



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
**ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”**

**MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**  
*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER**

<b>Título del proyecto:</b>
<b>“Automatización del sistema de corte de laminado para la empresa NOVACERO”</b>
<b>Línea de Investigación:</b>
<b>Automatización y control de procesos con aplicaciones en la industria</b>
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
<b>Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable</b>
<b>Autor/a:</b>
<b>Jimmy Darío Oñate Guerrero</b>
<b>Tutor/a:</b>
<b>MG. Wilmer Albarracín</b>

**Quito – Ecuador**  
**2022**

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Wilmer Fabián Albarracín Guarochico con C.I: 1713341152** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado Automatización del sistema de corte de laminado para la empresa NOVACERO.

Elaborado por: Jimmy Darío Oñate Guerrero de C.I: 1804633855, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., SEPTIEMBRE de 2022

---

**Firma**

## DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Jimmy Darío Oñate Guerrero con C.I.:1804633855, autor/a del proyecto de titulación denominado: “Automatización del sistema de corte de laminado para la empresa NOVACERO” Previo a la obtención del título de Magister en Magister en Electrónica, mención Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., septiembre de 2022

---

**Firma**

## Tabla de contenidos

<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	<b>1</b>
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
<b>CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>4</b>
1.1. Contextualización general del estado del arte	4
1.2. Proceso investigativo metodológico	8
<b>CAPÍTULO II: PROPUESTA</b>	<b>9</b>
2.1. Fundamentos teóricos aplicados	9
2.1.1. Servomotor	9
2.1.1.2. Servomotor de baja potencia	9
2.1.1.3. Servomotores de alta potencia	9
2.1.2. Sistema de control	10
2.1.2.1. Sistema de control de lazo abierto	10
2.1.2.2. Sistema de control de lazo cerrado	11
2.1.3. HMI	11
2.1.4. PLC	12
2.2. Descripción de la propuesta	13
2.3. Validación de la propuesta	22
2.4. Matriz de articulación de la propuesta.	23
2.5. Análisis de resultados.	25
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>28</b>

<b><i>RECOMENDACIONES</i></b>	<b>29</b>
<b><i>BIBLIOGRAFÍA</i></b>	<b>30</b>
<b><i>ANEXOS</i></b>	<b>32</b>

## Índice de tablas

<i>Datos del validador</i> .....	22
<i>Criterios de evaluación</i> .....	22
<i>Escala de evaluación</i> .....	23
<i>Matriz de articulación</i> .....	23

## Índice de figuras

<b>Figura 1 Diagrama de servomotor de baja potencia</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2 Diagrama de Servomotores de alta potencia</b>	<b>10</b>
<b>Figura 3 Sistema de control lazo abierto.</b>	<b>11</b>
<b>Figura 4 Sistema de control lazo cerrado</b>	<b>11</b>
<b>Figura 5 HMI Weintek.</b>	<b>12</b>
<b>Figura 6 Diagrama de bloque de un PLC.</b>	<b>13</b>
<b>Figura 7 Diagrama de proceso</b>	<b>15</b>
<b>Figura 8 Pantalla inicial.</b>	<b>15</b>
<b>Figura 9 Pantalla inicial GX WORKS</b>	<b>16</b>
<b>Figura 10 10 Pantalla inicial nuevo proyecto.</b>	<b>16</b>
<b>Figura 11 Pantalla programación .</b>	<b>17</b>
<b>Figura 12 Pantalla configuración parámetros</b>	<b>18</b>
<b>Figura 13 Pantalla configuración de parámetros.</b>	<b>19</b>
<b>Figura 14 Pantalla para interfaz</b>	<b>20</b>
<b>Figura 15 Pantalla interfaz usuario.</b>	<b>20</b>
<b>Figura 16 Representación de sistema instalado.</b>	<b>21</b>
<b>Figura 17 Diseño de cizalla.</b>	<b>26</b>
<b>Figura 18 Indicadores de paras</b>	<b>27</b>

## **INFORMACIÓN GENERAL**

### **Contextualización del tema**

En Novacero S.A existe una línea de producción en caliente donde se producen materiales pequeños tales como platinas de diferentes espesores, barra redonda lisa de diámetros entre 8 milímetros, 10 milímetros y barra cuadrada de hasta 12 milímetros, mismos materiales que necesitan ser cortados de forma perpendicular por presentación de producto para disponer en el mercado y sea vistoso para el cliente, hoy en día la planta cuenta con una cizalla para realizar el corte de tipo cizalla-volante que es la encargada de realizar el corte perpendicular sin rebabas, la cizalla que se encuentra instalada tiene muchos elementos mecánicos tales como, cadenas para transmisión de movimiento desde el motor hacia el reductor, un reductor multietapas que hace la función de reducir el número de revoluciones y obtener la deseada para que por medio de un embrague mecánico se accione y se transmita toda la potencia para que actúe en el corte ya que es una línea continua con un avance de desplazamiento longitudinal, por lo que la cizalla debe ser de tipo dinámica, el hecho de poseer una cizalla mecánica con varios elementos de desgaste, hacen que aparezca un problema en cuanto a la precisión de longitud del corte y la empresa no tenga un correcto estándar de calidad para garantizar la longitud del material, otra problemática está centrada en el tiempo de paras que representa el mantenimiento de la cizalla volante, ya que al poseer elementos de desgaste presentes en el embrague generan pérdidas en cuanto al tiempo de parada, ya sea por mantenimientos planificados programados o por los tiempos de paradas de emergencia, por rotura de algún otro elemento mecánico como resortes o pines de alojamiento del soporte.

### **Problema de investigación**

En el área de producción de laminados de productos pequeños, uno de los problemas más graves de la producción son los daños que se presentan constantemente en la cizalla volante. Las paras no planificadas presentadas por la cizalla son 7776 min en el año 2020.

El mayor tiempo de paro está directamente relacionado con el sistema de accionamiento actual (volante-freno-embrague), este valor equivale al 75% de las paras del equipo. Con el cambio a una cizalla start-stop se reducirá las horas de para al año (122.55 horas/año), lo que equivale a 139.7Tn/año con una media de 1.14 ton/hora, obteniendo una ganancia de \$97,794 al año.

Con el cambio del sistema de corte instalado en el área de laminados de productos pequeños se logrará reducir el tiempo total de paras que ocasionan el tener instalado un cizalla de tipo embrague que por poseer elementos mecánicos de desgaste hacen que exista paradas significantes para el área, con la instalación de una cizalla start-stop se reducirá las horas de para al año (122.55 horas/año), lo que equivale a 139.7Tn/año, estas datos se obtienen de reportes de paras ocasionadas ya sea por el cambio de resortes o por rotura de pernos, cambio de bandas o cambio de cadenas.

Si logramos controlar velocidades de corte y precisión de corte, hallaremos un plus que servirá de gran ayuda en cuanto a presentación del producto en el mercado, ya que hoy en día se dispone de un corte que si bien es cierto es bueno pero en sus dimensiones varían de acuerdo al desgaste elementos, que son factores que influyen en la transmisión del movimiento, es por eso que el control de la cizalla por un servomotor sirven de gran ayuda en cuanto, a que es muy silencioso su accionamiento frente a una cizalla instalada que supera los 95 DB, que es un valor que supera los límites permitidos para exposiciones de los operadores. Instalando un control por sensores se disminuirá los errores de dimensiones del producto, se tendrá una línea más eficientes con menor índice e indicador de paras por mantenimiento.

### **Objetivo general**

- a. Desarrollar la automatización del sistema de corte de laminado para la empresa NOVACERO

### **Objetivos específicos**

- a. Diseñar un sistema de corte para una cizalla volante.
- b. Automatizar el sistema de corte con un servomotor.
- c. Instalar un sistema de corte para una cizalla volante.

d. Reducir el tiempo de reparación o mantenimiento de la cizalla de laminados de productos pequeños.

**Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:**

Al implementar el desarrollo del proyecto en el área de laminados de productos pequeños en la empresa Novacero, se busca el bien común tanto del área de producción como el área de mantenimiento, ya que al tener un sistema de corte star-stop se garantiza que el índice de paras se vea reducido, ofreciendo un tiempo de disponibilidad de la máquina de producción mayor y susceptible a cambios rápidos, a su vez que con el sistema instalado se genera mayor confianza para cumplir los programas de producción.

Con la instalación de la cizalla star-stop se verá un ahorro energético muy notable, ya que la cizalla instalada es de tipo embrague y es accionada de forma neumática, lo que implica el uso de aire comprimido y la inercia de un volante que genera un desgaste notorio en los elementos, tanto mecánicos como de matricería, ya que al presentar desgaste hacen que los resortes que contiene se vean severamente afectados, los mismos generan ruidos extraños y paras para su reparación.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1. Contextualización general del estado del arte

El presente proyecto se basa en la búsqueda de la solución al problema detectado en el área de mallas y trefilados, en la planta industrial de Novacero Lasso, sabiendo que una de las líneas de producción denominada Laminados de productos pequeños, ha venido trabajando por más de 10 años con el mismo equipo para el corte de productos, ya sea en platinas, material redondo liso, material cuadrado, todos estos previamente calentados en un horno de inducción llegando a aproximadamente 1000 grados centígrados y laminados en casetas de laminación, por rodillos laminadores los cuales van moldeando la forma requerida de acuerdo al proceso y producto que se esté elaborando, posteriormente en la misma línea de producción se debe realizar el corte del material el cual debe estar acorde a la medida de presentación en el mercado cumpliendo las normas y dimensiones de calidad, cabe mencionar que para cada tipo de producto, que este siendo fabricado este debe tener su propia matricería tanto en ruedas de arrastre, laminadores, acabadores, tipo de cuchillas, el tiempo de vida útil de la cizalla instalada hace que existan reiteradas paradas por mantenimiento, por presentar desgaste en elementos mecánicos ya sea en bocines, brazos porta cuchillas, cadenas de transmisión de movimiento, pernos, resortes, bandas, motores, etc. Hoy en día con el avance tecnológico hacen que tengamos líneas de producción especializadas que pueden actuar de forma más rápida, precisa y eficiente, ya sea en uso de recursos tanto en materias primas como recurso energético, siendo un plus el cuidado del medio ambiente.

