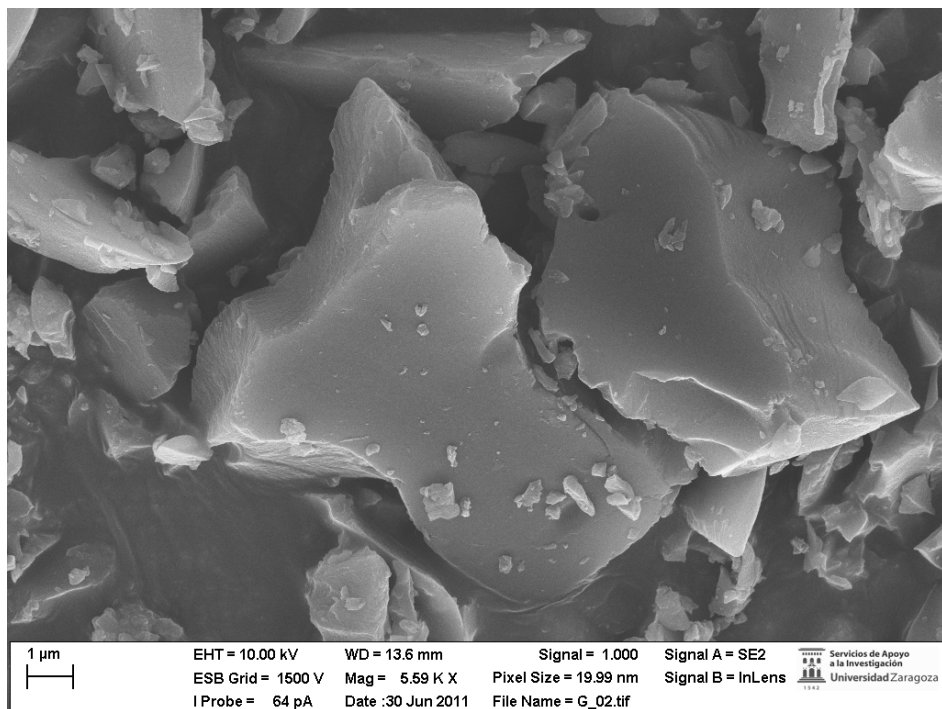
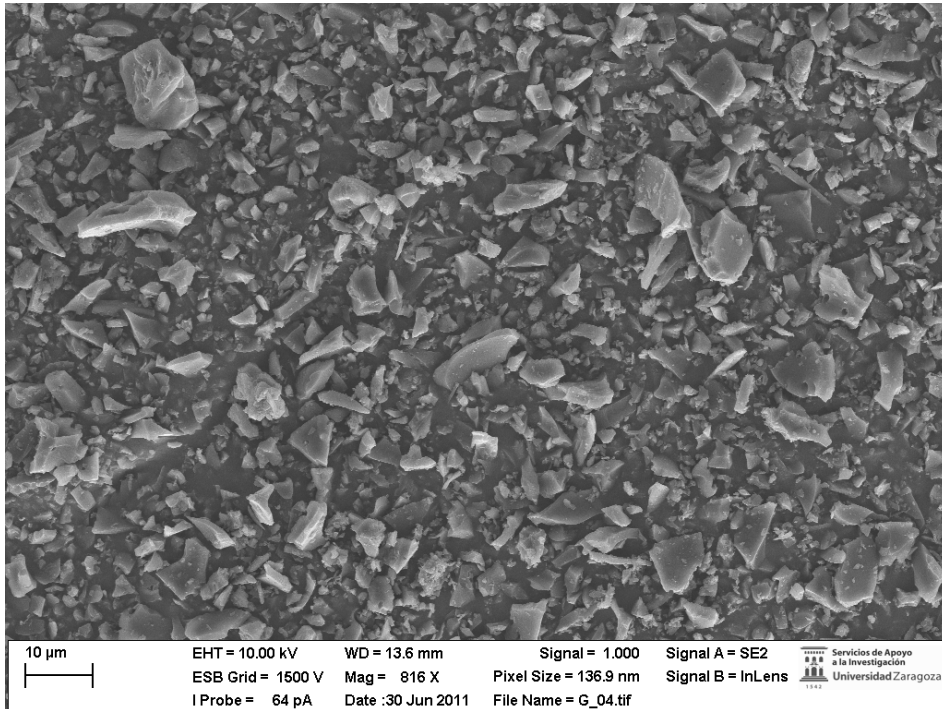
Fotos del microscopio electrónico de barrido

CARBÓN DE BAMBÚ 40-80 MESH RECUBIERTO POR DOS MANTAS DE POLIÉSTER



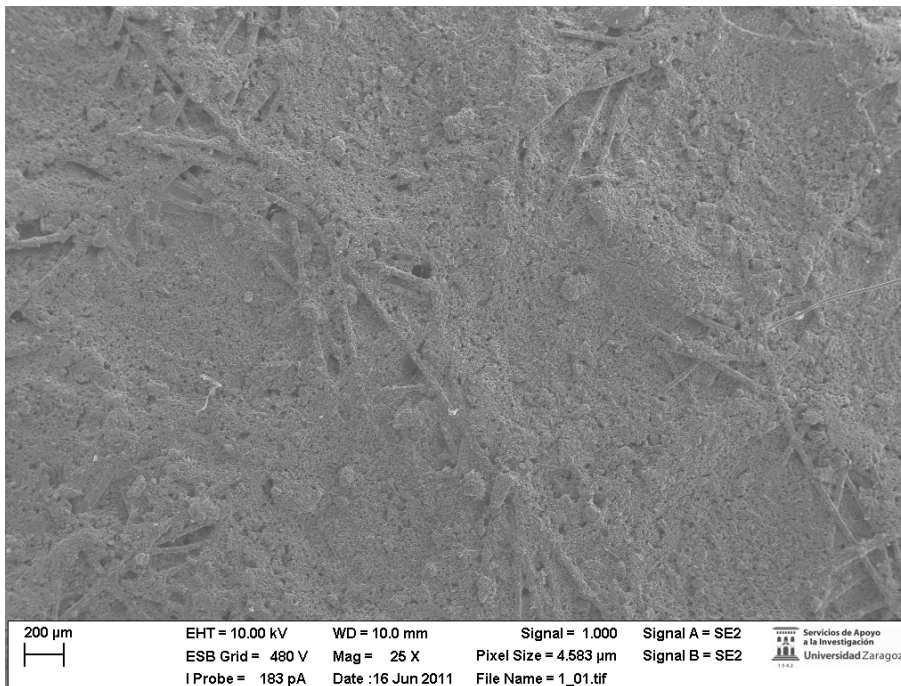
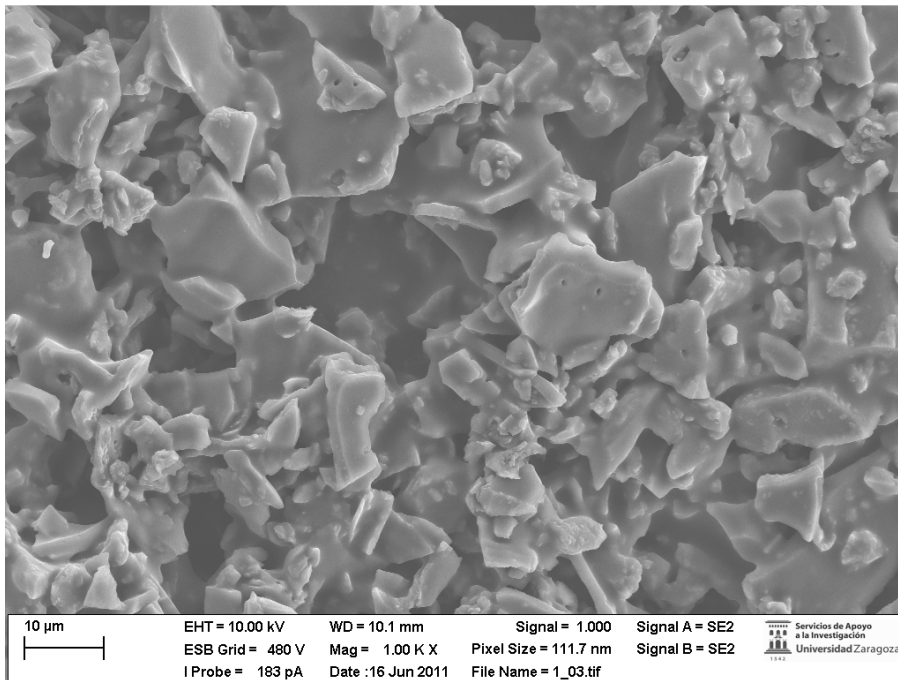
En estas imágenes se aprecia como el carbón de bambú con este tamaño (40-80 mesh), tiene una alta porosidad. Además, que también es importante y no se puede obviar, permite un completo llenado sin dejar huecos vacíos y permite una fabricación de lámina homogénea y totalmente lisa, sin que se note apenas rugosidad.

