

**[Ago-Dic,
2019]**



Dalí Esaú Ramírez Muñoz

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR
RESIDENCIA PROFESIONAL DE LA
CARRERA DE INGENIERÍA EN
MECATRÓNICA**

**[DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE
ESTIRADO Y BOBINADO SIMPLE
AUTOMATIZADO PARA UN SISTEMA DE
HILATURA: BOBINADO Y ESTIRADO DE UN
FILAMENTO POLIMÉRICO]**

**LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA**

MC. JULIO ACEVEDO MARTÍNEZ
Asesor externo

DR. JOSÉ ALONSO DENA AGUILAR
Asesor interno

Diciembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar este espacio para agradecer a todas las personas que me han apoyado y han sido parte de mi formación como ingeniero a lo largo de todo este tiempo.

En primer lugar, quiero agradecer el apoyo brindado por parte de mi familia, a mis papás que siempre han estado conmigo desde el inicio de una buena carrera, porque además de económicamente, siempre han estado para darme apoyo moral y dándome enseñanza de valores y aun que llegó el punto en que hubo regaños y llamadas de atención, yo sé que todo fue por mi bien y que a pesar de todo están orgullosos por los logros que he obtenido y los que quedan por obtener. A mis hermanos por compartir sus experiencias conmigo, por darme sus puntos de vista en mis actividades y al igual que mis papás porque nunca me dejaron sólo, gracias familia.

Quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a mis compañeros de clase y amigos, que han hecho que esta etapa de mi vida se llevara de forma más amena, porque me han hecho crecer como persona y que con malos o buenos comentarios siempre he aprendido de ellos, pero, quiero hacer mención especial a los que en estos últimos meses de la ingeniería han estado conmigo apoyándome y yo considero que sin ellos todo sería más difícil, a los que son parte del proyecto y a los que no también por que sin duda me brindaron su apoyo, agradezco a Juan Manuel, Juan Carlos, Ana Verónica, Manuel David y Rolando Moisés, mi segunda familia.

Y no quiero pasar por alto la oportunidad de agradecer a todos los profesores presentes en mi vida académica, porque ellos son los que han forjado a mí y a cada uno de mis compañeros. Al igual que mis amigos, quiero hacer mención especial a mis asesores de este proyecto, el Dr. José Alonso Dena Aguilar y al MC. Julio Acevedo Martínez, quienes me ofrecieron la oportunidad de trabajar con ellos, esperando no haberlos decepcionado, porque yo absorbí sus enseñanzas, conocimiento y experiencias, les estaré siempre agradecido.

También quiero agradecer al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga por darme la oportunidad de realizar una de las etapas más importantes de mi vida, por ser la casa de estudios que, con todo su personal desde directivos hasta personal de servicio, me han ofrecido lo mejor para forjarme como ingeniero, así también por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de residencia profesional y poder expresar los conocimientos adquiridos durante nueve semestres de formación académica.

Finalmente hago un agradecimiento en general a todas las personas que estuvieron dentro de mi etapa de estudios de ingeniería, porque no todos estuvieron presentes en todo el camino, pero sin duda alguna dejaron huella en mi vida académica o personal.

Por todo y a todos muchas gracias.

RESUMEN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE ESTIRADO Y BOBINADO SIMPLE AUTOMATIZADO PARA UN SISTEMA DE HILATURA: BOBINADO Y ESTIRADO DE UN FILAMENTO POLIMÉRICO”

Por: **DALÍ ESAÚ RAMÍREZ MUÑOZ**

El Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga es una institución de educación superior que se localiza en el Municipio de Pabellón de Arteaga al norte del Estado de Aguascalientes y es perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TecNM). Actualmente cuenta con una oferta educativa de 5 programas de Licenciatura y 1 programa de Posgrado con una matrícula superior a los 1200 estudiantes.

Dentro de sus instalaciones se encuentra el laboratorio de Conversión de la Energía adscrito al programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica donde se desarrollan proyectos de posgrado, investigación e innovación relativos a la línea de generación y aplicación del conocimiento “conversión de la energía”. Uno de estos proyectos se refiere al estiramiento y bobinado de un filamento polimérico de poliacrilonitrilo (PAN) para orientar sus moléculas y aumentar algunas de sus características técnicas o propiedades mecánicas. Se estudia la producción de fibras poliméricas de PAN para sus posibles aplicaciones en sistemas de energías renovables.

El proceso de estiramiento es de suma importancia pues permite que las cadenas poliméricas se reacomoden linealmente, se supriman espacios vacíos en la estructura poliméricos y se incrementen las propiedades mecánicas del filamento. El proceso de bobinado se refiere a enrollar el filamento en una bobina o carrete para su consumo final o uso en otro proceso previo a su disposición finita, por ejemplo, teñido. Un filamento polimérico de PAN se puede obtener por técnicas de hilatura en húmedo donde al salir el filamento del baño de coagulación es necesario un proceso de estiramiento y bobinado para disminuir su diámetro y consecuentemente aumentar sus propiedades físicas y mecánicas.

El equipo de estiramiento consiste de un conjunto de 3 rodillos impulsados por motores automatizados y 3 rodillos de giro libre como soporte (rodillos locos) a los que se aplican gradientes de velocidades de giro para provocar el adelgazamiento del filamento.

En este trabajo se aplicaron técnicas y metodologías de la Mecatrónica para diseñar y construir un sistema mecatrónico para el proceso de estiramiento y bobinado que se puede aplicar a un filamento polimérico. El equipo consiste de un conjunto de rodillos con control de velocidades diferentes entre sí. El equipo de estiramiento y bobinado está previsto de una estructura de soporte de acero al carbón comercial en la que se integran diversos elementos de control como son microcontroladores y micromotorreductores. Donde todos los elementos están controlados por un lenguaje programable en *Arduino*.

La propuesta de solución consistió en desarrollar un sistema de gradientes de velocidad entre un conjunto de rodillos.

Se logró diseñar y construir el equipo de estirado y bobinado. Esta fuera de alcance del proyecto la validación del dispositivo.

Dirigido por:

MC. Julio Acevedo Martínez

Dr. José Alonso Dena Aguilar

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción de la empresa y del puesto o área de trabajo del residente.....	2
1.2 Problema(s) a resolver.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Polímeros.....	8
2.2 Hilatura.....	9
2.3 Estiramiento y bobinado de fibras poliméricas.....	12
2.4 Polímeros susceptibles de estirado y bobinado: Poliacrilonitrilo.....	14
2.5 Tipos de rodillos.....	15
2.6 Gradientes de velocidad y estirado.....	17
2.7 Microcontroladores.....	19
2.7.1 Microcontrolador Arduino.....	21
2.8 LabView.....	22
2.9 Proteus.....	23
2.10 Solid Works.....	24
2.11 Equipo mecánico de tracción para procesos de estirado de filamentos.....	25
III. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	28
3.1 Diseño del sistema de estirado y bobinado.....	28
3.2 Construcción del sistema de estirado y bobinado.....	30
3.3 Sistema de Control.....	31

	Pág.
3.4 Cronograma de actividades.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
4.1 Diseño del equipo de estirado y bobinado.....	33
4.2 Construcción del equipo de estirado y bobinado.....	37
4.3 Sistema de control.....	40
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	44
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	45
Anexo 1. Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional	48
Anexo 2. Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la empresa y del área de residencia.....	4
Figura 2. Macromoléculas de un polímero.....	8
Figura 3. Secciones de un proceso de hilatura en húmedo.....	10
Figura 4. Esquema de hilado en húmedo con operaciones adjuntas.....	11
Figura 5. Estiraje y bobinado a la salida de baño de coagulación.....	13
Figura 6. Máquina de bobinado.....	14
Figura 7. Molécula de PAN.....	15
Figura 8. Tipos de rodillos industriales para hilado.....	16
Figura 9. Rodillo curvo para bobinado.....	17
Figura 10. Rodillo banano para bobinado.....	17
Figura 11. Gradiente de velocidad entre rodillos.....	18
Figura 12. Tipos de microcontroladores.....	19
Figura 13. Aplicaciones de microcontroladores.....	19
Figura 14. Componentes de un microcontrolador.....	20
Figura 15. Microcontrolador Arduino UNO.....	21

	Pag.
Figura 16. Ventanas en LabView.....	22
Figura 17. Diagrama electrónico por Proteus.....	24
Figura 18. Ambiente Solid Works.....	25
Figura 19. Vista interna de un motorreductor.....	26
Figura 20. Vista interna de un reductor.....	26
Figura 21. Motorreductor.....	27
Figura 22. Diseño acotado – Parte interna.....	34
Figura 23. Diseño acotado – Vista lateral.....	35
Figura 24. Diseño vista completa.....	35
Figura 25. Carcaza parte exterior.....	36
Figura 26. Carcaza parte interior.....	36
Figura 27. <i>Varilla roscada</i>	36
Figura 28. Balero 628.....	36
Figura 29. Motorreductor.....	36
Figura 30. Rodillo.....	36

	Pag.
Figura 31. Motor a pasos.....	37
Figura 32. Coplee para guía.....	37
Figura 33. Trabajos de construcción: rodillos en operación.....	38
Figura 34. <i>Acercamiento de rodillos</i>	38
Figura 35. Estructura de soporte.....	39
Figura 36. Sistema embebido de control.....	39
Figura 37. Panel frontal de interacción desarrollada en LabView.....	41
Figura 38. Simulación de un motor en Proteus	41
Figura 39. Diagramas de bloques del programa.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de piezas para la construcción de la estructura secundaria.....	34

I. INTRODUCCIÓN

EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA es una institución de educación superior ubicada en el Municipio de Pabellón de Arteaga del Estado de Aguascalientes y como parte de sus objetivos se encuentra el desarrollo de proyectos de innovación e investigación a través de residencias profesionales que den soluciones a problemas de la industria, de ciencia aplicada o de desarrollo tecnológico. Su laboratorio de Conversión de la Energía inicio operaciones en enero de 2019 dentro del programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica que se oferta en el plantel y donde se promueven proyectos de posgrado, investigación e innovación acordes a la línea de investigación de conversión de la energía. Esta línea de investigación se enfoca a la aplicación de metodologías de la Mecatrónica en procesos de conversión de la energía y energías renovables mediante el diseño e integración de dispositivos, sistemas programables y procesos orientados para la generación, almacenamiento y uso eficiente de la energía.

Uno de estos proyectos se refiere al estiramiento y bobinado de un filamento polimérico de poliacrilonitrilo (PAN) para orientar sus moléculas y aumentar algunas de sus características técnicas o propiedades mecánicas. Se estudia la producción de fibras poliméricas de PAN para sus posibles aplicaciones en sistemas de energías renovables.

El proceso de estiramiento es de suma importancia pues permite que las cadenas poliméricas se reacomoden linealmente, se supriman espacios vacíos en la estructura poliméricos y se incrementen las propiedades mecánicas del filamento. El proceso de bobinado se refiere a enrollar el filamento en una bobina o carrete para su consumo final o uso en otro proceso previo a su disposición finita, por ejemplo, teñido. Un filamento polimérico de PAN se puede obtener por técnicas de hilatura en húmedo donde al salir el filamento del baño de coagulación comienza a hacerse sólido por lo que es necesario una etapa de estirado y bobinado para relajar las moléculas del polímero (en un principio desalineadas) antes de que se enfríe y cristalicé. Esta orientación de las moléculas del polímero es necesaria para mejorar

las propiedades físicas y mecánicas del filamento (después del estiramiento se eliminan espacios vacíos presentes y se alinean las moléculas). El equipo de estiramiento consiste de un conjunto de rodillos impulsados por motores automatizados y rodillos de giro libre como soporte (rodillos locos). Durante la etapa de estirado se precisan de velocidades de estiramiento diferentes entre los rodillos para lograr una reducción de diámetro del filamento. Durante el proceso de estirado se genera calor que ayuda a evaporar el solvente aun presente en el filamento.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo es diseñar y construir un sistema mecatrónico de rodillos para estiramiento y bobinado.

