



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:
**“AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL PARA PEQUEÑOS
EMPRESARIOS”**

AUTOR: Elvis Andrés Cachiguango Lema

DIRECTOR: Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, MSc

IBARRA, 2024



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 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 la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004591838		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cachiguango Lema Elvis Andrés		
DIRECCIÓN:	Otavalo		
EMAIL:	eacachiguangol@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0992819284

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Automatización de una urdidora horizontal para pequeños empresarios.
AUTOR (ES):	Cachiguango Lema Elvis Andrés
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	22-07-2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Cosme Damián Mejía Echeverría

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de julio de 2024

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Elvis Andrés Cachiguango Lema

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 22 de julio de 2024

Ing. Cosme Mejía Echeverría, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 

Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría

C.C.: 1002641288

APROBACION DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación “Automatización de una urdidora horizontal para pequeños empresarios” elaborado por Elvis Andrés Cachiguango Lema, previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



.....
Ing. Cosme Mejía Echeverría, MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



.....
Ing. Luz María Tobar Subía, MSc.
ASESOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a cada una de las personas que estuvieron conmigo en este transcurso de la vida estudiantil, en especial a cada uno de los ingenieros quienes se encargaron de compartir sus conocimientos y inducirnos a la vida profesional. También, a mi tutor y asesor quienes estuvieron presentes en la realización de este proyecto de grado. Y para finalizar dedico este trabajo de grado a mis padres quienes fueron mi inspiración y mi apoyo en cada paso que daba.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por brindarme la vida y permitirme compartir este camino universitario junto a mis compañeros que se volvieron amigos. Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional que me incentivaban a seguir adelante y culminar la carrera universitaria, a mi hermana que siempre esta ahí, y a toda mi familia que de una u otra manera me brindaron apoyo. Gracias de igual manera a mi compañera de vida quien está conmigo en cada paso que doy.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se enfoca en la automatización de una urdidora horizontal destinada a pequeños empresarios, con el propósito de potenciar tanto la eficiencia productiva como la calidad en la fabricación de productos textiles. La introducción de maquinaria moderna al mercado ha generado una competencia significativa para los pequeños productores, quienes se ven limitados por los elevados costos asociados a la adquisición de nuevos equipos, siendo la urdidora un componente fundamental en la producción artesanal. Dado que muchos pequeños y medianos productores disponen de urdidoras carentes de sistemas de control, se enfrentan a dificultades para ajustarse a la producción de maquinaria más grande y avanzada. El proyecto propone una solución a este desafío mediante la implementación de un sistema de control en la urdidora convencional utilizada por los medianos productores. Se han tenido en cuenta las necesidades específicas de estas urdidoras horizontales, destacando la importancia de detectar roturas de hilo durante el proceso y calcular los metros o vueltas a urdir. Este sistema de control está gestionado por un controlador lógico programable encargado de establecer conexiones entre los distintos elementos, y su funcionamiento se visualiza a través de una interfaz gráfica que permite al operador interactuar en tiempo real con el proceso. Se han desarrollado planos estructurales y eléctricos que detallan los diversos componentes de este sistema automatizado, y se han llevado a cabo pruebas que validan la efectividad de la implementación. Con esta propuesta, se busca proporcionar a los pequeños empresarios una herramienta que les permita mejorar su competitividad en el sector textil mediante la modernización y control eficiente de sus procesos de producción.

ABSTRACT

The present graduation thesis focuses on the automation of a horizontal warping machine aimed at small entrepreneurs, aiming to enhance both production efficiency and the quality of textile product manufacturing. The introduction of modern machinery to the market has created significant competition for small producers, who are constrained by the high costs associated with acquiring new equipment, with the warping machine being a fundamental component in artisanal production. Given that many small and medium-sized producers have warping machines lacking control systems, they face challenges in adapting to the production standards of larger and more advanced machinery. The project proposes a solution to this challenge by implementing a control system in the conventional warping machine used by medium-sized producers. Specific needs of these horizontal warping machines have been considered, emphasizing the importance of detecting thread breaks during the process and calculating meters or turns to warp accurately. This control system is managed by a programmable logic controller responsible for establishing connections between different elements, and its operation is visualized through a graphical interface that enables real-time interaction with the process. Structural and electrical blueprints detailing the various components of this automated system have been developed, and tests have been conducted to validate the effectiveness of the implementation. With this proposal, the aim is to provide small entrepreneurs with a tool that allows them to enhance their competitiveness in the textile sector through the modernization and efficient control of their production processes.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	18
1.1 ANTECEDENTES	18
1.2 LA URDIDORA A TRAVÉS DEL TIEMPO.....	19
1.2.1 <i>Urdimbre</i>	19
1.2.2 <i>Urdido manual</i>	19
1.2.3 <i>Urdido Directo</i>	20
1.2.4 <i>Urdido Seccional</i>	21
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA URDIDORA.....	22
1.3.1 <i>Componentes de urdidor seccional</i>	22
1.4 FUNCIONAMIENTO DE LA URDIDORA	26
1.5 ÁREA ELÉCTRICA	26
1.5.1 <i>Controlador lógico programable</i>	26
1.5.2 <i>Sistema HMI</i>	28
1.6 SENSORES Y ACTUADORES	29
1.6.1 <i>Sensores</i>	29
1.6.2 <i>Actuadores</i>	30
1.6.3 <i>Clasificación de actuadores</i>	30
2. CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS	31
2.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	31
2.1.1 <i>Método descriptivo</i>	31

2.1.2	<i>Método documental</i>	31
2.1.3	<i>Método experimental</i>	31
2.2	PRIMERA ETAPA: OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	31
2.3	SEGUNDA ETAPA: PARÁMETROS DE DISEÑO	32
2.3.1	<i>Desglose funcional del sistema</i>	32
2.3.2	<i>Alternativas de solución</i>	32
2.3.3	<i>Selección de solución</i>	32
2.4	TERCERA ETAPA: DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	32
2.4.1	<i>Programación de dispositivos</i>	32
2.4.2	<i>Diseño tablero de control eléctrico</i>	33
2.4.3	<i>Diseño estructural</i>	33
2.5	CUARTA ETAPA: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	33
2.5.1	<i>Construcción de estructuras</i>	33
2.5.2	<i>Integración elementos mecánicos y eléctricos</i>	33
2.6	QUINTA ETAPA: VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	34
3.	CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1	REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO.....	35
3.1.1	<i>Descripción de la situación actual de la urdidora horizontal tipo seccional</i>	35
3.1.2	<i>Demanda del cliente para el diseño</i>	35
3.1.3	<i>Especificaciones del sistema</i>	36
3.2	PARÁMETROS DE DISEÑO	37
3.2.1	<i>Desglose funcional del sistema</i>	37
3.3	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	41
3.3.1	<i>Análisis de matriz morfológica</i>	41
3.3.2	<i>Matriz morfológica</i>	47
3.3.3	<i>Selección de mejor solución</i>	50
3.4	SOLUCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	53
3.4.1	<i>Sistema de paraurdimbre</i>	53
3.4.2	<i>Diseño del programa en XDPPro</i>	66
3.4.3	<i>Diseño de interfaz HMI</i>	68
3.4.4	<i>Sensor inductivo</i>	71

3.4.5	<i>Tablero eléctrico</i>	73
3.5	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.....	75
3.5.1	<i>Construcción de estructura y montaje de paraurdimbre</i>	75
3.5.2	<i>Montaje de sensor para medición de vueltas del tambor</i>	77
3.5.3	<i>Montaje del tablero de control</i>	79
3.6	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	80
3.6.1	<i>Pruebas de funcionamiento básico</i>	81
3.6.2	<i>Sistema de rotura de hilo</i>	82
3.6.3	<i>Sistema de inserción de vueltas a urdir</i>	84
3.6.4	<i>Pantalla de visualización e interacción</i>	85
3.6.5	<i>Parada de emergencia</i>	86
3.6.6	<i>Resultados obtenidos</i>	87
3.6.7	<i>Costos de implementación de sistema automatizado para detección de rotura de hilo</i>	90
3.6.8	<i>Fallas presentadas en las pruebas y sus correcciones</i>	91
4.	CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
4.1	CONCLUSIONES.....	92
4.2	RECOMENDACIONES.....	94
5.	REFERENCIAS	95
6.	ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Proceso de urdir en un urdidor de marco.</i>	19
Figura 2 <i>Urdidor de Tambor.</i>	20
Figura 3 <i>Urdidora Directo.</i>	21
Figura 4 <i>Urdidor seccional o indirecto.</i>	21
Figura 5 <i>Partes de la urdidora seccional.</i>	23
Figura 6 <i>Fileta paralela.</i>	23
Figura 7 <i>Base de peine.</i>	24
Figura 8 <i>Tambor cónico.</i>	24
Figura 9 <i>Plegador.</i>	25
Figura 10 <i>Controlador lógico programable.</i>	27
Figura 11 <i>Esquema de comunicación.</i>	28
Figura 12 <i>Clasificación de los actuadores.</i>	30
Figura 13 <i>Diagrama de desglose funcional nivel cero.</i>	38
Figura 14 <i>Diagrama de desglose funcional nivel uno.</i>	38
Figura 15 <i>Diagrama de desglose funcional nivel dos.</i>	39
Figura 16 <i>Barra bimetálica.</i>	54
Figura 17 <i>Tipos de láminas metálicas.</i>	54
Figura 18 <i>Soporte para guía de hilos del urdido.</i>	56
Figura 19 <i>Adaptación de sistema de paraurdimbre en soporte para guía de hilos del urdido.</i> ..	57
Figura 20 <i>Partes del sistema de paraurdimbre.</i>	57
Figura 21 <i>Tensor de disco.</i>	58
Figura 22 <i>Estructura del sistema de paraurdimbre con cargas sometidas.</i>	59
Figura 23 <i>D.C.L del nivelador de hilos</i>	60
Figura 24 <i>Diagrama momento flector y esfuerzo cortante máximo.</i>	61
Figura 25 <i>Tensión máxima del nivelador de hilos.</i>	62
Figura 26 <i>Factor de seguridad del nivelador de hilos.</i>	63
Figura 27 <i>Tensión máxima del soporte para peine.</i>	64
Figura 28 <i>Factor de seguridad.</i>	64
Figura 29 <i>Tensión máxima del tensor de hilos.</i>	65
Figura 30 <i>Factor de seguridad del tensor de hilos.</i>	65

Figura 31 PLC XINJE XD3-16R-E.....	66
Figura 32 Diagrama graficet del sistema automatizado	68
Figura 33 HMI KINCO GL043E.....	68
Figura 34 Conexión HMI-PLC en software Kinco DTools.	70
Figura 35 Arranque del HMI.	70
Figura 36 Interfaz del HMI.	71
Figura 37 Sensor inductivo LM 18-3008NC.....	72
Figura 38 Sinóptico de cableado	74
Figura 39 Tablero eléctrico 2D y 3D.....	75
Figura 40 Construcción del soporte para el paraurdimbre.....	76
Figura 41 Montaje de barras bimetálicas sobre bases recicladas, adaptaciones de bornera. ...	76
Figura 42 Láminas de contacto y barras guía.	77
Figura 43 Ubicación de lámina metálica en el tambor de la urdidora.	78
Figura 44 Diseño de soporte para sensor inductivo.	78
Figura 45 Posición del sensor inductivo.....	79
Figura 46 Proceso de montaje del tablero de control.	79
Figura 47 Parte frontal del tablero eléctrico.....	80
Figura 48 Pruebas de funcionamiento del tablero eléctrico.....	82
Figura 49 Funcionamiento del paraurdimbre.	82
Figura 50 Gráfico comparativo de los paros y tiempo de corrección entre sistema automatizado y sistema no automatizado.	84
Figura 51 Funcionamiento del sensor inductivo para medición de vueltas urdidos.	84
Figura 52 Eficacia de sistemas de detección de rotura de hilo.	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Diferencias entre urdido seccional y urdidor directo.</i>	22
Tabla 2 <i>Diferencia entre tambor sin extremo cónico y tambor con extremo cónico.</i>	25
Tabla 3 <i>Clasificación de los sensores según la variable física a medir.</i>	29
Tabla 4 <i>Voz del cliente.</i>	35
Tabla 5 <i>Voz del ingeniero.</i>	36
Tabla 6 <i>Requisitos para la máquina.</i>	36
Tabla 7 <i>Características de diseño con sus respectivos pesos relativos.</i>	37
Tabla 8 <i>Descripción de funciones primarias.</i>	39
Tabla 9 <i>Funcionalidad del sistema.</i>	40
Tabla 10 <i>Análisis de matriz morfológica.</i>	41
Tabla 11 <i>Matriz morfológica.</i>	47
Tabla 12 <i>Evaluación de cada criterio.</i>	50
Tabla 13 <i>Evaluación de las alternativas de solución respecto a materiales resistentes.</i>	51
Tabla 14 <i>Evaluación de las alternativas de solución respecto a fácil adquisición de componentes.</i>	51
Tabla 15 <i>Evaluación de las alternativas de solución respecto a interfaz de usuario.</i>	51
Tabla 16 <i>Evaluación de las alternativas de solución respecto a indicadores de alerta.</i>	52
Tabla 17 <i>Evaluación de las alternativas de solución respecto a controlador lógico.</i>	52
Tabla 18 <i>Evaluación de las alternativas de solución respecto a correcta instalación.</i>	52
Tabla 19 <i>Elección de mejor alternativa.</i>	53
Tabla 20 <i>Láminas en función de la materia prima a tejer o urdir.</i>	55
Tabla 33 <i>Comparación de resultados y error porcentual.</i>	63
Tabla 34 <i>Funciones de componentes del software.</i>	66
Tabla 35 <i>VARIABLES UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN.</i>	67
Tabla 36 <i>Especificaciones de rendimiento del HMI KINCO GL043E.</i>	69
Tabla 37 <i>Atributos de la pantalla de control del urdidor.</i>	71
Tabla 24 <i>Comparación de sensores inductivos.</i>	72
Tabla 38 <i>Características del sensor inductivo LM18-3008NC.</i>	72
Tabla 39 <i>Elementos eléctricos que componen el tablero eléctrico.</i>	73
Tabla 40 <i>Protocolo de pruebas de funcionamiento.</i>	81

<i>Tabla 41 Resultados de las pruebas de funcionamiento del sistema de paraurdimbre y sistema tradicional (visual).....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 42 Pruebas de funcionamiento del sistema de inserción de vueltas a urdir.</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 43 Pruebas de funcionamiento de pantalla de visualización e interacción.</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 44 Pruebas de funcionamiento de parada de emergencia.</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 45 Tiempo empleado en urdido bicolor.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 46 Tiempo empleado en urdido multicolor.</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 47 Costos de implementación del sistema automatizado.</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 48 Fallas y correcciones realizadas durando la etapa de pruebas.</i>	<i>91</i>

INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la implementación de las nuevas tecnologías en el campo industrial se han dado diversos cambios, una de ellas es la industria textil, donde los artesanos de comunidades del cantón Otavalo, utilizaban en sus inicios urdidoras verticales, estas a su vez eran accionadas por la fuerza del operador. Cabe recalcar que todos los procesos eran de forma manual, por lo cual conllevaban jornadas largas de trabajo, produciendo pérdidas en tiempo.

Con el pasar de los años estos procesos cambiaron en su mayoría, microempresas reemplazaban las urdidoras verticales por urdidoras horizontales y con la ayuda de un motor realizan el proceso de urdido, minimizando así el sobre esfuerzo del operador.

Grandes industrias textiles poseen urdidoras con tecnologías avanzadas, que permiten tener un control de calidad mediante el constante monitoreo, este proceso juega un papel importante ya que es el primer proceso antes de llegar al tejido [1]. Estas urdidoras poseen sensores que detectan la rotura de hilo, tablero de control, faro indicador, entre otros componentes. El precio de estas urdidoras varía entre los 34 000 a 70 000 dólares americanos [2], lo cual sobrepasa las posibilidades adquisitivas de los artesanos locales.

Las urdidoras horizontales que actualmente utilizan los artesanos, específicamente en la zona de Peguche presentan grandes desventajas frente a urdidoras modernas mencionadas anteriormente, pero su estructura facilita la implementación de un sistema automatizado capaz de realizar los mismos procesos de una urdidora actual, ya que poseen las partes importantes que son la faja o bota, el soporte intermedio, la plegadora y el sistema de paraurdimbre.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un sistema automatizado para la detección de rotura de hilo en una urdidora horizontal.

Objetivos Específicos

- Estudiar el proceso de urdimbre y requerimientos para el proceso de automatización.

- Diseñar un sistema de control para detectar la rotura de hilo.
- Implementar el sistema automatizado en una urdidora horizontal.
- Validar el funcionamiento del sistema automatizado de urdimbre.

3. ALCANCE

Se propone desarrollar un sistema con las siguientes características:

- Detectar la rotura de hilo en el proceso de urdimbre y detener inmediatamente el proceso.
- Permitir tener historial de horas de funcionamiento.
- Indicar las vueltas urdidas.

El sistema enviará una señal a una interfaz amigable, donde se detalla la rotura del hilo y encenderá una alerta visible, inmediatamente el operario realizará el amarrado de este, y continuará con el proceso de urdimbre. Se implementará un controlador lógico programable la cual permitirá detectar las señales al momento de la rotura, el panel de visualización estará bajo normas de usabilidad para el fácil manejo por parte del operario e informará en tiempo real el avance del proceso, además admite cambios en los parámetros a mitad de proceso.

4. JUSTIFICACIÓN

Gran parte de artesanos específicamente en la zona de Peguche del cantón Otavalo, se encuentran implementando telares con nuevas tecnologías, para las cuales es indispensable contar con una urdidora que mejore la productividad y optimice los recursos, ya que existiría una disminución al máximo de paros inoportunos que se puede dar en el proceso de tejido.

Este proyecto pretende mejorar la productividad en las pequeñas y medianas empresas, solucionando la rotura de hilos en el proceso de urdimbre, además, las telas serán de mejor calidad y la pérdida de material disminuirá de manera notoria. Cabe recalcar que al implementar un panel de visualización el operario podrá detectar fácilmente el error, corregir el proceso e inmediatamente seguir con el mismo.

Otro aspecto importante para realizar esta automatización es reducir el esfuerzo que realiza el trabajador de esta área, optimizar su tiempo que le permita desarrollar ciertas actividades a la par con este proceso de urdición. Con la implementación del panel de visualización se apreciarán los metros urdidos, suprimiendo así la medición a mano que se realizaba antes del proceso.

1. CAPÍTULO I Marco Teórico

1.1 Antecedentes

La implementación de este sistema de control ha sido objeto de estudio, tal es el caso de Edison Guachi y Jhonatan Camacho [3], diseñaron e implementaron un sistema de control automático con interfase gráfica (HMI), mediante un panel de visualización para la máquina urdidora de la empresa textil TEIMSA. En su trabajo, se realizó un nuevo sistema de control que proporciona una supervisión con una interfaz de operación HMI con un panel de visualización del proceso, implementaron un tablero principal de control de la máquina urdidora. También tiene dos modos de operación que son automático y manual. Este sistema de control se implementó en la fábrica textil TEIMSA para mejorar los procesos de producción y calidad de sus productos. Además, este sistema puede enviar señales de alarma que sirve como orientación al operador de la máquina.

Edwin Muenala y Luis Muenala[4], optimizaron y pusieron en marcha una urdidora artesanal tipo seccional para el aumento de productividad en el taller artesanal Tejidos CAMM. Su trabajo explica el proceso para mejorar la producción y la calidad en sus productos. Los autores implementan un sistema en el cual recepta una señal al momento que se rompe un hilo en el paraurdimbre, disminuyendo con esto problemas en los telares. Además, se realizó un estudio detallado del proceso de urdir, sus componentes. También se muestra los fallos en este tipo de urdidoras siendo la más importante, la tensión que se le da a los hilos, porque mientras la tensión sea más uniforme mejor se realiza el proceso.

Lara Alejandro, Trejo Jesús y Verona María [1], rehabilitaron y pusieron en marcha una máquina urdidora de carrete. En su trabajo de grado, se analizó problemáticas y necesidades de la urdidora, donde implementaron interruptores termomagnéticos, botoneras de arranque y de paro, caja de protección de seguridad, relevadores contactores, micro controlares PICAXE-18M2, Display 7 segmentos, transformador reductor, entre otros componentes. Este sistema de control está diseñado para alumnos y docentes de la carrera de Ingeniería Textil, que al igual que los emprendedores buscan el mejoramiento de sus telas y la disminución del tiempo al momento de revisar posibles fallos en el proceso y postproceso de la urdidura.

1.2 La urdidora a través del tiempo

1.2.1 Urdimbre

La urdimbre es un proceso preparatorio para el tejido calado, en el que los hilos se juntan en forma cilíndrica y paralela para formar una urdimbre [5].

Como indica [1] el proceso de urdido consiste principalmente en ordenar, guiar, darles una misma tensión a los hilos para la formación de los carretes. Este proceso consiste en la recepción de la materia prima hasta los carretes o julios, que estos a su vez son puestos en las máquinas de tejido para su posterior proceso.

1.2.2 Urdido manual

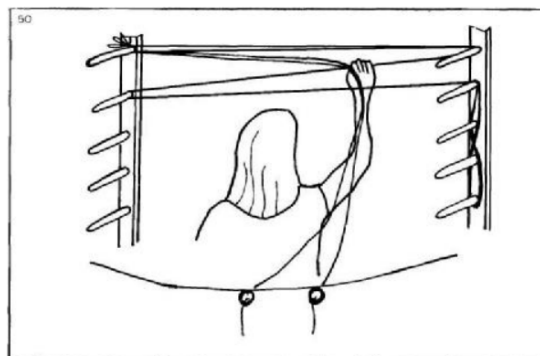
Este tipo de urdición se realiza en el urdidor de marco o de tambor, una vez finalizado el proceso, el urdidor (operario) procede a bajar la urdimbre en forma de trenza para posteriormente ser plegada al telar de forma manual [4].

Urdidor de Marco.

Es construido en forma de marco o también se los puede realizar con dos soportes que se colocan verticalmente, las cuales llevan clavijas; pueden ser de madera o metálicas por donde se realiza la urdimbre. El recorrido de la urdimbre en este urdidor de marco será entre las clavijas de un lado y otro como se observa en la Figura 1. Esta distancia no debe ser mayor a 150 cm para que no se afloje la urdimbre durante el proceso y entre las clavijas laterales se realiza la trayectoria de la cruz [6].

Figura 1

Proceso de urdir en un urdidor de marco.



Nota: [5].

Urdidor de Tambor.

Varios talleres artesanales de la comunidad de Peguche cuentan con un urdidor de tambor que consta de una estructura octagonal con 8 listones verticales, en muchos casos también son estructuras con 6 listones verticales, con dos travesaños una en la parte superior y otra en la parte inferior como se observa en la figura 2, en la primera se tiene tres clavijas por las que pasarán los hilos que posteriormente formarán una cruz individual de hilos en la ida y vuelta [6]. La parte inferior por su parte tiene un travesaño con dos clavijas en la que se realizará tanto la ida como el regreso de los hilos.

Figura 2

Urdidor de Tambor.



1.2.3 Urdido Directo

Urdidor Directo.

Este tipo de urdidores se emplean cuando los hilos de urdimbre tienen las mismas condiciones o características, donde la urdimbre pasa de la fileta al rollo, la misma que está caracterizada por tener el total de hilos que el tejido requiere [7]. El urdidor directo mostrada en la figura 3 está diseñada específicamente para urdimbres de gran longitud ya que los hilos de la fileta destinados para la urdimbre se depositan directamente en los cilindros plegadores, siendo esta la más adecuada para realizar urdimbres de un solo color.

Figura 3*Urdidora Directo.**Nota: Urdidor directo UNI-EVO DIRECT [8].*

1.2.4 Urdido Seccional

Urdidor Seccional.

Este tipo de urdidor son empleados cuando se necesite metrajés cortos y para urdimbres muy coloridos [9]. A diferencia del urdidor directo, en este tipo los hilos son enrollados sobre un tambor o bota comprendiendo grupos (fajas) presentado en la figura 4, para después recién ser plegados sobre el rollo, el número de fajas y la cantidad de hilos en estas, están relacionadas a las características del producto o tela que se desea fabricar.

Figura 4*Urdidor seccional o indirecto.**Nota: Enrollado de hilos sobre tambor en un urdidor seccional [10].*

A continuación, se presenta la tabla 1 de las diferencias entre urdido directo y urdido indirecto.

Tabla 1*Diferencias entre urdido seccional y urdidor directo.*

Urdido seccional	Urdido directo
En su mayoría se emplean para urdimbres listadas de varios colores.	Se emplean para urdimbres de un solo color.
Las filetas son de menor tamaño, ya que se trabaja por cintas de varios colores.	Las filetas son de mayor tamaño lo que permite mayor número de conos del mismo color.
Los hilos de urdimbre primero se agrupan en fajas sobre un tambor o bota, para luego ser plegados sobre el rollo.	Los hilos de urdimbre proveniente de las filetas van directamente a los cilindros o rollos plegadores.
La velocidad del urdidor es menor.	Velocidad del urdidor mayor.

1.3 Descripción de la máquina urdidora

La urdidora en la cual se implementará la automatización es una urdidora horizontal tipo seccional, como ya se indicó anteriormente este tipo de urdidoras son especializadas para realizar metrajes cortos y principalmente coloridos, basándonos en esta última característica, todas las microempresas de la localidad de Peguche trabajan con artesanías sumamente coloridos, por lo cual resulta complejo al momento de realizar el proceso de urdición.

1.3.1 Componentes de urdidor seccional

En la figura 5 se observa las partes principales de este tipo de urdidoras las cuales son: fileta, base de peine, tambor o bota y zona de plegado.

Figura 5

Partes de la urdidora seccional.



Fileta.

Es la estructura donde se colocan los conos con hilos, además cuenta con elementos como tensores, guías intermedias, detectores de rotura o más llamados como para hilos [11]. Hay dos filetas: fileta paralela y fileta en V. Siendo la fileta en V el más recomendable para altas velocidades, en la figura 6 la fileta paralela donde se pueden diseñar más colores en la urdimbre.

Figura 6

Fileta paralela.



Base de peine.

Es la base donde se encuentra el peine que mantiene homogéneo las separaciones de los hilos la cual forma la urdimbre [11]. El peine posee una variada nomenclatura las cuales están dados por la cantidad de espacios entre sus ranuras dentro de un centímetro. La base del peine

mostrada en la figura 7 debe ser lo suficientemente rígida capaz de soportar las tensiones de los hilos.

Figura 7

Base de peine.

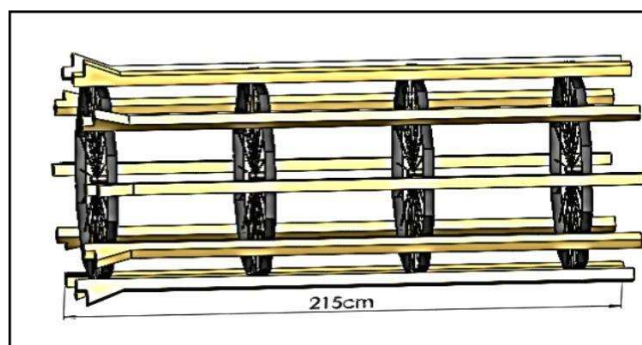


Tambor o bota.

El tambor o bota según la norma ISO 2544 es donde se enrollan las secciones o fajas de urdimbre, uno de sus extremos es cónico la misma que puede tener un ángulo ajustable o fijo como se observa la figura 8, esta misma ayuda a soportar la primera faja de urdimbre y evitar posibles deslizamientos.

Figura 8

Tambor cónico.



Nota: Diseño de tambor cónico con ángulo fijo [4].

Además, se puede encontrar el tambor sin extremo cónico donde sus principales diferencias están detalladas en la tabla 2.

Tabla 2

Diferencia entre tambor sin extremo cónico y tambor con extremo cónico.

Tambor sin extremo cónico	Tambor con extremo cónico
Su avance es continuo.	Se ajusta los avances de desplazamiento.
Necesita de separadores entre fajas a lo largo del tambor.	No necesita de separadores entre fajas ya que es uniforme su desplazamiento.
Tiene separadores en la orilla para la primera sección de urdimbre.	Angulo ajustable para soportar la primera sección de la urdimbre.

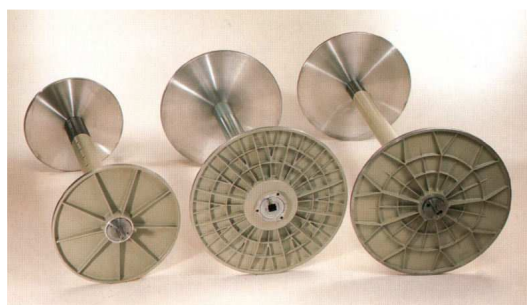
Zona de plegado.

En esta zona es donde se coloca el plegador que está conformado por un cilindro alargado central (caña) y dos laterales (valonas) que poseen diámetros mayores los cuales limitan el espacio donde se enrolla la urdimbre, en las cañas los diámetros estándar son de 200 milímetros y los de las valonas son de 1 metro [13].

El plegador en sus extremos tienen dos ejes observamos la figura 9, estas serán montadas sobre la bancada en la zona de plegado, están encargadas de transferir el movimiento rotatorio al plegador, permitiendo así enrollar la urdimbre.

Figura 9

Plegador.



Nota: Plegadores con diferentes formas de eje [14].

