

- **Unidad de Investigación: Tecnología en relación proyectual**
- **Director: Tieffemberg, Ingrid Margarita**
- **Título: Indumentaria Postquirúrgica Funcionalizada**
- **Código del Proyecto: PII TRP-06**
- **Sede: Centro CAO - FADU - UBA**
- **Período de actividad (desde/hasta): 2018-2019**

A) Desarrollo del proyecto:

- **Grado de ejecución de los objetivos (máximo 1200 palabras)**

Acorde con las pautas de trabajo informadas previamente en el informe de avance, se logró el cumplimiento del 90% de todas las tareas y esto es debido a cuestiones de índole económica que se detallarán más adelante. El objetivo general del proyecto ha sido cumplido, este consiste en el diseño y prototipado de una prenda interior que satisfaga las necesidades postquirúrgicas de las pacientes sometidas al procedimiento de mastectomía. Paralelamente, se realizaron estudios de diseño y funcionalización textil con nanotecnología que exceden el campo de aplicación propuesto en esta investigación, y que podrían tener aplicaciones en medicina e higiene. Esta tarea no estaba planteada como un objetivo principal al inicio del proyecto, pero su relevancia llevó a que se dedicara gran parte de los esfuerzos programados para el segundo año del proyecto en la práctica de distintos protocolos de funcionalización textil antibacterial con nanopartículas que se llevaron a cabo en la Fundación Argentina de Nanotecnología. También se realizaron una serie de estudios de microscopía avanzada para revelar los resultados. Esta tarea la llevó a cabo el equipo de investigación bajo la supervisión de la Dra. Manuela Kim (científica, investigadora del Conicet).



Equipo de investigación trabajando en los laboratorios de la Fundación Argentina de Nanotecnología



INFORME FINAL

- **Desarrollo del Plan de Trabajo (especificar si hubo modificaciones) (1200 palabras)**

A. Desarrollo de muestras de tejido en algodón 100% y mezclas de algodón y elastano.

Se realizaron muestras de tejido de punto, por sus características de elasticidad, su variedad de puntos que ofrecen mayor compresión o respirabilidad y su capacidad de amoldarse a las formas del cuerpo.

La materia prima principal que se eligió fue el algodón, por su grado de absorbencia, suavidad y por ser hipoalergénico. A algunas muestras se agregó un pequeño porcentaje de elastano, para mejorar la performance del algodón en cuanto a compresibilidad, flexibilidad, elasticidad y resiliencia.

Los sistemas de producción y la materia prima fueron elegidos también por su disponibilidad en el territorio nacional, para asegurar la factibilidad de producción que pudiera tener este producto a escala local, fomentando la industria argentina.

Se realizaron múltiples variantes de tejidos, modificando el tipo de punto, la galga del tejido, la cantidad de hilos y la composición. (Ver datos técnicos en la ficha que se adjunta al informe "FICHA DE TEJIDOS IPF.PDF", seguir números de referencia a continuación)

De las muestras realizadas, se dividió la aplicación de cada una acorde a sus características funcionales dentro de un producto de lencería para el postquirúrgico de mastectomía.

Zona donde hay presencia de cicatrices: Muestra 4, jersey con rizo (toalla) para absorción de la humedad del cuerpo y posibles supuraciones de la herida. La textura acolchada protege la herida.

Zonas de mayor temperatura: Muestra 3, jersey calado para mejorar la respirabilidad y la eliminación del calor del cuerpo. Proporciona un secado rápido en estas zonas que son las de mayor sudoración.

Zonas de compresión: Muestra 1, rib 1x1. Es importante que la prenda tenga un buen ajuste al cuerpo, que no lo comprima excesivamente pero que no quede floja o suelta. El tejido rib en zonas como los laterales de la prenda puede ayudar al mejor calce.

Para el resto de la prenda se eligió la muestra 5, jersey simple con elastano, porque es un tejido fino, sin relieves que puedan marcar la piel y con una excelente resiliencia. Se dejaron fuera del prototipo los tejidos sin elastano, ya que con el uso tienden a deformarse o a perder la elasticidad.