En particular se diseñó y construyó un equipo de estiramiento y bobinado consistente en un conjunto de 3 rodillos impulsados por motores y 3 rodillos de giro libre (rodillos locos). El equipo de estiramiento es automatizado y controlado por medio de un sistema embebido integrado por una estructura de soporte de acero al carbón comercial en la que se integran diversos elementos de control como son microcontroladores y micromotorreductores. Todos los elementos mecatrónicos fueron controlados por un lenguaje programable para microcontroladores *Arduino*.

La propuesta de solución consistió en desarrollar un sistema de gradientes de velocidad entre un conjunto de rodillos.

Se logró diseñar y construir el equipo de estirado y bobinado. Esta fuera de alcance del proyecto la validación del dispositivo.

Este proyecto es la etapa 3 de 3 de un proyecto global denominado “desarrollo de un sistema mecatrónico de hilatura de fibras poliméricas acrílicas textiles para aplicaciones en sistemas de fuentes alternas de energía” (etapa 1 y 2 no presentados en este trabajo).

1.1 Descripción de la empresa y del puesto o área de trabajo del residente

El ramo económico de la institución es la educación, específicamente la educación superior, así como el desarrollo de proyectos de innovación e investigación con la industria (desarrollo tecnológico) o académicos (ciencia aplicada).

Sus políticas de misión, visión, objetivos (retos) y valores de la institución son:

Misión

Brindar un servicio de educación superior de calidad comprometido con la generación, difusión y conservación del conocimiento científico, tecnológico y humanista, a través de programas educativos que permitan un desarrollo sustentable, conservando los principios universales en beneficio de la humanidad.

Visión

Ser una institución de educación superior reconocida a nivel nacional e internacional, líder en la formación integral de profesionistas de calidad y excelencia, que promueve el desarrollo armónico del entorno.

Objetivos de la empresa

Asegurar la calidad de todos los procesos académicos, entre los que se encuentran:

- El diseño de especialidades
- Asesoría de residencias profesionales
- Desarrollo de proyectos de innovación
- Servicios de educación continua
- Investigación educativa
- Acreditaciones de planes de estudio

Valores

A fin de guiar y orientar las acciones cotidianas de todo su personal, la institución define los siguientes valores institucionales:

- Compromiso. - lograr propósitos comunes mediante el trabajo responsable y en equipo, mejorando permanentemente el ser, hacer y tener mediante la participación activa y el liderazgo compartido.
- Responsabilidad. - decidir y actuar conforme al análisis previo de las consecuencias inmediatas o mediatas de las acciones.

- Respeto. - actitud personal y colectiva hacia la conservación, mejoramiento y protección de las diversas formas de vida, además de la aceptación de la diversidad propia de lo humano.
- Cooperación. - facilitar condiciones que allanen el trabajo de los demás, y capacitar a toda la gente para propiciar su desarrollo personal y profesional dentro y fuera de la institución.
- Honestidad. - liderazgo que toma decisiones con base en una información completa, retroalimentando directamente con resultados e impacto mutuo, dando transparencia a cada una de las acciones personales e institucionales.
- Equidad. - crear un ambiente que permita establecer un sistema de reconocimiento al esfuerzo individual y de grupo en la institución.

En la Figura 1 se presenta el organigrama de la institución, así como el área de trabajo del residente. Las funciones del residente son propias del proyecto de residencia y se enfocan al diseño, construcción, control y automatización de una cámara vertical de control de temperatura para una reacción polimérica exotérmica.

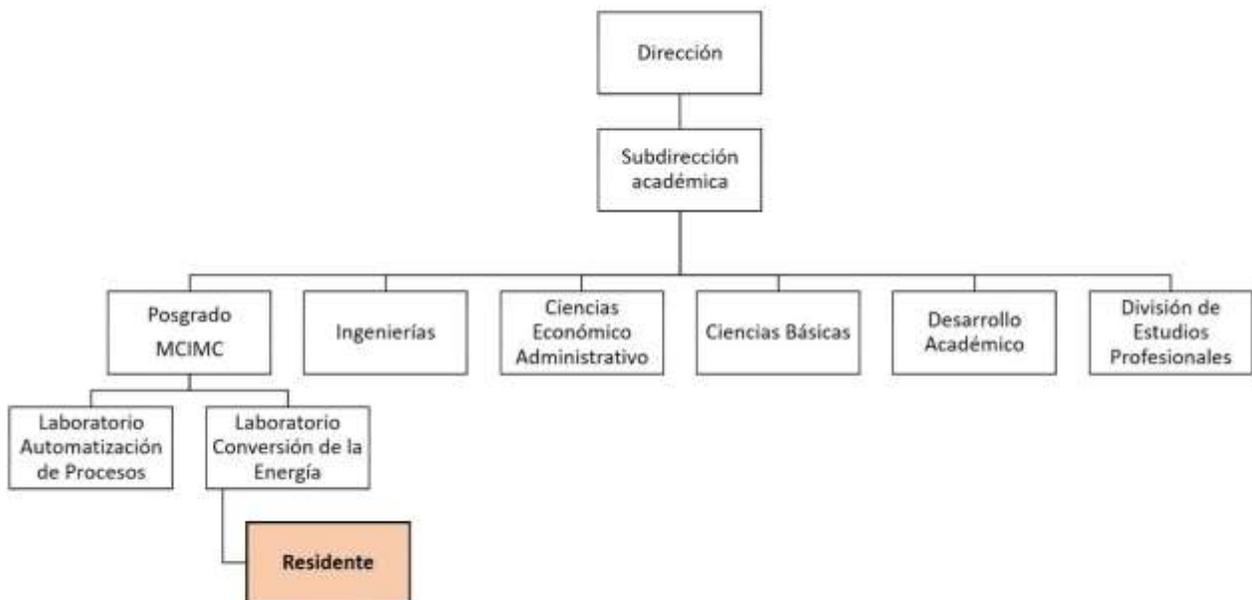


Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.

1.2 Problema(s) a resolver

Un polímero fundido puede ser extruido mediante técnicas de hilatura en húmedo para producir filamentos o fibras poliméricas sin embargo debe ser sometido a procesos de estiramiento y bobinado para reducir su grosor y alinear sus moléculas para otorgarle mayores propiedades físicas y mecánicas que permitirán emplearlo en diversas aplicaciones como por ejemplo la industria textil.

El PAN puede ser extruido en fibras poliméricas, pero al salir del proceso de extrusión, presenta un grosor de tal magnitud y sus moléculas están desalineadas y con espacios vacíos que reducen su resistencia mecánica siendo muy susceptible a la ruptura y no puede ser empleado en productos finales.

Derivado de lo anterior, se han detectado las siguientes áreas de oportunidad:

1.- Diámetro y resistencia de filamento

- Reducción de grosor a través de estiramientos y bobinado por medio de rodillo operados con diferentes gradientes de velocidad de giro.
- Suprimir espacios vacíos entre las moléculas desalineadas del filamento mediante el ordenamiento de sus moléculas a través de los estiramientos y bobinado.

2. Automatización y control

- Disponer de un equipo mecatrónico que produzca una reducción de diámetro del filamento polimérico mediante estiramientos y bobinado por medio de rodillos a velocidades y tiempos de residencia controlados.
- Adicionalmente, se tenga de manera automatizada el control del estiramiento y bobinado del hasta la etapa subsecuente del proceso.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir un equipo de estiramiento y bobinado polimérico automatizado mediante un sistema de rodillos de diferente gradiente de velocidad de giro para su aplicación sobre un filamento polimérico.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar el diagrama gráfico del sistema de rodillos y bobinado mediante software de diseño Solid Works para definir dimensiones, componentes y funcionamiento del sistema.
- Construir la estructura de soporte del sistema de rodillo y bobinado mediante el uso de materiales de fácil adquisición para la integración de componentes de control y automatización del sistema de giro.
- Diseñar el diagrama electrónico del sistema embebido mediante software de automatización *Proteus* para definir la interfaz de los arreglos y componentes electrónicos del equipo.
- Construir el sistema embebido de *open source* en Arduino mediante la integración de elementos de hardware y electrónica modular para desarrollar el sistema de control de los rodillos y bobinado.
- Elaborar el software embebido (código de programación) mediante lenguaje de programación aplicable para Arduino para la ejecución de funciones en tiempo real para controlar la velocidad de giro de los rodillos y el bobinado.

1.4 Justificación

En la industria textil las fibras acrílicas, como las de poliacrilonitrilo (PAN), son fibras sintéticas que en forma de hilo son empleadas en un gran número de productos textiles como colchas, tapetes, guantes, entre otros. Por lo que se considera que estas fibras tienen posibilidades de aplicación en sistemas de fuentes alternas de energía debido a que su aspecto es similar a la lana natural, pero son de mayor suavidad y de mantenimiento más simple.

La fabricación de fibras de PAN puede realizarse empleando una técnica denominada hilatura en húmedo que contempla procesos de extrusión, coagulación, lavado, secado, estiramiento y bobinado. En particular el proceso de estirado y bobinado se refiere a hacer pasar el filamento polimérico por un conjunto de rodillos, los cuales giran a velocidades diferentes, con la finalidad de realizar estiramientos al filamento y reducir su área transversal (diámetro). Este estiramiento es de suma importancia pues permite que las cadenas poliméricas se reacomoden linealmente, se supriman espacios vacíos en la estructura polimérica y se incrementen las propiedades mecánicas del filamento. El proceso de bobinado se refiere a enrollar el filamento en una bobina o carrete para su consumo final o uso en otro proceso previo a su disposición finita, por ejemplo, teñido.

Debido a lo anterior se requiere de un sistema de estiramiento y bobinado automatizado que realice de forma controlada estos métodos. Por lo que resulta necesario el poder implementar acciones de control a través de mecanismos automatizados mecatrónicos para realizar los estiramientos y bobinado a un filamento polimérico. En este proyecto se contempla como una de estas acciones el diseño y construcción de un equipo de estiramiento y bobinado controlado por medio de un sistema embebido integrado por sistema de rodillos, área de control y bobinado con tracción mecánica. Todos los elementos controlados por software y hardware de acceso libre *Arduino*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 POLÍMEROS

En la vida cotidiana siempre estamos en contacto con los polímeros. Estos son primordialmente los materiales sintéticos utilizados para fabricar los plásticos, fibras y elastómeros, pero se incluyen algunos polímeros naturales tales como el caucho, la lana y la celulosa.

Un polímero es una gran molécula construida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples, ver Figura 2. En algunos casos la repetición es lineal, de forma semejante a como una cadena la forman sus eslabones. En otros casos las cadenas son ramificadas o interconectadas formando retículos tridimensionales. La unidad repetitiva del polímero es usualmente equivalente o casi equivalente al monómero o material de partida del que se forma el polímero.¹

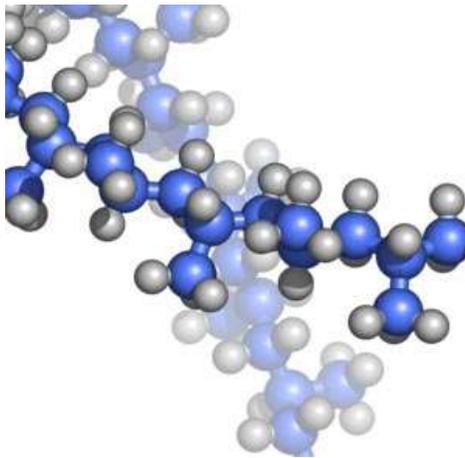


Figura 2. Macromoléculas de un polímero.