CARBÓN DE BAMBÚ EN POLVO 400 MESH



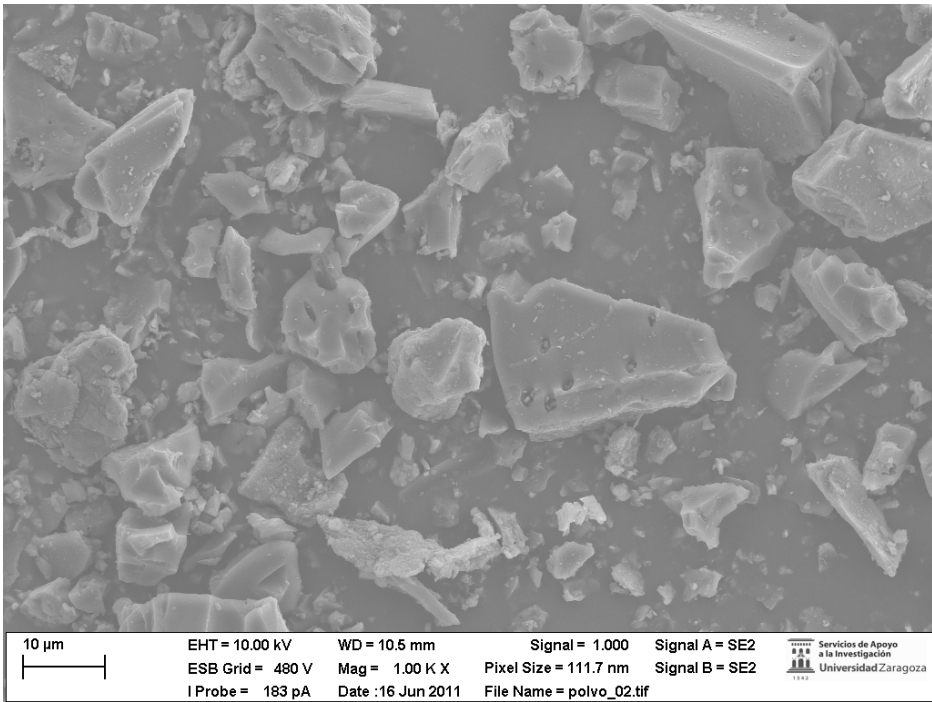
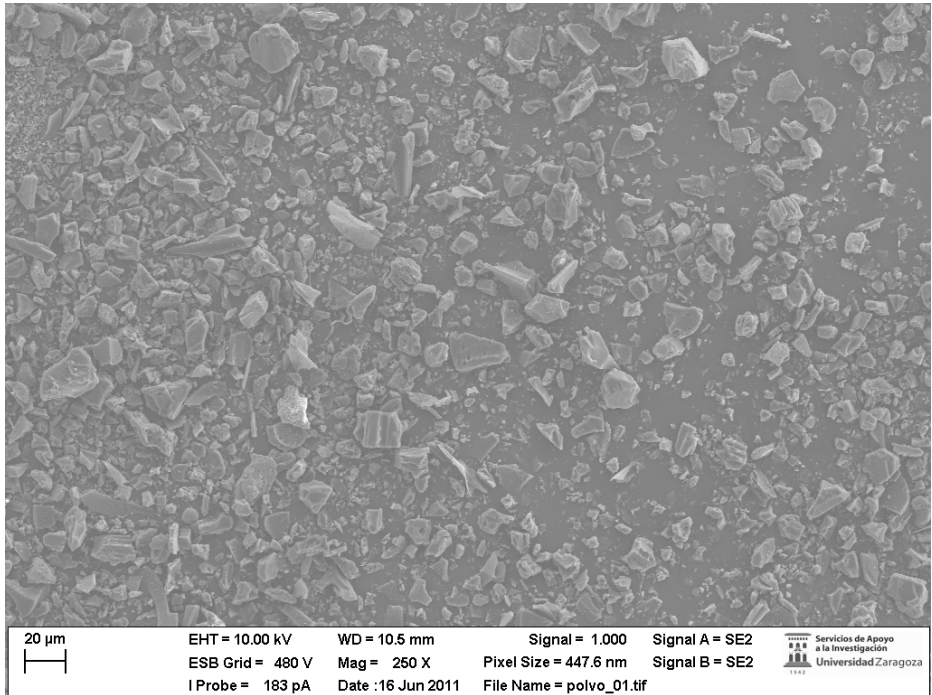
Con estas imágenes, se observa que el polvo de 400 mesh ya es quizá demasiado fino para la introducción en plantillas, puesto que su porosidad parece haber sido eliminada. Al haber machacado tanto el polvo y hacerlo tan fino, los granos apenas tienen poros y su superficie interna es mucho menor que en el caso de 40 – 80 mesh. El fenómeno de adsorción se produciría, pero en menor medida que en el caso anterior.

CARBÓN DE BAMBÚ 300 MESH RECUBIERTO POR DOS MANTAS DE POLIPROPILENO



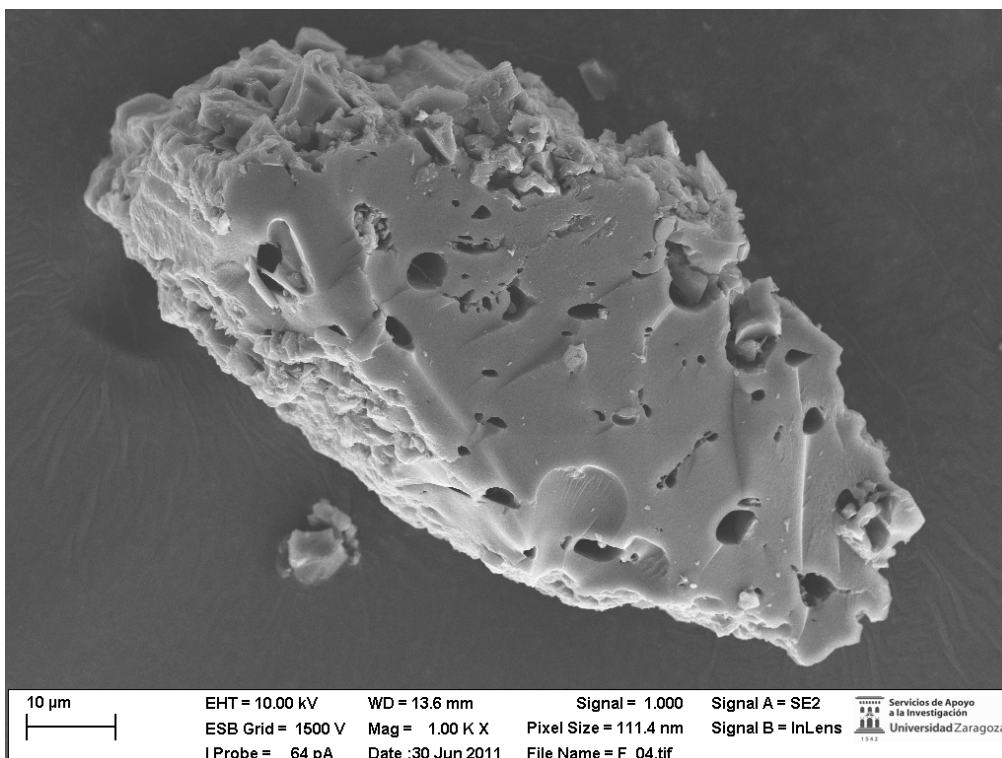
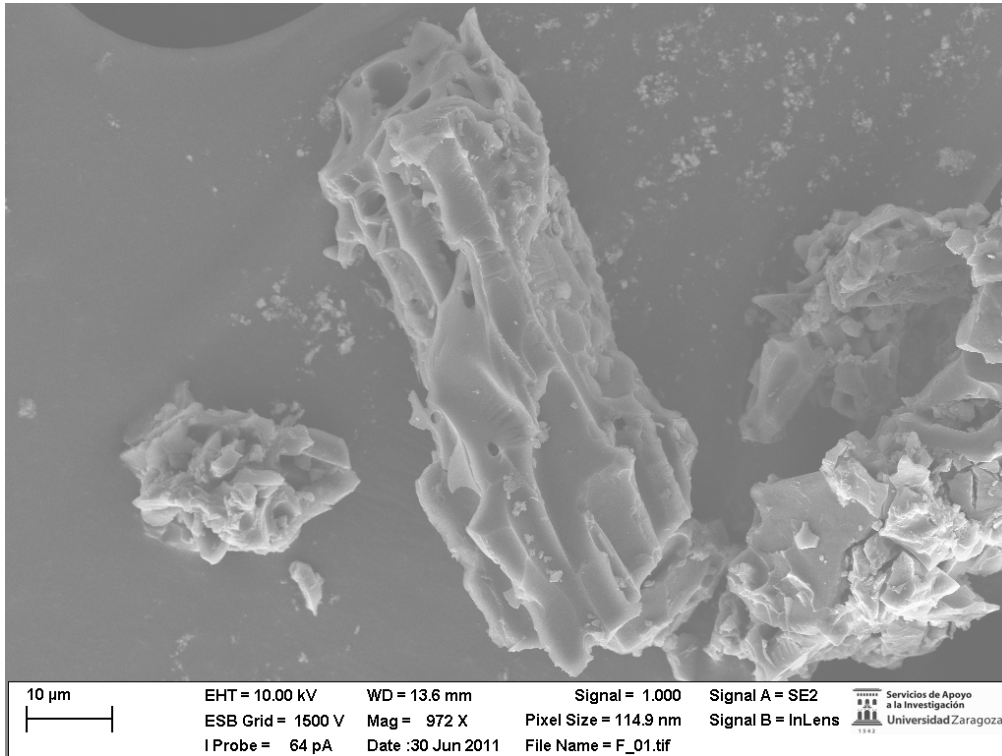
En estas dos imágenes, además de ratificar lo comentado en las fotografías anteriores de que con un tamaño de 300 o 400 mesh no existen tantos poros y su superficie interior es mucho menor que para 40 – 80 mesh, se puede apreciar en la fotografía inferior el aglutinante con el que se unen los polvos de carbón de bambú con el polipropileno.