B. Funcionalización de las muestras con nanopartículas de TiO₂

En esta instancia se realizaron modificaciones sobre el plan inicial. La funcionalización se realizó finalmente con nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) que fueron preparadas en el laboratorio por el equipo de investigación. El cambio de TiO₂ por ZnO tuvo que ver con la disponibilidad de materiales. El ZnO es económico, amigable con el ambiente y permite un uso escalable para producción. Es biocompatible, tiene propiedades antibacteriales y de protección UV.

Consideremos que el ZnO tiene propiedades equivalentes al TiO₂ para el propósito que busca la investigación. A continuación, detallamos el protocolo de preparación de los tejidos, síntesis de una solución seed de nanopartículas de ZnO, funcionalización de las muestras y protocolo de lavado de las mismas. Todas estas tareas las realizó el equipo de investigación en los laboratorios de la Fundación Argentina de Nanotecnología, bajo la supervisión técnica de la Dra. Manuela Kim.



INFORME FINAL

• **Preparación de los tejidos**

Este paso es fundamental para una correcta funcionalización de los tejidos, ya que los hilados de algodón poseen impurezas propias de su origen y de los procesos industriales de hilatura y tejido. Para asegurar una óptima absorción de la solución de ZnO es necesario remover esas impurezas y mejorar la capacidad de absorción de la fibra. El hidróxido de sodio NaOH (soda cáustica) tiene la capacidad de limpiar la fibra de algodón e hincharla, volviéndola más hidrófila.

Protocolo: Disolver 5g de NaOH en 20 mL de agua. Agregar 1,5g de Triton X-100 y 0,75g de ácido cítrico. Diluir a 500mL. Cubrir la muestra con la solución de lavado, y agitar a 100°C por una hora. Remover la muestra de la solución, lavar con abundante agua y secar al aire.

• **Síntesis de la solución seed de ZnO**

Este paso tiene como objetivo crear una solución de nanopartículas de ZnO para posteriormente impregnar en las muestras y funcionalizarlas.

Protocolo: 1.10g de Acetato de Zn (5.0 mmol) en 50.0mL de isopropanol. Agitar vigorosamente a 85°C por 15 min. Luego, agregar 700uL (5mmol) de trietilamina gota a gota. Seguir agitando a 85°C por otros 10 min. Luego dejar enfriar a temperatura ambiente y dejar descansar por 3 hs.

• **Funcionalización de las muestras:**

En esta etapa, se impregnan las muestras en la solución para que las mismas absorban las nanopartículas y estas se depositen en toda la superficie de las fibras.

Protocolo: impregnar las muestras en la solución SEED por 5 minutos y enjuagar en etanol. Curar a 120°C por 1h y luego secar al aire por 12 hs a temperatura ambiente. Inmovilizar las muestras y sumergirlas en la solución crecimiento a 95°C por 8 hs en estufa. Luego incubar a temperatura ambiente 12hs más. Lavar con agua y secar a temperatura ambiente

Observación: Por cuestiones de tiempo y disponibilidad de laboratorio, el protocolo fue modificado y no se realizó la segunda instancia de curado de 8hs a 95°C, lo que creemos que fue el factor que generó que el recubrimiento no fuera completamente uniforme, sino que se depositara en forma de "clusters" en la superficie de las fibras.

• **Lavado de las muestras:**

Este ensayo se realizó con la finalidad de comprobar la resistencia del tratamiento con los lavados domésticos. El mismo se realizó en un lavarropas Electrolux Digital Wash de 800rpm.

Protocolo: Se realizaron 5 lavados idénticos, en ciclo corto de 32 minutos, con agua fría, nivel de agua bajo y jabón líquido Tide. Luego de cada ciclo se realizó un secado en estufa a 60° por 30 minutos.