Los polímeros sintéticos son de los materiales de mayor impacto en la sociedad industrial. Como polímeros sintéticos tenemos a los plásticos, que son materiales que, al ser deformados por la aplicación de una fuerza, mantienen su nueva forma aún en ausencia de ella. Los plásticos pueden ser rígidos o flexibles, dependiendo de su resistencia a ser deformados. En algunas ocasiones forman filamentos dando lugar a las fibras sintéticas como el nylon (poliamida), orlón (poliacrilonitrilo) y dacrón (poliéster).²

2.2 HILATURA

El método de hilado de un polímero se puede desarrollar de diversas formas:

Hilado en Solución

Este método es utilizado cuando el polímero deseado no forma una masa fundida estable. Estos polímeros son disueltos en una solución para hacerlos líquidos en lugar de fundirlos. Las dos formas principales de hilado en solución son: seco y húmedo.

Hilado en solución en seco

El polímero es disuelto en un solvente volátil. Una vez disuelto, el polímero en solución es extruido a través de una hiladora rodeada por una torre secadora. La solución pasa por un proceso de secado, en donde el solvente es evaporado.

Hilado en húmedo

El líquido en el baño coagulante se selecciona para que el solvente se solubilice dentro de él, pero el polímero no, es decir, que el polímero se solidifique dentro del baño. Esto permite que el polímero se precipite y forme los filamentos sólidos que se requieren. El solvente puede recuperarse al término del proceso. El arrastre del líquido coagulante en el filamento, reduce significativamente la velocidad de producción, lo que lo hace un proceso más lento que el proceso de fundido o solución en seco.³

El hilado en húmedo es el proceso más antiguo. Se utiliza para sustancias formadoras de fibras que han sido disueltos en un disolvente. Los *spinnerets* (Hilatura) están sumergidos en un baño químico y los filamentos que emergen precipitan de la solución y se solidifican.⁴

Debido a que la solución es extruida directamente en el líquido de precipitación, este proceso para la fabricación de fibras se llama hilado en húmedo. Pueden ser producidas por este proceso las fibras acrílicas, rayón, aramida, modacrílicas y spandex.

En el hilado en solución en húmedo, el polímero es disuelto en un solvente no-volátil. La hiladora, colocada en un baño coagulante, provoca que la fibra se precipite.⁵

En la Figura 3 se presentan las secciones de una hilatura en húmedo. El polímero que sale de un proceso de extrusión a través de una hilatura sumergida en el baño se precipita y solidifica (coagulación) para posteriormente pasar a un proceso de estiramiento.

En la Figura 4 se presenta otro proceso de hilatura en húmedo en donde el filamento después de salir del baño de coagulación primario pasa a otros lavados en inmersión hasta llegar al proceso de estirado final.

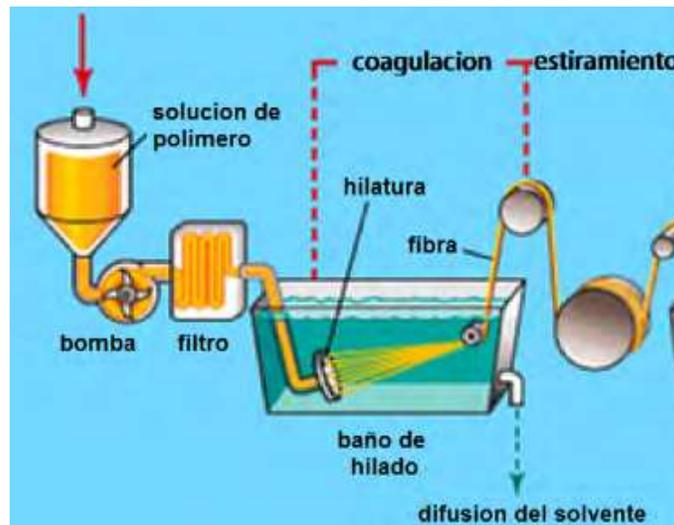


Figura 3. Secciones de un proceso de hilatura en húmedo convencional.

Annex 2
Source : IVC, Frankfurt

Acrílico	
1	Petróleo
2	Propileno
3	Acrilonitrilo
4	Solución de hilatura
5	Solución de hilatura
7	Hilado en húmedo
12	Crimpeado
13	Estopa acrílica
14	Fibra acrílica cortada
15	Lavado
16	Secado
17	Estirado

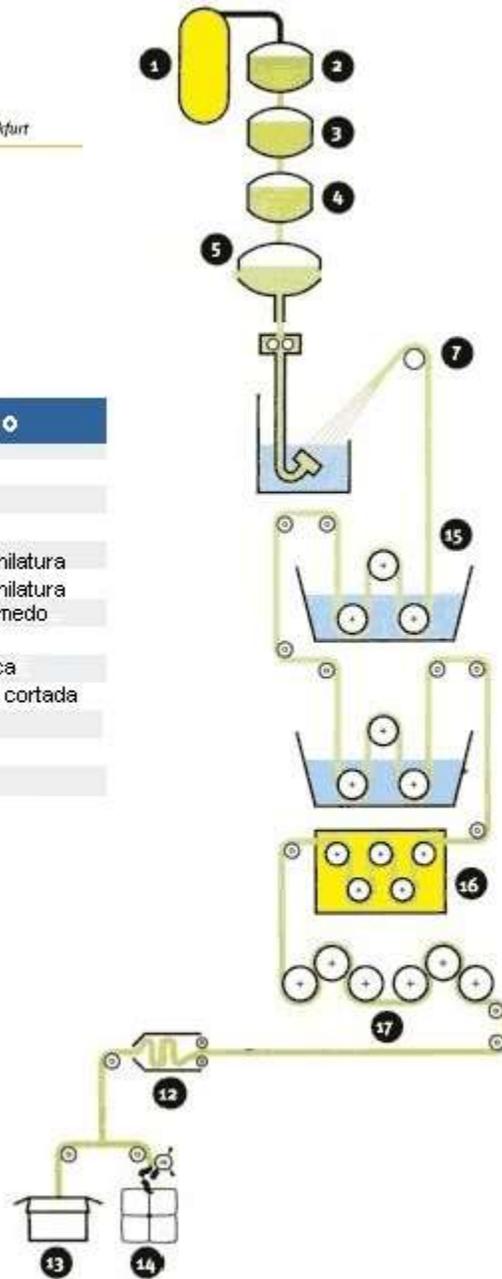


Figura 4. Esquema de hilado en húmedo con operaciones adjuntas.

2.3 ESTIRAMIENTO Y BOBINADO DE FIBRAS POLIMÉRICAS

*Estirado*⁶

El estiraje es el adelgazamiento de una cinta o mecha al hacer deslizar unas fibras sobre las otras. Además de que incrementa la longitud de salida, como consecuencia de ello, el grosor de la cinta disminuye, pero el peso del material a ambos lados de la maquina se mantiene constante (en el supuesto de no haber problemas en la maquina). La finalidad de la hilatura es obtener una masa delgada de fibras (hilo), se espera que el material vaya afinando su grosor durante su pase en cada uno de los procesos, entonces, debe inferirse que todas las máquinas de hilo realizan un estiraje. Una consecuencia importante del estirado es la paralelización de las fibras en la cinta: teóricamente la cinta de carda podría llevarse directamente a la máquina de hilatura, pero al no estar las fibras paralelizadas habría gran cantidad de roturas, por lo que es necesario efectuar el adelgazamiento de la masa de fibras de manera sucesiva, en varias etapas. De esta manera, de forma gradual las fibras se enderezan al deslizarse unas sobre otras gracias al estirado. El estiraje total depende del tipo de material, del contenido de fibra cortas y la longitud de la fibra.

En la Figura 5 se presenta un esquema de estirado. Los filamentos una vez que salen del baño de coagulación pasan por un conjunto de rodillos que a través de gradientes de velocidad diferentes genera un estiraje previo a su bobinado.

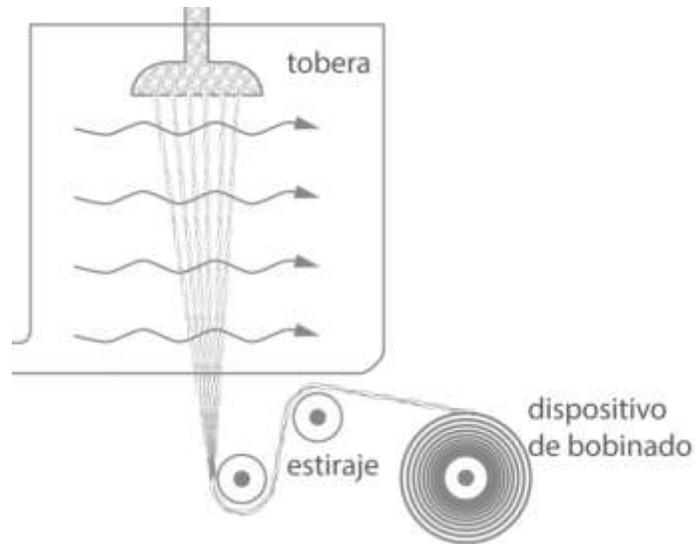


Figura 5. Estiraje y bobinado a la salida de baño de coagulación.

El proceso de estiraje alinea aún más las fibras disponiéndolas en forma más paralela. Varias cintas se unen entre sí en un proceso conocido como “doblado” y las cintas se mezclan en una masa uniforme en un proceso conocido como “estirado”. Por lo general, los procesos de estiraje se utilizan para producir una masa muy uniforme compuesta de fibras en forma recta.

Bobinado

El bobinado se define como el cambio de formato del hilado (contenido generalmente en conos o madejas) a formatos llamados bobinas para una mejor manipulación y realizar adecuadamente los procesos posteriores del hilo.

A través del bobinado se eliminan fallas del hilo, tales como partes gruesas, partes delgadas, enredos, aglomeraciones de pelusa y fibra, restos de semilla, materias extrañas que pueden quedar entretorcidas con las fibras, entre otros problemas.

El bobinado produce un formato adecuado para los procesos siguientes, por ejemplo, para reunir varias bobinas pequeñas (cogollos, baby conos) en una bobina más grande, para dividir una bobina en varias bobinas (división de conos), para cambiar el formato o para cambiar la densidad (previo a la tintura de hilos), entre otros.

Tiene por objetivo reunir los hilos que se han formado previamente en el proceso de hilado, dependiendo que tipo de hilo sea, se realizará con unas tensiones o con otras, siempre teniendo en cuenta la capacidad de resistencia de los hilos para no terminar rompiéndolo o deshilachándolo.

Una vez obtenido el hilo creado, debe procederse a acondicionarlo y para ello se realiza cuatro diferentes tipos de acondicionamiento siendo el bobinado una de ellas, favoreciendo el proceso posterior, las fases previas del tejido. El bobinado del hilo se suele realizar para los hilos que se utilizan como hilos de relleno o hilos de trama (los hilos que van transversalmente al tejido).

En la Figura 6 se muestra una máquina de bobinado. El bobinado se realiza como el proceso final de producción de filamentos textiles u otros.

