

Pastore, Ezequiel Francisco

Sistema apilador

2020

Instituto: Ingeniería y Agronomía

Carrera: Ingeniería en Electromecánica



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución – no comercial – sin obra derivada 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Pastore, E.F. (2020) *Sistema apilador* [Informe de la práctica Profesional Supervisada] Universidad Nacional Arturo Jauretche

Disponible en RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital UNAJ <https://biblioteca.unaj.edu.ar/rid-unaj-repositorio-institucional-digital-unaj>

***PRÁCTICA PROFESIONAL
SUPERVISADA (PPS)***



SISTEMA APILADOR

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTOR: PASTORE EZEQUIEL FRANCISCO

Florencio Varela, 1 de diciembre del 2020

RESUMEN

En el presente informe llevaremos a cabo la descripción de las etapas del proyecto que se realizó en la empresa Rigolleau S.A. que está ubicada en Berazategui, Buenos Aires, Argentina. La empresa se dedica a la fabricación de artículos de vidrio que son insumos para las industrias alimenticias, farmacéuticas y una línea de productos de vajillas para el hogar. El proceso de fabricación del vidrio comienza en la planta de composición donde se origina la materia prima que son introducidos a los hornos de fundición de vidrio que, al pasar a un estado líquido a gran temperatura, son entregados a las máquinas de fabricación que son las encargadas de darle forma al vidrio para conseguir los artículos deseados mediante distintos procesos. Los envases son transportados por una cinta e introducidos en caliente por un apilador o stacker (el cual trabajaremos) a un horno continuo de recocido (archa) para realizar los tratamientos térmicos que necesiten. Al finalizar el proceso en caliente, los productos siguen en una línea de transporte con inspección automática para finalizar en un paletizado y almacenamiento del producto final. El proyecto consistió en el desarrollo de un nuevo sistema apilador, una máquina que empuja los artículos de vidrio en caliente recién producidos para introducirlos al archa. Las partes de la máquina integran básicamente a una estructura de metal, varios rodamientos que permiten los movimientos, un servomotor, un actuador lineal neumático y una pantalla de interfaz para realizar los ajustes operativos que sean necesarios.

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</p>	<p>PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p>SISTEMA APILADOR</p>	<p>Rev. 1</p> <p>Fecha: 01/12/2020</p> <p>Página 3 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

Contenido

Índice General:

- A) Datos Generales: 5
 - A-1. Estudiante..... 5
 - A-2. Docente Supervisor (Tutor Académico) 5
 - A-3. Profesional Supervisor (Tutor Profesional) 6
 - A-4. Empresa..... 6

- B) Descripción General De La Práctica Profesional Supervisada: 7
 - B-1. Sobre La Empresa Donde Se Realizó La PPS 7
 - B-2. Presentación General Del Caso..... 10
 - B-3. Objetivo General Del Trabajo Y Objetivos Alcanzados 16
 - B-4. Área De Desarrollo Del Trabajo En La Entidad Receptora 20
 - B-5. Ubicación En El Organigrama De La Entidad Receptora 21
 - B-6. Tareas Realizadas En La Entidad Receptora 22
 - B-7. Planificación Y Metodología Utilizada 24
 - B-8. Recursos 25
 - B-9. Resultados Obtenidos 25
 - B-10. Conclusiones 26

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</p>	<p>PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p>SISTEMA APILADOR</p>	<p>Rev. 1</p> <p>Fecha: 01/12/2020</p> <p>Página 4 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

C) Reflexión Sobre La Práctica Profesional Supervisada Como Espacio De Formación: 28

D) Anexos 31

 D-1. Mecánica Del Sistema Apilador 31

 D-2. Neumática Del Sistema Apilador 67

 D-3. Electricidad Del Sistema Apilador 88

 D-4. Programación Y Ajustes Por HMI Del Sistema Apilador 105

 D-5. Referencias 123

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</p>	<p style="text-align: center;">PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p style="text-align: center;">SISTEMA APILADOR</p>	<p style="text-align: right;">Rev. 1</p> <p style="text-align: right;">Fecha: 01/12/2020</p> <p style="text-align: right;">Página 5 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A) Datos Generales:

A-1. Estudiante

- Nombre: Ezequiel Francisco Pastore
- DNI: 35.065.337
- Celular: 011-6290-1976
- E-Mail: ezequiel_pastore@hotmail.com
- Legajo: 3503
- Carrera: Ingeniería Electromecánica
- Periodo de las PPS: primer cuatrimestre del 2019
- 38 asignaturas aprobadas en el momento de comenzar la Práctica Profesional Supervisada.

A-2. Docente Supervisor (Tutor Académico)

- Nombre: Gonzalo Allona
- DNI: 18.369.798
- Profesión: ingeniero electrónico
- Profesor de la UNAJ en la asignatura “circuitos hidroneumáticos”

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</p>	<p style="text-align: center;">PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p style="text-align: center;">SISTEMA APILADOR</p>	<p style="text-align: right;">Rev. 1</p> <p style="text-align: right;">Fecha: 01/12/2020</p> <p style="text-align: right;">Página 6 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A-3. Profesional Supervisor (Tutor Profesional)

- Nombre: Juan Carlos Godoy
- DNI: 22.213.706
- Profesión: ingeniero electrónico
- Cargo: jefe del sector de Energía

A-4. Empresa

- Nombre: Rigolleau S.A
- CUIT: 30500526935
- Actividad: empresa dedicada a la fabricación y comercialización de vidrio hueco y vajilla de vidrio. (envases de vino, cerveza, frascos, perfumería, medicinales, etc.)
- Rubro: vidrio
- Área donde se realizó las PPS: sector de Instrumentos
- Área donde se implementó el trabajo: sector de producción

B) Descripción General De La Práctica Profesional Supervisada:

B-1. Sobre La Empresa Donde Se Realizó La PPS

La empresa Rigolleau S.A tiene sus orígenes en el año 1882, donde no había ninguna fábrica de frascos y la importación era imposible.

León Rigolleau se empeñó en fabricar los frascos comprando todas las existencias, galpones, máquinas y útiles de una fábrica ubicada en la ciudad de Buenos Aires, que años atrás había fabricado envases y que en ese momento no funcionaba. En aquel entonces, la fábrica se llamó “La Nacional” donde se incorpora a la firma el sobrino del fundador, Gastón Fourvel Rigolleau y comienzan a llegar tres años más tarde, artesanos vidrieros de Francia y Bélgica.

En 1906 se instaló en Berazategui la planta de Cristalerías Rigolleau, con 270.000 metros cuadrados de terreno, comprados a José Clemente Berazategui y a la familia Aldasoro, cubriéndose de edificios y galpones con sus chimeneas humeando, dando una imagen de progreso.

Berazategui y Rigolleau crecieron juntos, así la empresa y la comunidad aportaron mutuamente para lograr su desarrollo y la “Ciudad del Vidrio” como empezó a llamarse ésta, ingresó en la historia del progreso nacional argentino.

Con los años la automatización fue ganando terreno y se reemplazaron a aquellos artistas del vidrio traídos de Europa; la instalación de un horno equipado con máquinas automáticas que producían 100 mil botellas por día es el punto de partida para el despegue de la industria hasta llegar a los primeros puestos de Sudamérica.

Es importante todo el aporte que ha hecho esta empresa a Berazategui, demostrando que el acercamiento y enriquecimiento mutuo entre empresa y sociedad son los ingredientes básicos para el desarrollo y el progreso de la comunidad en su conjunto.

Figura 1.

Imagen aérea de Rigolleau.



Nota. Tomada de *Environment* [fotografía], Slideshare, 2017, <https://image.slidesharecdn.com/4-171023213721/95/rigolleau-it-16-vidrio-conexin-reciclado-3-638.jpg?cb=1508795522>

A partir del año 1993, los miembros de la familia Cattorini adquieren la mayoría de las acciones y administran la compañía hasta el día de hoy. La planta posee cinco hornos de fundición de vidrio (uno se encuentra en reparación) y 16 líneas de producción, logrando una capacidad de producción cercana a las

1.050 toneladas “diaria” de vidrio fundido y a los 2.500.000 artículos diarios. Generalmente, se trabaja con tres colores de vidrio: el ámbar, que es el color marrón; el blanco, que son los transparentes utilizados en los frascos y el Flint, que es usado para la fabricación de vajillas. En porcentajes, Rigolleau fabrica un 56% de vidrio ámbar, un 29% de vidrio blanco y un 15% de vidrio Flint.

Mi trayectoria dentro de la empresa se remonta al año 2008, cuando ingresé por agencia de trabajo. Comencé el periodo de prueba en el sector de Instrumentos. Luego de 5 meses (año 2009) me contrató Rigolleau para adquirir de manera oficial un puesto de la guardia cubriendo con turnos rotativos. Mis responsabilidades se orientan a realizar un mantenimiento correctivo de la planta en general, con especialidades en neumática, electricidad, electrónica, informática y automatización.

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</p>	<p>PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p>SISTEMA APILADOR</p>	<p>Rev. 1</p> <p>Fecha: 01/12/2020</p> <p>Página 10 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

B-2. Presentación General Del Caso

El proceso del vidrio se origina en la planta de composición, que es la encargada de producir la materia prima, mezclando varios componentes como arena sílica, carbonato de sodio, piedra caliza, vidrio reciclado hasta un 25 %, fundentes y agentes colorantes como el carbón. Todos estos son transportados a los hornos de fundición de vidrio, con un promedio de extracción de 210 toneladas diarias. Allí la temperatura máxima del proceso de fundición es cercana a los 1500 °C.

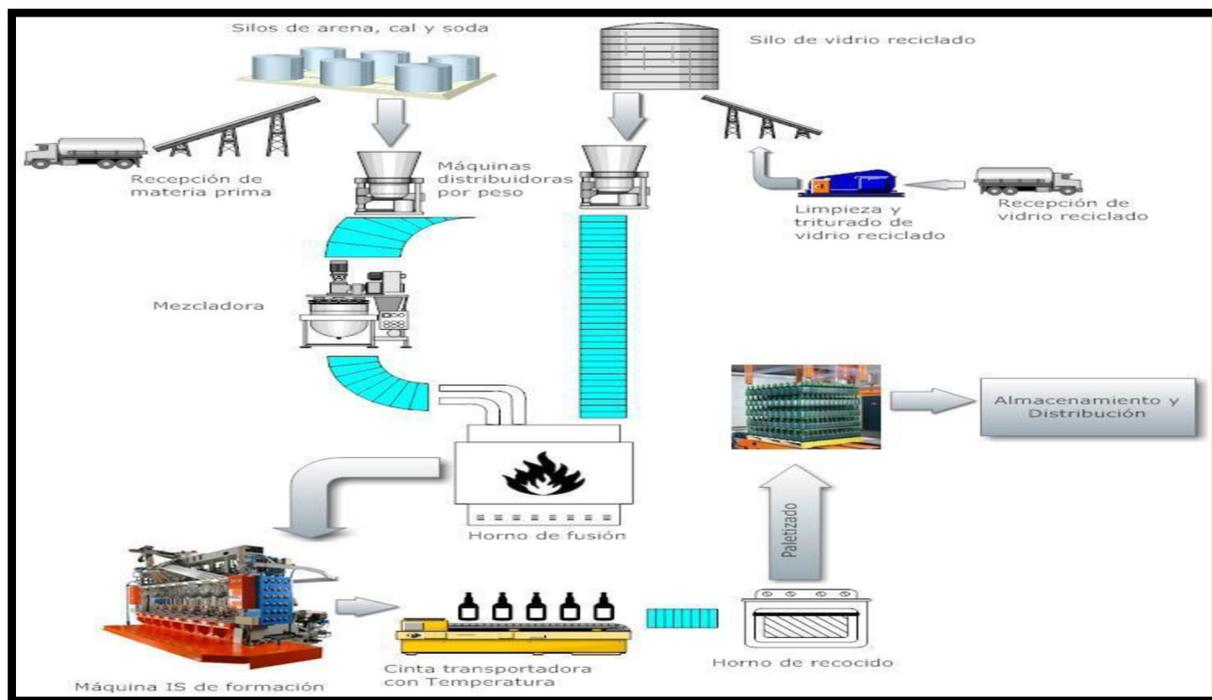
Cada horno cuenta con tres bocas de salidas que entregan el vidrio en un estado líquido con gran viscosidad, a una temperatura que varía según el proceso entre los 1100 y 1300 °C. Las bocas de salidas de los hornos alimentan a las máquinas de producción de artículos de vidrio que pueden ser las máquinas IS (de secciones individuales) que tiene la particularidad de soplar para realizar los envases o las máquinas de hacer vajillas donde su proceso es prensando el vidrio sobre los moldes que están ubicados en una estructura redonda, a través de un movimiento de rotación intermitente para lograr el producto final (de allí su nombre es “La Prensa”).

Una vez producido el artículo, sin importar el proceso por el cual fue realizado (soplado o prensado), él mismo se encuentra a una temperatura cercana a los 600 °C y es transportado por una cinta que se suele llamar “noria”. Luego, se dirige hacia un equipo llamado “apilador” o stacker que los empuja para realizar un cambio de dirección a 90 grados e introducirlos al horno de recocido continuo, su nombre es “archa” y el proceso de introducir los productos calientes en filas mediante la acción del apilador se llama “enhornar”. En el interior del archa los productos son transportados a muy baja velocidad por una cinta ancha cercana a los 2,5 metros y con un largo aproximado de 20 metros con el objetivo de realizar un recocido, de tal manera que el vidrio pueda eliminar en lo posible todas las tensiones internas

residuales que puedan existir por el proceso de formación del envase y al cambio de temperatura brusco, logrando una disminución de su fragilidad. El proceso de recocido se alcanza al mantener la temperatura del artículo y aplicando una curva de enfriamiento muy leve, dicho de otro modo, el apilador introduce las filas de los productos a una temperatura cercana a los 500 °C, y en la primer zona del archa, se configuran los controladores de temperaturas a 550 °C, luego se va realizando un decremento leve a 480 °C en la segunda zona, 380 °C en la tercer zona y en la última, finaliza con algo de 100 °C. A partir de este punto finaliza la zona caliente del proceso (hot end) para comenzar la etapa fría del proceso (cold end).

Figura 2.

Proceso de fabricación de botellas de vidrio.



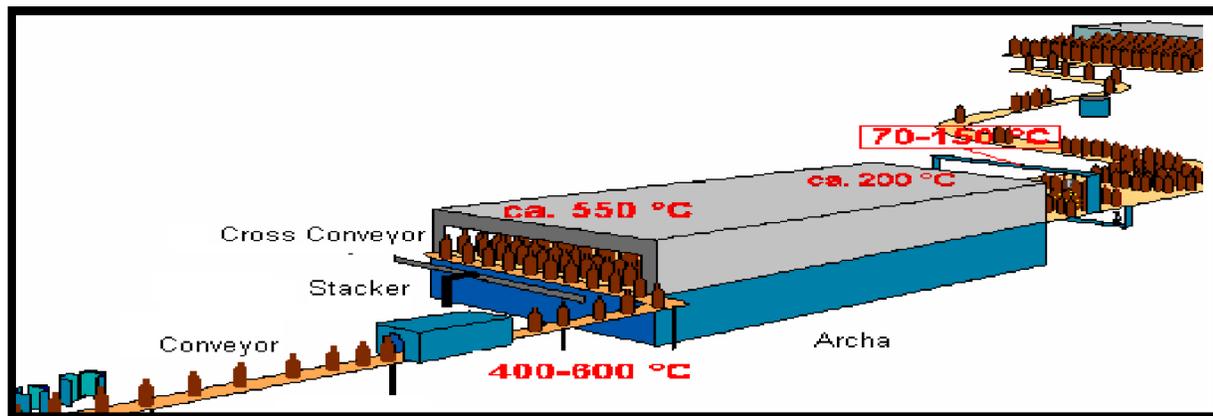
Nota. Tomada de *La tecnología de la industria del vidrio* [ilustración], Industrias y servicios 1, 2010, <https://docplayer.es/>

[49412277-Tecnologia-de-la-industria-del-vidrio.html](https://docplayer.es/49412277-Tecnologia-de-la-industria-del-vidrio.html)

El proceso en la zona fría continúa con una línea de transporte automatizada con equipos de inspección, donde solo lograrán pasar los artículos que posean calidad en aspecto y dimensiones tolerables, ingresando en una máquina que los paletiza que es la acción de disponer la mercancía sobre un palé para su almacenamiento y transporte, cerrando el ciclo del proceso de fabricación del vidrio.

Figura 3.

ubicación del apilador o stacker en el proceso de producción.



Nota. Adaptada de *El proceso del vidrio* [ilustración], Castillo, 2017, https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1028/digital_18489.pdf?sequence=1

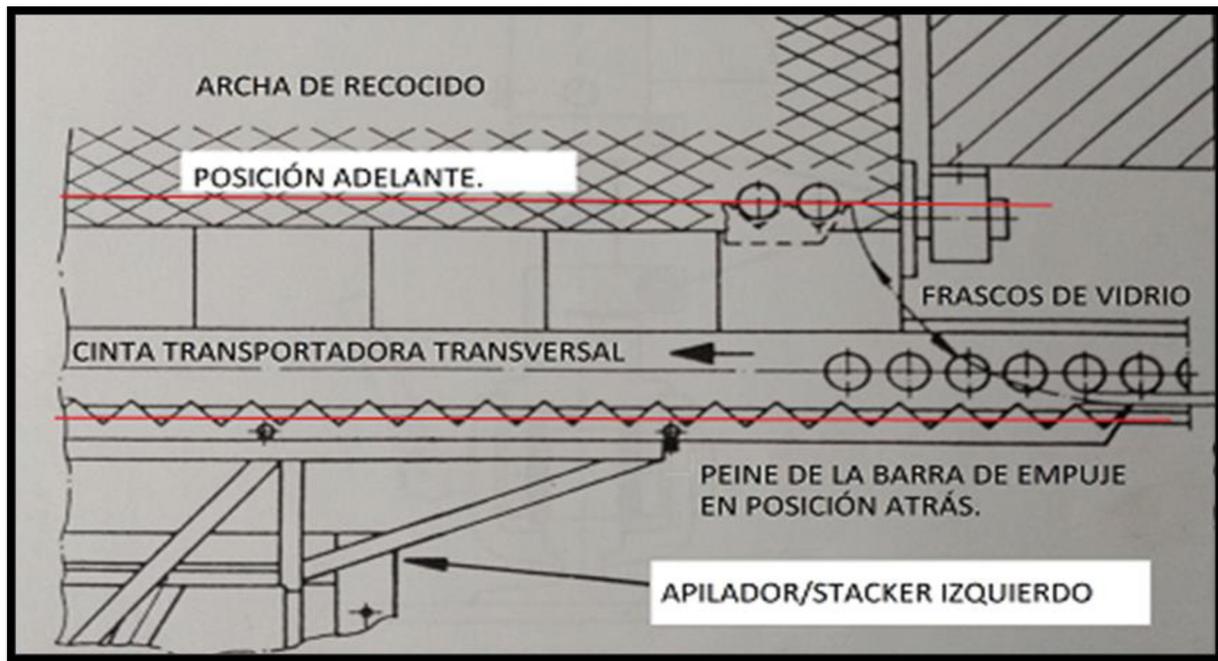
El proyecto llevado a cabo en la empresa Rigolleau S.A consistió en crear un Apilador o Stacker. Su lugar de operación es en la zona caliente del proceso (hot end) ubicado antes del horno de recocido continuo (archa).

La función del apilador es la de introducir los artículos en filas al archa realizando un empuje suave sobre ellos. Básicamente, el stacker o apilador se desplaza sobre dos valores de posiciones, la de atrás y la de adelante que son asignadas desde la pantalla de interfaz de usuario del equipo, como así también sus respectivas velocidades y rampas de aceleraciones que son explicadas en el apartado D-4.3.

Cuando el apilador se encuentra en la posición de atrás, la barra de empuje baja y el programa comienza a comparar el contador de artículos con el valor asignado de la cantidad de productos a enhornar. Cuando se iguale el valor del contador de artículos se resetea y vuelve a contar, mientras que simultáneamente el apilador se dirige hasta la posición de adelante con la barra de empuje baja con el objetivo de empujar a los artículos al interior del archa. Ya ubicado en la posición de adelante, la barra de empuje se levanta y el apilador vuelve hasta la posición de atrás, pasando por arriba de los frascos o botellas que son transportados por la cinta transversal. Al llegar a la posición de atrás, la barra de empuje vuelve a bajar y espera a que el contador de artículo se iguale al valor asignado de productos a enhornar para que se reinicie el ciclo de funcionamiento.

Figura 4.

Ilustración del enhornado del apilador o stacker.



Nota. Adaptada de *Operating instructions Heye lehr loader* (p. 7.8.), Heye-Glas, 1997.

El proyecto del nuevo apilador se aprobó a mediados del 2019, por los resultados obtenidos de un estudio técnico-económico destinado a maximizar la calidad de la producción en los sectores de fabricación y obtener mayores beneficios. El procedimiento con el que se realizó el análisis fue evaluando las paradas no programadas de producción, caídas del rendimiento del proceso de fabricación por problemas de calidad y la organización de los recursos (moldes/matrices, repuestos, disposición de herramientas, capacitación del personal, metodología de trabajo, etc.) y la conclusión del estudio arrojó como resultado importante que en algunas líneas de producción el rendimiento eran bajos porque parte de la mercadería que se derivaba a la línea de control de calidad, llegaban dañadas o caídas (a la salida del archa) por un mal funcionamiento del apilador, impidiendo cumplir con los objetivos de la empresa (cerca del 5% de pérdidas). No obstante, aún no se justificaba que se inicie la solución de esos problemas, porque solo existían esas pérdidas en los equipos de producción antiguo que disponían de un apilador con un motor asincrónico (5 equipos desde el año 2015).