CARBÓN DE BAMBÚ EN POLVO 2000 MESH



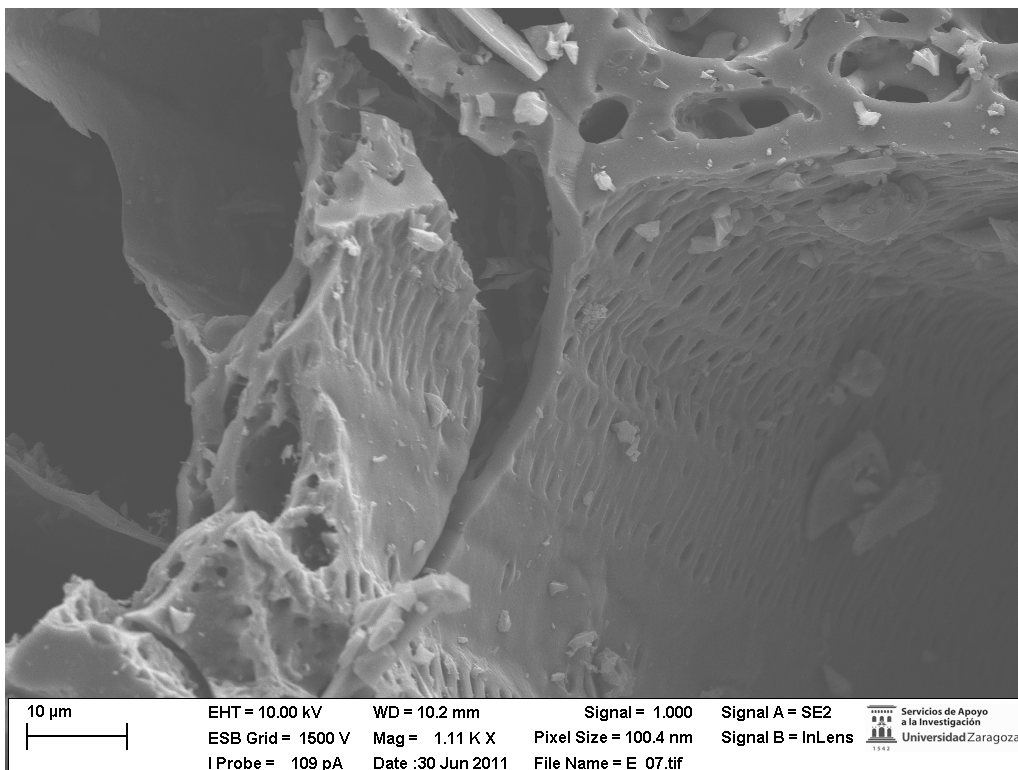
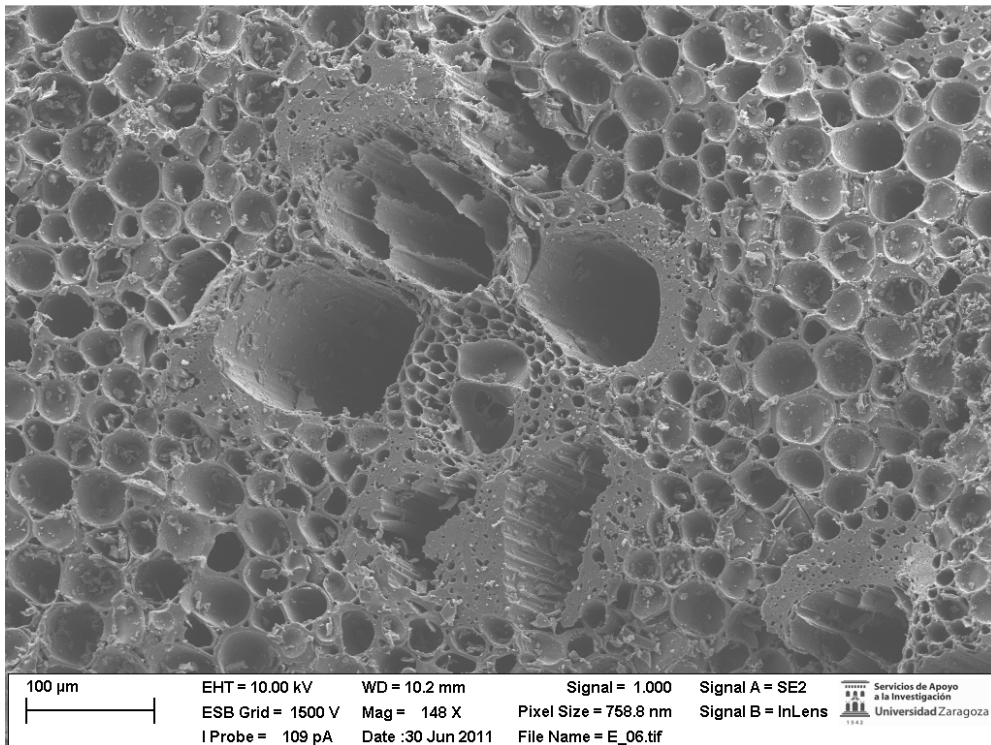
Si ya con un tamaño de 300 mesh se veía como la porosidad apenas existía, si se machaca aún más el polvo hasta conseguir un tamaño de 2000 mesh como es en el caso de estas imágenes, aun se verán menos poros en los polvos que en el caso anterior. Con 2000 mesh de tamaño, el carbón de bambú es tan fino que sus poros internos son inapreciables y por tanto, será ineficaz como adsorbente. Por el consiguiente, queda descartado para introducirlo en las plantillas.

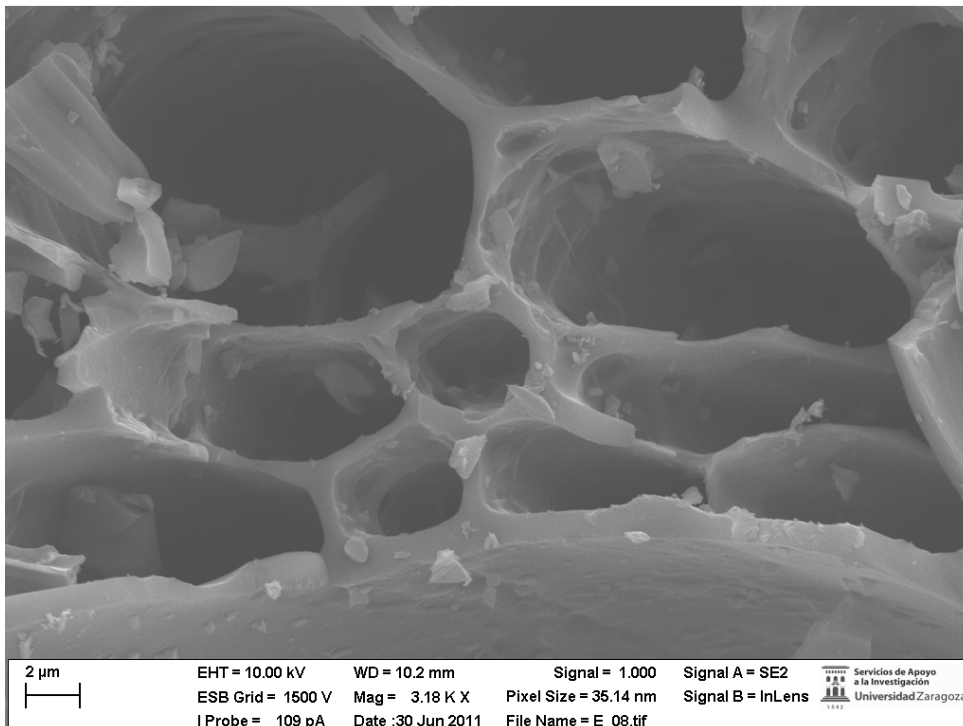
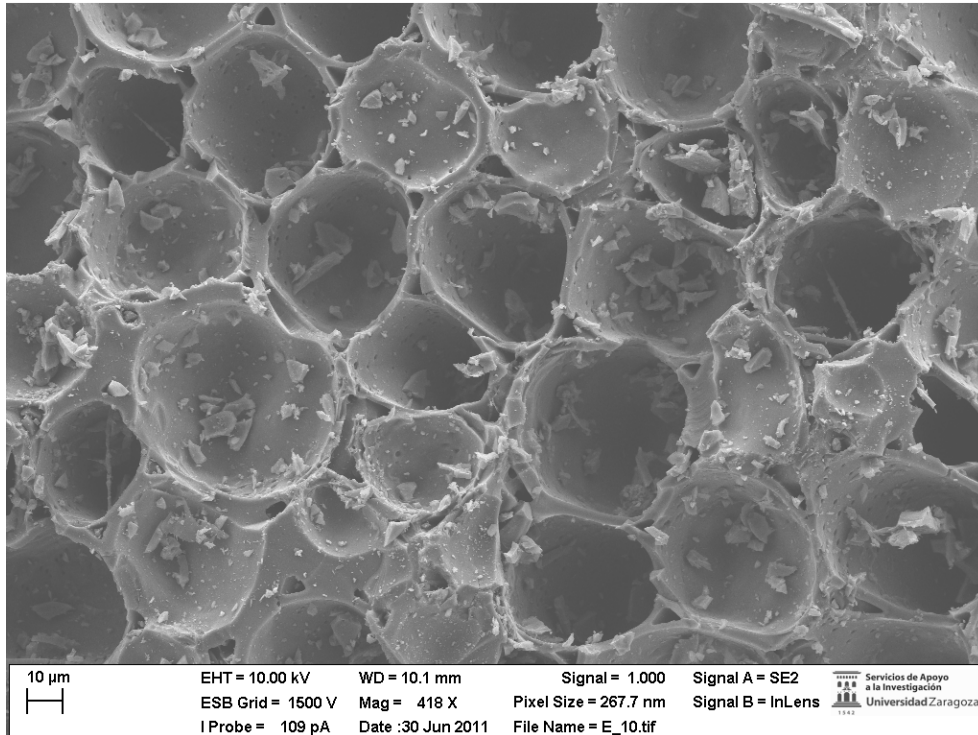
CARBÓN DE BAMBÚ EN POLVO 100 MESH



Los polvos con un tamaño de 100 mesh dejan apreciar los poros en su interior. Aumenta su superficie interna, consiguiendo una mejora en su comportamiento como adsorbente.

CARBÓN DE BAMBÚ EN GRÁNULOS (NO EN POLVO), SON COMO GUIJARROS.





En estas últimas cuatro imágenes, se observa que para gránulos de carbón de bambú, que son como pequeños guijarros, su superficie interna es desmesuradamente superior a los demás casos previos. Sin embargo, colocar éstos como una capa en la plantilla provocaría malestar en el usuario al andar puesto que se originaría una plantilla desnivelada.

ANEXO III

**Estudio sobre la
actividad
antimicrobiana del
cobre de la
Universidad de Chile**



Universidad de Santiago de Chile
Facultad de Química y Biología
Laboratorio de Microbiología Básica y Aplicada

“Estudio de la actividad antimicrobiana de
plantillas de cuero natural denominación
“Protex Pies / King Cooper”

Este estudio fue solicitado por Protex Pies / King Cooper a
nombre del Sr. Héctor Fernando Garín Mardonez,
Representante.

Ayudante de Investigación: Sr. Yeison Espinosa
Jefa del laboratorio: Dra. Marcela Wilkens

Octubre, 2008.



INTRODUCCIÓN

El cobre es un elemento reconocido por sus propiedades antimicrobianas. Se han descrito varios mecanismos por los cuales actuaría el cobre, los que incluyen la desnaturación de los ácidos nucleicos mediante desestabilización de las estructuras helicoidales y/o por unión covalente a las hebras del DNA. También puede alterar las proteínas o inhibir su función biológica, desestabilizar las membranas plasmáticas y actuar sobre los lípidos de membrana mediante lipoperoxidación (Borkow y Gabbay, 2004). Frente a la acción biocida del cobre, los microorganismos (excepto los virus) han desarrollado estrategias para tolerarlo, pero una exposición prolongada a altas concentraciones de cobre es tóxica para los microorganismos (Borkow y Gabbay, 2004).

Los estudios publicados en revistas científicas indican que es efectivo como antibacteriano cuando es incorporado en superficies. El estudio realizado por Noyce y cols. (2006) demostró que el cobre redujo la sobrevivencia de la bacteria meticilina resistente *Staphylococcus aureus* a tiempos cortos de exposición e incluso la eliminó completamente luego de 6 horas de contacto con el cobre. En este mismo estudio compararon la efectividad de la actividad antibacteriana de láminas de cobre con las de acero inoxidable, en que esta última no eliminó las bacterias viables luego de 72 horas de incubación. Otro estudio demostró que el cobre y algunas aleaciones con cobre inhiben las bacterias *S. aureus* meticilina resistente, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* y *Mycobacterium tuberculosis*, además de la inhibición de *Candida albicans*, una levadura del reino de los hongos, que es patógeno humano (Mehtar y cols., 2008). Como control usaron superficies de acero y PVC, los que mostraron una leve o nula inhibición del crecimiento microbiano.