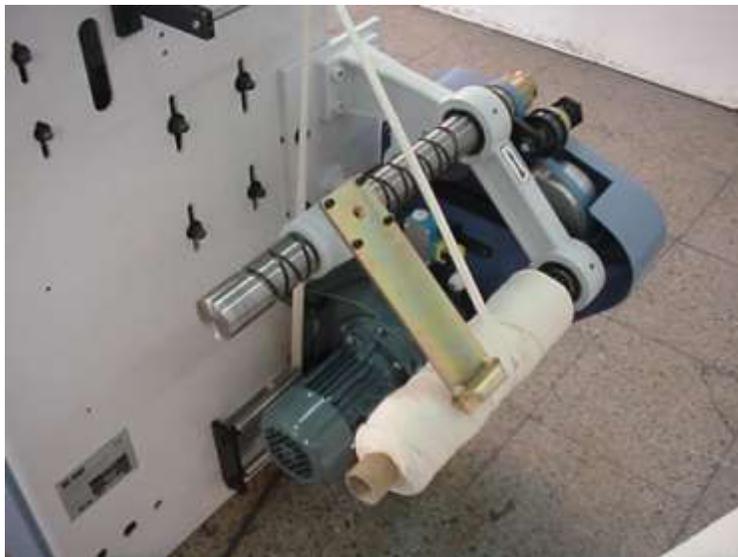


Figura 6. Máquina de bobinado.

2.4 POLÍMEROS SUSCEPTIBLES DE ESTIRADO Y BOBINADO: POLIACRILONITRILO

El poliacrilonitrilo (PAN) es un polímero vinílico, y un derivado de la familia de los acrilatos poliméricos. Se hace a partir del monómero acrilonitrilo, por medio de una polimerización vinílica por radicales libres. El PAN es una resina polimérica sintética, semicristalina, es termoplástico pero no se funde en condiciones normales

y tiene una fórmula química $(C_3H_3N)_n$, ver Figura 7. Se degrada antes de la fusión. Casi todas las resinas de poliacrilonitrilo son copolímeros fabricados a partir de mezclas de monómeros con acrilonitrilo como componente principal. Es un polímero versátil utilizado para producir gran variedad de productos incluyendo membranas de ultra filtración, fibras huecas para ósmosis inversa, fibras para textiles. Las fibras del PAN son el precursor químico de la fibra de carbono de alta calidad. Es una unidad de repetición de componentes en varios copolímeros importantes, tales como estireno-acrilonitrilo (SAN) y acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).⁷ Es un polímero utilizado en la fabricación de fibras sintéticas, se utiliza, por ejemplo, para hacer suéteres y para fabricar telas para carpas. Entre sus características está que es resistente a agentes atmosféricos, es un termoplástico, tienen una excelente resistencia a la luz solar, frente al calor reduce su volumen, las fibras acrílicas son suaves y no alergénicas, los hilos poseen una estructura suave, encierran mucho el aire y conservan muy bien el calor.⁸

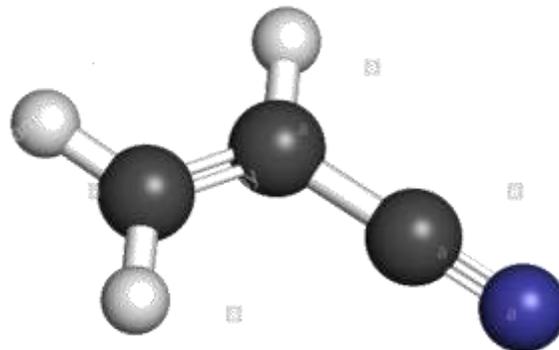


Figura 7. Molécula de PAN.

2.5 TIPOS DE RODILLOS

Un rodillo suele ser un instrumento que dispone de un cilindro capaz de rodar. De este modo, cuando el cilindro rueda, permite aplanar, aplastar o apretar algo.⁹

Rodillos para hilado

Los rodillos industriales para hilado en todo tipo de aplicaciones de pequeños y grandes formatos pueden tener acabados y grabados según las características

técnicas de cada máquina y/o las necesidades específicas del producto final es por ello que para su clasificación se basa prácticamente por su función dentro del proceso, a continuación, se mencionan algunos tipos de rodillos dentro del funcionamiento de estirado:¹⁰

- Rodillo en rosca.
- Rodillo en forma de rombo.
- Rodillo helicoidal.
- Rodillo con bombeo.

En la Figura 8 se muestran diferentes tipos de rodillos industriales para hilado, los cuales varían en su longitud, material de fabricación y diámetro.



Figura 8. Tipos de rodillos industriales para hilado.

Rodillos para bobinado

Para uso de enrollamiento o bobinado también se encuentran diferentes rodillos entre ellos podemos encontrar los siguientes:

Rodillo Curvo. Los rodillos curvos son de una alta calidad excepcional, su construcción es robusta y precisa, para asegurar su operación libre de vibración. Los rodillos curvos son utilizados para extender o ensanchar materiales planos en movimiento, tales como papel, películas, textiles, etc., de esta manera las arrugas se eliminan suavemente, ver Figura 9.¹¹

Rodillo banano. Para la aplicación de este rodillo cabe mencionar que puede ir quitando las arrugas del producto después del desbobinado y antes del prensado, ver Figura 10.¹²



Figura 9. Rodillo curvo para bobinado.



Figura 10. Rodillo banano para bobinado.

2.6 GRADIENTES DE VELOCIDAD Y ESTIRADO

En cualquiera de las operaciones de un proceso de producción, la materia en elaboración sufre una cierta transformación en su estado, en su disposición o su estructura. Y esa materia que entra en la operación, sale de ella debidamente transformada, en flujo continuo que puede presentar distinto régimen a la salida que a la entrada.

En la Industria Textil son habituales las operaciones de este tipo en sus distintas ramas, y muy características en hilatura. En ellas, un flujo de materia entra

en una máquina a una velocidad determinada, sufre la transformación que corresponda con pérdida o no de una parte, como desperdicios o subproductos, y sale bajo otra o la misma velocidad, en régimen de fluencia que puede o no haber variado.¹³

En particular un filamento con un diámetro A, que entra a un sistema de rodillos para un proceso de estirado, tendrá una reducción de su área de sección transversal hasta alcanzar un diámetro B a la salida del estirado, donde $A \gg B$. Esto se logra con velocidades de giro diferentes entre cada rodillo de estirado. Por ejemplo, en un sistema de 3 rodillos, el rodillo 1 tendrá una velocidad mucho menor a la velocidad de los rodillos 2 y 3, el rodillo 2 tendrá una velocidad mayor al rodillo 1 pero menor al rodillo 3 y el rodillo 3 tendrá una velocidad mucho mayor de los otros dos. El gradiente de velocidad entre cada rodillo es cuantificado para establecer una relación entre el tamaño de diámetro con la velocidad de giro. El gradiente de velocidad puede determinarse con fórmulas matemáticas convencionales (no mostradas en este trabajo).¹⁴

En la Figura 11 se observa un proceso de estirado y bobinado. La velocidad de giro del rodillo a la salida de la matriz plana tendrá una velocidad de giro lento para asegurar que el filamento no se rompa, posterior y conforme avance el paso del filamento por demás rodillos estará siendo sometido a más velocidad de giro en cada uno de ellos hasta alcanzar la estación de bobinado bajo una velocidad mucho mayor a la de inicio.

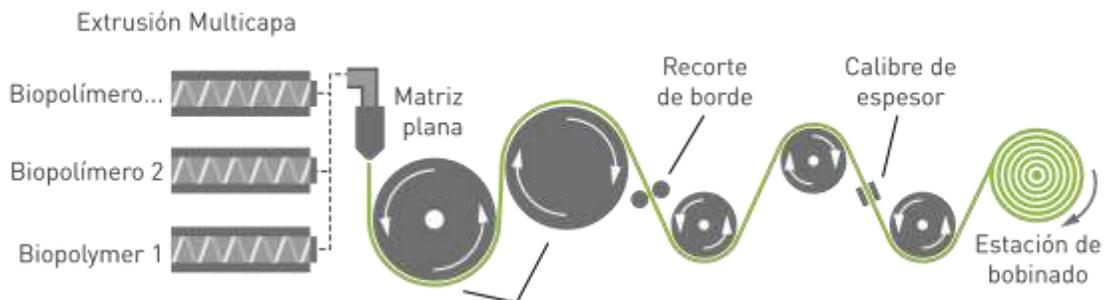


Figura 11. Gradiente de velocidad entre rodillos.

2.7 MICROCONTROLADORES

Los microcontroladores se han desarrollado para cubrir las más diversas aplicaciones, ver Figura 12. Se usan en automoción, en equipos de comunicaciones y de telefonía, en instrumentos electrónicos, en equipos médicos e industriales de todo tipo, en electrodomésticos, en juguetes, entre otros usos, ver Figura 13. Los microcontroladores están concebidos fundamentalmente para ser utilizados en aplicaciones puntuales, es decir, aplicaciones donde el microcontrolador debe realizar un pequeño número de tareas, al menor costo posible.

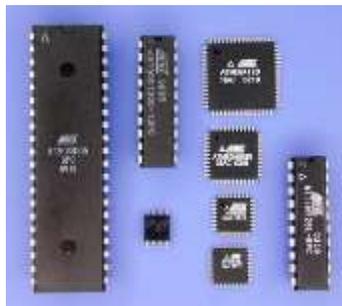


Figura 12. Tipos de microcontroladores.

En estas aplicaciones, el microcontrolador ejecuta un programa almacenado permanente en su memoria, el cual trabaja con algunos datos almacenados permanentemente en su memoria, el cual trabaja con algunos datos almacenados temporalmente e interactúan con el exterior a través de las líneas de entrada y salida de que dispone.¹⁵



Figura 13. Aplicaciones de microcontroladores.

El microcontrolador es parte de la aplicación: es un controlador incrustado o embebido en la aplicación. Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban de chips de memoria y dispositivos de E/S sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador.¹⁶

El microcontrolador consiste en un sencillo pero completo computador contenido en el corazón de un circuito integrado (chip).

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un computador. Dispone de los siguientes componentes:¹⁷

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos
- Generador de impulsos de reloj que sincroniza el funcionamiento de todo el sistema.

En la Figura 14 se muestran los componentes de un microcontrolador.

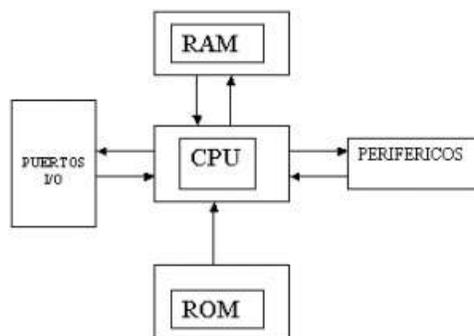


Figura 14. Componentes de un microcontrolador.

2.7.1 MICROCONTROLADOR ARDUINO

Arduino es una placa hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra (los cuales están unidos internamente a las patillas de E/S del microcontrolador) que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores.

Dentro del mercado existen diferentes modelos de placas de Arduino con diferentes características como el tamaño físico, el número de pines-hembra ofrecidos, el modelo de microcontrolador incorporado y como consecuencia, entre otras cosas, la cantidad de memoria utilizable, entre otras características.¹⁸

Arduino UNO

La placa Arduino UNO es la mejor placa para iniciar con la programación y la electrónica. Arduino UNO es la opción más robusta, más usada y con mayor cantidad de documentación de toda la familia Arduino. Arduino UNO es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión USB, conector jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo. Tiene toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere, simplemente hay que conectarlo a la energía por el puerto USB ó con un transformador AC-DC. En la Figura 15 se presenta una placa de Arduino UNO.¹⁹



Figura 15. Microcontrolador Arduino UNO.