Según Pilamala M. manifiesta que “la importancia de realizar un estudio de sistemas con servomotores están teniendo un papel importante en el campo de la Automatización Industrial para realizar procesos que necesiten de precisión y un buen control en el posicionamiento de piezas y elementos en la industria, los robots cartesianos son muy importantes en la vida cotidiana de la industria para la realización de trabajos repetitivos y que se necesite de precisión por esta razón es el motivo de la implementación de un robot cartesiano en los laboratorios de control para adquirir los conocimientos necesarios para el manejo de los servomotores y la

implementación de estos en robots” siendo uno de los trabajos que va mostrando la importancia del posicionamiento de los servomotores y la precisión para diversas aplicaciones manejando los puntos del plano cartesiano aportando información de gran ayuda para el desarrollo del proyecto.

Un aporte de gran ayuda en cuanto al posicionamiento de servomotores fue en un estudio realizado por el autor Calvopiña J en el año 2021 en la Universidad de las Fuerzas Armadas donde menciona que: “ los autómatas programables PLC y los servomotores en la actualidad están teniendo un papel importante en procesos industriales de posicionamiento, velocidad de piezas y elementos industriales, por este motivos es importante el aprendizaje mediante simulación y prácticas de laboratorio, la manipulación de estos elementos” teniendo en cuenta la importancia de la interfaz para visualización mediante HMI tanto información de ida como de vuelta con el usuario siendo un canal de comunicación entre las dos partes.

Hoy en día existen un sin número de aplicaciones en la industria para los servomotores ya sea en control o automatización de procesos tanto mecánicos e hidráulicos, según Morales J y Morales A. en su proyecto realizado en la universidad de Córdoba previo a la obtención de título de máster donde manifiesta que: “Los servomotores pueden ser utilizados en diversas aplicaciones industriales que requieran de una exigencia elevada en dinámica, precisión de posición y velocidad, además, de un control fiable y funcionalmente fácil de manejar; factores determinantes para aumentar calidad, competitividad y productividad.” haciendo este aporte fundamental en las aplicaciones industriales para un control tanto en precisión como en posicionamiento y velocidad de actuación del todo el mecanismo.

La automatización industrial va marcando el ritmo de producción en diferentes procesos de manufactura, el mejoramiento de la calidad del producto, la precisión de conteo, cantidades exactas, y el plus de la presentación del producto es un gran atractivo para los clientes que optan por tener procesos más confiables y seguros con menos intervención del hombre en procesos que de cierta manera son peligrosos en la manipulación, es así que los autor Ojeda D. y Ochoa J en su trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero industrial en el año 2016

donde realiza un estudio para el control de un proceso de envasado de líquidos dando como resultados que los recambios de partes obsoletas para la automatización son de gran ayuda para tener un sistema más confiable para su correcto funcionamiento y confiabilidad en el sistema, haciendo que los sistemas sean considerados automáticos y repotenciados.

El control automático de los sistemas de empaquetado garantizan que la producción de las industrias marquen ritmos y velocidades y se vuelvan más competitivas frente a su competencia, con el desarrollo de tecnologías y sus aplicaciones generan impacto tanto en el cuidado del ambiente como en el ámbito social y económico ya que al ser sistemas más eficientes con aprovechamiento de recursos al máximo en sistemas de mejor control como lo detalla Molina M. en un estudio en la Universidad Técnica de Ambato para la facultad de Ingeniería en sistemas, Electrónica e Industrial en el año 2018 donde se refiere al control de procesos con PLC y comunicación con Ethernet y el HMI, mejorando tiempos de producción haciéndolos más eficientes teniendo resultados producciones en menor tiempo y presentando rendimientos en los procesos.

Los protocolos de comunicación RS 485 son estudiados en el trabajo de fin de grado de ingeniería electrónica, Robótica y mecatrónica realizados por el autor Sojo E en el año 2019 y menciona que: “El estándar RS-485 o EIA-485 es muy utilizado en la industria y uno de los más utilizados notablemente por el protocolo Modbus. Permite más de dos dispositivos por lo que se pueden tener varios esclavos de red, al contrario que RS-232 el cual solo admite dos dispositivos. RS-485 permite trabajar con tasas de comunicación que pueden llegar hasta 12Mbps y en algunos casos hasta 50 Mbps, sin olvidar que cuando mayor es la longitud de la red menor será la velocidad de comunicación. La distancia máxima de la red es 1200m y el número máximo de dispositivos en la red es de 32.” encontrando aplicaciones que son de gran ayuda para las comunicaciones del HMI con el PLC y el control al amplificador y el servomotor en el sistema de corte de la cizalla garantizando que la comunicación no se pierda en las capas con los protocolos de comunicaciones.

El software Easybuilder Pro se utiliza para la configuración de weintek y es de fácil interacción con los usuarios permitiendo que haya la comunicación entre los

dispositivos tanto de entrada como salida de forma rápida, sencilla y con gráficos mostrados para su visualización de forma simplificada, Según Sojo B. manifiesta que “El entorno de desarrollo está dividido en diferentes secciones. Se tiene la sección de las ventanas, donde se pueden ver las diferentes ventanas que se irán programando para que aparezcan por la pantalla. Esta sección cuenta con una pestaña en la que aparecen las direcciones de los objetos utilizados en cada una de las ventanas. Se puede tener un total de 1197 ventanas por proyecto, donde alguna de ellas puede tener la funcionalidad de protector de pantalla” presentando un entorno fácil y sencillo en la manera de uso del software para una aplicación donde es de gran aporte la interfaz de visualización de datos e ingreso de los mismos para corrección de errores.

Con todo lo analizado anteriormente en cada una de las investigaciones y proyectos tenemos un panorama más claro en la utilización de automatización y control en procesos productivos encontrando beneficios tanto de calidad, velocidad, precisión, eficiencia, y con el objetivo de reducir los paras ocasionadas por mantenimiento tanto eléctrico y mecánico por el desgaste de los elementos y por el tiempo de vida útil surge la aplicación de la tecnología en el diseño de una cizalla automática donde se dispondrá de protocolos de comunicación RS-485 y el PLC se comunica mediante Ethernet a los laminadores de toda la línea de producción de laminados de productos pequeños, los datos serán visualizados en un HMI que será programado en el software Easy Builder Pro con una interfaz amigable y de fácil uso que hará que el usuario y operador se sienta más confiado y seguro con el nuevo sistema. Teniendo como resultados el bien común entre las partes interesadas producción-mantenimiento.

## 1.2 Proceso investigativo metodológico

Para el desarrollo de este proyecto se realiza mediante un enfoque de tipo cuantitativo, ya que a partir de la recolección de datos e indicadores, que van marcando el ritmo de la producción, siendo objeto de estudio el tiempo y tipo de parada ocasionada por la cizalla. El análisis cuantitativo de la investigación para definir esta investigación está basado en datos y procesos que están ocasionando que existan paras que generan pérdidas de producción, por mantenimientos siendo objeto de estudio, el cambio de una cizalla accionada por un motor y con elementos mecánicos de tipo freno – embrague por una de tipo star – stop controlada por un servomotor.

A lo largo de la implementación del proyecto se requieren conocimientos tanto de comunicaciones entre el PLC – HMI, PLC - AMPLIFICADOR y otras combinaciones más con los elementos que hacen que nuestro sistema tenga mayor confiabilidad y mayor versatilidad, en tanto a la comunicación entre sistemas y usuarios, brindando confiabilidad seguridad y eficiencia tanto en tiempos, recursos, y mano de obra en todos los aspectos, ya sea de producción como de mantenimiento.

Para la recolección de datos se manejan reportes de producción en bases de datos, donde son ingresados de manera manual haciendo que toda la información se tenga en red generando así tiempos de paradas, material con defectos, ya sea por mal corte o por fuera de tolerancia, a esto se le conoce como pérdidas, y otros datos adicionales que se transforman en indicadores de cumplimiento y tiempos, teniendo en cuenta que el reiterado número de paradas ocasionadas por la cizalla representa cerca del 16 %, siendo este objeto de análisis para su estudio y mejora, con el objetivo de reducir el tiempo y número de paras con un sistema más eficiente y amigable con el ambiente.

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolla en un empresa con la búsqueda del bien común y la mejora continua se ve la necesidad de analizar hacia dónde va dirigido toda la investigación haciendo énfasis en las paradas, esto hace que se vea reflejado en incumplimiento de programas de producción, al no tener disponibilidad de máquinas afectando gravemente, tanto económicamente como uso del recurso humano, al momento de usar se mano de obra por reparación y su inversión en la compra de repuestos, es decir que las partes interesadas tanto en producción como en mantenimiento se ven afectadas por el tiempo de parada de la cizalla, todo eso se ve reflejado en el incumplimiento de indicadores, afectando también el tiempo de entrega del producto al cliente.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 2.1 Fundamentos teóricos aplicados

Es necesario conocer conceptos importantes para el desarrollo de este proyecto de implementación:

#### 2.1.1 Servomotor

Se define como un motor con características particulares para prestar servicios tales como precisión, velocidad para poder adaptarse a la aplicación y desempeño en diversos ámbitos como son industriales, robótica aplicada, domésticos, etc. Estos a su vez pueden ser eléctricos, hidráulicos o neumáticos.

En el trabajo de titulación del autor Paredes A. menciona una clasificación para los servomotores eléctricos en dos grandes grupos como son:

##### 2.1.1.2. Servomotores de baja potencia.-

Su principal característica es que son de tipo monofásicos que poseen dos sentidos de marcha, izquierdas y derechas.