En el año 2017 recibieron una notificación de la firma Bottero, empresa dedicada a las ventas y fabricación de equipos de producción de vidrio hueco, en la que se informaba que existían discontinuidades en repuestos electrónicos relacionado a dos apiladores que disponía Rigolleau.

Como consecuencia de la falta de repuesto de dos líneas de fabricación, el elevado costo de adquirir apiladores nuevos con valores cercanos a los 100 mil dólares y las pérdidas de producción ocasionadas por los sistemas de apilamientos obsoletos, fueron motivos para que se apruebe el proyecto del nuevo apilador. Se menciona a los apiladores obsoletos como aquellos que son accionados por una leva acoplada a un variador de velocidad mecánico impulsado por un motor asincrónico, que solo permite el ajuste de la rapidez de enhornado.

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHE</p>	<p>PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p>SISTEMA APILADOR</p>	<p>Rev. 1</p> <p>Fecha: 01/12/2020</p> <p>Página 15 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

El nuevo apilador debe ser capaz de reemplazar a las viejas unidades y también de instalarse en las líneas de producción de la marca Bottero.

Simplificando, los motivos que dieron inicio al proyecto del nuevo apilador fueron:

- Indicadores bajos en algunas líneas de fabricación por disponer de apiladores obsoletos.
- Discontinuidad en repuestos electrónicos de los apiladores Bottero.
- Menor inversión en realizar el proyecto a comparación de adquirir un nuevo apilador.

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</p>	<p>PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p>SISTEMA APILADOR</p>	<p>Rev. 1</p> <p>Fecha: 01/12/2020</p> <p>Página 16 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

B-3. Objetivo General Del Trabajo Y Objetivos Alcanzados

Se definió que un sistema de apilamientos debe tener las siguientes cualidades:

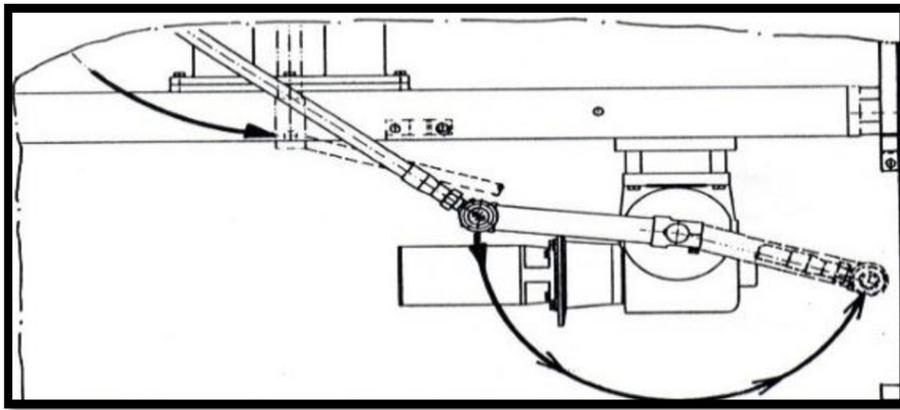
- suavidad en sus movimientos, dado que una mínima vibración es suficiente para tirar una botella de vidrio caliente.
- Respetar un rápido cambio de velocidad en el plano X-Y.
- Disponer de ajustes operativos en la pantalla de interfaz hombre-máquina tales como posiciones, velocidades, rampas de aceleraciones, retardos y cantidad de artículos a enhornar.
- Ser un sistema confiable y con alta mantenibilidad (al no disponer de mucho tiempo para el mantenimiento, su tarea de reparación debe ser rápida y garantizada).
- Sus componentes deben soportar las condiciones ambientales severas como temperaturas cercanas a 50 grados centígrados y una calidad del ambiente con alto porcentaje de humedad e impurezas por el proceso de fabricación.
- Debe contar con sistemas de seguridad para el personal con doble parada de emergencia.
- Tiene que incluir un amplio grado de desplazamiento en el eje Z y en el plano X-Y.
- Asegurar una inversión mínima y por debajo de la mitad del precio de un apilador nuevo.

Se puede separar los modelos de apiladores en dos grupos, los que traen un servomotor para el desplazamiento del mecanismo sobre el plano X-Y y un actuador lineal neumático para poder levantar la

barra de empuje o un segundo modelo los que disponen de dos servomotores (un motor para el eje Z y el otro para plano X-Y). En Rigolleau contamos con cuatro apiladores con doble servomotor y cinco de un solo servomotor.

Figura 5.

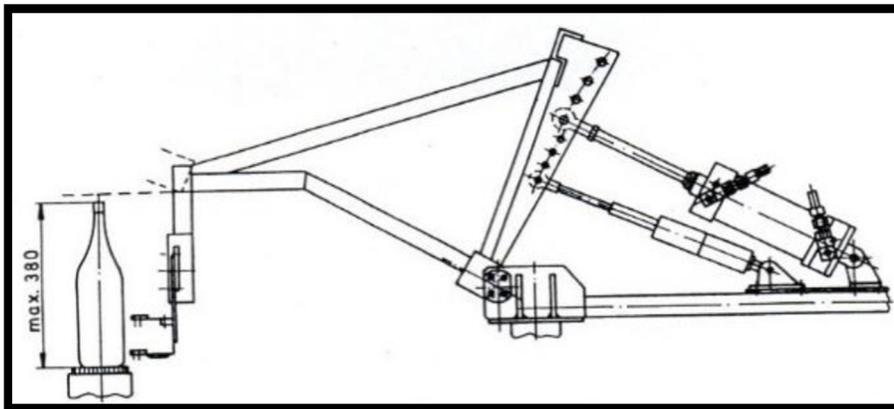
Desplazamiento del apilador sobre el plano X-Y.



Nota. Tomada de *Operating instructions Heye lehr loader* (p. 7.7.), Heye-Glas, 1997.

Figura 6.

Accionamiento de la barra de empuje del apilador por un cilindro neumático.



Nota. Tomada de *Operating instructions Heye lehr loader* (p. 12.4.1.), por Heye-Glas, 1997.

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</p>	PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA SISTEMA APILADOR	Rev. 1 Fecha: 01/12/2020 Página 18 de 124
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

Se realizó las distintas comparaciones de los modelos y evaluando los gastos en el anteproyecto se determinó que bastaba con un servomotor y el actuador lineal ya que, en un principio, no requiere de tanta precisión en subir y bajar la barra de empuje y el precio de la inversión del proyecto se abarataba unos 9 mil dólares (precio de un variador de frecuencia, servorreductor y cableados). Se evaluó también los reportes de mantenimiento de las paradas no programadas y el tiempo de paro no productivo fue similar al sistema de doble servo motor. En cuanto a los cambios de artículos, no afecta en nada si es con un actuador lineal porque los mecánicos tienen experiencia por demás en circuitos neumáticos.

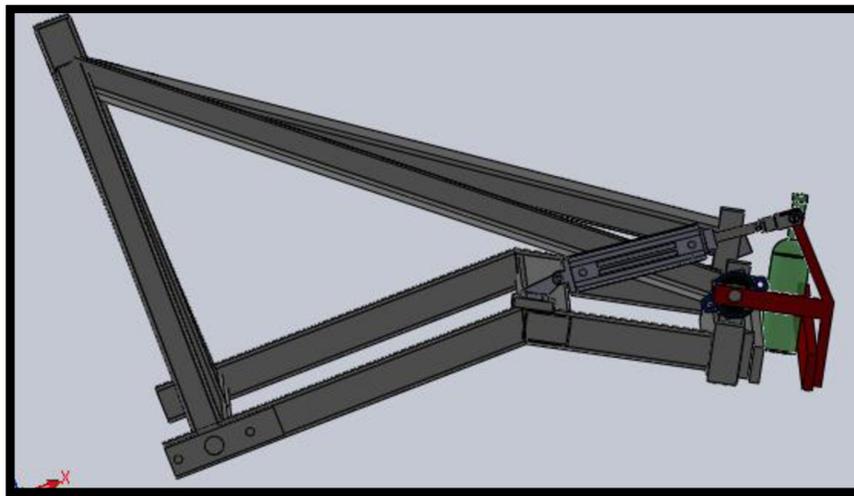
En julio del 2019 inició el proyecto, se evaluó el presupuesto que llevaría realizar el apilador y se comparó con la opción de adquirir uno nuevo donde la diferencia estuvo a favor de realizar el proyecto. En agosto se elaboraron los planos mecánicos y para septiembre se habían enviados para que las piezas sean realizadas. Algunos trabajos se derivaron a los talleres internos donde disponen de varias máquinas herramientas y otras piezas más sofisticadas como las patas del apilador, fueron enviados a un taller externo de mecanizado. En noviembre se adquirió todos los componentes del apilador (mecánicos, eléctricos y neumáticos) para comenzar el montaje, programar el variador de frecuencia y parametrizar la interfaz hombre-máquina (HMI). A mediados de diciembre se finaliza los tableros eléctricos y las pruebas de funcionamiento que demandó dos meses de trabajo, luego se montó en una línea de producción coordinando una parada de mantenimiento programada con el departamento de producción en la que la instalación del nuevo apilador llevó una jornada laboral completa y se necesitó de montadores y electricistas (8 horas).

Una vez instalado en una línea de producción que contaba con un equipo obsoleto, **el apilador respondió satisfactoriamente cumpliendo con los objetivos.** Además, se programó una salida del

variador de frecuencia utilizada para colocar una barra estabilizadora (en la jerga del vidrio se lo llama sufridera) en caso necesario de enhornar artículos con problemas de estabilidad.

Figura 7.

Mecanismo de sufridera.



Nota. El mecanismo pintado en rojo es la sufridera, cuyo accionamiento lo realiza un cilindro neumático y su objetivo es entregar estabilidad a las botellas al momento de ser arrastradas por la barra del apilador.

La última actividad realizada fue la de dictar cursos de capacitación en grupo reducidos de dos o tres personas, a fin de explicar cómo se realizan los ajustes operativos y la manera de intervenir ante una falla, destinado especialmente a los técnicos de guardia. Los conocimientos fueron transmitidos en la línea de producción mientras se realizaba una parada de cambio de artículo y el apilador no operaba, luego se hacía referencia de los posibles códigos de fallo del variador electrónico mediante el uso del manual instructivo. Con esta última tarea se logró cumplir con los objetivos planteados.

 <p>Universidad Nacional ARTURO JAURETCHÉ</p>	<p>PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA</p> <p>SISTEMA APILADOR</p>	<p>Rev. 1</p> <p>Fecha: 01/12/2020</p> <p>Página 20 de 124</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

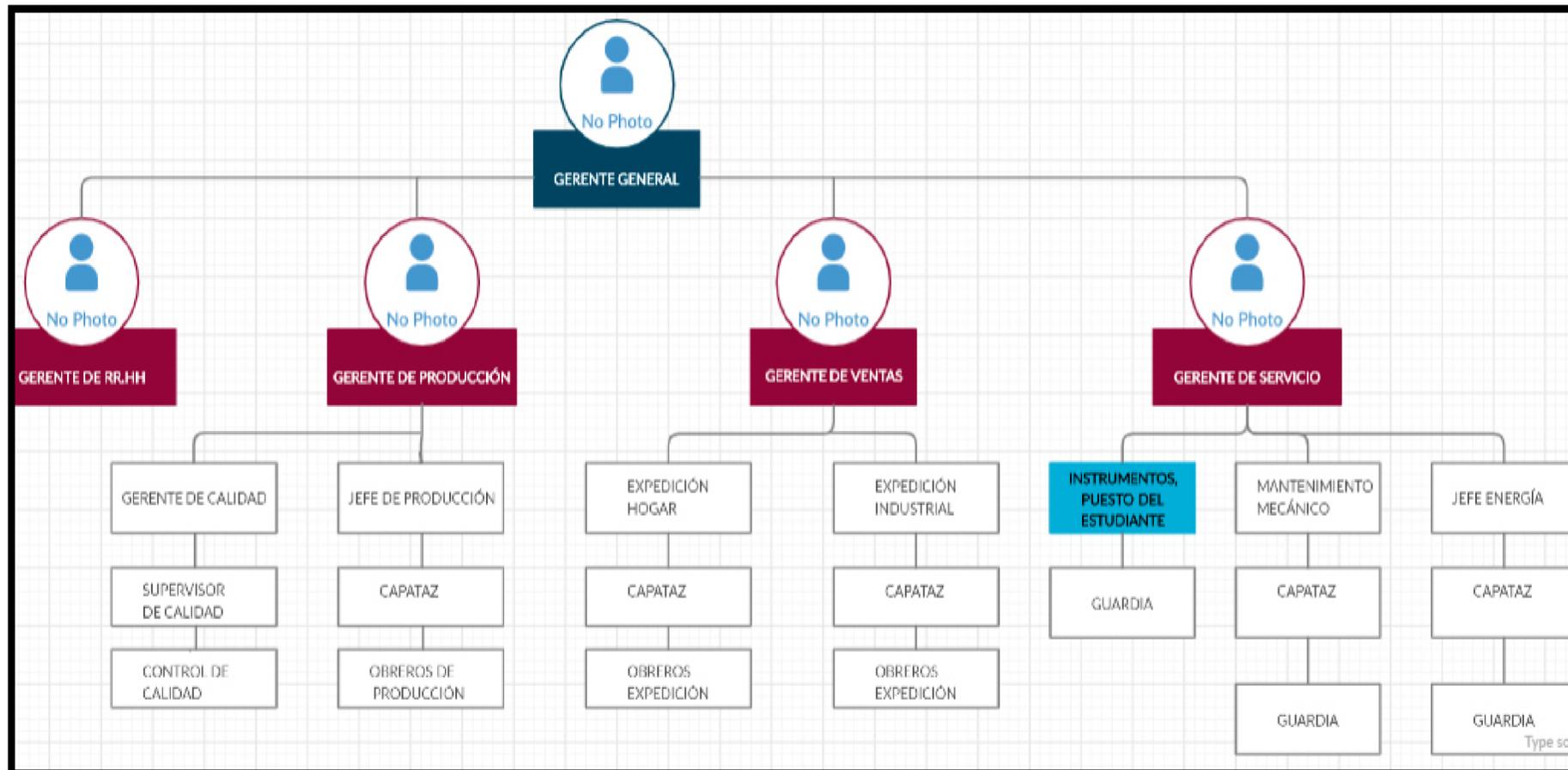
B-4. Área De Desarrollo Del Trabajo En La Entidad Receptora

El área de desarrollo del trabajo donde se realizaron las actividades es en el sector de Instrumentos. Esta área tiene como objetivo general: cumplir con el servicio de guardia para garantizar la producción continua de los activos dentro de la empresa, proyectar nuevas instalaciones y reformas de los sistemas de medición y control, realizar la programación de los PLC instalados en las líneas de producción y parametrizar los HMI para los distintos sectores de la planta.

B-5. Ubicación En El Organigrama De La Entidad Receptora

Figura 8.

Ubicación en el organigrama durante la ejecución del proyecto.



B-6. Tareas Realizadas En La Entidad Receptora

- Estudios De Anteproyecto:

Un anteproyecto es la forma preliminar de un proyecto para la revisión y aprobación. Como antecedentes se sabe que hay problemas con los rendimientos en la producción en algunas líneas de fabricación y hay discontinuidades en repuestos de los apiladores Bottero. Como problema se definió que los rendimientos bajos de la producción eran ocasionados fundamentalmente por los apiladores antiguos, esos equipos necesitaban ser reemplazados por presentar conflictos en su funcionamiento y también por las discontinuidades en repuestos de la marca Bottero. La justificación al conseguir nuevos apiladores se da por el hecho de garantizar que al ser instalado y reemplazar a una máquina Bottero, se dispondrá de repuesto para la otra que aún siga en producción, siendo dos los apiladores que tienen discontinuidad en repuestos. La otra justificación llegó en la amortización de la inversión de adquirir el nuevo apilador e instalarse en lugar de un equipo con motor asincrónico que son los que generan las pérdidas en la producción por un mal enhornado. Como los apiladores nuevos del mercado sobrepasan el monto máximo de inversión permitido, con un precio cercano a unos US\$ 100.000 aquellos de doble servomotor, se optó por el proyecto de diseñar un apilador estudiando varios modelos para realizar comparaciones y finalmente escoger la referencia de un equipo montado en una de las líneas de producción de Rigolleau que, dada sus características, aseguraba un presupuesto bajo y buenas expectativas para cuando se termine e instale en la línea de producción.

- **Elaboración Del Proyecto:**

Se realizó las mediciones del viejo sistema apilador para el modelado 3D del nuevo equipo y se desarrolló los planos de las piezas a elaborar.

Se programó el variador de frecuencia y parametrizó la pantalla de interfaz (HMI).

Se crearon los planos de los tableros eléctricos.

- **Supervisión:**

Se supervisó las piezas mecánicas recibidas, el ensamble de las estructuras del apilador, la instalación de los tableros eléctricos y la puesta en marcha del equipo en la línea de producción.

- **Capacitación:**

Una vez instalado el apilador en la línea de producción, fue necesario capacitar a los talleres de guardia de mantenimiento acerca de su funcionamiento y ajustes operativos. Las capacitaciones se llevaron a cabo en la línea de producción, cuando la máquina de fabricación se encontraba en los periodos de cambios de artículos y no operaba. En los cambios de artículos se detiene el proceso de fabricación con el objetivo de reemplazar molderías y ajustar la máquina de producción para el nuevo proceso, dicho lapso suele demorar de dos a tres horas máximo. Se utilizó también el manual del variador de frecuencia para instruir en los talleres de guardia, indicando donde se encuentran los diagnósticos de fallos y como proceder ante una falla eventual.

B-8. Recursos

- 1 notebook: utilizada para tareas de modelación, planos, programación y comunicación.
- Componentes utilizados en otros equipos que facilitaron la elección de las piezas del apilador como rodamientos, rótulas, etc., ya que se disponían en el depósito de almacenes.
- Talleres con máquinas herramientas para la realización de piezas como tornos, fresadoras, agujereadora de banco, etc.
- Disposición de componentes eléctricos para armado de tableros (rieles DIN, armario, zócalos, llaves, borneras, variador de frecuencia, actuador, etc.).
- Cámara termográfica utilizada para evaluar las temperaturas máximas a la que se expondrán los componentes del apilador nuevo, con el objetivo de tomar decisiones al momento de la selección de las piezas, evaluando las temperaturas admisibles de los catálogos de los fabricantes.

B-9. Resultados Obtenidos

Los resultados cumplieron con las expectativas, el enhornado de artículos en caliente no requiere de ajustes operativos luego de la puesta en marcha tras realizar un cambio de artículo en la máquina de producción. El stacker opera con normalidad en la línea que fue instalada como en las demás cadenas de fabricación con apiladores de doble servomotor. Los artículos en punta de archa en donde termina el tratamiento térmico (inicio de la zona fría del proceso), llegan sin caídas, ni roturas y alineados correctamente para facilitar la aplicación de

un tratamiento plástico llevado a cabo por un spray que pulveriza a lo ancho de las filas de botellas con el fin de lubricarlos para ser transportados hasta el final del proceso que es en la paletizadora. El tratamiento plástico mejora el transporte de los artículos en la zona fría ya que, a diferencia de la zona caliente, existe rozamiento entre botellas y con la aplicación del spray, se mantienen lubricadas para no rayarse ni caerse.

Los reportes de mantenimiento de enero del 2020 no registraron paros productivos donde solo se intervino en el mes dos veces por ajustes operativos sin paros de producción ocasionados y los indicadores reflejaron un incremento del rendimiento de la producción en un 7% (81% en noviembre del 2019 contra un 88% de enero del 2020).

Con respecto a los intangibles, es un sistema que está compuesto por piezas de alta confiabilidad, dicho término es utilizado en mantenimiento para demostrar la probabilidad de que el apilador o los componentes integrados puedan funcionar correctamente fuera de falla por un tiempo específico esperado. Otro aspecto a considerar es que la pantalla de interfaz hombre-máquina brinda una excelente accesibilidad al momento de realizar ajustes operativos y también, el solo hecho de visualizar las salidas de las señales eléctricas y la corriente del motor en su menú principal de ajustes (ver **figura 93**), permite un rápido diagnóstico del estado de funcionamiento del sistema. Por ejemplo, un técnico observador puede saber si hay una sobrecarga en el motor tan solo viendo la pantalla sin necesidad de utilizar una pinza amperométrica.

B-10. Conclusiones

En conclusión, el proyecto fue totalmente exitoso, logrando cumplir con los objetivos tales como, brindar un correcto funcionamiento del apilador en la línea de producción,

compatibilidad y montaje rápido para instalar en otras líneas de fabricación, incorporación de la pantalla HMI con parametrizaciones necesarias para ajustes operativos y técnicos, seguridad al personal y la garantía del capital mínimo de inversión aprovechando las instalaciones de los talleres de herrería y mecánica para fabricar la mayor cantidad de piezas posibles a través de los planos realizados.

Se realizaron las mediciones sobre un apilador de referencia para generar los croquis y modelar el nuevo equipo en 3D. Con los planos elaborados se solicitaron los presupuestos para determinar a qué empresa dirigir los trabajos de mecanizado de piezas. También se seleccionó los componentes neumáticos, eléctricos y electrónicos que formaron parte del apilador.

El éxito también radicó de los amplios recursos económicos que se disponía porque la inversión para adquirir un nuevo apilador con doble servomotor ronda los US\$ 100.000, en cambio, en los estudios del anteproyecto se calculó que con un 25% del valor del equipo Heye Internacional se concretaría el proyecto. Al terminar el proyecto la inversión final fue cercana a los US\$ 20.000 sin mano de obra y nunca fue necesario realizar horas de trabajos adicionales por jornada. Económicamente, los resultados fueron más que satisfactorio porque cinco apiladores de Rigolleau equivalen a uno de Heye Internacional y la diferencia de tener instalado un equipo u otro no hace la desigualdad en los indicadores de producción.