2.8 LabView²¹

LabView es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa estaba orientado para aplicaciones de control de equipos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. Por este motivo los programas creados en LabView se guardarán en ficheros llamados VI (Virtual Instrument), y con la misma extensión, de una forma similar, también se da nombre a sus dos ventanas principales: un instrumento real tendrá un Panel Frontal donde estarán sus botones, pantallas, etc. y una circuitería interna. En LabView estas partes reciben el nombre de Panel Frontal y Diagrama de Bloques respectivamente. Véase la Figura 16.

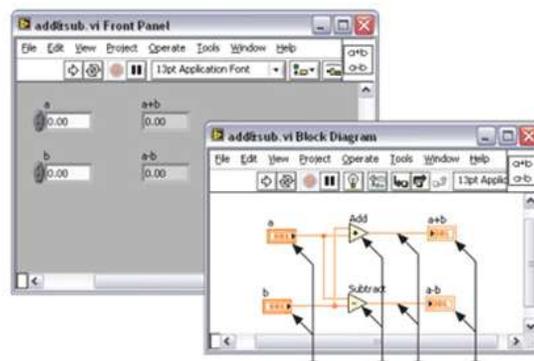


Figura 16. Ventanas en LabView.

Panel Frontal: es la parte que verá el usuario, suele tener fondo color gris.

Diagrama de Bloques: es donde se realizará la programación y suele tener fondo color blanco.

En el Panel Frontal y el Diagrama de Bloques están conectados a través de los terminales (elementos que sirven como entradas y salidas de datos). De la misma forma que un indicador luminoso de la carátula de un instrumento está representado como un diodo en la circuitería interna. En un programa en LabView ese mismo indicador luminoso estará representado como una entrada de tipo booleano en el Diagrama de Bloques, sobre esta entrada el programa o el usuario podrá escribir un valor.

2.8 PROTEUS²¹

El programa Proteus está conformado por dos aplicaciones llamadas Ares e Isis. En la Figura 17 se muestra un diagrama electrónico general obtenido por Proteus.

Isis está diseñado para realizar esquemas de circuitos con casi todos los componentes electrónicos que se encuentran actualmente disponibles en el mercado de los circuitos integrados y los componentes pasivos y activos utilizados en las aplicaciones electrónicas, además posee una aplicación de simulación que permite comprobar la efectividad de un circuito determinado ante una alimentación de voltaje. Puede simularse desde el encendido de un led hasta una serie una gran board con un sin número integrados digitales o micros.

Ares es una aplicación que se usa para situar los componentes utilizados en el esquema realizado en Isis sobre una board virtual que luego puede ser impresa en una impresora láser sobre papel propalcote o papel de fax. Los componentes pueden encontrarse en la librería de la aplicación con los nominales de la clase de encapsulado en el caso de los integrados y con respecto a la denominación técnica referente a la forma física de los componentes. Esta aplicación cuenta con una serie de procesos automatizados que generan acciones de auto ruteo y auto posicionamiento cuando el proyecto se carga desde Isis, de lo contrario el posicionamiento y el ruteo debe hacerse manualmente.

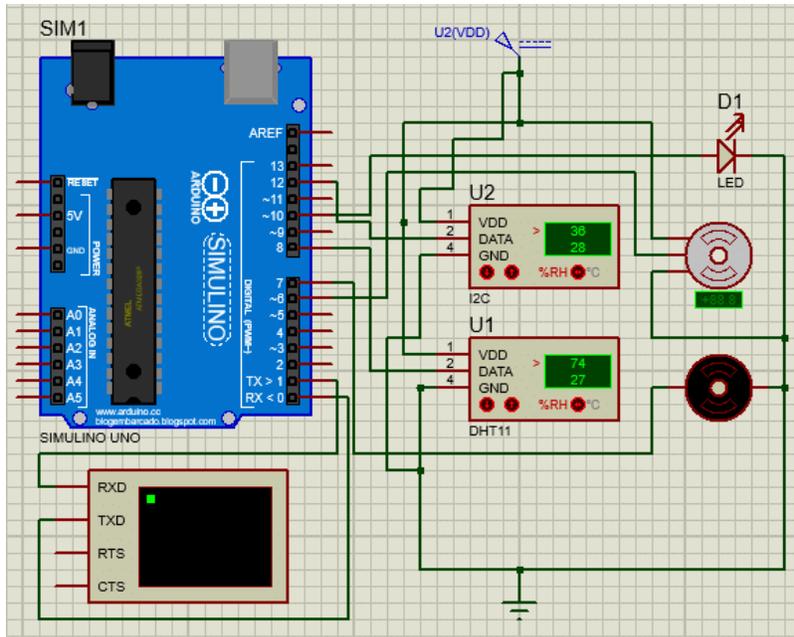


Figura 17. Diagrama electrónico por Proteus.

2.10 SOLID WORKS²²

SOLID WORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. SOLID WORKS emplea un procedimiento de diseño en 3D. Al diseñar una pieza, desde el croquis inicial hasta el resultado final, está creando un modelo en 3D. A partir de este modelo, puede crear dibujos en 2D o componentes de relaciones de posición que consten de piezas o subensamblajes para crear ensamblajes en 3D. También puede crear dibujos en 2D a partir de los ensamblajes en 3D. Cuando diseñe un modelo con SOLID WORKS, puede visualizarlo en tres dimensiones para ver su aspecto una vez fabricado. La aplicación SOLID WORKS contiene funciones conocidas de Windows, como la de arrastrar y cambiar el tamaño de las ventanas, etc. Muchos de los iconos, como el de impresión, el de abrir, guardar, cortar y el de pegar, etc., también son parte de la aplicación SOLID WORKS. Las piezas son los bloques de construcción básicos en SOLIDWORKS. Los ensamblajes contienen piezas u otros ensamblajes, denominados subensamblajes. Un

modelo de SOLIDWORKS consta de geometría en 3D que define sus aristas, caras y superficies. En la Figura 18 se presenta el IDE de Solid Works.

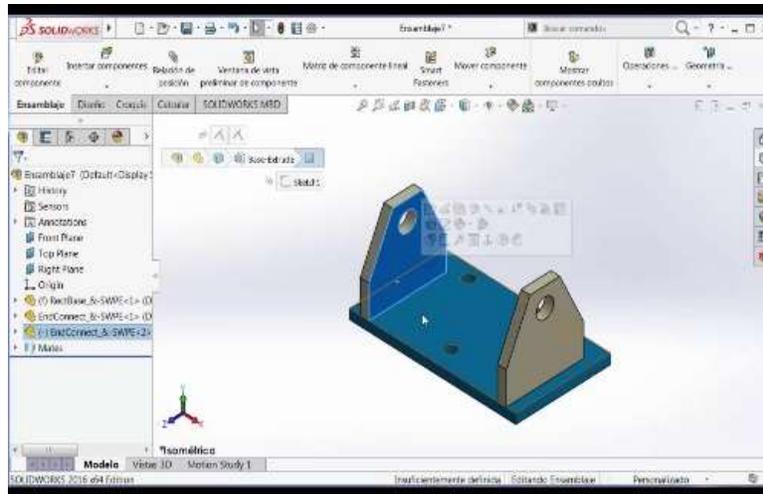


Figura 18. Ambiente Solid Works.

2.11 EQUIPO MECÁNICO DE TRACCIÓN PARA PROCESOS DE ESTIRADO DE FILAMENTOS

Los reductores y motorreductores mecánicos de velocidad se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos del siglo XXI se siguen utilizando prácticamente en cada máquina que tengamos a la vista, desde el más pequeño reductor o motorreductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, cambiar velocidades en un automóvil, hasta enormes motorreductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o bien en molinos de caña para la fabricación de azúcar. En específico se han empleado en la industria textil para movilizar rodillos de estirado y bobinado.

Un motorreductor tiene un motor acoplado directamente, el reductor no tiene un motor acoplado directamente, ver Figuras 19 y 20 respectivamente.



Figura 19. Vista interna de un motorreductor.



Figura 20. Vista interna de un Reductor.

Estos dispositivos mecánicos son apropiados para accionar toda clase de máquinas y aplicaciones de uso industrial, que necesitan mantener/aumentar/reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. La reducción de velocidad es el proceso mediante el cual se busca obtener una velocidad adecuada para el normal funcionamiento de una máquina, partiendo de una velocidad inferior o superior, proporcionada por una fuente de potencia o motriz.²³

En particular el motor con reductor posee un modularidad que facilita su ensamble y minimiza la cantidad de piezas que se deben tener, ya que una pieza puede servir para varios motores con ciertas características cambiadas. Los motorreductores son mecánicamente más simples que otra combinación de motores y reductores. Un motorreductor no usa cople y tiene menos baleros. Como resultado, la instalación es

simplificada y su mantenimiento requerido es menor. No hay bandas para ser tensionadas o requerimientos de alineamientos de flechas. Las cubiertas de algunas bandas se desgastan y requieren cambio; debido a que un motorreductor no incluye estas partes, el costo de instalación y mantenimiento será reducido. En la Figura 21 se presenta una ilustración de un motorreductor con aplicaciones electrónicas.



Figura 21. Motorreductor.

Los motorreductores están disponibles en un amplio rango de potencias y relaciones de reducción. La sección del reductor de velocidad de un motorreductor está disponible con diferentes flechas y configuraciones de engranes. Los Motorreductores están disponibles con motores de C.A., motores de C.D., con frenos o modificaciones especiales.²⁴

III. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante el presente proyecto se realizó el diseño y construcción de dos sistemas de bobinado y estirado de filamento.

La primera estructura (estructura primaria) se desarrolló con materiales de baja calidad, pero de resistencia comprobada que permitieron integrar al proyecto un sistema embebido de control para validar el funcionamiento de los gradientes de velocidad de los rodillos contemplados (tres).

La segunda estructura (estructura secundaria) se establece como propuesta para manejar materiales de mejor calidad y con un sistema embebido que permita el control de los gradientes de velocidad con mayor eficiencia. Además, se contempla que el sistema electrónico esté bajo cubierta donde se asegure que el filamento nunca entrara en contacto con el sistema embebido ni tampoco se observara todo el sistema de automatización y control. Lo anterior para replicar equipos industriales.

En este reporte se presenta la estructura primaria construida, así como el sistema embebido integrado a la misma. También se presenta el diseño de la estructura secundaria. Demás información por disposiciones de la dependencia se reserva para generar productos académicos de alto valor académico.

3.1 Diseño del sistema de estirado y bobinado

Mediante software de diseño Solid Works se elaboró el diseño de la cámara primaria y secundaria previa a su construcción para validar dimensiones, materiales y funcionamiento.

En este trabajo se presentan únicamente los diseños de la estructura secundaria.

Los diseños desarrollados permiten establecer la forma de integración de los componentes mecatrónicos en el equipo de tal manera que se facilite la movilidad y operatividad de los rodillos.

El diseño en ambas estructuras contempla las siguientes funciones básicas:

- 1) Una estructura de soporte a base de herrería de acero al carbón comercial para colocación de los motorreductores de giro.
- 2) Un sistema de rodillos locos. Los rodillos en acero inoxidable están adaptados al eje de los motorreductores para su control de movimiento. En el caso de la estructura primaria se contemplan 3 rodillos. En la estructura secundaria se contempla 6 rodillo (3 adaptados con motorreductor y 3 de giro libre).
- 3) Sistema embebido de control. En ambas estructuras se integra un sistema mecatrónico a base de LabVieW para el control del sistema de estirado y bobinado. El principio de funcionamiento en ambas estructuras se basa en: (i) colocación del filamento con una vuelta en primer rodillo activándose con una velocidad de giro lento, (ii) después de la salida del primer rodillo el filamento se coloca en el rodillo dos con una sola vuelta y donde el rodillo 2 gira a una velocidad mayor al primer rodillo, (iii) el tercer o ultimo rodillo hace las funciones de bobinado en donde el filamento se comienza a enrollar. La velocidad de giro del ultimo rodillo es mayor a los anteriores.