1.4 Funcionamiento de la urdidora

El proceso de urdido es fundamental para la fabricación de tejidos y textiles, ya que se encarga de ordenar y organizar de manera cuidadosa los hilos de urdimbre, preparándolos de manera uniforme para su posterior proceso de tejido en el telar. A continuación se describe las fases o pasos fundamentales en este proceso [4]:

- Fase 1: El operador debe colocar los hilos necesarios en la fileta paralela, cada hilo pasa meticulosamente por su respectivo guía hilo y su tensor.
- Fase 2: Tras completar el procedimiento anterior, el operador guía individualmente cada hilo a través de los orificios del peine, las cuales corresponden al espacio entre las ranuras. Este conjunto de hilos se denomina faja.
- Fase 3: Para iniciar con el urdido el operador debe colocar la primera faja en el tambor, realizando la media cruz donde coloca el crucero (cordón de cruz).
- Fase 4: El operador procede a urdir todas las fajas, se toma en cuenta que el número de fajas depende al producto a elaborar.
- Fase 5: Una vez que el operador complete todas las fajas se dirige a la zona de plegado. Allí, el operador realiza el plegado en el enjullo destinado para el telar. Es fundamental que el operador se cerciore de activar el freno del tambor para mantener la tensión adecuada durante el proceso de plegado.

1.5 Área eléctrica

1.5.1 Controlador lógico programable

El controlador lógico programable se trata básicamente de una computadora véase figura 10, está diseñada para realizar un control en tiempo real y en la industria se aplica para controlar procesos secuenciales. Un concepto más preciso está dado por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricante Eléctricos de los Estados Unidos), la cual define al controlador lógico programable como [15]:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos [15]”

Figura 10

Controlador lógico programable.



Nota: PLC SIMATIC S7-1200 [16].

Con esta definición los campos de aplicación del PLC en procesos industriales son aquellos procesos de producción que están en constante cambio, en el tema de la industria textil es altamente funcional para lo cual se emplea en configuración de parámetros y el control de producción secuencial, con lo cual nos permite realizar chequeos constantes [3].

Entradas y salidas digitales – analógicas

Entradas digitales.

Los módulos de entrada digitales nos permiten conectar a los autómatas captadores de todo tipo. El PLC codifica estas señales según su amplitud, siendo el 1 lógico para el valor de mayor amplitud y 0 lógico para el nivel de amplitud menor [3]. Consta de dos tipos de salidas digitales las cuales son de voltaje y de relé, a su vez se tiene un proceso de adquisición de la señal digitales la cual tiene las siguientes etapas:

- Protección contra sobretensiones
- Filtrado
- Puesta en forma de la onda
- Aislamiento galvánico

Salidas digitales.

El módulo de salida digital permite que el autómata programable actúe sobre los preaccionadores y accionadores donde se admitan ordenes de todo tipo o nada [17].

El proceso de envío de señal digital consta de las siguientes partes [17]:

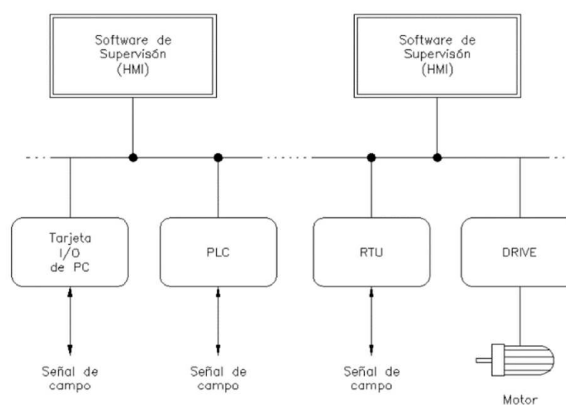
- Puesta en forma
- Aislamiento
- Circuito de mando
- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

1.5.2 Sistema HMI

HMI en español significa Interfaz Humano Maquina, su objetivo principal es entablar una comunicación entre el usuario y el estado de las máquinas de un proceso o sistema [18]. El HMI se relaciona como una ventana donde se aprecian objetos y elementos de un proceso, las mismas que pueden ser operados en computadoras o paneles. Para enviar las señales de un proceso u operación al HMI se necesita la ayuda del PLC, drives o RTU, estos a su vez deben tener un lenguaje que el HMI pueda entender, este esquema de comunicación del HMI lo podemos observar en la figura 11.

Figura 11

Esquema de comunicación.



Nota: [19].

Funciones principales del HMI.

- **Monitoreo:** capacidad para mostrar datos o variables del proceso en tiempo real al operador por medio de gráficos, textos y números para su fácil comprensión.
- **Supervisión:** junto con el monitoreo esta encargada de realizar los ajustes en las condiciones de trabajo desde el computador.

- Alarmas: tiene la capacidad de reconocer y reportar las falencias dentro del proceso.
- Control: cuando se presente algún procedimiento se encargan de la toma de decisiones, suprimiendo así la acción del operario.
- Histórico: encargada de almacenar todo tipo de información del proceso, los cuales sirven para establecer optimizaciones o corregir proceso[20].

1.6 Sensores y actuadores

1.6.1 Sensores

Los sensores son dispositivos encargados de obtener señales como respuesta a magnitudes de entrada no eléctricas [21]. Estos sensores están encargados de dar señales eléctricas a la salida, pueden ser analógicas o digitales, gracias a este dominio físico son los que más se emplean al momento de realizar sistemas de medidas en tiempo real [18].

La industria textil ha empleado los sensores para desarrollar ciertas acciones, como se dijo anteriormente están encargadas de mandar señales capaces de realizar algún tipo de función, tales como sensores que envían señales para informar la rotura de un filamento o hilo, calcular el metraje en los procesos textiles, entre otros.

Los sensores presentan una clasificación, a veces suele ser confusa por el hecho de ser utilizada para medir diferentes varias físicas, por lo cual es fundamental saber cómo interpretar la señal de salida, en la tabla 3 se observa su clasificación por el tipo de variable medida.

Tabla 3

Clasificación de los sensores según la variable física a medir.

Clasificación de los sensores según la variable física a medir	De posición, velocidad y aceleración
	De color, luz y visión
	De humedad y temperatura
	De fuerza y deformación
	De corriente
	De gas y pH
	De nivel y proximidad
	Biométricos

Nota: [22]

1.6.2 Actuadores

“El actuador es un dispositivo que tiene la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía” [22].

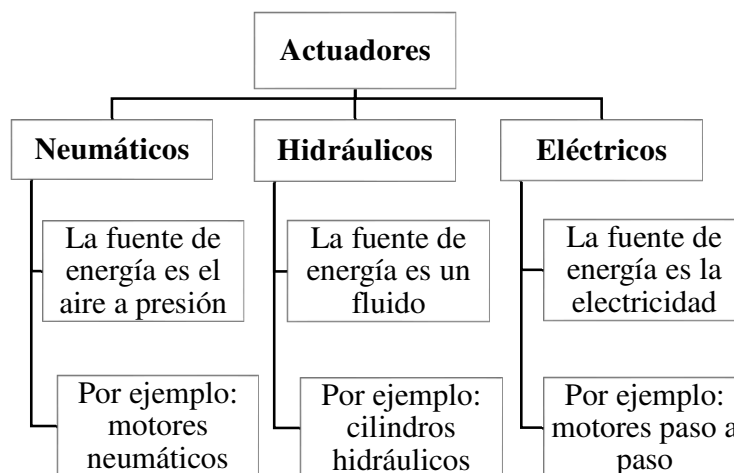
Con la ayuda de estos actuadores se han automatizado varios procesos, entre ellos en la industria textil se utilizan motores, finales de carrera, relevadores, contactores, válvulas neumáticas y demás.

1.6.3 Clasificación de actuadores

Los actuadores que dependen al tipo de energía utilizada tienen la clasificación que se muestra en la figura 12.

Figura 12

Clasificación de los actuadores.



Nota: [22].

2. CAPÍTULO II Materiales y Métodos

2.1 Tipos de investigación

Para realizar esta investigación se emplearon diferentes métodos de investigación, las cuales se las detalla a continuación:

2.1.1 Método descriptivo

El método descriptivo consiste en caracterizar un hecho, un fenómeno, estudiar su comportamiento y es un nivel intermedio en cuanto a profundizar conocimientos [23]. Es primordial conocer las características de la máquina, su funcionamiento e indagar sobre alguna implementación que se ha realizado en esta.

2.1.2 Método documental

Con este método se busca analizar e interpretar datos obtenidos por otros investigadores [23]. Hace referencia a los proyectos, libros y demás fuentes relacionadas con el tema de investigación.

2.1.3 Método experimental

El método experimental es un proceso donde se somete una máquina a determinadas condiciones, donde se puede observar las reacciones que estas producen [19]. Este método se emplea al momento de realizar las simulaciones en el CAD, la programación de los elementos electrónicos que cumplan los objetivos planteados para la solución del problema, por lo cual este método es indispensable en la verificación del proyecto.

2.2 Primera etapa: Obtención de información

En la fase inicial, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva que implica la identificación de las necesidades del cliente, las especificaciones de los parámetros del dispositivo, un análisis profundo del funcionamiento de la máquina a automatizar y la determinación del entorno óptimo para la instalación de los dispositivos. En tal sentido, se propone diversas alternativas en función a los criterios previamente establecidos.

Para llevar a cabo esta fase, se recurre a la metodología del Despliegue de la Función de Calidad (QFD, por sus siglas en inglés) como herramienta para la clasificación los parámetros.

Esta clasificación se basa en la importancia atribuida tanto por el cliente como por el equipo de diseño, lo que permite la elección de la opción más adecuada para la fase de diseño y control del proyecto.

2.3 Segunda etapa: Parámetros de diseño

En la segunda etapa, se procede a la definición del problema, utilizando la información recopilada en la anterior etapa. A través de la implementación de la matriz QFD, se establecen los parámetros necesarios y sus respectivas características, los cuales proporcionan criterios de diseño prioritarios.

2.3.1 Desglose funcional del sistema

Se presentan los diagramas funcionales del sistema automatizado, los cuales permiten conocer las funciones primarias y secundarias del sistema para posteriormente plantear alternativas de solución para cada función.

2.3.2 Alternativas de solución

Con la ayuda de la matriz morfológica se proponen varias alternativas de solución que cumplan con los requerimientos de la máquina.

2.3.3 Selección de solución

Luego de un análisis exhaustivo de cada una de las alternativas propuestas, se procede a realizar una evaluación cuantitativa de cada alternativa con respecto a los criterios establecidos.

2.4 Tercera etapa: Diseño del sistema automatizado

En esta etapa, se abarca la elaboración del diseño integral del sistema automatizado, teniendo en cuenta los parámetros previamente establecidos. Se consideran los componentes esenciales necesarios para el funcionamiento eficiente del dispositivo.

2.4.1 Programación de dispositivos

En este paso, se desarrolla la programación de dispositivos eléctricos las cuales incluyen al Controlador Lógico Programable (PLC) y la interfaz Hombre-Máquina (HMI). Esto implica la utilización de softwares especializados que se ajustan a las marcas previamente elegidas. Además,

se tiene en cuenta las normativas para el diseño de interfaces gráficas, como también el lenguaje apropiado de programación.

2.4.2 Diseño tablero de control eléctrico

En esta sección se elaboran los esquemas de conexión eléctrica y se selecciona los componentes eléctricos necesarios. Estos componentes deben ser ubicados de manera correcta, para lo cual se emplea un software CAD para realizar simulaciones previas al ensamblaje eléctrico. Esto permite verificar la disposición y funcionalidad de los componentes antes de llevar a cabo la construcción del tablero eléctrico.

2.4.3 Diseño estructural

Esta sección abarca la planificación del diseño estructural necesario para la ejecución del proyecto, incluyendo la implementación de soportes para componentes eléctricos u otras estructuras relevantes. Para llevar a cabo este proceso de manera eficiente se propone el empleo de software CAD, que proporciona una vista previa al modelo físico requerido.

2.5 Cuarta etapa: Implementación del sistema automatizado

Una vez que el diseño de control y estructural ha sido desarrollado y ha recibido la aprobación correspondiente, se avanza a la fase de implementación del sistema automatizado en la urdidora horizontal.

2.5.1 Construcción de estructuras

Para continuar con la implementación, el primer paso consiste en la construcción de todos los componentes estructurales. Estos elementos proporcionarán el soporte a los diferentes elementos como el paraurdimbre, sujeciones para los sensores y demás. Es esencial tener en cuenta la fase del diseño, ya que en esta etapa se especifican dimensiones y materiales para el proceso de fabricación.

2.5.2 Integración elementos mecánicos y eléctricos

Una vez se han producido las piezas de fabricación, se implementa a la urdidora juntamente con el sistema eléctrico que comprende los sensores y el tablero de control eléctrico. La colocación del tablero de control debe seguir las normativas y regulaciones correspondientes.

2.6 Quinta etapa: Validación del funcionamiento

Para llegar a esta etapa se debieron cumplir las etapas anteriores satisfactoriamente. Para validar el sistema, es necesario llevar a cabo una correcta regulación de los sensores y demás dispositivos. Se llevarán a cabo pruebas del tiempo empleado en detección de rotura de hilo, contabilización de paros inoportunos y verificación de contador de vueltas.

3. CAPÍTULO III Resultados y Discusión

3.1 Requerimientos del diseño

3.1.1 Descripción de la situación actual de la urdidora horizontal tipo seccional

La urdidora horizontal únicamente esta accionada por dos motores, el primer motor encargado del sistema de plegado y el segundo motor encargado de dar movimiento al tambor o bota para el proceso de urdir. Estos motores están conectados a interruptores trifásicos sin ningún tipo de protección, lo cual tiende a estar en constante peligro eléctrico, no es capaz por sí solo de detectar una rotura o acabado de hilo, tampoco puede detectar el número de vueltas que lleva el proceso en caso de que exista algún tipo de descuido del operador el urdido tiende a tener algunos fallos.

3.1.2 Demanda del cliente para el diseño

De acuerdo con la información brindada por el cliente se desarrolla una tabla donde se detallan los requerimientos y características esenciales que debe tener la máquina, se observa en tabla 4.

Tabla 4

Voz del cliente.

Deseos del cliente	Descripción
Eléctrico	Máquina funciona con electricidad 220V.
Fácil operatividad	Utilización de elemento HMI para visualización de procesos.
Funcionalidad	Detención de proceso al momento de rotura del hilo.
Precio	Visualizar el metraje de los hilos del proceso. Presupuesto máximo de \$1500.
Mecánico	Estructura adecuada para colocar el sensor de rotura de hilo.

Después de haber obtenido las especificaciones del cliente, se procede a crear una tabla adicional en la que se presenta las recomendaciones y requisitos, denominada “voz del ingeniero”. Estos detalles específicos se encuentran detallados en la Tabla 5.

Tabla 5*Voz del ingeniero.*

Requerimientos del ingeniero	Descripción
Eléctrico	La máquina tiene un motor de 220V.
Funcionalidad	Utilización de sensores para detectar rotura de hilos y calcular las vueltas de urdido.
Mecánico	Estructura para colocar el sensor.
Precio	Implementación de sensores capaces de cumplir la misma función, adecuados al presupuesto del cliente.

3.1.3 Especificaciones del sistema

Después de recopilar la perspectiva del cliente como la del ingeniero, se propone en la tabla 6 los requisitos necesarios para la máquina, junto con su correspondiente nivel de valoración.

Tabla 6*Requisitos para la máquina.*

Concepto	Propuesto	Requerimiento/ Deseo	Descripción	Valoración
Eléctrico	Cliente/ diseñador	Requerimiento	Urdidor funciona con 220V.	10
Funcionali dad	Cliente/ diseñador	Requerimiento	La máquina debe detectar la rotura de hilo y frenar el proceso.	10
Mecánico	Cliente/ diseñador	Requerimiento	Estructura para colocar el sensor.	8
Precio	Cliente	Requerimiento	El precio no debe superar el presupuesto establecido.	8

Concepto	Propuesto	Requerimiento/ Deseo	Descripción	Valoración
Operación	Cliente	Requerimiento	Colocar una interfaz gráfica, donde se verifica el funcionamiento del proceso de urdido.	8

Con base a los requerimientos y características mostrada en la Tabla 6 se realiza una matriz de la Casa de la Calidad, el cual permite tener una relación entre el diseño técnico y los requisitos del cliente. Se presenta en la Tabla 7 las características de diseño con los respectivos pesos relativos obtenidas del QFD, la matriz en cuestión está disponible para su visualización en el anexo A.

Tabla 7

Características de diseño con sus respectivos pesos relativos.

Características de diseño	Peso relativo (%)
Materiales resistentes	15
Fácil adquisición de componentes	15
Interfaz de usuario amigable	20
Indicadores de alerta	17
Controlador lógico	20
Correcta instalación	13
Total	100%

3.2 Parámetros de diseño

3.2.1 Desglose funcional del sistema

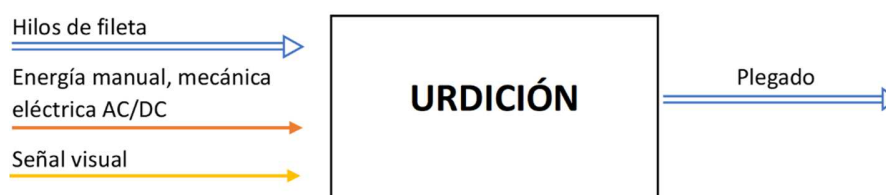
Tras la ejecución del QFD y la identificación de los parámetros con sus respectivas evaluaciones, se inicia una fase de análisis y definición de la problemática. Con respecto a la

automatización de la urdidora, tanto la estructura como los componentes eléctricos deben poseer una combinación de robustez y fácil disponibilidad. Por lo cual el proceso de selección inicia con los diagramas de desglose funcional del sistema.

El nivel cero representa el funcionamiento sencillo del proceso de urdido, el cual consiste en ingresar los hilos a la fileta y posteriormente iniciar el urdido con la ayuda de energía eléctrica y manual en todo el proceso, se plantea el diagrama en la Figura 13.

Figura 13

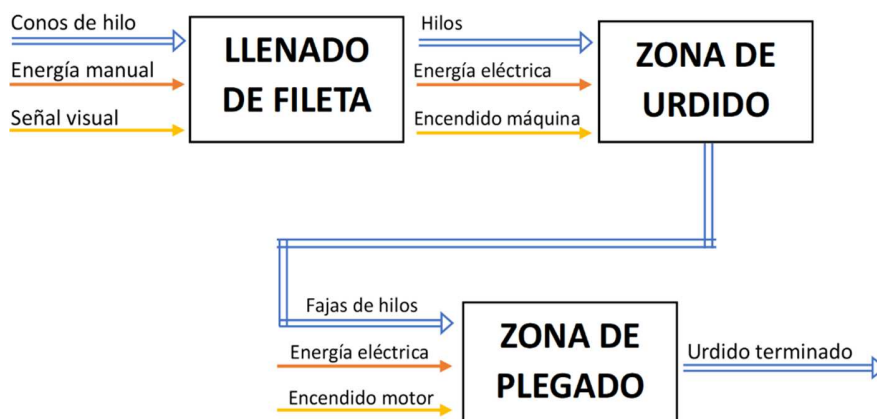
Diagrama de desglose funcional nivel cero.



Las funciones primarias son aquellas que identifica el cliente al momento de adquirir el producto, en este proceso se determinan tres funciones que son el llenado de fileta, la zona de urdido y la zona de plegado, estas funciones pertenecen al diagrama de desglose nivel uno presentados en la Figura 14.

Figura 14

Diagrama de desglose funcional nivel uno.



En base a las funciones primarias presentadas en el diagrama de la Figura 14, se realiza una tabla donde se describe cada una de estas funciones, véase en la Tabla 8.

Tabla 8

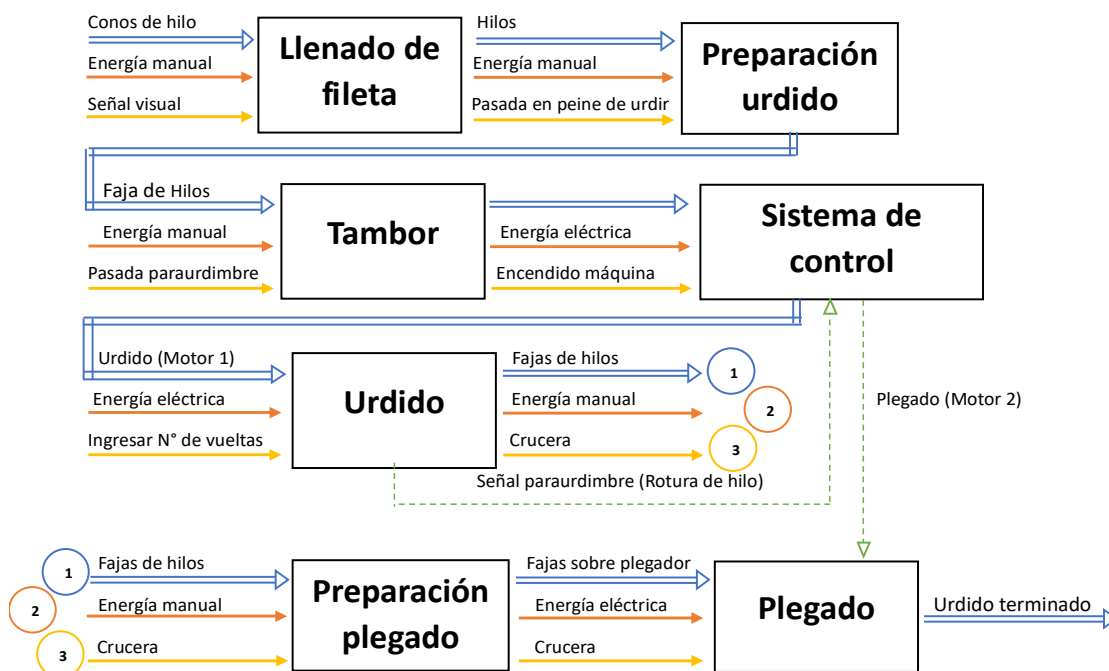
Descripción de funciones primarias.

Función	Descripción
Llenado de fileta	Es la preparación para iniciar el proceso, consiste en llenar la fileta con los conos de hilos a utilizarse en el proceso de urdición, este proceso se desarrolla de forma manual.
Zona de urdido	Se lleva los hilos de la fileta hacia la zona de urdido, el conjunto de estos hilos conforma una faja, este proceso culmina una vez urdido el número de fajas dependiendo al ancho del producto.
Zona de plegado	Las fajas de hilos respectivos son colocadas en el plegador finalizando así todo el proceso de urdición.

Se exhibe un diagrama de desglose funcional de segundo nivel, el cual define funciones secundarias que facilitan la ejecución de las funciones primarias. Este diagrama se visualiza en la Figura 15.

Figura 15

Diagrama de desglose funcional nivel dos.



Con los diagramas de desglose funcional uno y dos se presenta la tabla 9, donde se describe la funcionalidad del sistema.

Tabla 9

Funcionalidad del sistema.

Función N1	Función N 2	Descripción
Preparación de Urdido	Llenado fileta	Se colocan los conos de hilos a utilizar en el proceso.
	Distribución de hilos	Los hilos de la fileta pasan por un peine, dependiendo los minoles a utilizar.
	Tambor	Este conjunto de hilos llamados fajas son pasados por el sistema de rotura de hilo y colocados en el tambor.
Zona de urdido	Sistema de control	Se enciende la máquina y con la ayuda del interfaz se selecciona el motor que corresponde al proceso de urdido, además ingresar el número de vueltas a urdir.
	Urdido	Inicia el proceso donde se urden las fajas necesarias dependiendo al ancho del producto, también en caso de rotura de hilo el proceso se detiene y para iniciarlo nuevamente se lo realiza en la función anterior. Este proceso culmina con las cruceras de las fajas.
Zona de plegado	Preparación plegado	Manualmente se colocan las cruceras de las fajas en el plegador.
	Plegado	Finalmente se selecciona el motor correspondiente para iniciar el proceso de plegado y una vez finalizado, el urdido culmina con satisfacción.




3.3 Análisis y selección de alternativas

3.3.1 Análisis de matriz morfológica

En la tabla 10 se puede ver que cada una de las funciones y subfunciones presentan posibles soluciones para llegar al diseño del producto final cumpliendo con las exigencias del cliente anteriormente establecidas, en cada una de las soluciones se describen el funcionamiento, ventajas, desventajas e ilustración.

Tabla 10

Análisis de matriz morfológica.

Función	Nivel 2	Solución	Detalle	Ventajas	Desventajas	Ilustración
Preparación Urdido	Llenado de fileta	Manual	Llenado de fileta con hilos por medio del operador.	-Fácil manipulación de colores.	-Tiempo de llenado.	
	Distribución de hilos	Manual (Peine)	Manualmente se distribuye los hilos por el peine, su cantidad depende de la longitud de las fajas.	-Fácil localización de cruceras. -Reducción de enredos entre hilos.	-Tiempo del proceso. -Dependencia del operador.	
	Tambor	Manual (separadores)	Se envuelve una vuelta cada faja inicial mediante separadores para conseguir uniformidad en el urdido.	-Mantiene uniforme el urdido. -Diferenciación entre fajas.	-Los separadores son utilizados en cada faja del proceso.	

Urdido (Sistema de control)	Controlar lógico	PLC Siemens LOGO! 230RCE	Controlador lógico fabricado por Siemens está diseñada para ejecutar funciones de control, se maneja lenguaje Ladder o bloques.	-Posee una pantalla integrada. -Tarjeta estándar MicroSD.	-Tiene solo 4 salidas. -Poca disponibilidad en el mercado local (Otavalo).	
		Microcontrolador Arduino UNO	Es una placa de microcontrolador desarrollado por Arduino.cc. Cuenta con un software libre de programación	-Posee una gran biblioteca de ejemplos dentro del software de Arduino. - Bajo costo y con un gran mercado local.	-Estructura frágil. -Pines de entrada/salida limitados. -Poder de procesamiento limitado.	
		XINJE XD3-16R-E	Son fabricados por Xinje, especializados en el control de procesos industriales. El lenguaje de programación es en Ladder o instrucciones, realizados en un software propio gratuito.	-Permite hasta 10 módulos de expansión. -Tiene 8 salidas digitales. -Precio accesible y se encuentra en el mercado local.	-No tiene modulo externo de memoria. -No tiene pantalla integrada. -No cuenta con diagrama de bloques.	

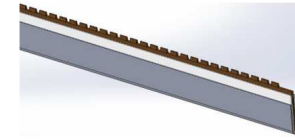
Rotura de hilo

Sistema Paraurdimbre

El paraurdimbre es un sistema conformado por barras bimetálicas y pequeñas láminas delgadas que están suspendidas en un hilo gracias a la tensión de la urdimbre, una vez que el hilo sufra una rotura esta lámina cae haciendo contacto eléctrico con la barra bimetálica deteniendo así el proceso.

- Bajo costo.
- Señal va directamente al controlador.
- Disponibilidad en el mercado local.
- Se instalan tantas láminas como números de hilos que tenga la fileta.

- No especifica el cono que sufrió la rotura o termino de hilo.



Visual




El sistema visual para detección lo realiza el operador al estar en constante monitoreo, en caso de detección de rotura de hilo visualmente detiene el proceso de manera manual.

- No utiliza implementos adicionales.
- No requiere un sistema automático.

- Dependencia del operador.
- Tiempo empleado.
- Lenta reacción en caso de roturas.
- Desgaste visual.
- Fallos en detecciones.



Contabilizador de vueltas

Sistema EYE- Eltex Yarn	<p>Es un sistema para detección de rotura de hilo, el cual está compuesto por sensores EYE, unidad de control y un terminal de operador. Utiliza tecnología piezoeléctrica que detecta el movimiento del hilo mas no la presencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Propio terminal de operador. -Se puede conectar hasta 72 sensores a la unidad de control. -Determina el lugar exacto de rotura. 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevado costo. -Producto importado. 	
Sistema de engranes	<p>Sistema de transmisión mediante engranes que sirven como un reloj. Donde el operador coloca diferentes marcas como referencia al número de vueltas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Dependencia del operador. -Colocar en el punto inicial antes de iniciar el proceso. 	
Sensor inductivo	<p>El sensor inductivo permite contabilizar el número de vueltas que realiza el tambor, ya que este sensor detecta los objetos metálicos sin tener un contacto lo cual permite el contaje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Distancia de detección. -Rápida respuesta. -Bajo costo. -Accesibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> -Difícil calibración en distancia de detección. 	

Monitoreo

IoT

El internet de las cosas (IoT) es una red colectiva de dispositivos conectados, utiliza una tecnología que facilita la conexión entre los dispositivos utilizados y la nube.

- Monitoreo en tiempo real de cualquier parte del mundo.
- Fácil comunicación y transferencia de datos en tiempo real.

- Alto costo.
- Complejidad en su interpretación.





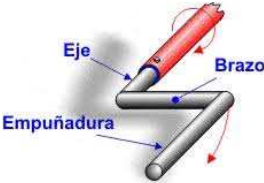

HMI KINCO GL043E

El HMI es un interfaz entre los procesos y los operarios. KINCO es una de las empresas encargada en la fabricación que se caracteriza por costo-rendimiento, son usados para entornos industriales.

- Precio accesible.
- Mercado local.
- Software propio y fácil comunicación con controlador lógico.
- Panel táctil.