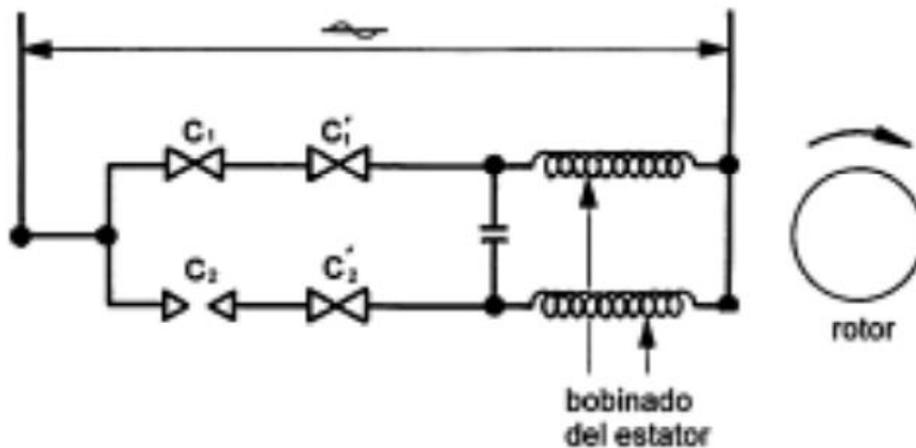


Figura 1 Diagrama de servomotor  
(Servomotores Mitsubishi.pdf).

##### 2.1.1.3. Servomotores de alta potencia

Su principal característica es que estos servomotores son motores trifásicos con enrollamientos en los estatores que son sustituidos por bobinas haciendo posible que puedan girar en los dos sentidos como se muestra en la figura ( )

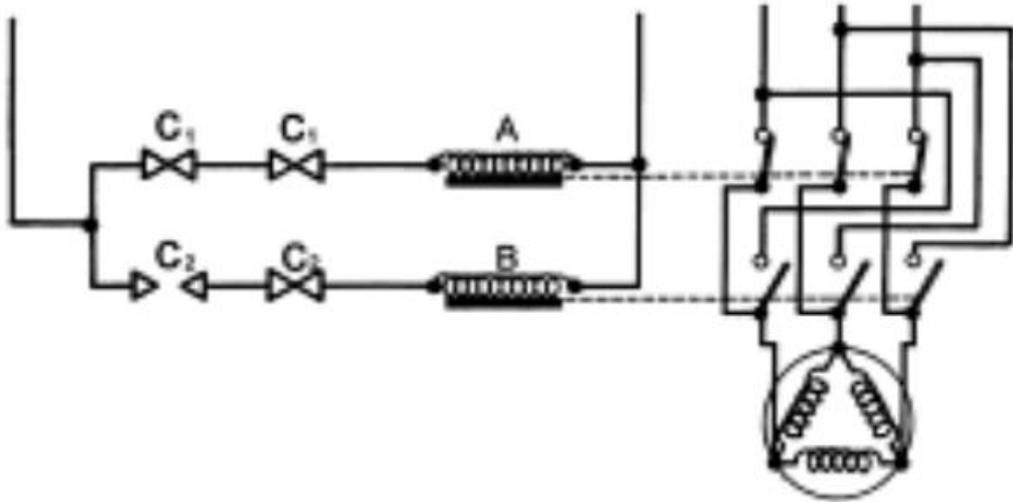


Figura 2 Diagrama de Servomotores  
(Servomotores Mitsubishi .pdf).

### 2.1.2. Sistema de control

Según Paredes A menciona que: “Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del mismo. Su finalidad es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados”, siempre y cuando el control de variables vaya ligado a los controles tanto de entrada como de salida para así garantizar que se disponga de un sistemas más confiable, estable y no existan muchos errores, demostrando confianza tanto en datos de entrada como de salida, otra característica que hace que los usuarios se van atraídos por los sistemas de control es la simplicidad de su funcionamiento y versatilidad a cambios que se desarrollen en el tiempo.

#### 2.1.2.1. Sistemas de control de lazo abierto

Son sistemas en los cuales tienen como salida un dispositivo llamado actuador o una respuesta para accionamiento que se da como resultado de un proceso de control para cumplir con su objetivo, La particularidad de este sistema es sin duda que la señal de salida no es comparada con alguna del proceso, siendo una de las señales de salida considerada como fija.

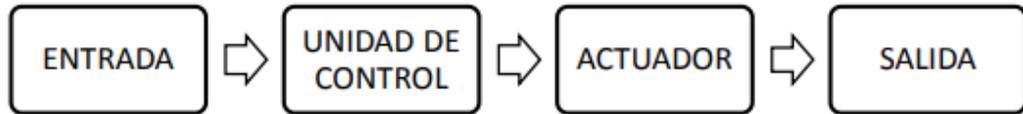


Figura 3 Sistema de control lazo cerrado.  
(Hernandez R 2014 Comunicaciones industriales).

### 2.1.6. Sistemas de control de lazo cerrado

Son sistemas en los cuales la señal de salida se puede decir que esta retroalimentada y comparada y así evitar la generación de errores al momento de ingreso de datos a la entrada y tener un sistema controlado, otra característica importante es que este sistema trabaja muy bien con perturbaciones y es de muy gran uso cuando existe el desconocimiento de la relación entre la señal de salida y entrada.

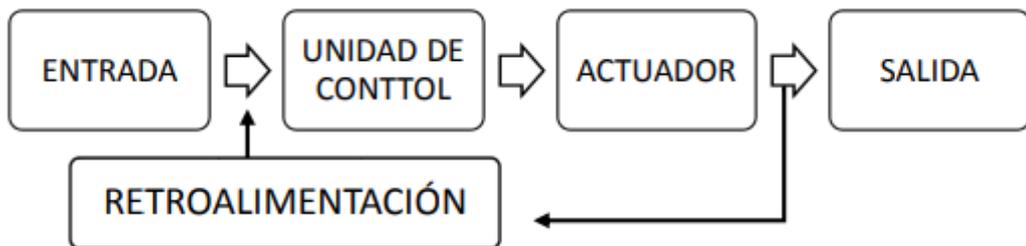


Figura 4 Sistema de control lazo cerrado.  
(Hernández R 2014 Comunicaciones industriales).

### 2.1.3. HMI

Más conocido como interfaz Humano – Máquina, es uno de los principales elementos en el proceso de automatización, ya que mediante el mismo se puede comunicar, coordinar y controlar todas las variables de los procesos y visualizarlos ya sea en tiempo real o información útil para presentación de resultados. En ellos además de visualizar los procesos se tiene la capacidad de modificar las variables con el ingreso de datos y tener una producción más eficiente con el aprovechamiento al máximo de los recursos.



Figura 5 HMI Weintek  
(Autor 2022).

### 2.1.8 PLC

Es un dispositivo también conocido como autómeta programable, siendo una máquina electrónica programable, con capacidades de adaptarse a cambios de secuencias programables. Estos dispositivos siguen una secuencia de reglas para controlar sistemas con intervención en procesos donde es mínima la intervención de la mano del hombre, anteriormente el control se lo realizaba con un banco u conjunto de relés donde era capaz de controlar tanto las entradas como salidas, pero con la desventaja de que todo era físico y para hacer cambios era necesario realizarlos de forma manual ya sea en la posición de los relés como la posición de los cableados, otra desventaja que poseían los bancos es su gran tamaño y la complejidad de conexiones que tenía haciendo que en ciertas circunstancias de fallo era muy difícil hallar su solución, haciendo que la utilización de la lógica del software sea de gran ayuda para su control, donde se monitorea las entradas y se controla las salidas, a su vez si combinamos relés a la entrada de los plc hacen que se reduzca la programación del PLC y exista un ahorro de memoria de almacenamiento. Los autómetas programables pueden aceptar a la entrada tanto señales digitales como señales analógicas donde se procesarán en el interior del plc haciendo que la

programación que se cargó en el CPU se ejecute cumpliendo todas las funciones lógicas y se tengan señales de salida controladas.

El PLC sigue un orden para su funcionamiento con etapas como:

- Recibe la señal de entrada
- Ejecuta el programa cargado
- Ejecuta la lógica del programa
- Actualiza las salidas

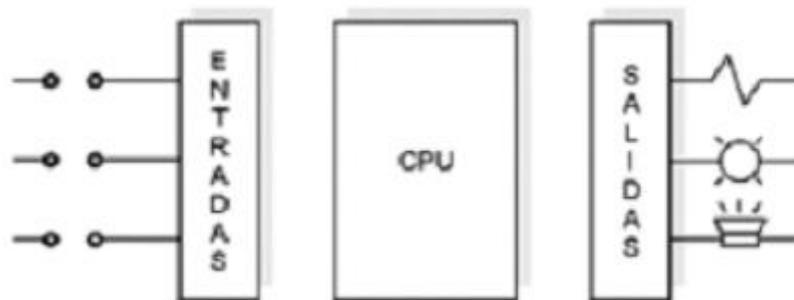


Figura 6 Diagrama de bloque de un PLC.

**Fuente:** (Maloney, 2006).

## 2.2 Descripción de la propuesta

El presente proyecto se desarrolla con el fin de satisfacer las necesidades tanto del área de producción como la de mantenimiento, del área de laminados de productos pequeños, teniendo en cuenta el número de paradas que ocasiona la cizalla de tipo embrague, haciendo que se tenga tiempos muertos por reparaciones y calibración, siendo una solución a estos problemas el diseño y construcción de una cizalla de tipo star – stop automática controlada por un PLC y accionada por un servomotor, teniendo como plus la utilización de las mismas cuchillas, para todos los productos que se fabrican en esta línea de producción en la empresa Novacero, reduciendo así el tiempo de paradas por reparaciones.