En cuanto a los aspectos a mejorar, se considera que falta pulir algunos detalles en la instalación neumática tales como: cambiar los tubos de poliuretano (PU) por los de fluoropolímero (FEP) por admitir una mayor temperatura de trabajo y reemplazar los conectores de la serie 451 que son de polímeros (plásticos) por la 446 que son metálicas. Otro de los aspectos a mejorar es el dispositivo de sujeción de la barra de empuje que, al momento

de cambiar la barra según el artículo a enhornar (a introducir al horno de recocido continuo), requiere de dos personas para realizarlo.

C) Reflexión Sobre La Práctica Profesional Supervisada Como Espacio De Formación:

Los siguientes ítems son sólo algunos aspectos a considerar:

- **¿Qué aporte hace la PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA a su trayecto de formación?**

Aportó conocimientos de utilización de software de ingeniería, tales como:

SolidWorks, AutoCAD y CAdE_SIMU.

Conocimientos de la norma DIN 2768 referido a las tolerancias de las piezas en relación a sus dimensiones.

programación de variadores y parametrización de pantallas de interfaz hombre-máquina (HMI).

Reconocimiento de las variedades de los componentes mecánicos y eléctricos que hay en el mercado y la solicitud por catálogo a los proveedores.

- **¿Qué contenido/s recupera/n de su proceso de formación (realizada hasta el momento) en vinculación y/o articulación con la realización de la PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA?**

La generación de los planos mecánicos obligó a repasar conceptos de Sistemas de Representación, una materia de primer año.

Estudiar las aleaciones de los aceros y determinar los ensayos adecuados que permitan evaluar la aprobación de las piezas sugirió repasar materias como Materiales, Estática y Resistencia de los Materiales y mecanismos y elementos de máquinas. Se realizó ensayos sobre la biela, tanto dinámico como estático también se estudió las cargas en las rótulas del apilador.

Determinar la protección de los tableros remonta a la bibliografía recomendada por Dispositivos en Instalaciones Eléctricas.

En el estudio del anteproyecto fue necesario repasar los apuntes de la materia de Proyecto de Máquinas.

- **¿Cuál/es ha/n sido los aprendizajes que ha logrado consolidar para su futuro desempeño profesional como ingeniero/a?**

La programación por assembler del variador de frecuencia, la introducción en la importancia del uso del software de ingeniería SolidWorks para mi futuro desempeño profesional como ingeniero y el diseño de los planos eléctricos y mecánicos son algunos de los aprendizajes logrado. Además, sirvió para aprender a desenvolverme en las reuniones del proyecto porque en un principio costaba tener participación en las charlas, quizás por cuidado a decir algo incorrecto delante de los profesionales o por miedo a expresarme de manera incorrecta sin que se entienda el mensaje que deseaba transmitir. Finalmente, con el correr del tiempo la comodidad fue ganando territorio y ese temor desapareció.

- **Conclusiones con clara identificación de Fortalezas y Oportunidades de Mejora, dando cuenta de la tarea realizada y la formación académica:**

Tabla 1.

Descripción de fortalezas y oportunidades de mejora.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES DE MEJORA
<p>Conocimientos de equipos industriales y componentes por catálogos.</p> <p>Desarrollo de planos eléctricos y mecánicos.</p> <p>Programación de variador y HMI</p>	<p>Mas práctica con mediciones en campo.</p> <p>Mejorar la comunicación con los integrantes del proyecto.</p> <p>Diseño de los planos mecánicos.</p>

- **¿Algún otro comentario que el/la estudiante desee compartir?**

La programación de un Controlador Lógico Programable fue una de las actividades más importantes en este proyecto. En mi caso contaba con saberes previos a la universidad (aprendidos en la Escuela técnica) que me permitieron desarrollar las tareas sin inconvenientes. Hubiera sido importante que estos saberes también los presente la Universidad.

Por otro lado, las tareas de mecanizado fueron fundamentales en la construcción de las partes especiales de la estructura. En la UNAJ cursamos la materia Tecnología Mecánica donde se desarrolló el tema de las máquinas herramientas, pero lamentablemente no disponíamos de ellas para la práctica. Sería muy oportuno que en un futuro se puedan contar con algunas de las máquinas herramientas y profundizar aún más los conocimientos transmitidos por el profesor.

D) Anexos

Dentro del apartado de anexos se desarrollarán los capítulos necesarios para describir la mecánica, neumática y electricidad del apilador. Se podrán observar las figuras del apilador en el modelado 3D, como así también los planos mecánicos y eléctricos. Habrá una selección de componentes mecánicos, eléctricos y neumáticos mediante el uso de los catálogos y las fichas técnicas de los fabricantes. También se detallarán los criterios de selección que se consideraron importantes como los ensayos no destructivos mediante software o analíticamente y la utilización de una cámara termográfica para conocer las temperaturas a la que se someterán los materiales a utilizar.

D-1. Mecánica Del Sistema Apilador

La mecánica del sistema apilador consiste en general de tres cuerpos, la estructura inferior donde se acoplan las patas, el cuerpo medio donde se engancha la biela del servomotor para transmitir un movimiento circular de enhornado y el cuadro superior donde recibe el accionamiento del cilindro neumático para hacer subir o bajar la barra de empuje. Su funcionamiento consiste en que la barra de empuje esté en posición baja y fuera de la cinta de transporte, el contador del programa del apilador enviará la orden de arranque del motor y la barra empujará la cantidad de artículos deseados hasta el interior del horno de recocido continuo, luego levantará la barra y el motor hará que vuelva a su posición de espera que es fuera de la cinta para finalmente volver a bajar la barra y esperar la nueva orden o pulso de avance. En el apartado **D-4.2.** del programa del apilador se explicará con más detalle.

D-1.1. Ensamble General. A continuación, se muestran las distintas vistas del apilador desarrollado:

Figura 10.

Vista general del apilador.

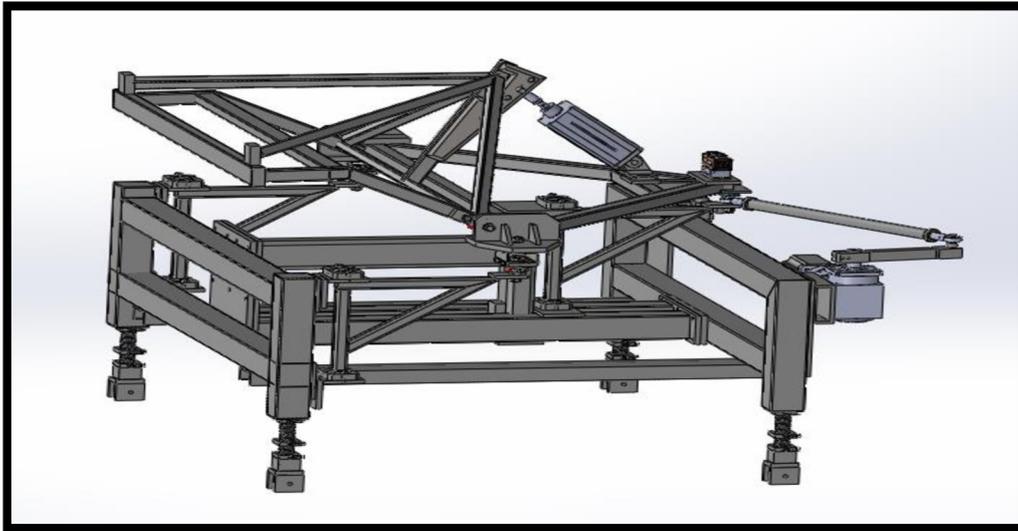


Figura 11.

Alzado.

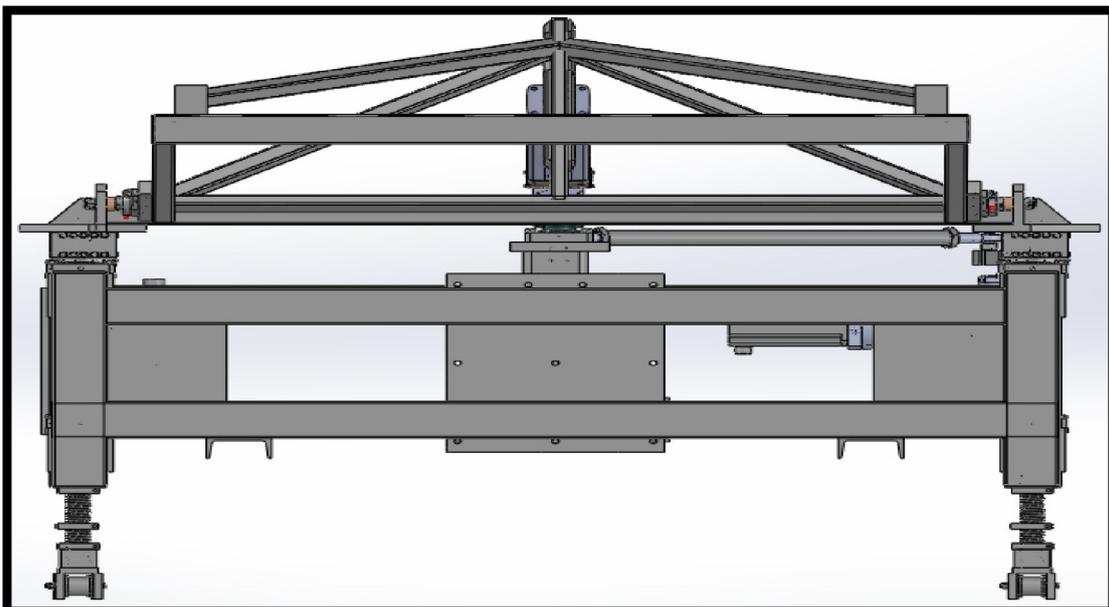


Figura 12.

Perfil izquierdo.

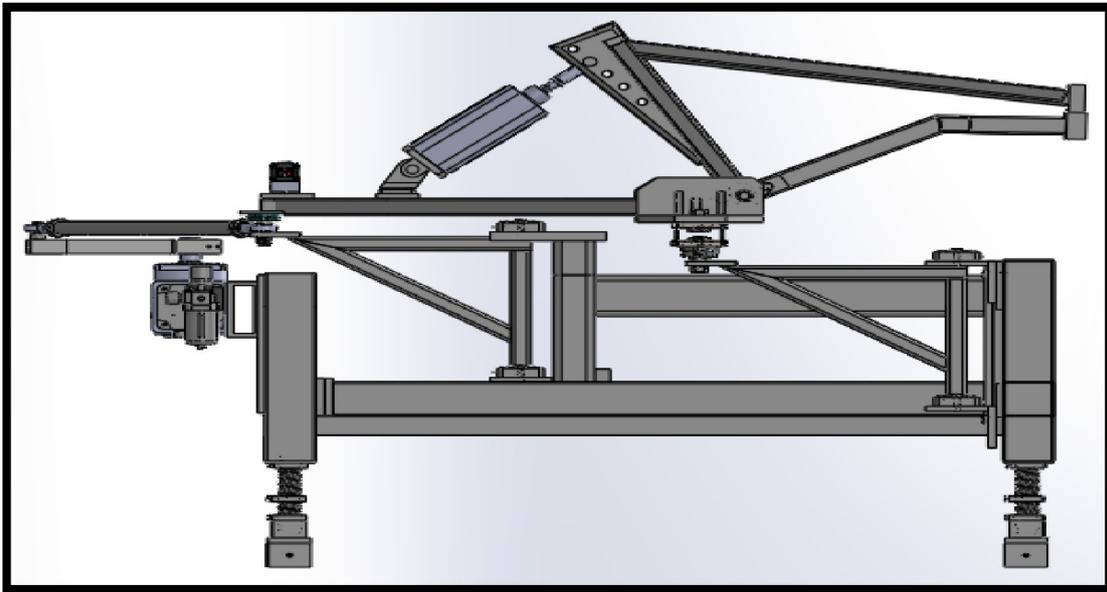


Figura 13.

Perfil derecho.

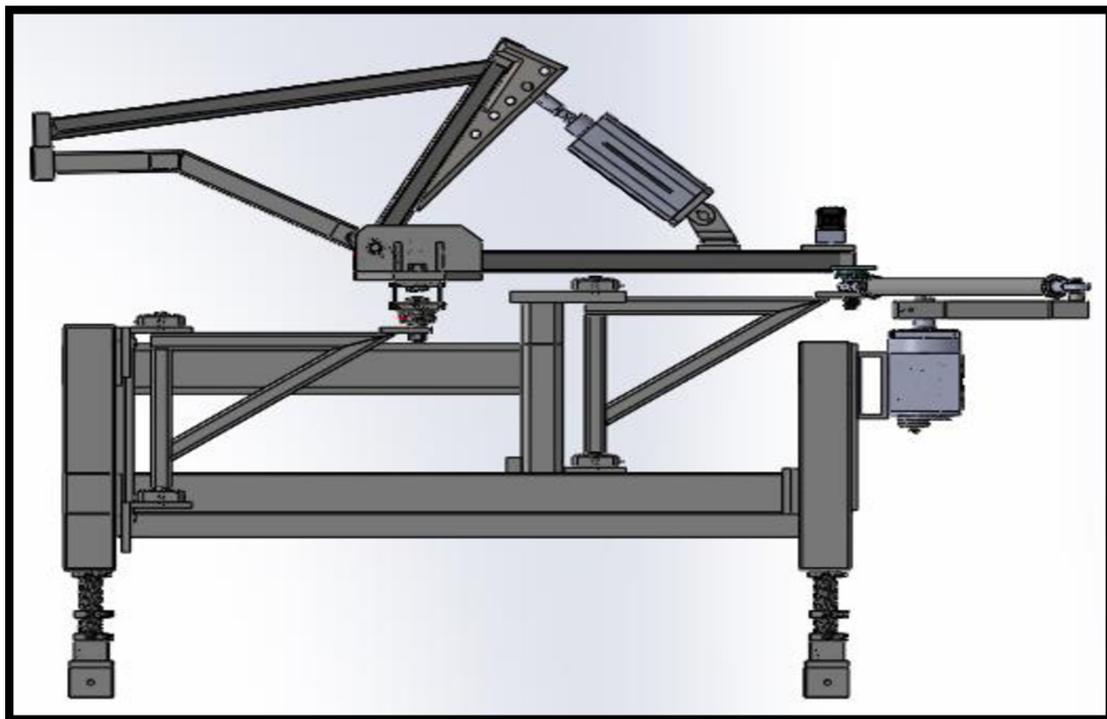


Figura 14.

Planta.

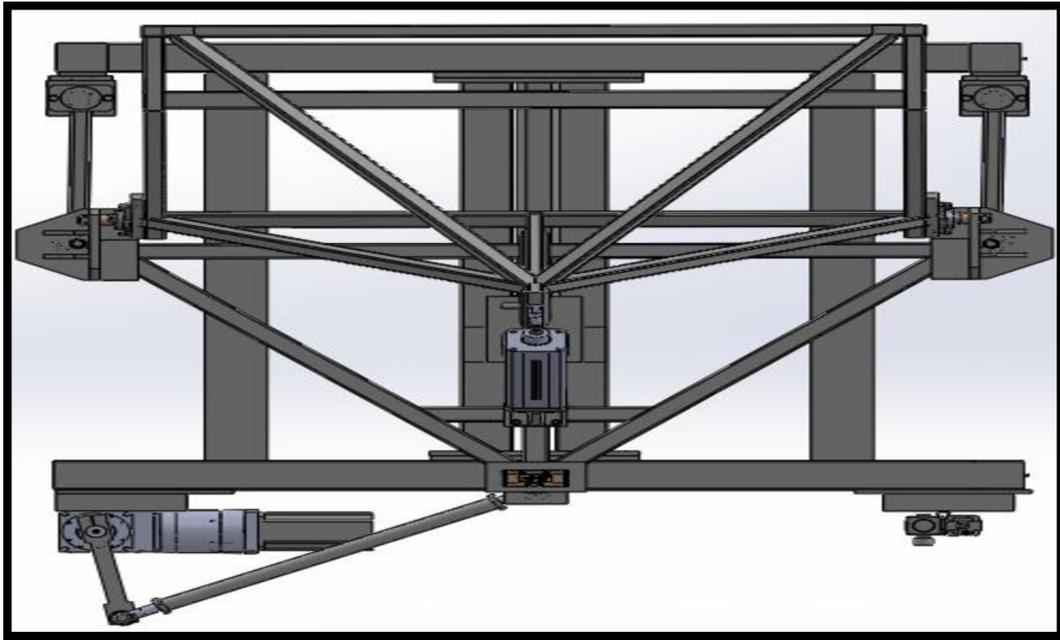


Figura 15.

Planta inferior.

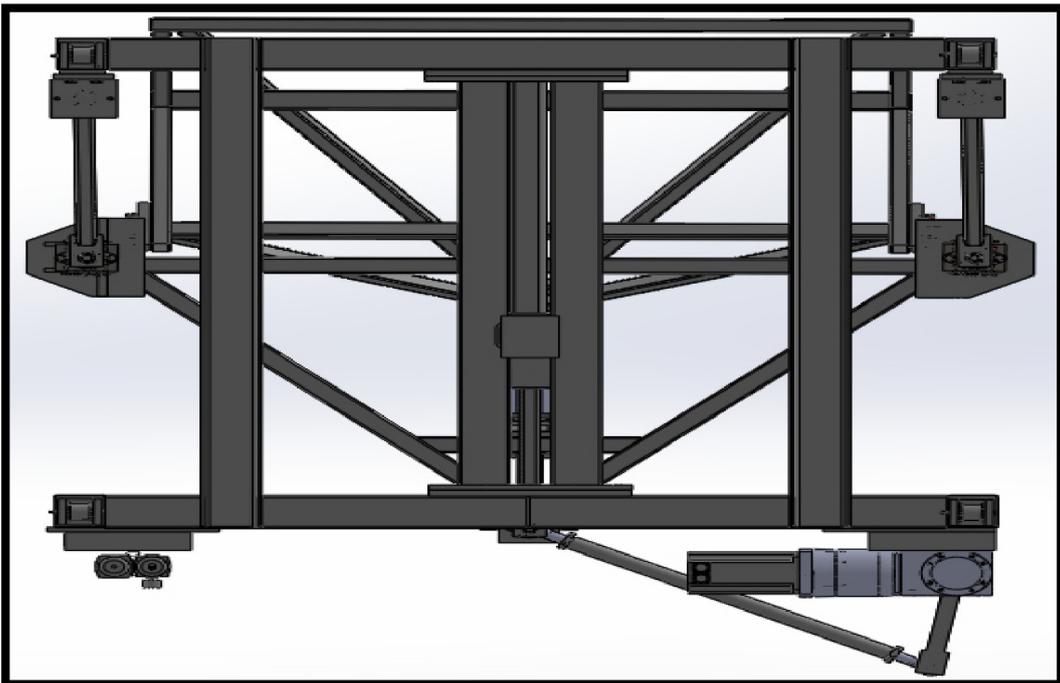
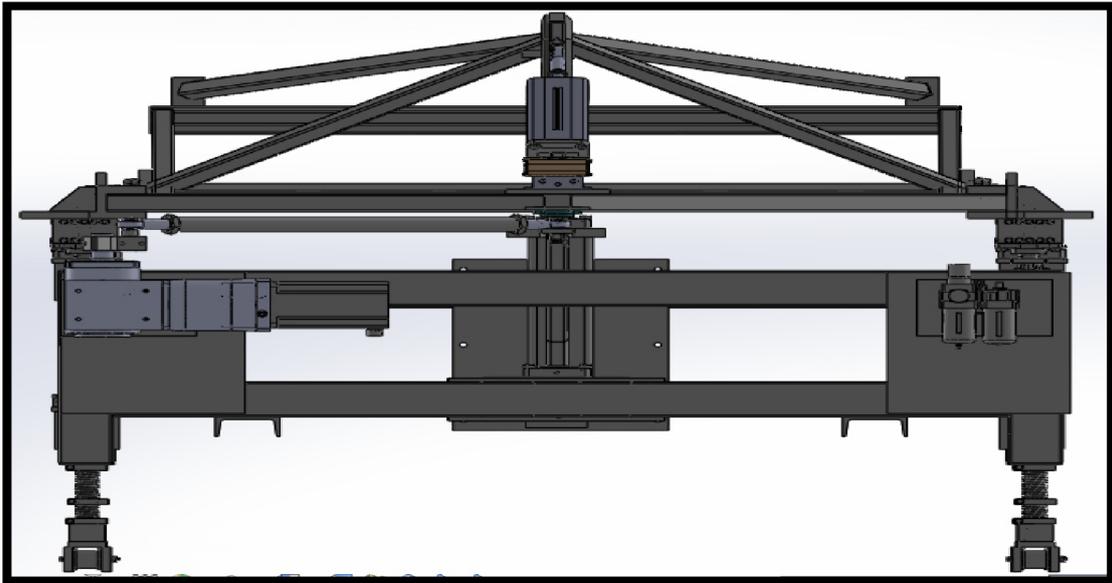


Figura 16.

alzado posterior.



Con la representación de las distintas vistas del apilador se puede observar que la parte inferior del equipo contiene cuatro patas con ruedas que apoyan sobre dos rieles amurados al piso para poder ajustarse y evitar que se desplace mientras funcione. En la parte posterior se encuentra el servomotor con reductor, acoplado a la manivela y biela del apilador, donde en el otro extremo encastra al cuadro medio que es el encargado de realizar el movimiento sobre el plano X-Y o circular. Un actuador lineal neumático ensambla al cuadro medio con el cuadro superior con el objetivo de subir o bajar la barra de empuje. En las siguientes páginas del informe se podrán observar los planos de las piezas del apilador, describiéndolo desde el cuadro inferior hasta el superior.