- No presenta



		HMI SIEMENS KTP700 Basic	SIEMENS es una empresa que cuenta con estos HMI. Es una de las marcas más reconocidas en automatización industrial. Se caracteriza por su fiabilidad.	-Fácil comunicación con controladores lógicos. -Memoria de datos 256 MB.	-Elevado precio	
Zona de plegado	Preparación de plegado	Manual	La preparación del plegado es realizada manualmente donde las fajas son pasadas por una varilla que posteriormente será envuelta en la rueda.	-Plegado de manera uniforme.	-Dependencia del operador. -Tiempo empleado.	
	Plegado	Manual (Manivela)	Para el plegado del urdimbre en la rueda, se acciona mediante una manivela de manera manual por el operador.	-Disminución en costos.	-Desgaste físico de operador. -Tiempo empleado en el proceso.	
		Eléctrico	Se utiliza un motor eléctrico para realizar el plegado del urdimbre en la rueda.	-Eficiencia en tiempo y recursos. -Fácil operación.	-No presenta	




Nota: Información extraída de [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31]

3.3.2 Matriz morfológica

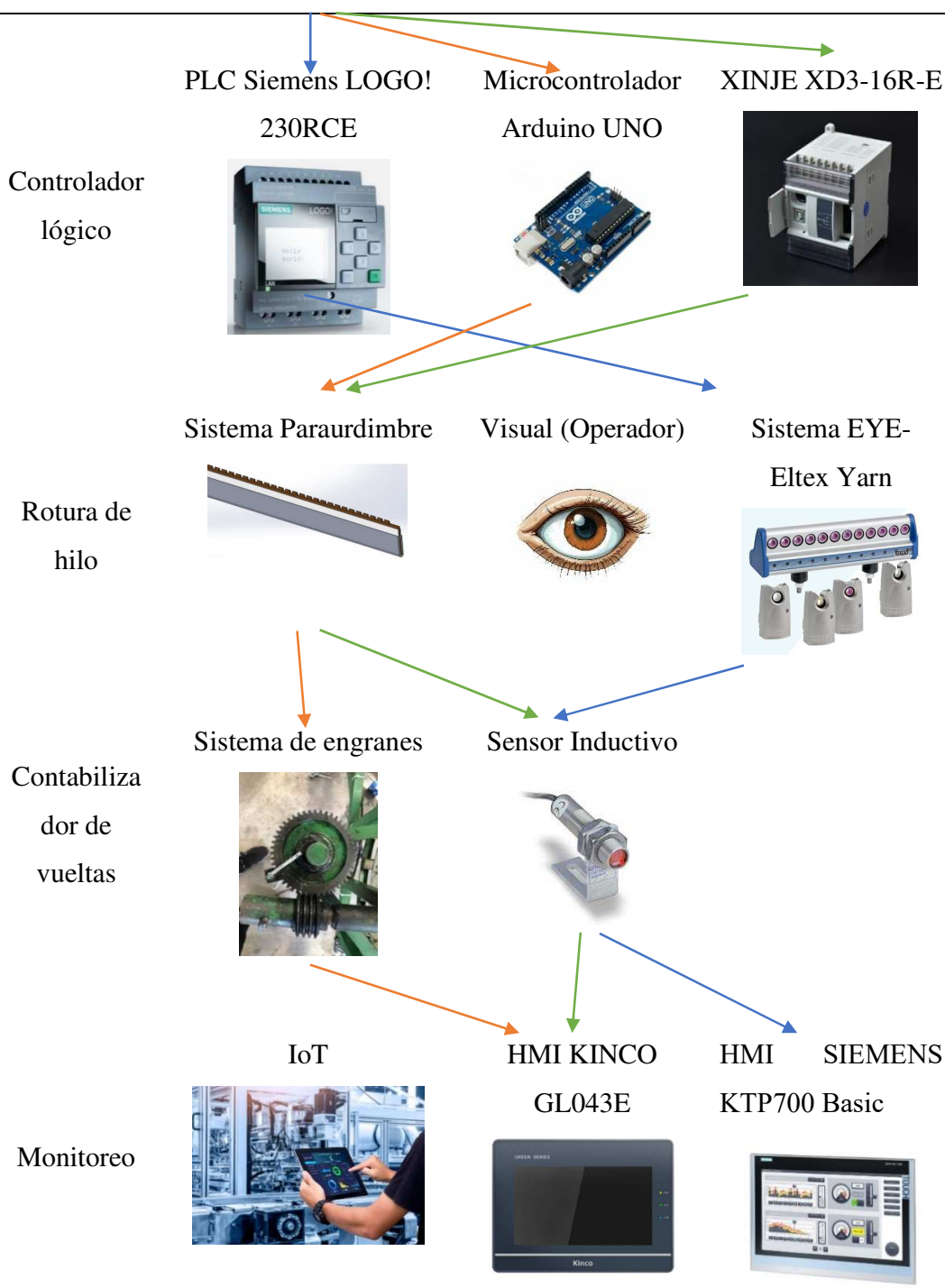
Tras el análisis de las diferentes soluciones a cada una de las funciones presentadas en la sección anterior, se presentan tres alternativas de solución detalladas en la siguiente matriz morfológica (Tabla 11). Esta herramienta resulta fundamental para generar ideas y examinar diversas soluciones de forma organizada.

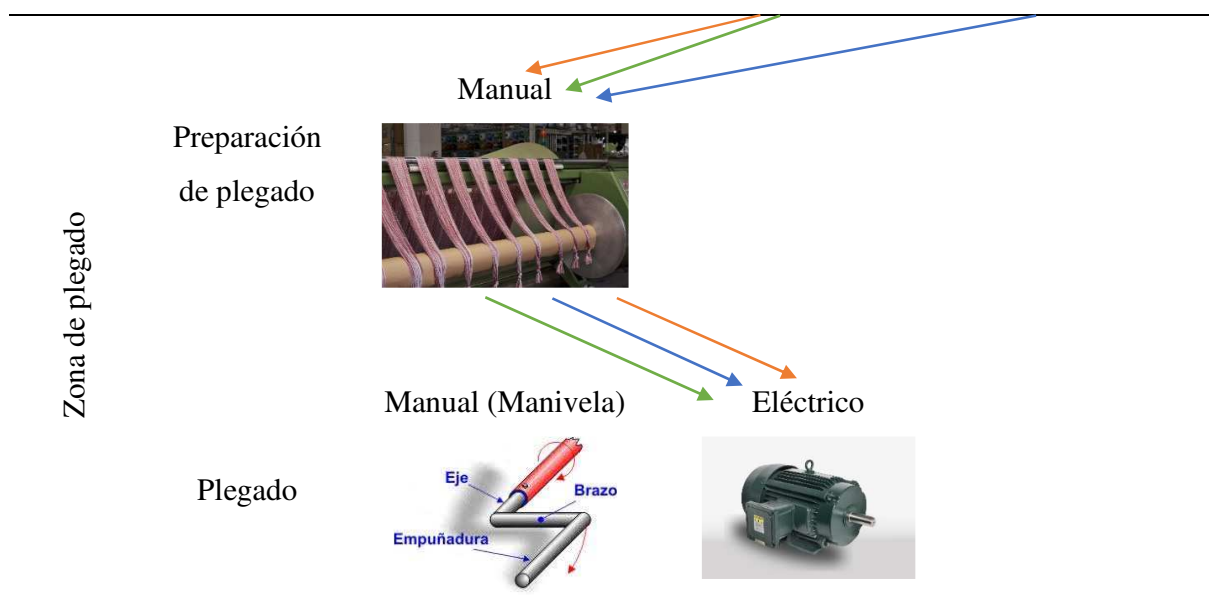
Tabla 11

Matriz morfológica.

Función	Subfunción	Alternativas
Preparación Urdido	Llenado de fileta	Manual 
	Distribución de hilos	Manual (Peine) 
	Tambor	Manual (Separadores) 

Urdido (Sistema de control)





Solución 1: La preparación para el proceso de urdido es netamente manual, la cabeza del sistema de control es el PLC marca SIEMENS, la detección de rotura de hilo lo hace mediante un sistema EYE Eltex Yarn, además para contabilizar las vueltas se utiliza un sensor inductivo, estos procesos a su vez están siendo monitorizadas por un HMI marca SIEMENS lo cual beneficia en la rápida comunicación con el PLC. Para finalizar el sistema de plegado es accionado por un motor eléctrico.

Solución 2: La preparación para el proceso de urdido igualmente es manual, la cabeza del sistema de control es el PLC marca XINJE, la detección del proceso en caso de rotura de hilo es accionado mediante el sistema de paraurdimbre, con la ayuda del sensor inductivo contabiliza el número de vueltas necesarias para el urdido mismas que son monitoreadas en el HMI marca KINCO. El sistema de plegado es realizado por un motor eléctrico.

Solución 3: Al igual que las demás soluciones la preparación para el proceso de urdido es netamente manual, la cabeza del sistema de control es el microcontrolador Arduino UNO, la detección del proceso en caso de rotura de hilo es realizada mediante el paraurdimbre, el sistema de engranes se encarga de contabilizar el número de vueltas realizadas, este conjunto de señales es monitoreado por el HMI marca KINCO y finalmente el sistema de plegado lo realiza el motor eléctrico.

3.3.3 Selección de mejor solución

Para determinar la mejor solución se evalúa cada criterio considerando el peso relativo obtenido antes en la casa de la calidad. Se presenta la tabla 12 con las ponderaciones respectivas.

Tabla 12

Evaluación de cada criterio.

	Materiales resistentes	Fácil adquisición	Interfaz de usuario	Indicadores alerta	Controlador lógico	Correcta instalación	$\Sigma+1$	Ponderación
Materiales resistentes		0,5	0	0	0	1	2,5	0,12
Fácil adquisición	0,5		0	0	0	1	2,5	0,12
Interfaz de usuario	1	1		1	0,5	1	5,5	0,26
Indicadores alerta	1	1	0		0	1	4	0,19
Controlador lógico	1	1	0,5	1		1	5,5	0,26
Correcta instalación	0	0	0	0	0		1	0,05
						SUMA	21	1

En la siguiente etapa del procedimiento de selección, se desarrolla tablas de evaluaciones (Tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18) correspondientes a cada alternativa de solución, considerando los criterios de diseño previamente definidos. Estas tablas proporcionan una evaluación sistemática y cuantitativa de cada alternativa en función de aspectos específicos, permitiendo así una comparación objetiva y detallada. Este enfoque estructurado facilita la identificación de las soluciones más idóneas de acuerdo con los requisitos establecidos para el sistema de automatización de la urdidora.

Tabla 13*Evaluación de las alternativas de solución respecto a materiales resistentes*

Materiales resistentes	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,42
Solución 2	0,5		1	2,5	0,42
Solución 3	0	0		1	0,16
			Suma	6	1

Solución 2 = Solución 1 > Solución 3

Tabla 14*Evaluación de las alternativas de solución respecto a fácil adquisición de componentes*

Fácil adquisición	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,16
Solución 2	1		0,5	2,5	0,42
Solución 3	1	0,5		2,5	0,42
			Suma	6	1

Solución 2 = Solución 3 > Solución 1

Tabla 15*Evaluación de las alternativas de solución respecto a interfaz de usuario*

Interfaz de usuario	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,42
Solución 2	0,5		1	2,5	0,42
Solución 3	0	0		1	0,16
			Suma	6	1

Solución 1 = Solución 2 > Solución 3

Tabla 16*Evaluación de las alternativas de solución respecto a indicadores de alerta*

Indicadores de alerta	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	2,5	0,42
Solución 2	0,5		1	2,5	0,42
Solución 3	0	0		1	0,16
			Suma	6	1

Solución 1 = Solución 2 > Solución 3

Tabla 17*Evaluación de las alternativas de solución respecto a controlador lógico*

Controlador lógico	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0	0,5	1,5	0,25
Solución 2	1		1	3	0,50
Solución 3	0,5	0		1,5	0,25
			Suma	6	1

Solución 2 > Solución 3 = Solución 1

Tabla 18*Evaluación de las alternativas de solución respecto a correcta instalación*

Correcta instalación	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
			Suma	6	1

Solución 3 = Solución 2 = Solución 1

Una vez evaluados las alternativas se revela que la solución 2 es la más factible respecto a las demás soluciones. En la tabla 19 se detalla el análisis cuantitativo que respalda la selección de la solución más idónea.

Tabla 19

Elección de mejor alternativa

Conclusiones	Materiales resistentes	Fácil adquisición	Interfaz de usuario	Indicadores alerta	Controlador lógico	Correcta instalación	Σ	Ponderación
Solución 1	0,12 x 0,42	0,12 x 0,16	0,26 x 0,42	0,19 x 0,42	0,26 x 0,25	0,05 x 0,33	0,3401	2
Solución 2	0,12 x 0,42	0,12 x 0,42	0,26 x 0,42	0,19 x 0,42	0,26 x 0,50	0,05 x 0,33	0,4363	1
Solución 3	0,12 x 0,16	0,12 x 0,42	0,26 x 0,16	0,19 x 0,16	0,26 x 0,25	0,05 x 0,33	0,2231	3

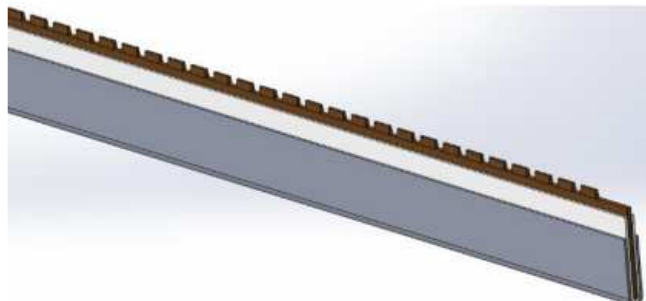
3.4 Solución del sistema de automatización

3.4.1 Sistema de paraurdimbre

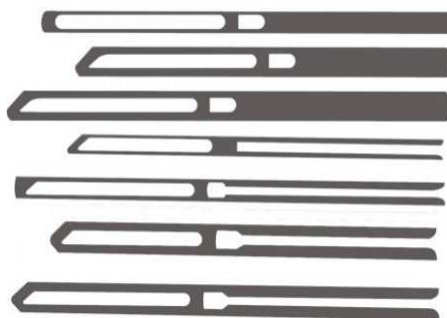
El paraurdimbre es un sistema conformado por barras bimetálicas y pequeñas láminas delgadas de acero inoxidable, donde cada una de estas delgadas láminas están suspendidas en un solo hilo gracias a la tensión de la urdimbre, por lo cual cuando el hilo sufra alguna rotura este pierda la tensión y la lámina delgada cae haciendo contacto eléctrico con la barra bimetálica del paraurdimbre deteniendo así el proceso.

Barra bimetálica del paraurdimbre

Se trata de barras metálicas montadas entre sí y separadas por un aislante plástico [26]. En la figura 16 se muestra la barra bimetálica donde sus contactos son los encargados de enviar la señal al PLC cuando la lámina fina cierre el circuito (se cae) ya que están conectados a una fuente de 24 V corriente continua. [26].

Figura 16*Barra bimetálica.**Nota:* [26]**Láminas metálicas**

Son láminas de metal delgadas que están suspendidas en el aire con la ayuda de la tensión de los hilos ubicados en la fileta, en la figura 17 se observan los diferentes tipos de láminas que se encuentran en el mercado textil.

Figura 17*Tipos de láminas metálicas.**Nota:* [32]

Hay varios tipos de láminas como se muestra en la imagen anterior, pero las terminaciones de sus puntas son las que permiten un mejor contacto con las barras bimetálicas, en la tabla 20 se muestran sus características.

Tabla 20*Láminas en función de la materia prima a tejer o urdir.*

MATERIA PRIMA DE URDIDO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	PESO (gr)
Algodón de 16 a 30 Ne. Lana peinada de 24 a 45 Ne. Lino de 44 a 84 Ne.	165	11	0.20 0.30	1.2
Algodón de 8 a 16 Ne. Lana peinada de 14 a 24 Ne. Lino de 22 a 44 Ne.	165	11	0.30	3.4
Algodón de 5 a 8 Ne. Lana peinada de 12 Ne y más fuerte. Lino de 14 a 22 Ne.	165	11	0.40	4.5
Algodón de 5 Ne y más fuerte. Lana cardada de 16 Ne y más fuerte. Lino de 14 Ne y más fuerte.	180	12	0.65	7.0

Nota: [32]

En el mercado existen láminas metálicas dependiendo el material a utilizar, anteriormente en la tabla 8 se elaboró un listado de láminas en función de la materia prima a realizar el proceso de urdido.

Para este proyecto, se ha optado por la lámina de 3.4 gr debido a las siguientes características técnicas:

- Materia prima: se emplea orlón, una fibra sintética con propiedades similares a la lana natural, siendo idónea para este proceso.
- Peso Adecuado: la lámina de 3.4 gr posee un peso adecuado, contribuyendo a mantener la tensión de los hilos al ingresar a dichas láminas sin requerir una excesiva tensión para soportar la carga.

- Disponibilidad local: existe disponibilidad de estas láminas en el mercado local.
- Facilidad de amarre: más sencillo al momento de amarrar y colocar un hilo por su parte inferior abierta.

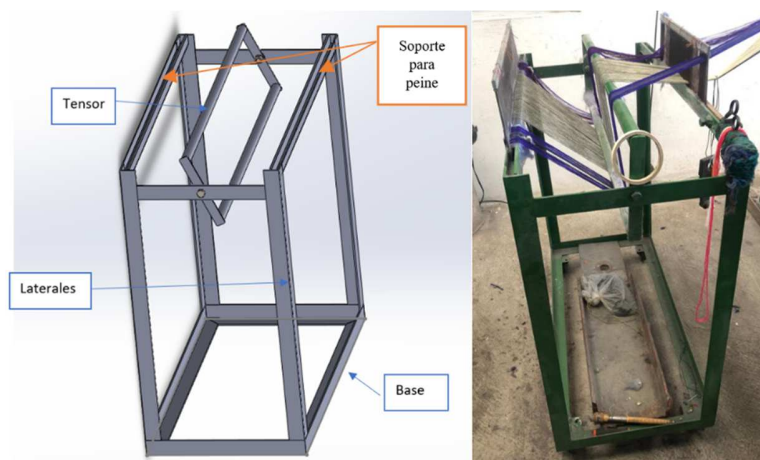
Diseño estructural para sistema de paraurdimbre

En el despliegue del sistema de paraurdimbre, resulta imperativo concebir un diseño estructural capaz de proporcionar el soporte necesario para el mismo, asegurando así su funcionamiento óptimo. A continuación, se presenta el diseño estructural del sistema de paraurdimbre

El urdidor inicialmente cuenta con un soporte para guía de hilos mostrada en la figura 18, básicamente este soporte guía los hilos que vienen de la fileta, pasan por un tensor que regula las tensiones de los hilos de manera uniforme y continua su recorrido hacia el tambor donde los hilos ya debidamente tensionados son colocados en el tambor para iniciar el urdido.

Figura 18

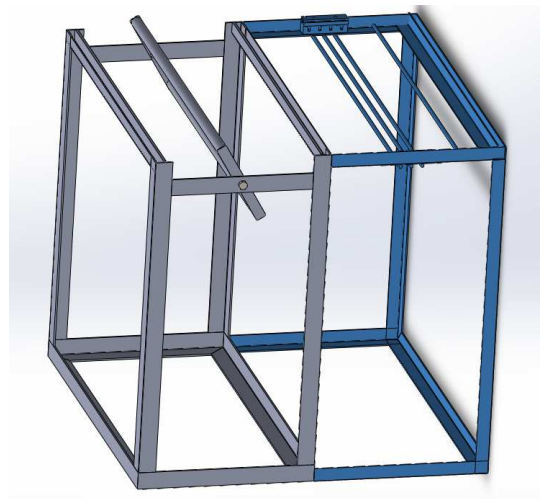
Soporte para guía de hilos del urdido.



Se propone colocar el sistema de paraurdimbre en esta estructura realizando modificaciones en el diseño inicial, las mismas que deben ser capaces de soportar el peso del sistema antes mencionado. En la figura 19 se presenta el diseño estructural del soporte del sistema del paraurdimbre que a su vez cumplirá con el objetivo de guía de hilos.

Figura 19

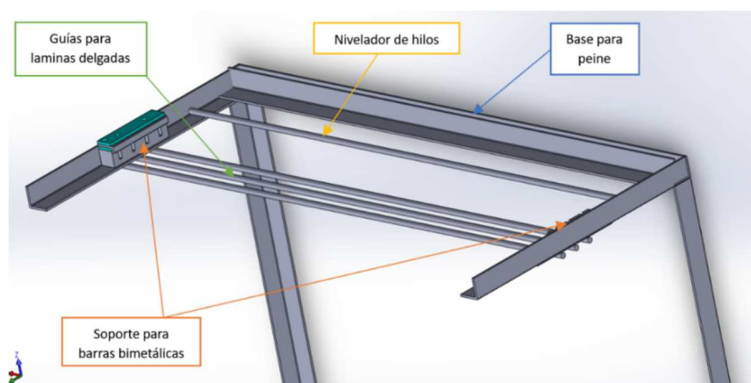
Adaptación de sistema de paraurdimbre en soporte para guía de hilos del urdido.



Se muestra a continuación detalladamente el diseño de los elementos del sistema de paraurdimbre (figura 20) y su respectiva función.

Figura 20

Partes del sistema de paraurdimbre.



- Base para peine: es la base que sujeta el peine, ya que el peine es el primer elemento por donde ingresa los hilos de la fileta.
- Nivelador de hilos: es una barra de 3/8 in de diámetro a la altura del soporte de las barras bimetalicas con la finalidad de tener un nivel estándar de los hilos antes de pasar por las láminas delgadas.
- Guías para láminas delgadas: las láminas delgadas al estar templadas por la tensión de los hilos y al momento del proceso suelen tener inestabilidad debido a la velocidad del tambor,

por lo cual se colocan unas barras circulares de 3/8 in de diámetro que sirven como guías de estas láminas delgadas.

- Soporte para barras bimetálicas: están diseñadas para la correcta sujeción de las barras bimetálicas donde estarán las láminas delgadas, estas tienen una capacidad hasta para 3 barras lo cual son suficiente por la cantidad de hilos de la fileta.

Los planos de la modificación del sistema de paraurdimbre se presentan en Anexos B.

Simulación de esfuerzos de la estructura.

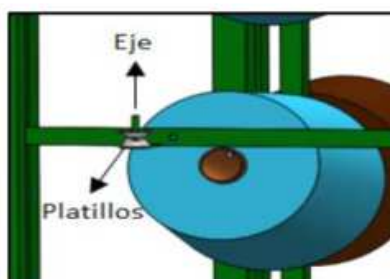
Es fundamental obtener la tensión de cada hilo proveniente de la fileta para llevar a cabo una simulación de esfuerzos. Esta simulación tiene como propósito evaluar si la estructura diseñada es capaz de resistir las tensiones generadas por los hilos, asegurando así la robustez del sistema.

- Tensión

La fileta cuenta con tensores de disco, que básicamente son dos platillos con un eje o pivote central por donde pasa el hilo de urdimbre [4], como se observa en la figura 21.

Figura 21

Tensor de disco



Nota: [4]

Según Neogi en [33], la tensión de un hilo se refiere al esfuerzo de tracción que se genera internamente en el hilo cuando se le somete a una deformación externa. Por lo tanto, la cantidad de tensión en el hilo está directamente relacionada con la deformación externa a la que se somete, esta tensión se mide en unidades de gramos o newtons, cabe recalcar que la tensión promedio del hilo no debería exceder el 5% de la resistencia de un solo hilo.

Los talleres artesanales de la comunidad de Peguche trabajan con un hilo acrílico retorcido título 28/2 Nm, estas son adquiridas por dos fábricas las cuales son: “Inter fibra” y “Paris Quito”,

para conocer la resistencia a la rotura se realizan pruebas con un dinamómetro, estas pruebas se encuentran plasmadas en [4], los datos que se obtuvieron fueron:

$$\text{Inter Fibra} = 88,39 \text{ gf} \rightarrow 0,867 \text{ N}$$

$$\text{Paris Quito} = 78,07 \text{ gf} \rightarrow 0,766 \text{ N}$$

Una vez obtenido la tensión de los diferentes hilos con los cuales se realizan el proceso de urdición, se procede a conocer el numero totales de hilos que se utilizan en el proceso. Por lo cual, en cada faja se involucran 92 hilos que pasan por el sistema de paraurdimbre. Entonces para conocer la tensión total se multiplica los hilos involucrados por la tensión de cada hilo.

$$\text{Tensión total} = 92 \text{ hilos} \times 0,867 \text{ N} = 79,764 \text{ N (Hilos Inter Fibra)}$$

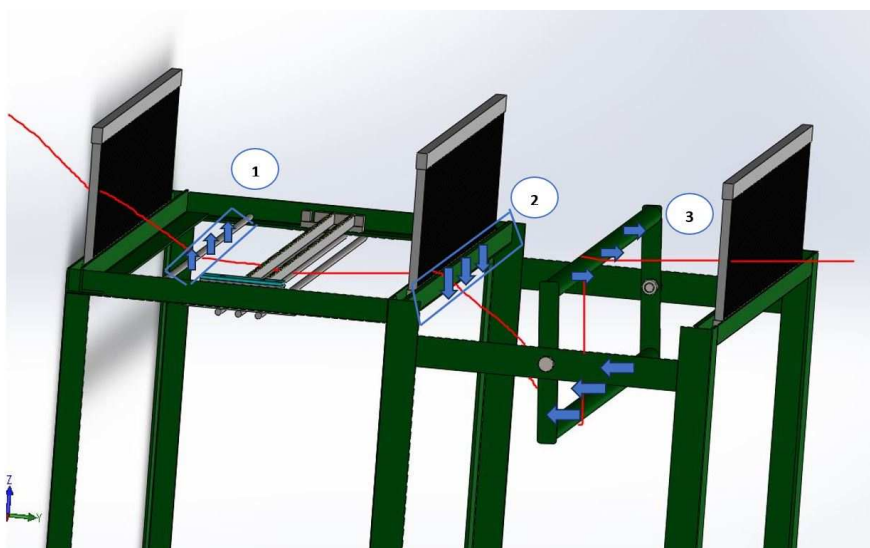
$$\text{Tensión total} = 92 \text{ hilos} \times 0,766 \text{ N} = 70,472 \text{ N (Hilos Paris Quito)}$$

- Cálculo de esfuerzo en los elementos

Para la obtención del factor de seguridad del diseño propuesto se presenta el cálculo analítico. Se muestra en la figura 22 el sistema de paraurdimbre con un hilo el cual indica la posición del material en todo el proceso de urdido y se consideran las cargas al que la estructura está expuesta.

Figura 22

Estructura del sistema de paraurdimbre con cargas sometidas.



Los elementos que están sometidos a cargas son:

1. Nivelador de hilos
2. Soporte para peine
3. Tensor de hilos

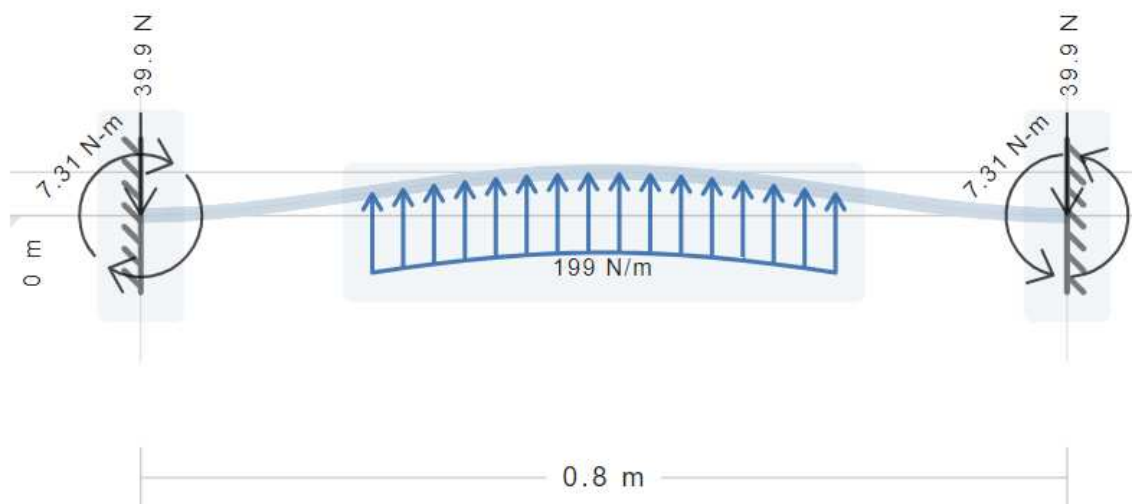
Siendo el primero elemento el más crítico. A continuación, se presenta el análisis analítico del nivelador de hilos.

Nivelador de hilos - Diagrama de cuerpo libre

Se considera la tensión total de los hilos Inter Fibra como carga total, la cual es de 79,764N por ser el de mayor tensión en comparación a los hilos Paris Quito. Para calcular la carga distribuida es necesario dividir la carga total entre la longitud de contacto de la estructura, en este caso es de 0,4 m, dando como resultado 199.41 N/m. Se presenta el D.C.L en la figura 23.