C. Testeo en laboratorio de la efectividad antimicrobiana

Esta etapa del proyecto no pudo realizarse debido a cuestiones económicas que se detallan más adelante, de todas formas, aclaramos los posibles ensayos que se deberían haber aplicado.

Esta instancia de trabajo propone comprobar la efectividad del tratamiento contra las bacterias más comunes que se encuentran en la piel: Staphylococo aureus, Streptococo pyogenes y Pseudomona aeruginosa. Para este tipo de casos, habitualmente se utiliza la Norma ISO 20743:2010 "Textiles-Determination of antibacterial activity of textile products". Este estudio arroja datos cuantitativos precisos sobre la actividad antibacterial. Su costo en Mayo de 2019 sobrepasaba los \$18.000 pesos por cepa, por muestra.

Otro protocolo, más sencillo, que arroja datos cuantitativos es el ensayo de evaluación de propiedad bactericida por el método de estrías paralelas. Evalúa el poder bactericida (por



INFORME FINAL

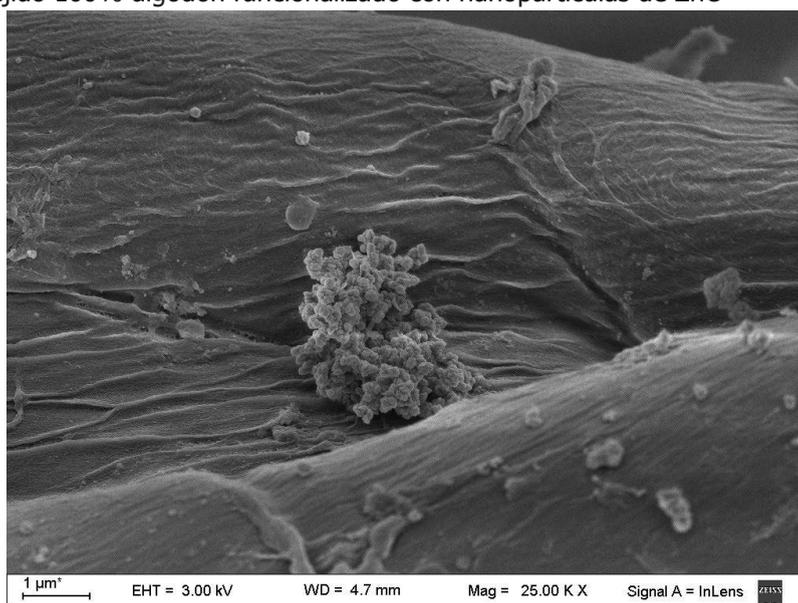
microorganismo ensayado). Este tiene un costo mucho menor, de \$5.555 pesos al mes de Mayo de 2019. Al no contar con presupuesto para estos valores, los ensayos de efectividad antimicrobiana no se realizaron.

D. Testeo en laboratorio de la resistencia del TiO₂ a los lavados

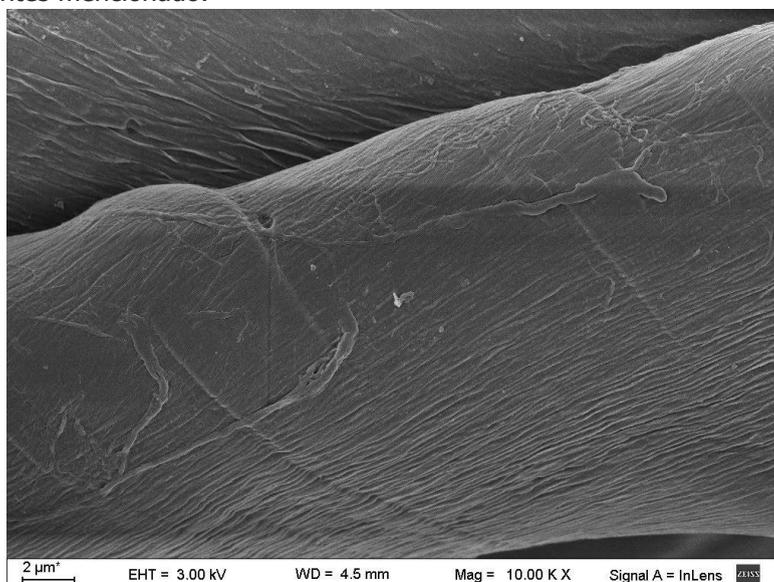
Para comprobar la resistencia del tratamiento se procedió a realizar un análisis microscópico en el Centro de Microscopías Avanzadas de la Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Se realizó el análisis de 4 muestras en microscopio electrónico de barrido, las muestras fueron previamente metalizadas.