D-1.2. Tolerancias En El Diseño Mecánico. Para el diseño de los planos mecánicos se utilizó la norma DIN-ISO 2768. La norma aplica tolerancias en dimensiones y ángulos de las piezas en relación a sus longitudes y grados que dependen de su geometría que, cuanto más larga sea la pieza, más grande será su respectiva tolerancia. En relación a los ángulos el comportamiento es inverso porque cuanto mayor sea su ángulo, menor será la tolerancia angular.

Para ver un ejemplo de la explicación anterior podemos cortar una barra de 2 metros de largo y asumir una tolerancia de 2 milímetros, en cambio si la longitud fuera de 1 metro, la tolerancia aceptable por la norma nos dice que es hasta 0,8 milímetro. La norma DIN-ISO 2768 de la **figura 17** será aplicado a todos los planos.

Figura 17.

Tolerancia norma DIN-ISO 2768.

TOLERANCIA DIMENSIONAL DIN-ISO 2768						
0<d≤6	6<d≤30	30<d≤120	120<d≤315	315<d≤1000	1000<d≤2000	2000<d≤4000
± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
TOLERANCIA ANGULAR DIN-ISO 2768						
10° ≤	> 10° - 50° ≤		> 50° - ≤ 120°		>120°-≤360°	
± 1'	± 30'		± 20'		± 10'	

D-1.3. Lista De Componentes. Una lista de componentes general del apilador es importante para poder interpretar los siguientes apartados. Se marcó los números de las piezas en los planos y se representó en dos tablas con referencia a las figuras para identificarlas con sus respectivos nombres.

Figura 18.

Componentes del apilador parte 1.

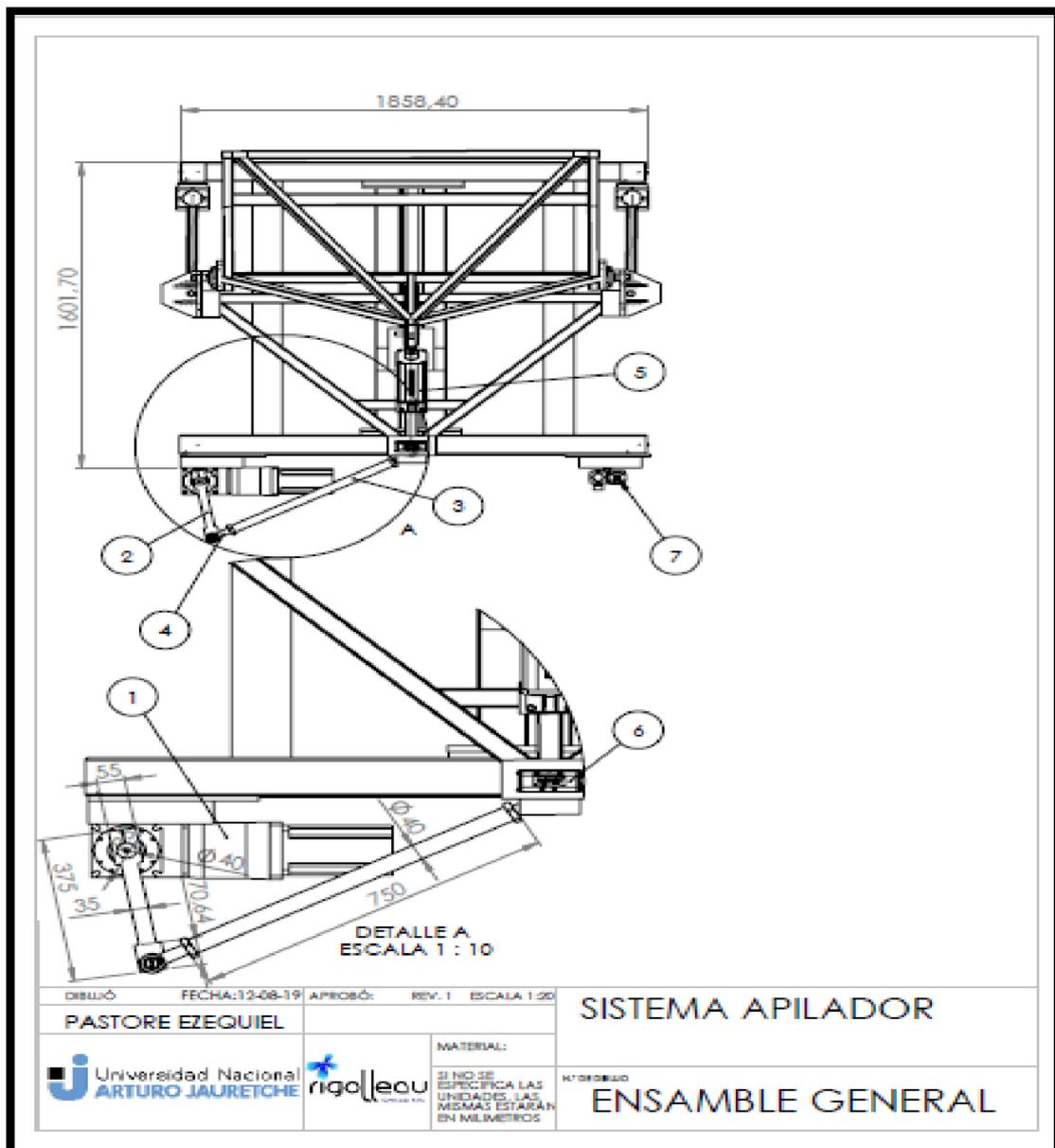


Tabla 2.

Lista de componentes de la figura 18.

REFERENCIA FIGURA D-1.3.1.	COMPONENTE
1	SERVOMOTOR CON REDUCTOR
2	MANIVELA
3	BIELA
4	RÓTULA
5	ACTUADOR LINEAL
6	ELECTROVÁLVULA
7	F.R.L

Figura 19.

Componentes del apilador parte 2.

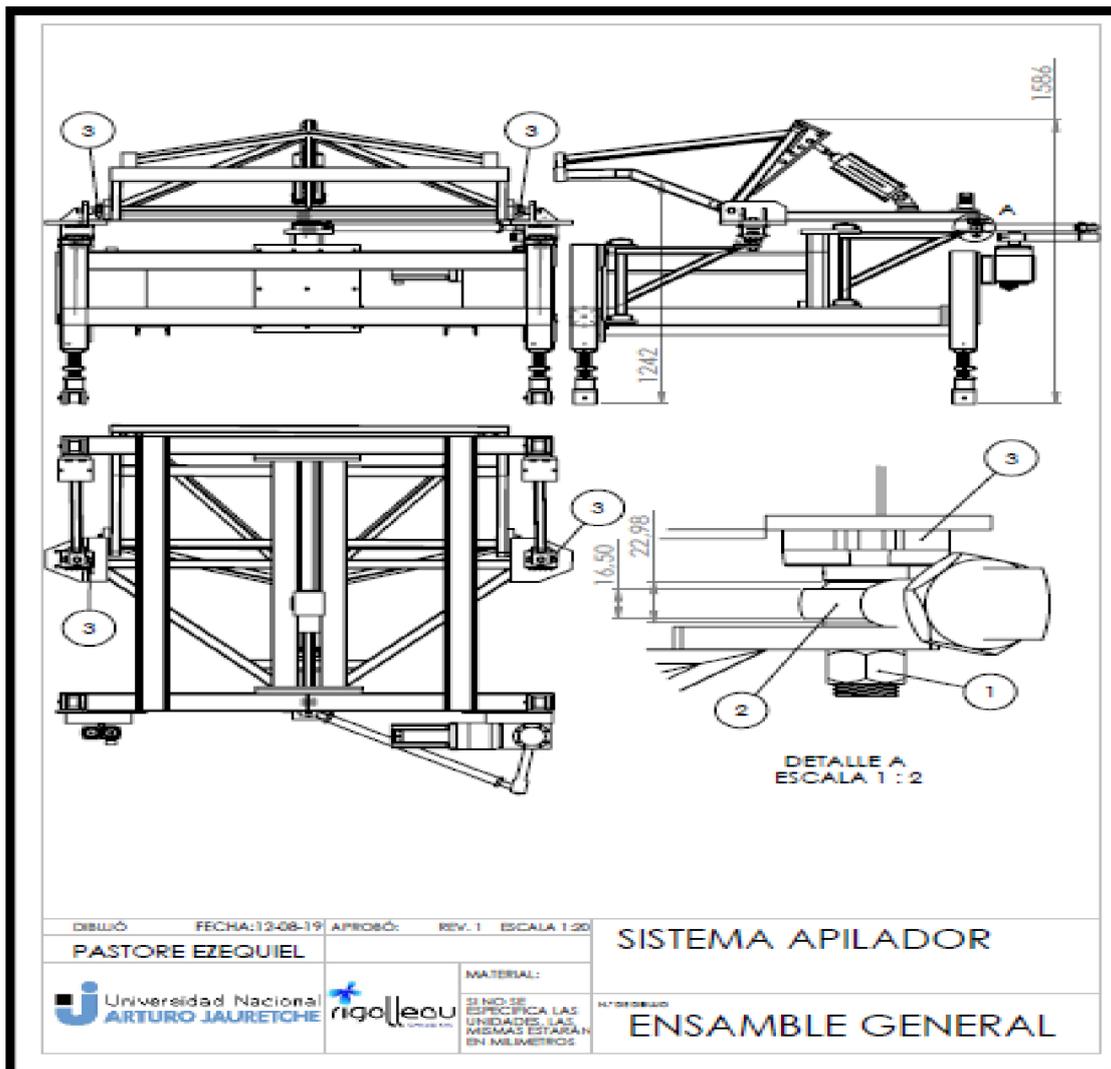


Tabla 3.

Lista de componentes de la figura 19.

REFERENCIA FIGURA D-1.3.2.	COMPONENTE
1	TUERCA 7/8"
2	RÓTULA
3	SOPORTE DE BRIDA CON RODAMIENTO

D-1.4. Ensamble De Patas. El sistema apilador cuenta de cuatro patas montadas sobre dos rieles con el objetivo de poder regular la altura del equipo y su distancia a la cinta de transporte o noria. La pata está integrada por un espárrago de 1 ¼ pulgadas de 250 mm de largo, tres abrazaderas regulables con tuercas de fijación, una base que sostiene al rodillo de la pata soldada a la abrazadera inferior y un tornillo de 107,5 mm de largo con rosca RW 3/8.

Las patas se realizaron con el material SAE 1020 (salvo los tornillos), donde se identificaron dos soldaduras con sus simbologías. La pieza tiene una rugosidad superficial general máxima de 3.2 ra (rugosidad media aritmética) y sobre la rueda de 1.6 ra.

Se utilizó un material SAE 1020 porque es uno de los aceros más económicos, tiene buena soldabilidad, mecanizado y la pieza no está sometida a grandes esfuerzos porque desde el análisis estático tienen que soportar el peso del equipo, que aproximadamente es 1345 N por pata. El peso del equipo es ≈ 550 KGF, entonces $5500 \text{ N} / 4$ equivale a 1345 N, admitiendo el error que el centro de masa del equipo no está exactamente en el medio de las cuatro patas.

Figura 20.

Imagen 3D de una de las del apilador.

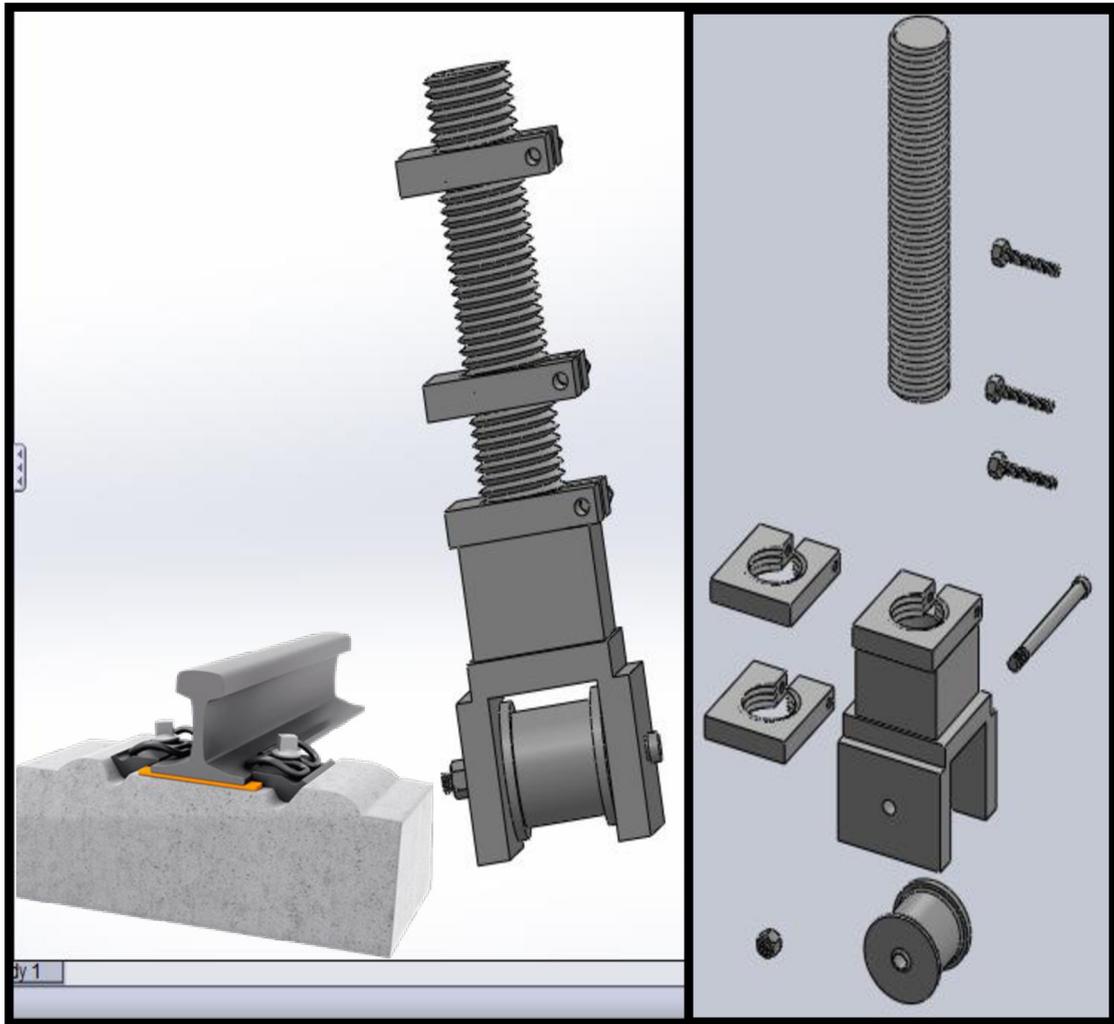
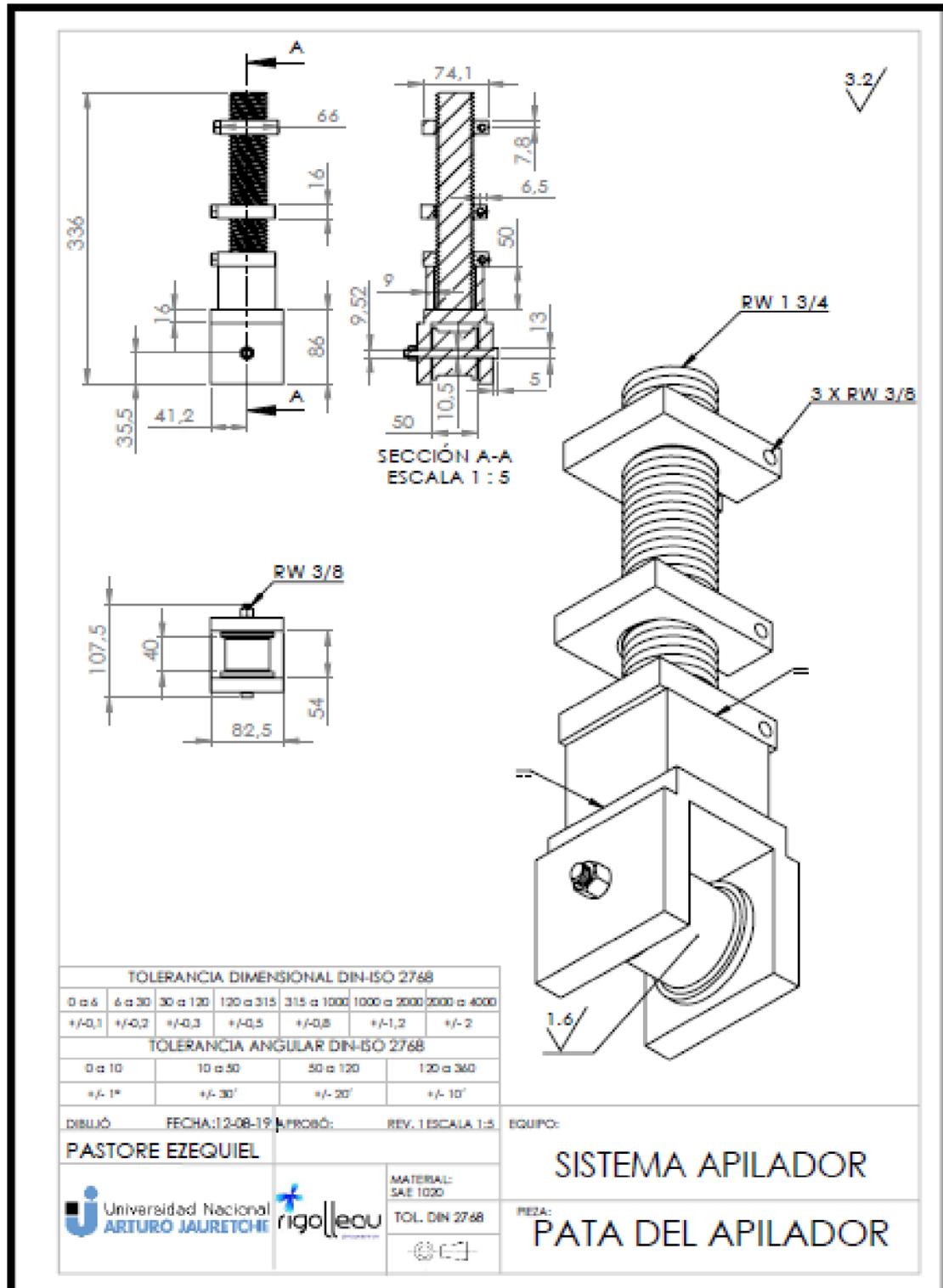


Figura 21.

Plano de la pata del apilador.



D-1.5. Armado Del Cuadro Inferior. Para realizar el cuadro inferior se necesitó de caños estructurales de distintas medidas, dos perfil U que están en la parte mas baja de la estructura, dos placas y piezas a medidas para ensamble de componentes como reductor, sistema FRL (filtro, regulación y lubricación de aire comprimido), escuadras de movimientos y placas con rodamientos.

Todo el cuadro fue soldado, la única pieza a excepción de soldaduras fueron las placas del centro que están perforadas para la colocación de tornillos de sujeción, de tal manera que, la pieza media con los tres caños estructurales pueda ser desarmado.

Figura 22.

Imagen 3D del cuadro inferior del apilador.

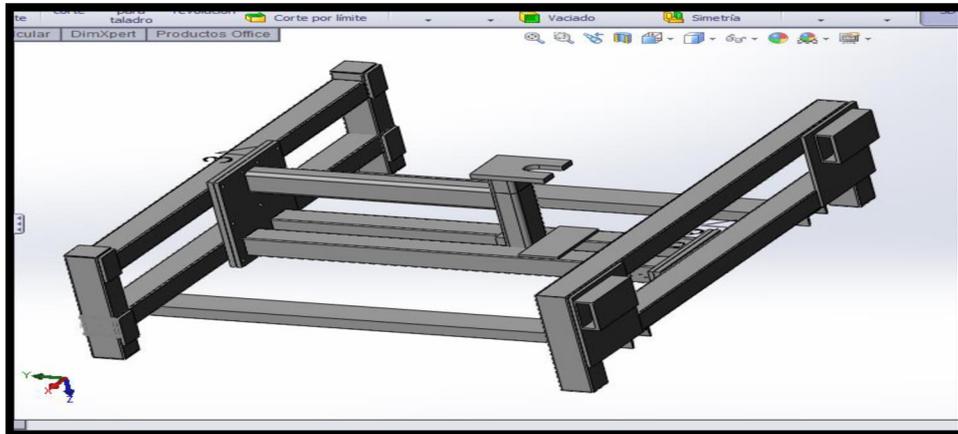


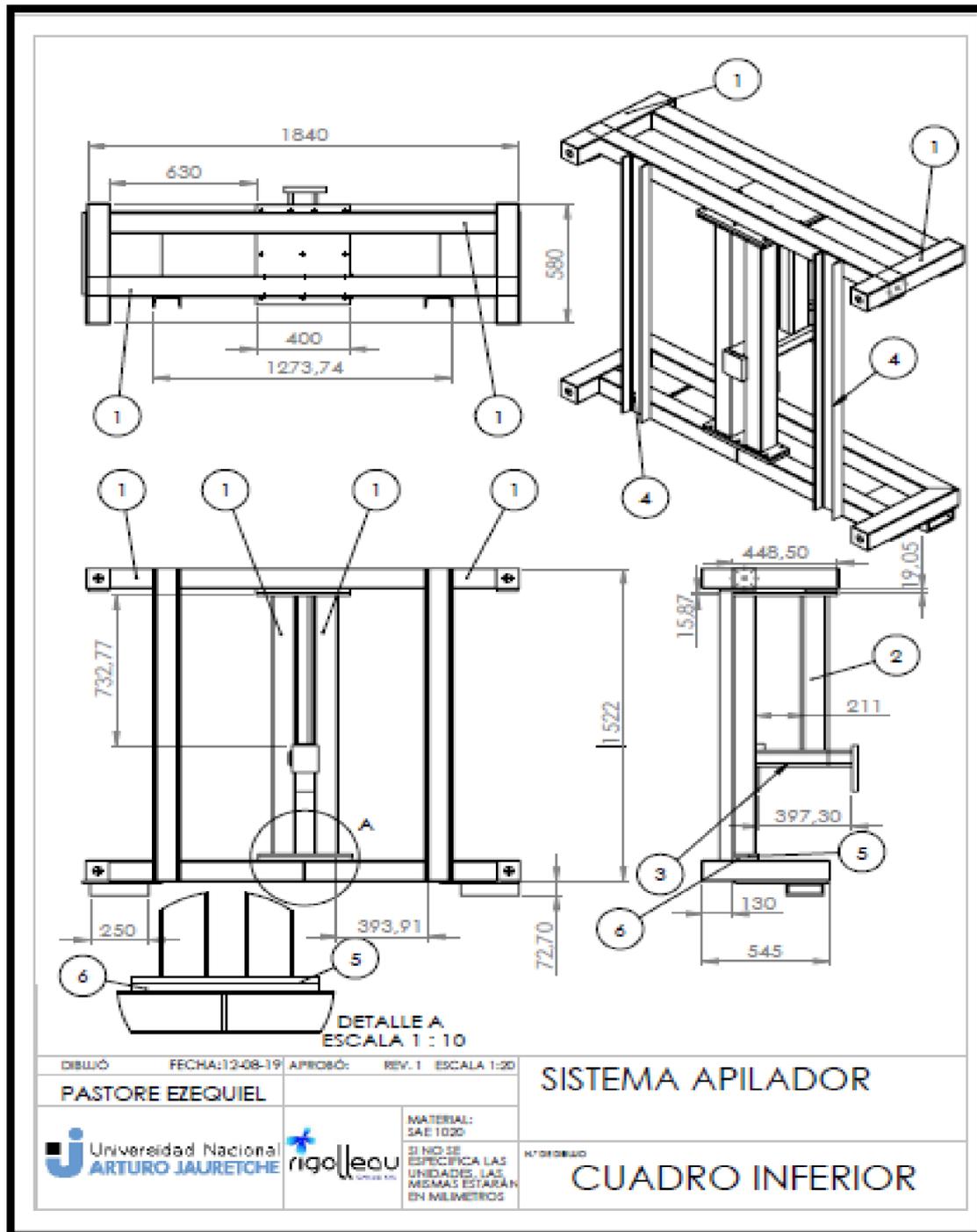
Tabla 4.

