



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA TEXTIL

TEMA:

“OBTENCIÓN DE UN HILO CONDUCTOR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
GRAFENO POR EL MÉTODO DE ADSORCIÓN EN HILOS DE PES/CO”

AUTORA:

FERNÁNDEZ GALLEGOS GABRIELA YESENIA

DIRECTOR:

MSc. ESPARZA ENCALADA WILLAM RICARDO

Ibarra – Ecuador

2019-2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En el cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición a la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100360774-2
APELLIDOS Y NOMBRES:	Fernández Gallegos Gabriela Yesenia
DIRECCIÓN:	Ibarra, Juan Martínez de Orbe y Panamá
EMAIL:	gyfernandezg@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL:	0939523451

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Obtención de un hilo conductor mediante la aplicación de grafeno por el método de adsorción en hilos de Pes/Co.
AUTOR:	Fernández Gallegos Gabriela Yesenia
FECHA:	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Textil
DIRECTOR:	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de diciembre de 2020.

LA AUTORA:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriela Fernández Gallegos', is written over a horizontal dotted line.

Fernández Gallegos Gabriela Yesenia

C. I.: 100360774-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **Gabriela Yesenia Fernández Gallegos**, para optar el título de INGENIERIA TEXTIL, cuyo tema es “**Obtención de un hilo conductor mediante la aplicación de grafeno por el método de adsorción en hilos de PES/CO.**”, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 17 de Noviembre del 2020

MsC. Willam Esparza

Director del trabajo de Grado



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Con cariño dedico mi tesis a mi familia por brindarme su apoyo incondicional y formar parte de mis logros, de manera especial a mi hermano Cristian Fernández por ser mi mayor apoyo durante el transcurso de mi vida, quien me alentó para continuar hasta lograr alcanzar mis metas.

A mi pareja Enrique, amigos Roberth, Anita y Javier que me animaron en los momentos necesarios para fortalecerme en los momentos de debilidad.

A todos gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor para mi persona.

Gabriela Fernández



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por respetar y acompañarme en mis decisiones, por confiar y creer en mí, gracias por la paciencia y la espera hasta culminar con esta etapa tan importante en mi vida.

A la Universidad Técnica del Norte y principales formadores, personas quienes se han esforzado en transmitir sus conocimientos en mi persona, los cuales han sido los precursores que me llevaron al punto en el que me encuentro. Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a sus enseñanzas he logrado cumplir exitosamente con el desarrollo de mi tesis, especialmente a mi tutor de tesis Ingeniero Willam Esparza, por guiarme en el desarrollo y culminación de mi tesis.

Gabriela Fernández

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
Capítulo I.	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del tema.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Importancia del Estudio	2
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos.....	2
1.5 Características del sitio de proyecto	3
Capítulo II.	4
2. Estado del arte	4
2.1 Estudios Previos.....	4
2.1.1 Textiles Inteligentes	4
2.1.2 Textiles conductores.....	5
2.1.3 Grafeno.....	5
2.2 Marco Conceptual.....	6
2.2.1 Hilatura.....	6
2.2.2 Acabados	7
2.2.3 Proceso por agotamiento	8
2.2.4 Textiles Inteligentes	9
2.2.4.1 Clasificación.	10
2.2.5 Grafeno.....	11
2.2.5.1 Principales métodos de síntesis.	12
2.2.5.2 Propiedades del Grafeno.....	13

2.2.5.2.1	Electroquímicamente inerte.....	13
2.2.5.2.2	Permeabilidad.....	13
2.2.5.2.3	Potenciador de la resistencia mecánica.....	13
2.2.5.2.4	Potenciador fotocatalítico.....	14
2.2.5.2.5	Conductividad eléctrica.....	14
2.2.6	Hilo Conductor.....	16
2.2.6.1	Características de hilos conductores.....	16
2.2.6.2	Procesos de obtención.....	17
Capítulo III.....		18
3.	Metodología.....	18
3.1	Métodos de Investigación.....	18
3.1.1	Método analítico.....	18
3.1.2	Método experimental.....	18
3.1.3	Método comparativo.....	18
3.2	Diseño General del Proceso.....	19
3.3	Diseño Muestral.....	19
3.4	Instrumentos, equipos y sustancias.....	21
3.5	Curva del proceso.....	22
3.6	Pruebas de laboratorio.....	22
3.6.1	Procedimiento.....	22
3.6.2	Fichas de muestras.....	23
3.6.3	Prueba de Conductividad.....	26
3.6.4	Solidez al lavado.....	27
3.6.5	Resistencia a la tracción.....	27
Capítulo IV.....		28
4.	Resultados y discusión de resultados.....	28
4.1	Análisis de Pruebas.....	28
4.1.1	Pruebas de conductividad.....	28
4.1.2	Análisis de solidez al lavado.....	28
4.1.3	Análisis de resistencia a la tracción.....	29
4.2	Discusión de resultados.....	31
4.2.1	Análisis de resultados en hilos.....	31
4.2.2	Análisis de la varianza.....	32
4.2.3	Test de normalidad.....	33
4.2.4	Gráficos estadísticos.....	34
4.2.4.1	Gráfico general.....	34
4.2.4.2	Matrix.....	35

4.2.4.3 Radar chart.....	36
Capítulo V.....	38
5. Conclusiones y recomendaciones.....	38
5.1 Conclusiones.....	38
5.2 Recomendaciones.....	39
Bibliografía.....	41
Anexos.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del laboratorio Textil UTN.....	3
Figura 2. Procesos de Hilatura.....	7
Figura 3. Proceso de Adsorción.....	9
Figura 4. Textiles Inteligentes.....	10
Figura 5. Estructura laminar del Grafeno.....	11
Figura 6. Proceso de oxidación reducción de Grafeno.....	12
Figura 7. Hilo Conductor.....	16
Figura 8. Flujograma del Proceso.....	19
Figura 9. Flujograma muestral.....	20
Figura 10. Curva del proceso.....	22
Figura 11. Gráfico general.....	34
Figura 12. Matrix.....	35
Figura 13. Radar chart.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de conductividad en diferentes materiales.....	14
Tabla 2. Parámetros del diseño muestral.....	21
Tabla 3. Instrumentos, equipos y sustancias utilizadas en el proceso.....	21
Tabla 4. Aplicación de acabado al 5% de grafeno.....	24
Tabla 5. Aplicación de acabado al 10% de grafeno.....	25
Tabla 6. Aplicación de acabado al 15% de grafeno.....	26
Tabla 7. Análisis de pruebas de conductividad en hilos.....	28
Tabla 8. Resultados de conductividad - Pruebas de lavado.....	29
Tabla 9. Análisis de resistencia a la tracción hilo sin acabado.....	29
Tabla 10. Análisis de resistencia a la tracción 5% de grafeno.....	30
Tabla 11. Análisis de resistencia a la tracción 10% de grafeno.....	30
Tabla 12. Análisis de resistencia la tracción 15 % de grafeno.....	31
Tabla 13. Síntesis de resultados de pruebas de resistencia eléctrica (k Ω).....	32
Tabla 14. Análisis de la varianza.....	32
Tabla 15. Test de normalidad.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Pesaje de productos	44
Anexo 2. Proceso de acabado en autoclave de laboratorio	44
Anexo 3. Proceso de acabado en muestras de hilo	45
Anexo 4. Toma de ph en proceso de acabado.....	45
Anexo 5. Secado de muestras	46
Anexo 6. Pruebas de conductividad en muestras sin acabado	46
Anexo 7. Prueba 1 de conductividad 5%	47
Anexo 8. Prueba 1 de conductividad 10%	47
Anexo 9. Prueba 1 de conductividad 15%	48
Anexo 10. Prueba 2 de conductividad 5%	48
Anexo 11. Prueba 2 de conductividad 10%	49
Anexo 12. Prueba 2 de conductividad 15%	49
Anexo 13. Prueba 3 de conductividad 5%	50
Anexo 14. Prueba 3 de conductividad 10%	50
Anexo 15. Prueba 3 de conductividad 15%	51
Anexo 16. Prueba 4 de conductividad 5%	51
Anexo 17. Prueba 4 de conductividad 10%	52
Anexo 18. Prueba 4 de conductividad 15%	52
Anexo 19. Prueba 5 de conductividad 5%	53
Anexo 20. Prueba 5 de conductividad 10%	53
Anexo 21. Prueba 5 de conductividad 15%	54
Anexo 22. Prueba de solidez al lavado	54
Anexo 23. Pruebas de Resistencia a la tracción.....	55

RESUMEN

En los últimos años la industria textil se ha puesto en marcha para permanecer a la par con los diferentes avances en las distintas ramas de la ciencia y tecnología, con la finalidad de experimentar y obtener nuevos procesos y productos que sirvan al usuario, facilitando su diario vivir, apuntando hacia el progreso y desarrollo de esta industria con el trabajo conjunto con los diferentes campos.

Por esta razón el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de aprovechar las diferentes características que presenta el material base grafeno como son: elasticidad, permeabilidad, dureza, flexibilidad y alta resistencia, entre otros, pero enfocándose principalmente en la capacidad de conducción eléctrica que este material posee, siendo descrito como uno de los materiales con mejores características conductoras entre los diferentes metales.

Proceso realizado por medio de la aplicación de grafeno en hilados de Pes/Co, mediante el proceso de acabado textil, por el método de adsorción en un total de 15 muestras con concentraciones de 5%, 10% y 15% de grafeno, donde se tomó en cuenta la utilización de diferentes productos y concentraciones, los datos fueron analizados en el programa Past 4 llegando a determinar que los valores fueron $p > 0.05$, con una confiabilidad del 95%.

Concluyendo que el proceso más adecuado es el realizado en la prueba 1 muestras que fueron realizadas con enjuague en agua fría, catalizador al 5%; fijador al 23% y ligante al 5%, donde se obtuvieron los mejores resultados, ya que este proporciona la mejor conducción de electricidad en las muestras realizadas. Pero no presenta una buena resistencia al lavado ya que después de realizar el primer lavado la propiedad de conducción eléctrica desaparece, obteniendo un hilo con acabado no permanente.

Palabras claves: Hilo conductor, textiles inteligentes, grafeno.



ABSTRACT

In the last years, the textile industry has started keeping up with the various advances in the different branches of science and technology, to experiment and obtain new processes and products that serve the user. Aiming at the progress and development of this industry by working together in different fields.

For this reason, this research paper aims to take advantage of the different characteristics of graphene base material like elasticity, permeability, hardness, flexibility, and high resistance, among others. But focusing mainly on the capacity of electrical conduction that this material has, which is one of the materials with better conductive characteristics among different metals.

A procedure carried out by applying graphene in Pes/Co yarns, through the textile finishing process, by the adsorption method in a total of 15 samples with concentrations of 5%, 10%, and 15% of graphene, acknowledging the use of different products and concentrations. By analyzing data in the Past 4, it was determined that the values were $p > 0.05$, with a 95% reliability.

The conclusion is that the most suitable process is the one carried out in the test 1 samples with a cold water rinse, a catalyst at 5%; fixer at 23%, and binder at 5%, where the best results were obtained since this provides the best electricity conduction in the sample made. But it does not have good resistance to washing since after the first washing the electrical conduction property disappears, obtaining a thread with a non-permanent finishing.

Keywords: Conductive yarn, smart textiles, graphene.



RAÚL RODRÍGUEZ

Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri

Capítulo I.

1. Introducción

1.1 Descripción del tema

El motivo de la investigación realizada tiene como objetivo principal la elaboración de hilos que presenten la propiedad de conducción eléctrica, por medio de la aplicación de grafeno. Basándose en las propiedades que tiene este material, por el cual se espera obtener como resultado después de su aplicación por medio de un acabado textil, un hilo que permita el paso de corriente a través del mismo, el cual podrá ser utilizado en diferentes aplicaciones textiles o en las diferentes áreas.

Esta investigación nos permitirá comprender de mejor manera la aplicabilidad del material e incluso impulsar su utilización para diferentes usos en los diferentes campos, además de ofrecer más información sobre este material ya que en la actualidad está llamando mucho la atención por las propiedades que posee el mismo.

1.2 Antecedentes

Esta investigación toma como referentes, para continuar el estudio y aplicación de conductividad por grafeno en textiles mediante la aplicación de diferentes procesos, principalmente (Guacales, 2019) investigación fundamentadas en la aplicación de procesos textiles para la elaboración de tejidos conductores.