## 2.2.1 Estructura general

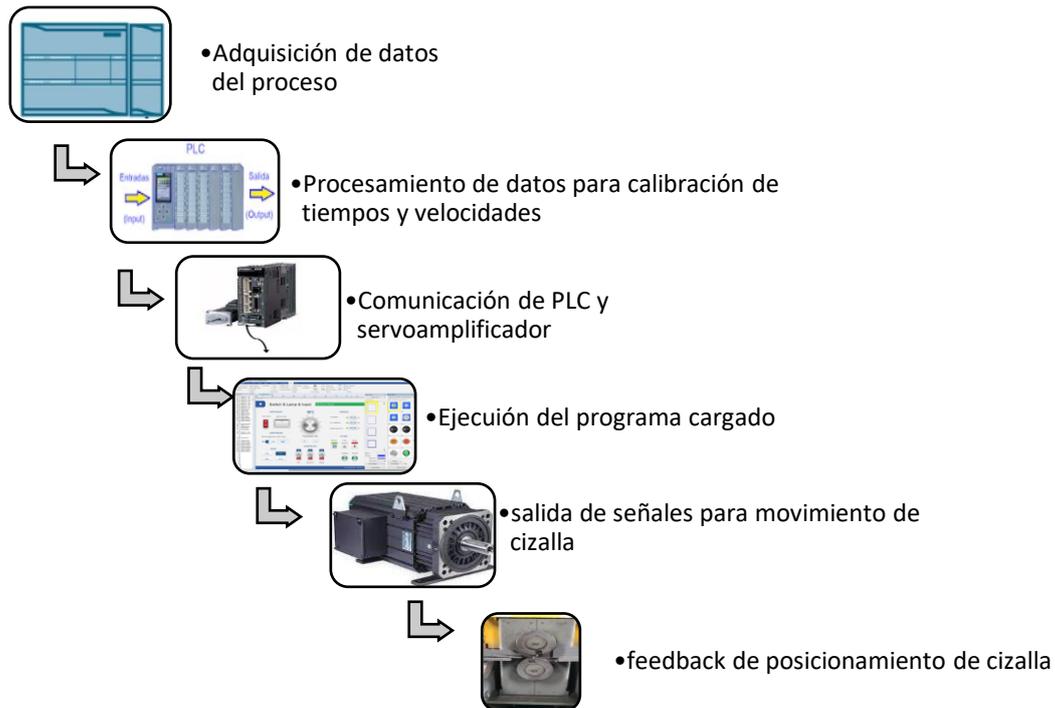


Figura 7 Diagrama de proceso

Autor 2022

En el diagrama de procesos se puede observar cual es la secuencia para el funcionamiento de la cizalla, en el cual que una vez obtenidos los datos de la última caseta de laminación a través del HMI y los datos se transmitan al PLC de control de la cizalla, se proceda a la ejecución del programa cargado al PLC que controla el movimiento de la cizalla y este a su vez genere una señal para el movimiento del motor de la cizalla, que a su vez genera una retroalimentación para conocer su posición y garantizar que siempre se ubique en la misma posición y de esta manera la medida del corte no varíe, mejorando así las dimensiones y presentación del producto para su comercialización.

## 2.2.2 GX Works 2

Es el software de programación de los PLC's Mitsubishi, donde se puede programar cualquier necesidad que el usuario lo requiera, en el mercado se dice que 1 de cada 3 PLC's son de la marca Mitsubishi, debido a esto es una de las marcas más reconocidas en el mundo, en ciertas industrias se tiene componentes Mitsubishi para accionamiento y control. Es por eso que es importante conocer el funcionamiento del software característico para su programación, hallándose como primer plano la interfaz mostrada en la figura.

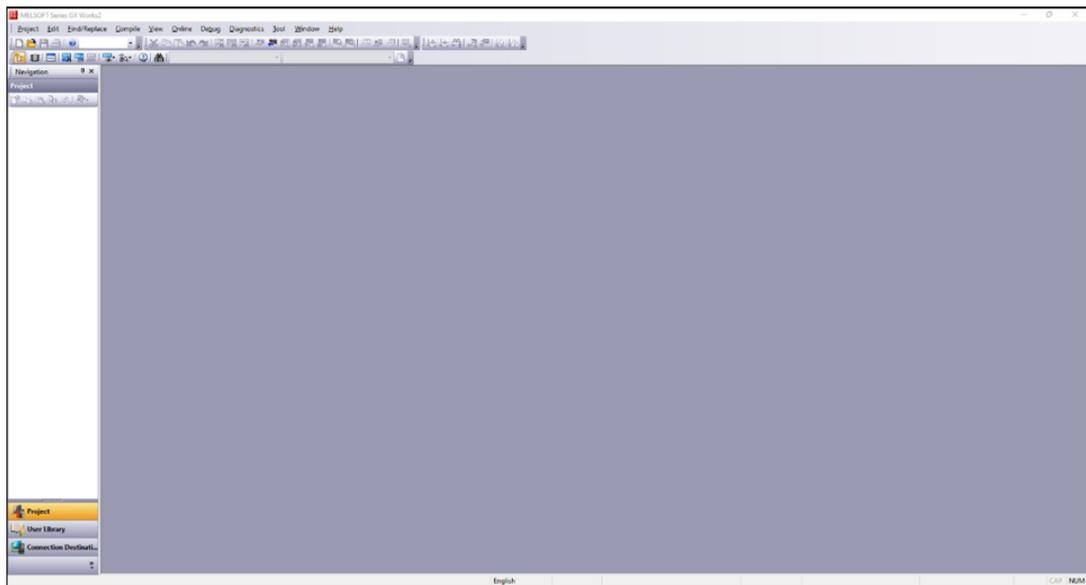


Figura 8 Pantalla inicial.

Autor 2022

Para empezar a realizar el proyecto seleccionar en la pestaña de la interfaz del software Project y seleccionamos New.

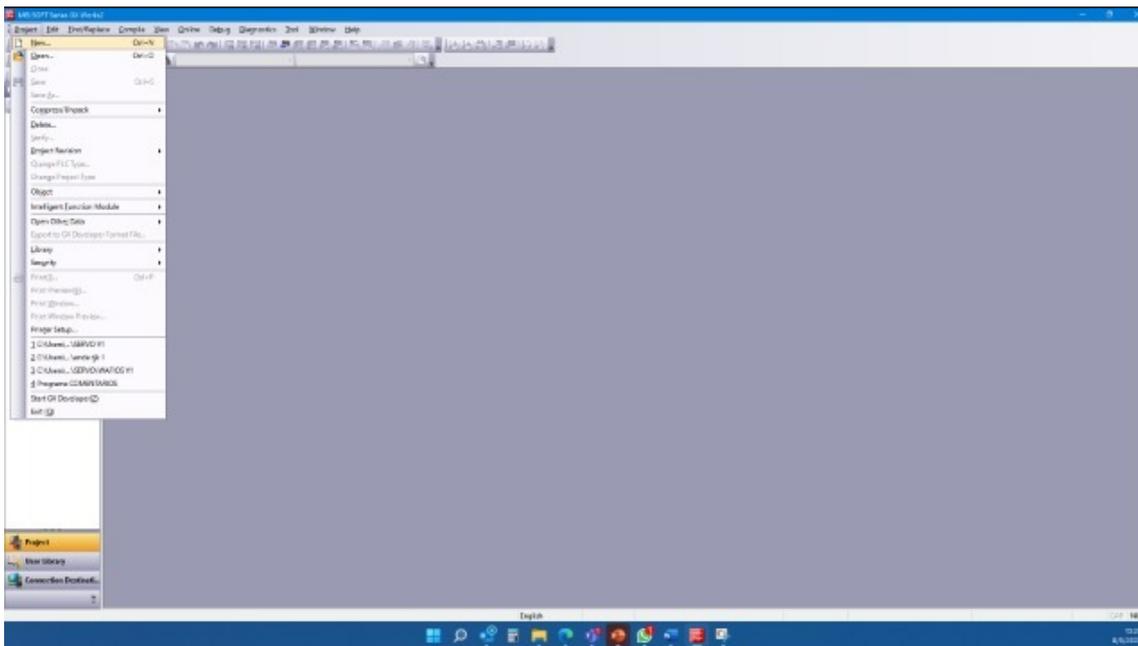


Figura 9 Pantalla inicial GX WORKS.

Autor 2022

Una vez hecho esto aparecerá una ventana en la cual hay que seleccionar el PLC a utilizar para el proyecto, el tipo del mismo, el tipo de proyecto, simple o en texto estructurado y en que lenguaje se desea programar, el cual puede ser Ladder, ST o SFC, para este proyecto se seleccionará lo siguiente:

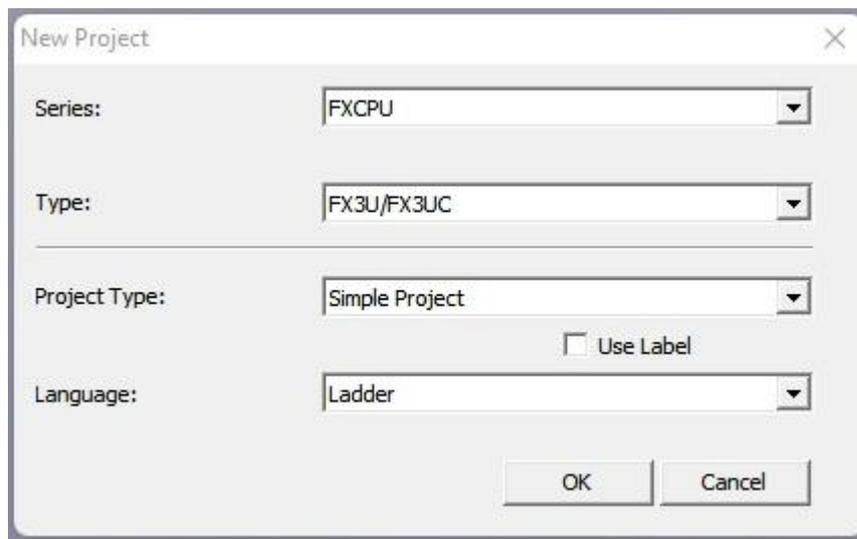


Figura 10 Pantalla inicial nuevo proyecto.