También se ha estudiado la actividad biocida del cobre cuando se incorpora en productos como ropa de vestir, ropa de cama y otros artículos. Los autores Borkow y Gavia (2004) estudiaron la actividad del cobre en fibras de algodón, látex o poliéster, frente a bacterias, hongos, ácaros y virus con muy buenos resultados.

Por último, cabe destacar que no se encontró información acerca de la actividad del cobre en superficies como el cuero ni menos aplicado a plantillas de uso dentro del calzado.

El objetivo de este trabajo fue analizar la actividad antibacteriana de plantillas impregnadas con óxido de cobre mediante un método cuantitativo.

PROCEDIMIENTO

Se preparó el inóculo microbiano haciendo una suspensión con una colonia de cada bacteria (*Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*) y de la levadura *Candida albicans* en 2 mL de caldo CASO y caldo Saboureaux, respectivamente. Se incubó toda la noche a 37°C y 30°C, respectivamente. Para obtener una suspensión de aproximadamente $1,5 \times 10^7$ bacterias/mL o células/mL de *C. albicans*, el cultivo se diluyó con el medio respectivo mediante la comparación con la solución estándar McFarland 0,5 y nuevamente una dilución de 10 veces en el mismo medio. La cuantificación del número de células viables respectivas se realizó en medio sólido realizando una primera dilución de 1:50, otra 1:100 y una tercera 1:1000, incubándose estas placas por toda la noche.

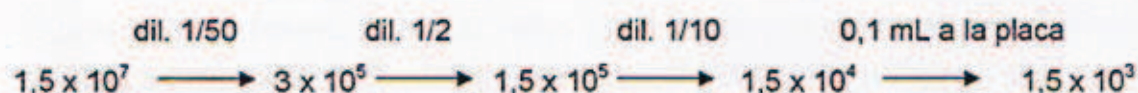
Las plantillas se cortaron en trozos de $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$, aproximadamente, y se humedecieron con suero fisiológico (NaCl 0,85%). A tres trozos de plantilla (TP), elegidos al azar, se agregó 20 μL del cultivo bacteriano diluido, tanto de las 4 bacterias como de *C. albicans*. El inóculo total aproximado de cada una de los microorganismos fue de 3×10^5 células. Como controles, otros seis TP se inocularon con 20 μL de medio de cultivo estéril (caldo CASO y caldo Saboureaux) y tres TP no se trataron. El control con medio de cultivo o no tratadas permite evaluar si en la plantilla están presentes bacterias por el manejo de las plantillas, que no tienen que ser necesariamente aquellas inoculadas.

Cada serie de TP se puso en placas de Petri vacías junto con un trozo de algodón mojado para mantener la humedad. Las placas conteniendo los TP se incubaron a 37°C o 30°C por 5 h en una estufa. Luego de la incubación, cada TP se traspasó con una pinza a un tubo de ensayo que contenía 980 μL de medio de cultivo estéril respectivo y se agitó durante 1 min para desprender las células bacterianas o de *C. albicans*. De esta dilución, 1:50, y de otras dos sucesivas (1:2 y 1:10), se tomaron alícuotas para determinar el número de células viables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Observaciones a la determinación cuantitativa.-

El número total aproximado de bacterias o levaduras aplicadas a cada trozo de plantilla (TP) fue de $1,5 \times 10^7$ (15 millones) en un volumen de 0,02 mL. Luego de la incubación, cada TP se sumergió en 0,98 mL de suero fisiológico considerándose así un volumen de partida de 1 mL para los cálculos. Esta suspensión se diluyó primero 50 veces, luego 10 veces y por último 10 veces, tomándose de esta última 0,1 mL para ser sembrados en el medio sólido (ver esquema), por lo tanto se hizo una dilución total de la suspensión de 10.000 veces. Esto implica que un número menor a 1×10^4 no se detectará por este método y el número máximo detectable es de 1×10^7 unidades formadoras de colonias.



En la Tabla se presentan los resultados de los análisis de cada uno de los trozos de plantilla (TP1, TP2 y TP3) para cada una de las plantillas analizadas (A, C, F, G, 1H, 2H, I, J, K, L, M, N y O).

Plantillas controles.-

Las plantillas I y N son plantillas controles que no fueron tratadas con la solución de cobre. El resultado del experimento con estas plantillas muestra que se obtiene un gran número de bacterias luego de 5 horas de incubación con las bacterias Gram negativo *E. cloacae*, *E. coli* y *P. aeruginosa*, llegando a un número incontable en la placa bacteriana (césped). En el caso de la bacteria Gram positivo, *S. aureus*, el resultado es diferente, pues disminuyó la población bacteriana en el trozo de plantilla en un 94% en el tiempo de incubación. Este resultado para *S. aureus* podría interpretarse como un efecto inhibitorio del material de la plantilla *per se*. En el caso de la levadura *C. albicans* se obtuvo una muerte celular de un 32%.

Los resultados indican que en casi todas las plantillas, muere más del 90% de las células bacterianas y de la levadura *C. albicans* en las 5 h de incubación, al estar en contacto con la superficie de las plantillas. Sólo en el caso de la plantilla A, la muerte bacteriana fue menor, sobre todo para las bacterias Gram negativo (*E. cloacae*, *E. coli* y *P. aeruginosa*), con porcentajes de 71, 89 y 40%, respectivamente.

Se debe considerar que se inoculó con un alto número de bacterias y levaduras el trozo de plantilla, 15 millones de células ($1,5 \times 10^7$). Al cabo de 5 horas, este número disminuye notablemente, muriéndose un porcentaje aproximado mayor a 95%, bajando a 750.000 células ($7,5 \times 10^5$). Esta disminución corresponde a dos órdenes de magnitud.

Como en este experimento se determinó la viabilidad de sólo una dilución en el ensayo, correspondiente a 10.000 veces y, en la mayoría de las muestras el valor de unidades formadoras de colonias fue 0, es posible que al cabo del tiempo de incubación, se hayan muerto todas las células presentes. Para demostrar esto, sería necesario hacer cuantificación más precisa de la presencia de células viables en el trozo de plantilla cuantificando en diluciones menores, e incluso, realizar una cinética que determinaría en cuánto tiempo se eliminan por completo las bacterias inoculadas en esa superficie y en qué tiempo.

PLANTILLA: G						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
2	<i>Escherichia coli</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

PLANTILLA: 1H						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
2	<i>Escherichia coli</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

PLANTILLA: 2H						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
2	<i>Escherichia coli</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

PLANTILLA: J						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
2	<i>Escherichia coli</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

PLANTILLA: K						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
2	<i>Escherichia coli</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

PLANTILLA: L						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	6,00E+04	1,00E+04	2,00E+04	3,00E+04	99,8
2	<i>Escherichia coli</i>	2,50E+05	2,40E+05	1,50E+05	2,13E+05	98,6
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	5,30E+05	4,70E+05	2,40E+05	4,13E+05	97,2
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,60E+05	2,20E+05	1,00E+04	1,30E+05	99,1
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

PLANTILLA: M						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
2	<i>Escherichia coli</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

PLANTILLA: O						
N°	MICROORGANISMO	TP1	TP2	TP3	PROMEDIO	MUERTE
1	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
2	<i>Escherichia coli</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
3	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7
5	<i>Candida albicans</i>	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	98,7

REFERENCIAS

Borkow G. y Gabbay, J. (2004). Putting copper into action: copper-impregnated products with potent biocidal activities. FASEB J. express article 10.1096/fj.04-2029fje. Publicación online.

Methar, S., Wiid, I. y Todorov, S.D. (2008). The antimicrobial activity of copper and copper alloys against nosocomial pathogens and *Mycobacterium tuberculosis* isolated from healthcare facilities in the Western Cape: an in-vitro study. J. Hosp. Infection: 68: 45-51.

Noyce, J.O., Michels, H. y Keevil, C.W. (2006). Potencial use of copper surfaces to reduce survival of epidemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the healthcare environment. J. Hosp. Infection: 63: 289-297.

ANEXO
TRADUCCIÓN DE LA PUBLICACIÓN

Borkow G. y Gabbay, J. (2004). Putting copper into action: copper-impregnated products with potent biocidal activities. *FASEB J. express article*10.1096/fj.04-2029fje. Publicación online.

Título:

Poniendo al cobre en acción: productos impregnados con cobre con potentes actividades biocidas.

Resumen: los iones cobre, solos o en complejos, han sido usados por siglos para desinfectar líquidos, sólidos y tejidos humanos. Hoy el cobre es usado como un purificador de agua, algicida, fungicida, para matar nemátodos, moluscos, como antibacteriano y como agente anti-incrustante. El cobre también posee una potente actividad antiviral. Nosotros tenemos la hipótesis de que la introducción de cobre en la ropa, ropa de cama y otros artículos le daría propiedades biocidas. Se ha desarrollado una tecnología para introducir el cobre a fibras de algodón, látex y otros materiales poliméricos. Este estudio demuestra las actividades antimicrobianas de amplio espectro (antibacteriana, antiviral y antifúngica), como también la actividad anti-ácaros de fibras y productos de poliéster impregnadas con cobre. Esta tecnología permite la producción de guantes y filtros antivirales (los que inactivan el virus HIV-1 y otros virus), géneros que se auto-esterilizan frente a bacterias (los que matan bacterias resistentes a antibióticos, incluyendo a *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina y a enterococos resistentes a vancomicina), calcetines antifúngicos (los que alivian los síntomas del pié de atleta), y cubiertas tipo frazadas anti-ácaros del polvo (los que reducen las alergias anti-ácaros). Estos productos no presentan propiedades de sensibilización de la piel, lo que fue determinado por ensayos de sensibilización en cuyes y ensayos de irritación en conejos. Estas aplicaciones se aplican a problemas médicos de gran importancia, tales como la transmisión de enfermedades virales o intra hospitalarias, o a la diseminación de bacterias resistentes a antibióticos.

Materiales y métodos:

Producción de fibras de algodón, látex o poliéster impregnadas con cobre: los autores describen la tecnología para la impregnación con cobre de fibras de algodón y látex, los cuales fueron examinados por microscopía electrónica.

Actividad bactericida de géneros con cobre: Usaron el método acorde con la American Association of Textile Chemists and Colorists – AATCC (Asociación americana de Químicos textiles y tintores). Esto consistió en exponer trozos de género circulares de aprox. 4,8 cm con 1 mL de cultivos de 24 h de las bacterias. A tiempo 0 ó a diferentes tiempos de exposición hasta 120 min, se tomaron muestras de la bacteria en el género y fueron transferidas a matraces de 250 mL. Se agregó 100 mL de agar violeta rojo bilis (VRBA) y los matraces fueron sellados y agitados por 1 min. Se diluyó serialmente 1:10 alícuotas con agua y se sembró 1 mL en duplicado sobre placas de agar soya tripticasa. Las placas fueron incubadas y se determinaron las unidades formadoras de colonias.