Figura 23

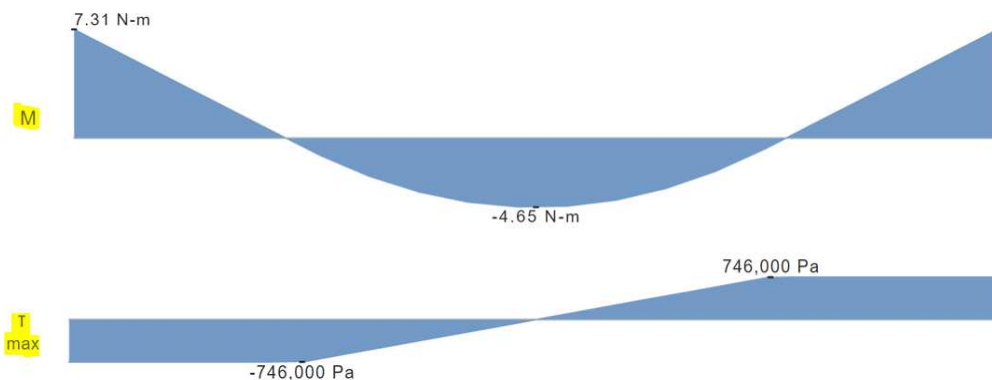
D.C.L del nivelador de hilos



Utilizando el diagrama de cuerpo libre, se procede a la generación de los diagramas de fuerza cortante y momento flector, los cuales se presentan en la figura 24.

Figura 24

Diagrama momento flector y esfuerzo cortante máximo.



Una vez determinado el valor máximo del momento, se procede a calcular el esfuerzo flector máximo de la viga utilizando la ecuación (1).

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot C}{I} \quad (1)$$

Donde:

σ_{max} = Esfuerzo máximo flector.

M = Momento máximo (7,31 N).

C = Distancia desde el eje neutro hasta la fibra más alejada de la viga que experimento esfuerzo máximo, correspondiente al radio de la viga = 0,0047625 m).

I = Momento de inercia de la sección transversal.

Para calcular el valor de la inercia (I), se aplica la ecuación (2) que es específicamente para esfuerzos cortantes en vigas con sección circular.

$$I = \frac{1}{4} \pi R^4 \quad (2)$$

$$I = 4,045 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

Una vez se conocen todos los valores para encontrar el esfuerzo máximo flector, se procede a sustituirlos en la ecuación (1). Al realizar esta sustitución se obtiene un valor igual a $\sigma_{max} = 86,16 \text{ MPa}$.

Después de determinar el esfuerzo máximo, se procede a calcular el factor de seguridad utilizando la ecuación (3).

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (3)$$

Donde:

N = Factor de seguridad.

S_y = Esfuerzo a la cedencia del material, el valor para AISI 304 es de 220Mpa.

Una vez realizada la sustitución, se obtiene un factor de seguridad $N = 2,5$.

Simulación de esfuerzos de elemento calculados analíticamente

Para determinar las tensiones y calcular el factor de seguridad mediante el análisis de elementos finitos, se utiliza el software SolidWorks, especialmente su complemento de simulaciones. En este se establecen las condiciones de sujeción, las cargas y las dimensiones de manera similar a la metodología analítica.

Se presenta la figura 25, que muestra la simulación realizada junto con el valor de tensión máxima, el cual alcanza los 86,414 Mpa. Mismo caso se presenta la figura 26 con la simulación y el valor del factor de seguridad de 2,4. Este factor de seguridad supera el umbral de 1,5 lo que lo sitúa dentro del rango considerable aceptable.

Figura 25

Tensión máxima del nivelador de hilos.

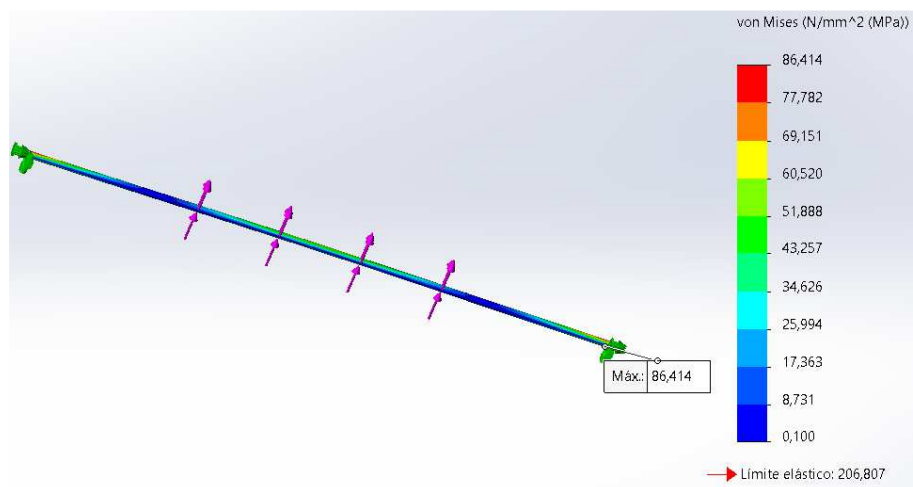
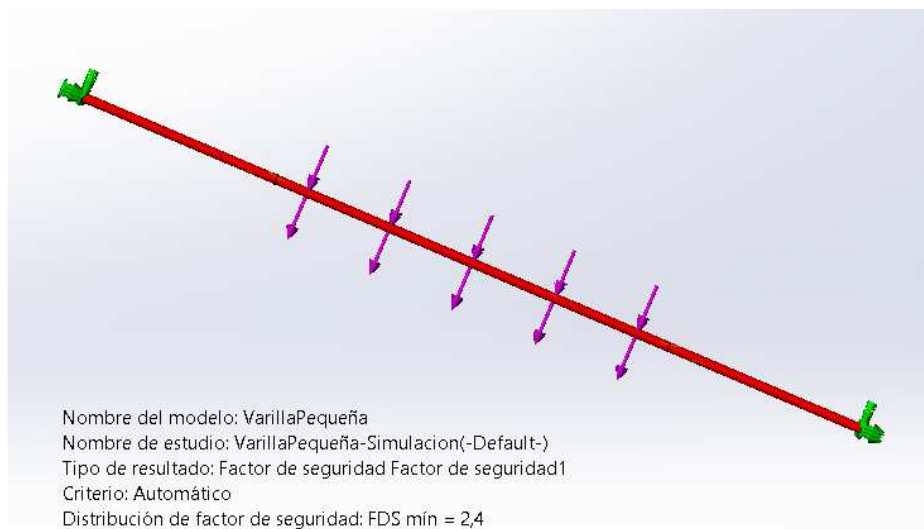


Figura 26

Factor de seguridad del nivelador de hilos.



Comparativa de resultados simulados y resolución analítica

Se lleva a cabo la comparación entre los resultados obtenidos mediante simulación y aquellos derivados de la resolución analítica, lo que proporciona un porcentaje de error. Este porcentaje de error se muestra en la Tabla 33.

Tabla 21

Comparación de resultados y error porcentual.

Elemento	Datos	Cálculo analítico	Simulación	Error
Varilla nivelador de hilos	Esfuerzo máximo	86,16 MPa	86,414 MPa	0,3 %
	Factor de seguridad	2,5	2,4	4%

Después de efectuar la comparación, se observan valores de error inferiores al 5%, lo cual se considera aceptable. Por consiguiente, se procede a realizar las simulaciones correspondientes en los demás elementos.

Soporte para peine

El soporte de peine está integrado por dos láminas alargadas encargadas de sostener el peine, por lo cual las cargas de los hilos se distribuyen a las dos láminas alargadas, la carga sometida a lo largo de cada lámina metálica es de 33,88 N. Se presenta la Figura 27 con el valor del esfuerzo máximo de 4,235 MPa, así mismo en la Figura 28 el valor del factor de seguridad el cual es 59,031.

Figura 27

Tensión máxima del soporte para peine.

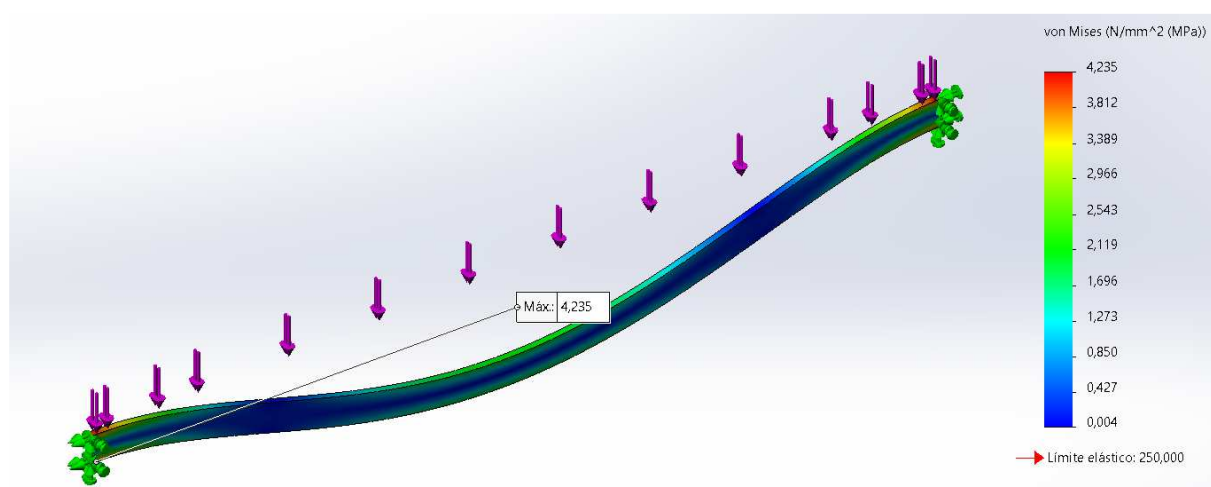
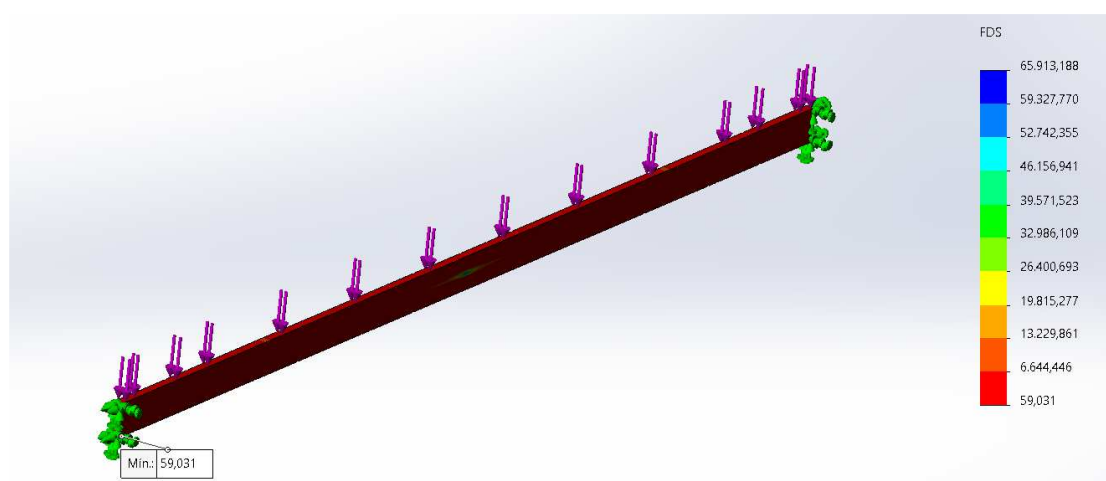


Figura 28

Factor de seguridad.



Tensor de hilos

Esta pieza es originalmente del soporte para guía de hilos del urdido, por lo cual es una verificación de la fiabilidad de esta pieza de material ASTM A36 Acero. Al igual que la varilla niveladora de hilos en esta actúan las cargas directamente de los hilos, por lo tanto la carga se distribuye en las dos barras que conforman este elemento siendo 39,88 N la carga por cada barra.

Se presenta en la figura 29 el valor de tensión máxima que es equivalente a 8,117 Mpa y en la figura 30 el factor de seguridad que es de 31.

Figura 29

Tensión máxima del tensor de hilos.

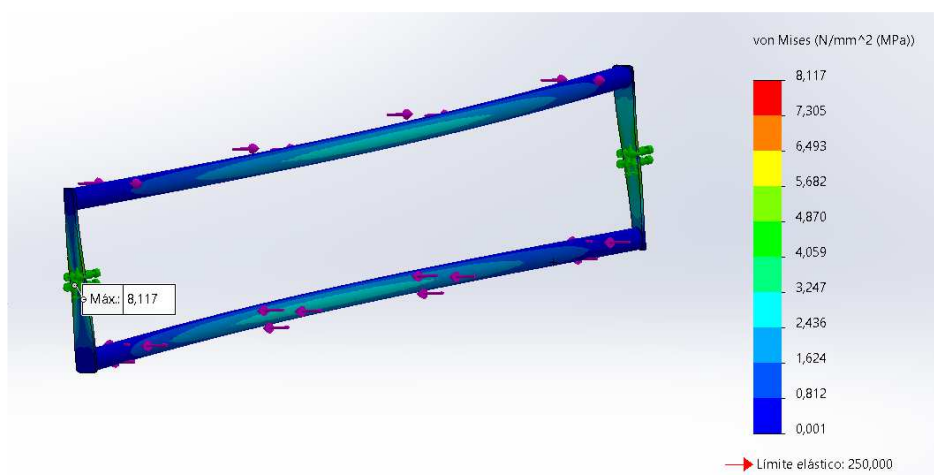
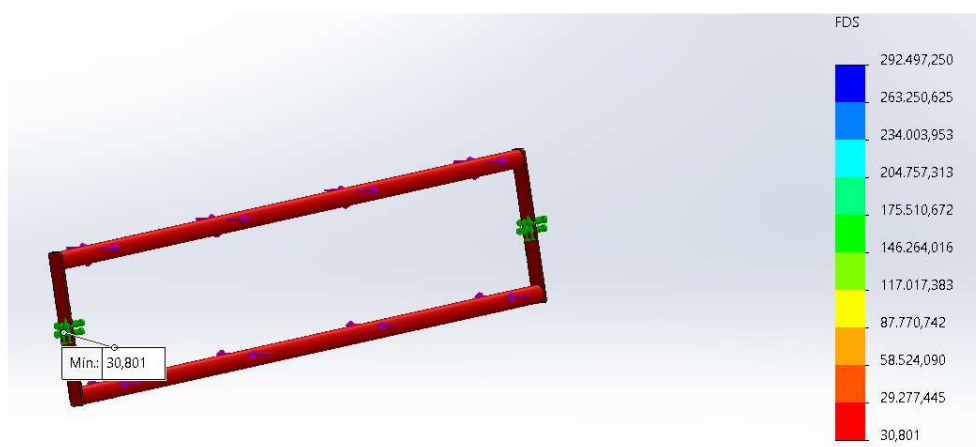


Figura 30

Factor de seguridad del tensor de hilos.



3.4.2 Diseño del programa en XDPPro.

El plc Xinje XD3 son fabricados por Xinje, que se especializan en el control de procesos industriales. Esta serie XD3 tiene un procesador más avanzado a comparación con la serie XC, por lo que ofrece un tiempo de procesamiento hasta 10 veces mayor como también presenta funciones de programación avanzada, permiten la instalación de hasta 10 módulos de expansión con diversas características. [28]

Figura 31

PLC XINJE XD3-16R-E.



Nota: [28]

Software XDPPro.

El software XDPPro es la herramienta con la que cuenta XINJE para la programación de sus diferentes modelos de PLC, su lenguaje de programación es mediante instrucciones y Ladder, para la comunicación con el PLC se realiza con el cable ya sea en el puerto COM1 o COM2. Tiene un interfaz fácil de usar, se puede realizar una monitorización en tiempo real, agregar anotaciones, además cuenta con una lista de funciones que se detallan en la tabla 34.

Tabla 22

Funciones de componentes del software

Nomenclatura	Nombre	Rango
X	Relé de entrada	X0~X7
Y	Relé de salida	Y0~Y7
M	Relés auxiliares	M0~M7999
S	Relés de estado	S0~S1023

Nomenclatura	Nombre	Rango
C	Contadores	C0~C575
HD	Registro de datos	HD0~HD999
T	Temporizador	T0~T575
FD	Registro FlashROM	FD0~FD6143

Programación del sistema de detección de rotura de hilo.

Para iniciar la programación tenemos en cuenta que el PLC seleccionado tiene 8 entradas y 8 salidas, en las cuales estarán cada uno de nuestros elementos como son: sensor inductivo, paraurdimbre, los motores, luces piloto y demás, los mismos que están explicados en la tabla 35.

Tabla 23

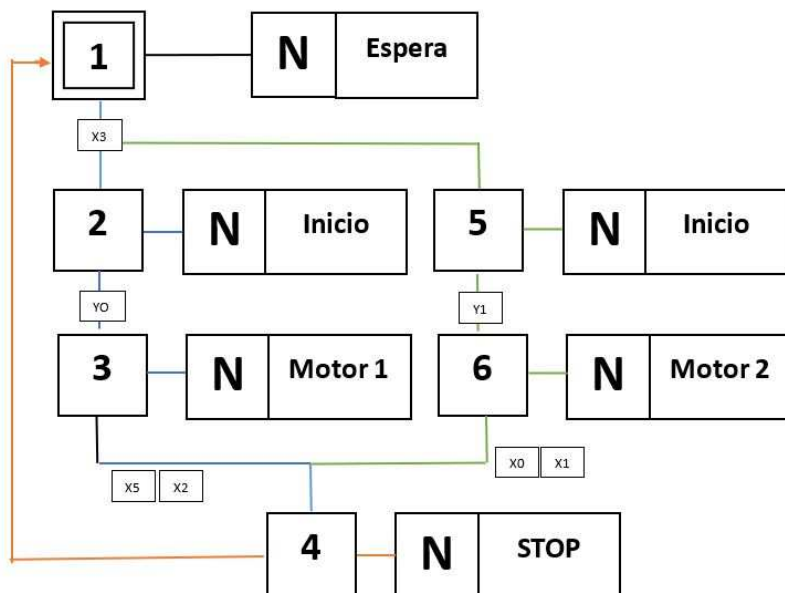
Variables utilizadas en la programación

ENTRADAS (Relé)		SALIDAS (Relé)	
VARIABLE	DESCRIPCION	VARIABLE	DESCRIPCION
X0	Sensor de rotura de hilo	Y0	Motor 1 (plegado)
X1	Conteo vueltas (inductivo)	Y1	Motor 2 (urdido)
X2	Botón Stop máquina	Y4	Luz piloto motor 2
X3	Botón Start máquina	Y5	Luz piloto motor 1
X5	No utilizado	Y6	Luz piloto encendido/ apagado máquina
		Y7	Luz piloto naranja (rotura de hilo)

Tras establecer las entradas y salidas de PLC se desarrollará un diagrama graficet, donde se muestra el desarrollo del sistema (figura 32).

Figura 32

Diagrama graficet del sistema automatizado



Una vez se conoce el funcionamiento del sistema se procede a desarrollarlo en el programa utilizando diagrama Ladder, empleamos las variables y nomenclaturas de la tabla 35. El código del programa en lenguaje Ladder e instrucciones se encuentran en Anexos C.

3.4.3 Diseño de interfaz HMI.

El HMI KINCO GL043E (figura 33) fue la alternativa seleccionada debido a lograr satisfacer los requerimientos del proyecto.

Figura 33

HMI KINCO GL043E.



Nota: [34]

El HMI KINCO tiene características favorables para el proyecto, que se detallan a continuación en la tabla 36, donde se muestran sus especificaciones.

Tabla 24

Especificaciones de rendimiento del HMI KINCO GL043E

Especificaciones	Descripción
Tamaño de pantalla	TFT de 4,3"
Resolución	480 × 272 píxeles
Vida útil de pantalla LCD	Más de 30000 horas
Panel táctil	Red de resistencia de precisión de 4 hilos (dureza superficial 4H)
RTC	RTC incorporado
Software de configuración	Kinco DTools V4.1 y versión superior
Ethernet	10/100 Mbps
Comunicación	COM0: RS232/RS485/RS422; COM2: RS232
Temperatura de trabajo	0~50°C
Humedad	10~90%HR
Grado de protección del panel	Conforme a la certificación IP65 (4208-93)

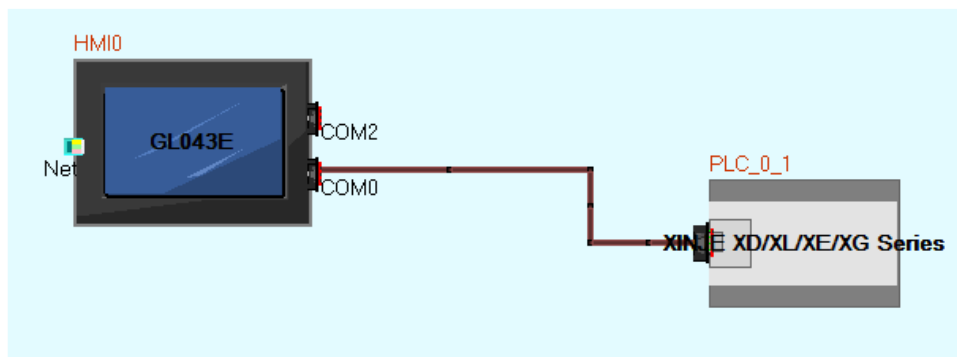
Nota: [34]

El diseño de la interfaz del HMI se realiza en el software Kinco DTools desarrollado por Kinco esta desarrollada en ocho idiomas, cuenta con varios componentes y recursos gráficos, lo cual permite una excelente comunicación con el operador.

La comunicación del PLC Xinje XD3-16RTE y el HMI GL043E se da gracias al protocolo Modbus RTU, donde se utiliza el interfaz R232 (COM0) que es recomendada por los fabricantes para realizar un correcto intercambio de datos, se observa la conexión en la figura 34.

Figura 34

Conexión HMI-PLC en software Kinco DTools.



Una vez realizada la conexión del PLC con el HMI se realiza el interfaz en el programa Kinco DTools. Arranca la primera pantalla cuando se alimenta el sistema de monitorización, se coloca imágenes representativas de empresas u otros dependiendo al usuario, en este caso se coloca el logotipo de la institución (Universidad Técnica del Norte) como también de la carrera (CIME) (figura 35).

Figura 35

Arranque del HMI.



Una vez encendido el HMI, ingresa a la pantalla principal, donde se utiliza 3 secciones siendo el primero para la selección de encendido y apagado de los motores. La sección dos se coloca un contador de vueltas adjunto también un botón de reset para iniciar nuevamente el conteo, en la misma sección se coloca una función para insertar el número de vueltas necesarios para el proceso de urdir, también se adjunta un botón que si está activo detiene automáticamente el proceso de urdir una vez que las vueltas ingresadas se completen. La sección tres representa el tiempo de funcionamiento de la máquina, también se agrega el sello de la institución (UTN). Se detalla los atributos empleados en la siguiente tabla 37 con su respectiva descripción.

Tabla 25

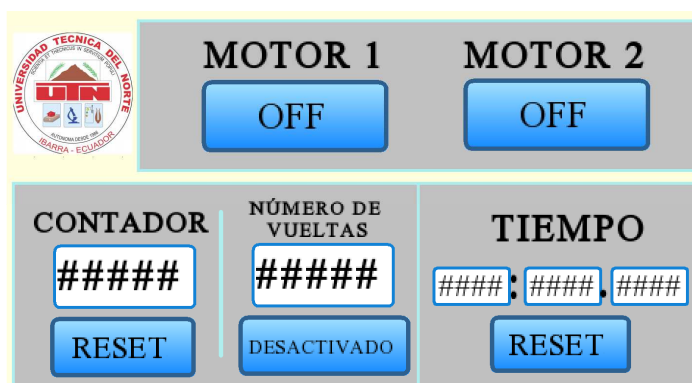
Atributos de la pantalla de control del urdidor.

Atributos	Descripción
RCT	Atributo de gráfico, se utiliza como separadores a las 3 secciones.
TXT	Insertar texto, se dan nombres a motor 1, motor 2, contador, tiempo, numero de vueltas.
SW0	Cambio de estado de bit (switch), se utiliza en ON y OFF de los motores 1 y 2; en el RESET del tiempo y contador; y en la activación del número de vueltas.
NI0	Atributo de componente de número, utilizado en el ingreso de número de vueltas y en la visualización del tiempo de funcionamiento.
BG0	Bitmap, herramienta que permite insertar elementos (logo UTN).
LN0	Atributo de gráfico, utilizado como separador entre dos elementos.

Nota: Los atributos de la tabla 37 son empleados en el interfaz del HMI (figura 36).

Figura 36

Interfaz del HMI.



3.4.4 Sensor inductivo

El sensor que se propone es el sensor inductivo por su precisión de lectura en los metales a corta distancia, se presenta en la tabla 24 una comparativa de sensores inductivos disponibles en el mercado local.

Tabla 26*Comparación de sensores inductivos.*

Sensores inductivos	Comunicación	Material de detección	Alimentación	Rango de detección	Tipo de salida
LM 18-3008NC	Digital	Metálicos	6-36V DC	8 mm	NPN
PRD 18-14DN	Digital	Metálicos	10-30V DC	14 mm	NPN
LM18-3005NA	Digital	Metálicos	6-36V DC	5 mm	NPN

Se selecciona el sensor inductivo como mejor alternativa en cuanto a los requerimientos, el modelo a utilizar es: LM 18-3008NC (figura 37) de la marca YUMO, sus características principales se muestran en la tabla 38.

Figura 37

Sensor inductivo LM 18-3008NC.



Nota: [31]

Tabla 27*Características del sensor inductivo LM18-3008NC*

Especificaciones	Descripción
Tipo de salida	NPN NO+NC
Tipo de cable	DC 3 hilos
Distancia de detección	8 mm

Especificaciones	Descripción
Frecuencia de respuesta	200Hz
Temperatura ambiente de trabajo	-25°C ~+75°C
Grado de protección	IP67
Precio	\$30

Nota: información extraída de [31]

3.4.5 Tablero eléctrico

Para realizar el tablero eléctrico es necesario conocer los componentes eléctricos a utilizar, el sistema cuenta inicialmente con dos motores que son incorporados en la misma interfaz, en la tabla 39 se aprecia detalladamente los elemento que van en el tablero eléctrico.

Tabla 28

Elemento eléctricos que componen el tablero eléctrico

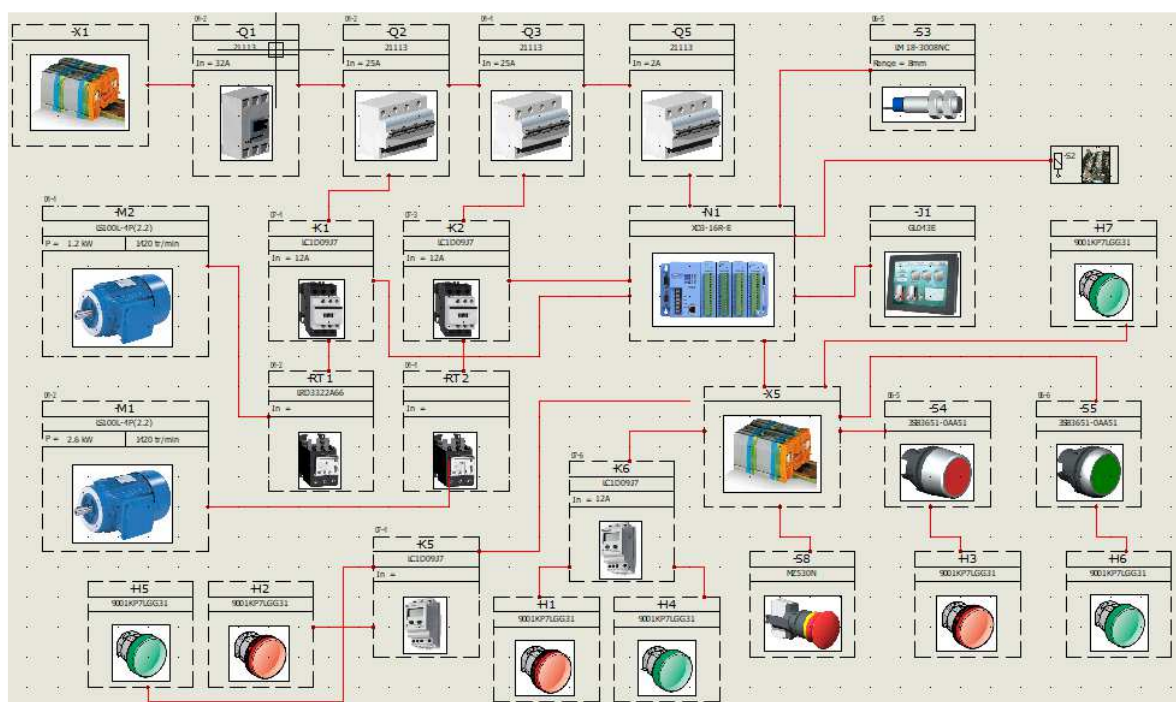
Elemento eléctrico	Cantidad
PLC CXD3 16R	1
HMI GL043E	1
Luces piloto de 220V	7
Selector de 3 posiciones	1
Paro de emergencia	1
Pulsador rojo y verde	2
Interruptor principal de 32 AMP trifásico	1
Interruptor de 2 AMP 2 polos	2
Interruptor de 10 AMP trifásico	1
Interruptor de 16 AMP trifásico	1
Contactador de 12 AMP	1
Contactador de 18 AMP	1
12A bobina mini relé	3

Diagrama eléctrico del sistema automatizado.