Este procedimiento se realiza hasta agotarse la materia prima de prueba.

Durante el diseño de la estructura secundaria se tuvo que analizar las piezas físicas necesarias, y ajustar las dimensiones. El diseño está basado en máquinas existentes dedicadas al bobinado de hilo, es por ello que el diseño propuesto consta de seis rodillos, de éstos, tres estarán fijos con movimiento constante a una velocidad distinta cada uno, el último rodillo tendrá la función de bobinador. Los tres rodillos restantes serán rodillos de giro libre, éstos tendrán deslizamiento vertical, su posición inicial será a una altura superior a los rodillos fijos, una vez colocado el hilo entre ellos, los rodillos de giro libre descenderán, a una altura menor a los rodillos de giro libre y así darle al hilo forma de ondas. El diseño cuenta con elementos mecánicos, electromecánicos y herrería. Cabe mencionar que solo es diseño mecánico, es por eso que no se visualizara la parte

electrónica y/o eléctrica. Los elementos considerados en el diseño de la estructura secundaria son:

- ✓ Rodillos.
- ✓ Motores paso a paso.
- ✓ Motorreductores.
- ✓ Baleros.
- ✓ Varilla roscada.
- ✓ Coples.
- ✓ Chumaceras.
- ✓ Guía para hilo mecanizada.

Solid Works permite hacer ensamblaje, es así como se elabora el de este sistema, se inició con cada una de las piezas y una vez terminadas, se ensamblaron dándoles relaciones de posición para evitar movimientos no requeridos. Cada una de las piezas tiene dimensiones reales y son diseñadas a un 90% de aspecto real.

3.2 Construcción del sistema de estirado y bobinado

En este trabajo se presentan únicamente las evidencias de la construcción de la estructura primaria.

Estructura primaria

Construcción del sistema de rodillos empleando materiales de fácil adquisición, pero de resistencia comprobada. La estructura de soporte permitirá integrar los motorreductores de los rodillos.

Los materiales que se emplearon fueron:

- Acero al carbón comercial perfil de ½ pulg.
- Motorreductores de 130 rpm.
- Rodillos locos en acero inoxidable.
- Componentes electrónicos de Arduino: protoboard, cables jumper, otros.

Estructura secundaria

En este proyecto no se describe los materiales a emplear por disposición de la dependencia debido a que la información generada serán empleados para desarrollar un producto académico de alto impacto académico. El sistema físico consta de una

estructura metálica cubierta de lámina, su forma es de prisma rectangular, en donde su interior se encuentra el sistema mecánico para el movimiento de los rodillos que se basa en lo siguiente:

Rodillos fijos: Estos rodillos están acoplados a motorreductores fijos que están a una distancia considerable para que el filamento sea colocado sin problema.

Rodillos de giro libre: Como el nombre lo dice, estos rodillos tienen giro libre, pero un deslizamiento vertical para pasar de una posición superior a los rodillos fijos a una posición inferior, dando al filamento un proceso de estirado en forma de ondas. Para el deslizamiento de estos rodillos es usado motores paso a paso con varillas roscadas, acoplando los rodillos a esta varilla y con el giro realizar su movimiento.

Otro de los objetivos de este sistema es el bobinado, para esta función se ha propuesto que el último de los rodillos tenga dicha función, previo a este rodillo esta una guía la cual mantendrá el hilo dentro de las dimensiones del rodillo.

La carcasa se elaborará con máquinas de la dependencia, como la cortadora laser, soldadora, tornillo de banco, y herramienta básica.

3.3 Sistema de control

En ambas estructuras se diseñó y construyó el diagrama electrónico y el sistema embebido de *open source* en Arduino y LabView mediante la integración de elementos de hardware y electrónica modular para desarrollar el sistema de control de velocidad de giro de los rodillos. Se elaboró el código de programación aplicable. El sistema de control permite controlar la velocidad de giro de los rodillos.

En este proyecto se presenta el código de la estructura primaria. No se describe el sistema de control de la estructura secundaria por disposición de la dependencia debido a que la información generada serán empleados para desarrollar un producto académico de alto impacto académico.

3.4 Cronograma de actividades

Actividades	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
Diseño de la cámara de control de temperatura										
Construcción de la cámara de control de temperatura										
Diseño del sistema de control										
Construcción del sistema de control										
Asesorías										
Evaluación y seguimiento de asesorías										
Evaluación de reporte										
Informe semestral										
Elaboración reporte técnico (productos entregables)										

IV. RESULTADOS

4.1 Diseño del equipo de estirado y bobinado

Como se describió en la sección anterior, en este apartado se presentan los diseños de la estructura secundaria en diferentes vistas. Esta estructura es la mejora de reingeniería de la estructura primaria en donde se pretenden utilizar materiales de mejor calidad y de mejor resistencia comprobada.

Se contempla emplear materiales como:

- Acero al carbón de 1/8 por 1/2 pulg.
- Láminas de acero como protectores.
- Acrílico.
- Rodillos en acero inoxidable.
- Diversos componentes CNC como coples, motorreductores, chumaceras, soportes de piso, tuercas husillo, entre otros.

El diseño que cuenta con seis rodillos, tres de ellos concentrados cerca de la parte central del cubículo, los cuales tienen añadido un motorreductor para ser girados a diferentes velocidades, el rodillo final ubicado del lado derecho de la imagen, es el encargado de hacer el bobinado del filamento, y el resto de los rodillos tendrán movimiento vertical para hacer su colocación a una altura menor a los motorizados, con el fin de darle al filamento forma de ondas para su estiramiento. La parte interna del sistema contempla los mecanismos y elementos que efectúan el movimiento de cada una de las funciones de los rodillos. Cuenta con varillas roscadas añadidas a motores a pasos para realizar el movimiento vertical de los rodillos.

En la Tabla 1 se presenta un listado más preciso de los materiales a emplear.

En las Figuras 22 a la 32 se presentan vistas del diseño de la estructura secundaria en su acabado final (con dimensiones en milímetros).

Tabla 1. Listado de piezas para la construcción de la estructura secundaria.

Objeto	Cantidad
Varilla roscada 8mm x 500mm	2 (metros)
Servo motor	2 (piezas)
Micro switch KW10-ZIP	4 (piezas)
Motor a pasos	4 (piezas)
Tuerca husillo trapezoidal	4 (piezas)
Cople rigido 5mm-8mm	8 (piezas)
Chumacera de pared 8mm	4 (pieza)
Varilla lisa 8mm x 600mm	1 (pieza)
Bloque de rodamiento lineal 8mm SC8UU	6 (piezas)

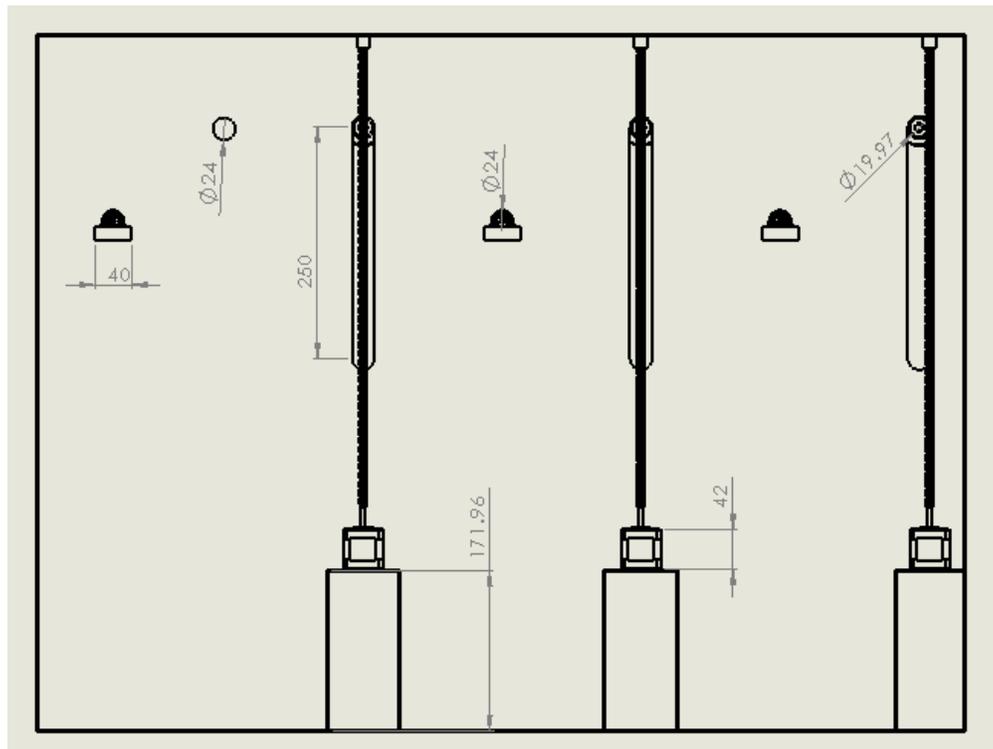


Figura 22. Diseño acotado – Parte interna

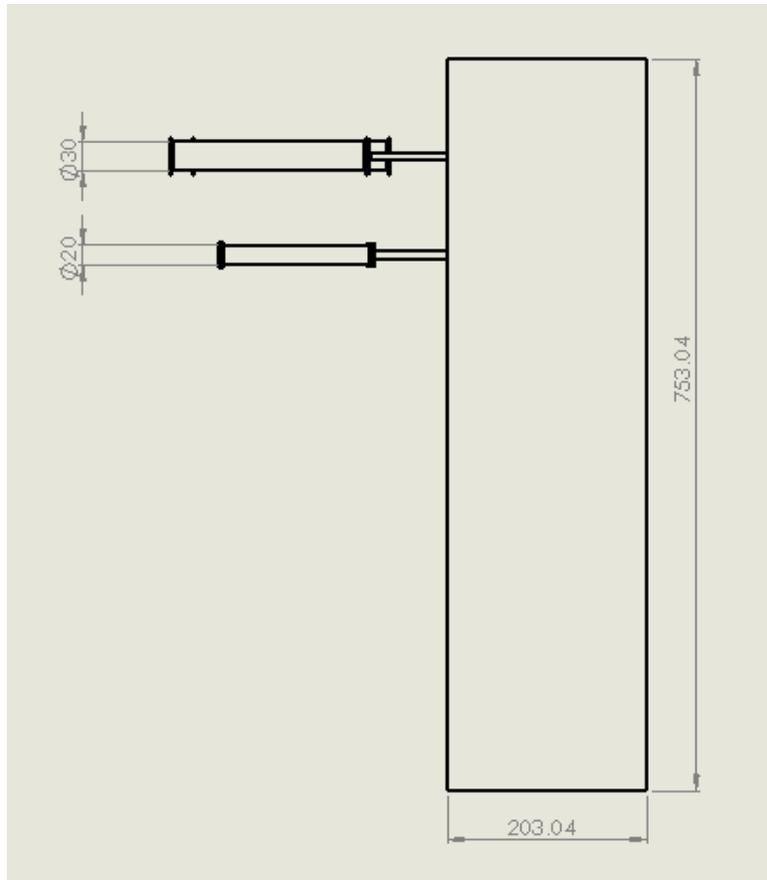


Figura 23. Diseño acotado – Vista lateral

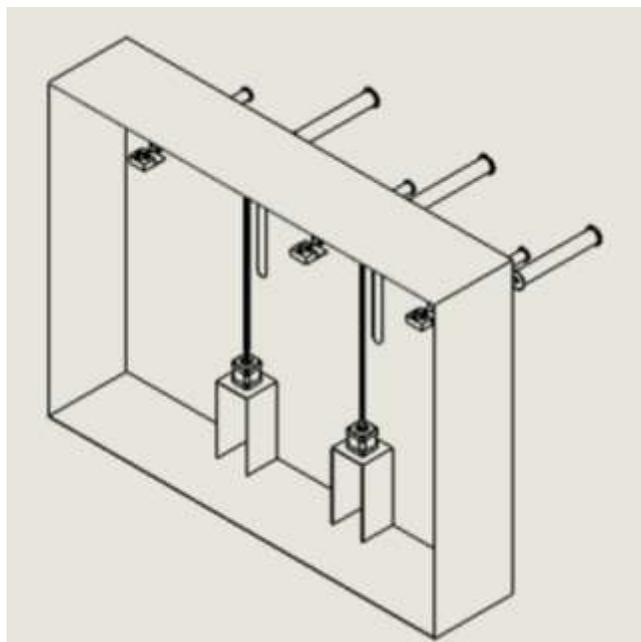


Figura 24. Diseño vista completa

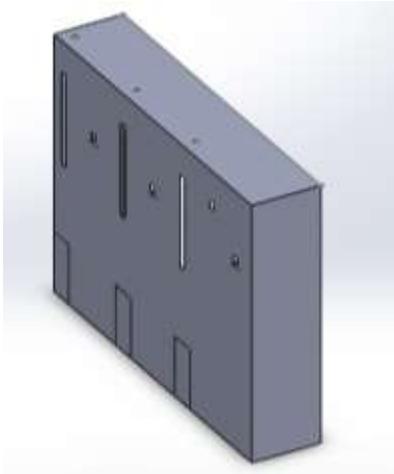


Figura 25. Carcaza parte exterior.