Otras actividades determinadas en este trabajo: se determinó la actividad antifúngica por el método descrito por AATCC (método 100-1993). Se determinó la actividad frente al ácaro *Dermatophagoides farinae*. Frente al virus HIV-1, se probó la efectividad poniendo el virus en contacto con el látex impregnado con cobre y como control, látex sin cobre y se determinó si el virus seguía infectivo frente a cultivos celulares luego de 20 min de contacto con el látex. Por otra parte, se filtró el virus HIV-1 y el virus West Nile (WNV) por unas jeringas que contenían 4 mL de fibras de poliéster empacadas y se determinó la infectividad del eluido de la columna.

Determinación de sensibilización al cobre y test cutáneo: el test de sensibilización se realizó acorde a la ISO 10993-10 (1994) en que se inyectan los animales intradérmicamente y tópicamente con un extracto polar de género impregnado con cobre. A los 14 días los animales fueron desafiados con extracto en la piel. Se determinó el grado de reacción cutánea. Esto se hizo con cuyes. Por otra parte, en conejos se determinó si el género impregnado con cobre produce algún tipo de irritación cutánea.

Resultados:

ANEXO IV

**Diferencia de la
eficacia
antimicrobiana entre
el cobre y la plata**

Fighting Germs

with hygienic copper surfaces

Angela Vessey, director of the Copper Development Association, looks at how the use of copper in washrooms is helping to reduce germs in healthcare situations.

Brass door handles and push plates are making a comeback in hospitals due to their inherent ability to kill germs – bacteria, viruses and fungi – around the clock. Often found in private hospitals to provide a homely or hotel feel, this new generation of handles, and other touch surface components, are uncoated – they are neither lacquered or chrome plated – unleashing the power of the antimicrobial copper within. These active surfaces look different to standard components and patients, staff and visitors need to understand how this new look can help maintain a hygienic environment.

There are now reams of scientific papers documenting how copper surfaces (and materials such as brass and bronze which contain copper) can very quickly kill millions of microbes applied to them. The most recent work has been carried out at the University of Southampton by Professor Bill Keevil who has proven copper kills MRSA, *Clostridium difficile*, *E. coli* and even Influenza A (H1N1) – all headline-making germs. Interestingly, while it is widely accepted that both silver and copper have antimicrobial properties, and indeed the use of silver in catheters and wound dressings is well known, Keevil recently reported that under typical indoor conditions, i.e. 22 degrees C and 50% relative humidity, silver-ion containing materials showed no activity. A higher temperature and humidity was needed for the silver material to show an effect. So for indoor touch surface applications, copper materials have the required performance.

Copper has also been proven to reduce contamination in a clinical setting with reductions of 90-100% reported on toilet seats, taps and push plates in a trial at Selly Oak. 80% of infectious diseases are spread by touch so, logically, reducing contamination on touch surfaces must mean reducing the risk of spreading disease. According to the trial leader, Professor Tom Elliott: “The findings of a 90 to 100% killing of those organisms, even after a busy day on a medical ward with items being touched by numerous people, is remarkable. So it may well offer us another mechanism for trying to defeat the spread of infection.”

So copper, brass and bronze surfaces can augment standard hygiene practices such as hand washing and cleaning and provide an additional barrier to germs, between cleans. Infection control can identify which surfaces would benefit from copper in particular areas. It's perhaps hardly surprising that studies have shown the areas closest to the patient – the bed rails, the over-bed table and the nurse-call button – to be most heavily contaminated. In the Selly Oak trial, door handles, push plates, grab rails, taps, light switches and sockets and toilet seats were just some of the copper components installed. If you are asking yourself whether this means hospitals will need to start bulk buying Brasso then think again. At Selly Oak, standard cleaning agents and protocols were used.

News of copper's outstanding antimicrobial performance in the Selly Oak trial is making infection control teams around the world consider

where best to deploy copper, brass and bronze fittings, furniture and equipment, but it's not just hospitals that can benefit. The Health Protection Agency reports on its website that the swine flu virus can survive on hard surfaces for up to 24 hours pushing hygiene up the agenda for all non-residential buildings, public buildings, offices, gyms and schools. Of course, effective cleaning will help to sanitise touch surfaces but only until the next contaminated hand makes contact. This is where an effective antimicrobial like copper comes into its own, keeping germs at bay between cleans.

“80% of infectious diseases are spread by touch.”

So, how will you recognise these new weapons in the fight against infection? Copper-containing materials come in a variety of guises ranging in colour from gold to bronze to silver depending on composition. Being active surfaces, they immediately set to work killing germs, and the surface appearance may dull or darken slightly, a process known as patination. Only poorly cleaned surfaces will discolour to a greater degree than this, and the bathroom fittings installed at Selly Oak show only a gentle patination, even after two years' service. Rest assured though that as this patination occurs, the surface is becoming even more effective at killing germs.



ANEXO V

Ensayo realizado

1. MUESTRAS A REALIZAR

Muestras de plantillas

1. Plantilla de Illueca de Neutrolor.
2. Plantilla A (sin especificaciones, parece ser carbón activado).
3. Plantilla B (sin especificaciones, parece que es con papel de carbón de bambú).
4. Plantilla C (sin especificaciones, es la de papel de carbón de bambú. Es la aparentemente buena).
5. Plantilla D (sin especificaciones, con polvo de bambú).
6. Plantilla E (300 gr/sq de carbón de bambú).
7. Plantilla F (100 gr/sq de carbón de bambú).
8. Plantilla G (300 gr/sq de carbón de bambú).
9. Plantilla H (100 gr/sq de carbón de bambú).

Muestras de materiales

10. (1) Muestra de Carbón de Bambú de 2 capas con polipropileno. (85 gr/sq y 300 mesh)
11. (2) Muestra de Carbón de Bambú de 3 capas con polipropileno. (110 gr/sq y 300 mesh)
12. (3) Muestra de Carbón de Bambú de 3 capas con polipropileno. (300 gr/sq y 15-35 mesh)
13. (4) Muestra de Carbón de Bambú de 3 capas con poliéster. (110 gr/sq y 40-80 mesh)
14. (5) Muestra de Carbón de Bambú de 3 capas con poliéster. (300 gr/sq y 40-80 mesh)
15. Muestra de Carbón de Bambú de 3 capas con material no tejido. (200 gr/sq y no se sabe que tamaño.)
16. Muestra de Fibra de Cáñamo.
17. Muestra de calcetín de 100% Carbón de Bambú.

2. MATERIALES NECESARIOS

1. 4 probetas por cada muestra (2 para cada ensayo).
2. Tijeras.
3. Regla.
4. Agua destilada.
5. Báscula.
6. Papel filtro.
7. 68 Vasos.
8. 68 Canicas para la correcta inmersión en agua de las probetas.
9. Pinza para extracción.
10. Reloj/Cronometrador.

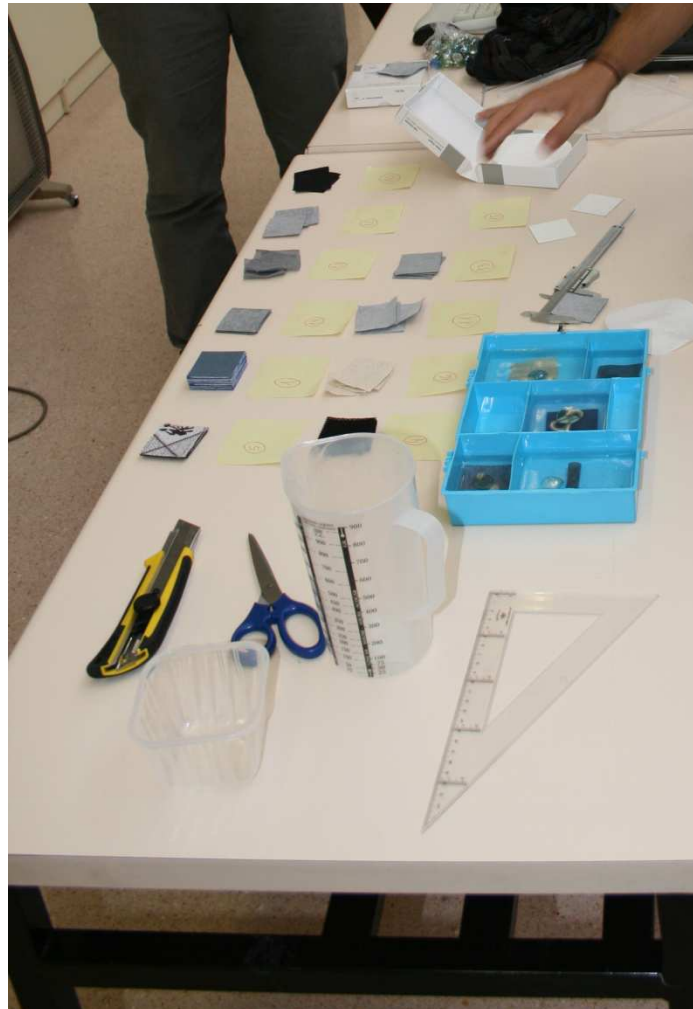


Imagen 1. Materiales necesarios para el ensayo.



Imagen 2. Mesa de ensayo lista para su inicio.

3. REALIZACIÓN

Ensayo de medidas intermitentes

Viernes, 17 Junio

- Se pesan las muestras: M_0 .

Domingo, 26 Junio

- Sobre las 11 horas, comienza el acondicionamiento de la sala de los ensayos, poniendo el aire acondicionado de la Sala de Proyectos en marcha a una temperatura de unos 23°C. Las muestras de los materiales y de las plantillas deberán situarse en la sala a partir de entonces.

Lunes, 27 Junio

- A las 8 de la mañana comienzan los ensayos. Se sumergirán todas las muestras en los diferentes vasos, dejando 4 minutos de separación entre la inmersión en el agua destilada de cada muestra. La idea de estos 4 minutos de separación entre una y otra es para que todas estén sumergidas 6 horas al final, y no la primera de ellas esté 6 horas y la última 6 horas y media aproximadamente.