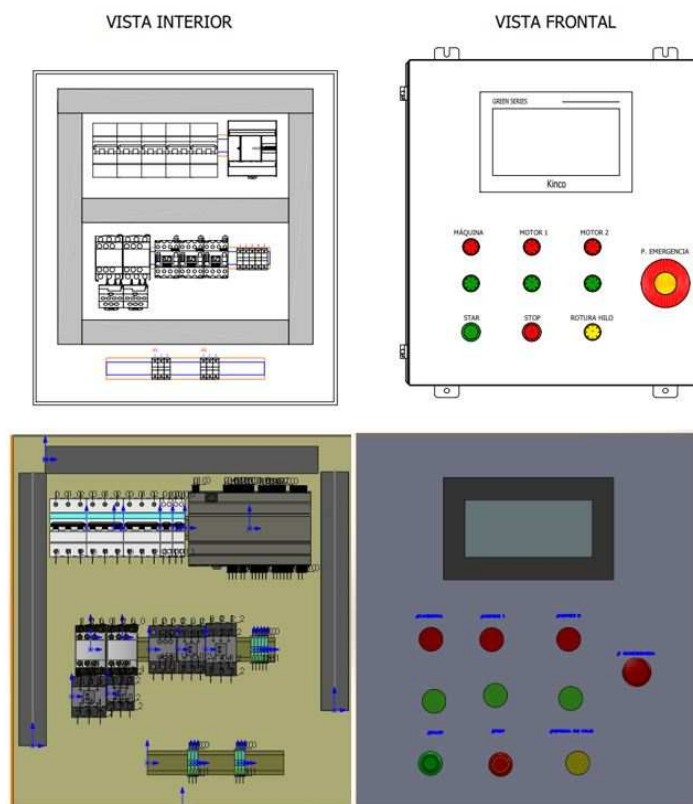
Para el diagrama eléctrico del sistema de detección de rotura de hilo se utiliza el software Solid Works Electric, donde posee una alta gama de componentes en 2D y 3D, como también se puede añadir elementos a la biblioteca. En la figura 38 se presenta un sinóptico de cableado, donde se detalla los elementos del tablero eléctrico.

Figura 38

Sinóptico de cableado



Para realizar el esquema eléctrico se toma en consideración el modelo de cada uno de los elementos lo cual nos permite seleccionar la marca y sus características. Una vez realizado el sistema de potencia y control se procede hacer el ensamble del gabinete eléctrico en 2D y 3D, lo cual permite una visualización previa en dimensiones y funcionamiento, los esquemas eléctricos están presentes en anexos D (figura 39).

Figura 39*Tablero eléctrico 2D y 3D**Nota: Anexos D*

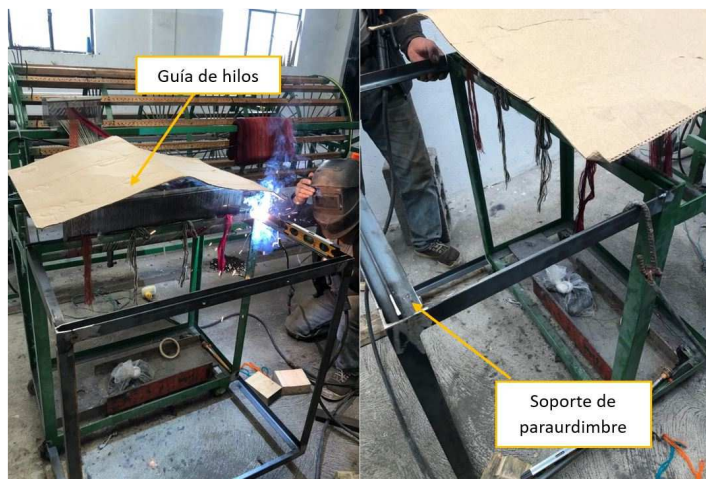
3.5 Implementación del sistema de automatización

3.5.1 Construcción de estructura y montaje de paraurdimbre

En la figura 19 del documento se presentó el diseño de la adaptación del sistema de paraurdimbre en el soporte de guía de hilos del urdido. Se llevó a cabo un análisis de cargas aplicadas a la estructura del paraurdimbre, donde las simulaciones realizadas cumplen con los requerimientos necesarios. En consecuencia, se precede a la construcción de dicha estructura se muestra en la figura 40.

Figura 40

Construcción del soporte para el paraurdimbre.



El paraurdimbre es característico de máquinas telares de grandes dimensiones, lo que implica que las barras bimetálicas tienen una longitud que oscila entre 1.80 y 2 metros. En consecuencia, se lleva a cabo un proceso de corte de estas barras, asegurando la adaptación a las medidas del soporte que tiene una longitud de 80 cm. Las bases que sostienen las barras bimetálicas se construyen mediante el uso de piezas recicladas de telares obsoletos y se incorporan borneras para la conexión de los cables de alimentación, como se muestra en la figura 41.

Figura 41

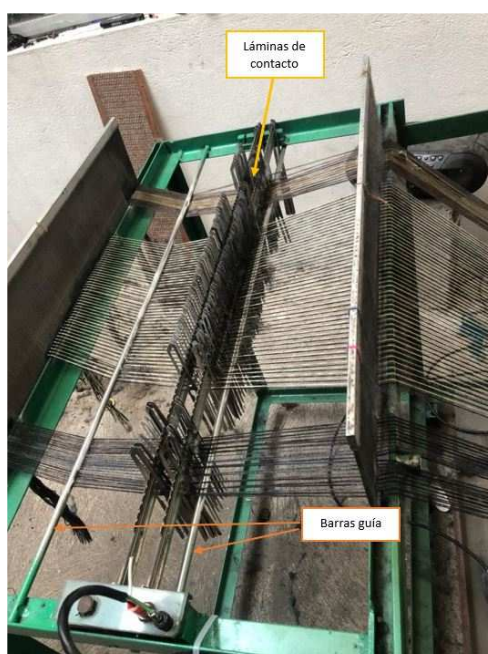
Montaje de barras bimetálicas sobre bases recicladas, adaptaciones de bornera.



Las láminas delgadas de contacto de 3.4 gr, previamente seleccionadas presentan una propensión al movimiento debido a su suspensión por la tensión de los hilos. Con el fin de evitar posibles inconvenientes en el proceso de urdición, se incorporan barras separadoras con un diámetro de 8mm (figura 42). Esta medida asegura que las láminas permanezcan uniformemente espaciadas y evita su entrelazamiento debido a la velocidad del motor, eliminando así paradas no planificadas.

Figura 42

Láminas de contacto y barras guía.



3.5.2 Montaje de sensor para medición de vueltas del tambor

Para la instalación del sensor inductivo, se busca una ubicación óptima que permita la detección de material metálico dentro de un rango permisible. La mejor ubicación identificada para este material metálico es en el extremo del tambor, como se evidencia en la figura 43. Esta disposición ofrece una ventaja significativa, ya que permite la contabilización precisa de las vueltas desde el inicio del proceso al colocar el material metálico apuesto a la viga donde se realiza el entrecruce.

Figura 43

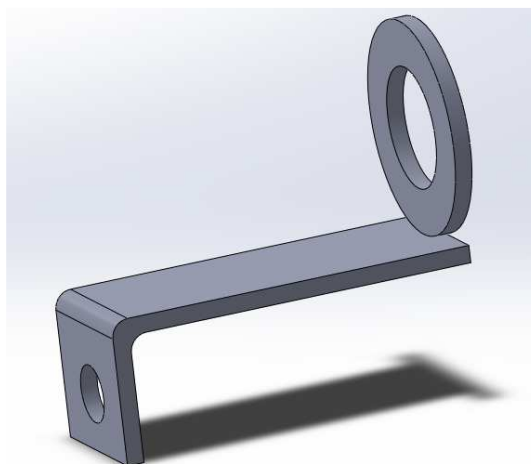
Ubicación de lámina metálica en el tambor de la urdidora.



Se realiza un soporte para el sensor inductivo que se diseña en SolidWorks utilizando materiales reciclados como se muestra en la figura 44.

Figura 44

Diseño de soporte para sensor inductivo.



Para colocar el sensor inductivo se realiza el soporte mostrado anteriormente, la cual está elaborada por una lámina de 3mm y una rodela plana M20 que esta encarga de sujetar al sensor con ayuda de los sujetadores, además tiene una perforación para acoplamiento a la base lateral del urdidor mediante tuerca y tornillo.

La ubicación del sensor es opuesta al inicio donde se realiza el entrecruce, para detener el proceso a tiempo y en el lugar adecuado, véase en figura 45.

Figura 45

Posición del sensor inductivo.

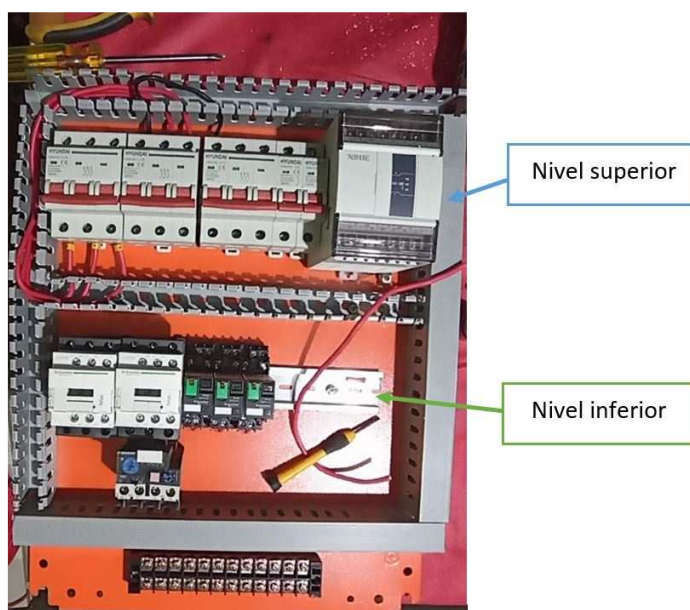


3.5.3 Montaje del tablero de control

En el gabinete de 40x40 cm se instalan dos filas de rieles DIN que se utilizan para el montaje de componentes eléctricos tales como el PLC, contactores, interruptores eléctricos, relés y demás componentes. Como se puede apreciar en la figura 46, el gabinete se divide en dos secciones: la parte superior que es destinada al PLC y los interruptores eléctricos, mientras que en la parte inferior se ubican los relés térmicos, mini relay, contactores y placa de terminales. Además, se reserva espacio para futuras incorporaciones de elementos eléctricos.

Figura 46

Proceso de montaje del tablero de control.



Se procede a instalar todos los componentes en el gabinete, y la disposición frontal del tablero se muestra en la figura 47. Se instala el Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y se etiquetan todos los botones y luces piloto para facilitar la comunicación efectiva con el operador.

Figura 47

Parte frontal del tablero eléctrico.



Una vez montados los componentes se inicia la siguiente fase de pruebas, en la que se toman aspectos de paros de la máquina por rotura de hilo y el tiempo que se demora el operario en resolver el problema en comparación al sistema tradicional.

3.6 Pruebas de funcionamiento

Para las pruebas de funcionamiento del sistema automatizado de detección de rotura de hilo se emplea un método experimental de campo, porque no hay un protocolo de pruebas para este tipo de urdidoras. Por lo cual se propone el siguiente protocolo de pruebas detallada en la tabla 40.

Tabla 29*Protocolo de pruebas de funcionamiento.*

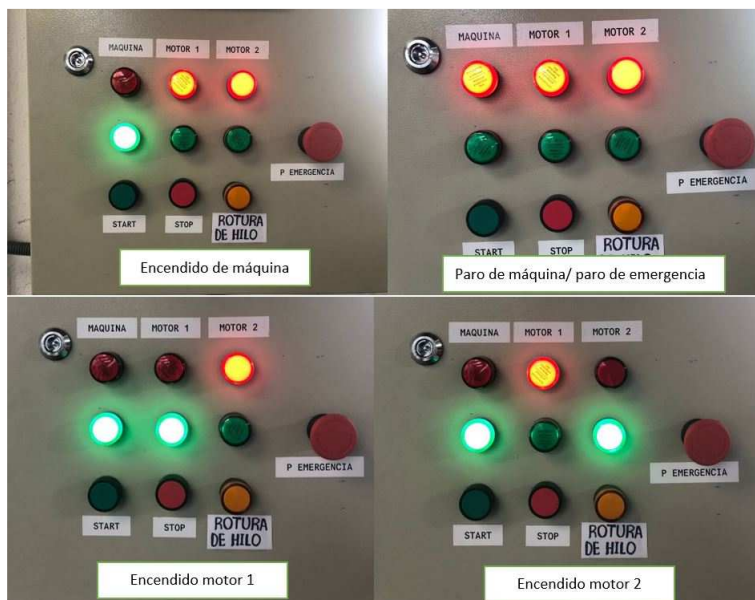
Prueba de funcionamiento	Descripción
Básico.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el correcto encendido y apagado de la máquina. - Comprobar la operatividad de los controles básicos.
Sistema de rotura de hilo.	<ul style="list-style-type: none"> - Simular una rotura de hilo durante el proceso. - Comprobar el paro automático. - Confirmar la emisión de una alerta visual. - Comparaciones con modelo tradicional.
Sistema de inserción de vueltas a urdir.	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración de vueltas a urdir. - Paro automático al finalizar el proceso.
Pantalla de visualización e interacción.	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar diferentes procesos de urdición. - Verificación de pantalla. - Proyección de horas de trabajo.
Prueba de parada de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> - Accionar el botón de emergencia durante el proceso.

3.6.1 Pruebas de funcionamiento básico

Primero se verifica la correcta implementación de elementos en el gabinete, seguido del correcto cableado de cada uno de los elementos eléctricos. Se presenta en la figura 48 el correcto funcionamiento de los controles básicos que son encendido y apagado de la máquina, juntamente con sus respectivas luces indicadoras de cada proceso. Cabe recalcar que se realizaron 10 repeticiones de cada proceso (encendido y apagado de máquina), donde en ninguna de estas presento algún fallo. Teniendo así el 100% de eficiencia en esta prueba de funcionamiento básico.

Figura 48

Pruebas de funcionamiento del tablero eléctrico.



3.6.2 Sistema de rotura de hilo.

Una vez calibrada el paraurdimbire se hace pruebas donde cortamos ciertos hilos de manera intensional simulando la rotura del hilo ocasionando el paro del proceso (apaga el motor 2) y el encendido de la luz piloto naranja como se observa en la figura 49.

Figura 49

Funcionamiento del paraurdimbire.



Mediante la tabla 41 se muestra los resultados de las pruebas de funcionamiento del sistema de paraurdimbre en comparación con el sistema visual que antes se tenía, las muestras fueron de 31 fajas lo que corresponde a una remesa completa.

Tabla 30

Resultados de las pruebas de funcionamiento del sistema de paraurdimbre y sistema tradicional (visual).

Sistema	N° Fajas	Rotura detectada	Rotura sin detectar	Error	Tiempo total empleado para solución (min)
Visual	31	12	8	40 %	60
Paraurdimbre	31	17	3	15 %	43

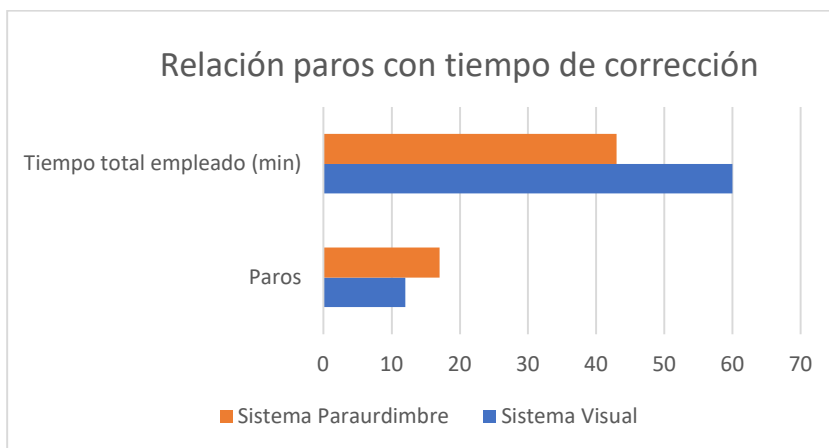
Se evidencia en el sistema automatizado un incremento en los paros debido a roturas de hilo, lo que implica la interrupción inmediata del proceso en tiempo real. Esta situación contrasta con el sistema visual tradicional, que depende exclusivamente de la capacidad de percepción del operador, quien tiende a tener un mayor margen de error, debido al desgaste visual.

El tiempo empleado para solucionar la rotura de hilo e iniciar nuevamente el proceso en el sistema de paraurdimbre es aproximadamente 2 minutos por fallo, mientras que en el sistema visual se requieren alrededor de 3 minutos por fallo. Esta diferencia se atribuye al hecho de que el sistema automatizado detiene el proceso de manera oportuna, lo que permite al operador identificar fácilmente los fallos a simple vista, también se puede apreciar la lámina metálica caída y determinar la ubicación del hilo roto, permitiendo así una rápida ejecución en la solución del problema.

Se presenta en la Figura 50 el gráfico comparativo de los sistema de detección de rotura de hilo, donde se reflejan los paros producidos con relación al tiempo de solución.

Figura 50

Gráfico comparativo de los paros y tiempo de corrección entre sistema automatizado y sistema no automatizado.



3.6.3 Sistema de inserción de vueltas a urdir.

La posición óptima del sensor inductivo se encuentra a una distancia no superior a 8 mm de la lámina metálica ubicada en el tambor. En la figura 51 se describe un ensayo en el que el operador ingresa el número de vueltas y activa la función de paro automático. Una vez completado el proceso, este se detiene automáticamente.

Figura 51

Funcionamiento del sensor inductivo para medición de vueltas urdidos.



En la tabla 42 se presenta los datos obtenidos de las pruebas de funcionamiento.

Tabla 31

Pruebas de funcionamiento del sistema de inserción de vueltas a urdir.

Nº de prueba	Descripción	Resultado Obtenido
1	Verificación de ubicación de sistema.	El sistema está ubicado de manera correcta.
2	Ingresar un numero específico de vueltas a urdir en el sistema y activar la opción de paro automático.	El sistema acepta el numero ingresado y activa la opción de paro automático.
3	Inicia el proceso de urdición y verificación de detección automática al alcanzar el número de vueltas insertado.	El proceso se detiene automáticamente cuando se alcanza el número de vueltas establecido.
4	Realizar una inspección visual del sistema.	El sistema no presenta obstrucciones y funciona sin problema aparentes.

Al término del ciclo de operación o al activarse el sistema de parada automática de la maquina urdidora, es imperativo que el operador esté alerta, ya que el motor continuará girando debido a la inercia, lo que podría ocasionar una vuelta adicional no deseada. Por lo tanto, es necesario utilizar el freno manual de la máquina para detener el movimiento del tambor de forma inmediata y segura.

3.6.4 Pantalla de visualización e interacción.

Las pruebas de este apartado involucran la interacción directa del operador, quien verifica cada una de las opciones disponibles en la pantalla de visualización. Durante esta inserción, se observan y registran los siguiente resultado en la tabla 43.

Tabla 32

Pruebas de funcionamiento de pantalla de visualización e interacción.

Elemento	Resultado de prueba
Motor 1	✓ (Enciende motor para plegado)
Motor 2	✓ (Enciende motor para urdido)
Visualización de vueltas	✓ (Botón de Reset en caso de ser necesario)
Insertar vueltas	✓ (Pulsar botón de activar para paro automático)
Visualización de tiempo	✓ (Tiempo en horas, minutos y segundos)

La pantalla de visualización no representa ningún tipo de fallo y tiene una interfaz de fácil comunicación con el operador.

3.6.5 Parada de emergencia

En la tabla 44 se presenta las pruebas realizadas de paro de emergencia en los procesos respectivos.

Tabla 33

Pruebas de funcionamiento de parada de emergencia.

Número de prueba	Descripción	Resultado observado
1	Verificar la ubicación y accesibilidad del botón de emergencia.	El botón de emergencia se encuentra claramente identificado y accesible.
2	Presionar el botón de emergencia mientras la máquina está en funcionamiento.	Se detiene el proceso.
3	Realizar la inspección visual del botón de emergencia para detectar daños o deformidades	El botón de emergencia está en buen estado y no presenta daños.

Número de prueba	Descripción	Resultado observado
4	Capacitación al persona sobre el uso adecuado del botón de emergencia.	El personal demuestra comprensión del uso del botón de emergencia.

3.6.6 Resultados obtenidos

Sistema de paraurdimbres

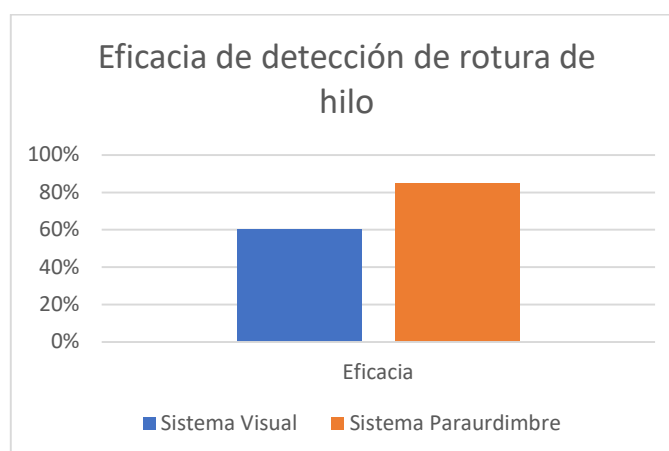
Para determinar la eficacia del sistema de paraurdimbres, se utilizan los datos comparativos presentados en la tabla 41, que incluyen los resultados de los dos sistemas de detección y número de fallos obtenidos en cada sistema. De los 20 fallos totales registrados, el sistema de paraurdimbres detectó correctamente 17 fallos y el sistema tradicional 12. Por lo tanto, la eficacia del sistema automatizado se calcula como la proporción de fallos detectados correctamente con relación al total de fallos.

$$Eficacia = \frac{17}{20} \times 100 = 85\%$$

La eficacia del sistema de paraurdimbres es del 85%. Esto significa que el sistema de paraurdimbres pudo detectar correctamente el 85 % de los fallos totales registrados. A continuación, se muestra un gráfico comparativo de la eficacia en los dos sistemas. Ver figura 52.

Figura 52

Eficacia de sistemas de detección de rotura de hilo.



Como se observa en el gráfico, el sistema visual presenta una eficacia del 60%, mientras que el sistema de paraurdimbre alcanza un 85 %. Es importante destacar que el sistema tradicional exhibe un mayor porcentaje de error, dado que está sujeto a la capacidad de observación precisa y reacción rápida del operador. Con los datos obtenidos, se ha logrado una mejora del 15% en la detección de roturas de hilo con el sistema de paraurdimbre en comparación al sistema tradicional.

Sistema automatizado

Para conocer la eficiencia del sistema automatizado, se evalúa el tiempo requerido para completar el proceso de urdido utilizando el sistema tradicional (visual en comparación con el sistema automatizado). Primeramente, se identifican los diferentes tipos de urdidor realizado en la máquina:

1. Urdidor bicolor: Este tipo de urdido es uniforme, lo que quiere decir que solo se necesita de dos colores para urdir toda la remesa, significa que la fileta se llena una sola vez durante el proceso.
2. Urdido multicolor o franjas delgadas: en este caso, se utilizan diferentes colores para cierto número de fajas, lo que requiere el reemplazo de los conos de la fileta cinco veces durante todo el proceso de urdido.

Teniendo en cuenta estos parámetros se presentan las tablas 45 y 46, del tiempo total del proceso de urdido tanto bicolor como multicolor en comparación con los dos sistemas mencionados anteriormente.

Tabla 34

Tiempo empleado en urdido bicolor.

Urdido Bicolor			
Proceso	Repetición	Tiempo unitario (min)	Tiempo total (min)
Llenado de fileta	1	120	120
Pasada de peine	1	5	5
Preparación por faja	31	5	155
Urdido	31	3	92
Preparación plegado	1	10	10
Plegado	1	15	15
Total (minutos)			398

Sistema rotura	Tiempo de solución (min)	Tiempo total (min)
Sistema tradicional (visual)	60	458
Sistema paraurdimbre (automatizado)	43	441

Tabla 35

Tiempo empleado en urdido multicolor.

Urdido Multicolor (SISTEMA TRADICIONAL)			
Proceso	Repetición	Tiempo unitario (min)	Tiempo total (min)
Llenado de fileta	5	120	600
Pasada de peine	5	1	5
Preparación por faja	31	5	155
Urdido	31	3	93
Preparación plegado	1	10	10
Plegado	1	15	15
Total (minutos)			938
Sistema rotura	Tiempo de solución (min)		Tiempo total (min)
Sistema tradicional (visual)	60		938
Urdido Multicolor (SISTEMA AUTOMATIZADO)			
Proceso	Repetición	Tiempo unitario (min)	Tiempo total (min)
Llenado de fileta	5	80	400
Pasada de peine	5	1	5
Preparación por faja	31	5	155
Urdido	31	3	93
Preparación plegado	1	10	10
Plegado	1	15	15
Total (minutos)			678
Sistema rotura	Tiempo de solución (min)		Tiempo total (min)
Sistema tradicional (visual)	43		721

Para calcular la eficiencia del sistema automatizado, se evalúa la reducción del tiempo de trabajo en comparación con el sistema tradicional, de los diferentes tipos de urdido.

$$Eficiencia = \frac{(458 - 441)}{458} \times 100 = 3,7\% \text{ (Urdido bicolor)}$$

$$Eficiencia = \frac{(938 - 721)}{938} \times 100 = 23\% \text{ (Urdido multicolor)}$$

La eficiencia más significativa se logra con el proceso de urdido multicolor 23%, gracias a la implementación de un sistema automatizado de detección de rotura de hilo. Este sistema permite al operador preparar los conos mientras se lleva a cabo el proceso de urdido, lo que garantiza que los conos estén listos para su uso en el siguiente segmento. Como resultado, se reduce significativamente el tiempo empleado en el llenado de la fileta, lo que mejora la eficiencia global del proceso de urdido multicolor.

En el urdido bicolor se tiene una eficiencia de 3,7 ya que el llenado de la fileta es una sola vez en todo el proceso.

3.6.7 Costos de implementación de sistema automatizado para detección de rotura de hilo.

Para la implementación de este sistema automatizado se tiene en cuenta a quien va dirigido el proyecto que son los pequeños empresarios de emprendimientos textiles de zonas aledañas al cantón Otavalo, por lo cual se trató de reducir los costos sin afectar en el funcionamiento, en la tabla 47 se muestra el presupuesto para la instalación del sistema automatizado la cual es \$1.407,05 dólares americanos.

Tabla 36

Costos de implementación del sistema automatizado.

Elementos/ Actividades	Valor Total
Sistema de control	\$702,05
Mano de obra	\$705
Total	\$1.407,05

Nota: Tabla de costos detallada en Anexos E

3.6.8 Fallas presentadas en las pruebas y sus correcciones

Al realizar las pruebas se presentaron fallas en el funcionamiento y se aplicaron sus debidas correcciones, en la tabla 48 se presenta de manera detallada.

Tabla 37

Fallas y correcciones realizadas durante la etapa de pruebas.

Falla	Solución empleada
Láminas delgadas del paraurdimbre no hacían contacto con la barra bimetálica	Colocar pequeñas barras que permiten la separación entre láminas del paraurdimbre de esta manera no interfieren unas con otras.
Enredo de hilo al inicio de la estructura del paraurdimbre.	Cambiar el peine 90/10 (9 ranuras por centímetro) que se tenía inicialmente por el peine 40/10 (4 ranuras por centímetro), solucionando el problema del enredo.
Sensor inductivo no detecta la lámina metálica.	Calibrar el sensor colocando a una distancia máxima de 7 mm en relación con la lámina metálica.

4. CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El estudio del proceso de urdido permitió conocer y analizar el funcionamiento de la urdidora horizontal tipo seccional con la que cuentan los emprendedores de Peguche, se utilizó la metodología del diseño QFD que permitió determinar los requerimientos principales, entre los importantes se identifican el sistema de control, diseño estructural para sensores a utilizar, facilidad de operación y disponibilidad inmediata de recursos.

En el diseño del sistema de control para la detección de roturas de hilo, se realizó un análisis exhaustivo que incluyó la selección del paraurdimbre como método de detección y el sensor inductivo LM18-3008NC como contador de vueltas. Esto permitió determinar el tipo de señal que ingresa al controlador lógico programable (PLC). Para el diseño del sistema de control, se empleó el software XDPPro con lenguaje Ladder, el cual facilitó la creación de las lógicas de control necesarias. Además, se realizaron simulaciones exhaustivas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. En cuanto al diseño de la interfaz hombre-máquina (HMI), se utilizó Kinco DTools, siguiendo las pautas establecidas en la norma ISO 9126, que aborda aspectos como la funcionalidad, usabilidad y otros conceptos relevantes para asegurar la calidad y eficacia del sistema.

Para la implementación del sistema de control en la urdidora horizontal tipo seccional se construyó una estructura de soporte para el paraurdimbre, además se realizó modificaciones en la longitud de las barras bimetálicas. Se colocó el tablero eléctrico en una zona seca y ventilada con suficiente espacio para maniobra del operador, además el cableado se canalizó por tubo plástico para brindar mayor seguridad y estética.

Luego de realizar las pruebas de funcionamiento de la urdidora con el sistema automatizado se determinó lo siguiente:

Con la implementación del sistema de paraurdimbre su eficacia aumenta un 15% más en comparación al sistema visual antes utilizado. Alcanzando así un 85% de eficacia total en la detección de rotura de hilos.

Se registró una disminución del 33% en el tiempo necesario para abordar y resolver las fallas, gracias a la pronta respuesta del sensor ante una rotura de hilo. Esta mayor eficacia en la

gestión de contratiempos se traduce en una mejora general de la productividad del proceso de urdido. Como resultado, se ha logrado aumentar la eficiencia en términos de tiempo de urdido en un 3,7% en el caso del urdido bicolor y en un 20% en el caso del urdido multicolor. Este avance representa un importante incremento en la eficiencia operativa y contribuye significativamente a la optimización del rendimiento del sistema de urdido.