Las investigaciones referenciadas se toman como una guía que permita conseguir el éxito de la investigación a realizar, en cuanto proporciona información acerca de los procesos utilizados y recomendaciones acerca de los mismos. Se tomará mayormente relevancia a los procesos realizados y las cantidades y productos que fueran la base de investigación de ambos trabajos, para con estos realizar este proyecto.

Esperando obtener resultados favorables que fortalezcan las posteriores investigaciones a realizarse con este material, con el fin de estar a la par con la evolución de los diferentes campos y tecnología.

1.3 Importancia del Estudio

Esta investigación nace debido a la evolución en textiles, ya que en la actualidad se observa a las diferentes ciencias ligadas al campo textil, por el uso e incorporación de diferentes materiales considerados como materiales del futuro, que pueden ser implementadas en procesos terminados como son en prendas o en procesos de elaboración como son procesos de hilado por la ayuda de nanotecnologías, o por medio de procesos de estampación, tintorería y acabados.

Tomando en cuenta las investigaciones y avances que se están dando con el grafeno se ve la necesidad de seguir con esta línea de investigación que espera conseguir productos de innovación en textiles, ya que por sus recientes aplicaciones este material ha estado atrayendo la atención, debido a sus propiedades e innumerables ideas para sus aplicaciones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Elaborar un hilo conductor mediante la aplicación de grafeno por el método de adsorción en hilos de PES/CO.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el proceso adecuado mediante la evaluación de resultados para la obtención de un hilo conductor.
- Determinar la cantidad de grafeno óptimo para obtener un hilo conductor.

- Realizar pruebas y análisis con los aparatos electrónicos adecuados para determinar la conductividad en los hilos.

1.5 Características del sitio de proyecto

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura del cantón Ibarra; sector Azaya, ubicado en las calles Luciano Solano y Morona Santiago en la Planta Académica textil de la Universidad Técnica del Norte, como se observa en la Figura 1.

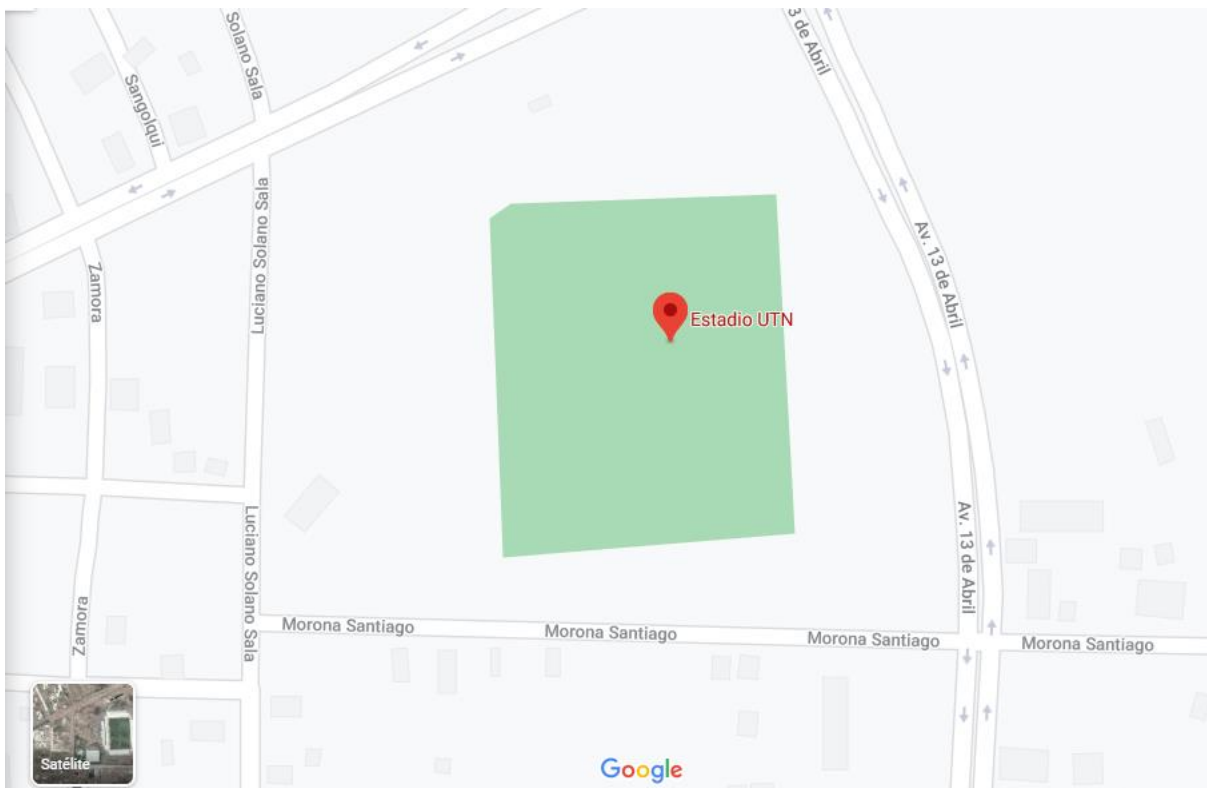


Figura 1. Ubicación geográfica del laboratorio Textil UTN. [Figura].

Retrieved from <https://google.com/maps>

Capítulo II.

2. Estado del arte

2.1 Estudios Previos

2.1.1 Textiles Inteligentes

El sector textil siempre ha tenido un papel muy importante en el campo económico de los países, ya que este desempeña sus funciones en varios campos que proporcionan artículos y servicios que implican gran demanda y comercialización de productos. Ya sea por medio de pequeñas empresas como las de confección o medianas y grandes que se centran en la elaboración de hilos, telas, entre otros. Lo que ha implicado adaptar los productos textiles según sea la demanda o se desarrolle el mercado, por lo que después de años el sector textil se ha ido reestructurando, diversificando procesos y materias primas, buscando solventar las necesidades del cliente y evolucionar juntamente con la sociedad y sus exigencias (COTEC, 2014).

Todos los sectores relacionados directa o indirectamente con la actividad textil han sido perjudicados por la creciente competencia de los diferentes países, que han sabido desarrollarse en el sector manteniendo menores costos y mayor variedad de productos. Tomando en cuenta principalmente a China, país que ha sido catalogado como líder mundial textil, hecho que ha generado un despertar para la evolución textil, tratando de disminuir las importaciones de productos que son elaborados en el mismo país (COTEC, 2014).

La permanencia de la industria textil como fuente económica en el país, se debe basar principalmente en la innovación y adaptabilidad de la industria con la creciente evolución de textiles, para mantenerse en competencia con los demás países. “En este sentido, las estrategias competitivas más adecuadas a punto a la entrada en nuevos subsectores de aplicación y la

utilización de nuevos materiales textiles y nuevas tecnologías de procesamiento textil” (COTEC, 2014, p. 13).

2.1.2 Textiles conductores

La elaboración de textiles conductores beneficia en la utilidad de los mismos, ya que proporciona características que pueden ser implementadas en varios campos, como la medicina; donde estos textiles pueden ser usados para controlar datos del paciente. Como por ejemplo mediante la aplicación de transmisión de biodatos, utilizada para controlar los pulsos cardiacos mediante una gráfica que envía la información a un dispositivo móvil (Chanva, 2018).

La elaboración de este tipo de textiles abre las puertas hacia un mejor futuro, que sea capaz de proporcionar al cliente una gran cantidad de beneficios según sea la necesidad, que permita abrir nuevos mercados y que sirvan como impulso en el desarrollo de la industria textil.

2.1.3 Grafeno

Con la aparición del grafeno en el 2004, se pudo vislumbrar un brillante futuro, ya que, al ser descubierto este material por los científicos Andre Geim y Konstantin Novoselov, se percataron de las grandes propiedades que este presentaba, ofreciendo un sin número de oportunidades para su aplicación. Conducía la electricidad mejor que cualquier otro material conductor conocido, presentaba una apariencia más fina con solo un átomo de grosor y era mucho más fuerte que el acero, propiedades tan sorprendentes no encontradas en un solo material (Tinnesand, 2012).

Desde paneles solares flexibles, pantallas para diferentes electrónicos resistentes y ligeras hasta aparatos biónicos, son algunas de las aplicaciones que podrían realizarse por la utilización del grafeno. Mediante las investigaciones realizadas algunos de estas funciones ya han sido

puestas en práctica con éxito, pero todavía queda un largo camino para volver una realidad todas estas aplicaciones (Tinnesand, 2012).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Hilatura

La hilatura es un proceso industrial que tiene como objetivo el de elaborar un hilo de sección lo más circular posible, compuesto de una masa compacta de fibras de cierta longitud, ubicadas de forma paralelas entre sí y aseguradas por medio de una fuerza que impida su separación, llamada torsión la cual puede ser S o Z (Lockuán, 2012a).

Existe una gran variedad de procedimientos utilizados en la hilatura de algodón, que nos ayudaran a obtener diferentes tipos de hilos; de diferente forma, material, longitud, entre otras características, según se requiera dependiendo de su posterior uso. Por lo que para cada tipo de hilo existe una secuencia de procesos que serán los encargados de la formación del hilo deseado, como se observa en la figura 2.

Los procesos de hilatura cuentan con subprocesos similares como el proceso de apertura y cardado, al igual que diferentes como el proceso de peinado como se puede observar en la figura 2; ya que estos procesos son diseñados con el fin de elaborar diferentes tipos de hilos, los cuales podrán ser utilizados para distintas finalidades y aplicaciones. Para el caso de la hilatura open end podemos obtener hilos gruesos y resistentes utilizados para la elaboración de artículos de limpieza como trapeadores; mientras que en la hilatura cardada podemos obtener hilos de una mejor calidad que el anterior, donde mayormente los hilos se destinan para la elaboración de camisetas y prendas de uso común; para el caso de la hilatura peinada se pueden obtener hilos finos, por lo cual por lo que estos representan en el mercado como hilos de mayor costo no solo por ser un proceso más extenso sino por presentar hilos de mejores características a los hilos realizados por hilatura cardada u open end.

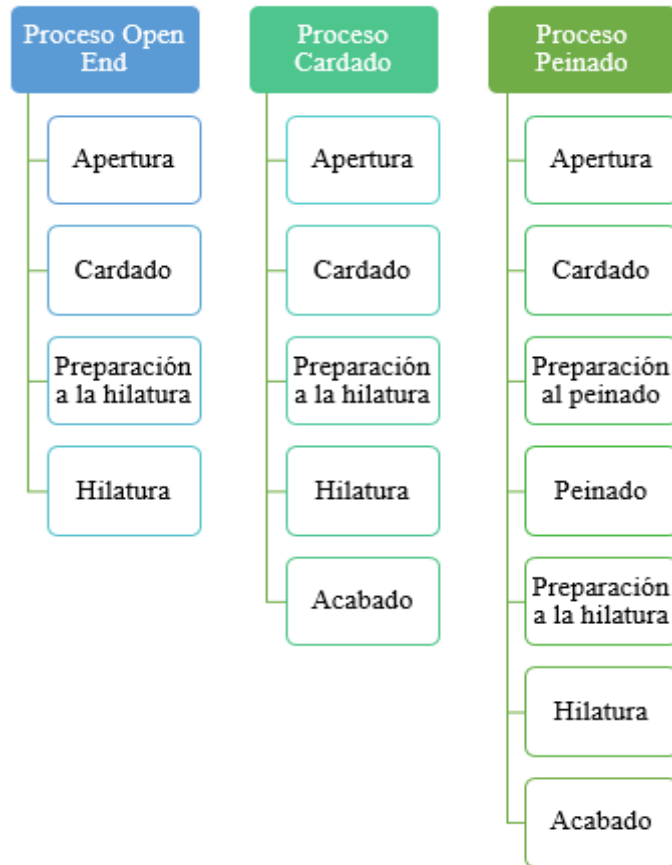


Figura 2. Procesos de Hilatura. Lockuán, E. (2012a). Hilatura de Algodón. [Figura].

Retrieved from <https://archive.org/details/III.LITYSCDC>

2.2.2 Acabados

El proceso de acabado textil consiste en la aplicación de un sin número de tratamientos realizados en el sustrato textil con la finalidad de mejorar sus propiedades, o añadirle otras dependiendo del material (equipo o sustancia) que se utilice como base del proceso. Lockuán (2012c) define al ennoblecimiento textil, como “Una serie de operaciones llevadas a cabo en las telas ya blanqueadas, teñidas o estampadas para mejorar aún más sus propiedades y – posiblemente – añadir algunas nuevas” (Lockuán, 2012c, p. 3).