Equipo: SEM Carl Zeiss NTS SUPRA 40.

Muestra 1: Tejido 100% algodón funcionalizado con nanopartículas de ZnO



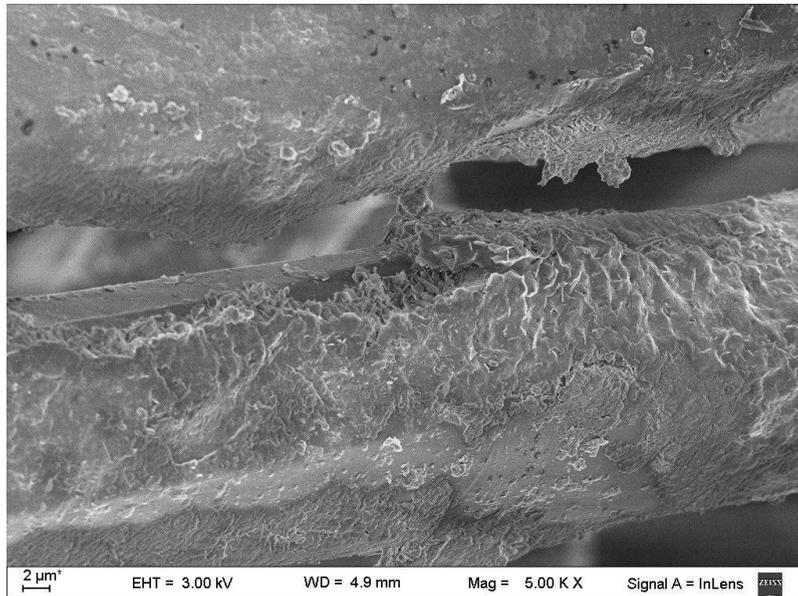
Muestra 2: Tejido 100% algodón funcionalizado con nanopartículas de ZnO, lavado 5 veces con el protocolo antes mencionado.



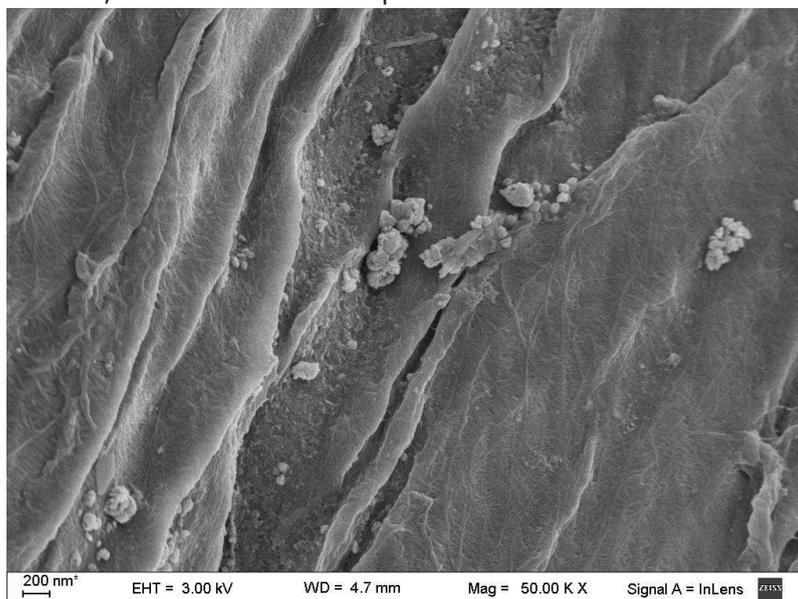


INFORME FINAL

Muestra 3: Tejido 85% algodón, 10% poliamida, 5% elastano funcionalizado con nanopartículas de ZnO.