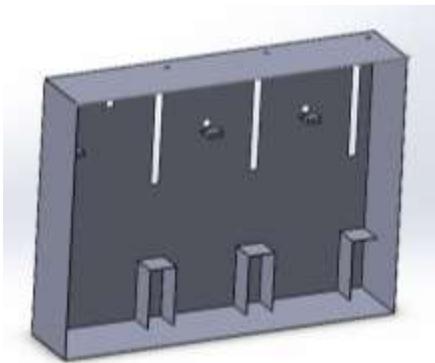


Figura 26. Carcaza parte interior.



Figura 27. Varilla roscada.



Figura 28. Balero 628.



Figura 29. Motorreductor.



Figura 30. Rodillo.

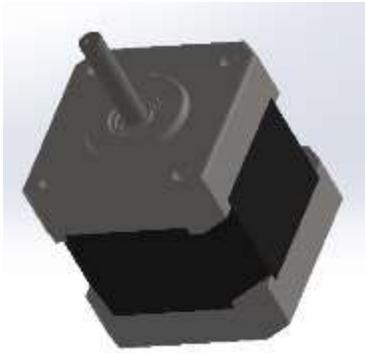


Figura 31. Motor a pasos.

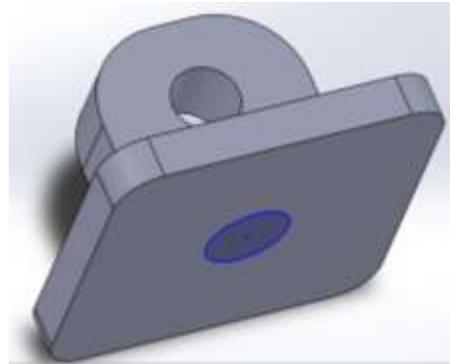


Figura 32. Coplee para guía.

4.2 Construcción del equipo de estirado y bobinado.

Como se describió en la sección anterior, en este apartado se presentan los trabajos realizados para construir la estructura primaria. Esta estructura es la antesala de la estructura secundaria como una mejora de reingeniería en donde se pretenden utilizar materiales de mejor calidad y de mejor resistencia comprobada. La estructura primaria se elaboró para determinar la viabilidad de diseño. Ante los resultados de operatividad se decidió mejorar por lo que los elementos que integraron la estructura primaria fueron aprovechados para iniciar los trabajos de construcción de la estructura secundaria (resultados no mostrados en este proyecto).

En el apartado 3.2 se describen los materiales empleados. Todos fueron integrados en la estructura y se probó su operatividad en conjunto.

En las Figuras 33 a la 36 se presentan etapas de construcción del equipo.



Figura 33. Trabajos de construcción: rodillos en operación.



Figura 34. Acercamiento de rodillos.



Figura 35. Estructura de soporte.



Figura 36. Sistema embebido de control.

4.3 Sistema de control

Se presenta el sistema de control de la estructura primaria. El control de este sistema está realizado en el software LabView comunicado con Arduino, por la razón de que LabView nos permite realizar una programación visual por medio de diagrama de bloques y además nos brinda la simulación de elementos de entrada y salida, como lo pueden ser botones de arranque y paro, focos o led, interpretaciones de texto o numéricos, gráficos, entre otros elementos, ver Figura 37. El programa da inicio a los motores, para que estos por medio de sensores o conteo de pasos hagan las tareas correspondientes.

Una vez que el hilo sea colocado por el sistema robótico de la etapa anterior de la hilatura, se recibirá la señal para que la programación de inicio, haciendo la rutina que se describe a continuación:

1. Energizar los motores paso a paso para realizar el deslizamiento vertical descendente de los rodillos de giro libre, hasta su punto mínimo.
2. Antes de que los rodillos de giro lleguen a su posición, a la altura de los rodillos fijo se detecta una señal que hará lo que el siguiente punto describe.
3. Energizar los motorreductores en su velocidad designada, que por el momento se ha establecido con 100, 200 y 300 rpm respectivamente. Considerando el material estirado, las velocidades pueden cambiar.
4. Para finalizar la operación, se debe oprimir un botón de paro.
5. Al oprimir el botón de paro, los motorreductores se detienen y los motores paso a paso cambian su giro para elevar a los rodillos de giro libre.

En la Figura 39 se presenta el diagrama de bloques del código de programación desarrollado.



Figura 37. Panel frontal de interacción desarrollada en LabView

Se consideró el uso de un simulador para la conexión de los motores, y visualizar su posible desempeño en la máquina, para ello se utilizó el software Proteus, donde se simuló a uno de los motores, ver Figura 38.

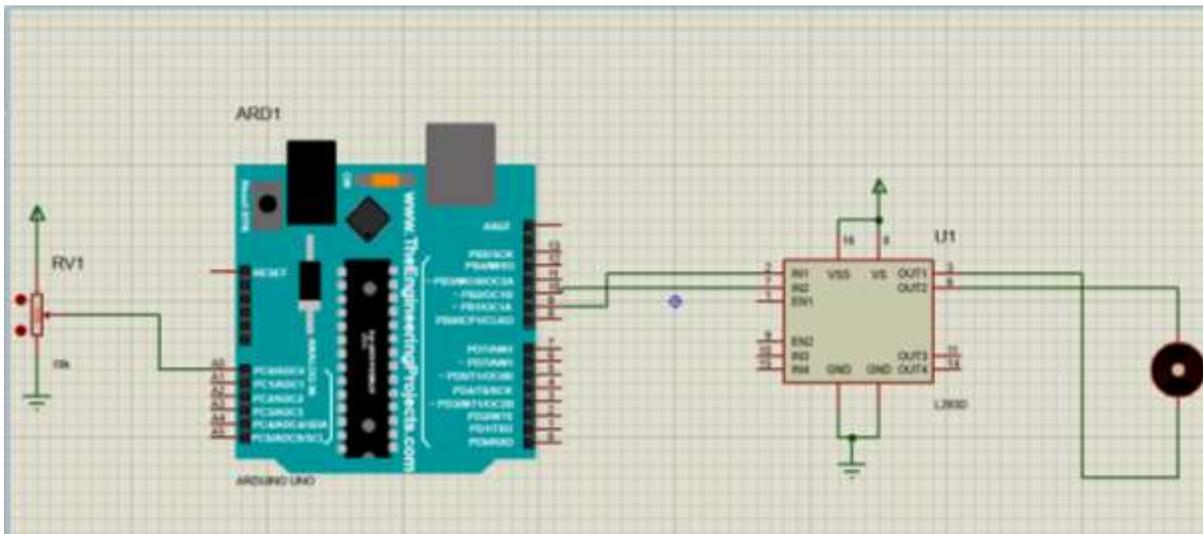


Figura 38. Simulación de un motor en Proteus.

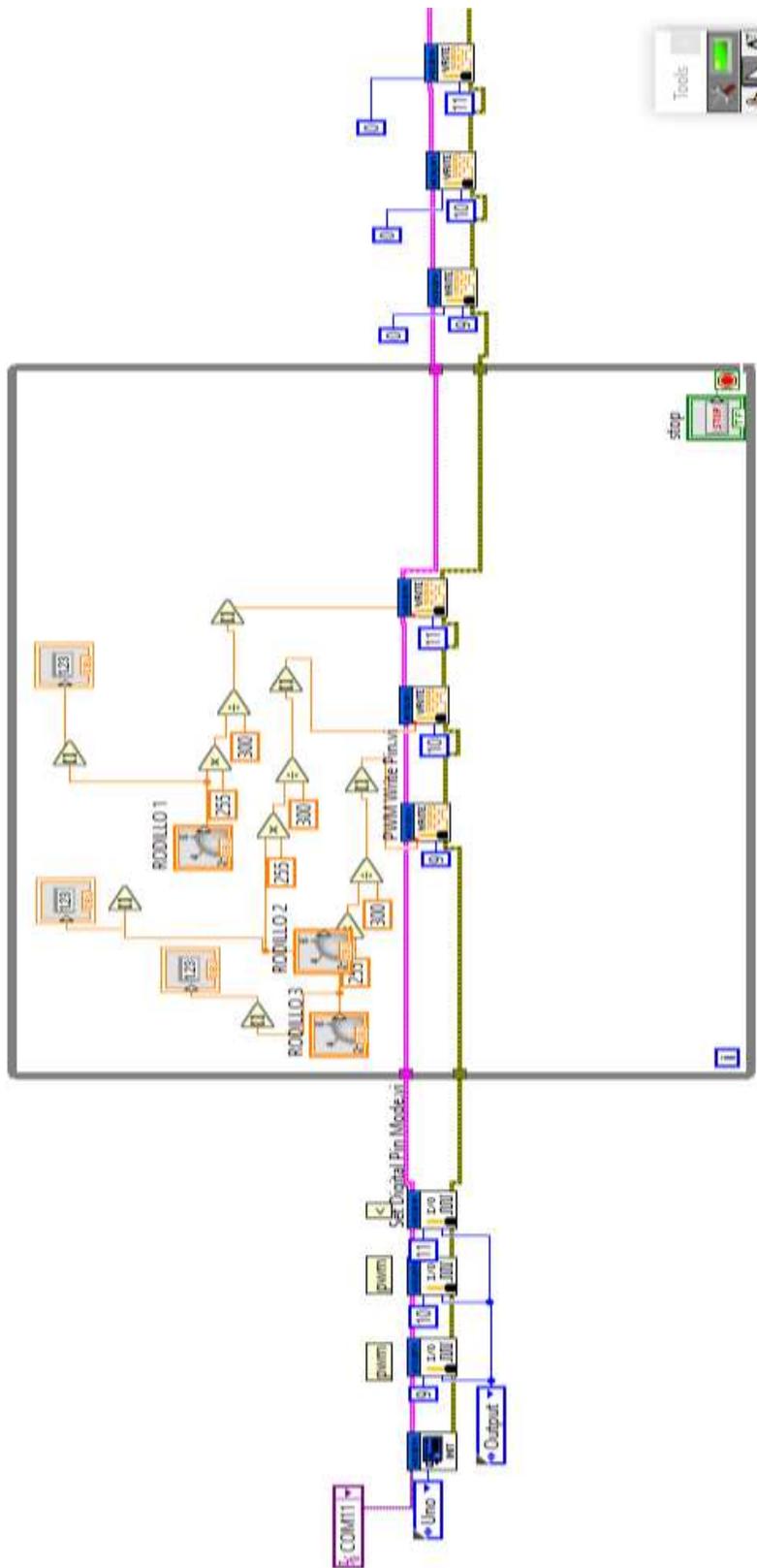


Figura 39. Diagrama de bloques del programa.