La utilización de diversos productos para realizar la aplicación de los acabados puede producir textiles con mayor rendimiento, calidad o utilidad, brindando mayor solidez,

resistencia, u obtener textiles con propiedades especiales como: antilfluidos, inarrugables, resistentes a los rayos UV; o simplemente que estos obtengan una mejor presentación y sean más agradables al tacto. Mediante la utilización de productos químicos e incluso la utilización de productos naturales, o la combinación de ambos, permitiendo la obtención de textiles con mejores propiedades.

Para la aplicación de acabados es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros que nos ayudaran a obtener un buen proceso, como menciona Acosta (2017) a continuación:

- La naturaleza de la fibra y su disposición en el hilo y el tejido.
- Las propiedades físicas de la fibra principalmente su capacidad de hinchamiento.
- La capacidad absorbente del tejido con respecto a diversas preparaciones de acabado.
- El destino final del tejido o la prenda y satisfacción al cliente. (p. 22)

Las operaciones de acabados son diversas por lo cual se deben diseñar procesos que se vean dirigidos a las características que el sustrato presente, con la finalidad de realizar acabados de calidad.

2.2.3 Proceso por agotamiento

Este método comprende en la adsorción del colorante disuelto en el baño, para luego ser retenido en el sustrato, mediante la reacción de auxiliares y el trabajo de la maquinaria, proceso que puede ser aplicado a diferentes sustratos como fibras, hilos, tejidos o prendas. El colorante es disuelto en el baño para que posteriormente el material sea sumergido y este por medio de los auxiliares se permita la penetración del colorante en el sustrato fijándolo en el mismo (Álvarez, 2017).

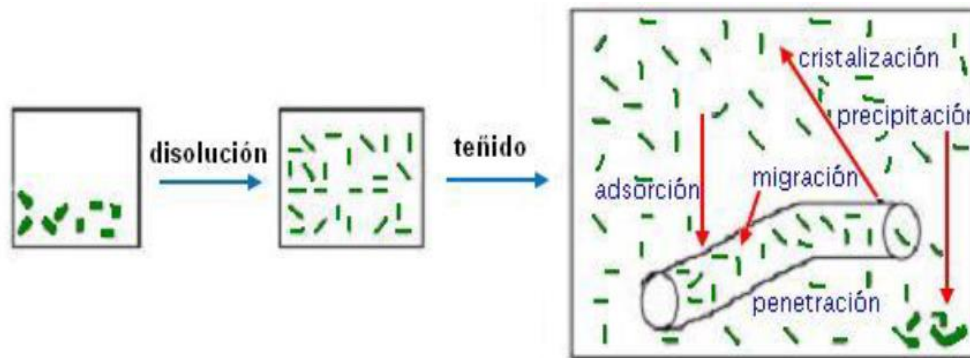


Figura 3. Proceso de Adsorción. Lockuán, E. (2012b). Fases del proceso de tintura. [Figura]. Retrieved from https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/v._la_industria_textil_y_su_control_de_calidad/24

Existen algunos factores a tomar en cuenta en el proceso para que este se realice adecuadamente los principales se muestran a continuación:

- La afinidad colorante fibra
- La temperatura en la que se realice el agotamiento del colorante en la fibra
- El pH del baño
- Los auxiliares

Estos factores favorecerán o perjudicarán la calidad del proceso, por lo que se debe prestar atención, para que al finalizar el proceso el sustrato textil presente buenas características tanto en conseguir la tonalidad deseada como en el presentar una buena solidez que permita la retención del colorante sobre el textil (Lockuán, 2012b).

2.2.4 Textiles Inteligentes

Dentro de la investigación realizada en la industria textil, se observa la intervención de varias disciplinas de la ciencia, que pretenden desarrollar textiles con nuevas funcionalidades que interactúan con el medio que los rodea, permitiendo la utilización de sensores que pueden

medir variedad de parámetros fisiológicos, que ayudan a la creación de prendas con diferentes aplicaciones, como se observa en la figura 4 (Roldán, 2011).

Este tipo de textiles son conocidos como textiles técnicos, Smart textiles o textiles inteligentes, los que definen como: “Textiles capaces de alterar su naturaleza en respuesta a la acción de diferentes estímulos externos, físicos o químicos, modificando alguna de sus propiedades, principalmente con el objetivo de conferir beneficios adicionales a sus usuarios” (Sánchez, 2007, p. 39).



Figura 4. Textiles Inteligentes. Sánchez, J. (2007). Tejidos luminiscentes. [Figura]. Retrieved from <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/28/36/a36.pdf>

2.2.4.1 Clasificación.

Debido a la gran cantidad de textiles inteligentes que se conoce en la actualidad, se ha determinado una clasificación que permita definir de qué tipo de textil inteligente se trata, como se muestra a continuación:

- 1. Textiles Inteligentes Pasivos:** La primera generación de textiles inteligentes se fundamenta en la detección de estímulos exteriores “sienten” manteniendo sus características. Se pueden observar textiles utilizados para medir la tensión, la presión, la temperatura, entre otros (Guacales, 2019).

2. **Textiles Inteligentes Activos:** La segunda generación de textiles inteligentes tienen la capacidad de detectar estímulos y dar respuesta frente a las diferentes situaciones “no solo sienten, sino que actúan”, siendo textiles que cuentan con sensores y actuadores. Se pueden observar textiles utilizados que presentan memoria de forma, con termorregulación, entre otros (Tituaña, 2017).
3. **Textiles Ultra Inteligentes:** La tercera generación de textiles inteligentes son aquellos capaces de alterar la naturaleza del textil en respuesta a los estímulos físicos o químicos que estos presentan en el mismo, llegando a percibir reacciones de temperatura, humedad, luz, entre otros, llegando a modificar las propiedades, estructuras y funciones del textil (Rosero, 2018).

2.2.5 Grafeno

El grafeno también conocido como supermaterial o material del futuro por las características que este presenta, está innovando en la creación de productos resistentes y con diferentes aplicaciones. El grafeno se presenta como una fina lámina plana de átomos de carbono, que presenta una estructura similar a un panel de abeja, como se aprecia en la figura 5 (Rodríguez, 2016).

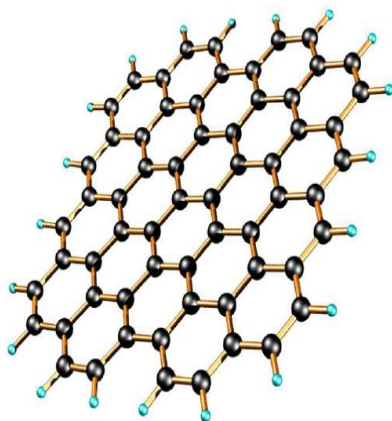


Figura 5. Estructura laminar del Grafeno. Ortega, I. (2018). Estructura molecular del grafeno. [Figura]. Retrieved from http://oa.upm.es/49708/1/TFG_Paz_Ortega_Irene.pdf.

2.2.5.1 Principales métodos de síntesis.

Para la obtención de grafeno se conoce diferentes formas de síntesis, como son: la deposición química de vapor o microondas, el método de descarga de arco, la reducción química, exfoliante micro-mecánica y la reducción térmica (Farías, Jesús, Lucero, Aidé, & Lluvia, 2017).

Estos diferentes procesos son los que permiten la obtención del grafeno a partir del grafito la cual cuenta con una estructura similar a la del grafeno, realizada por medio de oxidación y reducción, con lo cual se obtiene una lámina plana que presenta características particulares de resistencia y flexibilidad térmica, como se indica en la figura 6 (Farías et al., 2017).

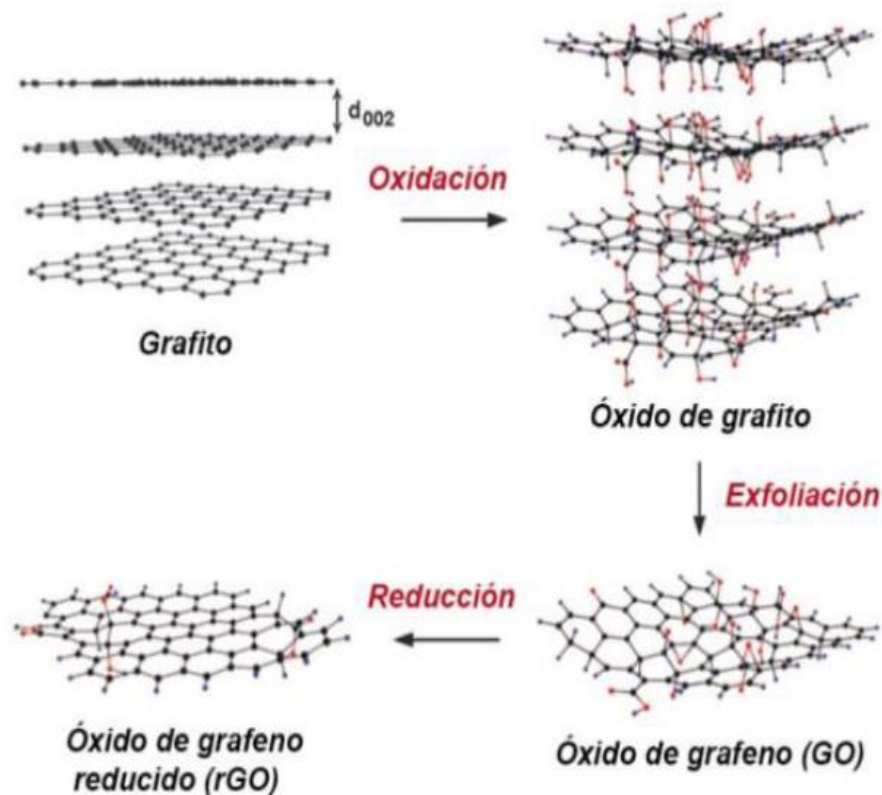


Figura 6. Proceso de oxidación reducción de Grafeno. Farías, L., Jesús, F., Lucero, M., Aidé, G., & Lluvia, L. (2017). Ruta del óxido de grafito para la síntesis de grafeno. [Figura]. Retrieved from <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2017/06/28/grafeno-el-material-del-futuro-sintesis-y-propiedades/>

2.2.5.2 Propiedades del Grafeno.

El grafeno posee un sin número de propiedades que a través del tiempo se han ido descubriendo y aplicando para la elaboración de diferentes productos innovadores, como son: ser más duro que el diamante y 200 veces más resistente que el acero; ligero y flexible como el carbono, entre otros (Hernández & Quiroz, 2015).

2.2.5.2.1 Electroquímicamente inerte.

El grafeno presenta una notable resistencia a la corrosión, presentándose como un agente utilizado para evitar la oxidación. “Los revestimientos poliméricos convencionales dejan de ser efectivos cuando se degradan bajo la acción de procesos microbianos, mientras que el grafeno es electroquímicamente inerte y, por tanto, resistente tanto a ataques microbianos como la oxidación” (Ortega, 2018, p. 13).

El grado de resistencia se ve afectada por la cantidad de capas de grafeno utilizadas, ya que estas formaran la película protectora que actuara como un agente de repelencia ante la corrosión microbiana (Ortega, 2018).

2.2.5.2.2 Permeabilidad.

Permite el paso del agua a través de su estructura laminar, sin embargo, evitando el paso de elementos pequeños como el helio (Rodríguez, 2016). Por lo que este material ha sido utilizado para la elaboración de purificadores de agua mediante la filtración con láminas de grafeno.

2.2.5.2.3 Potenciador de la resistencia mecánica.

Otra área donde ha encontrado utilidad este material es en la construcción, utilizada para reforzar estos materiales, ya que presenta una alta resistencia y flexibilidad, siendo un material rígido que admite tensiones muy elevadas antes de romperse (Hernández & Quiroz, 2015).

2.2.5.2.4 Potenciador fotocatalítico.

La implementación de grafeno contribuye con el cuidado con el ambiente, ya que mediante las investigaciones realizadas se ha observado que, al combinarlo con diferentes gases, como dióxido de carbono (CO₂), o el óxido de nitrógeno (NO), gases que resultan dañinas para la salud de las personas, se puede realizar procesos de fotodegradación de partículas contaminantes (Ortega, 2018).

El grafeno podría actuar como receptor de los electrones fotogenerados asegurando el transporte de cargas por su conductividad, logrando separación de cargas que modifica la estructura de los gases perjudiciales para el ambiente (Ortega, 2018).