Muestra 4: Tejido 85% algodón, 10% poliamida, 5% elastano funcionalizado con nanopartículas de ZnO, lavado 5 veces con el protocolo antes mencionado.



Como conclusión, si bien las muestras quedaron funcionalizadas, es probable que al no seguir el protocolo establecido, se haya minimizado la adherencia de las nanopartículas a las fibras. Si bien algunas imágenes muestran depósitos compatibles con la estructura de las nanopartículas de ZnO, el recubrimiento no fue total, sino que se dió por sectores. Además, hubiera sido necesaria la observación de más muestras, ya que el microscopio permite observar pequeños milímetros por cada muestra, y puede que el sector elegido para analizar no tuviera las características buscadas.



INFORME FINAL

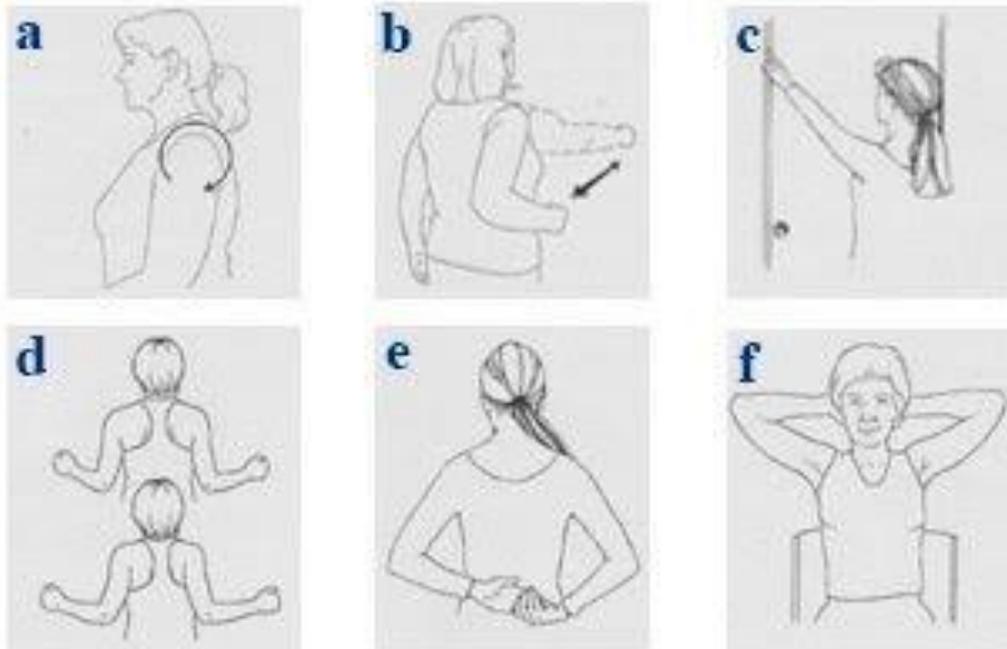
E. Elaboración de un sistema operativo de movimientos posibles del usuario.

Es importante que en el post-operatorio la paciente realice algunos movimientos dentro de un rango establecido, para su mejor recuperación. Existen guías de ejercicios livianos para fomentar la movilidad del brazo afectado.

Movimientos cotidianos como el lavado de dientes, de cara y la preparación de comidas están permitidos, siempre que no impliquen movimientos bruscos o fuerza excesiva. A los movimientos que se plantearon en el informe de avance se agregan los siguientes:

Guía de movimientos:

- a. Rotación de hombros
- b. Movimiento de codo de 90° hacia adelante
- c. Estiramiento de brazo sobre la pared (se permite elevarlo sobre el nivel del hombro una vez que se retiran los drenajes)
- d. Movimiento de unión de omóplatos
- e. Unión de manos por detrás de la espalda
- f. Mariposa, colocando los brazos por detrás de la cabeza.