Identificación de los estructurales del cuadro inferior de la figura 23.

N° DE IDENTIFICACIÓN	PIEZA
1	Estructural de 100x100x3 mm
2	Estructural de 100x50x3 mm
3	Estructural de 80x120x3 mm
4	Perfil U de 120 mm
5	Placas de 5/8
6	Placas de 3/4

Figura 23.

Plano del cuadro inferior del apilador.



Nota. Se marcó con círculos el número de cada material como fue enumerado en la lista de la Tabla 4. Se generó una vista de detalle A con escala 1:10 para mostrar las placas que a simple vista pasan desapercibidos donde una está soldada a la estructura y la otra atornillada a la soldada.

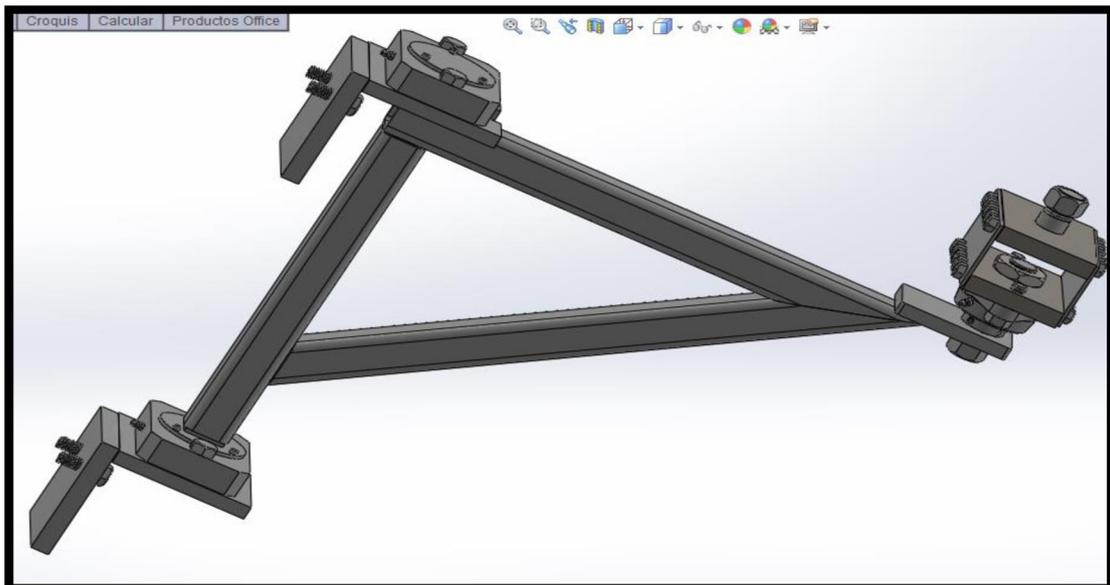
D-1.6. Componentes De Movimiento Del Cuadro Medio. Como el equipo está compuesto de diversas piezas, agruparlos con el nombre de componentes de movimiento del cuadro medio nos será útil para resumirlo en dos planos. Los componentes son:

- Escuadras delanteras y trasera
- Rodamientos
- Soporte de brida con rodamiento
- Espárragos largo y corto
- Cajas porta rodamientos
- Soporte de caja porta rodamiento

En la **figura 24** se puede observar a la escuadra delantera y como se montará a los cuadros inferior y medio. Su objetivo es brindar los grados de libertad del cuadro medio para que pueda girar sobre el plano X-Y.

Figura 24.

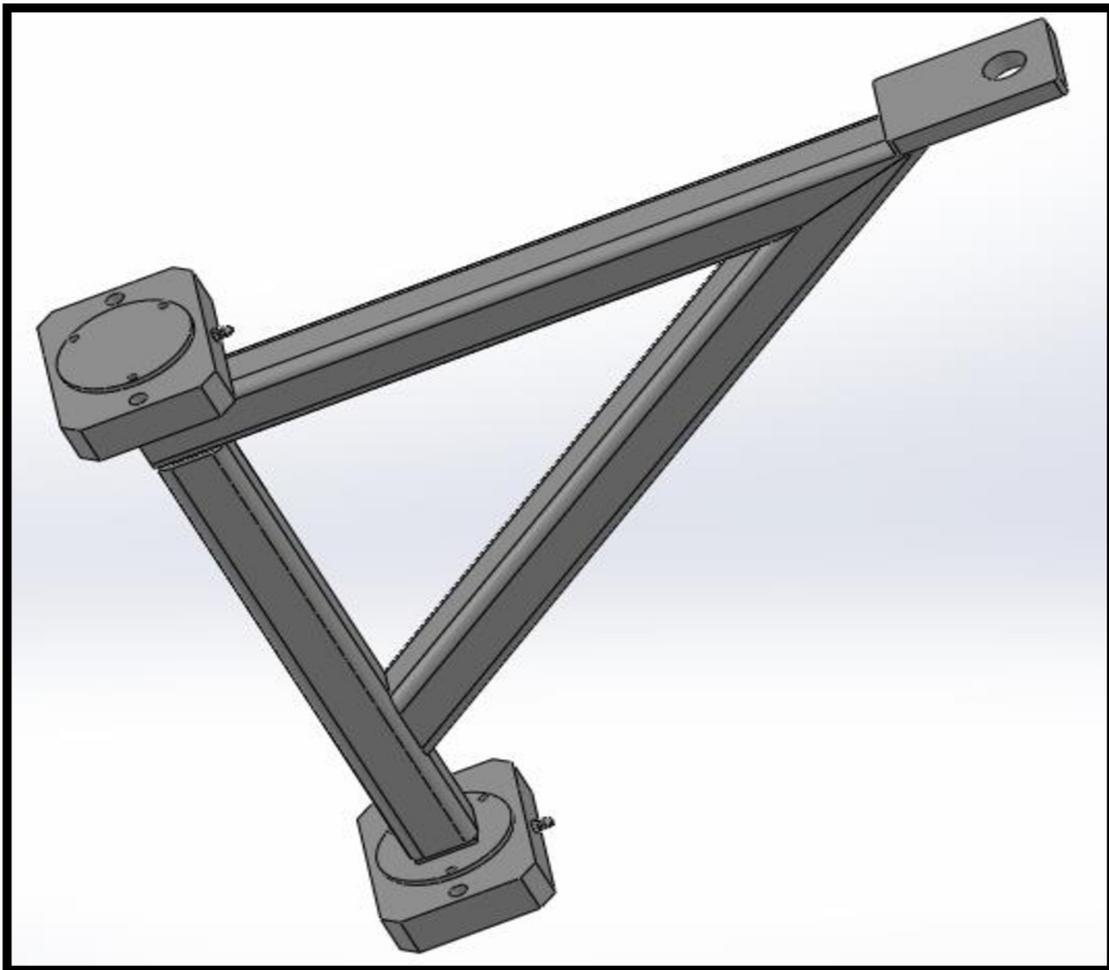
Imagen 3D de una de las escuadras delanteras del apilador armada con rodamientos.



Se aprecia en el lado izquierdo de la **figura 24** que hay cuatro tornillos de $\frac{1}{2}$ " que irán enroscado al cuadro inferior y del otro extremo se tiene dos espárragos, uno largo que acopla a la escuadra y otro corto que se sujetará con su respectiva tuerca al cuadro medio encargado de hacer avanzar o retroceder la barra de empuje. El apilador tiene dos escuadras delanteras y una trasera que se observa en la **figura 25**.

Figura 25.

Imagen 3D de la escuadra trasera del apilador armada con rodamientos.



En el lado izquierdo de la **figura 25** puede verse que la escuadra trasera se montará verticalmente al cuadro inferior por medio de cuatro tornillos de $\frac{1}{2}$ " y del lado derecho se acoplará a la rótula de la biela por medio de un perno pasante (espárrago de $\frac{7}{8}$ ") que enroscará en un soporte de brida con rodamiento montado sobre el cuadro medio.

La caja porta rodamiento y los ejes donde entran los rodamientos se realizaron con un acero al carbono SAE 1045 porque es un material de mediana resistencia mecánica, tiene buena tenacidad y posee una maquinabilidad muy aceptable, propiedad que es solicitada para llegar a una rugosidad de 0.8 ra.

Las demás piezas fueron realizada con un acero al carbono SAE 1020. A comparación del material anterior, este brinda una excelente soldabilidad.

Tabla 5.

Identificación de los componentes de las escuadras delanteras del apilador, figura 26.

N° DE IDENTIFICACIÓN	COMPONENTE
2	eje largo con rosca $\frac{7}{8}$ "
3	eje corto con rosca 1"
5	caja porta rodamiento
18	soporte de brida con rodamiento

Figura 26.

Plano de la escuadra delantera con los espárragos, tuercas y soporte de brida con rodamiento.

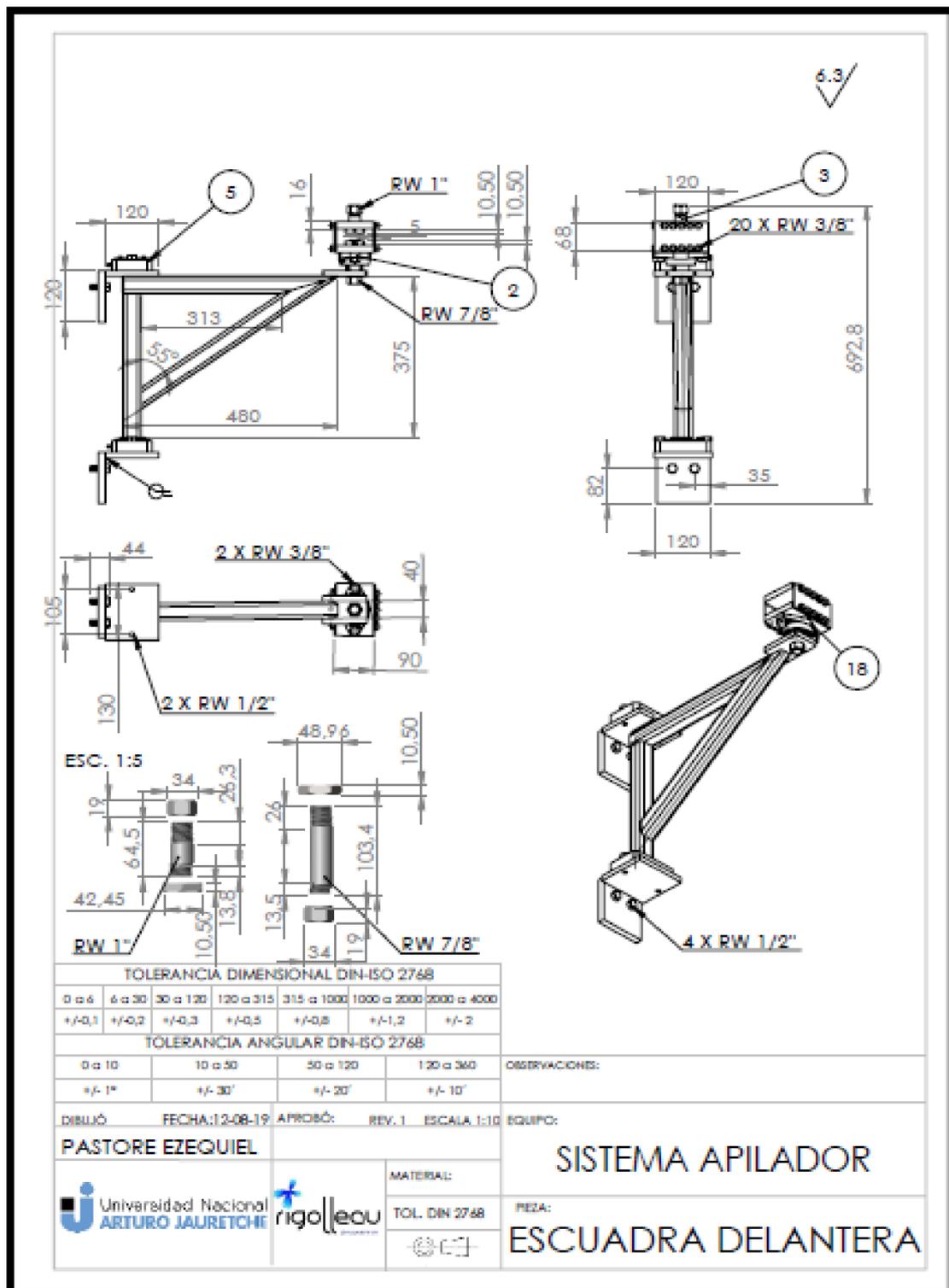
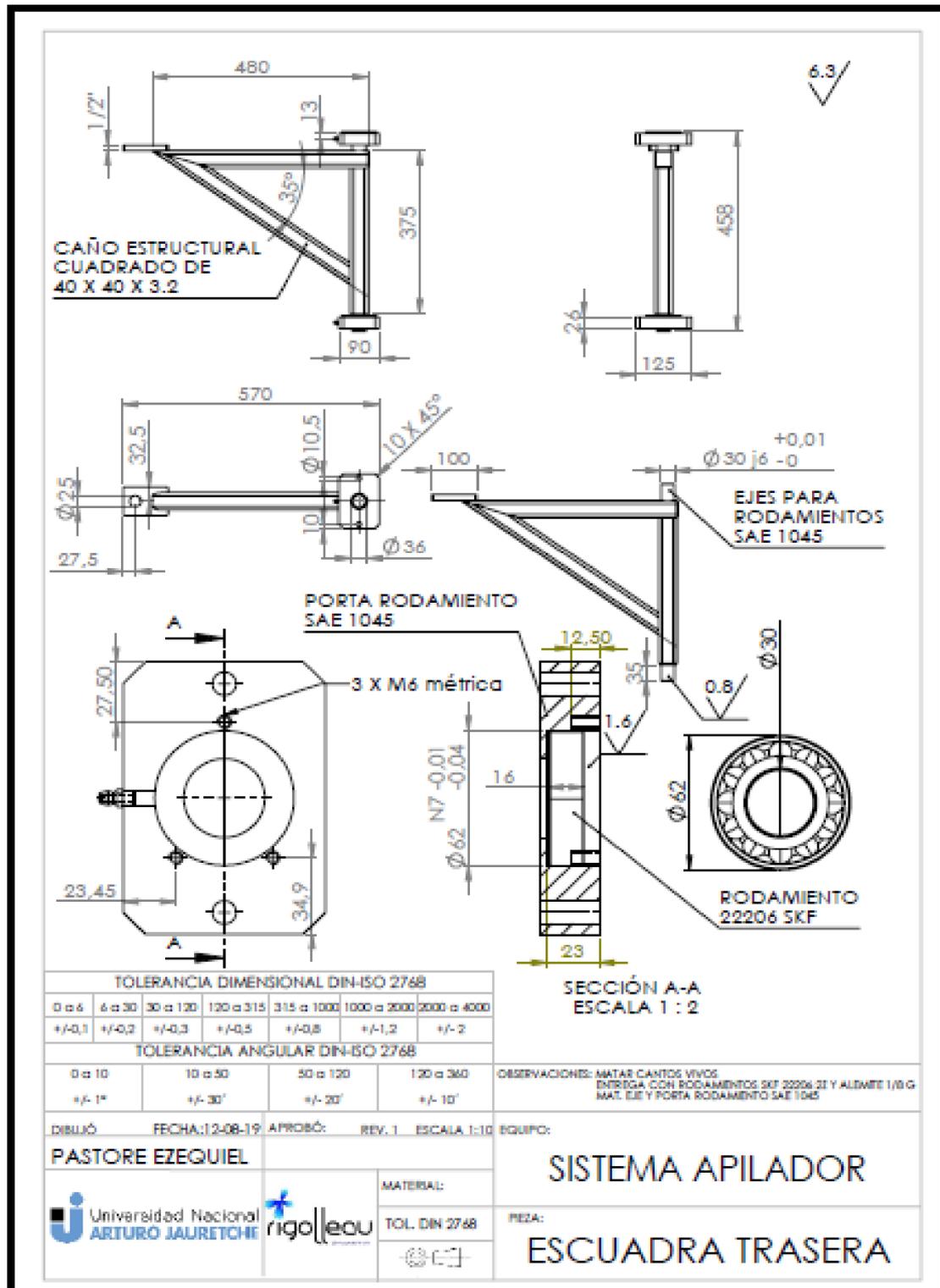


Figura 27.

Plano de la escuadra trasera con rodamiento y caja porta rodamiento.

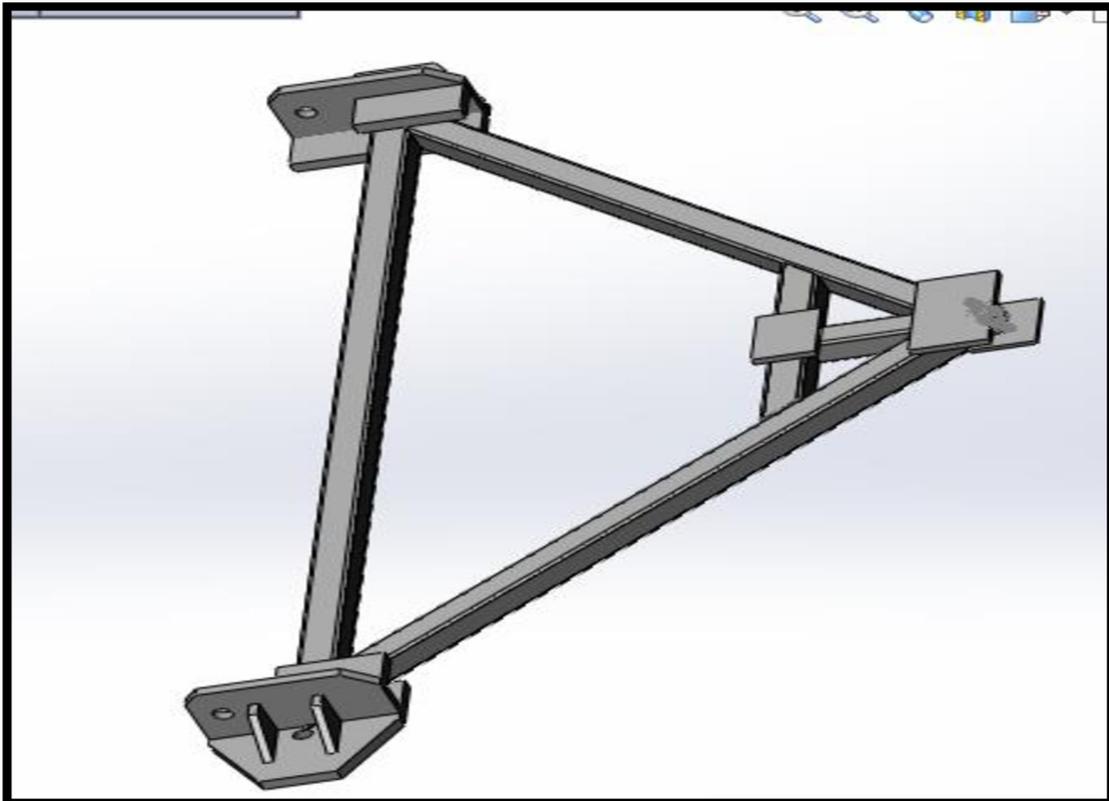


D-1.7. Cuadro Medio. El cuadro medio es el encargado de recibir el accionamiento del servomotor y transmitir el movimiento angular (plano X-Y) al cuadro superior, que tiene el objetivo de empujar con la barra empuje a los artículos que pasan por la cinta de transporte hacia el interior del horno de recocido continuo.