2.2.5.2.5 Conductividad eléctrica.

Una de las propiedades más sobresalientes del grafeno es la de la conductividad, ya que este material posee una excelente capacidad para permitir desplazamientos de campos eléctricos, por su estructura de red hexagonal, permitiendo el libre movimiento de electrones. Por lo que es considerado como un material conductor y semiconductor (Rodríguez, 2016).

A continuación, se muestra una comparación de conductividad con otros materiales:

Tabla 1.

Valores de conductividad en diferentes materiales

Propiedades	Grafeno	Plata	Oro	Cobre	Aluminio	Acero
Conductividad térmica	5000 W/(K.m)	420 W/(K.m)	317 W/(K.m)	400 W/(K.m)	240 W/(K.m)	79 W/(K.m)
Conductividad eléctrica	$0.96 \cdot 10^6$ $(\Omega \cdot m)^{-1}$	$0.68 \cdot 10^6$ $(\Omega \cdot m)^{-1}$	$0.45 \cdot 10^6$ $(\Omega \cdot m)^{-1}$	$0.60 \cdot 10^6$ $(\Omega \cdot m)^{-1}$	$0.38 \cdot 10^6$ $(\Omega \cdot m)^{-1}$	$0.10 \cdot 10^6$ $(\Omega \cdot m)^{-1}$

Recuperado de Hernández, C., & Quiroz, D. 2015. Grafeno: Estado del Arte (CIMAV).

Como se observa en la tabla 1, podemos concluir que el material que presenta mayores valores de conductividad es el grafeno, este presenta una gran capacidad de conducir la electricidad mejor que ningún otro metal.

A continuación, se presentan algunos conceptos de importancia que ayudaran a comprender mejor:

➤ **Ley de Ohm**

La ley de ohm establece que la corriente es proporcional al voltaje suministrado, y así mismo este es proporcional a la resistencia (Boylestad, 2011). Como se resume en la formula $I = \frac{V}{R}$, donde mediante la interpretación matemática puede calcularse los diferentes valores que forman parte de la misma.

Donde:

V = Voltaje

I = Corriente

R = Resistencia

➤ **Resistencia**

La resistencia eléctrica hace referencia a la capacidad que tienen los materiales conductores a permitir o rechazar el flujo de corriente que pasa por ellos, siendo un buen conductor el material que presenta bajos valores de resistencia (Chanva, 2018).

➤ **Ohm**

Los ohms son utilizados para representar a la unidad derivada de resistencia, de una corriente que se opone a la circulación o paso de corriente sobre algún material (Lima, 2018).

➤ Voltaje

El voltaje o tensión es representado comúnmente con la letra (V) y es medida en voltios, representa a la energía de unidad de carga que es entregada por cualquier fuente de alimentación (Guacales, 2019).

2.2.6 Hilo Conductor

Un hilo conductor es aquel hilo que tiene características y un comportamiento idéntico al de un cable eléctrico, como son las de transferir conductividad o la de comportarse como un biosensor, como se indica en la Figura 7 (Lima, 2018).



Figura 7. Hilo Conductor. Pla, J. (2017). Hilo conductor. [Figura]. Retrieved from <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/76948>

2.2.6.1 Características de hilos conductores.

- Los hilos conductores se obtienen por la utilización de fibras que poseen características conductoras, tales como son las fibras metálicas y de carbono (Sánchez, 2007).
- Por la utilización de fibras que poseen partículas conductoras en la superficie de su estructura (Sánchez, 2007).
- Por la utilización de hilos metalizados, los cuales se elaboran por medio de la unión de plata pura en las fibras textiles, haciendo que el hilo adquiriera características de conductividad eléctrica y térmica (Sánchez, 2007).

2.2.6.2 Procesos de obtención.

Existen diferentes maneras en las que podemos obtener hilos conductores, como (Pla, 2017)

lo presenta a continuación:

1. Estrechando acero para hacerlo fibroso para luego hilarlo a partir de estas fibras de acero.
2. Hilando hilos de carbono a partir de fibras de carbono.
3. Produciendo fibras conductoras mediante hilatura húmeda o de fusión. Hilando fibras no conductoras (normalmente fibras poliméricas) junto con cables finos de cobre, fibras de acero o fibras de carbono.
4. Aplicando materiales conductores (Ag, Ni, Cu, carbón negro) como revestimiento o recubrimiento de las fibras de hilos no conductores. (p.18)

Capítulo III.

3. Metodología

3.1 Métodos de Investigación

Para llevar a cabo este proyecto de investigación fue necesario la utilización diferentes métodos como son: el método analítico, experimental y comparativo. Por medio de la aplicación del proceso de acabado textil, y obteniendo muestras de hilos con distintas concentraciones de grafeno, muestras que a su vez fueron sometidas a pruebas de solidez al lavado, conductividad y resistencia, al que mediante una comparación permitieron determinar cuál de las muestras realizadas es la que presenta mejores resultados en la investigación.

3.1.1 Método analítico

El método analítico fue llevado a cabo mediante la observación y evaluación de los procesos de estudio, además de la utilización de la información obtenida que ayudó al investigador a tener un pensamiento más crítico. Ayudando específicamente a establecer los argumentos finales sobre todo el proceso investigativo.

3.1.2 Método experimental

En esta investigación el método experimental es uno de los puntos más importantes, ya que es por medio de este que se lleva a cabo la demostración del tema de estudio, mediante datos reales recabados a lo largo del proyecto más precisamente en la parte práctica, donde se llevó a cabo los procesos y pruebas aplicadas a las muestras de hilo. Es por medio de este método que se obtuvieron los resultados que permitieron concluir el proyecto de estudio.

3.1.3 Método comparativo

El método comparativo fue la herramienta que se utilizó con la finalidad de realizar una comparación de los resultados entre las muestras de estudio, al medir la conductividad de los

hilos, solidez al lavado y resistencia de estas, por medio de la aplicación de normas que permitieron realizar estos procesos adecuadamente para así obtener los resultados.

3.2 Diseño General del Proceso

Para la realización de la parte práctica de la investigación que comprende la aplicación de grafeno en muestras de hilos de Pes/Co, mediante la utilización de diferentes productos que ayudaran a que el grafeno ingrese y permanezca en el hilo. Se detalla un flujograma de procesos que nos ayudaran a mostrar de una manera más clara, como se desarrollaran las operaciones para llevar a cabo la elaboración del hilo conductor, presentada en la figura 8.

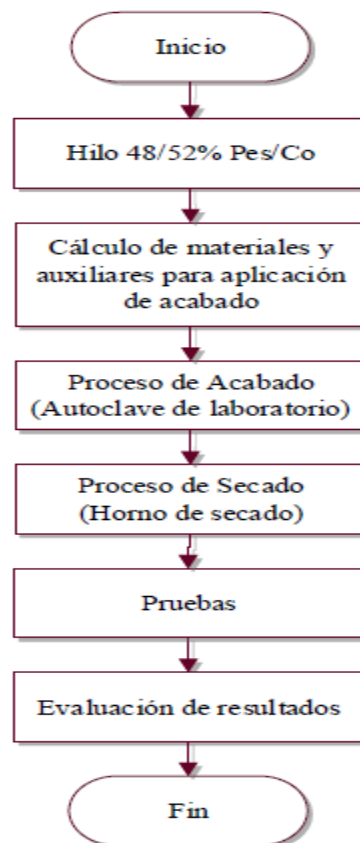


Figura 8. Flujograma del Proceso. Fernández, G. (2020)

3.3 Diseño Muestral

Para llevar a cabo el proceso se realizó un total de 3 muestras con diferentes concentraciones de grafeno para cada una de ellas, como se observa en la figura 9, con el fin

de determinar cuál de los porcentajes es el más adecuado, que presente las mejores propiedades conductoras. Mediante la aplicación de la curva del proceso, ver figura 10, el diseño general del proceso indicado, mostrado en la figura 8 y los productos y maquinaria de laboratorio, definidos en la tabla 3, se realizarán las pruebas en las diferentes muestras de hilos. Las cuáles se realizaron en hilo peinado con una composición 48/52% Pes/Co, título 20/1 Ne, además de la utilización de grafeno de dimensiones 5 μm .

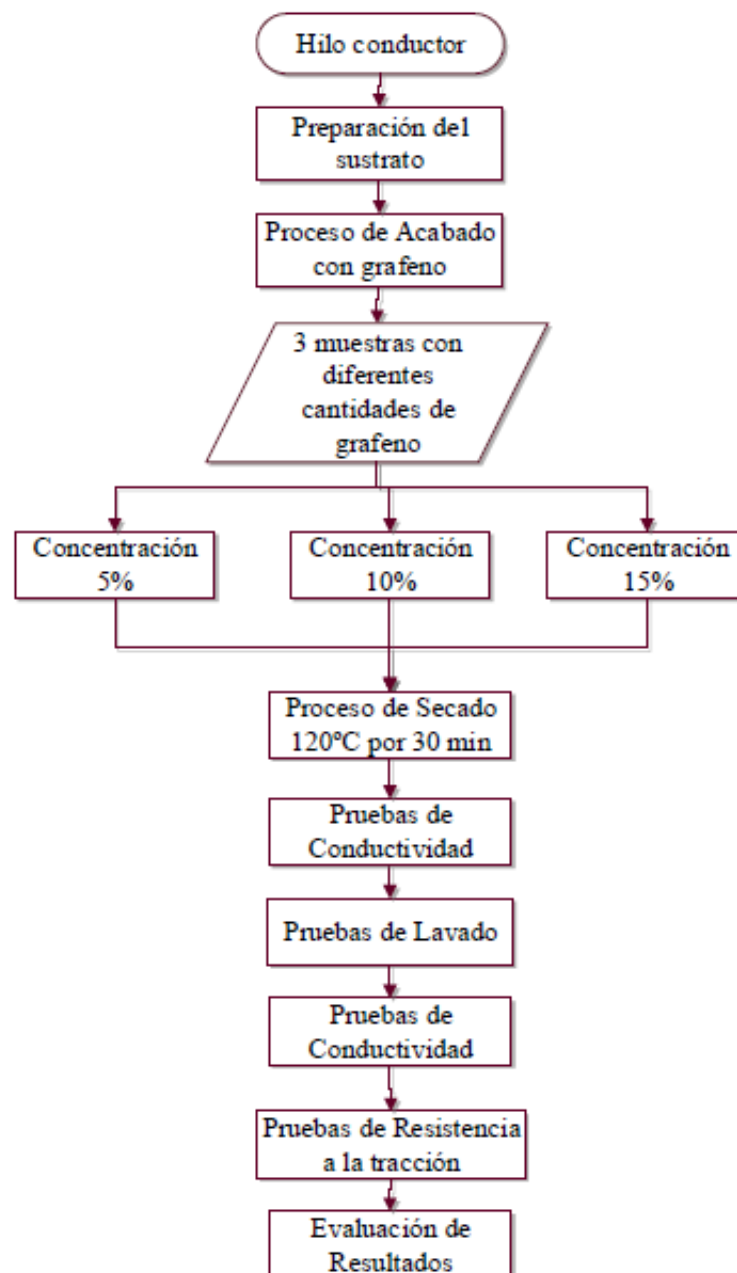


Figura 9. Flujograma muestral. Fernández, G. (2020)

Como indica la figura 9, las muestras llevarán diferentes cantidades de grafeno, pero seguirán el mismo proceso y utilizarán los mismos porcentajes de auxiliares, dependiendo del peso que tenga cada muestra. A continuación, se muestran los parámetros a trabajar para cada muestra de hilo:

Tabla 2.

Parámetros del diseño muestral

Pruebas	Peso de hilos (g)	Porcentaje de grafeno (%)	R/B
Muestra 1	0,302	5	1:40
Muestra 2	0,322	10	1:40
Muestra 3	0,301	15	1:40

Fernández, G. (2020)

3.4 Instrumentos, equipos y sustancias

Para desarrollar esta investigación es necesario de la utilización de varios equipos de laboratorio y sustancias, como se observa a continuación en la tabla 3:

Tabla 3.

Instrumentos, equipos y sustancias utilizadas en el proceso

Instrumentos	Equipos	Sustancias
Vasos de precipitación	Balanza analítica	Grafeno
Vidrio reloj	Horno de secado	Catalizador
Agitador	Autoclave de laboratorio	Fijador
Pipetas	Dinamómetro	Ligante
Cuchara espátula	Multímetro	
Probeta		

Fernández, G. (2020)

3.5 Curva del proceso

Para llevar a cabo el desarrollo del acabado, se seguirá el proceso que se señala en la curva presentada en la figura 10, con la aplicación de las diferentes sustancias y el tiempo detallado en la misma.