F. Desarrollo de lineamientos para la confección del indumento.

Acorde con el cuadro de análisis de los productos disponibles en el mercado (se adjunta al informe en PDF) y a las necesidades de la paciente a nivel funcional y estético planteados en el informe de avance, los lineamientos que debe contemplar el producto son los siguientes:

- Sobre la herida no deben existir costuras gruesas que puedan irritar la piel.
- Los breteles deben ser anchos para evitar marcas e irritación de la piel. Deben ser ajustables para adaptarse a cada tipo de busto.
- La zona de la herida debe cubrirse con un textil absorbente, suave, preferentemente antibacterial.
- El indumento no debe impedir la realización de los ejercicios de recuperación. Debe permitir el libre movimiento de brazos y hombros.



INFORME FINAL

- El acceso a la prenda no debe implicar la realización de movimientos que pudieran provocar tirones en la zona afectada o dolor. Por eso se sugiere un acceso y cierre de la prenda por el lado delantero o por el lateral.
- Acorde a los estudios termográficos analizados, las zonas con mayor temperatura son debajo del busto, en el centro entre las mamas, axilas, cuello y laterales debajo de las axilas. Se sugiere en esas zonas evitar textiles muy gruesos o superposición de capas y recurrir a recortes con textiles livianos y respirables
- Los materiales que están en contacto directo con la piel deben ser suaves, preferentemente hipoalergénicos, absorbentes y se deben amoldar a las formas del cuerpo. Se sugiere el uso de tejido de punto de algodón con 5% de elastano para mejorar el ajuste al cuerpo y la resiliencia.
- Las tazas del indumento deben poseer algún tipo de bolsillo o compartimento para la colocación de prótesis mamarias temporales.
- Es conveniente que la sisa sea cerrada, lo suficiente para cubrir la cicatriz en caso de remoción total de la mama, pero no tan alta como para que roce la axila y produzca irritación.
- Debe producirse en una amplia gama de talles, para cada tipo de cuerpo.

G. Elaboración gráfica de propuestas de producto.

Se adjunta con este informe una ficha de producto con el diseño propuesto, acorde a los lineamientos previamente mencionados.

H. Desarrollo y confección de prototipos.

Se adjuntan fotografías del prototipo confeccionado.

● **Dificultades encontradas en la ejecución del Proyecto (máximo 300 palabras)**

Las dificultades principales que se encontraron fueron de índole económica, ya que muchos ensayos y estudios tienen un costo elevado, y son varias las muestras a analizar. De cualquier forma hay gran número de publicaciones que prueban la efectividad antibacteriana del ZnO, por eso se decidió dejar de lado el testeo en laboratorio de las muestras realizadas y comprobar la funcionalización mediante observación microscópica avanzada.

Lugar y fecha: Buenos Aires, 30 de Marzo de 2020

MUESTRAS DE TEJIDO - DATOS TÉCNICOS

1. Tejido: Rib - Morley 3x1

Hilado: Algodón blanqueado 24/1 parafinado, 4 cabos.

Composición: 100% algodón

Maquinaria: Máquina de tejido circular de pequeño diámetro Lonati Bravo 855, 108 agujas, Cilindro 4, Galga 8 ½.

Características: Los tejidos producidos en esta maquinaria son gruesos, con gran densidad de hilos por cm². Esto provee una mayor superficie de absorción de humedad para aumentar el confort del usuario. Dado que la muestra es 100% algodón, los tejidos de estas características se pueden volver pesados cuando alcanzan el límite de absorción y luego demoran en secarse, impidiendo una buena respirabilidad de la piel. El punto elegido fue rib, en su variación morley 3x1, que se caracteriza por su gran recuperación elástica.