Está compuesto por caños estructurales y planchuelas de $\frac{1}{2}$ " donde se alojan los componentes restantes como actuador lineal, electroválvula y los espárragos que enganchan a las escuadras. El cuadro está soldado en todos los puntos y se representa en la **figura 28**.

Figura 28.

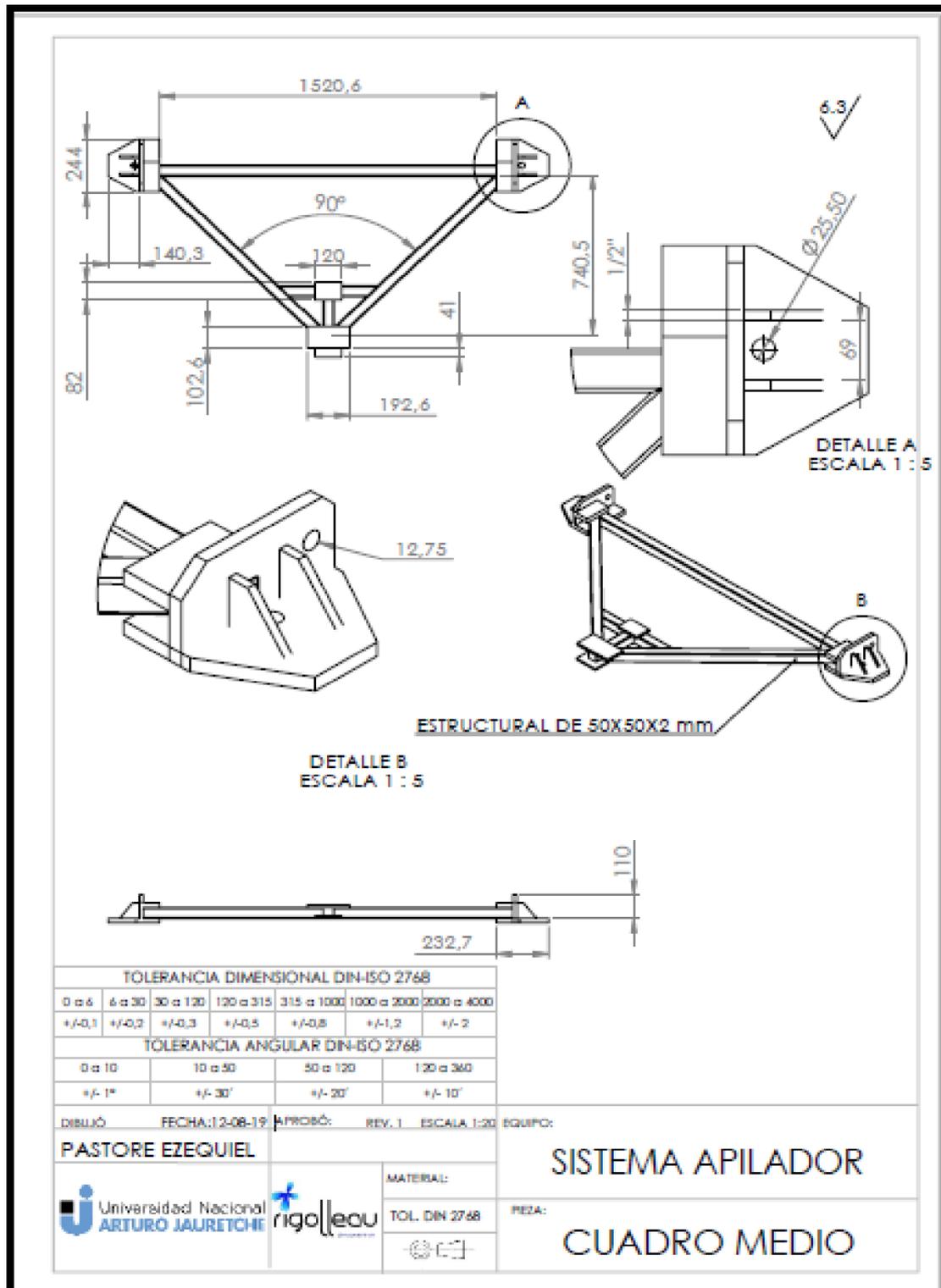
Imagen 3D del cuadro medio del apilador.



En el plano de la **figura 29** se identificó el tipo de estructural y con detalles los puntos de sujeción a los cuadros inferior y superior.

Figura 29.

Plano del cuadro medio del apilador.



D-1.8. Cuadro Superior. El cuadro superior es la última estructura a describir, ella se encarga de recibir el movimiento del cuadro medio (desplazamiento en el plano X-Y) y la actuación del cilindro neumático con los objetivos de poder bajar o subir, avanzar o retroceder la barra de empuje. Se acopla por medio de dos bridas ovaladas con rodamientos al cuadro medio y una muñequilla al vástago del cilindro. Está hecha con hierros estructurales y forman una única pieza soldada. En el extremo que empuja a los artículos se debe montar una barra de empuje, donde su forma pueden ser lisos o triangulados como el de la **figura 4**.

Figura 30.

Imagen 3D del cuadro superior del apilador.

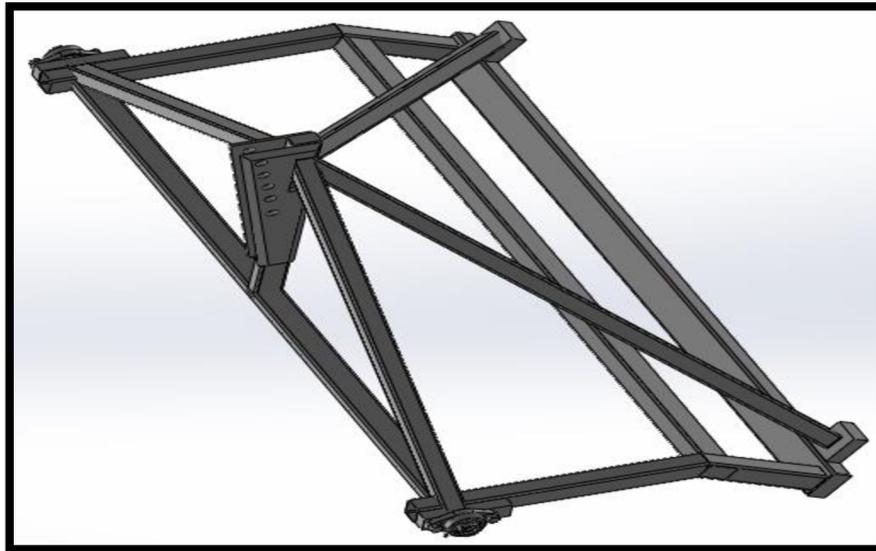


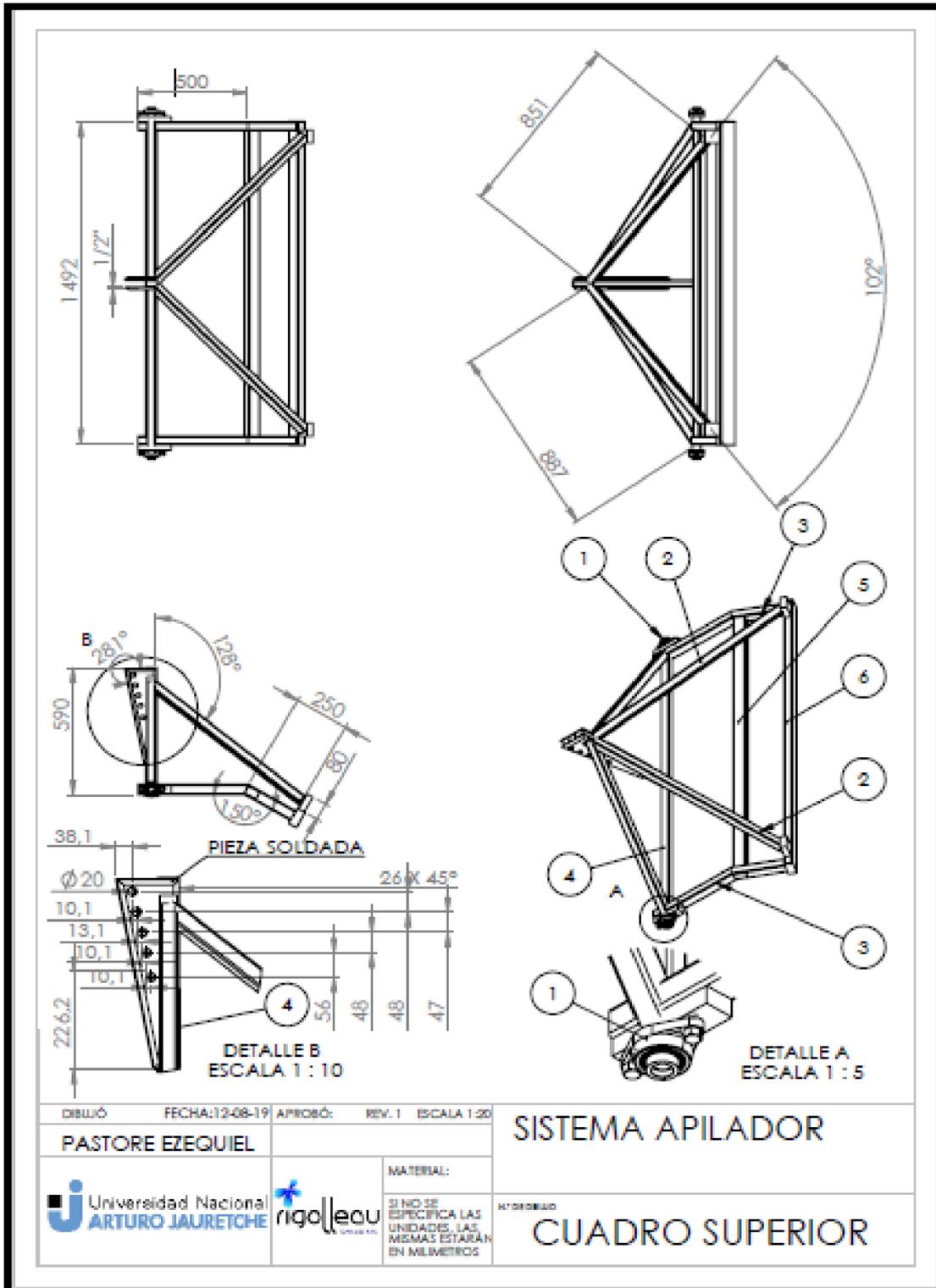
Tabla 6.

Componentes del plano de la figura 31.

N° DE IDENTIFICACIÓN	COMPONENTE
1	Soporte brida con rodamiento
2	Estructural 40x40x2 mm
3	Estructural 40x50x2 mm
4	Estructural 50x30x2 mm
5	Estructural 40x60x2 mm
6	Estructural 80x40x2 mm

Figura 31.

Plano del cuadro superior del apilador con soporte de brida con rodamiento.

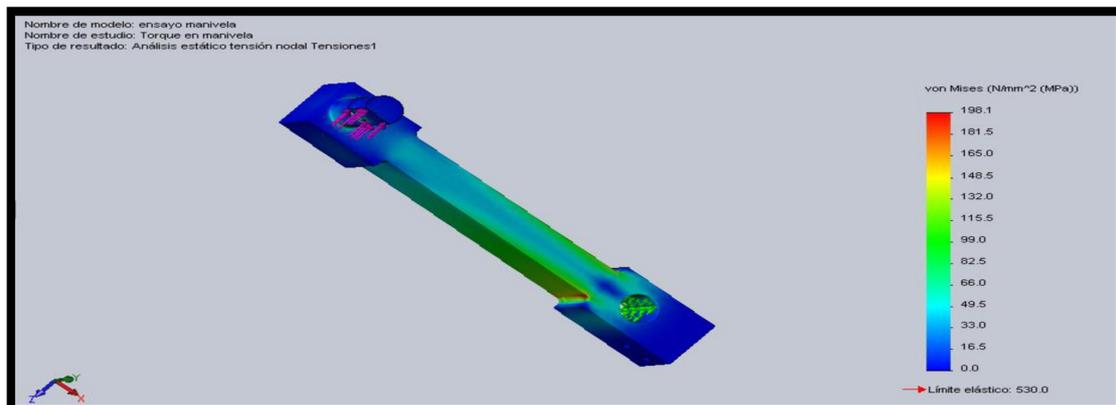


D-1.9. Manivela Del Apilador. Es una pieza muy importante del apilador y su objetivo es transmitir el movimiento desde el eje del servorreductor a la rótula de la biela. En gran parte de su recorrido los esfuerzos de reacción sobre la manivela (la resistencia al cambio de velocidad del apilador) se producen al máximo momento, es decir, la fuerza de reacción del apilador es perpendicular a la manivela. Esos esfuerzos comprometen a desarrollar la pieza con mucha cautela, la selección del material adecuado y al uso de las técnicas de alivio de tensiones.

El material utilizado fue un acero al carbono SAE 1045 porque en el ensayo del momento máximo entregado por el servorreductor, el coeficiente de seguridad pudo sobrepasar el valor de 2,5. El diseño de la pieza contó con varios puntos de redondeos y chaflanes de aristas con el fin de que se produzca un desahogo de tensiones internas, también se consideró apropiado utilizar el sistema de tolerancia para el agujero de sujeción al servorreductor y al eje de encastre de la rótula. La rugosidad superficial de la pieza en general se aceptó que sea como máximo de 6,3 Ra y la del eje de encastre con la biela se indicó que sea de 3,2 Ra.

Figura 32.

Ensayo de torsión que simula el máximo torque entregado por el motor.

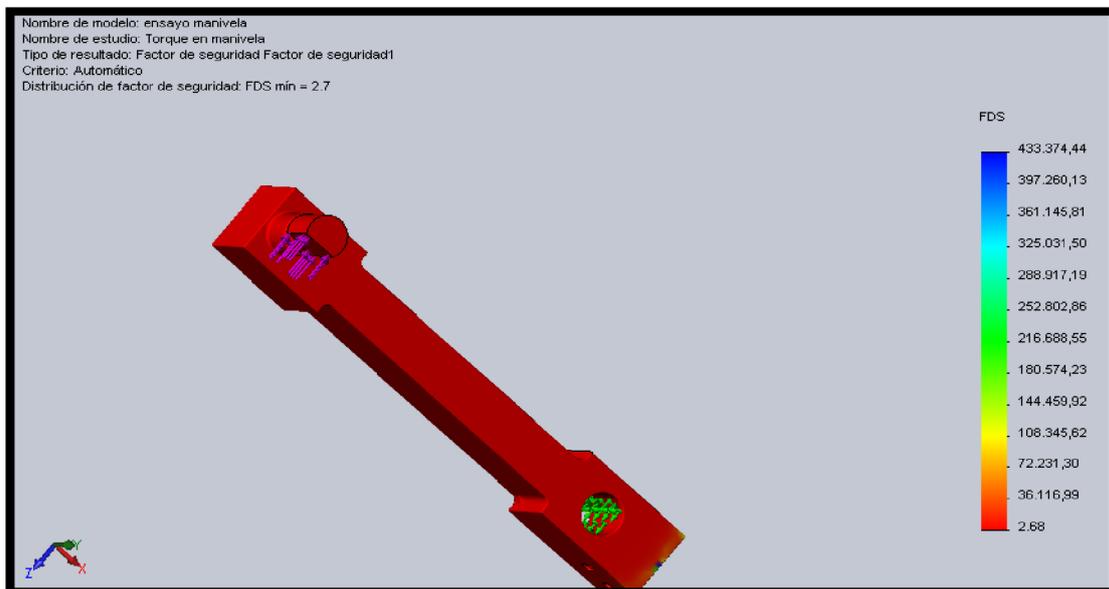


En la **figura 32** se puede observar un ensayo estático que se llevó a cabo mediante SolidWorks, simulando el máximo torque entregado por el servomotor y la resistencia generada por un apilador inmóvil o trabado. Los distintos colores de la pieza indican la concentración de tensiones internas donde la zona más crítica es la colorada, ubicada en un cambio de espesor de la manivela.

El material SAE 1045 tiene un límite elástico de 530 Mpa y el máximo registrado en el ensayo fue de 190,1 Mpa. El resultado indicó que la pieza estará lejos del límite de la tensión de fluencia y que no sufrirá deformación permanente ante una eventual falla mecánica.

Figura 33.

Factor de seguridad obtenida del ensayo de torsión.



La **figura 33** es otro análisis estático donde se extrajo el límite inferior del factor de seguridad. Con el material SAE 1045, el factor de seguridad mínimo es de 2,7 y nos asegura que el diseño es adecuado.

D-1.10. Plano De La Biela Con Las Rótulas. La biela es el mecanismo que acopla la transmisión entre la manivela y el apilador. Es otra de las piezas críticas porque por él pasan todos los esfuerzos dinámicos que pueda llegar a ejercer el equipo.

La pieza se realizó con un tubo de acero al carbono ASTM A106 de 3/4", sin costura de Schedule 40 y con dos tuercas de M20 X 1,5 soldadas en sus extremos.

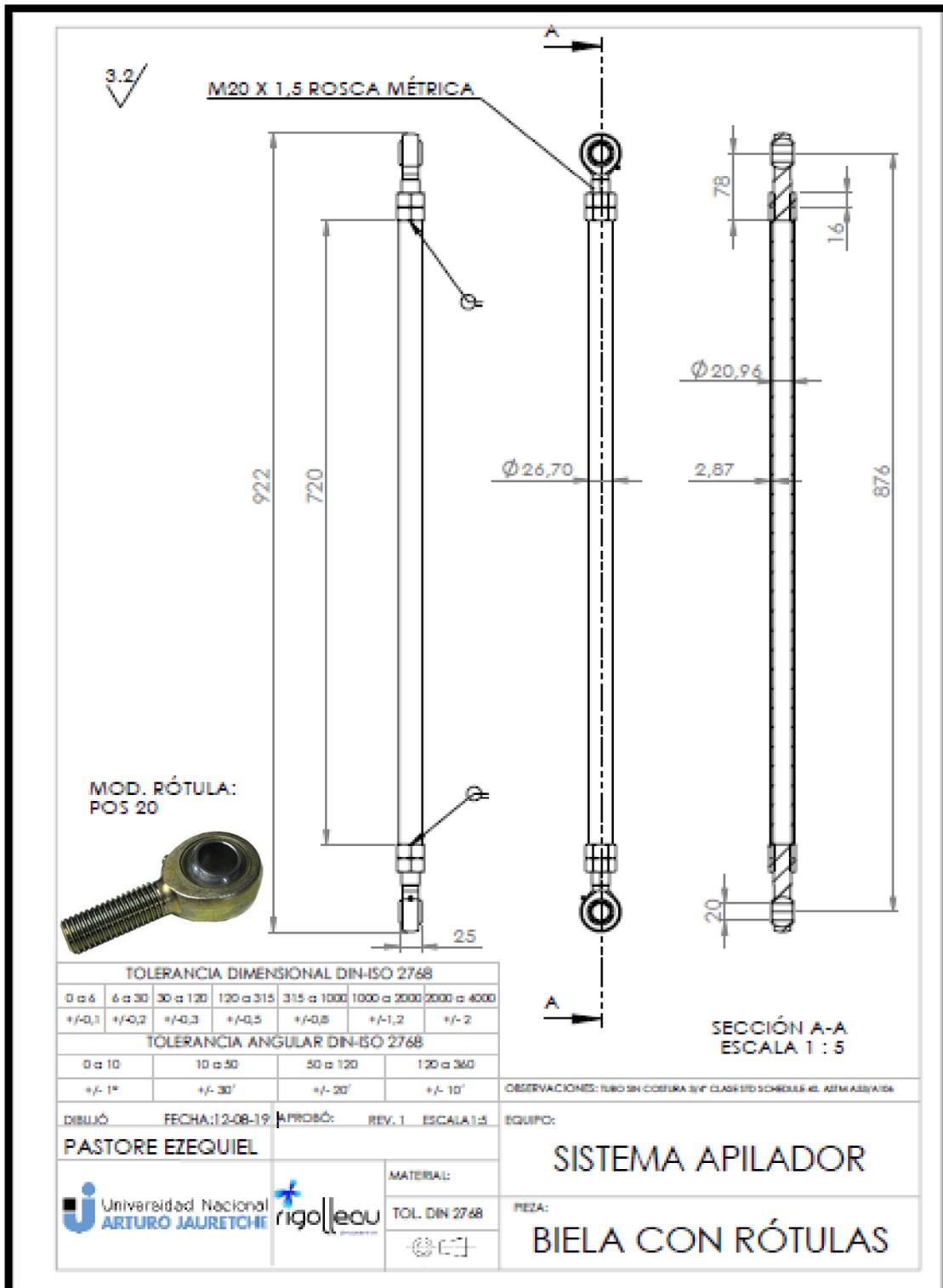
Se seleccionó ese tipo de tubo porque es económico, fácil de conseguir y pasó los ensayos de tracción y pandeo que son resueltos analíticamente en el próximo apartado.

La biela trabaja de manera axial en todo el recorrido del apilador, eso evita que se produzca algún tipo de flexión y solamente esté solicitado a la tracción y a la compresión (esfuerzos concéntricos).

En la **figura 35** se puede ver el plano de la biela armada con sus dos rótulas con alemite, que brindan la posibilidad de ser engrasada periódicamente acorde a un plan de mantenimiento preventivo.

Figura 35.

Plano de la biela del apilador con rótulas.



D-1.11. Criterios De Selección De Componentes Mecánicos Y Ensayos. Se describirá por medio de sus respectivos catálogos a cada uno de los productos comerciales que forman parte de las piezas mecánicas. Es recomendable que estos productos se dispongan en el depósito de almacenes porque formarán parte del mantenimiento del apilador. Por ejemplo, un rodamiento se sabe que tiene una vida útil y los mecánicos deberán actuar acorde a las estrategias del mantenimiento (mantenimiento preventivo, mantenimiento condicional, mantenimiento predictivo o mantenimiento correctivo), entonces sería oportuno que cualquier tipo de estrategia, para que tenga éxito, disponga de stock de repuestos en almacenes.