Autor 2022

Con estos datos ingresados ya se puede empezar a realizar la programación en cascada, colocando los contactos y bobinas dependiendo de las necesidades de cada uno de los movimientos que se desea realizar.

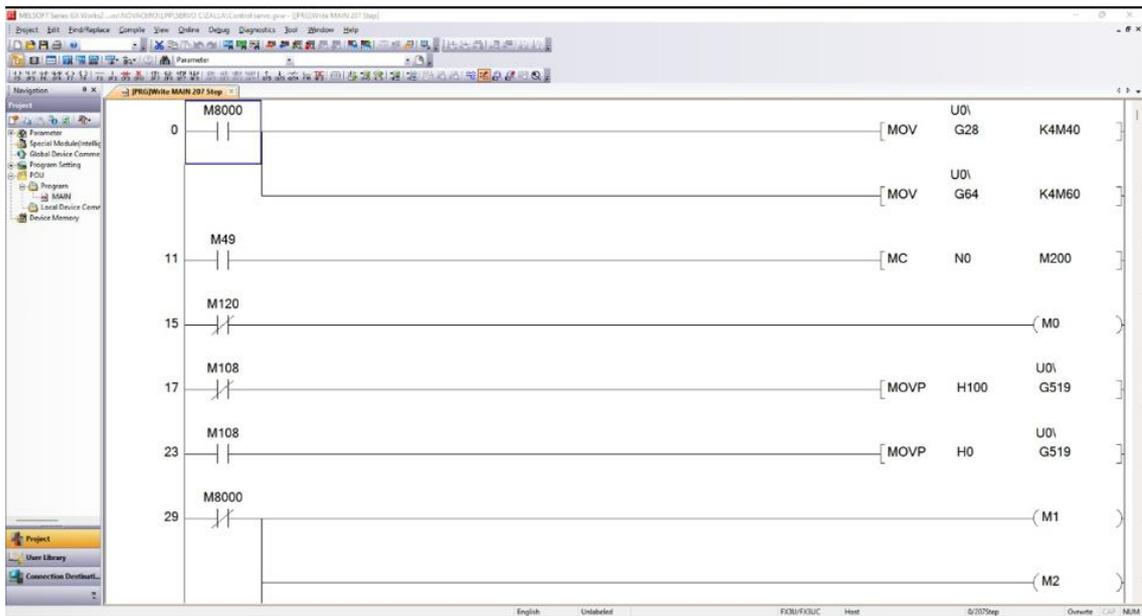


Figura 11 Pantalla programación.

Autor 2022

Este programa está diseñado para controlar los movimientos del servomotor, dependiendo de las entradas que se tengan y coordinando la velocidad lineal con la última caseta de laminación.

### 2.2.3 FX CONFIGURATOR-FP

El módulo FX3U-20SSC-H tiene como objetivo controlar los parámetros de posicionamiento del servomotor, mediante comunicación por fibra óptica con el amplificador, con esto se tiene una mayor velocidad de respuesta y excelente precisión de posicionamiento, para el funcionamiento del mismo hay que digitar estos datos como se muestran en la figura:

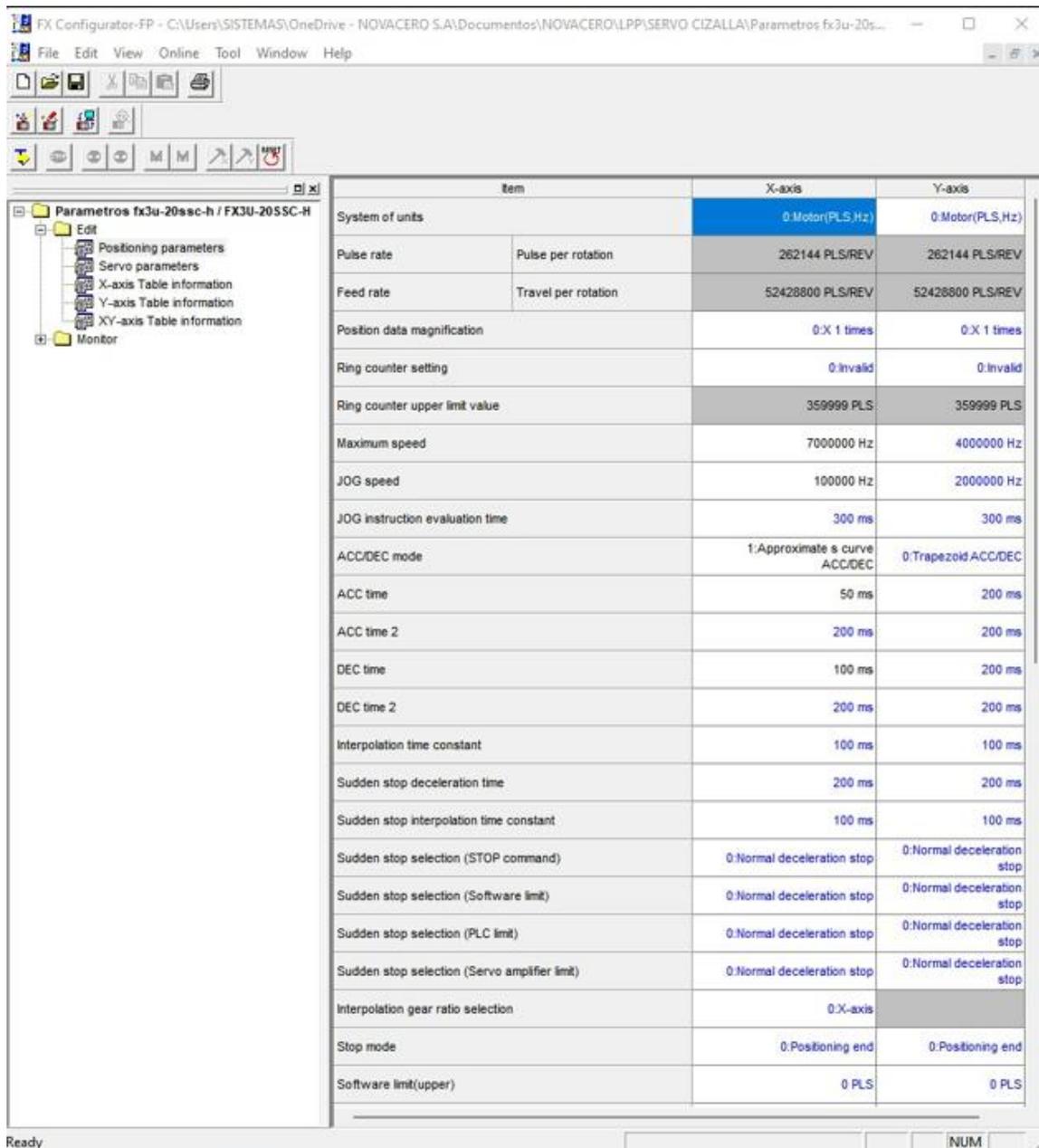


Figura 12 Pantalla configuración parámetros.

Autor 2022

Adicional se debe ingresar los parámetros para la configuración del amplificador con la cual se tendrá comunicación con el servomotor los mismos son

Kind	Item	X-axis	Y-axis		
Servo amplifier series	Servo amplifier series	1.MR-J3-B	0. Not used		
	Control mode	Control loop composition selection	0: standard control 350 maximum torque setting of HF-KP servo motor(Invalid)	0: standard control 350 maximum torque setting of HF-KP servo motor(Invalid)	
	Regenerative brake option	Selection of regenerative brake option	00: Regenerative brake option is not used	00: Regenerative brake option is not used	
	Absolute position detection system	Selection of absolute position detection system	0: Used in incremental system	0: Used in incremental system	
	Basic setting parameters	Function selection A-1	Servo forced stop selection	1: Invalid (Do not use the forced stop signal.) /01: Not using EM1 or EM2 The electromagnetic brake interlock (MBR) turns off without the forced stop deceleration.	00: Forced stop 2 (EM2) The electromagnetic brake interlock(MBR) turns off after the forced stop deceleration. /0: Valid (Use the forced stop signal.) /00: Forced stop 1 (EM1) The electromagnetic brake interlock(MBR) turns off without the forced stop deceleration.
		Auto tuning	Gain adjustment mode setting	1: Auto tuning mode 1	1: Auto tuning mode 1
		Auto tuning response		12:37.0Hz	12:37.0Hz
		In-position range		100 pulse	100 pulse
		Rotation direction selection		0: Forward rotation (CCW) with the increase of the positioning address.	0: Forward rotation (CCW) with the increase of the positioning address.
		Encoder output pulse		4000 pulse/rev	4000 pulse/rev
Gain/filter parameters	Adaptive tuning mode (Adaptive filter II)	Filter tuning mode selection	0: Filter OFF	0: Filter OFF	
	Vibration suppression control filter tuning mode (Advanced vibration suppression control)	Vibration suppression control tuning mode	0: Vibration suppression control OFF	0: Vibration suppression control OFF	
	Feed forward gain		0 %	0 %	
	Ratio of load inertia moment to servo motor inertia moment		1.1 times	7.0 times	
	Model loop gain		36 rad/s	24 rad/s	
	Position loop gain		55 rad/s	37 rad/s	
	Speed loop gain		351 rad/s	823 rad/s	

Figura 13 Pantalla configuración de parámetros.

Autor 2022

## 2.2.4 Easy Builder PRO

Es un software desarrollado por la empresa Weintek lab que sirve para la programación de interfaz gráfica entre los usuarios y nuestro sistema, se pueden mostrar los íconos y gráficos como el programador los distribuya en el área del HMI, haciendo que sea más fácil de utilizar y amigable para el usuario. Para el proyecto se realizó una interfaz con el fondo de pantalla de la empresa Novacero que es donde se realizó la implementación del proyecto aquí se colocó los botones para el encendido del servomotor, la sobre velocidad que es configurable ya que con esto se controla que el

corte sea perfecto y no se doble el material, la distancia a la que se desea cortar el producto, así como indicaciones propias del proceso como son las unidades que se encuentran producidas.