- Se colocará encima de cada muestra una canica para que la muestra esté sumergida en todo momento.
- A las 14 horas, tras 6 horas de sumersión, se empieza a retirar la primera de las muestras con una pinza para influir lo mínimo posible en el ensayo. Tras dejar escurrir durante 15 segundos, se quita el agua sobrante con el papel filtro durante 10 segundos y se pesa inmediatamente: M_F . Esto se debe hacer para las dos probetas de la misma muestra.
- Tan pronto se haya pesado la muestra, se coloca la muestra para su posterior secado encima de la mesa de la sala.
- El proceso de colocar el papel de filtro sobre la muestra, pesarla y colocarla ya para el posterior secado, se calcula que puede tardar unos 4 minutos para las dos probetas.
- A las 3 horas de haber sacado las probetas del agua (las 17 horas), se vuelven a pesar: M_{R3} . Se pesan cada una de las dos probetas, siempre dejando 4 minutos entre muestra y muestra.
- A las 6 horas y 20 minutos, se vuelven a pesar: $M_{R6,20}$. Se pesan cada una de las dos probetas, siempre dejando 4 minutos entre muestra y muestra.
- A las 20 horas, se vuelven a pesar: M_{R20} . Se pesan cada una de las dos probetas, siempre dejando 4 minutos entre muestra y muestra.
- El tiempo de secado visto hasta ahora es para las muestras de plantillas. El tiempo de secado que se ha considerado para las muestras de materiales es de 40 minutos, 1 hora y 20 minutos y 2 horas.

Ensayo de medidas totales

Viernes, 17 Junio

- Se pesan las muestras: M_0 .

Domingo, 26 Junio

- Sobre las 11 horas, comienza el acondicionamiento de la sala de los ensayos, poniendo el aire acondicionado de la Sala de Proyectos en marcha a una temperatura de unos 23°C. Las muestras de los materiales y de las plantillas deberán situarse en la sala a partir de entonces.

Lunes, 27 Junio

- A las 12 de la mañana comienzan los ensayos. Se sumergirán todas las muestras en los diferentes vasos, dejando 4 minutos de separación entre la inmersión en el agua destilada de cada muestra.
- Se colocará encima de cada muestra una canica para que la muestra esté sumergida en todo momento.
- A las 18 horas, tras 6 horas de sumersión, se empieza a retirar la primera de las muestras con una pinza para influir lo mínimo posible en el ensayo. Tras dejar escurrir durante 15 segundos, se quita el agua sobrante con el papel filtro durante 10 segundos y se pesa inmediatamente: M_F . Esto se debe hacer para las dos probetas de la misma muestra.
- Tan pronto se haya pesado la muestra, se coloca la muestra para su posterior secado encima de la mesa de la sala.
- El proceso de colocar el papel de filtro sobre la muestra, pesarla y colocarla ya para el posterior secado, se calcula que puede tardar unos 4 minutos para las dos probetas.

Martes, 28 Junio

- A las 10 de la mañana, es decir, después de 16 horas de acondicionamiento, se comienzan a pesar las probetas: M_{R16} . Se pesan cada una de las dos probetas, siempre dejando 4 minutos entre muestra y muestra.
- Sin embargo, para los materiales, el ensayo de medidas totales se hace únicamente con 3 horas de secado, puesto que con 16 horas de secado no se obtendría ninguna conclusión.

4. TOMA DE MEDIDAS

En las siguientes páginas se puede apreciar los ejemplos de las hojas donde se anotaron las medidas tomadas y posteriormente, los resultados obtenidos junto con las gráficas y las conclusiones alcanzadas de cada uno de los ensayos.

Ensayo 1: Medidas intermitentes

M	P	M ₀ (g)		M _F (g)		MR ₃ (g)		MR _{6,20} (g)		MR ₂₀ (g)	
1	1										
	2										
2	1										
	2										
3	1										
	2										
4	1										
	2										
5	1										
	2										
6	1										
	2										
7	1										
	2										
8	1										
	2										
9	1										
	2										
10	1										
	2										
11	1										
	2										
12	1										
	2										
13	1										
	2										
14	1										
	2										
15	1										
	2										
16	1										
	2										
17	1										
	2										

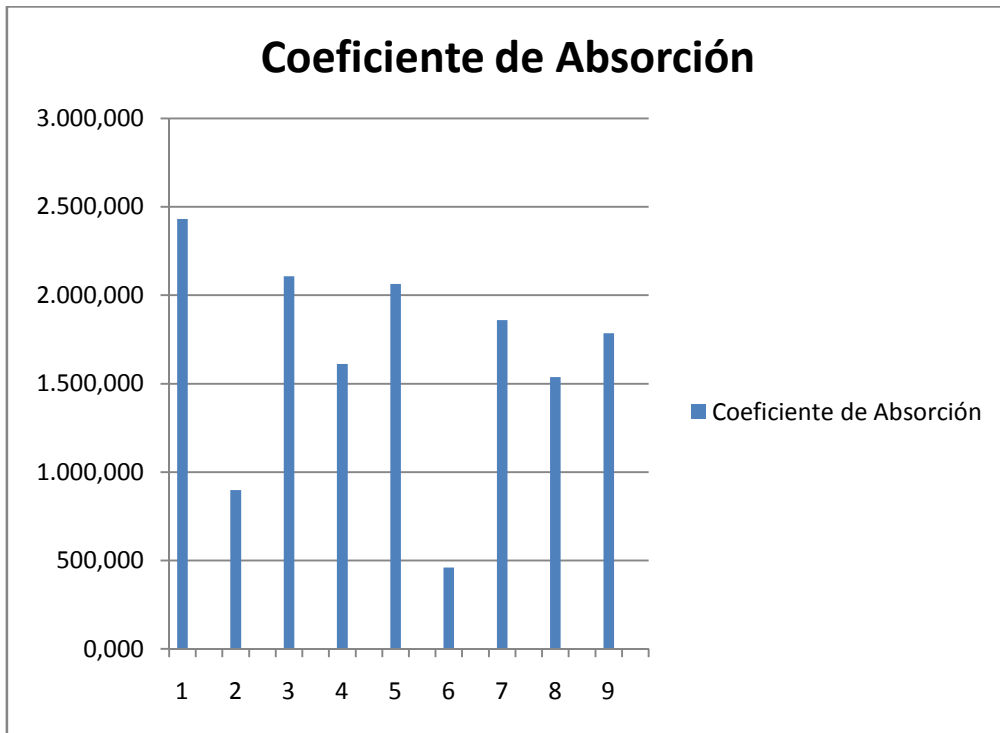
Hay que considerar que la línea más gruesa separa las muestras de plantillas de las de materiales y que en estos últimos, la toma de medidas tras el acondicionamiento es a los 40 minutos, a la hora y 20 minutos y a las 2 horas.

Ensayo 2: Medidas totales

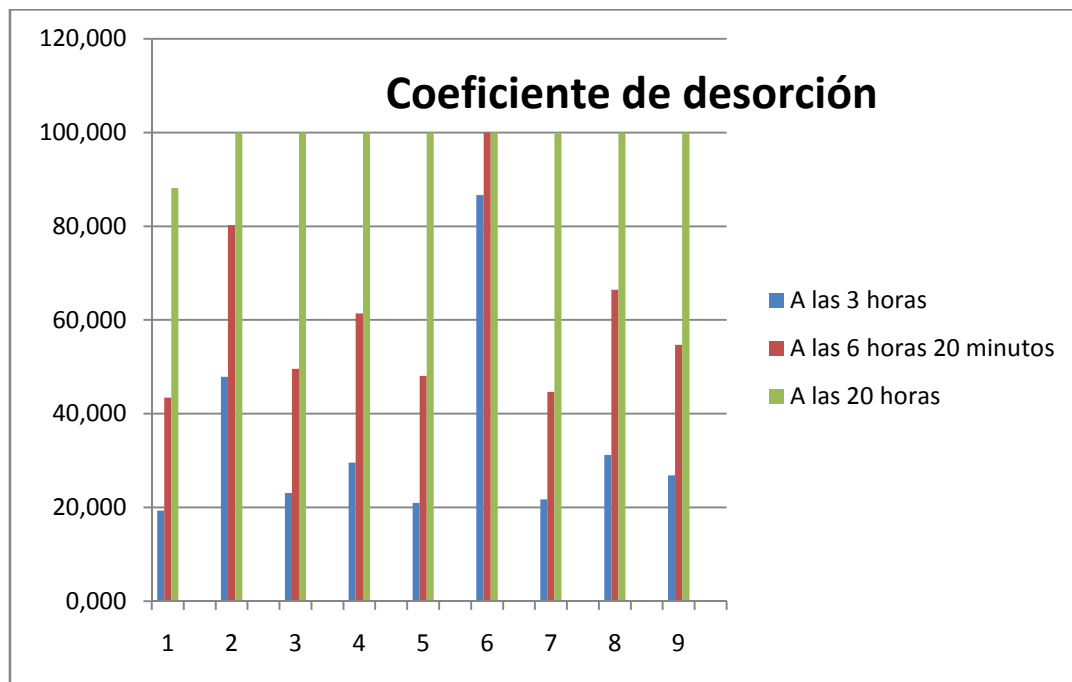
M	P	M₀ (g)		M_F (g)		MR₁₆ (g)	
1	1						
	2						
2	1						
	2						
3	1						
	2						
4	1						
	2						
5	1						
	2						
6	1						
	2						
7	1						
	2						
8	1						
	2						
9	1						
	2						
10	1						
	2						
11	1						
	2						
12	1						
	2						
13	1						
	2						
14	1						
	2						
15	1						
	2						
16	1						
	2						
17	1						
	2						

5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES FINALES

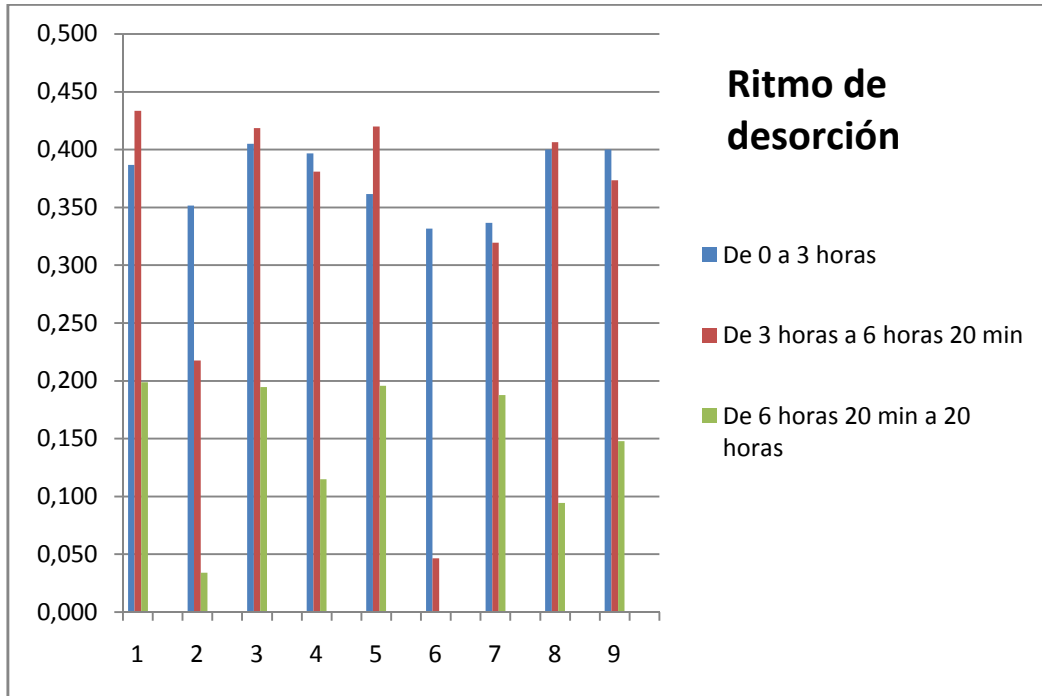
Ensayo de medidas intermitentes en plantillas



Se observa en la gráfica de coeficiente de absorción que la mejor es la de Neutrolor (la 1), aunque en la de desorción es la peor en los tres instantes. No llega a desabsorber nunca toda el agua que ha captado en el ensayo. Desecha hasta un 88,2%, mientras que todas las demás se han secado completamente tras las 20 horas.