2. Tejido: Rib 1x1 con elastano

Hilado: Algodón blanqueado 24/1 parafinado, 4 cabos + Elastano 140, 1 cabo

Composición: 85% algodón, 15% elastano

Maquinaria: Máquina de tejido circular de pequeño diámetro Lonati Bravo 855, 108 agujas, Cilindro 4, Galga 8 ½.

Características: Tejido grueso, con gran densidad de hilos por cm². Punto Rib 1x1, que junto con el elastano producen un tejido ideal para zonas que requieren mayor compresión. Este tipo de tejidos se utiliza en puños de mangas o de medias por el buen ajuste que confieren a la prenda

3. Tejido: Jersey calado

Hilados: Algodón blanqueado, título 24/1 parafinado + Elastano forrado con poliamida, título 20/70, 1 cabo

Composición: 85% algodón, 10% poliamida, 5% elastano.

Maquinaria: Máquina de tejido circular de pequeño diámetro Lonati Goal L462, 156 agujas, cilindro 3 3/4, Galga 14.

Características: Este tejido es fino, liviano y de gran elasticidad. Posee un calado 1x1 para aumentar la respirabilidad, disminuyendo la densidad de hilos por cm² en detrimento de su superficie de absorción pero en aumento de sus capacidades de secado. Esto se produce también por la presencia de fibra sintética, que mejora la resiliencia, el secado y la recuperación elástica del tejido. Esto aumenta la sensación de confort.

4. Tejido: Jersey con rizo (toalla)

Hilados: Algodón blanqueado, título 24/1 parafinado + Elastano forrado con poliamida, título 20/70, 1 cabo

Composición: 85% algodón, 10% poliamida, 5% elastano.

Maquinaria: Máquina de tejido circular de pequeño diámetro Lonati Goal L462, 156 agujas, cilindro 3 3/4, Galga 14.

Características: Este tejido posee dos caras, una presenta la estructura del punto jersey, lisa, sin relieves. La otra cara posee una textura rizada, que proporciona una mayor superficie de absorción de humedad y tiene un tacto más blando y acolchado.

5. Tejido: Jersey simple

Hilados: Algodón blanqueado, título 24/1 parafinado + Elastano forrado con poliamida, título 20/70, 1 cabo

Composición: 85% algodón, 10% poliamida, 5% elastano.

Maquinaria: Máquina de tejido circular de pequeño diámetro Lonati Goal L462, 156 agujas, cilindro 3 3/4, Galga 14.

Características: Tejido fino, liso y sin relieves en ambas caras. Proporciona una superficie suave. Tiene buena capacidad de elongación y recuperación elástica.

1



2



3



4

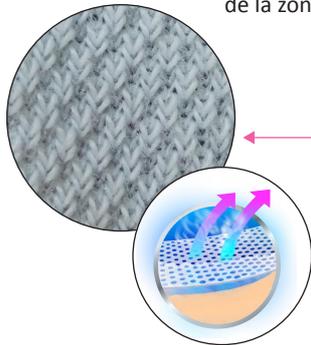


5



TEJIDOS

Centro de la espalda y bajo busto.
Jersey calado para mejorar la respirabilidad, el secado y bajar la temperatura de la zona

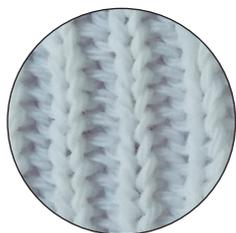


Tazas y recortes de espalda en jersey simple con elastano, tejido fino, liso y sin relieves