Por otro lado, tener stock de repuestos de todas las máquinas que se encuentran en cualquier industria lleva una tarea difícil de controlar y optimizar, sin mencionar del capital necesario para poder cumplir con los objetivos. Para evitar gastos innecesarios muchas empresas realizan la instalación de equipos iguales o similares, pero con la condición de que los repuestos sean comunes a ambos modelos. En la mayoría de los casos se termina cambiando un repuesto original por uno alternativo que se usen en otros equipos, adaptando lo necesario para que ese producto se pueda instalar con normalidad en su próximo cambio por rotura. Los criterios de decisión con que se seleccionaron las piezas del apilador fueron los siguientes:

- El producto es un repuesto en común.
- Cumple la función satisfactoriamente.
- Es fácil de conseguir en el mercado nacional.
- Es un producto con una excelente relación precio/calidad.

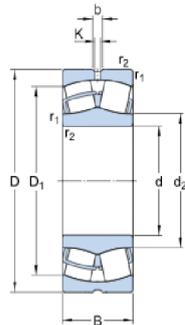
1. Rodamientos:

Figura 36.

RODAMIENTOS DE RODILLOS A RÓTULA. REFERENCIA 22206 EK SKF.



Dimensiones



d	30	mm
D	62	mm
B	20	mm
d ₂	≈ 37.6	mm
D ₁	≈ 53	mm
b	3.7	mm
K	2	mm
r _{1,2}	min. 1	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	66.1	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	60	kN
Carga límite de fatiga	P _u	6.4	kN
Velocidad de referencia		10000	r/min
Velocidad límite		14000	r/min
Factor de cálculo	e	0.31	
Factor de cálculo	Y ₁	2.2	
Factor de cálculo	Y ₂	3.3	
Factor de cálculo	Y ₀	2.2	

Masa

Masa		0.29	kg
------	--	------	----

Nota. Adaptada de 22206 [ilustración], SKF, 2020, <https://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/roller-bearings/spherical-roller-bearings/spherical-roller-bearings/index.html?designation=22206%20E>

Los criterios que se utilizaron para determinar el tipo de rodamiento fueron:

- Espacio disponible: el diámetro de los ejes de las escuadras (30 mm) determinaron el diámetro interior del rodamiento.
- Cargas: el rodamiento estará sometido a una carga combinada, casi puramente axial. Eso indica que los rodamientos de rodillos a rótula es una alternativa.
- Desalineación: existirá desalineación en el apilador, no por parte del diseño o el montaje sino por el esfuerzo del actuador lineal neumático. Cada vez que el cilindro haga subir o bajar la barra de empuje, se espera que las escuadras se desalinien producto al momento generado por la fuerza de actuación y la distancia a los ejes (recordar que son tres escuadras). Este criterio limita aún más la selección del rodamiento a los del tipo de rodillos a rótula.

Los criterios que se utilizaron para determinar el tamaño del rodamiento son:

- Vida útil y capacidad de carga: Habitualmente, un rodamiento se selecciona conforme a su capacidad de carga con respecto a las cargas aplicadas y a los requisitos relacionados con la vida útil del rodamiento y la confiabilidad. Los valores para la capacidad de carga dinámica básica C y la capacidad de carga estática básica C₀ están enumerados en las tablas de la **figura 36**.
- Capacidad de carga estática: se utilizó en los cálculos del apilador por recomendación del fabricante dada las condiciones de velocidades de giro muy bajas ($n < 20$ r. p. m.), movimientos oscilantes muy lentos y rodamientos fijos bajo carga durante períodos prolongados. Se determina el factor de seguridad como la relación de la capacidad de carga estática básica C₀ y la carga estática equivalente del rodamiento.

$F_s > 2,5$ (factor de seguridad), $CO = 60 \text{ KN}$, $PO \approx [(300 \text{ Kgf estruc. Sup.}) \times 10 / 3 \text{ ejes}] / 1000 \approx 1 \text{ KN}$

$60 \text{ KN} / 1 \text{ KN} \approx 60 \rightarrow F_s > 2,5$

El estudio anterior se basó en los criterios de selección de SKF.

Con respecto a la temperatura de trabajo, los aros de los rodamientos soportan 200°C , los sellos y la grasa 90°C en adelante.

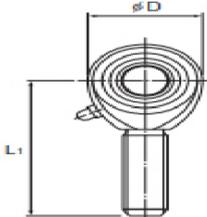
2. Rótulas:

Se utilizaron dos rótulas para armar la biela cuyo modelo es POS 20.

Figura 37.

Modelo de las rótulas del apilador.

Modelo POS (Tipo de rosca macho)



Descripción del modelo	Dimensiones externas			Con rosca S ₁ JIS clase 2	Dimensiones del soporte	
	Longitud L	Diámetro D	Ancho B ₁ 0 -0,1		B ±0,1	L ₁
POS 5	41	16	8	M5×0,8	6	33
POS 6	45	18	9	M6×1	6,75	36
POS 8	53	22	12	M8×1,25	9	42
POS 10	61	26	14	M10×1,5	10,5	48
POS 12	69	30	16	M12×1,75	12	54
POS 14	77	34	19	M14×2	13,5	60
POS 16	85	38	21	M16×2	15	66
POS 18	93	42	23	M18×1,5	16,5	72
POS 20	101	46	25	M20×1,5	18	78
POS 22	109	50	28	M22×1,5	20	84
POS 25	124	60	31	M24×2	22	94
POS 30	145	70	37	M30×2	25	110

[Material]
 Soporte : S35C (Tratamiento con cromo)
 Anillo interior esférico: SUJ2, 58 HRC o superior
 (Enchapado en cromo duro, excepto la superficie interior del anillo interior)
 Casquillo : Aleación de cobre

[Ajuste con el eje]

Condición	Tolerancia dimensional del eje
Carga normal	h7
Carga intermedia	p6

Código del modelo

POS10 L

Nota. Tomada de Modelo pos (p. 1), THK, 2020, https://tech.thk.com/es/products/pdfs/es_a23_010.pdf

Se siguió el criterio de selección del fabricante¹ como se desenlaza a continuación:

- Tipo de carga: Carga fluctuante en una dirección constante, entonces el factor de seguridad irá de 3 a 5 como recomendación.
- Carga admisible (P): tomando un factor de seguridad (Fs) igual a 5 e ingresando la capacidad de carga estática (Cs) por el fabricante, aplicamos la siguiente ecuación:

$$F_s = 5 ; C_s = 34300 \text{ N} \quad \rightarrow \quad P \leq C_s / F_s$$

$$P \leq 34300 \text{ N} / 5$$

$$P \leq 6860 \text{ N}$$

De la ficha técnica del servorreductor se obtuvo que:

Par máximo del motor = 15,2 Nm

Relación del reductor (I) = 90,86

Rendimiento del reductor (η) = 0,9

De la manivela del apilador se obtuvo que:

La distancia de la rótula al eje del motor es = 310 mm = 0,31 m

¹ Para ver más información acerca del criterio de selección de rótulas, dirigirse a:
https://tech.thk.com/es/products/pdf/es_a23_005.pdf#1

Ahora suponemos que el apilador se “atasca”, sucederá que el motor incrementaría su par hasta que el variador de frecuencia se ponga en modo de falla. Hasta que eso suceda, las rótulas deberán soportar la fuerza de compresión que entrega el reductor hacia el resto del mecanismo.

$$\text{Fuerza máxima} = (15,2 \text{ Nm} \times 90,86 \times 0,9) / 0,31 \text{ m} = 4010 \text{ N} = P$$

Se cumple que $\rightarrow 4010 \text{ N} < 6860 \text{ N} \rightarrow$ La rótula pasa la prueba.

Capacidad de carga dinámica C_d : La capacidad de carga dinámica se refiere al límite superior de carga que el área esférica puede recibir sin agarrotarse mientras la cabeza de la rótula gira u oscila.

Donde: C_d : Capacidad de carga dinámica (N)

C_s : Capacidad de carga estática (N) = 34300 N

n : Revoluciones por minuto (min^{-1}) = 33

$$C_d = 34300 \text{ N} / \sqrt[3]{33}$$

$C_d = 10694 \text{ N} \rightarrow$ Se puede observar que debido a que el apilador trabaja a una baja velocidad, la rótula nos entrega una gran capacidad de carga dinámica.

Ensayos sobre la biela:

Vamos a demostrar dos tipos de ensayos que ponen en evidencia los esfuerzos admisibles de la biela, que son el de tracción y el de compresión o pandeo según la razón de esbeltez (esfuerzos concéntricos).

Datos de la biela: $D = 26,7 \text{ mm}$; $d = 20,96 \text{ MM}$; $L = 876 \text{ mm}$ (ver **figura 35**)

- Ensayo de tracción

$$\text{Area transversal} = \pi \times \frac{1}{4} \times (26,7^2 - 20,96^2) = 214,9 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_F (\text{SAE 1010}) = 23 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

$$\sigma_{biela} = P / A = 401 \text{ Kgf} / 214,9 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{biela} = 1,9 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

$$F_s = \sigma_F (\text{SAE 1010}) / \sigma_{biela} = 23 / 1,9 \approx 12 \text{ " es mayor a 5, pasó el ensayo de tracción "}$$

- Ensayo de compresión o pandeo según razón de esbeltez

Se analiza la razón de esbeltez (S_r) para determinar si la biela fallará por compresión o por pandeo. Si la razón de esbeltez arroja un valor superior a 10, debemos realizar un ensayo de pandeo por considerarla como una biela de gran longitud en relación a su espesor.

$$S_r = L / K \quad \text{Donde } K = \sqrt{I / A}$$

$$\text{Momento de inercia del área transversal } (I) = \pi \times 1/64 \times (26,7^4 - 20,96^4) = 15472,8 \text{ mm}^4$$

$$S_r = 876 \text{ mm} / \sqrt{15472,8 \text{ mm}^4 / 214,9 \text{ mm}^2} = 103,2 \text{ " determinó que se debe realizar el ensayo de pandeo "}$$

$P_{critica} = (\pi^2 \times E \times I) / L^2$ “Es la fórmula de la columna de Euler² para columnas con extremos redondeados o conectados con pasadores “

Donde E (módulo de elasticidad del acero) = 21414 Kgf / mm²

$$P_{critica} = (\pi^2 \times 21414 \text{ Kgf / mm}^2 \times 15472,8 \text{ mm}^4) / 876^2 \text{ mm}^2$$

$$P_{critica} = 4261,4 \text{ Kgf} = 42614,6 \text{ N}$$

$$F_s = P_{critica} / P$$

$$F_s = 42614,6 \text{ N} / 4010 \text{ N}$$

$F_s = 10,6$ → al ser superior a 5, la biela aprobó el ensayo de pandeo.

² Fórmula extraída del libro de *Diseño de Máquinas* (p. 124), por Robert L. Norton, 4ta ed., McGraw-Hill.

3. Soporte de brida con rodamiento y su ficha técnica:

El equipo cuenta con cinco brida con rodamientos donde dos son para el movimiento del cuadro superior y tres para el del cuadro medio.

La referencia de la brida con rodamiento es FYTB25. Desde la página web de SKF se ingresó con el código del producto y se obtuvo la tabla de esfuerzos admisibles. El criterio de selección fue el mismo que el del rodamiento³.

Figura 38.

Datos de las dimensiones y carga admisible del rodamiento.

Rodamiento con reborde SKF, FYTB 25 TF, 2 orificios
Código RS: 339-8568 | Nº ref. fabric.: FYTB 25 TF | Fabricante: SKF



Datos del cálculo			
Capacidad de carga dinámica básica	C	14	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	7.8	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.335	kN
Velocidad límite (con tolerancia de eje h6)		7000	r/min
Masa			
Unidad de rodamientos de masa		0.58	kg
Información de montaje			
Rosca del prisionero	G ₂	M6x0.75	
Tamaño de llave hexagonal para prisionero	N	3	mm
Par de apriete recomendado para el prisionero		4	N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	10	mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.375	in

Nota. Adaptada de FYTB 25 TF [ilustración], SKF, 2020, <https://www.skf.com/au/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-FYTB%2025%20TF>

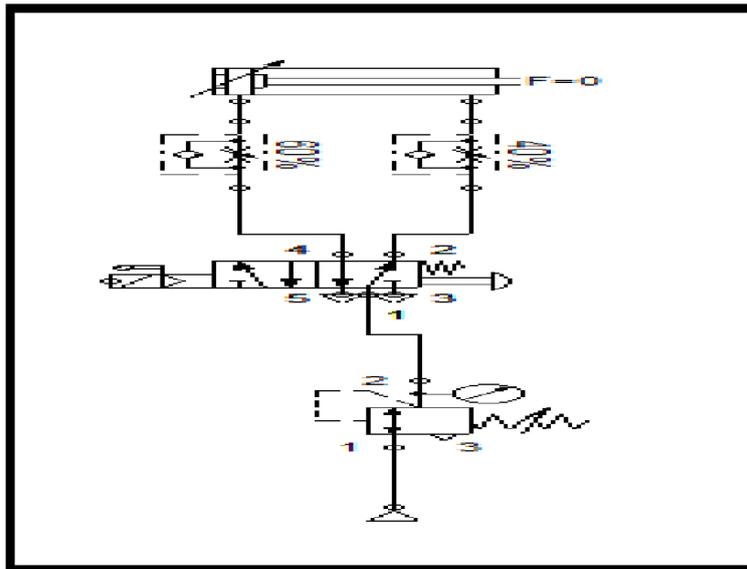
³ extraído el 20 de noviembre del 2019 de https://www.skf.com/binary/87-121486/0901d19680416953-10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf

D-2. Neumática Del Sistema Apilador

El circuito neumático del apilador consiste en una instalación que pueda accionar la bajada y subida de la barra de empuje. Un actuador lineal neumático realiza el trabajo del levantamiento de la barra y es alimentado por una electroválvula direccional. La toma del aire comprimido está disponible en el lugar de la instalación del apilador por medio de una válvula esférica de ½" (media pulgada) que se conectó a una unidad FRL (filtro, regulador y lubricador de aire comprimido) montado en el cuadro inferior del equipo.

Figura 39.

Circuito neumático del apilador.



En la **figura 39** se observan dos reguladoras de caudal unidireccional que regula el caudal de aire en un sentido, mientras que, por la otra dirección, abre la retención y lo deja circular libremente y se ubican entre la electroválvula y el actuador lineal. La reguladora que está en un 60% de apertura es la encargada de ajustar la velocidad de subida de la barra y la que está

en 40%, ajusta la acción de bajada. Esa diferencia de regulación se debe a que en un caso debe vencer el peso de la estructura para levantar la barra y en el otro, el propio peso ayuda a bajar.

D-2.1. Actuador Lineal, Soporte Y Acople.

Los cilindro neumático son elementos que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o fuerzas prensoras, dicha fuerza crece con el aumento de la presión de trabajo y con el diámetro del pistón.

Para comenzar la elección adecuada del cilindro se propone conocer el peso del cuadro superior del apilador, sumando un 20 % por pérdidas de rendimiento del actuador lineal y del rozamiento de los rodamientos.

$$\text{Peso de la barra} + 20\% \text{ de pérdidas por rendimiento} = 770 \text{ N} \times (1,2) = 924 \text{ N}$$

Aplicando la fórmula de la **figura 40** podemos obtener el diámetro de la camisa del cilindro.

$$F = 7,85 \times P \times d^2 \quad \text{donde: } p = \text{presión de trabajo} = 6 \text{ bar} ; d = \text{diámetro del pistón}$$

$$d = \sqrt{F / (7,85 \times P)}$$

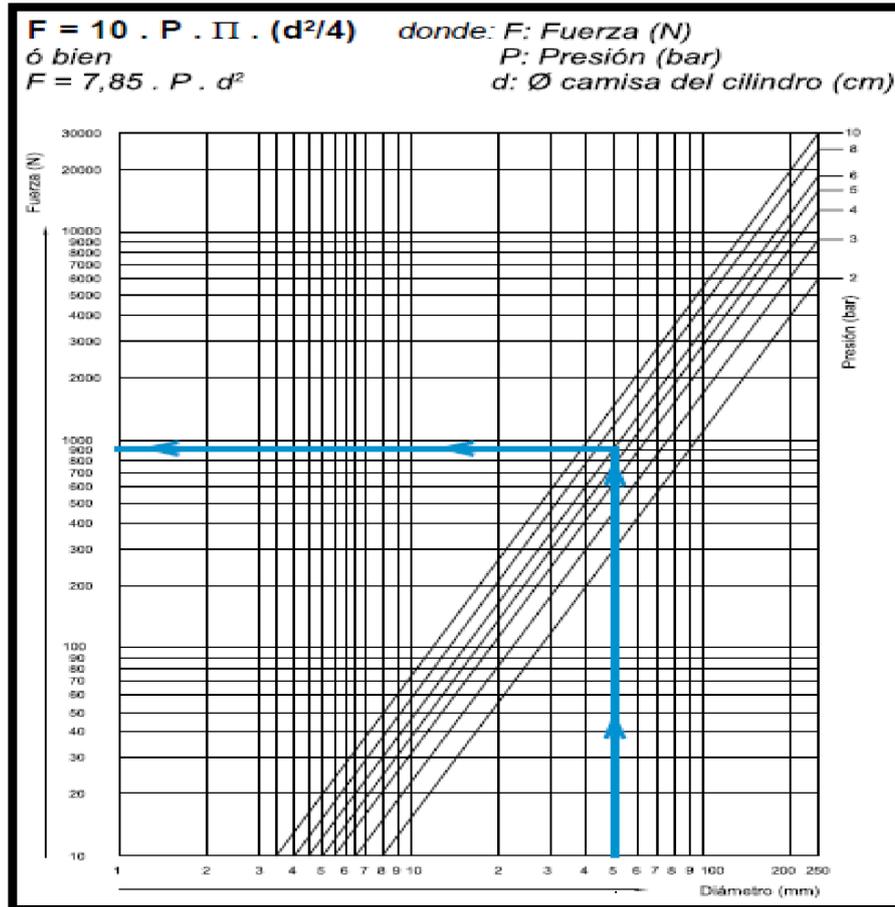
$$d = \sqrt{924 \text{ N} / (7,85 \times 6 \text{ BAR})} \quad \text{con } d \text{ expresado en cm}$$

$$d \approx 4,4 \text{ cm} \approx 44 \text{ mm}$$

se debe considerar que esa medida no es comercial, del catálogo del fabricante se selecciona un diámetro del cilindro de 50 mm.

Figura 40.

Fuerza estática de un cilindro neumático.



Nota. Tomada de *Cilindros* (p. 1.0.1.1.), MICRO automatión, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

se puede verificar por medio del ábaco de la **figura 40** que un cilindro con una camisa de diámetro de 50 mm entrega una fuerza efectiva (teórica – rendimiento) de ≈ 900 N.

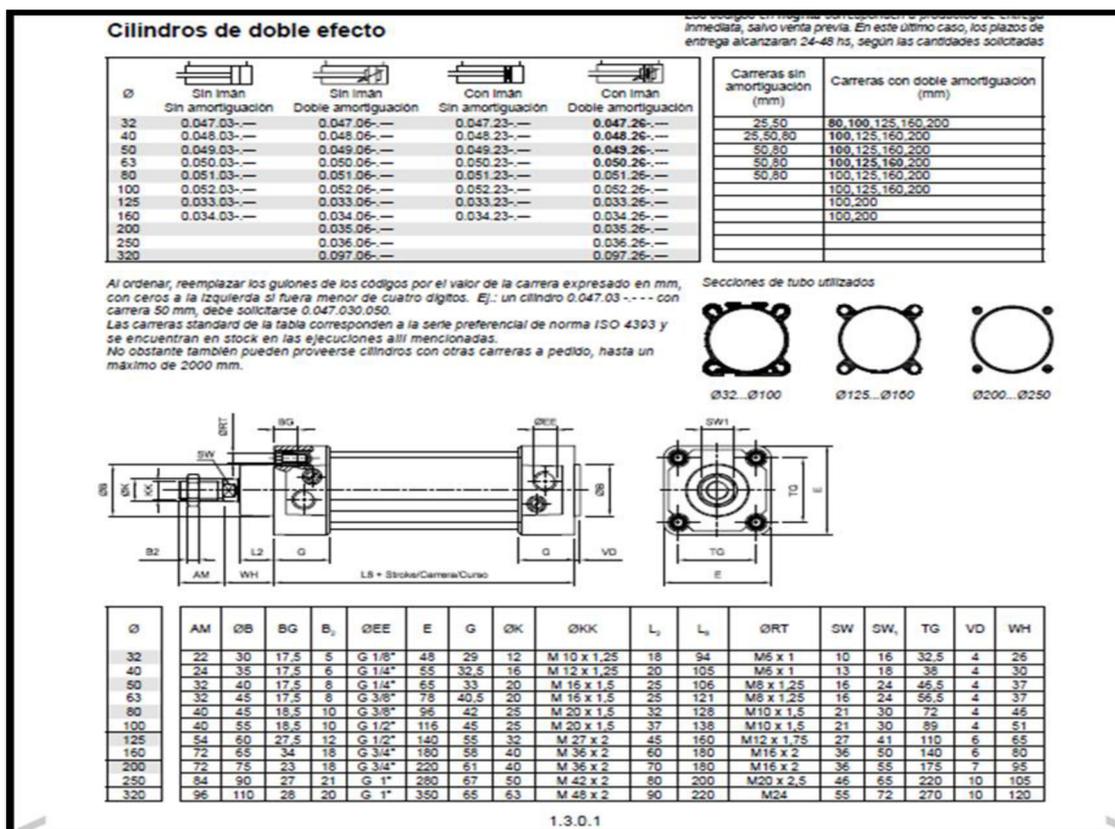
Una vez seleccionado el cilindro por la fuerza efectiva que debe realizar, se debe tomar los datos de las dimensiones del vástago de un cilindro con camisa de 50 mm para analizar si con 200 mm de carrera existirá pandeo. El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en los vástagos de los cilindro cuando tiene que mover una carga o debe

presionar un objeto, obteniendo como resutado un desplazamiento transversal a la dirección principal de compresión. Evitar el pandeo nos garantiza una buena vida útil del actuador lineal neumático.