En cuanto al coeficiente de desorción se ve que la 6 tras el segundo periodo (6horas 20 min) ya ha desabsorbido toda el agua. Sin embargo, puede deberse a que era la que menos agua había absorbido, pues era la que peor coeficiente de absorción tenía.



En la gráfica de ritmo de desorción, que mide los gramos desabsorbidos por hora, sin tener en cuenta cuanta cantidad había absorbido en el ensayo, se ve que en la mayoría de los casos permanece constante en los dos primeros periodos (parece ser lineal). Sí que parece que pierde agua más rápido en el segundo periodo que en el primero, pero es similar. Parecen ser las mejores la 1, la 3, la 5, la 8 y la 9.



Además se ha añadido la gráfica de ritmo de absorción durante las 6 horas y 20 minutos primeros de secado, pues podría ser el tiempo en el que se deja una plantilla secar durante la noche. Se ve allí que la mejor sería la plantilla 3.

Otro motivo para destacar que la 3 es la mejor sería comprobando coeficientes de absorción y desorción. Ponemos un 1 al mejor en absorción y un 9 al peor en absorción. Ponemos un 1 al mejor en desorción en el primer periodo y un 9 al peor.

Plantilla	Según Coef. Absorción	Según Coef. Desorción	Total
1	1	9	10
2	8	2	10
3	2	6	8
4	6	4	10
5	3	8	11
6	9	1	10
7	4	7	11
8	7	3	10
9	5	5	10

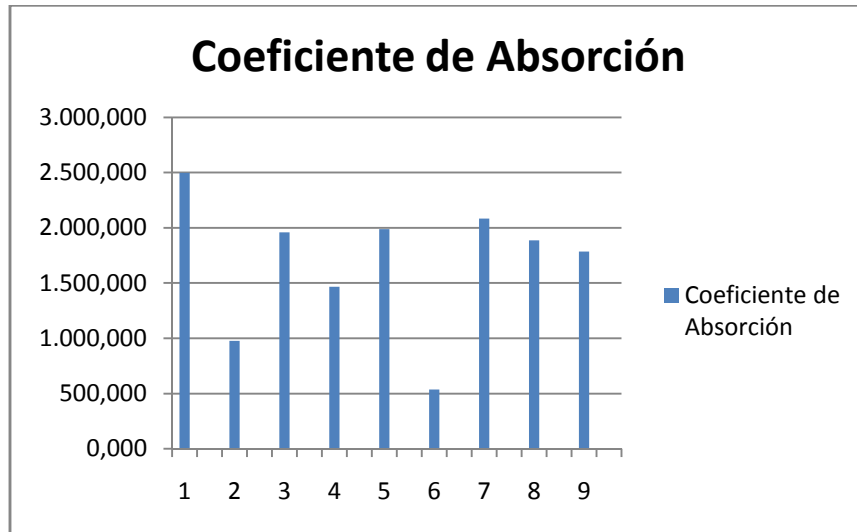
La mejor plantilla sería aquella que obtuviera menor puntuación al sumar los dos términos. Lo lógico sería que sumasen todas 10 puesto que la absorción y la desorción son términos inversos. Es decir, si absorbe mucho (coeficiente de absorción alto), lo lógico sería que mayor fuera el tiempo que necesite para deshacerse de esa cantidad, o sea, que no se deshaga del agua con facilidad (coeficiente de desorción bajo).

Pero es la muestra 3 la segunda mejor absorbiendo agua y la sexta mejor en desorción. Si buscamos un equilibrio entre absorber y desabsorber, parece indicar el ensayo que la mejor sería la 3.

Si en lugar de utilizar el coeficiente de desorción del primer periodo, utilizamos el coeficiente de desorción según la gráfica del ritmo de desorción o del coeficiente de desorción de los dos primeros periodos, también nos aparece la mejor plantilla la 3.

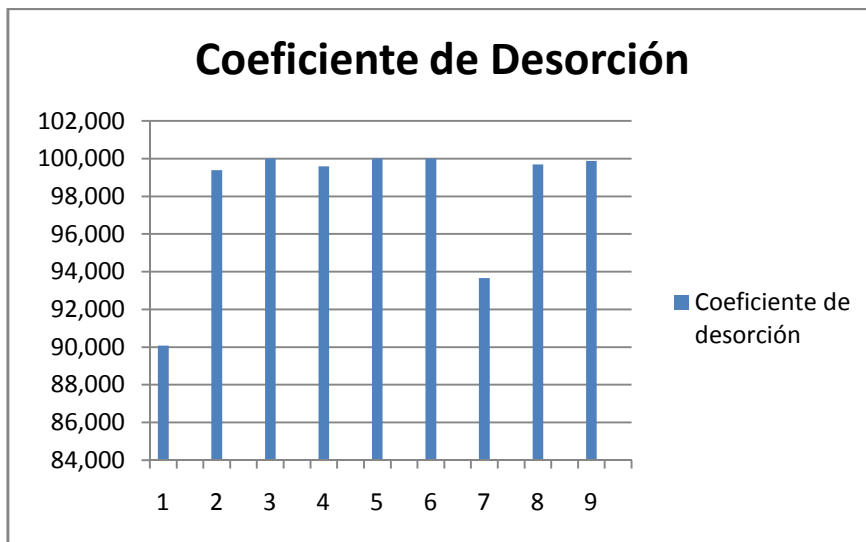
El problema ahora es que se desconoce la composición de la plantilla 3, pues es una plantilla adquirida comercialmente y no tiene indicaciones, sólo se sabe que lleva carbón de bambú. Se ha “descubierto” que existe el carbón de bambú puede ser muy válido para esta aplicación, es decir, a parte de adsorber y eliminar el mal olor, también es un aceptable absorbente.

Ensayo de medidas totales en plantillas



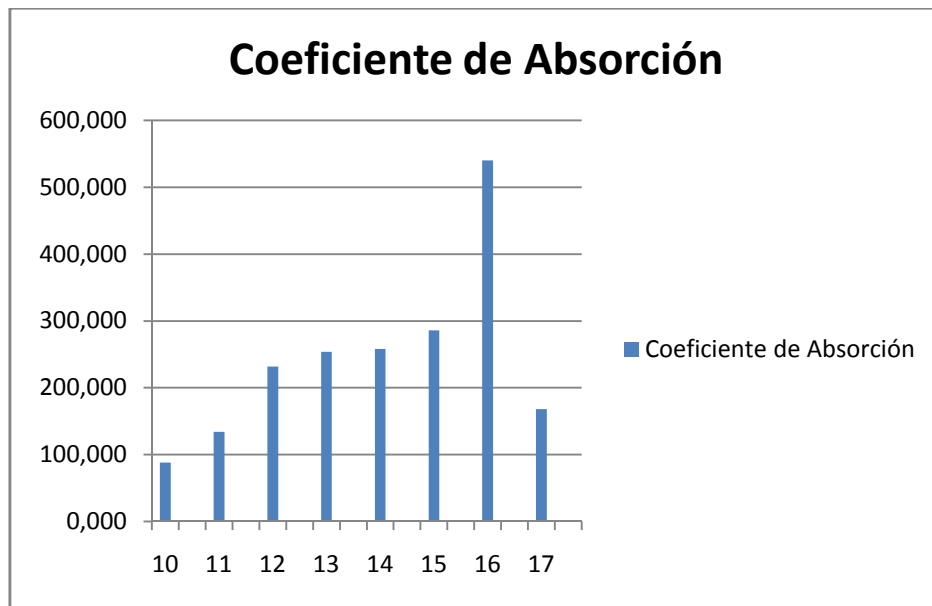
Aquí se puede observar de nuevo que la que mayor coeficiente de absorción tiene es la Neutrolor (la 1). Sin embargo es la que peor coeficiente de desorción tiene, como se observa en la gráfica inferior de esta misma página.

Si seguimos mirando, la 7 es la de coeficiente de absorción segunda mejor, pero al igual que la anterior, el coeficiente de desorción es malo.

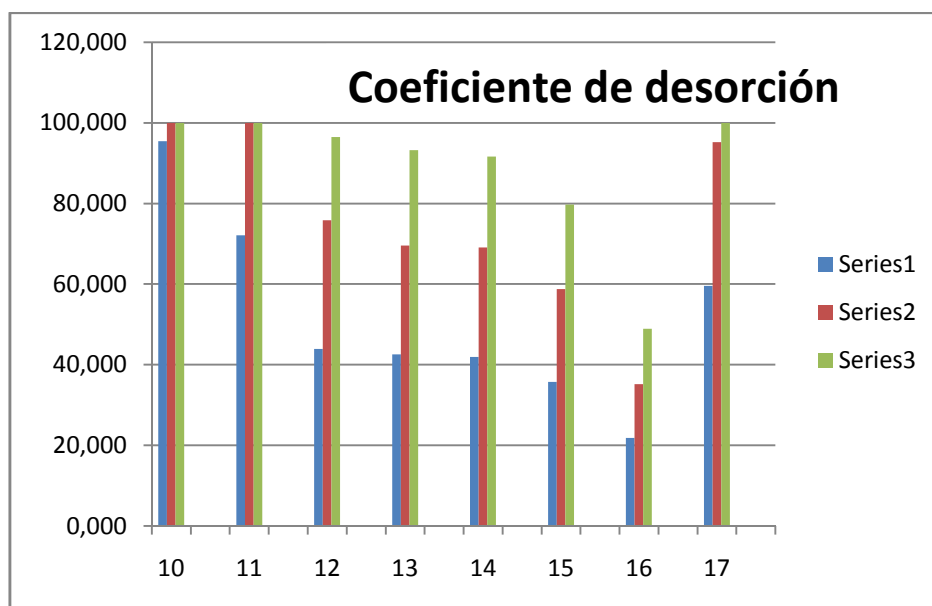


De las demás plantillas, todas alcanzan casi el 100% en desorción, es decir, han desabsorbido toda el agua que habían absorbido. Y de esas, nos deberíamos quedar con la 3, la 5, la 8 e incluso la 9 que son las que más coeficiente de absorción tienen.