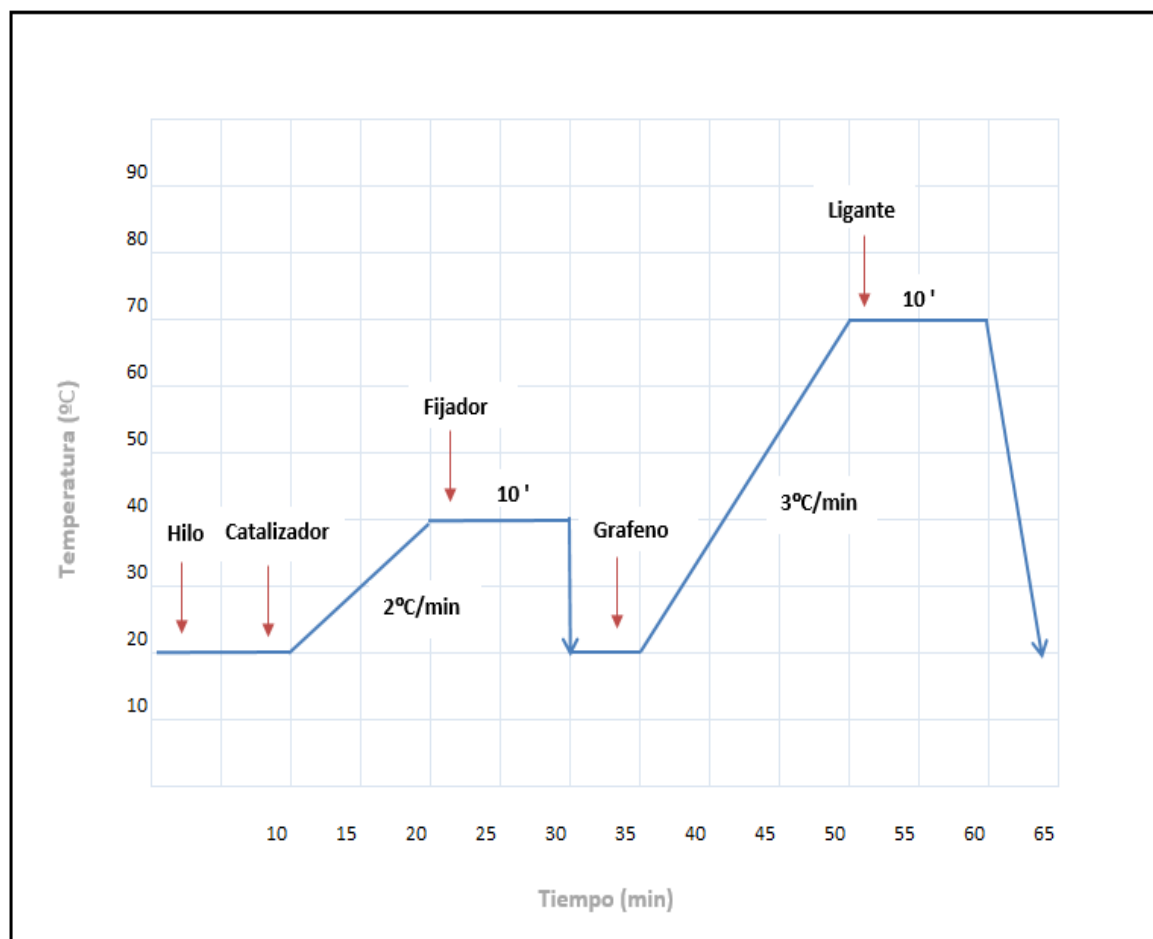


Figura 10. Curva del proceso. Fernández, G. (2020)

3.6 Pruebas de laboratorio

3.6.1 Procedimiento

1. Preparar 3 muestras de hilo 48/52% Pes/Co.
2. Calcular productos y auxiliares a utilizar tomando en cuenta el peso de cada una de las muestras de hilo del proceso.



3. A temperatura ambiente en los vasos de muestra de la máquina de laboratorio autoclave agregar el volumen de baño, las muestras de hilo y catalizador.
4. Medir el ph inicial del baño.
5. Colocar los vasos en la máquina autoclave y subir la temperatura con una gradiente de 2°C/min a 40° C, agregar fijador y mantener por 10 minutos.
6. Medir el pH final del baño.
7. Colocar el volumen de agua y los porcentajes de 5,10,15% de grafeno en los vasos en la máquina autoclave y subir la temperatura con una gradiente de 3°C/min a 70° C, agregar ligante y mantener por 10 minutos.
8. Medir el pH final del baño.
9. Sacar muestras y botar baño.
10. Realizar un lavado en frío para retirar el sobrante del producto.
11. Secar las muestras a 120°C por 30 minutos en el horno de secado.

3.6.2 Fichas de muestras

A continuación, en las tablas 4, 5 y 6 se detalla los productos y cantidades usadas para la elaboración del acabado textil, además de presentar los costos que representa la utilización de cada producto dependiendo de cada muestra, con la aplicación del grafeno en diferentes concentraciones: 5%, 10% y 15%.

Tabla 4.



Aplicación de acabado al 5% de grafeno

MUESTRA 1						
Fecha: 21/10/2020	Tipo de prueba: Proceso de Acabado			Tiempo: 65 min		
pH inicial: 6.5	Composición: 48/52% Pes/Co			pH final: 8		
Tipo de hilo: Hilo peinado				Título: 20/1 Ne		
Peso material: 0,302 g	R/B: 1:40	Vol. de baño: 12,08 ml		Torsión Z: 502 tpm		
PRODUCTOS	%	Solución	Peso		Costo Producto	Costo por proceso
			g	ml		
Grafeno	5	--	0,015	--	130 \$/10g	0,19500
Catalizador	5	1;100	0,015	1,5	6,00 \$/Kg	0,00009
Fijador	23	1;100	0,069	6,9	4,00 \$/Kg	0,00028
Ligante	5	1;100	0,015	1,5	13,00 \$/Kg	0,00020
				COSTO RECETA:		0,20
Muestra Inicial			Muestra Final			
						

Fernández, G. (2020)

Tabla 5.



Aplicación de acabado al 10% de grafeno

MUESTRA 2						
Fecha: 21/10/2020	Tipo de prueba: Proceso de Acabado			Tiempo: 65 min		
pH inicial: 6.5	Composición: 48/52% Pes/Co			pH final: 8		
Tipo de hilo: Hilo peinado				Titulo: 20/1 Ne		
Peso material: 0,322 g	R/B: 1:40	Vol. de baño: 12,08 ml		Torsión Z: 502 tpm		
PRODUCTOS	%	Solución	Peso		Costo Producto	Costo por proceso
			g	ml		
Grafeno	10	--	0,032	--	130 \$/10g	0,41600
Catalizador	5	1;100	0,016	1,6	6,00 \$/Kg	0,00010
Fijador	23	1;100	0,074	7,4	4,00 \$/Kg	0,00030
Ligante	5	1;100	0,016	1,6	13,00 \$/Kg	0,00021
				COSTO RECETA:		0,42
Muestra Inicial			Muestra Final			
						

Fernández, G. (2020)

Tabla 6.

Aplicación de acabado al 15% de grafeno

MUESTRA 3						
Fecha: 21/10/2020	Tipo de prueba: Proceso de Acabado			Tiempo: 65 min		
pH inicial: 6.5	Composición: 48/52% Pes/Co			pH final: 8		
Tipo de hilo: Hilo peinado				Titulo: 20/1 Ne		
Peso material: 0,301 g	R/B: 1:40	Vol. de baño: 12,08 ml		Torsión Z: 502 tpm		
PRODUCTOS	%	Solución	Peso		Costo Producto	Costo por proceso
			g	ml		
Grafeno	15	--	0,045	--	130 \$/10g	0,58500
Catalizador	5	1;100	0,015	1,5	6,00 \$/Kg	0,00009
Fijador	23	1;100	0,069	6,9	4,00 \$/Kg	0,00028
Ligante	5	1;100	0,015	1,5	13,00 \$/Kg	0,00020
				COSTO RECETA:		0,59
Muestra Inicial			Muestra Final			
						

Fernández, G. (2020)

3.6.3 Prueba de Conductividad

Las pruebas de conductividad eléctrica consistieron en realizar la medición de la capacidad que tienen las muestras para permitir el flujo o paso de la corriente eléctrica a través de estas, por medio del transporte de electrones. Mediante la utilización del equipo multímetro instrumento encargado de realizar mediciones de diferentes magnitudes eléctricas, se midió la resistencia que presentan las diferentes muestras de hilo con concentraciones de grafeno del

5% indicado en el anexo 6, 10% indicado en el anexo 7 y 15% indicado en el anexo 8; para así recolectar los valores de kiloohmios como se aprecia en la tabla 7, que sirvió para conocer si estos presentan o no conductividad en las muestras de hilos.

3.6.4 Solidez al lavado

Las pruebas de lavado se realizaron mediante la adaptación de la norma AATCC 61 – Solidez de color al lavado, en la que se evalúa la permanencia del producto en el hilo, después de realizar cinco lavados continuos en las muestras tratadas con grafeno, con detergente por 45 minutos, ver anexo 22. Pruebas realizadas con la finalidad de verificar la capacidad de resistencia y fijación que tienen el acabado en las muestras de hilo, además de verificar la permanencia de la propiedad conductora en las muestras, comprobadas con una medición de la resistencia realizada con el aparato multímetro, como se aprecia en la tabla 8.

3.6.5 Resistencia a la tracción

Mediante la aplicación de la norma *ISO 2062:2009* - Determinación de la fuerza de rotura y alargamiento a la rotura, se pretende realizar una comparación entre las muestras de hilos antes y después de haber aplicado el acabado con grafeno. Por medio de la utilización del equipo de laboratorio dinamómetro, como se muestra en el anexo 23, que según Lockuán (2012b) nos ayuda a obtener los análisis referentes a:

- **Resistencia a la rotura**, que puede expresarse en unidades de fuerza, tenacidad, longitud de rotura, trabajo
- **Alargamiento a la rotura**, ya sea en valores absolutos (longitud) o valores relativos (unitarios y porcentual)
- **Tiempo de rotura**, es el intervalo de tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo hasta alcanzar la rotura. Su valor está relacionado de manera inversa al incremento de la carga o alargamiento del espécimen. (p. 129)

Capítulo IV.

4. Resultados y discusión de resultados

En el siguiente capítulo se describen los diferentes resultados obtenidos para cada prueba realizada, mediante la aplicación de la norma establecida para cada caso. De igual manera se muestra el análisis de cada resultado mediante una representación por medio de tablas o gráficos estadísticos.

4.1 Análisis de Pruebas

4.1.1 Pruebas de conductividad

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la medición de conducción eléctrica en las muestras de hilo con las concentraciones de grafeno al 5%, 10% y 15%, como se observa en la tabla 7.

Tabla 7.

Análisis de pruebas de conductividad en hilos

Muestras	Concentración de grafeno (%)	Rango de conductividad (cm del hilo)	Conductividad (kiloohmio)	Observaciones
Muestra 1	5	3,5	850 k Ω	Si conduce
Muestra 2	10	3,5	900 k Ω	Si conduce
Muestra 3	15	2	970 k Ω	Si conduce

Fernández, G. (2020)

4.1.2 Análisis de solidez al lavado

A continuación, se muestran los resultados obtenidos después de realizar los ensayos de lavado con el fin de determinar la resistencia que presenta el acabado en el sustrato textil, de acuerdo a las concentraciones de grafeno que fueron aplicadas en las muestras del hilo al 5%, 10% y 15%, como se presenta en la tabla 8.

Tabla 8.

Resultados de conductividad - Pruebas de lavado

Probetas	grafeno (%)	Conductividad	Resistencia eléctrica (kΩ)				
			Lavado 1	Lavado 2	Lavado 3	Lavado 4	Lavado 5
Muestra 1	5	No	-	-	-	-	-
Muestra 2	10	No	-	-	-	-	-
Muestra 3	15	No	-	-	-	-	-

Fernández, G. (2020)

4.1.3 Análisis de resistencia a la tracción

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el dinamómetro para determinar los valores correspondientes a resistencia a la tracción en las muestras de hilo sin acabado y con las concentraciones de grafeno al 5%, 10% y 15%, como se observa en las tablas 9, 10, 11 y 12.