El sistema de contabilizador de vueltas demostró un rendimiento consistente, permitiendo la inserción y visualización precisa de las vueltas necesarias para el proceso de urdir. Este aspecto es crucial para garantizar la precisión y calidad en la producción, ya que se facilita un control más preciso y detallado del proceso de urdimbre.

4.2 Recomendaciones

La elaboración de proyectos con el controlador lógico programable abre grandes puertas en el área textil de varias zonas de la ciudad de Otavalo, ya que se cambiaría las grandes y obsoletas placas de control por tableros inteligentes, con esto se mejoraría en gran porcentaje el rendimiento y productividad, además ayudaría en la innovación de nuestros productos.

El sistema de conteo de vueltas puede mejorarse implementando otros sensores para contabilizar los metros urdidos de manera exacta, aunque haya retroceso en la bota o tambor.

Para el sistema de plegado de la urdidora se podría implementar el cambio de sentido de giro, ya que no todas las máquinas de tejer tienen las mismas plegadoras de urdimbre, algunos cuentan con dos plegadoras de urdimbre por lo cual cada una tiene sentido diferente.

Se podría cambiar el motor eléctrico directo por uno con freno electromagnético incorporado, para frenar el proceso, ya sea por los sensores, se frenaría en seco disminuyendo así la inercia del motor.

5. Referencias

- [1] A. Lara, J. Trejo, and M. Verona, “REHABILITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA URDIDORA DE CARRETE,” 2012.
- [2] “Ybga628 Electrónica De Alta Velocidad Transversal Warper - Buy Sectional Warping And Beaming Machine, Warping Machine, Yarns Warping Machine Product on Alibaba.com.” Accessed: Nov. 09, 2022. [Online]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/ybga628-electronic-high-speed-sectional-warper-60096832794.html?spm=a2700.8699010.29.137.30c07428X88OHF>
- [3] E. Guachi and J. Camacho, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO CON INTERFASE GRÁFICA (HMI), MEDIANTE UN PANEL DE VISUALIZACIÓN PARA LA MÁQUINA URDIDORA DE LA EMPRESA TEXTIL TEIMSA.,” 2012.
- [4] E. Muenala and L. Muenala, “OPTIMIZACIÓN Y PUESTO EN MARCHA DE UNA URDIDORA ARTESANAL TIPO SECCIONAL PARA EL AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN EL TALLER ARTESANAL TEJIDOS CAMM,” 2018.
- [5] MAFILTEC, “¿Qué es el urdimbre o urdido de hilos?” Accessed: Oct. 24, 2023. [Online]. Available: <https://mafiltec.com/blogs/que-es-urdimbres-o-urdido-de-hilos>
- [6] Ninette. Frederiksen, *Manual de tejeduría*. Ediciones del Serbal, 1989.
- [7] F. Eduardo and L. Lockuán, *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD*, Segunda. 2012.
- [8] “URDIDOR DIRECTO UNI-EVO DIRECT – Comsat.” Accessed: Nov. 09, 2022. [Online]. Available: <http://www.comsatpain.com/urdidor-directo-uni-evo/>
- [9] T. Lima, “ELABORACIÓN DE UN TEJIDO CONDUCTOR PARA LA FABRICACIÓN DE UN TEXTIL INTELIGENTE,” 2017.
- [10] “Urdido textil en seccional en Banyeres de Mariola.” Accessed: Nov. 09, 2022. [Online]. Available: <https://www.urdidospuigsl.com/productos-y-servicios>

- [11] J. Victori, “Tisaje 2- Métodos de trabajo en el proceso de tejer,” Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 1997.
- [12] “Su socio para la tejeduría Peines de Steven: la clave del éxito”.
- [13] F. Mataró, “Diseny de la part de plegat d’un ordidor seccional,” Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2008.
- [14] “Rius-Comatex - Plegadores Rius-Comatex.” Accessed: Nov. 11, 2022. [Online]. Available: <https://www.rius-comatex.com/pages/es/productos/urdidores/plegadores.php?id=92&lang=ES>
- [15] A. Isambertt, W. Mejía, and A. Veliz, “MODULO PARA LAS PRÁCTICAS DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE EN LA UNIVERSIDAD DR RAFAEL BELLOSO CHACÍN ,” UNIVERSIDAD DR RAFAEL BELLOSO CHACÍN , Maracaibo , 2018.
- [16] “SIMATIC S7-1200 | SIMATIC controller | Siemens Global.” Accessed: Nov. 11, 2022. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- [17] I. Guayasamín and N. López, “Diseño y construcción de un tablero modular de formación profesional en la tecnología de automatización para el laboratorio de automatización industrial de procesos mecánicos de la facultad de mecánica de la EPN,” Escuela Politécnica Nacional , Quito, 2007.
- [18] J. Rodriguez de Avila, “Buenas prácticas para diseño de HMI de alto rendimiento ,” UNIVERSIDAD TECNICA DE BOLIVAR, Cartagena, 2012.
- [19] “File:Esquema comunicación HMI.PNG - Wikimedia Commons.” Accessed: Nov. 11, 2022. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esquema_comunicaci%C3%B3n_HMI.PNG
- [20] EDISON RAÚL MAILA CARRILLO, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA DESTILADORA DE REACTOR DE VIDRIO EN LA PLANTA PILOTO DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE

ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA,” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, 2019.

- [21] A. Ramón, *Adquisición y distribución de señales*. Barcelona: MARCOMBO, S.A, 1993.
- [22] L. Corona, G. Abarca, and J. Mares, *Sensores y actuadores Aplicaciones con Arduino*, Primera. GRUPO EDITORIAL PATRIA, 2014.
- [23] F. G. Arias, *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*, 6th ed. Caracas: EDITORIAL EPISTEME, 2012.
- [24] “Detector de corte de hilo - G3s - Eltex of Sweden AB - LED / electrónico / piezoeléctrico.” Accessed: Mar. 05, 2023. [Online]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/eltex-of-sweden-ab/product-25241-709171.html>
- [25] Eltex of Sweden AB, “Eltex Yarn Expert Yarn Break Detection System,” 2015. [Online]. Available: www.eltex.cn
- [26] J. Lema, “AUTOMATIZACIÓN DE UN TELAR ELECTROMECAÁNICO DE LANZADERA,” 2018.
- [27] DMLTECH, “LOGO 8 | PLC 230RCE | 8 IN | 4 OUT | 115/230 VAC SIEMENS.” Accessed: Feb. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.dmltech.com.ec/product/logo-8-plc-230rce-8-in-4-out-115-230-vac-siemens/>
- [28] Industriales ANDES, “PLC XINJE XD3-16R-E.” Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://industrialesandes.co/plc/429-plc-xinje-xd3-16r-e.html>
- [29] Siemens AG, “LOGO! 8 Simple. Genial. Simplemente superior,” 2018.
- [30] LTD. WUXI XINJE ELECTRIC CO., “XD series PLC Users’ manual [Hardware] (XD3/XD5/XDM).”
- [31] L. YUEQING YUMO ELECTRIC CO., “LM18-3008NC Inductive proximity switch sensor.” Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.yumoelectric.com/LM18-3008NC-Inductive-proximity-switch-sensor-pd6835252.html>

6. Anexos

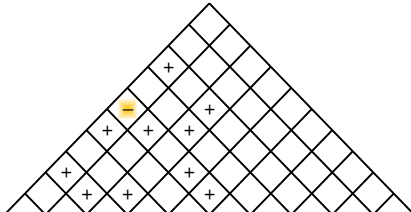
Anexo A

Casa de la calidad (QFD)

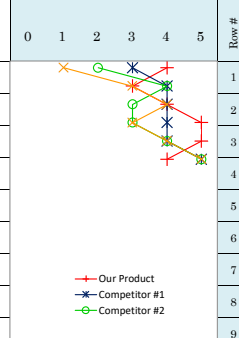
Correlations	
Positive	+
Negative	-
No Correlation	

Relationships	
Strong	●
Moderate	○
Weak	▽

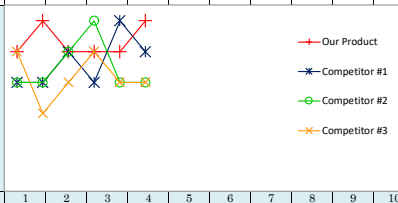
Direction of Improvement	
Maximize	▲
Target	◇
Minimize	▼



Row #	Weight Chart	Relative Weight	Customer Importance	Maximum Relationship	Customer Requirements (Explicit and Implicit)	Direction of Improvement										Customer Competitive Assessment				Row #			
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Our Product	Competitor #1: COMSAT	Competitor #2: RIUS	Competitor #3: KARL MAYER				
1	■	20%	10	3	Funcionamiento con 220V			○	○	○	○												
2	■	20%	10	9	Detección de rotura de hilo	●	●	●	●	●	●												
3	■	16%	8	9	Estructura resistente	●	○		○		○												
4	■	16%	8	9	Relativamente económico	○	●	●	○	●													
5	■	14%	7	9	Facilidad para operación			●	●	●	○												
6	■	14%	7	9	Productividad	○	○	●	●	●													
7																							
8																							
9																							

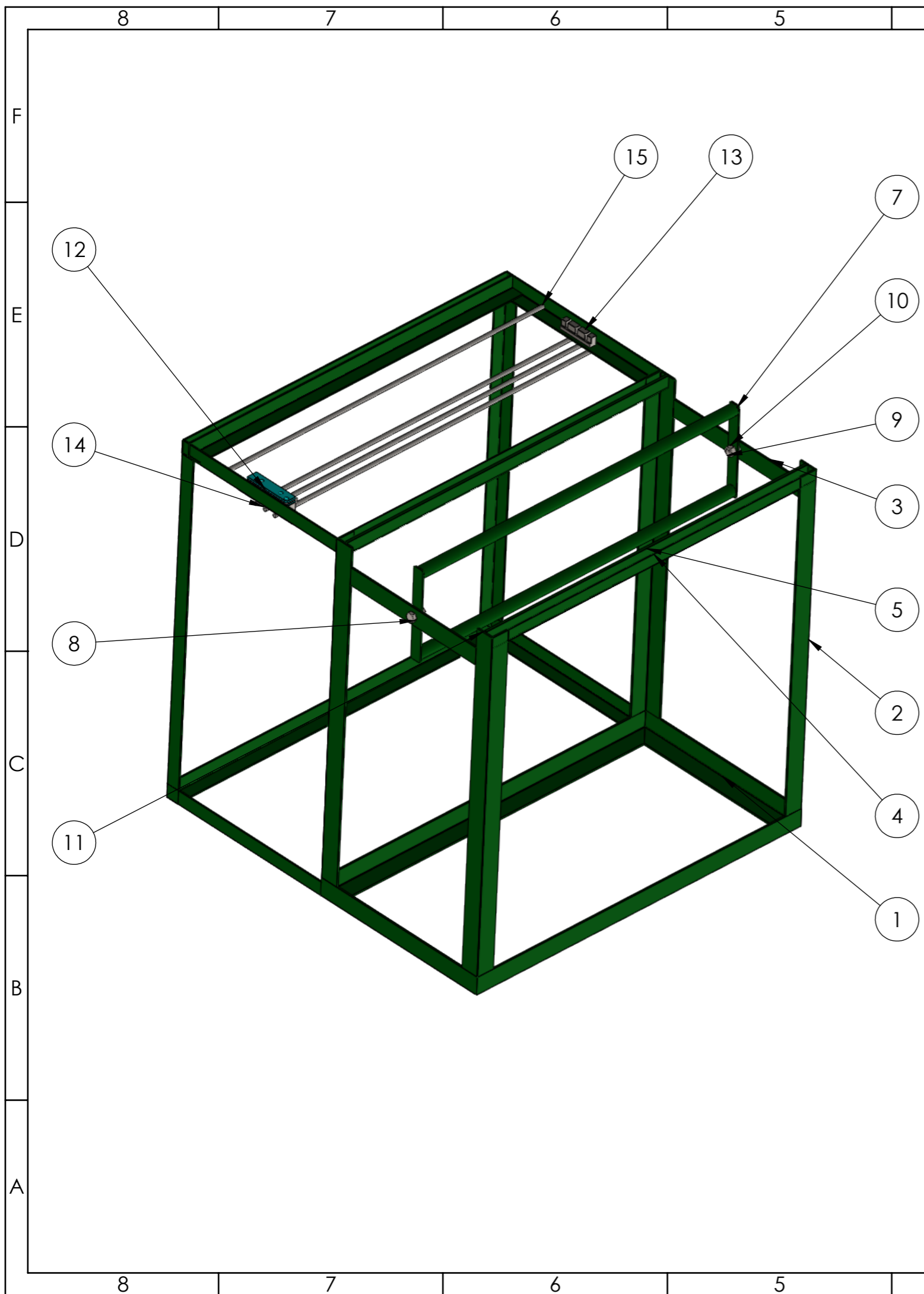


Target	Technical Competitive Assessment					
	1	2	3	4	5	6
Buenos excelentes materiales						
Evaluar el mercado						
Fácil de operar						
Indicadores preventivos						
Sistema de control						
Adecuaciones para implementos						
Max Relationship	9	9	9	9	9	9
Technical Importance Rating	414	414	636	588	636	330
Relative Weight	14%	14%	21%	19%	21%	11%
Weight Chart	■	■	■	■	■	■
Our Product	4	5	4	4	4	5
Competitor #1: COMSAT	3	3	4	3	5	4
Competitor #2: RIUS	3	3	4	5	3	3
Competitor #3: KARL MAYER	4	2	3	4	3	3



Anexo B

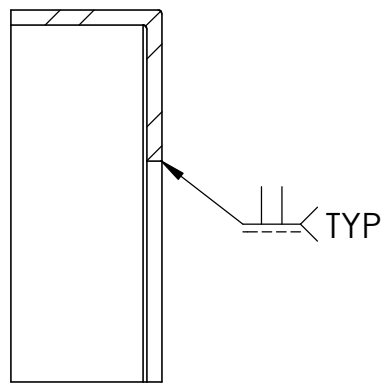
Planos del sistema del paraurdimbre



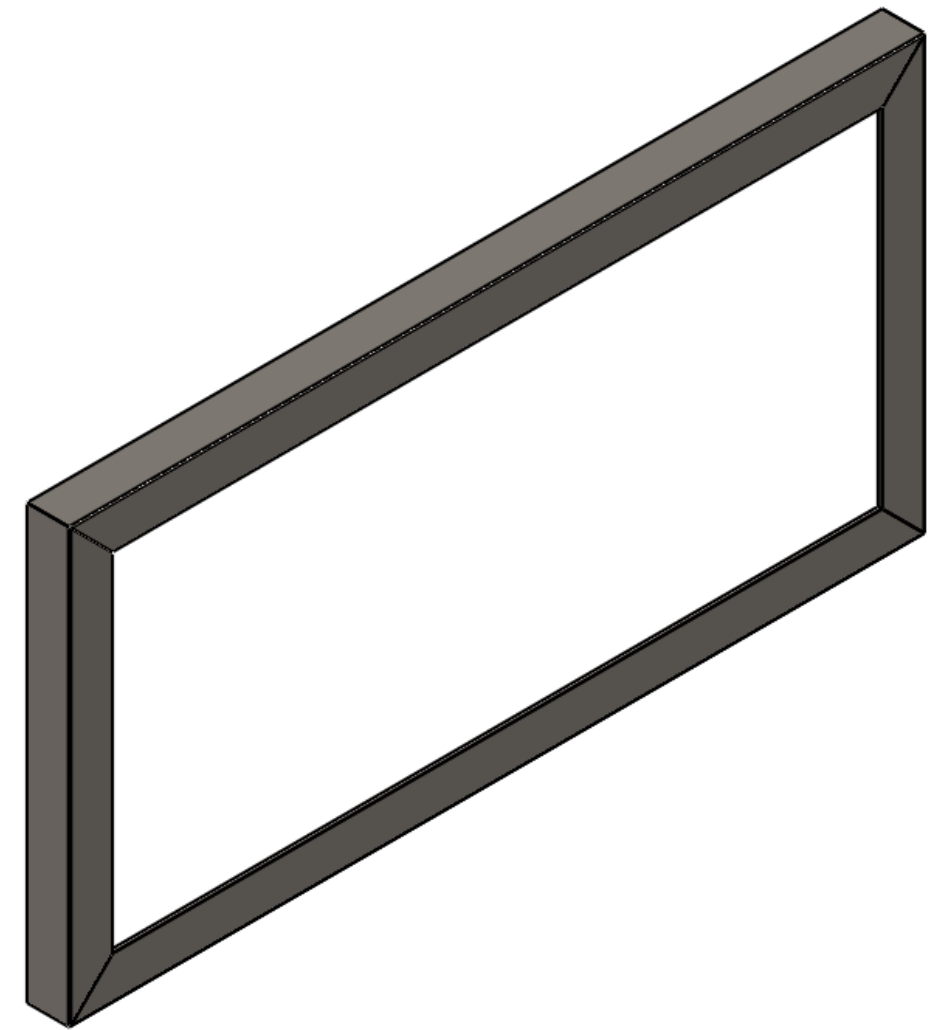
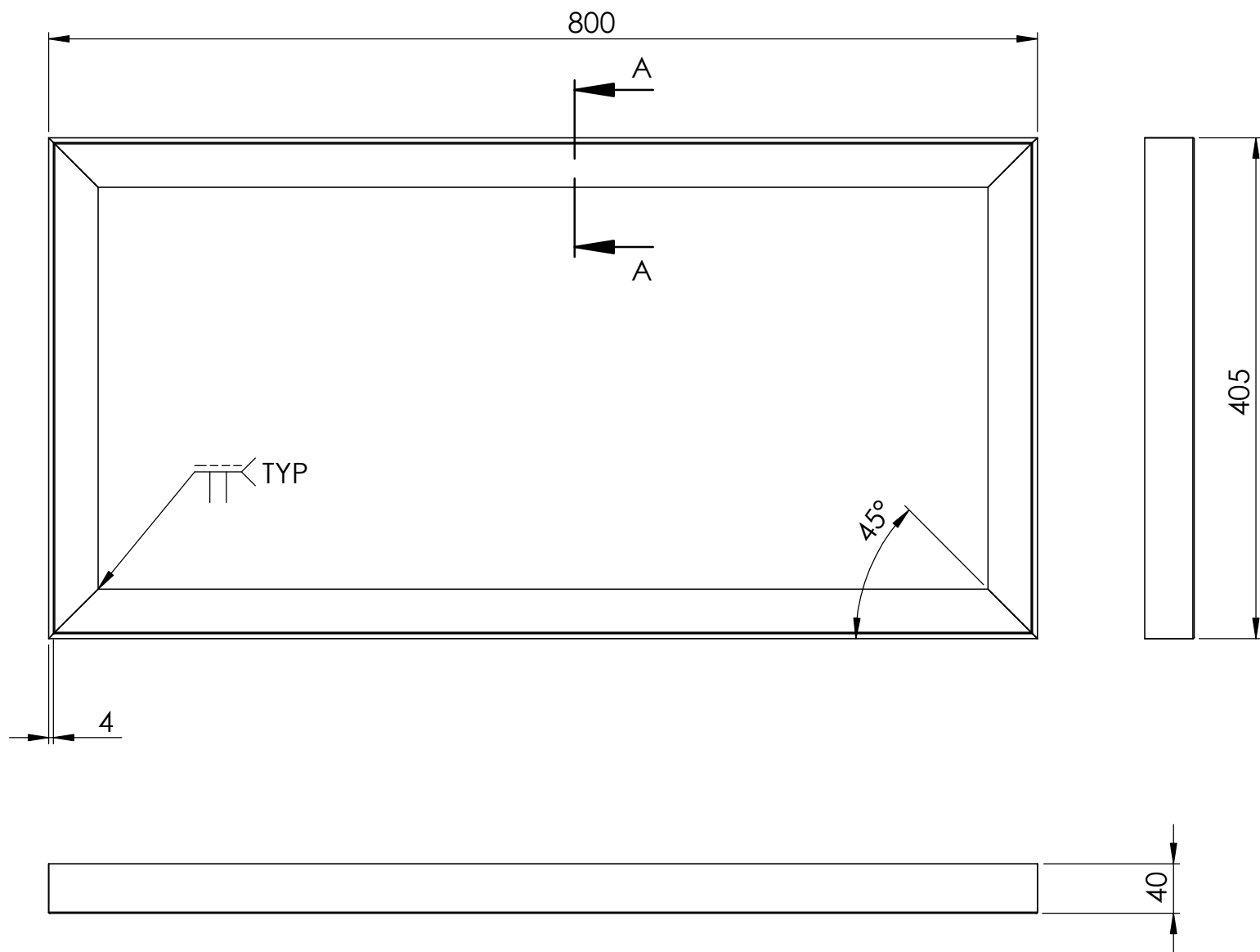
15	varilla pequeña	AUH-2023001-0012	Regulador de tensiones iniciales	1
14	base varillas	AUH-2023001-0011	Guía de láminas	1
13	Soporte barra izquierda	AUH-2023001-0010	Sistema de sujeción de láminas	1
12	Soporte barra derecha	AUH-2023001-009	Sistema de sujeción de láminas	1
11	base modificada	AUH-2023001-008	Sistema de rotura	1
10	ISO - 4032 - M12 - W - N	ISO - 4032 - M12 - W - N	Sistema de sujeción	2
9	ISO 4018 - M12 x 25-WN	ISO 4018 - M12 x 25-WN	Sistema de sujeción	1
8	ISO 4018 - M12 x 25-WS	ISO 4018 - M12 x 25-WS	Sistema de sujeción	1
7	templador	AUH-2023001-007	Regula tensión de hilos	1
6	Rodela	RODELA M14	Sistema de sujeción	2
5	Barra Ajustadora	AUH-2023001-006	Ajustador del peine	2
4	Lateral tipo L	AUH-2023001-005	Sujección para peine	2
3	Horizontal	AUH-2023001-004	Sujección para templador	2
2	Laterales	AUH-2023001-003	Laterales de la basa principal	4
1	Base	AUH-2023001-002	Base principal	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

	PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL			ESCALA: 1:8
	CONJUNTO: GENERAL			
	CÓDIGO: AUH-2023001-001			
	PESO: 308,7 N	DISEÑO: E. Cachiguango	26/07/2023	HOJA: 1 DE 1
LARGO: 803 mm	DIBUJÓ: E. Cachiguango	26/07/2023		
ANCHO: 800 mm	REVISÓ: C. Mejía	26/07/2023		
ALTURA: 818 mm	APROBÓ: C. Mejía	26/07/2023		

FICA **CIME**



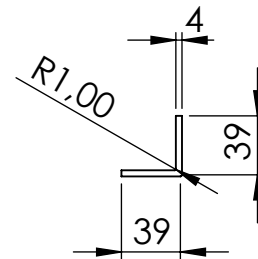
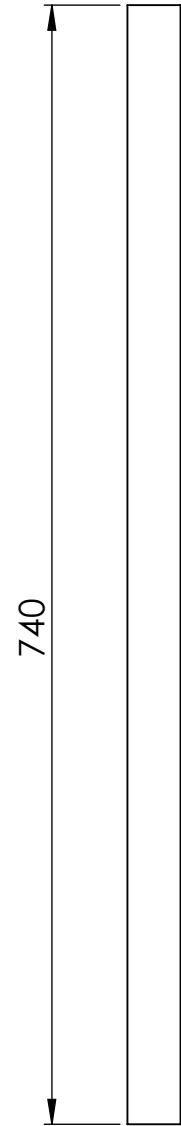
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



FICA

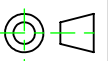
CIME

PROYECTO:				AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL		ESCALA:	
PARTE:				Base		1:5	
CÓDIGO:				AUH-2023001-002		TOLERANCIA: 0.5mm	
MATERIAL:	Acero ASTM A36	DISEÑO:	E. Cachiguango	2023-07-26	HOJA:		
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	E. Cachiguango	2023-07-26	1 DE 1		
RECUBRIMIENTO:	Esmalte sintético	REVISÓ:	C. Mejía	2023-07-26			
CANTIDAD:	1 unidad	APROBÓ:	C. Mejía	2023-07-26			



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL

ESCALA:



PARTE: Laterales

1:5

CÓDIGO: AUH-2023001-003

TOLERANCIA: 0.05

MATERIAL: ASTM A 36

DISEÑO: E. Cachiguango

2023-07-26

HOJA:

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: E. Cachiguango

2023-07-26

1 DE 1

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: C. Mejía

2023-07-26

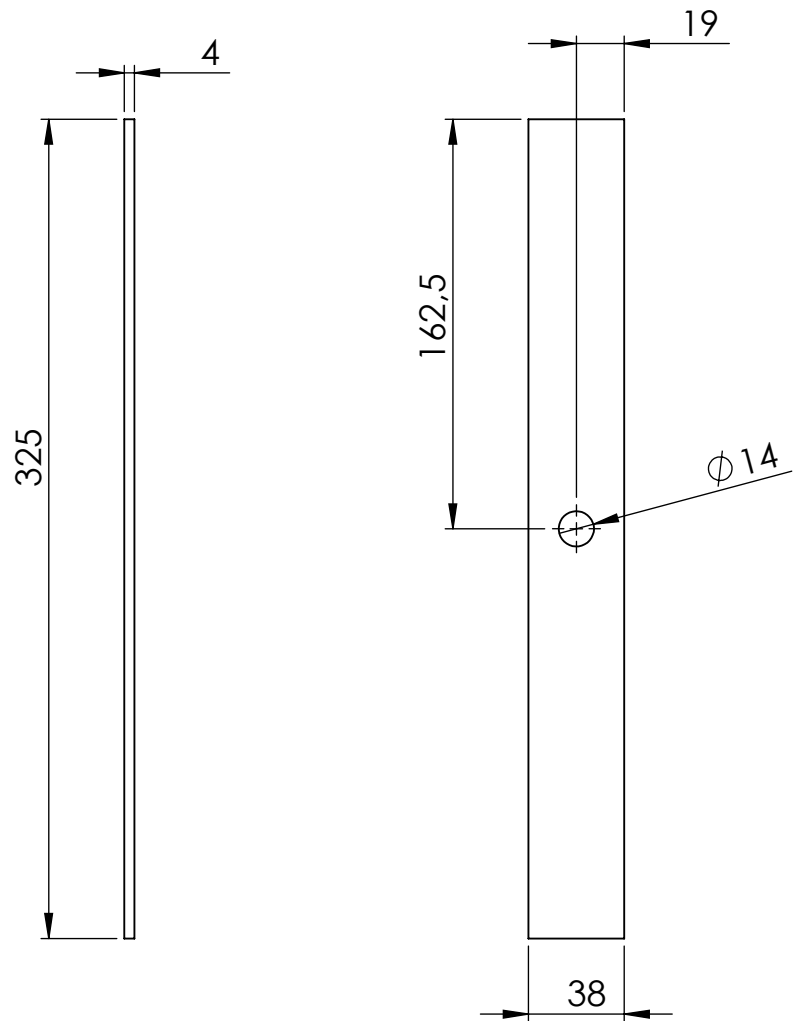
FICA

CIME

CANTIDAD: 4 unidades

APROBÓ: C. Mejía

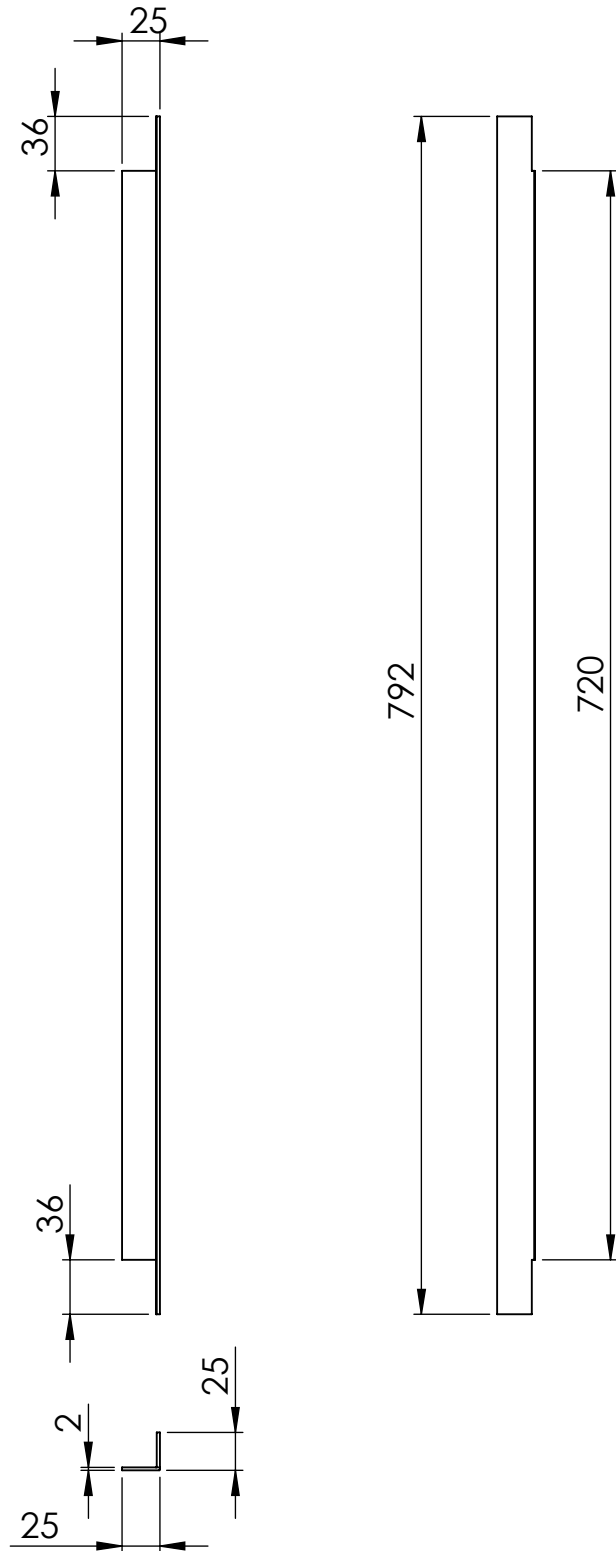
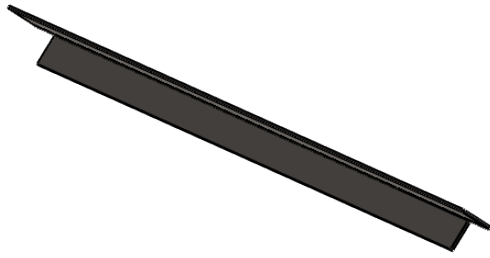
2023-07-26