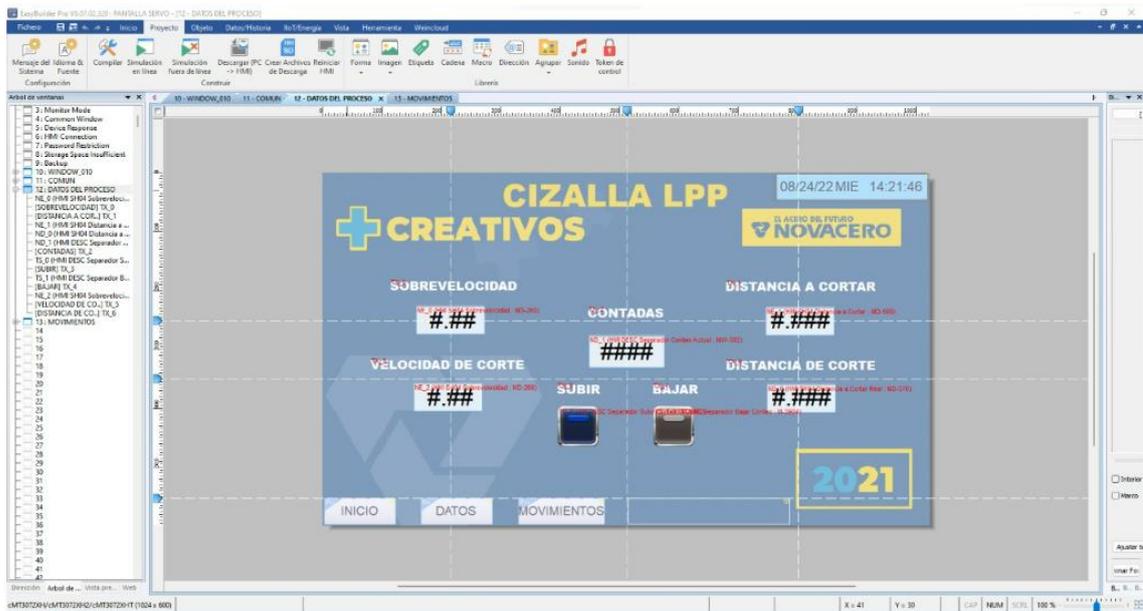


Figura 14 Pantalla para interfaz.

Autor 2022

También se dispone de una pantalla para movimientos manuales de la cizalla con la cual se puede colocar las cuchillas en una posición más favorable para que el operador pueda cambiar o ajustar las cuchillas, así como para probar todos los movimientos después de realizar el mantenimiento de la misma.



Figura 15 Pantalla interfaz usuario

Autor 2022

Como resultado del sistema instalado, se muestra en la figura #, esta es una imagen de las conexiones del sistema instalado con la cual se puede entender de mejor manera las conexiones realizadas.

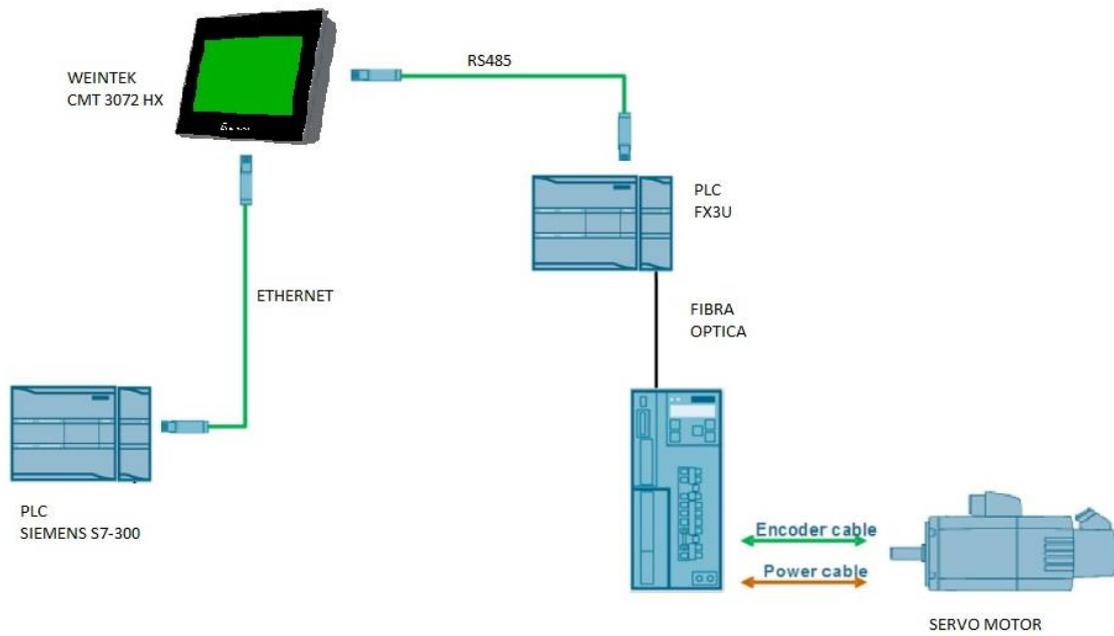


Figura 16 Representación de sistema instalado

Autor 2022

## 2.3 Validación de la propuesta

*Datos del validador.*

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Wilmer Fabián Albarracín Guarochico	13	Magister en Administración y Dirección de Empresas	Profesor Titular
Albaro Trajano Espinosa Padilla	17	Mg. Automatización y Sistemas de Control.	Jefe de mantenimiento Novacero.

**Elaborado por:** Autor

*Criterios de valuación*

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

**Elaborado por:** UISRAEL

*Escala de evaluación.*

*Escala de evaluación. Elaborada por: Mg. Espinosa Trajano*

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización				X	
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

*Elaborado por:* Autor

## 2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

**Tabla 1.**

*Matriz de articulación*

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1 Control de posicionamiento de servomotor.	Para mejorar la velocidad de respuesta y la precisión de la	Matemáticas Aplicadas Comunicaciones dedicadas	Investigación de los parámetros a ser configurados en

	<p>Variables de entrada analógicas y digitales, como son la velocidad lineal de la última caseta de laminación, el sensor de corte del material.</p>	<p>posición del servomotor, se decidió ocupar comunicación por fibra óptica con la cual no se pierden los pulsos que se tiene que mover el servomotor.</p> <p>La interpretación de las variables nos sirve para saber la velocidad exacta a la que se tiene que mover y cuando se tiene que mover el servomotor</p>	<p>Machine Learning</p>	<p>cada item del control del servomotor.</p> <p>Cálculos matemáticos para tener el punto exacto en el cual el servomotor se tiene que mover.</p>
2	<p>Programación de PLC de control</p> <p>Programación de módulo FX3U-20SSC-H</p> <p>Programación de HMI</p>	<p>El PLC se lo programó en Ladder, con contadores y operaciones matemáticas.</p> <p>El módulo se acondicionó para que la velocidad de respuesta del amplificador sea la más rápida y los tiempos de aceleración y desaceleración del motor sean los más pequeños, así como la utilización de las resistencias de</p>	<p>Programación de PLC.</p> <p>Programación de módulo de control.</p> <p>Programación de HMI</p>	<p>Utilización de los softwares de programación de cada uno de los fabricantes de los sistemas utilizados.</p>

		<p>frenado para el paro rápido del motor.</p> <p>En el HMI se configuró ventanas para los movimientos manuales y la automáticos, así como el pasó de información de un PLC al otro.</p>		
<b>3</b>	<p>Diseño y construcción del tablero de control en el cual se coloca el amplificador el PLC y el HMI de control.</p> <p>Cableado de todos los sistemas</p>	<p>Diseño siguiendo las recomendaciones de instalación del fabricante, dándole un diseño funcional al tablero de control.</p> <p>Utilización de materiales para industria y protección de los cables de alimentación y comunicación.</p>	<p>Cableado estructurado Instalaciones eléctricas industriales</p> <p>Protocolos de comunicación entre los PLC's y el HMI</p>	<p>Cableado para la alimentación principal del tablero.</p> <p>Diseño del circuito de control.</p> <p>Cableado de fuerza y control del servomotor.</p>

**Elaborado por:** Autor

## 2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Con el desarrollo de este trabajo de titulación se puede controlar el sistema de corte de una línea de producción de laminados de productos pequeños en la empresa metalúrgica Novacero, con el diseño de una cizalla de tipo star-stop controlada con un servomotor se logra tener mayor precisión tanto en dimensiones como en el corte en sí ya que al tener una mayor velocidad de accionamiento hace que el corte sea más uniforme, anteriormente se tenía una serie de paradas ocasionadas por una cizalla de tipo embrague lo que de cierta manera retrasaba la producción y disponibilidad de maquina afectando directamente a los indicadores de cumplimiento de programas de producción, a su vez el uso de repuestos, la mano de obra para su mantenimiento hacían

que se convierta en un factor de estudio para evitar el gasto de recursos causador por la cizalla.

En la implementación de todo el sistema completo de la nueva cizalla y su control se aplican conocimientos tanto de diseño de elementos mecánicos y automatización industrial, teniendo como resultados el accionamiento automático y preciso para el corte a medida de los productos que se ofrecen en el mercado que se fabrican en esta línea de producción, en base al diseño se logró que el sistema de corte tenga la particularidad que se disponga la misma matricería para diferentes productos ya que anteriormente había que cambiar tanto las cuchillas como la calibración de las mismas para el cambio de producto haciendo que esta actividad tomo su tiempo para realizarlo y la intervención de mano de obra para hacer dicha actividad, todos estos factores fueron analizados y solventados con el desplazamiento angular del posicionamiento de todo el sistema de corte automático de la cizalla desarrollada en dicho proyecto de investigación.