Tabla 9.

Análisis de resistencia a la tracción hilo sin acabado

Probetas	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	521,17	13,85
2	350,23	8,85
3	663,05	16,29
4	566,95	14,62
5	367,4	9,77
6	561,84	14,45
7	599,88	15,7
8	631,72	15,87
9	591,39	15,29
10	518,68	14,04
Media	537,23	13,87
Desviación estándar	104,1	2,54
Coefficiente de variación	19,38%	18,32%

Fernández, G. (2020)

Tabla 10.

Análisis de resistencia a la tracción 5% de grafeno

Probetas	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	695,09	19,05
2	653,716	17,44
3	632,32	17,04
4	678,39	18,04
5	622,77	16,79
Media	656,35	17,67
Desviación estándar	30,42	0,90
Coefficiente de variación	4,63%	5,12%

Fernández, G. (2020)

Tabla 11.

Análisis de resistencia a la tracción 10% de grafeno

Probetas	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	646,21	14,85
2	624,85	14,13
3	649,08	14,96
4	635,33	15,56
5	597,35	14,4
Media	630,56	13,75
Desviación estándar	20,89	0,801
Coefficiente de variación	3,31%	5,82%

Fernández, G. (2020)

Tabla 12.

Análisis de resistencia la tracción 15 % de grafeno

Probetas	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	594,79	14,85
2	577,78	14,13
3	588,95	14,96
4	628,34	15,56
5	596,93	14,4
Media	597,36	14,78
Desviación estándar	18,85	0,551
Coeficiente de variación	3,15%	3,73%

Fernández, G. (2020)

De acuerdo con las tablas indicadas podemos observar que existió un aumento en la resistencia a la tracción para cada caso, donde el valor más notorio fue para el resultado obtenido en la prueba correspondiente a la concentración de grafeno al 5%, indicada en la tabla 10.

4.2 Discusión de resultados

4.2.1 Análisis de resultados en hilos

En la tabla 13 se muestra una síntesis de los resultados obtenidos en las cinco pruebas de acabado realizadas, donde se midió la resistencia eléctrica en kiloohmios ($k\Omega$) en un cabo (1C) y en diez cabos (10C) de hilo, en un total de 15 muestras con concentraciones de 5%, 10% y 15% de grafeno, donde se varió algunos parámetros como se indica a continuación.

Tabla 13.

Síntesis de resultados de pruebas de resistencia eléctrica (kΩ)

Grafito %	Prueba sin acabado		Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
			Muestras con lavado en frío		Muestras con lavado en caliente (70°C)		Muestras con ionizante (3%)		Muestras con fijador (5%)		Muestras sin fijador	
	1C	10C	1C	10C	1C	10C	1C	10C	1C	10C	1C	10C
5	0	0	850	280	0	0	0	957	0	908	0	1091
10	0	0	900	320	0	0	0	893	0	881	0	1158
15	0	0	970	495	0	0	0	954	0	1172	0	1885

Fernández, G. (2020)

4.2.2 Análisis de la varianza

En la tabla 14 se muestra una comparación de los resultados cuantitativos de variabilidad, obtenidos en la medición de resistencia eléctrica en 15 muestras de hilo que presentan un acabado con grafito como se indica en la tabla 13.

Tabla 14.

Análisis de la varianza

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
N	3	3	3	3	3
Min	280	0	893	881	1091
Max	495	0	957	1172	1885
Sum	1095	0	2804	2961	4134
Mean	365	0	934.6667	987	1378
Std. error	66.01767	0	20.85133	92.8278	254.2368
Variance	13075	0	1304.333	25851	193909
Stand. dev	114.346	0	36.11556	160.7825	440.351
Median	320	0	954	908	1158
25 prcntil	280	0	893	881	1091
75 prcntil	495	0	957	1172	1885
Skewness	1.496666	0	-1.718615	1.677263	1.687051
Kurtosis	-2.333333	0	-2.333333	-2.333333	-2.333333
Geom. mean	353.9738	0	934.1944	978.7305	1335.411
Coeff. var	31.32766	NAN	3.864004	16.29002	31.95581

Software Past 4

Como se puede observar en la tabla de datos obtenida de las 15 muestras realizadas los valores correspondientes a la prueba 3 son los que presentan una menor dispersión de datos, es

decir se encuentran con valores similares que no se alejan mucho entre sí, mientras que los que muestran mayor dispersión de datos se encuentran en la prueba 5, es decir sus valores se mueven mucho se encuentran más separados entre sí, además de mostrar que presenta porcentajes de variabilidad en sus valores respecto a los datos de kilohmios con un crecimiento irregular para las muestras correspondientes a las concentración de 5%, 10% y 15%.

4.2.3 Test de normalidad

La tabla 15 corresponde al Test de normalidad el cual es un método estadístico que nos permite medir los valores obtenidos proporcionándonos un grado de confiabilidad sobre los datos recolectados en las cinco pruebas realizadas. Mediante el programa past 4 se evaluaron los valores expuestos en la tabla 13 por medio de 4 métodos estadísticos como son el de Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors, y Jarque-Bera; donde se obtuvieron valores de p mayores a 0.05, es decir, que los datos obtenidos en las cinco pruebas son reales y siguen una distribución normal. Proporcionando veracidad a la investigación de un 95% de confiabilidad en los datos expuestos a lo largo del trabajo de estudio.

Tabla 15. *Test de normalidad*

Tests for normal dist					
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
N	3		3	3	3
Shapiro-Wilk W	0.8838		0.7851	0.8189	0.8128
p(normal)	0.3358		0.07934	0.1605	0.1454
Anderson-Darling A	0.3229		0.4432	0.4012	0.4087
p(normal)	0.228		0.08261	0.1183	0.1109
p(Monte Carlo)	0.3392		0.0798	0.1657	0.1399
Lilliefors L	0.3197		0.3705	0.3551	0.358
p(normal)	0.2872		0.1184	0.1583	0.15
p(Monte Carlo)	0.3305		0.0798	0.1629	0.1421
Jarque-Bera JB	0.4679		0.5274	0.5157	0.5184
p(normal)	0.7914		0.7682	0.7727	0.7717
p(Monte Carlo)	0.336		0.0785	0.1602	0.138

4.2.4 Gráficos estadísticos

4.2.4.1 Gráfico general.

En la figura 11 podemos observar el comportamiento en los valores de resistencia eléctrica medidos en kiloohmios, correspondientes a cada una de las pruebas realizadas de acuerdo a los intervalos de concentración que van de 5%, 10% y 15% de grafeno y a las muestras sin acabado.

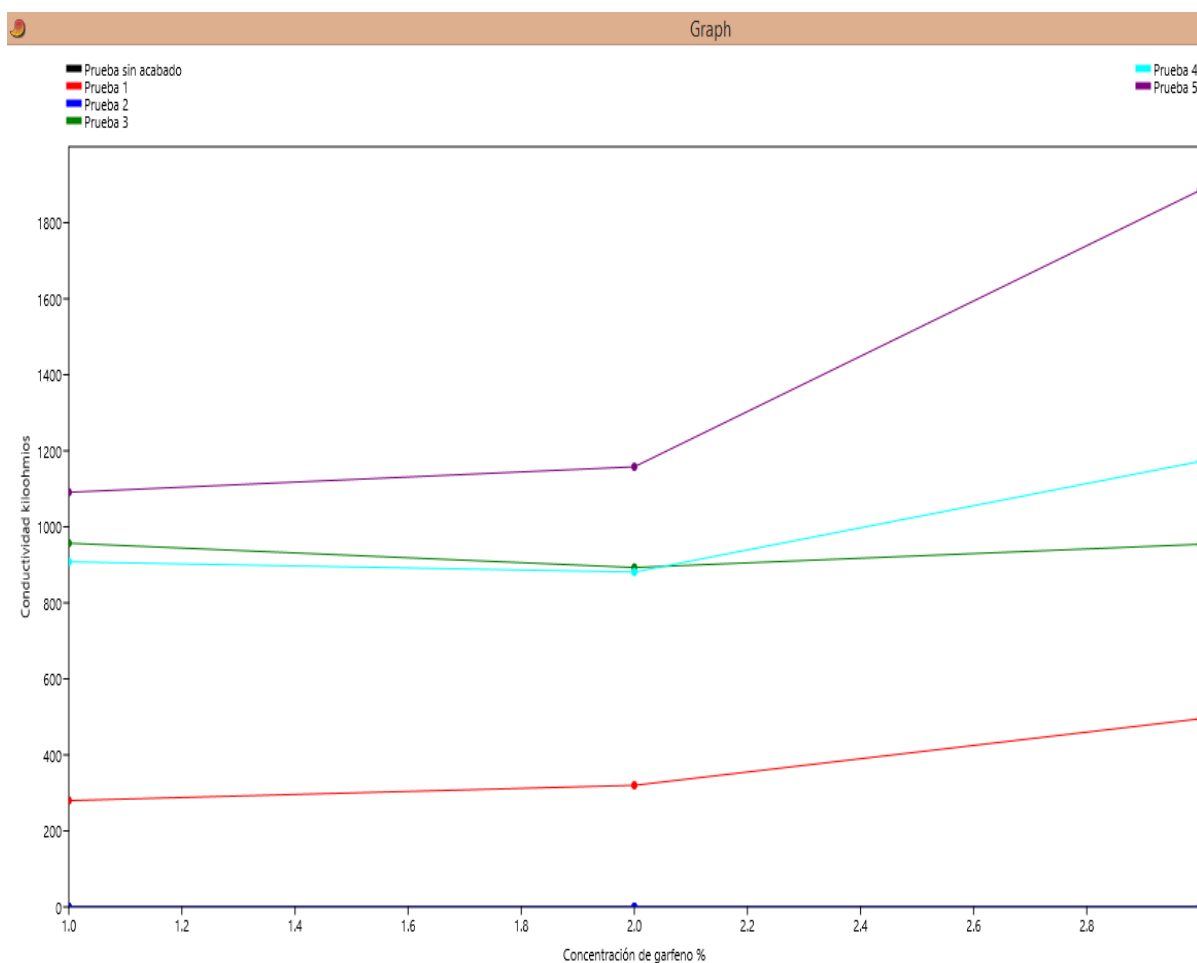


Figura 11. Gráfico general. Fernández, G. (2020)

Del gráfico podemos concluir que el valor de resistencia más bajo de las 15 muestras realizadas se presenta en la prueba 1 perteneciente al hilo con concentración del 5% de grafeno, donde se ve que existe una relación de crecimiento en los valores de kiloohmios que van aumentando mientras se incrementa las concentraciones de grafeno. También podemos observar que de las cinco pruebas realizadas todas presentan la propiedad conductora

exceptuando a la prueba 2 que es la que mantuvo los valores de 0 kilohmios, como se muestra en los Anexo 10, Anexo 11 y Anexo 12, debido a que estas muestras fueron sometido a enjuague posterior con temperatura que elimino las características que poseía el acabado, como se indica en la tabla 13.

4.2.4.2 Matrix.

El siguiente gráfico muestra la correlación que existe entre las muestras de hilo según sus valores de kilohmios, por medio de una representación visual de colores que permiten mostrar la similitud existente entre los valores obtenidos para cada una de las muestras.