Si tras 16 horas de acondicionamiento no se ha evacuado toda el agua captada, no se puede considerar como una buena plantilla ya que el pie estaría siempre húmedo.

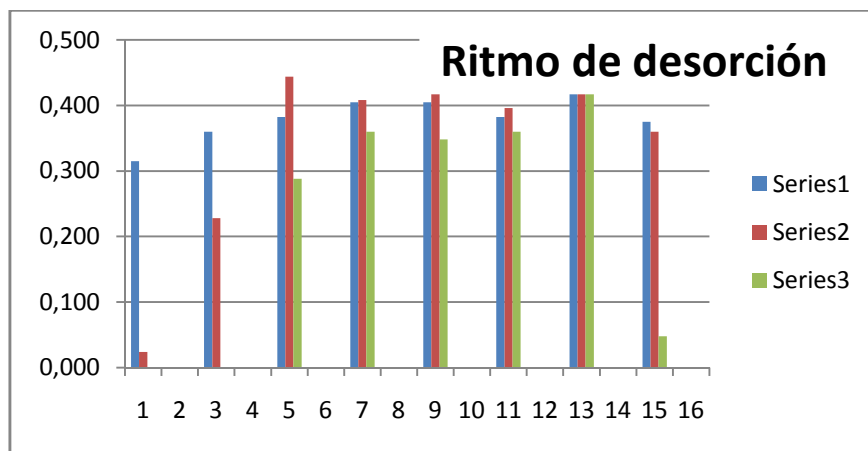
Ensayo de medidas intermitentes en materiales

Importante recalcar aquí el coeficiente de absorción. El cáñamo (muestra 16) absorbe más que el carbón de bambú (las demás muestras), hasta casi el doble. Pero dentro del carbón de bambú, son las muestras de tamaño entre 40 y 80 mesh las que mejor absorben, por encima de las de 300 mesh y las de 15-35 mesh. Por tanto, no por mucho más pequeño que sea el carbón de bambú va a absorber menos. Esto es porque si el carbón de bambú es de 2000 mesh (como el que se vio en el laboratorio) no va a tener casi capacidad de retención de agua pues sus poros son tan pequeños que casi no retienen. Así pues, dentro del bambú, parece ser que lo mejor es 40-80 mesh.



Y dentro de las muestras de carbón de bambú, se observa que es más adecuada aquella que está recubierta por ambos lados (muestras 11, 12, 13 y 14) que aquella que sólo lo está por uno (muestra 10). Y también, que es más apropiado que esté recubierto por poliéster (muestras 13 y 14) que por polipropileno (muestras 11 y 12).

El coeficiente de desorción no es muy útil ahora puesto que son materiales que desabsorben muy rápidamente el agua cogida. Salvo el cáñamo, todos los demás materiales a la hora y media están ya prácticamente secos (100% de desorción). Pero también porque no han absorbido mucha cantidad de agua, por lo que este coeficiente es insignificante. Es más interesante el ritmo de desorción.

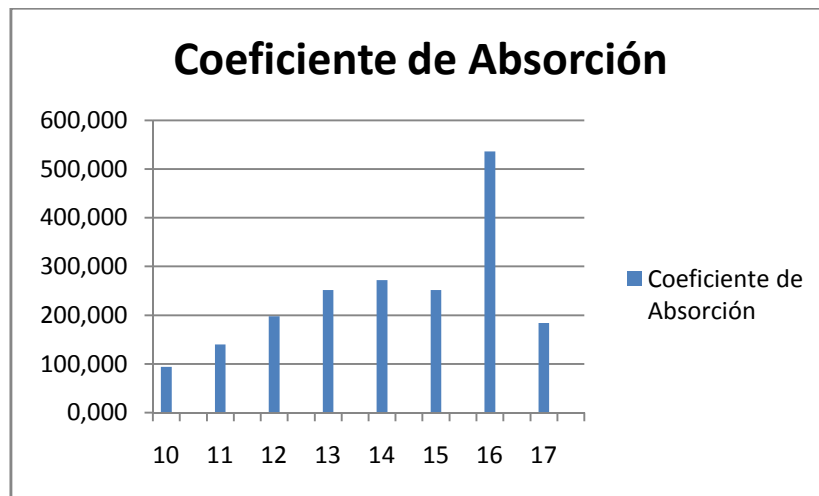


Teniendo en cuenta el ritmo de desorción, deberíamos tener en cuenta sólo el primer periodo, es decir, los primeros 40 minutos; puesto que los demás, al llegar los materiales a la saturación, ya nos va a dar medidas “erróneas”, porque casi estarán totalmente secos. Y en este primer periodo, también se ve que el cáñamo es el mejor, se observa que desaloja el agua obtenida el más rápido. Además, como se ve también en la gráfica, el ritmo de desorción en este material se mantiene casi constante.

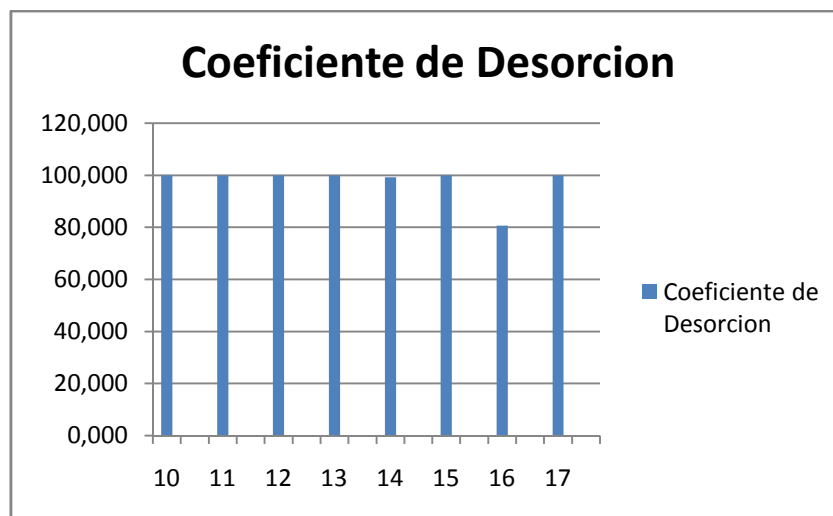
Además, el hecho de que en 2 horas haya evacuado el cáñamo aproximadamente un 48% de lo absorbido, hace pensar que tras un tiempo no muy exagerado se habrá secado por completo, por lo que hace este material muy adecuado para su introducción en las plantillas a diseñar.

Por tanto, para concluir, se puede decir que es el cáñamo el mejor material para el tema de absorción de agua y desorción, aunque si instauramos en la misma plantilla el carbón de bambú, podríamos eliminar a su vez el sudor, puesto que el cáñamo no es desodorizante.

Ensayo de medidas totales en materiales



En este ensayo no se obtiene nada claro, pero se vuelve a constatar lo dicho para el caso anterior. El que más absorbe es el cañamo y del bambú absorbe más aquel con un tamaño 40-80 mesh. También es de destacar, lo cual no se había mencionado antes, que la fibra de carbón de bambú (calcetín-muestra 17) absorbe más que las muestras 10, 11 y 12, correspondientes a bambú de 300 mesh y de 15-35 mesh.



Y por el lado de la desorción, se ve que en 3 horas ya se ha evacuado todo en las de carbón de bambú. El cañamo, sin embargo, no se ha desabsorbido por completo.

Ahora bien, hay que tener en cuenta que el cañamo había desabsorbido un 48% en 2 horas, y ahora, en 3 horas ha desabsorbido un 80%. Así como en el caso anterior se ha visto que el ritmo de desabsorción en el cañamo era constante, parece ser que a partir de las dos horas éste ha aumentado un poco, puesto que si fuera constante, estaría rondando tras las tres horas un 72% de desorción.

ANEXO VI

Hoja de los tests de prueba

ENSAYO PARA “PROYECTO PLANTILLAS” – FASE I

- Fecha:

- Autor del ensayo:

- Número de ensayo:

- Horas de uso de la plantilla:

- ¿Ha habido condiciones de exceso sudor (calor extremo, actividad física...)?
No Sí. ¿Cuál? _____

- Plantilla Utilizada (marcar con una X):
 - Neutrolor*
 - Solo Bambú (Roja)*
 - Bambú + Cádiz (Superficie lisa – Azul)*
 - Bambú + Cádiz (Superficie mallada – Negra)*
 - Plantilla BambooTecc de Orliman*

- Marcar con una X las siguientes características (10 es el máximo, 1 el mínimo):
 - *Comodidad*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *Olor del calcetín*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *Olor del pie*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *Olor de la plantilla*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *¿Plantillas empapadas? (10 muy empapadas, 1 nada)*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *¿Calcetines empapados? (10 muy empapados, 1 nada)*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- ¿Aparecen manchas tras su uso (calcetines, calzado o propio pie)?
No Sí. ¿Dónde? _____

- ¿Aparece alguna alergia o síntoma?
No Sí. ¿De qué tipo? _____

- Otras observaciones:

ENSAYO PARA “PROYECTO PLANTILLAS” – FASE II

- **Fecha:**

- **Autor del ensayo:**

- **Número de ensayo:**

- **Horas de uso de la plantilla:**

- **¿Ha habido condiciones de exceso de sudor (calor extremo, actividad física...)?**
No Sí. ¿Cuál? _____

- **Plantilla Utilizada (marcar con una X):**
 - Tejido de rejilla + Bambú + Cáñamo + Fibra de coco*
 - Poliéster con cobre + Cáñamo + EVA perforado*
 - Tejido de rejilla + Bambú + Cáñamo*
 - Plantilla Running con cobre A y cobre B*
 - Plantilla Neutrolor 2ª + Base de látex con ondas*
 - Plantilla Running Neutrolor con fórmula 2ª y fórmula 2.1*
 - Plantilla Neutrolor 2ª + Base de gel negro*

- **Marcar con una X las siguientes características (10 es el máximo, 1 el mínimo):**
 - *Comodidad*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *Olor del calcetín*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *Olor del pie*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *Olor de la plantilla*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *¿Plantillas empapadas? (10 muy empapadas, 1 nada)*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 - *¿Calcetines empapados? (10 muy empapados, 1 nada)*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- **¿Aparecen manchas tras su uso (calcetines, calzado o propio pie)?**
No Sí. ¿Dónde? _____

- **¿Aparece alguna alergia o síntoma?**
No Sí. ¿De qué tipo? _____

- **Otras observaciones:**