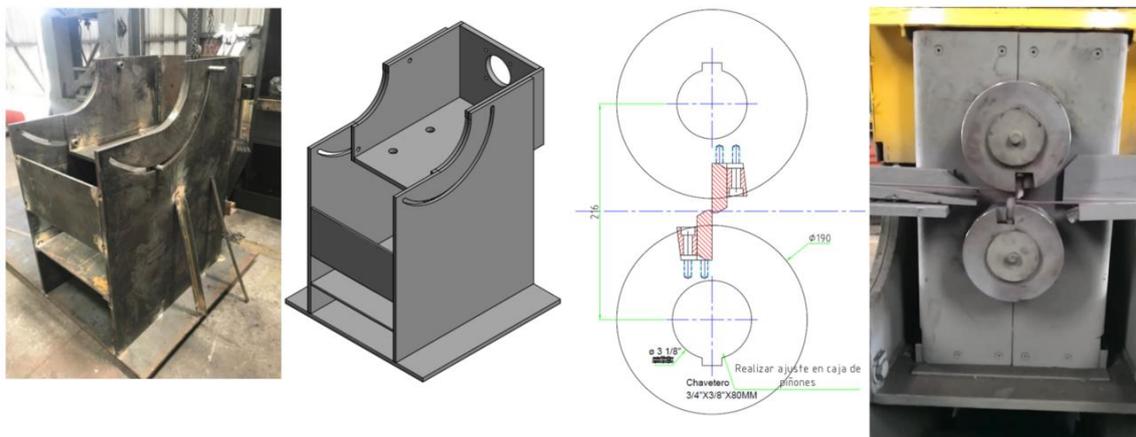


Figura 17 Diseño de cizalla

Autor 2022

Al instalar todo el sistema de corte diseñado se evidencia que el porcentaje de paras ocasionadas por la cizalla ha disminuido lo que se logra como objetivo cumplido teniendo mayor disponibilidad de para producir, teniendo la satisfacción y el bien común entre las partes interesadas tanto de producción como mantenimiento.

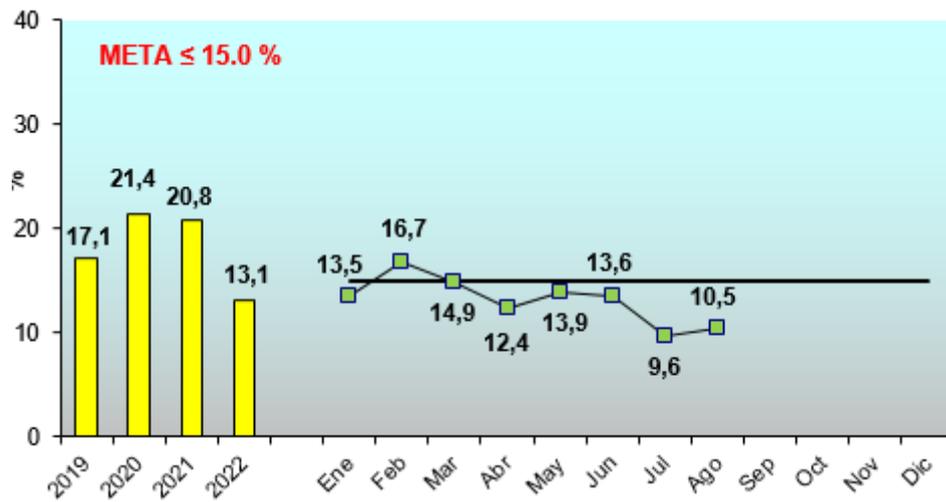


Figura 18 Indicadores de paras  
Reportes de producción < 2022

En el gráfico se puede observar la disminución del porcentaje de paras cumpliendo el objetivo establecido por gerencias alcanzando así uno de los objetivos planteados.

## CONCLUSIONES

La automatización del nuevo sistema hace que se pueda ofrecer en el mercado un producto de mejor calidad, presentación, y dimensiones ya que el error que genera al tener instalado un servomotor es mucho más bajo por su precisión de posicionamiento y la velocidad de accionamiento haciendo que el sistema sea más confiable.

Con la instalación de HMI en el sistema se puede tener la visualización de información tanto de ida como de vuelta entre usuario y máquina para que se convierta en un sistema más amigable y de fácil uso para los operadores,

En la etapa del diseño se logró estandarizar el tipo de cuchillas para diferentes productos ya sean estos de tipo cuadrado, platinas redondos, teniendo como un punto extra el ahorro de tiempo para los cambios de matricería, incrementando el tiempo de disponibilidad de máquina y tiempo para producir, si bien es cierto la baja rotación de repuestos hacen que se tenga menos inventario muerto y costo por inventario de matricería.

Con el diseño y la implementación del sistema de corte instalada en la empresa Novacero en el área de laminados de productos pequeños se logró alcanzar la reducción de paras ocasionadas por la cizalla de tipo embrague que representaban un porcentaje que estaba por encima de la meta puesta por gerencias, adicionalmente la presentación y exactitud de las dimensiones de los productos

Un punto a favor del proyecto es la reducción de ruido ya que con la cizalla que se encontraba instalada de tipo embrague y su desgaste de elementos generaban exceso de ruido al momento de realizar el corte por tener elementos mecánicos muy desgastados, siendo que hoy en día el corte se puede decir que es muy silencioso teniendo como cliente satisfecho el operador y el confort de su puesto de trabajo.

Al suprimir el uso de aire comprimido para accionar la cizalla de tipo embrague se reducen las emisiones de co2 y reducción de huella de carbono haciendo que este proyecto sea más amigable con el medio ambiente.

El conocimiento adquirido en el desarrollo de la implementación del proyecto en sus fases tanto como diseño, construcción y automatización me ha podido ayudar a crecer como profesional adquiriendo más destrezas y habilidades en el campo laboral y personal.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda instalar sistemas automáticos para garantizar precisión de corte en líneas de producción donde la velocidad y temperatura juegue un papel importante en el proceso así como líneas donde el ser humano puede verse afectado su integridad.

Capacitar al personal y pares de puesto de trabajo para ampliar el conocimiento e implementación del proyecto.

Hacer un estudio de seguridad por elementos móviles, ya que al ser una cizalla silenciosa puede parecer muy inofensiva y llegando a ser peligrosa.

Capacitar al personal de mantenimiento eléctrico y mecánico respecto al funcionamiento de la cizalla instalada.

Replicar el principio de funcionamiento y eficiencia de sistemas para evitar generación de emisiones de co2 a la atmosfera.

## **BIBLIOGRAFÍA**

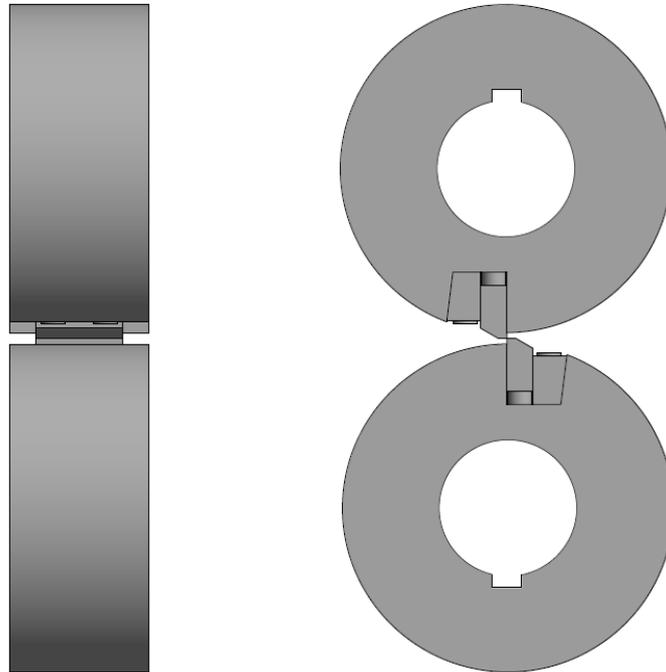
- ✓ Almazán C. (2018) *Automatización Industrial*. Instituto Tecnológico Superior de El Mante.
- ✓ Armesto J. (2008), *Instalación de sistemas de automatización y datos*. Dpto. Ingeniería de sistemas y Automática. Universidad de Vigo.
- ✓ Caballero Muñoz-Reja, I., Gómez Carretero, A. I., & Gualo Cejudo, F. (2019). *Calidad de datos*. Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/ereader/uisrael/127087>
- ✓ Canto C. (2018). *Automatización: conceptos generales*. Facultad de ciencias. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- ✓ Corona G & De la Mora A. (2010) *Automatización. Control electromecánico – Automatización*. 6ta edición
- ✓ Hernández G, (2010). *Comunicaciones industriales: Introducción a los sistemas de control*. ITCAG - Instituto Tecnológico de Aguascalientes.
- ✓ Hernández R, (2014). *Metodología de la Investigación: Los enfoques cuantitativos y cualitativos de la investigación científica*.
- ✓ Gómez T, Franklin N. (2021) *Mando de un servomotor industrial mediante un PLC S7-300 para prácticas de control de movimiento*. ESPE, Latacunga
- ✓ López J,& Morales J. (2014), *Módulo de entrenamiento para el control de posición y velocidad de servomotores mediante plc con interfaz Scada*, Universidad de Córdoba, Universidad de Jaén.
- ✓ Pilamala M. (2015) *servomotores mitsubishi (hf-ke43kw1-s100) para determinar posicionamiento y movimientos programados en un robot cartesiano de tres ejes en el laboratorio de control de la facultad de ingeniería civil y mecánica*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Ambato.
- ✓ Paredes A. (2015), *Sistema electrónico de corte de piezas en cuero nubuck para la confección de calzado*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Ambato.
- ✓ Rodríguez, J. M. M. (s. f.). *Proyecto Fin de Carrera*. 85.

- ✓ Sojo B. (2019), *Domotización de un edificio empresarial*, Universidad de Sevilla, Escuela superior de ingeniería, Sevilla.