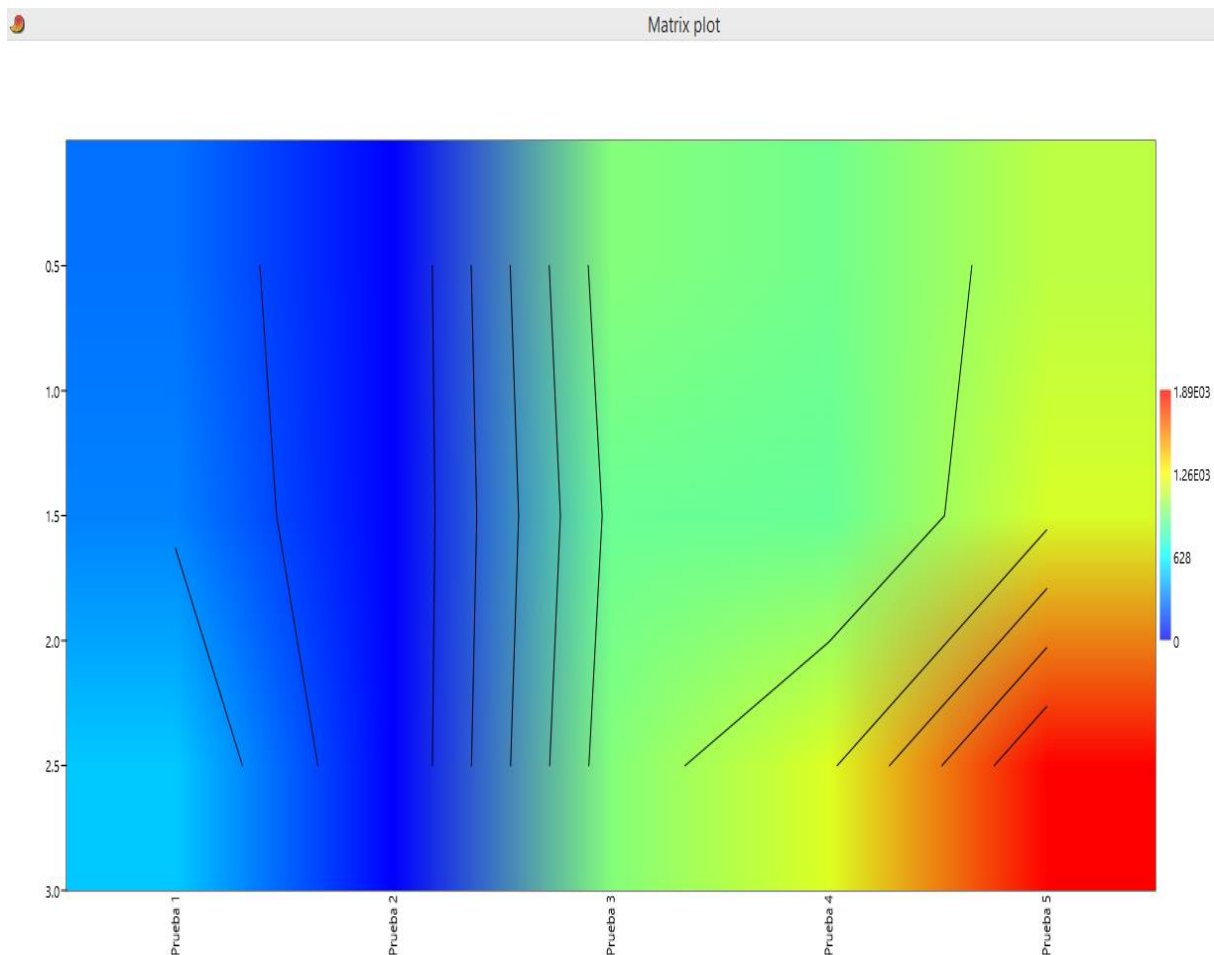


Figura 12. Matrix. Fernández, G. (2020)

Mediante este análisis estadístico podemos ver como es el comportamiento de cada muestra y como estas son representadas por los colores correspondientes a los valores de kilohmios

desde los más bajos representados con el color azul hasta los más altos representados con el color rojo, donde se visualiza que cuando el color es más cercano a 0 o 1885, la correlación será más evidente. Así mismo podemos observar cómo sin importar a que grupo de prueba correspondan las muestras se observan agrupadas por los colores donde se observan más relacionadas.

4.2.4.3 Radar chart.

La figura 13 conocida como Radar chart o diagrama de araña es un método gráfico que nos ayuda a representar de una manera visual la similitud o diferencia existente entre los valores dependiendo de cada concentración de grafeno, representada con coloraciones más oscuras para los valores más bajos colocados en el centro y más claros para los valores más altos que se colocan hacia el crecimiento de cada eje.

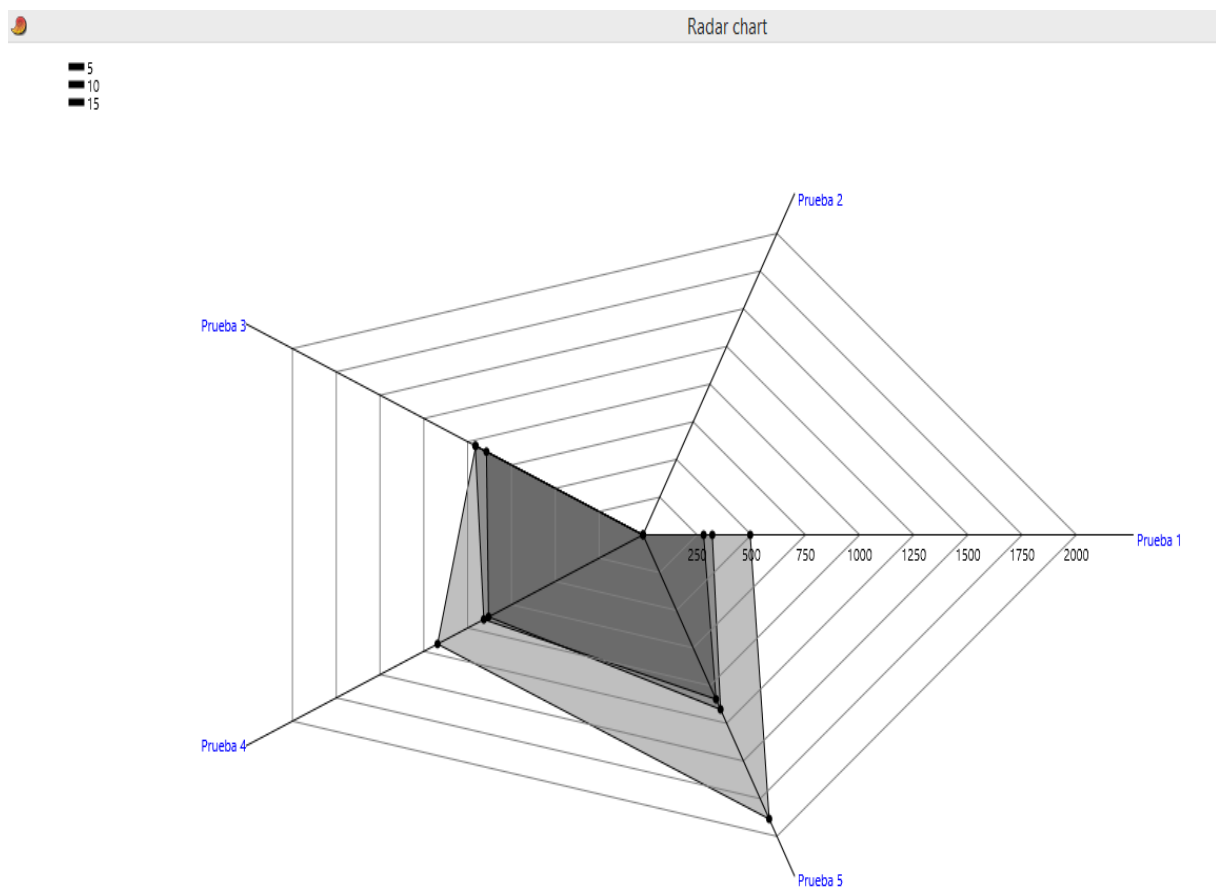


Figura 13. Radar chart. Fernández, G. (2020)

De acuerdo al grafico podemos observar cómo entre la prueba 1 y 2 no existe ninguna clase de relación entre sus valores, se debe porque son de 0 para el caso de la prueba 2, mientras que entre la prueba 1 y 5 se observa una gran diferencia entre los valores de ohmios, ya que la prueba 5 contiene valores mucho más altos donde se puede apreciar mucho más para el caso de concentración de grafeno realizada al 15%, esto se debe a que en la prueba 1 se colocó fijador mientras que en la prueba 5 se eliminó este producto ocasionando esta diferencia. También se observa como en la prueba 3 al reemplazar el ionizante por el fijador, no se consiguió mejorar el proceso demostrando que este producto no es necesario para mejorar la resistencia del acabado.

Capítulo V.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Luego de aplicar el proceso de acabado por el método de adsorción en un total de 15 muestras con concentraciones de 5%, 10% y 15% de grafeno, donde se tomó en cuenta la utilización de diferentes productos y concentraciones, como se observa en la tabla 13, se llegó a determinar que el proceso más adecuado es el realizado en la prueba 1 muestras que fueron realizadas con enjuague en agua fría, y la utilización de los auxiliares; catalizador al 5%; fijador al 23% y ligante al 5%, donde se obtuvieron los mejores resultados, ya que este proporciona la mejor conducción de electricidad en las muestras realizadas.
- De acuerdo a los datos obtenidos mediante la medición de resistencia eléctrica en las tres muestras se obtuvieron valores medidos en kiloohmios, siendo la muestra correspondiente a la aplicación de grafeno al 5% la que presentó mejores resultados, ya que fue el valor más bajo obtenido entre las tres muestras; concluyendo que es esta la que permite un mejor flujo de corriente eléctrica por el hilo ya que presenta una menor resistencia eléctrica u oposición al flujo de electrones, como se observa en la tabla 7.
- Conforme a los ensayos de lavado realizados en las tres muestras se concluyó que el acabado no presenta una buena resistencia al lavado, ya que después de realizar el primer lavado la propiedad de conducción eléctrica desaparece del hilo, como se observa en la tabla 8, disminuyendo de igual manera la coloración del hilo que va de negro a gris, concluyendo que en este caso el proceso sería clasificado como un acabado no permanente.

- Después de haber sometido a las muestras con concentraciones de 5%, 10% y 15% de grafeno a la prueba de resistencia a la tracción se obtuvieron resultados, donde se observó un incremento del 22% en los valores en unidades de fuerza, concluyendo que el hilo presento mayor resistencia a la rotura del hilo, específicamente para la prueba correspondiente al acabado de grafeno al 5%, como se observa en la tabla 10.
- El hilo conductor presenta menores valores de resistencia eléctrica al presentar más cabos de hilos juntos ya que esto ayuda a tener mayor poder de cubrimiento, como se observa en la tabla 13 prueba 1, manteniendo un mejor flujo de corriente eléctrica y aumentando el rango de conductividad (longitud), siendo directamente proporcional: a mayor número de cabos de hilo se obtendrá una menor resistencia.
- Para este proceso de acabado entre mayor cantidad de grafeno se utilice con las concentraciones mayores al 5%, se observa un pequeño desprendimiento del mismo producto, obstruyendo el flujo continuo de electrones provocando que la resistencia eléctrica tienda a subir ya que se pierde el grafeno y se desaprovechan las propiedades que posee este material, observando el desprendimiento más claramente en las muestras realizadas en la prueba 5.

5.2 Recomendaciones

- Para obtener un hilo con propiedades conductoras mediante el proceso de acabado por el método de adsorción se recomienda no aplicar concentraciones mayores al 15 % de grafeno, ya que se al realizar este proceso se observó que en la muestra tres correspondiente al acabado con 15% de grafeno, después de realizar el secado tiende a desprender pequeñas cantidades de grafeno, es decir, que el sustrato ya

agoto la cantidad necesaria del producto y que el utilizar mayores cantidades del mismo solo resulta un desperdicio de grafeno.

- Para permitir que el grafeno se adhiera al sustrato textil es importante que después de realizar el proceso de adsorción este sea expuesto a temperaturas de 120°C, con la finalidad de que el ligante textil se termofije y permita que el grafeno se establezca en el hilo permitiendo su fijación.
- Es importante conocer las características y propiedades de los productos que se van a utilizar para la aplicación del acabado, para así realizar un proceso adecuado donde se permita la correcta funcionalidad de cada producto y este no se vea entorpecido por una contra reacción de otro, específicamente si estos trabajan en diferentes pH o tengan una función contraria.
- Para continuar con esta investigación mediante la aplicación del proceso de adsorción se recomienda realizar un estudio planteando materiales de Co 100% y Pes 100% para determinar en cuál de estos presentaría una mejor fijación del grafeno con los porcentajes del 5%, 10% y 15%, que permita elaborar un acabado con mayor resistencia al lavado.
- Realizar pruebas a diferentes concentraciones a las planteadas en esta investigación que nos permita conocer más específicamente el punto de saturación de grafeno en el hilo, con la finalidad de no desperdiciar este material ya que su adquisición representa un costo un poco elevado.
- Realizar pruebas tomando en cuenta el tamaño de la partícula del grafeno ya que al ser este muy grande puede provocar que no se disuelva e ingrese apropiadamente en el sustrato textil y por ende no se obtengan las propiedades que este material posee, por lo que se recomienda utilizar dimensiones igual o menores de 5 μm .