V. CONCLUSIONES

La aplicación de las estrategias académicas seleccionadas en conjunto con las actividades relacionadas con el presente proyecto permitió alcanzar los objetivos planteados. Se logró el diseño y construcción de dos estructuras, llamadas primaria y secundaria, del sistema de rodillos de estiramiento y bobinado. La primaria permitió establecer áreas de mejora para depurar la estructura secundaria tanto en calidad de materiales, sistema de programación y arquitectura de la estructura de soporte, carcasa y código de programación. Se logró realizar pruebas de enrollamiento de polímero de PAN donde se lograba controlar y mantener rangos de velocidades aleatorios y diferentes en cada rodillo sin presentar rompimiento de filamento. El rodillo final siempre mantenía una velocidad mayor a sus antecesores.

El proyecto de residencia me permitió validar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante mi estadía como estudiante de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica dentro de la Industria en situaciones reales.

Para llevar a cabo este proyecto se pusieron en práctica los conocimientos y habilidades a lo largo de la carrera, programación, control, resistencia de los materiales, química, análisis de fluidos, entre otras materias importantes. También se aplicó la investigación y redacción, ya que, al ser un proyecto de esta índole, se necesitan las herramientas básicas para tener un proyecto de calidad, eficiente y eficaz a su vez.

En particular aprendí a adaptarme a trabajos por objetivos. Además de siempre buscar la solución más factible mediante la aplicación de un método analítico y científico para eliminar los problemas desde raíz.

Mi tiempo de residencia profesional interactuando con temas de ciencia aplicada, investigación e innovación tecnológica fue una de las mejores experiencias profesionales que he vivido y donde aprendí lo importante que es llegar a establecer soluciones viables y resolver el problema raíz de la manera más factible.

VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

1. Diseñé e innové sistemas mecatrónicos, con base en las necesidades del proyecto de investigación de la institución para incrementar sus indicadores diversos de operación.
2. Aplique métodos cuantitativos y cualitativos en el análisis e interpretación de datos e información para diseñar y construir el sistema mecatrónico requerido.
3. Implementé métodos innovadores de solución de problemas de ciencia, los cuales pueden ser replicados a escala industrial.
4. Gestioné la generación del conocimiento específico para evidenciar la capacidad de acción de la Mecatrónica, ejerciendo un liderazgo estratégico y un compromiso ético.
5. Coadyuve a cumplir los retos de la institución en torno al fomento de proyectos de investigación.
7. Utilice las nuevas tecnologías de información y comunicación de la institución, para el estado del arte del proyecto y contar con información actualizada para la mejora de los diseños y la construcción del equipo del proyecto.
8. Promoví el desarrollo de la ciencia e investigación, con el fortalecimiento de las líneas de investigación del Posgrado de la institución.
9. Aplique métodos de investigación para desarrollar e innovar sistemas mecatrónicos.
10. Actúe como agente de cambio para facilitar la mejora continua en los procesos de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la institución.
11. Aplique métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas presentados durante la fase de construcción del proyecto.

VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

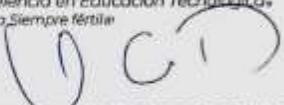
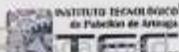
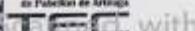
- (1) Billmeyer, F. W. (1975). Ciencia de los polímeros. Reverté. Universidad Politécnica de Barcelona. (Versión española) 2004.
- (2) Martínez, Gustavo 1983. Polímeros. Ciencias 4, abril-junio. Recuperado de <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/139-revistas/revista-ciencias-4/1083-pol%C3%ADmeros.html>
- (3) Polímeros, T. (2016). Hilado, Filamentos e Hilos. Todoenpolimeros.com Recuperado de <https://todoenpolimeros.com/2016/11/11/hilado-filamentos-e-hilos/>
- (4) Blades, H. (1973). U.S. Patent No. 3,767,756. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- (5) Fibras poliméricas. Mariano. Tecnologiadelosplasticos.blogspot.com. (2019). Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/08/fibras-polimericas>.
- (6) Lavado, F. E. L. III. La industria textil y su control de calidad. Hilandería. Fidel Lockuán.
- (7) Mariano, Polímeros, T. (2019). Hilado, Filamentos e Hilos. Todoenpolimeros.com. Recuperado de <https://todoenpolimeros.com/2016/11/11/hilado-filamentos-e-hilos/>.
- (8) Osorio, c. (2019). POLIACRILONITRILO. Polimeros-12.blogspot.com. Recuperado de <http://polimeros-12.blogspot.com/2013/04/poliacrilonitrilo.html>.
- (9) Pérez Porto, J. and Merino, M. (2009). Definición de rodillo — Definicion.de. Recuperado de <https://definicion.de/rodillo/>
- (10) F. (2019). Rodillos industriales. Fci-coatings.com. Recuperado de <https://www.fci-coatings.com/es/recubrimientos-de-cilindros/rodillos-industriales>.
- (11) Ttemsa.com. (2019). [Ttemsa](http://Ttemsa.com) Líderes en Industria de la Conversión - Rodillos Curvos BANANO. Recuperado de <https://ttemsa.com/industria/index.php/webex/rodillos-curvedos-banano>.
- (12) Barberan. (2019). Rodillo banana - Barberan. Recuperado de <https://www.barberan.com/es/opcionales/103-rodillo-banana.html>

- (13) López-Amo Marín, F. (1984). Principio de continuidad en los procesos de producción.
- (14) Glossary, O. (2019). velocidad de corte - Schlumberger Oilfield Glossary. Glossary.oilfield.slb.com. Recuperado de https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/s/shear_rate.aspx
- (15) Valdés, F., & Areny, R. P. (2007). Microcontroladores fundamentos y aplicaciones con PIC (Vol. 1149). Marcombo.
- (16) Zapata, O. E. B. (2011). Microcontroladores PIC con programación PBP. Grupo Editorial RA-MA.
- (17) ites.google.com. (2015). APLICACIONES DE LOS MICROCONTROLADORES – davidcosijopi Recuperado de <https://sites.google.com/site/dcosijopil/unidad-5-arquitecturas-embbebidas-o-microcontroladores/5-4-aplicaciones-de-los-microcontroladores>.
- (18) ites.google.com. Principales Tipos de Microcontroladores - Todo sobre Microcontroladores. Recuperado de <https://sites.google.com/site/21511090proyecto/tipos-de-microcontroladores>.
- (19) Artero, Ó. T. (2013). ARDUINO. Curso práctico de formación. RC Libros.
- (20) Arduino.cl - Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos. (2019). Arduino UNO | Arduino.cl - Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos. Recuperado de <https://arduino.cl/arduino-uno/> [Accessed 29 Nov. 2019].
- (21) Vizcaíno, J. R. L., & Sebastián, J. P. (2011). LabVIEW: Entorno gráfico de programación. Marcombo.
- (22) Aguagallo Murillo, J. A. (2017). Diseño y construcción de una unidad aritmética lógica con compuertas lógicas y multiplexores.
- (23) 3dcadportal.com. (2019). SolidWorks programa de diseño mecanico 3D. Recuperado de <http://www.3dcadportal.com/solid-works.html>.
- (24) Alzate Gómez, J. P., & Lotero Martínez, C. A. (2008). Inventarios y pronósticos de demanda en ensamble de equipos mecánicos: motorreductores (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT).

- (25) Energiacontrolada.com. (2019). ¿Qué es un motorreductor?- Energia Controlada de Mexico S.A. de C.V.. [online] Available at: <https://www.energiacontrolada.com/faq/Que-es-un-motorreductor> [Accessed 29 Nov. 2019].
- (26) Energiacontrolada.com. (2019). ¿Qué es un motorreductor?- Energia Controlada de Mexico S.A. de C.V.. Recuperado d <https://www.energiacontrolada.com/faq/Que-es-un-motorreductor>

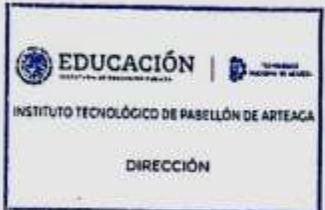
ANEXO 1

Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional

	EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA		TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO.
Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica			
"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"			
		Pabellón de Arteaga, Ags., No. de Oficio: Asunto:	19/agosto/2019 D 041-A/2019 Carta aceptación residencia profesionales
 MA. MAGDALENA CUEVAS MARTÍNEZ JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN PRESENTE			
<p>Por medio del presente se notifica que el C. DALÍ ESAÚ RAMÍREZ MUÑOZ, estudiante de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, con número de control 151050136, ha sido aceptado para realizar en esta Institución su proyecto de Residencia Profesional denominado "Diseño y construcción de un equipo de estirado y bobinado simple automatizado para un sistema de hilatura: bobinado y estirado de un filamento polimérico" durante el periodo de agosto-diciembre 2019, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 10:00 a 17:00 hrs. de lunes viernes, bajo la supervisión de los docentes Julio Acevedo Martínez (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). El proyecto será realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel.</p>			
Sin más por el momento, reciba un cordial saludo y quedo de Usted.			
ATENTAMENTE Excelencia en Educación Tecnológica. Tierra Siempre fértil			
HUMBERTO AMBRIZ DELGADILLO DIRECTOR			
C.p.: Edgar Zacarías Moreno. - Subdirector Académico. I. T. Pabellón de Arteaga. Archivo. HAD/jada			
Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Tel. 01 (465) 9582730 y 9582482 ext. 100 e-mail: acad_parteaga@tecnm.mx www.tecnm.mx https://pabellon.tecnm.mx			
			

ANEXO 2

Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional

	EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA		TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO.
Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica			
"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"			
		Pabellón de Arteaga, Ags, No. de Oficio: Asunto:	6/diciembre/2019 D 068/2019 Carta conclusión residencias profesionales
 MA. MAGDALENA CUEVAS MARTÍNEZ JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN PRESENTE			
<p>Por medio del presente se notifica que el C. DALÍ ESAÚ RAMÍREZ MUÑOZ, estudiante de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, con numero de control 151050136, concluyo satisfactoriamente en esta Institución su proyecto de Residencia Profesional denominado "Diseño y construcción de un equipo de estirado y bobinado simple automatizado para un sistema de hilatura: bobinado y estirado de un filamento polimérico" durante el periodo de agosto-diciembre 2019, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 10:00 a 17:00 hrs. de lunes viernes, bajo la supervisión de los docentes Julio Acevedo Martínez (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). El proyecto fue realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel.</p>			
Sin más por el momento, reciba un cordial saludo y quedo de Usted.			
ATENTAMENTE Excelencia en Educación Tecnológica. Tierra Siempre fértil			
HUMBERTO AMBRIZ DELGADILLO DIRECTOR			
Cp. Edgar Zacarías Moreno. - Subdirector Académico. I. T. Pabellón de Arteaga. Archivo.			
HAD/jada			
Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes Tel. 01 (465) 9582730 y 9582482 ext. 100 e-mail: acad_parteaga@tecnm.mx www.tecnm.mx https://pabellon.tecnm.mx			
			