## ANEXOS

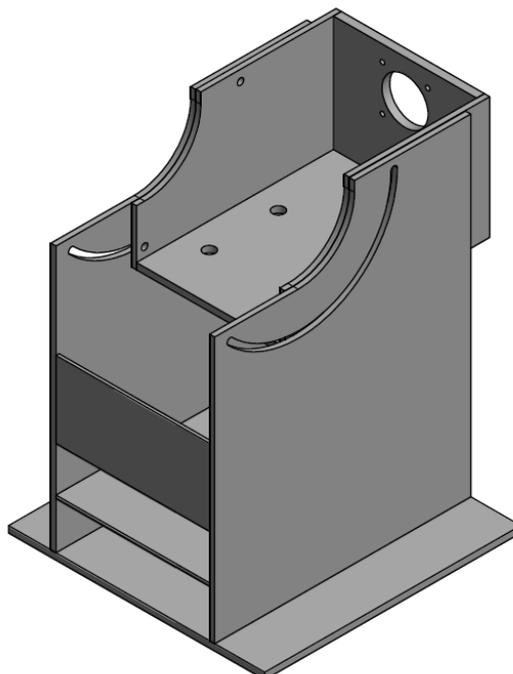
### Anexo 1

#### DISEÑO DE PLATOS DE CORTE



### Anexo 2

#### DISEÑO DE BASE PARA CIZALLA



**Anexo 3**

**MODELACIÓN**



**Anexo 3**

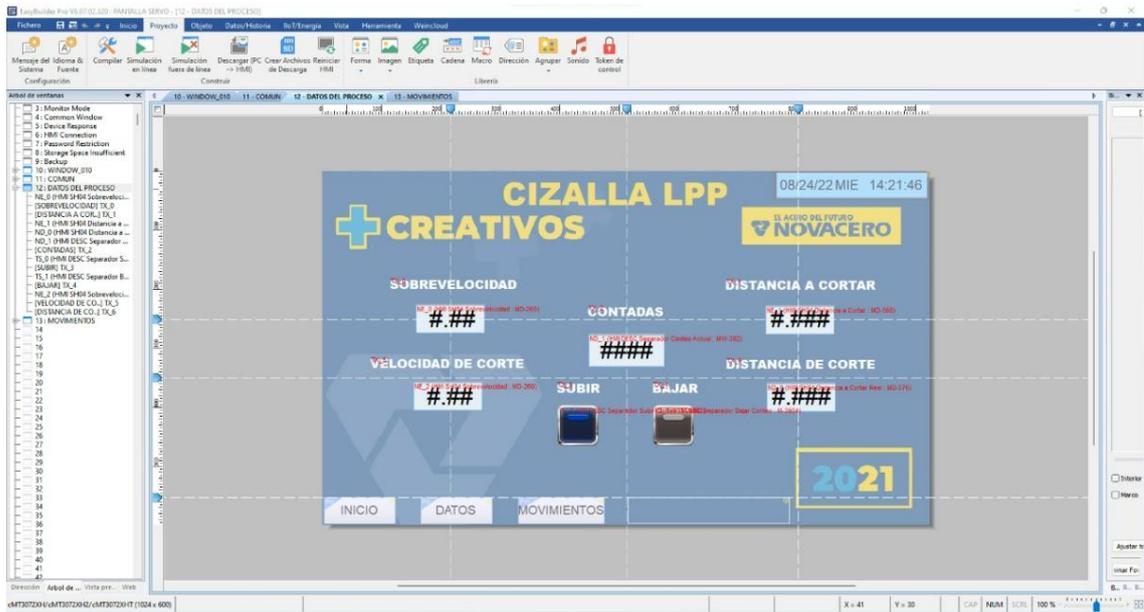
**CONSTRUCCIÓN**



Anexo 3

HMI PROGRAMADOS E INTERFAZ CON EL USUARIO





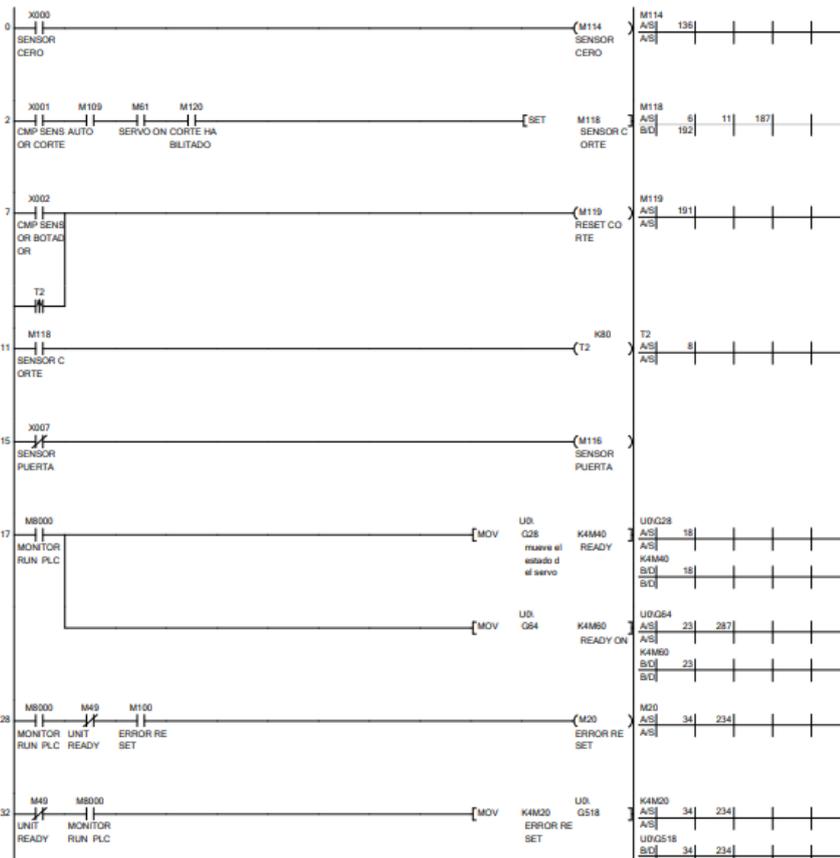
## Anexo 4

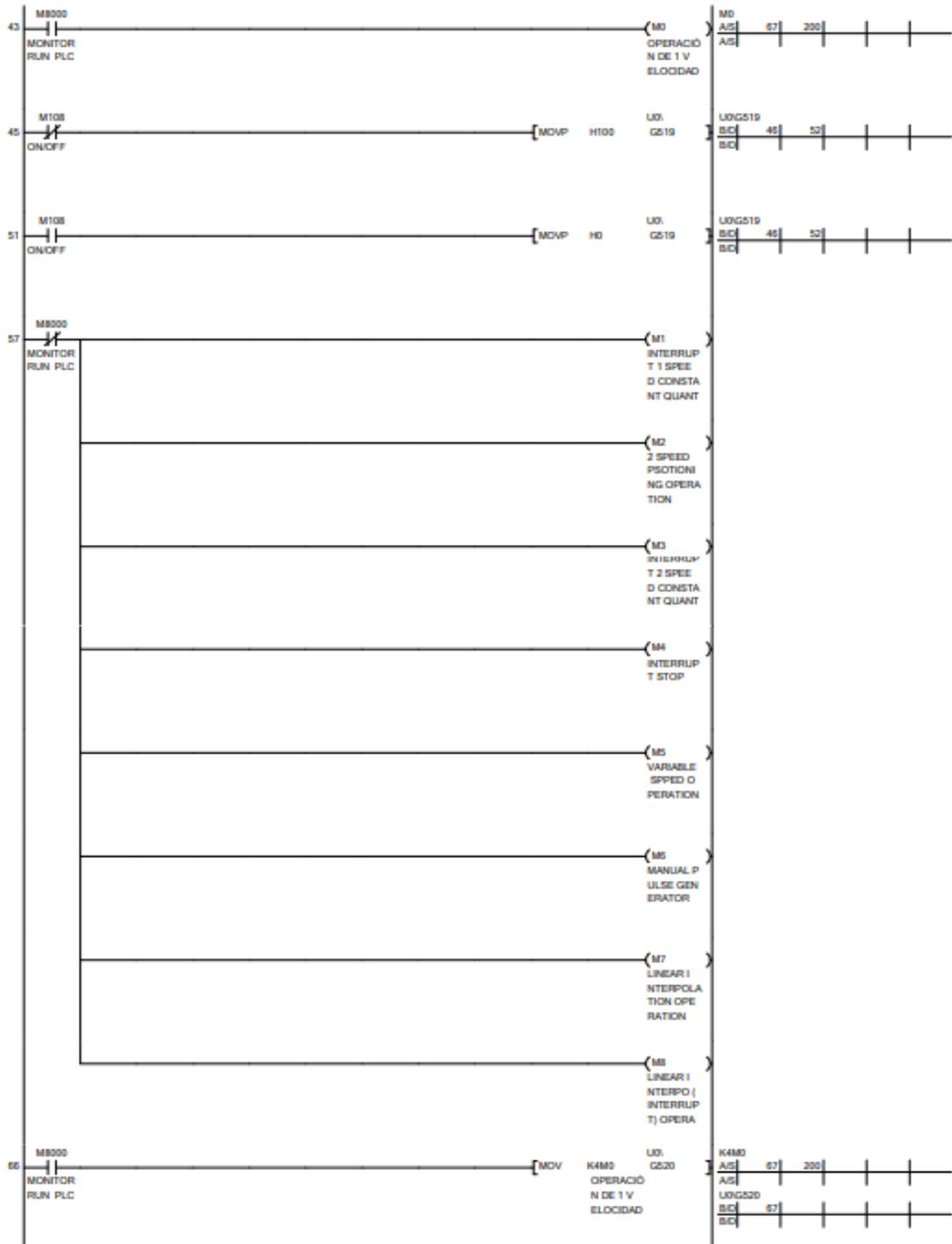
### Extracto de programación Ladder

Ladder

Data Name : MAIN

8/24/2022





## Anexo 5

### CONEXIONES



## Anexo 6

### CIZALLA EN FUNCIONAMIENTO