Bibliografía

- Acosta, S. E. M. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia del Denim en los procesos de acabado enzimático y stone wash*. Retrieved from [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7201/1/04 IT 200 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7201/1/04%20IT%20200%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)
- Álvarez, L. C. P. (2017). *Evolución de los Textiles Ultra Inteligentes o de Tercera Generación*. Retrieved from [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6060/1/04 IT 190 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6060/1/04%20IT%20190%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)
- Boylestad, R. L. (2011). *Introducción al análisis de circuitos* (Decimosegu; L. M. C. Castillo, Ed.). Retrieved from file:///C:/Users/Gabi/Downloads/Introduccion%20Al%20Analisis%20de%20Circuitos%20-%20Boylestad%2012Edi.pdf
- Chanva, E. K. C. (2018). *Diseño y elaboración de una prenda textil inteligente para la transmisión de biodatos utilizando un tejido conductor* (Universidad Técnica del Norte). Retrieved from [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8566/1/04 IT 236 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8566/1/04%20IT%20236%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)
- COTEC. (2014). TEXTILES TÉCNICOS. In *Gráficas Arias Montano, S. A.* (Primera ed, Vol. 1). Retrieved from http://informecotec.es/media/N31_Textiles_Tec.pdf
- Farías, L., Jesús, F., Lucero, M., Aidé, G., & Lluvia, L. (2017). Grafeno, el material del futuro Síntesis y propiedades. *CienciAcierta*, 50, 1–7. Retrieved from <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2017/06/28/grafeno-el-material-del-futuro-sintesis-y-propiedades/>
- Guacales, A. (2019). *OBTENCIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR EN BASE A GRAFENO POR EL MÉTODO DE ESTAMPACIÓN*.

- Hernández, C., & Quiroz, D. (2015). Grafeno: Estado del Arte (CIMAV). Retrieved from [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/607/1/-Tesis Claudia Hernández Gervacio%2C Dalia Quiroz Ceballos.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/607/1/-Tesis%20Claudia%20Hern%C3%A1ndez%20Gervacio%20Dalia%20Quiroz%20Ceballos.pdf)
- Lima, T. (2018). *ELABORACIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR PARA LA FABRICACIÓN EN TEXTILES INTELIGENTES*. Retrieved from file:///E:/6to/Tejeduria Plana /Libros/04 IT 227 TRABAJO DE GRADO- ELABORACIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR PARA LA FABRICACIÓN DE.pdf
- Lockuán, E. (2012a). *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD III. Hilandería*. Retrieved from <https://archive.org/details/III.LITYSCDC>
- Lockuán, E. (2012b). *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD V. Tintorería*. Retrieved from https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/v._la_industria_textil_y_su_control_de_calidad/24
- Lockuán, E. (2012c). *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD VI. Ennoblecimiento textil (Primera)*. Retrieved from https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/vi._la_industria_textil_y_su_control_de_calidad
- Ortega, I. (2018). *Posibilidad del grafeno en la arquitectura*. 69. Retrieved from http://oa.upm.es/49708/1/TFG_Paz_Ortega_Irene.pdf
- Pla, J. (2017). *Caracterización de sensores integrados en prendas textiles deportivas para la práctica del triatlón*. Retrieved from <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/76948>
- Rodríguez, A. (2016). *GRAFENO : SÍNTESIS , PROPIEDADES Y APLICACIONES*. Retrieved from [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ALBA RODRIGUEZ VILLALON.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ALBA%20RODRIGUEZ%20VILLALON.pdf)
- Roldán, A. (2011). *Textiles Inteligentes*. 1–79. Retrieved from

https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/056069.pdf

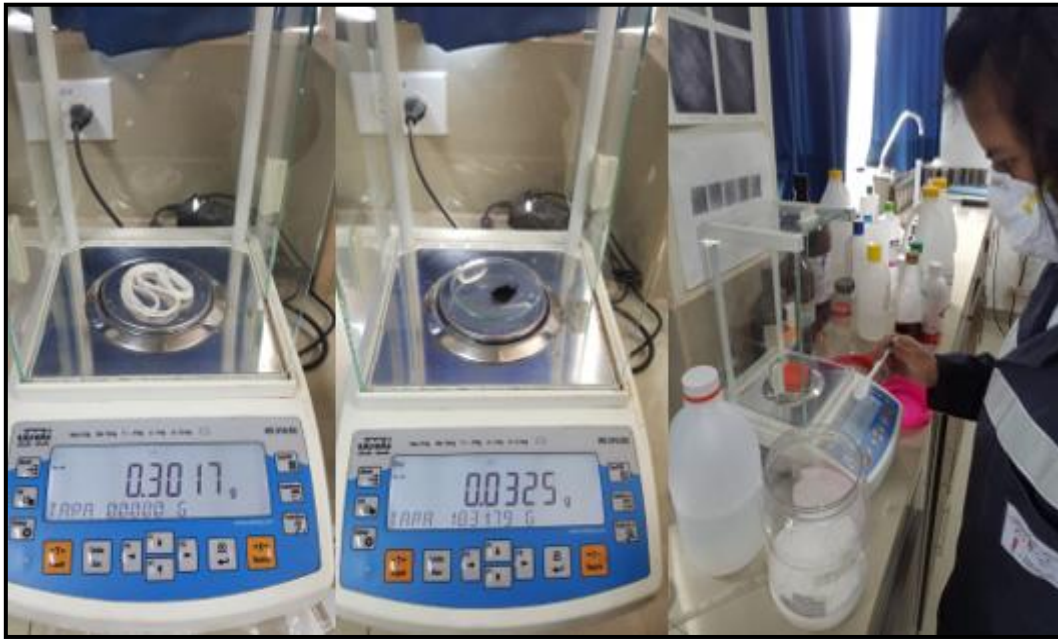
Rosero, A. (2018). *Análisis de las propiedades físicas y conductibilidad de los hilos para la elaboración de un tejido* (Uniersidad Técnica del Norte). Retrieved from [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8153/1/04 IT 230 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8153/1/04%20IT%20230%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)

Sánchez, J. (2007). Los tejidos inteligentes y el desarrollo tecnológico de la industria textil. *Técnica Industrial* 268, 38–45. Retrieved from <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/28/36/a36.pdf>

Tinnesand, M. (2012). *El Grafeno : El Próximo Material Maravilloso?* 3. Retrieved from <https://studylib.es/doc/759518/¿el-grafeno--el-próximo-material-maravilloso%3F-por-michael>

Tituaña, E. (2017). *EVOLUCIÓN DE LOS TEXTILES INTELIGENTES DE SEGUNDA GENERACIÓN O ACTIVOS*. Retrieved from [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6827/1/04 IT 194 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6827/1/04%20IT%20194%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)

Anexos



Anexo 1. Pesaje de productos. Fernández, G. (2020)



Anexo 2. Proceso de acabado en autoclave de laboratorio. Fernández, G. (2020)



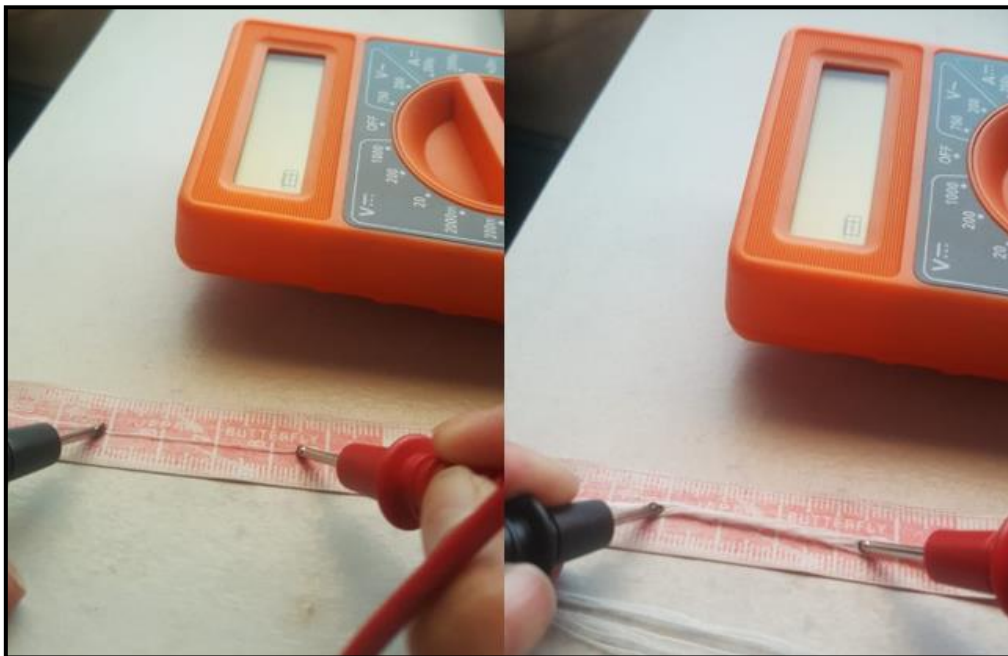
Anexo 3. Proceso de acabado en muestras de hilo. Fernández, G. (2020)



Anexo 4. Toma de ph en el proceso de acabado. Fernández, G. (2020)



Anexo 5. Secado de muestras. Fernández, G. (2020)



Anexo 6. Pruebas de conductividad en muestras sin acabado. Fernández, G. (2020)



Anexo 7. Prueba 1 de conductividad 5%. Fernández, G. (2020).



Anexo 8. Prueba 1 de conductividad 10%. Fernández, G. (2020).



Anexo 9. Prueba 1 de conductividad 15%. Fernández, G. (2020).



Anexo 10. Prueba 2 de conductividad 5%. Fernández, G. (2020)



Anexo 11. Prueba 2 de conductividad 10%. Fernández, G. (2020)



Anexo 12. Prueba 2 de conductividad 15%. Fernández, G. (2020)



Anexo 13. Prueba 3 de conductividad 5%. Fernández, G. (2020)



Anexo 14. Prueba 3 de conductividad 10%. Fernández, G. (2020)



Anexo 15. Prueba 3 de conductividad 15%. Fernández, G. (2020)



Anexo 16. Prueba 4 de conductividad 5%. Fernández, G. (2020)



Anexo 17. Prueba 4 de conductividad 10%. Fernández, G. (2020)



Anexo 18. Prueba 4 de conductividad 15%. Fernández, G. (2020)



Anexo 19. Prueba 5 de conductividad 5%. Fernández, G. (2020)



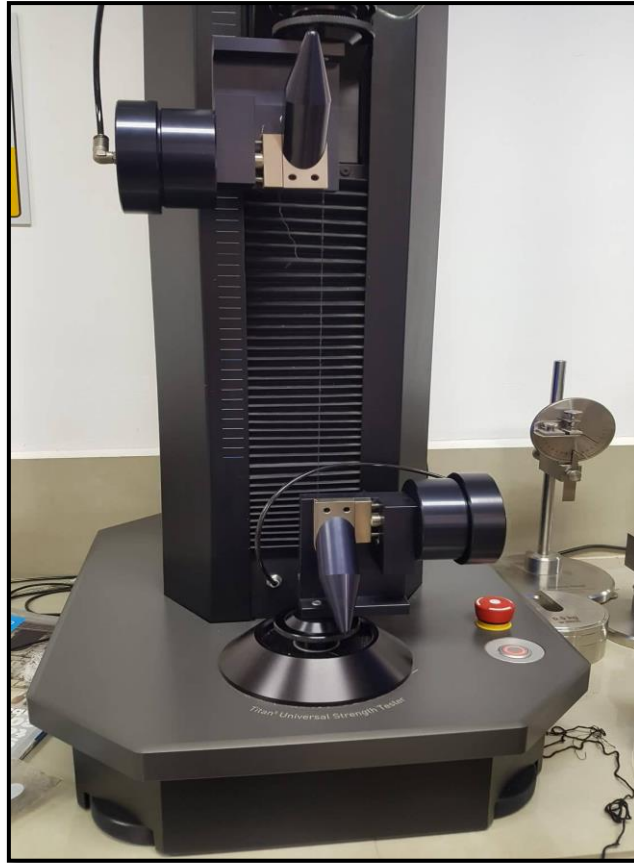
Anexo 20. Prueba 5 de conductividad 10%. Fernández, G. (2020)



Anexo 21. Prueba 5 de conductividad 15%. Fernández, G. (2020)



Anexo 22. Prueba de solidez al lavado. Fernández, G. (2020)



Anexo 23. Pruebas de Resistencia a la tracción. Fernández, G. (2020)