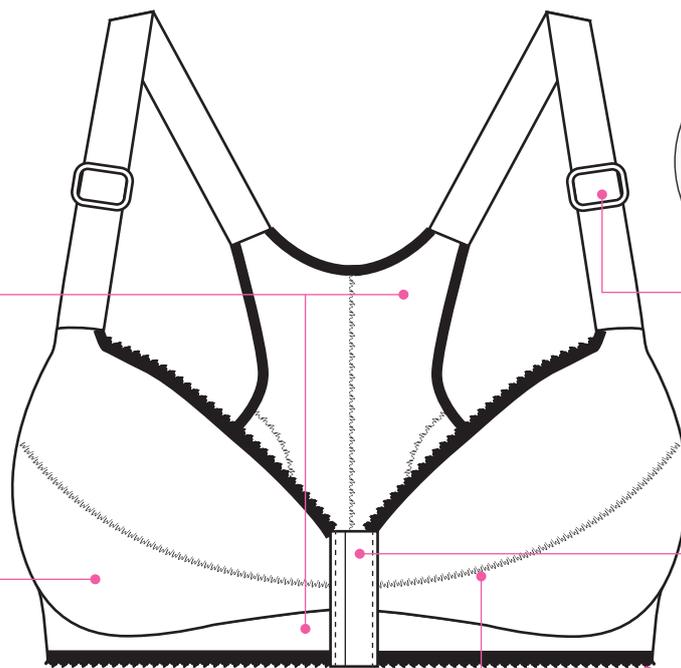
ZnO

Tejidos funcionalizados con ZnO con propiedades antibacteriales para reducir riesgo de infecciones en la cicatriz.



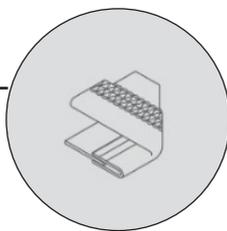
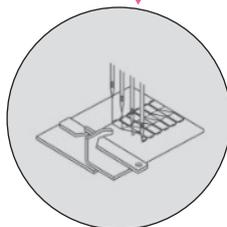
Laterales de tejido rib con elastano para mejor ajuste al cuerpo

DELANTERO



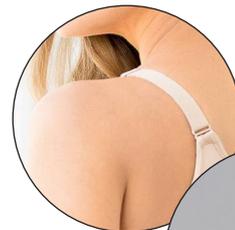
COSTURAS

Uniones en Flatseamer. Costura plana, elástica y sin relieves.



Pegado de elásticos con collareta. Costura sin relieves.

AVÍOS

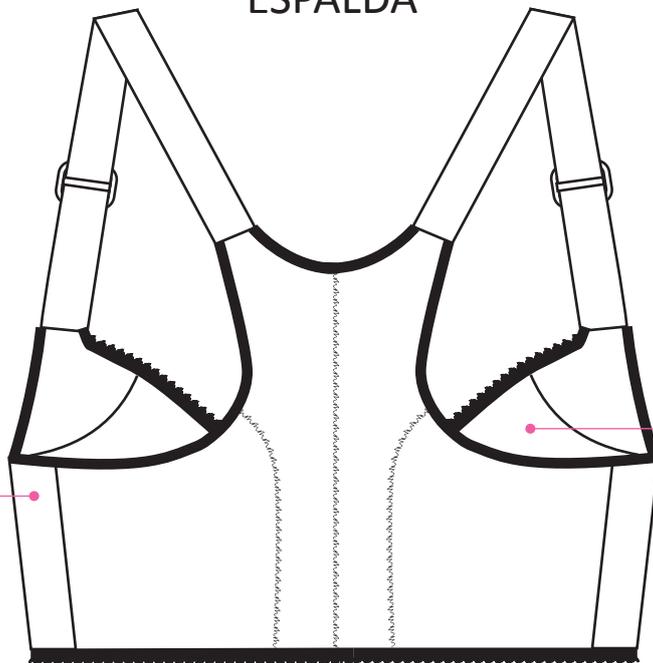


Breteles anchos (20mm) para evitar marcas en hombros. Correas regulables.



Gancho triple para mejor sujeción. Acceso a la prenda por el delantero, esto facilita que la paciente pueda colocarse sola y sin sufrir dolor por el movimiento del brazo.

ESPALDA



Taza interna con bolsillo para colocar la prótesis temporaria. Tejido jersey con rizo para aumentar la superficie de absorción y proteger la herida