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL				ESCALA:	
PARTE: Horizontal				1:3	
CÓDIGO: AUH-2023001-004				TOLERANCIA: 0.05	
MATERIAL:	ASTM A 36	DISEÑO:	E. Cachiguango	2023-07-26	HOJA: 1 DE 1
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	E. Cachiguango	2023-07-26	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	C. Mejía	2023-07-26	
CANTIDAD:	2 unidades	APROBÓ:	C. Mejía	2023-07-26	

FICA

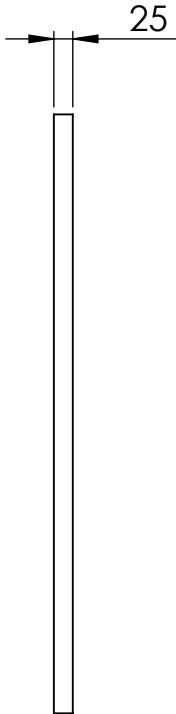
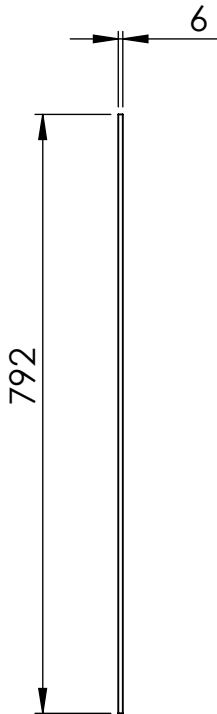
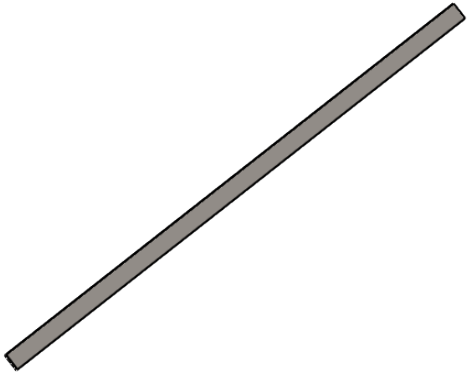
CIME



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL			ESCALA:		
PARTE: Lateral tipo L			1:5		
CÓDIGO: AUH-2023001-005			TOLERANCIA: 0.05		
MATERIAL:	ASTM A 36	DISEÑO:	E. Cachiguango	2023-07-26	HOJA: 1 DE 1
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	E. Cachiguango	2023-07-26	
RECUBRIMIENTO:	Esmalte sintético	REVISÓ:	C. Mejía	2023-07-26	
CANTIDAD:	2 unidades	APROBÓ:	C. Mejía	2023-07-26	

FICA

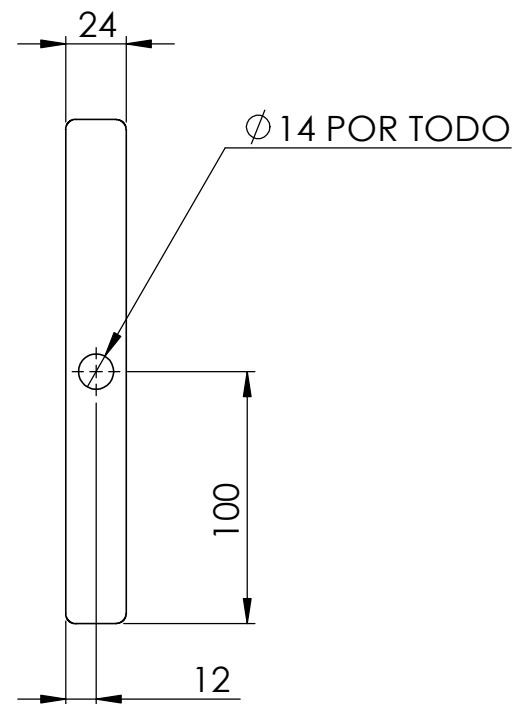
CIME



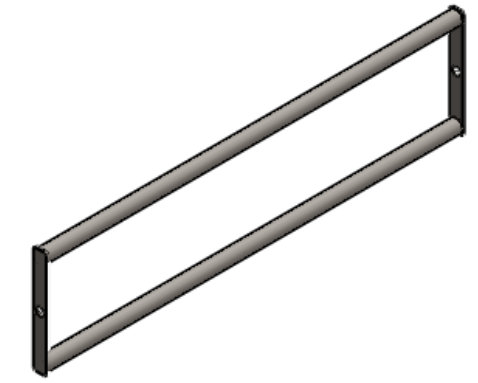
PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL				ESCALA:	
PARTE: Barra Ajustadora				1:2	
CÓDIGO: AUH-2023001-006				TOLERANCIA: 0.05	
MATERIAL:	ASTM A 36	DISEÑO:	E. Cachiguango	2023-07-26	HOJA: 1 DE 1
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	E. Cachiguango	2023-07-26	
RECUBRIMIENTO:	Esmalte sintético	REVISÓ:	C. Mejía	2023-07-26	
CANTIDAD:	2 unidades	APROBÓ:	C. Mejía	2023-07-26	

FICA

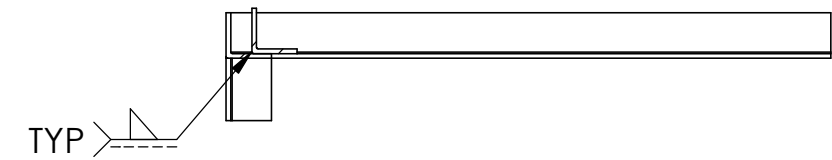
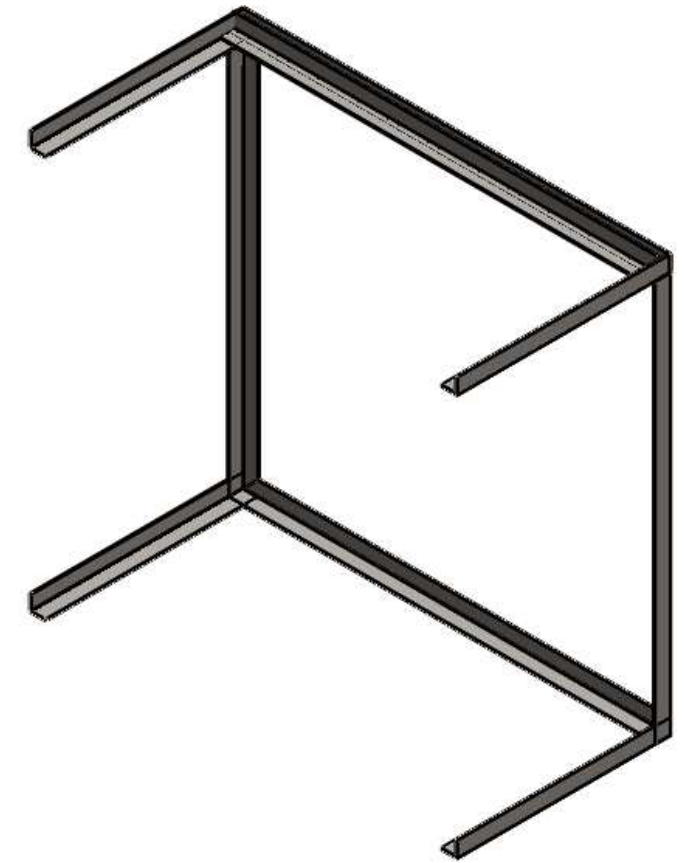
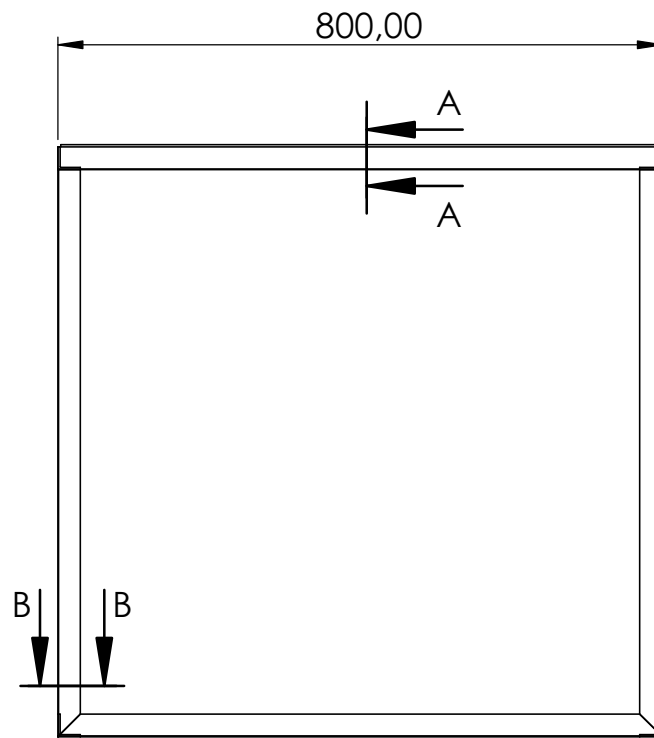
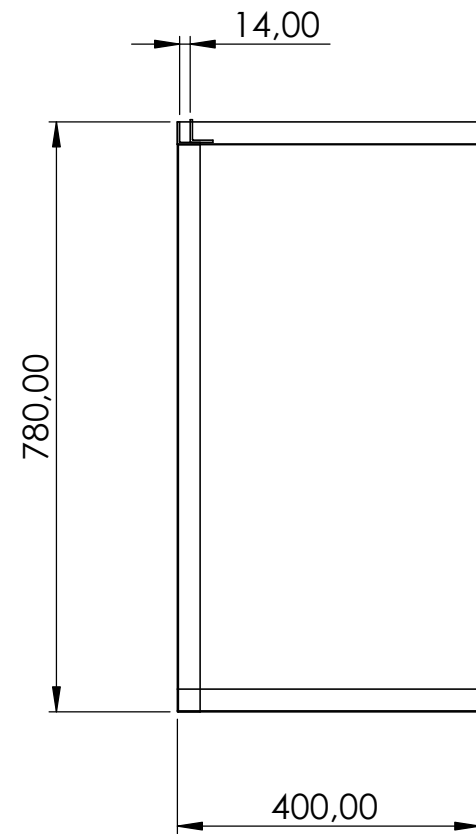
CIME



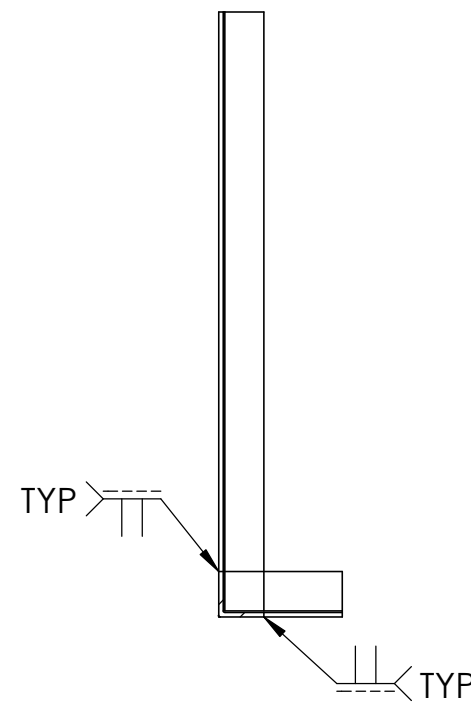
DETALLE E
ESCALA 2 : 3



	PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL			ESCALA: 1:3	
	PARTE: Templador				
	CÓDIGO: AUH-2023001-007			TOLERANCIA: 0.5mm	
	MATERIAL: Acero ASTM A36	DISEÑO: E.Cachiguango	2023-07-26	HOJA: 1 DE 1	
	TRATAMIENTO: Ninguno	DIBUJÓ: E.Cachiguango	2023-07-26		
RECUBRIMIENTO: Esmalte sintético	REVISÓ: C. Mejía	2023-07-26			
CANTIDAD: 1 unidad	APROBÓ: C. Mejía				
FICA	CIME				



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5



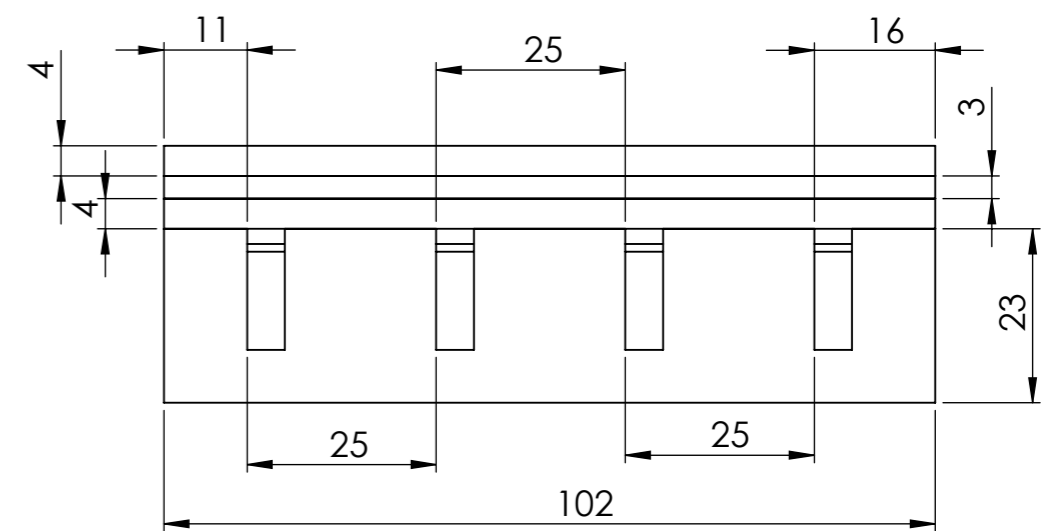
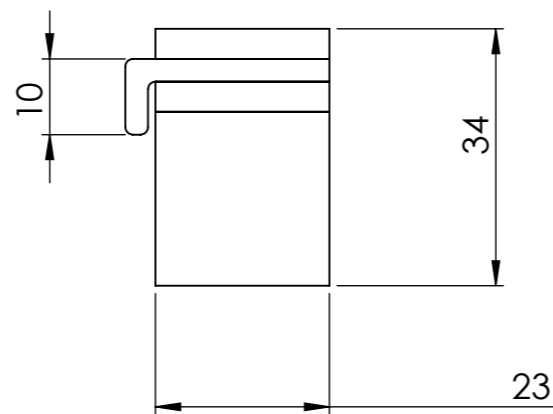
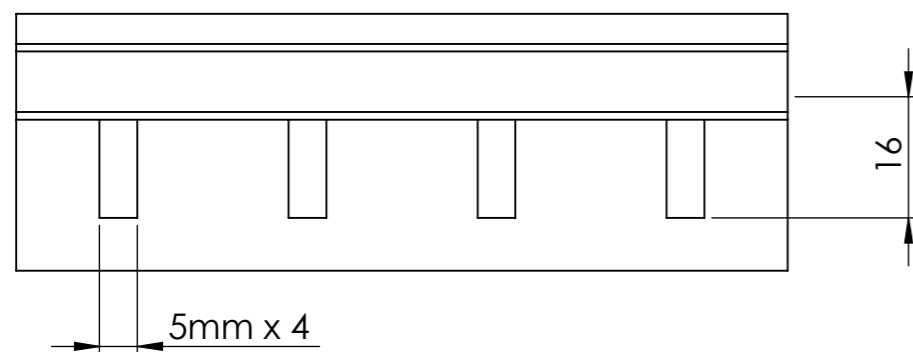
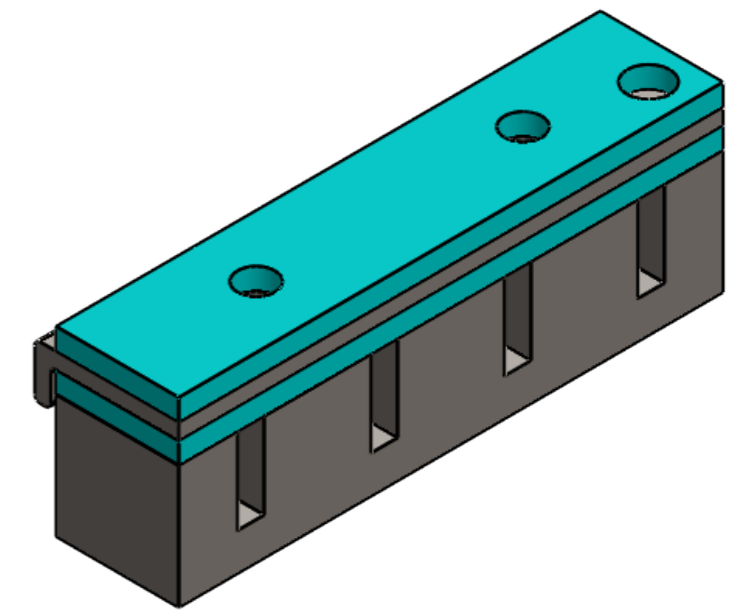
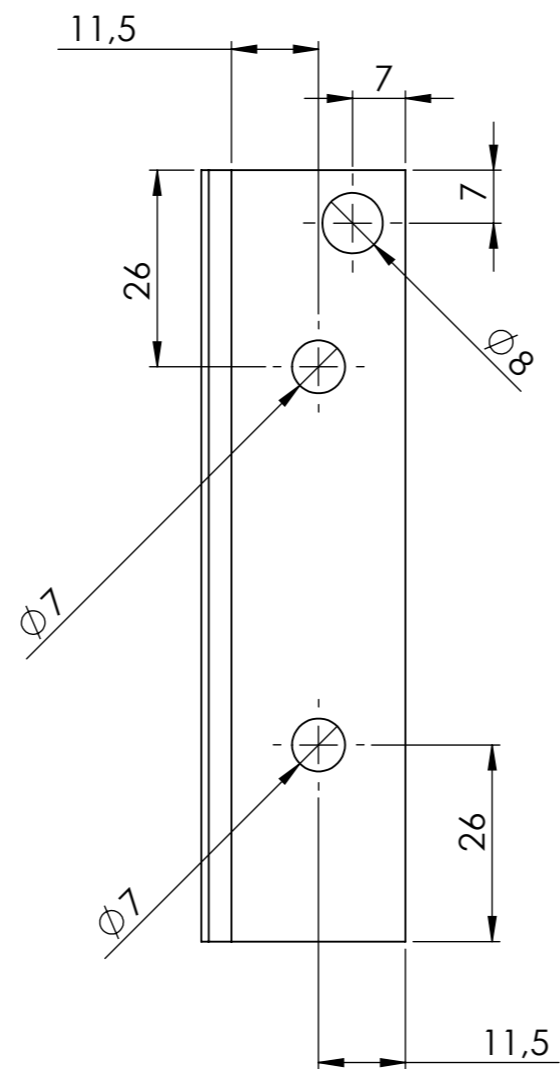
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 5



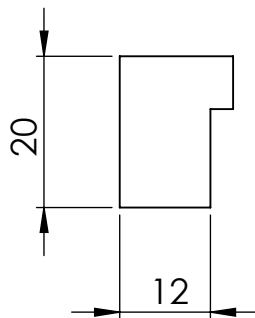
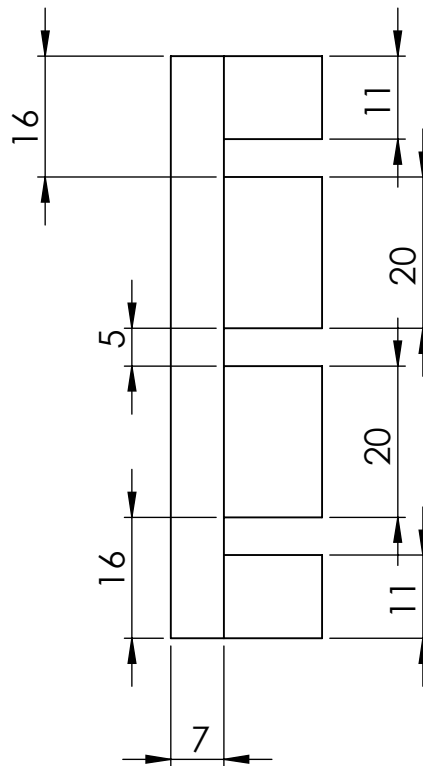
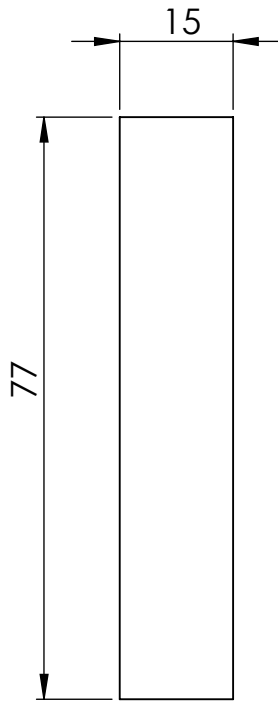
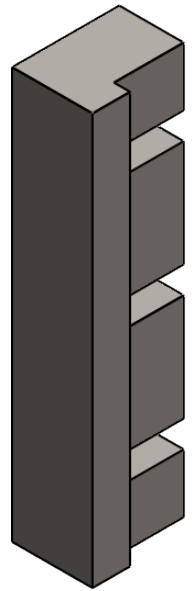
FICA

CIME

PROYECTO:				AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL		ESCALA:	⊕
PARTE:				Base modificada		1:10	⊕
CÓDIGO:				AUH-2023001-008		TOLERANCIA: 0.5mm	
MATERIAL:	Acero ASTM A36	DISEÑO:	E. Cachiguango	2023-07-26	HOJA:		
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	E. Cachiguango	2023-07-26	1 DE 1		
RECUBRIMIENTO:	Esmalte sintético	REVISÓ:	C. Mejía	2023-07-26			
CANTIDAD:	1 unidad	APROBÓ:	C. Mejía	2023-07-26			

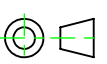


	PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL				ESCALA: 1:1
	PARTE: Soporte derecho				
	CÓDIGO: AUH-2023001-009				TOLERANCIA: 0.05
	MATERIAL: Acero AISI 304	DISEÑO: E. Cachiguango	2023-07-26	HOJA: 1 DE 1	
	TRATAMIENTO: NINGUNO	DIBUJÓ: E. Cachiguango	2023-07-26		
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO: NINGUNO	REVISÓ: C. Mejía	2023-07-26	
		CANTIDAD: 1 unidad	APROBÓ: C. Mejía	2023-07-26	



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL

ESCALA:



PARTE: Soporte izquierdo

1:1

CÓDIGO: AUH-2023001-0010

TOLERANCIA: 0.05

MATERIAL: ASTM A 36

DISEÑO: E. Cachiguango

2023-07-26

HOJA:

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: E. Cachiguango

2023-07-26

1 DE 1

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: C. Mejía

2023-07-26

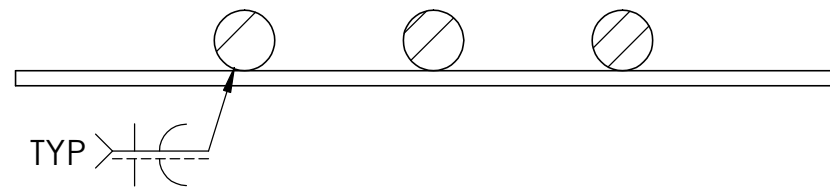
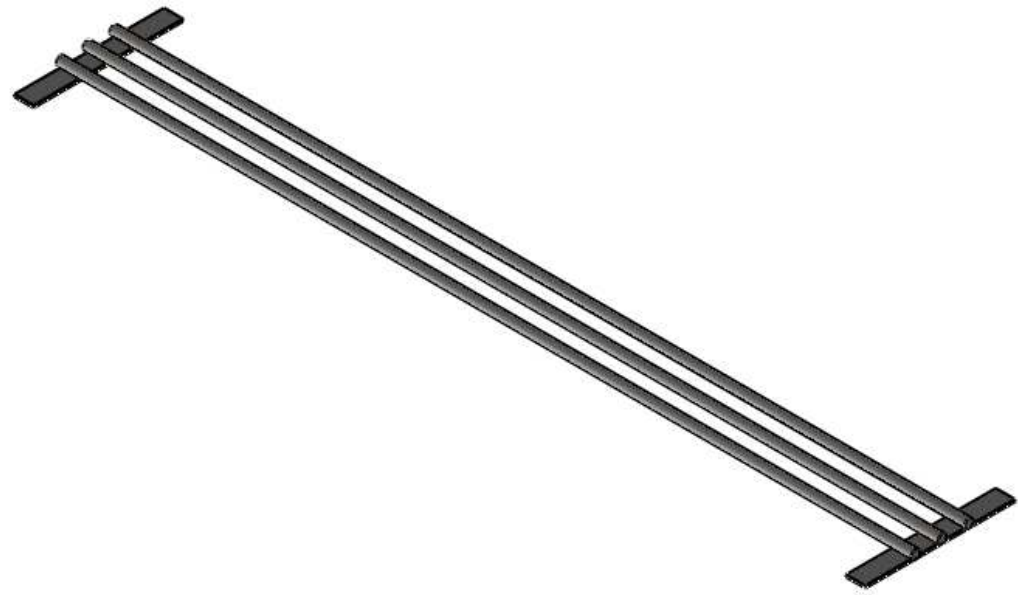
CANTIDAD: 1 unidad

APROBÓ: C. Mejía

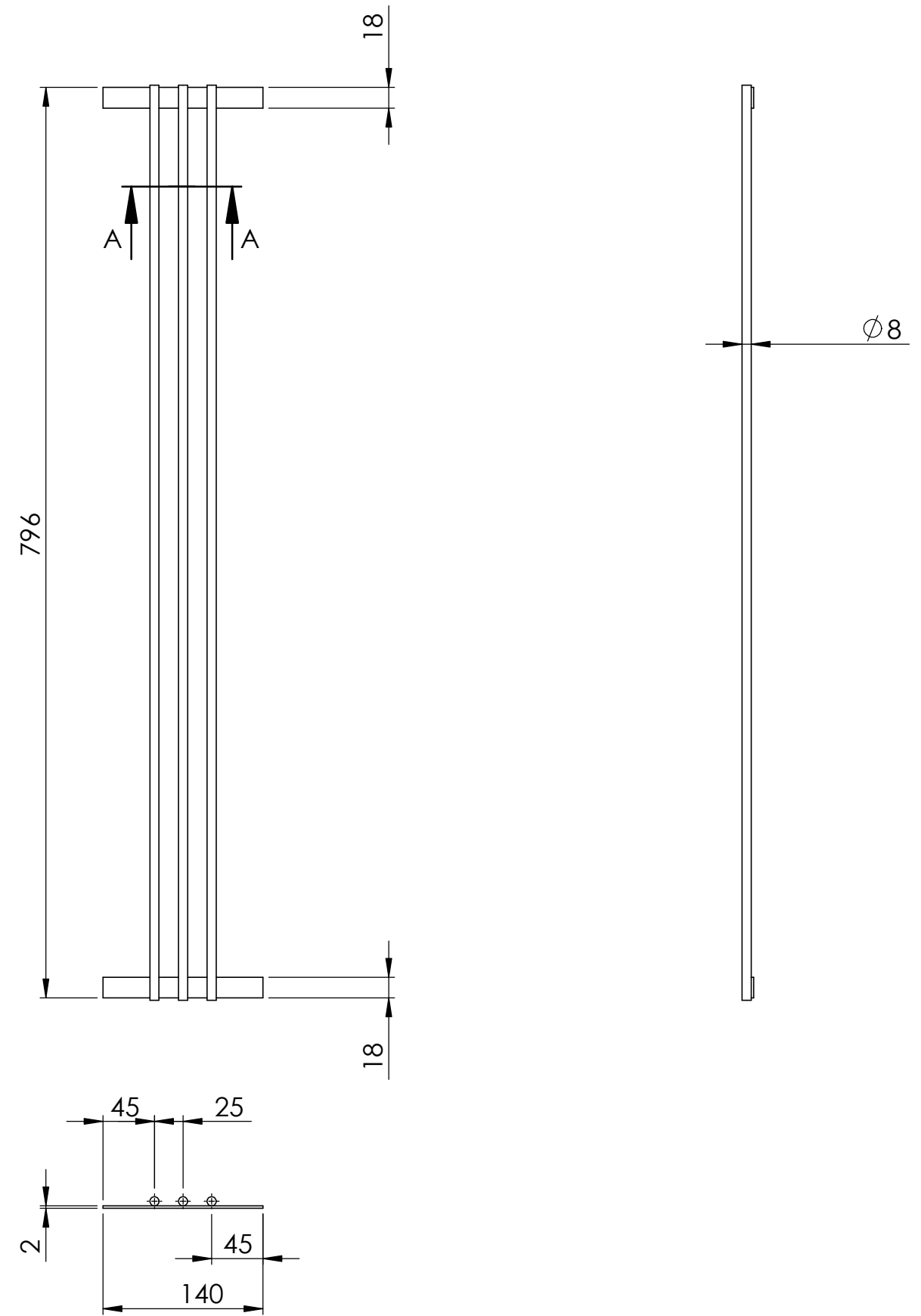
2023-07-26

FICA

CIME



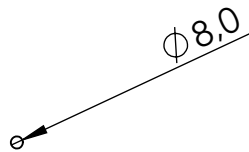
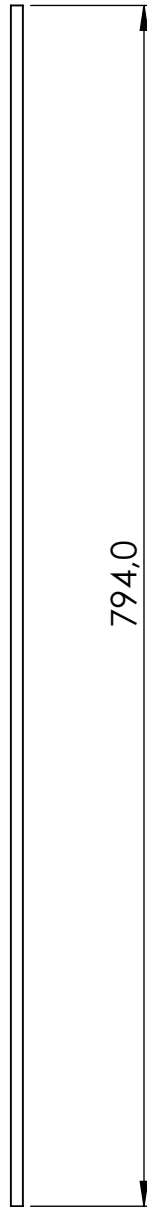
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1



	PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL				ESCALA: 1:5	
	PARTE: Base Varilla					
	CÓDIGO: AUH-2023001-0011				TOLERANCIA: 0.5 mm	
	MATERIAL:	Acero AISI 304	DISEÑO:	E.Cachiguango	2023-07-26	HOJA: 1 DE 1
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	E.Cachiguango	2023-07-26	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	C.Mejía	2023-07-26		
CANTIDAD:	1 unidad	APROBÓ:	C.Mejía	2023-07-26		

FICA

CIME



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA URDIDORA HORIZONTAL				ESCALA: 1:5	
PARTE: Varilla pequeña					
CÓDIGO: AUH-2023001-011				TOLERANCIA: 0.05	
MATERIAL:	AISI 303	DISEÑO:	E. Cachiguango	2023-07-26	HOJA: 1 DE 1
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	E. Cachiguango	2023-07-26	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	C. Mejía	2023-07-26	
CANTIDAD:	1 unidad	APROBÓ:	C. Mejía	2023-07-26	

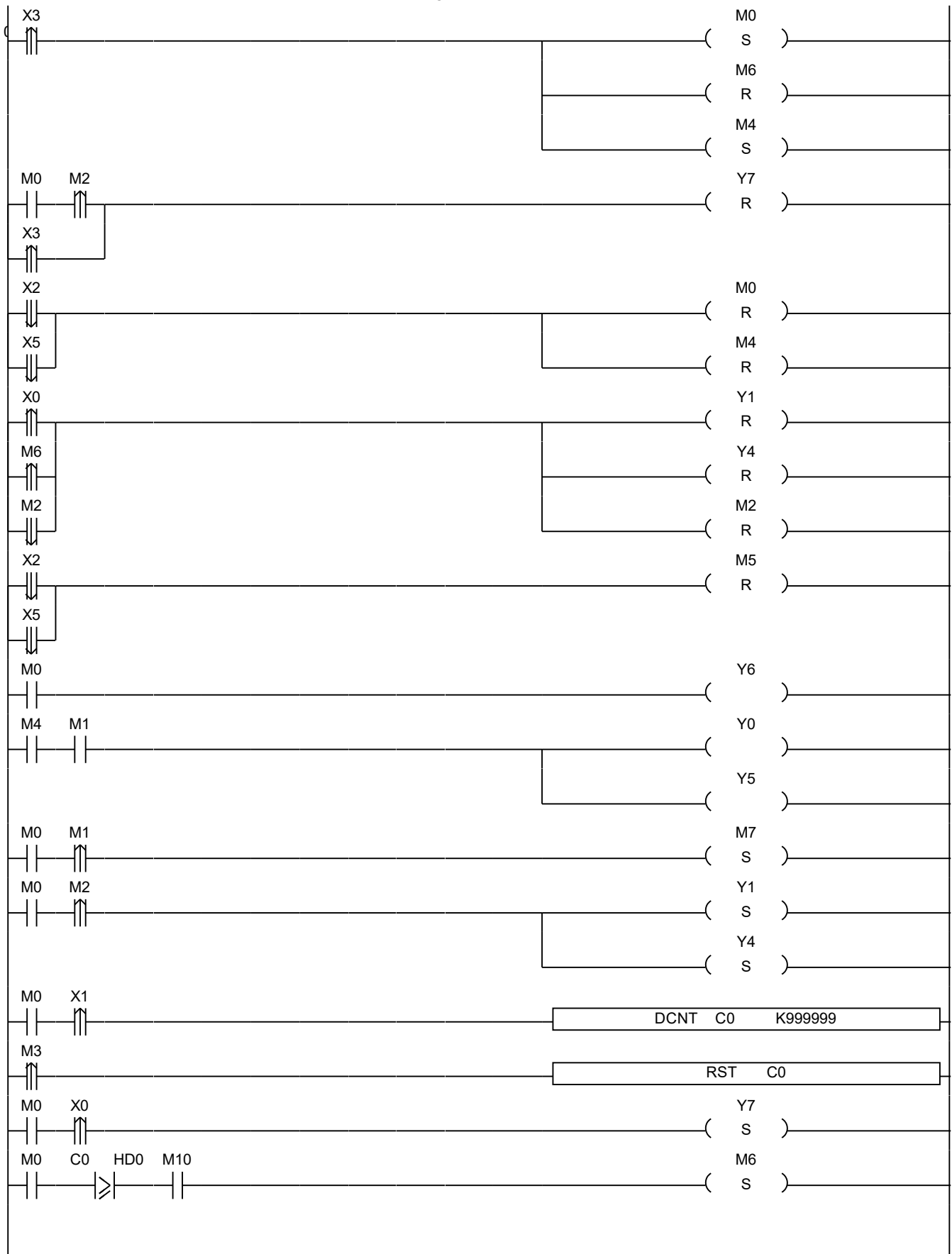
FICA

CIME

Anexo C

Código en diagrama Ladder y por instrucciones de programa del PLC

PLC1



PLC1

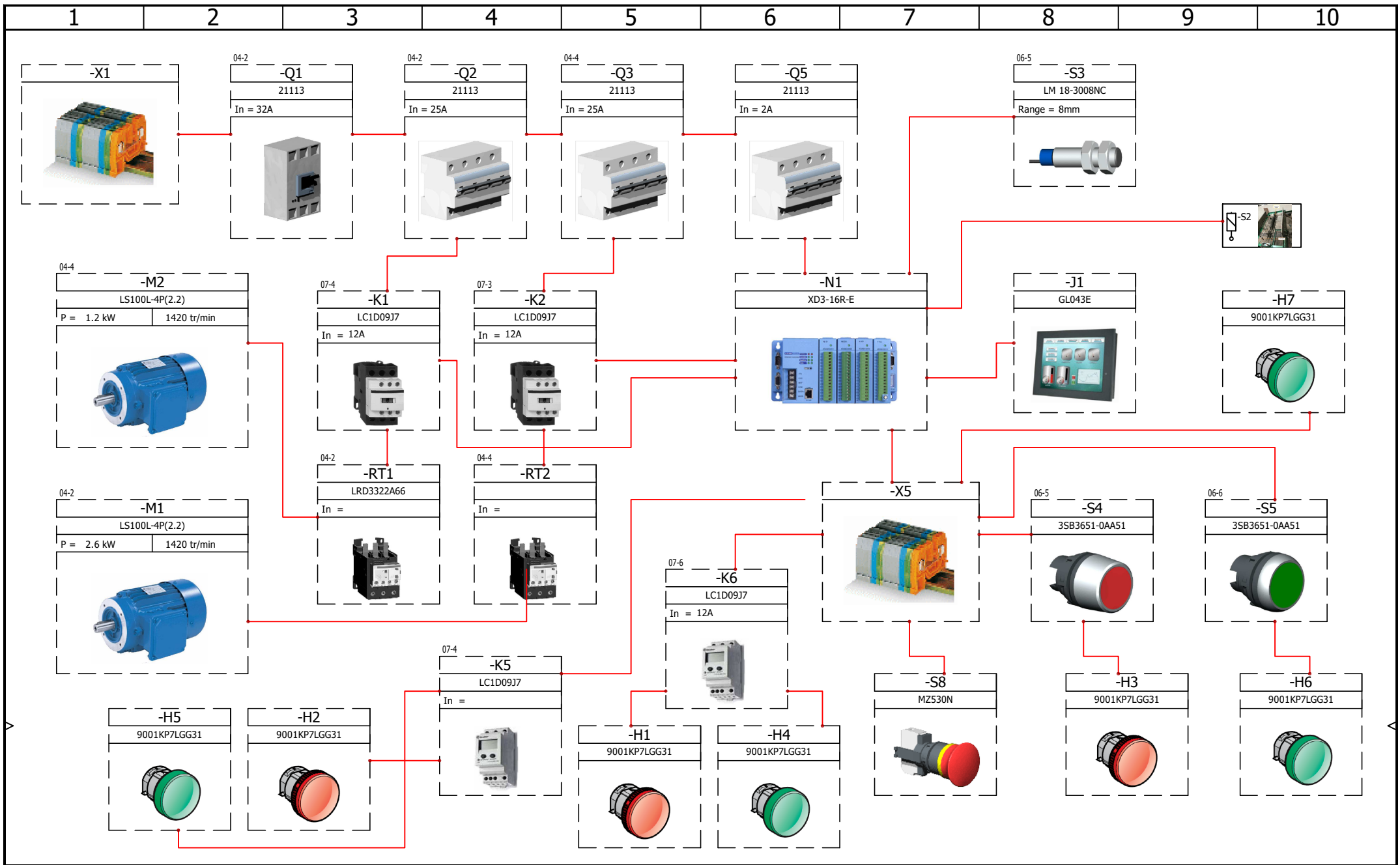
0	LDP	X3	
2	SET	M0	
4	RST	M6	
6	SET	M4	
8	LD	M0	
10	ANDP	M2	
12	ORP	X3	
14	RST	Y7	
16	LDF	X2	
18	ORF	X5	
20	RST	M0	
22	RST	M4	
24	LDP	X0	
26	ORP	M6	
28	ORF	M2	
30	RST	Y1	
32	RST	Y4	
34	RST	M2	
36	LDF	X2	
38	ORF	X5	
40	RST	M5	
42	LD	M0	
44	OUT	Y6	
46	LD	M4	
48	AND	M1	
50	OUT	Y0	
52	OUT	Y5	
54	LD	M0	
56	ANDP	M1	
58	SET	M7	
60	LD	M0	
62	ANDP	M2	
64	SET	Y1	
66	SET	Y4	
68	LD	M0	
70	ANDP	X1	
72	DCNT	C0	K999999
76	LDP	M3	
78	RST	C0	
80	LD	M0	
82	ANDP	X0	
84	SET	Y7	
86	LD	M0	
88	AND>=	C0	HD0
91	AND	M10	
93	SET	M6	

PLC1

X0	Paraurdimbre
X1	Conteo vueltas (Inductivo)
X2	Stop
X3	Start
X5	Paro emergencia
Y0	Motor 1
Y1	Motor 2
Y4	Luz piloto motor 2
Y5	Luz piloto motor 1
Y6	Luz piloto encendido/apagado máquina
Y7	Luz rotura de hilo
M0	Marca Start
M1	Marca motor 1
M2	Marca motor 2
M3	Marca vueltas
M4	Marca Indicadores
M5	Marca stop
M6	Marca paro vueltas
M7	Marca indicadores motor 1
M10	Marca de activación
C0	Contador
HD0	Memoria contador

Anexo D

Planos eléctricos del tablero de control



UTN		Automatización Urdidora			REVISION		
					0		
					SCHEME		
					03		
CONTRACT:		LOCATION: +L1			Armario principal		
		REV. 0 9/8/2023		NAME ELVIS		CHANGES	
		User data 1		User data 2			
		Elvis Cachiguano					

DIAGRAMA DE POTENCIA

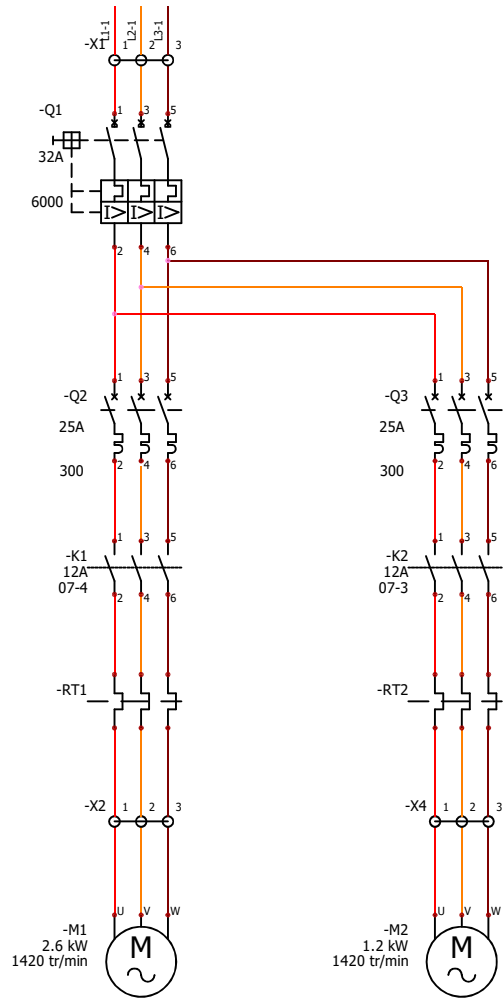
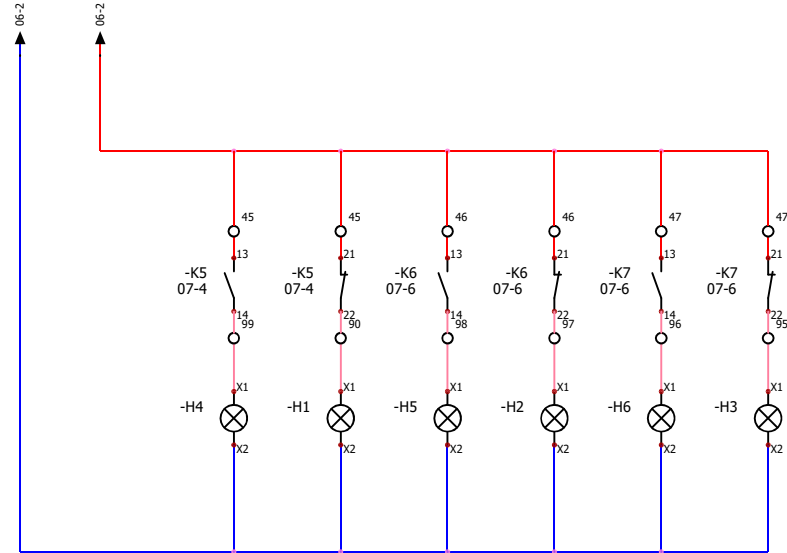


DIAGRAMA DE CONTROL



UTN

Automatización Urdidora

REVISION

0

0	9/8/2023	ELVIS	
REV.	DATE	NAME	CHANGES

SCHEME

04

CONTRACT:

LOCATION:

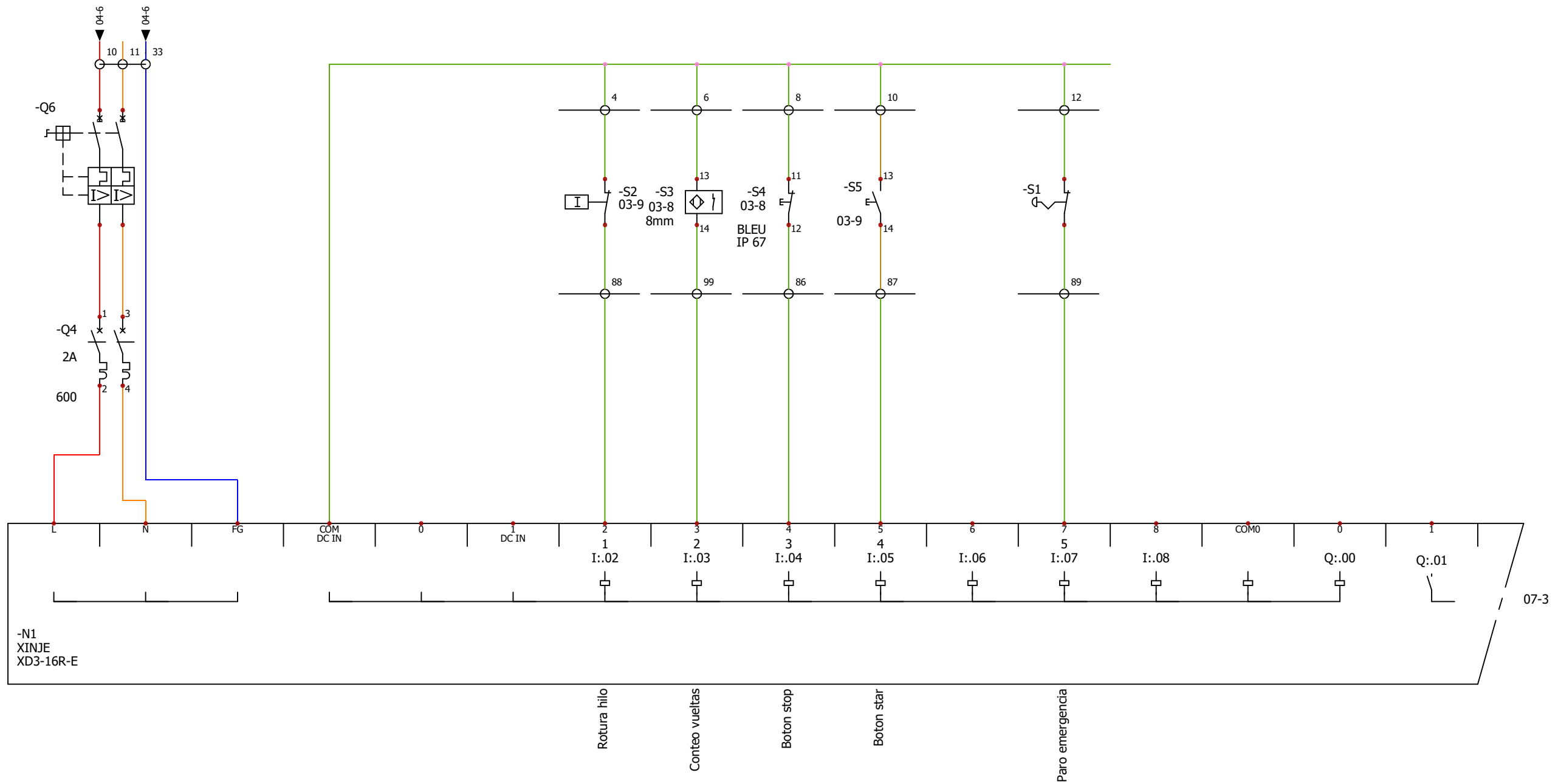
+L1

Armario principal

User data 1

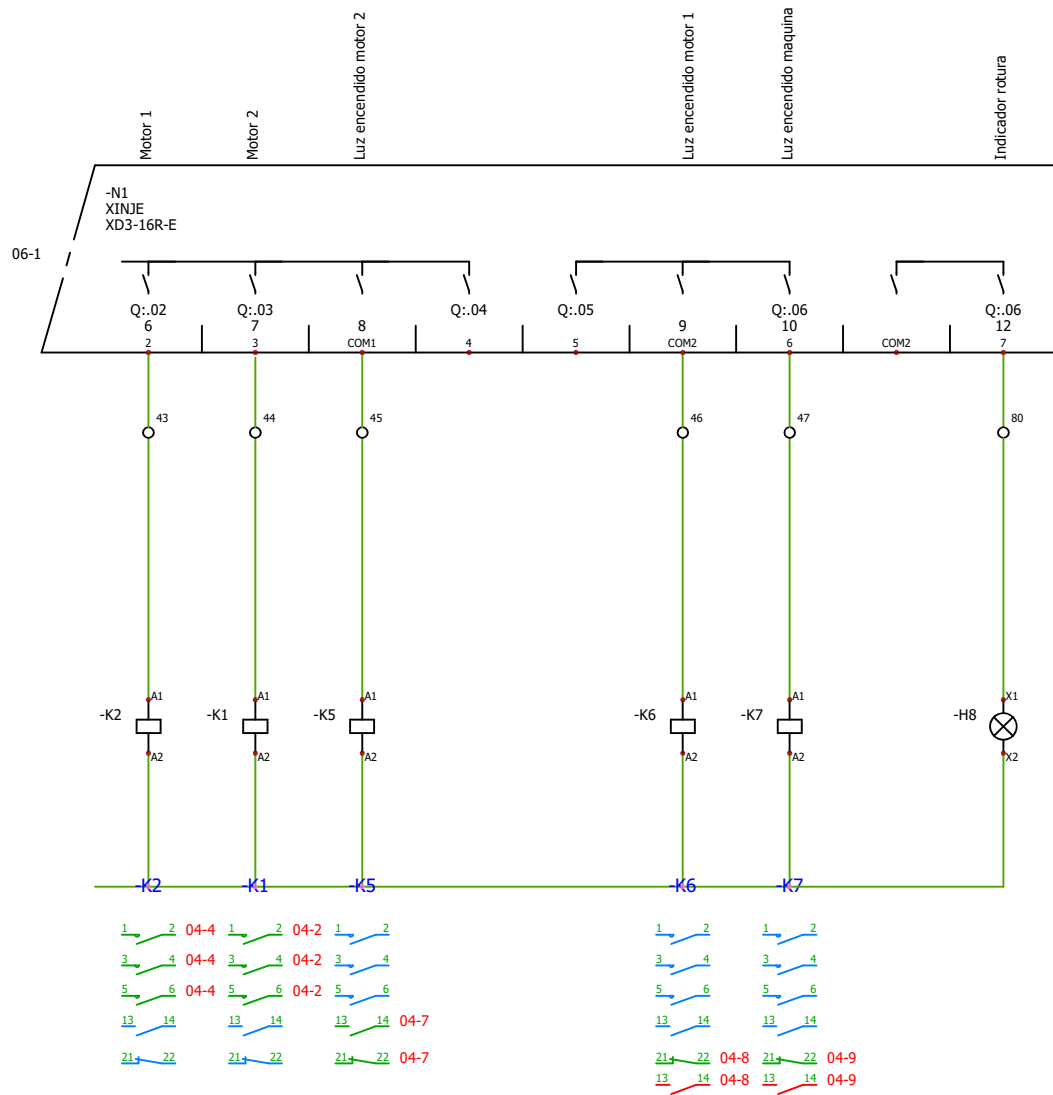
Elvis Cachiguango

User data 2



SOLIDWORKS Electrical

UTN	Automatización Urdidora			REVISION
				0
CONTRACT:	LOCATION: +L1	Armario principal	REV.	0
			DATE	11/9/2023
		NAME	ELVIS	CHANGES
		User data 1	Elvis Cachiguango	User data 2
				SCHEME
				06



UTN

Automatización Urdidora

REVISION

0

0	11/9/2023	ELVIS	
REV.	DATE	NAME	CHANGES

SCHEME

07

CONTRACT:

LOCATION:

+L1

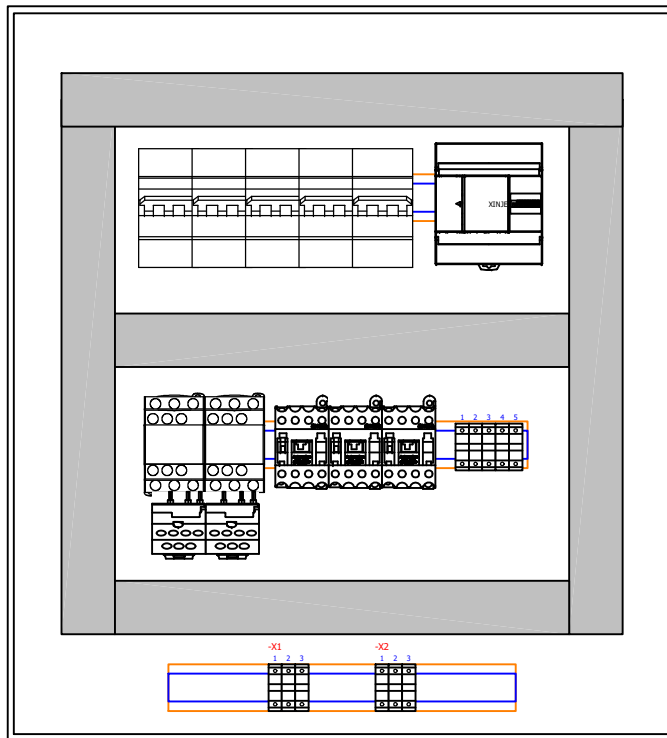
Armario principal

User data 1

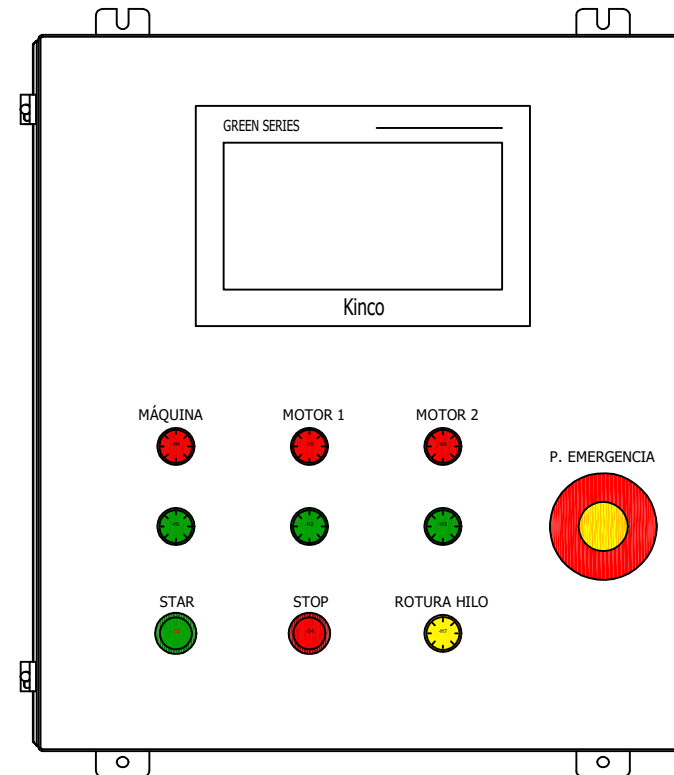
Elvis Cachiguango

User data 2

VISTA INTERIOR



VISTA FRONTAL



UTN

Automatización Urdidora

CONTRACT:

LOCATION:

+L1

Armario principal

REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	9/9/2023	ELVIS	
User data 1 Elvis Cachiguango			User data 2

SCALE
1 / 4

REVISION
0

DRAWING
05

Anexo E

Costo de implementación del sistema automatizado para detección de rotura de hilo.

Costos de implementación del sistema automatizado para detección de rotura de hilo.				
PARAURDIMBRE (ESTRUCTURA)		CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Ángulos tipo L 25x3		1	7	7
Láminas bimetalicas		2	20	40
Laminas metalicas delgadas		170	0,05	8,5
Electrodos 6013		10	disponible	0
Base de láminas bimetalicas			material reciclado	0
Varilla de acero inoxidable 8mm diámetro		1	12	12
Peine 40/10		1	disponible	0
Spray de metal verde		2	3,5	7
Conector banana		2	0,5	1
TABLERO DE CONTROL		CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Gabinete de 40*40*25		1	49,49	49,49
Sensor inductivo de 8 mm		1	30	30
HMI Kinco GL043E		1	150	150
PLC XD3-16R		1	160	160
Luces piloto 220V		7	3,5	24,5
Selector de 3 posiciones		1	4	4
Paro de emergencia		1	3,8	3,8
Pulsador rojo y verde		2	3,5	7
Interruptor principa de 32 AMP		1	11,3	11,3
Breaker de 32 AMP trifásico		1	8,28	8,28
Breaker de 2 AMP 2 polos		2	5,25	10,5
Breaker de 10 AMP trifásico		1	7,45	7,45
Breaker de 16 AMP trifásico		1	7,45	7,45
Contactor de 12 AMP		1	11,92	11,92
Contactor de 18 AMP		1	13,86	13,86
Cable entre HMI y PLC		1	15	15
Mini relés		3	5	15
Cable sucre 3x18		30	0,75	22,5
Cable sucre 3x12		10	1,25	12,5
Cinta aislante		2	1	2
Material menudo		1	60	60
TOTAL (\$)		702,05		
MANO DE OBRA				
ACTIVIDADES	DIARIO	DIAS	# PERSONAS	TOTAL
Diseño del paraurdimbre	\$25	3	1	75
Construcción estructura paraurdimbre	\$20	2	2	80
Implementación de elementos en baginete	\$20	10	1	200
Instalacion del sistema automatizado	\$25	5	2	250
Programación	\$25	4	1	100
TOTAL (\$)	705			

TOTAL	\$1.407,05
--------------	-------------------