En la tabla de la **figura 40** se pueden extraer la medida del diámetro del vástago de un cilindro de 50, dicho valor es de 20 mm.

Figura 41.

Referencia de los cilindros de la serie CN10.



Nota. Tomada de *Cilindros* (p. 1.3.0.1.), MICRO automatión, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

Se utilizó la ecuación de la **figura 42** para determinar la fuerza máxima admisible dado un diámetro del vástago y una carrera de trabajo.

Figura 42.

Expresión para determinar la máxima fuerza admisible.

$$F \leq \frac{20.350 \text{ } \varnothing^4}{C^2 \cdot K^2}$$

F: fuerza máxima admitida por el vástago (N)
 \varnothing : diámetro del vástago (mm)
C: carrera de trabajo (mm)
K: coeficiente de compresión libre dependiendo del montaje - ver los valores a continuación

Nota. Tomada de Cilindros (p. 1.0.1.2.), MICRO automatización, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

Donde:

$\varnothing = 20 \text{ mm}$ " diámetro del vástago"

$C = 200 \text{ mm}$ "carrera de trabajo"

$K = 2$ "montajes basculantes"

$$F \leq (20 \times 350 \times 20^4 \text{ mm}^4) / (200^2 \text{ mm}^2 \times 2^2)$$

$$F \leq 7000 \text{ N}$$

Como la fuerza que el cilindro debe realizar ($\approx 924 \text{ N}$) es inferior a 7000 N, la selección admite que se instale un actuador de:

\varnothing pistón = 50 mm ; Carrera = 200 mm

Un tema que se debe aclarar es que en el pañol de repuesto de la fábrica no contamos con actuadores de las características anteriores, mucho menos con los kits de reparación. La idea es trabajar con elementos que estén en el depósito de almacenes y contamos con

actuadores de la serie CN10 con medidas de 40, 63, 100 y 125; pero los de 63 tienen una carrera de 100 mm así que el cilindro a utilizar es uno de tamaño 100, con imán y doble amortiguación (son utilizados en un sector de la planta donde la posición del vástago importa, por eso la utilización de imanes).

Características del actuador elegido:

Ø pistón = 100 mm ; Carrera = 200 mm ; con imán y doble amortiguación

Figura 43.

Características de los cilindros serie CN10.

MICRO

**Cilindros ISO 15552
VDMA 24562**

Serie CN10

Tipo..... Cilindros neumáticos de simple efecto, doble efecto, con o sin amortiguación, con o sin imán incorporado en el pistón

Normas..... ISO 15552 - VDMA 24562

Temperatura ambiente..... -20...80 °C (-4...178 °F)

Temperatura del fluido..... Máx. 80 °C (178 °F)

Fluido..... Aire comprimido filtrado con o sin lubricación

Presión de trabajo..... 0,5...10 bar (7,3...145 psi)

Ejecuciones especiales... Alta temperatura (consultar), revestimiento anticorrosivo, vástago de acero inox

Interruptor magnético..... Ver página 1.3.0.9 y 1.5.7.1

Materiales..... Tapas y pistones inyectados en aluminio, vástago de acero SAE 1040 cromado duro, tubo de aluminio perfilado anodizado duro (Ø200 y 250 de aluminio cilíndrico con tensores), sellos de poliuretano (Ø125 a 250 de NBR), guía de pistón de resina acetal (Ø200 y 250 de NBR), guía de vástago de chapa con bronce sinterizado y teflón



Cilindros de doble efecto

Ø	Sin imán		Con imán	
	Sin amortiguación	Doble amortiguación	Sin amortiguación	Doble amortiguación
32	0.047.03	0.047.06	0.047.23	0.047.26
40	0.048.03	0.048.06	0.048.23	0.048.26
50	0.049.03	0.049.06	0.049.23	0.049.26
63	0.050.03	0.050.06	0.050.23	0.050.26
80	0.051.03	0.051.06	0.051.23	0.051.26
100	0.052.03	0.052.06	0.052.23	0.052.26
125	0.033.03	0.033.06	0.033.23	0.033.26
160	0.034.03	0.034.06	0.034.23	0.034.26
200		0.035.06		0.035.26
250		0.036.06		0.036.26
320		0.097.06		0.097.26

Los códigos en negrita corresponden a productos de entrega inmediata, salvo venta previa. En este último caso, los plazos de entrega alcanzarán 24-48 hs, según las cantidades solicitadas

Cameras sin amortiguación (mm)	Cameras con doble amortiguación (mm)
25,50	80, 100, 125, 160, 200
25,50,80	100, 125, 160, 200
50,80	100, 125, 160, 200
50,80	100, 125, 160, 200
50,80	100, 125, 160, 200
50,80	100, 125, 160, 200
	100, 200
	100, 200

Nota. Tomada de Cilindros (p. 1.3.0.1.), MICRO automatización, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

- Código del actuador lineal neumático: 0.052.260.200 (ver tabla de la figura 43)

Donde: 0.052.26 indica que el diámetro del pistón es de 100, posee imán y es de doble efecto con doble amortiguación. El imán no es de utilidad en el apilador pero se recomendó solicitar con imán para evitar mezclar los repuestos porque con el tiempo la etiqueta de referencia se borra y la única manera de identificarlos es con un sensor magnético. En un sector de la empresa llamado Composición operan cerca de 50 cilindros con pistones magnéticos. Que tenga amortiguación es importante porque nos permite regular la velocidad en el tramo final del recorrido del vástago cuando se retrae o se extiende y evita sacudones o golpes en la estructura del equipo.

Como es un equipo que trabaja en la zona caliente del proceso de fabricación del vidrio, se llevó un control de las temperaturas admisibles de cada componente del apilador y se comparó con las mediciones de una cámara termográfica para despejar dudas al respecto. La cámara fue utilizada el día 17 de julio del 2020, con una temperatura de ambiente de 11 °C y el modelo es Testo 875-1i.

Figura 44.

Captura 1 de cámara termográfica Testo.

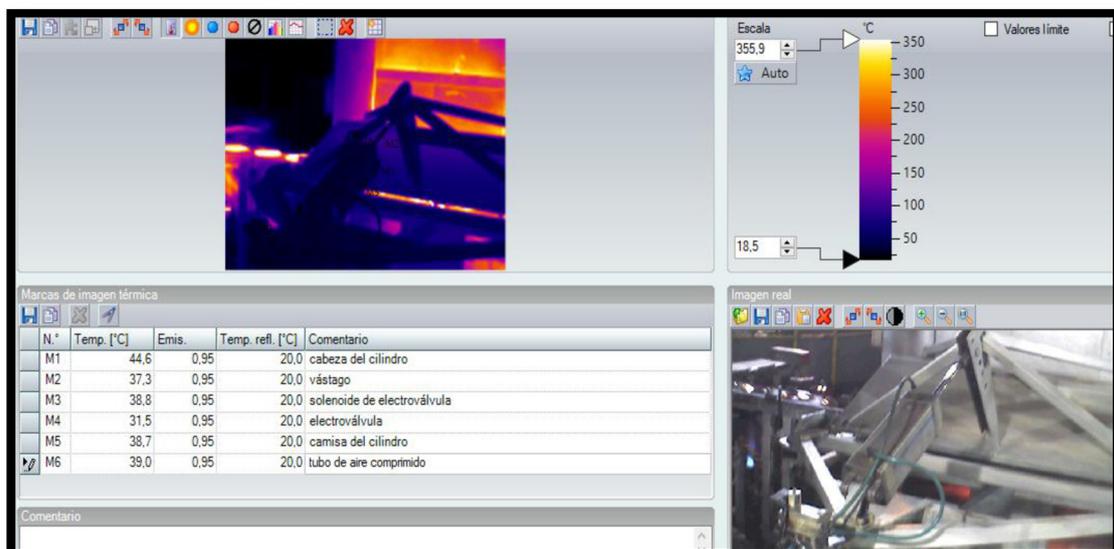


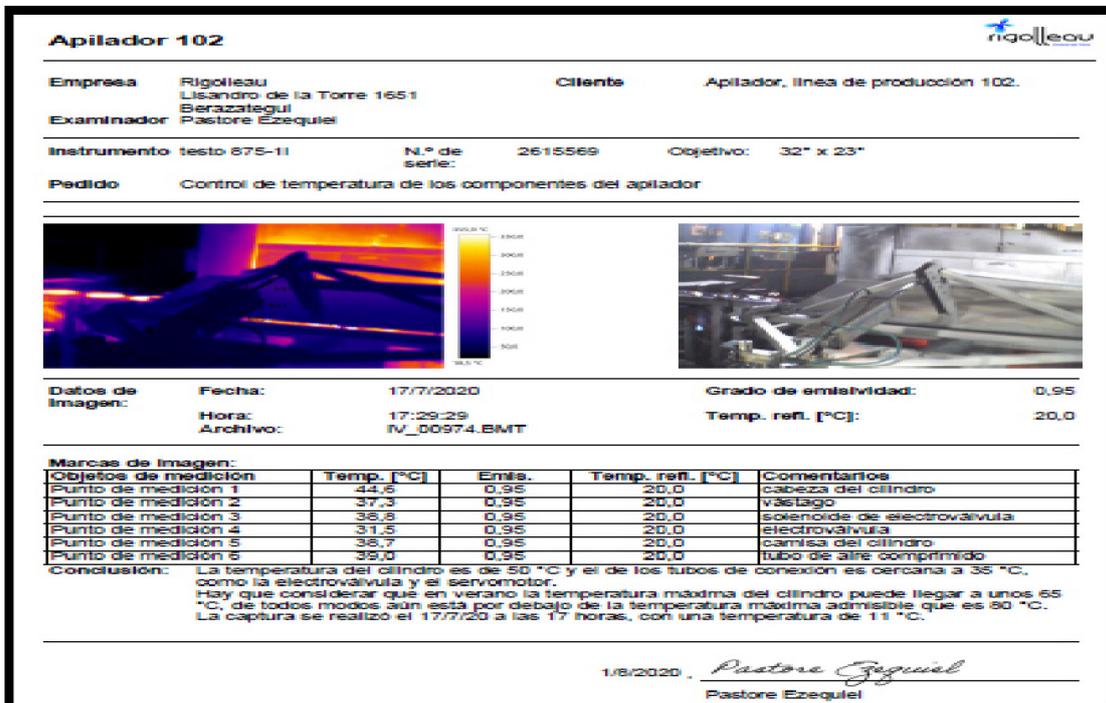
Figura 45.

Captura 2 de cámara termográfica Testo.



Figura 46.

Informe del control de las temperaturas de los componentes del apilador.



Con respecto a las mediciones del apilador, el cilindro puede soportar hasta 80 °C y es apto para este tipo de aplicación.

Para ensamblar el cilindro al apilador se necesitó de los siguientes componentes:

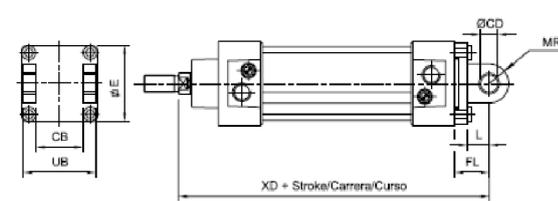
Figura 47.

Referencia del montaje basculante trasero hembra, soporte lateral para basculante hembra y el perno.

Montaje basculante trasero hembra

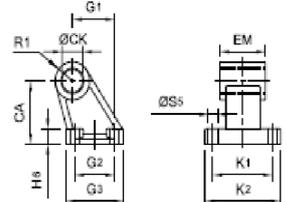
Códigos en **Negrita**: entrega inmediata, salvo ventas.

Ø	MICRO	CB	ØCD	E	FL	L	MR	UB	XD
32	0.027.000.004	26	10	48	22	12	11	44	142
40	0.028.000.004	28	12	55	25	15	13	51	160
50	0.029.000.004	32	12	65	27	15	13	59	170
63	0.030.000.004	40	16	78	32	20	17	69	190
80	0.031.000.004	50	16	96	36	20	17	89	210
100	0.032.000.004	60	20	116	41	23	21	108	230
125	0.033.000.004	70	25	140	50	30	26	128	275
160	0.034.000.004	90	30	178	55	35	33	170	315
200	0.015.000.004	90	30	220	60	35	31	170	335
250	0.016.000.004	110	40	280	70	44	41	200	375
320	0.097.000.004	120	45	350	80	52	45	220	420



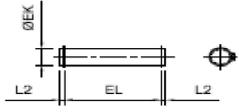
Soporte lateral para basculante hembra

Ø	MiCRO	CA	ØCK	EM	G ₁	G ₂	G ₃	H _s	K ₁	K ₂	R ₁	ØS ₅
32	0.027.000.006	32	10	26	21	18	31	8	38	50	10	6,6
40	0.028.000.006	36	12	28	24	22	35	10	41	53	11	6,6
50	0.029.000.006	45	12	32	33	30	45	12	50	64	13	9
63	0.030.000.006	50	16	40	37	35	50	12	52	66	15	9
80	0.031.000.006	63	16	50	47	40	60	14	66	85	15	11
100	0.032.000.006	71	20	60	55	50	70	15	78	94	19	11
125	0.033.000.006	90	25	70	60	60	90	20	94	122	22,5	14
160	0.034.000.006	115	30	90	97	88	126	25	118	153	31,5	14



Perno para basculantes

Ø	MICRO	ØEK	EL	L2
32	0.007.000.007	10	45,5	3,25
40	0.008.000.007	12	52,5	3,25
50	0.009.000.007	12	60,5	3,25
63	0.010.000.007	16	70,6	3,7
80	0.011.000.007	16	90,6	3,7
100	0.012.000.007	20	110,7	4,15
125	0.013.000.007	25	130,7	4,15
160	0.014.000.007	30	170,8	4,6
200	0.015.000.007	30	170	-
250	0.016.000.007	40	200	-
320	0.097.000.007	45	222	9

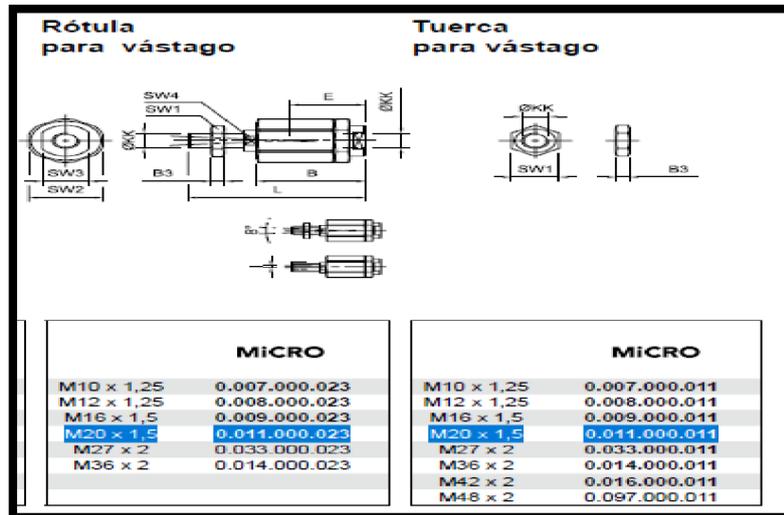


Nota. Adaptada de Cilindros (p. 1.3.0.5.), MICRO automatión, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

- Código del soporte lateral para basculante hembra: 0.032.000.006
- Código del montaje basculante trasero hembra: 0.032.000.004
- Código del perno para basculantes: 0.012.000.007

Figura 48.

Referencia de la rótula y de la tuerca para vástago.



Nota. Tomada de Cilindros (p. 1.3.0.8.), MICRO automación, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

- Código de rótula para vástago: 0.011.000.023
- Código de tuerca para vástago: 0.011.000.011

D-2.2. Electroválvula Con Base. Para la operación del actuador lineal neumático vamos a necesitar de una electroválvula de 5 vías y 2 posiciones, de tal manera que se pueda direccionar el fluido de un lado a otro del cilindro. Aceptamos que el primer criterio es que debe ser una electroválvula direccional 5/2.

Se utilizó las ecuaciones de la figura 49 para obtener el caudal requerido del cilindro y el nominal de la electroválvula para seleccionar los modelos compatibles a nuestra aplicación.

Figura 49.

Cálculo del caudal nominal requerido de la válvula.

Dimensionado de válvulas
El caudal normal requerido para el accionamiento de un cilindro neumático, dependerá en general del caudal requerido por el accionamiento, el que a su vez dependerá del tamaño del cilindro, la velocidad de su accionamiento y de la presión de operación, donde:

$$Q_r = 0,0028 \cdot \frac{d^2 \cdot C}{t} \cdot (p + 1,013)$$

Q_r = caudal requerido (Nm³/h)
 d = diámetro del pistón del cilindro (cm)
 C = carrera del cilindro (cm)
 t = tiempo de ejecución del movimiento (seg)
 p = presión de operación o manométrica (bar)

El caudal nominal normal que debe tener la válvula, queda determinado por la siguiente expresión:

$$Q_n = \frac{40,89 \cdot Q_r}{\sqrt{\Delta p (p_e - \Delta p)}}$$

donde:
 Q_n = Caudal nominal de la válvula (NI/min)
 Δp = Caída de presión admitida en la válvula (bar)
 p_e = Presión absoluta de alimentación de la válvula (bar) (presión manométrica + 1,013)
 Q_r = Caudal requerido por el accionamiento (Nm³/h)

Nota. Tomada de Válvulas (p. 2.0.1.2.), MICRO automatión, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

Se estableció que el tiempo de ejecución del movimiento puede ser de 1 segundo, es decir, es el tiempo que le llevará recorrer los 200 mm al cilindro. T=1 seg.

La presión manométrica es de 6 bar. P = 6 bar.

La carrera del cilindro es de 200 mm. C = 20 cm.

El diámetro del pistón es de 100 mm. d = 10 cm

$$Q_r = 0,0028 \times 10^2 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times (6 \text{ bar} + 1,013)$$

$$Q_r = 39,3 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Con el valor anterior se obtuvo el caudal nominal de la válvula. Establecemos lo siguiente:

$\Delta p = 1 \text{ bar}$ "caída de presión"

$P_e = 7,013 \text{ bar}$ “presión absoluta”

$Q_n = (40,89 \times 39,3 \text{ Nm}^3/\text{h}) / \sqrt{(1 \text{ bar} \times (7,013 \text{ bar} - 1 \text{ bar}))}$

$Q_n = 1607 \text{ Nm}^3/\text{h} / 2,45 \text{ bar}$

$Q_n = 656 \text{ NI}/\text{min}$

En nuestra aplicación vamos necesitar una electroválvula direccional 5/2 y que incluya accionamiento manual, con un caudal nominal superior a 656 NI/min. Podemos seleccionar varios productos del catálogo que cumplan esas condiciones para finalmente quedarnos con uno de ellos. A continuación, veremos los siguientes modelos de válvulas que funcionarían correctamente en el apilador:

Figura 50.

Modelos de válvulas MICRO compatible con el apilador.



Nota. Tomada de Válvulas (p. 2.2.4.1.), MICRO automatización, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

Ahora restringimos aún más la selección de válvulas compatibles para escoger la definitiva, teniendo en cuenta que el modelo de válvula sea utilizada en Rigolleau, que tenga un accionamiento manual práctico, es decir, que sea fácil de accionar manualmente porque hay modelos que te obligan a presionar con un objeto puntiagudo y otros que simplemente se corre de posición una perilla. Además, que sea sencilla y rápida para reemplazarla en caso de rotura o mantenimiento preventivo para considerar el concepto de mantenibilidad que no es mas que la probabilidad de que el activo (apilador) pueda ser reparado o mantenido en el tiempo esperado. Finalmente, las que reúne las características anteriores es la electroválvula de la serie VS porque en Rigolleau hay mas de 100 unidades instaladas, pero con el tamaño ISO 2 (serie VS2) que tiene un caudal nominal de hasta 2600 l/min. Su colocación es muy sencilla, cuatro tornillos presionan la válvula y la junta contra la base de aluminio. Su diseño es tal que no permite que se pierda nada mientras se instala porque los tornillos son internos y la junta es del tipo o´ring que no se corren, además contamos con los kits de reparación.

Figura 51.

Electroválvula del apilador.



Nota. Tomada de Válvulas (p. 2.3.1.2.), MICRO automación, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

- Código de la electroválvula: 0.259.002.433/212

Figura 52.

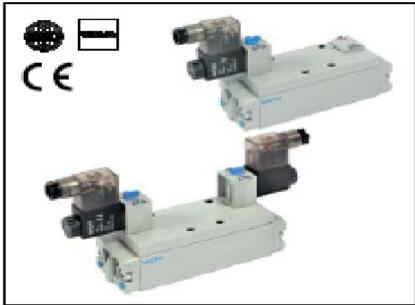
Ficha técnica de la electroválvula del apilador.

MICRO

Válvulas direccionales 5/2 y 5/3 para base ISO y VDMA

Serie VS2 GM

Tamaño	ISO 2
Tipo	Válvulas 5/2 y 5/3 a distribuidor, de actuación neumática o eléctrica, reacción a resorte o neumática, monoestables o bistables
Montaje	Sobre bases normalizadas ISO 5599/1 y VDMA 24345 tamaño 2, con conexión lateral o en manifold (por conexiones inferiores, consultar)
Mando eléctrico	Cabeza eléctrica CNOMO, con actuador manual bistable
Temperatura ambiente	-5...50 °C (23...122 °F)
Temperatura fluido	-10...60 °C (14...140 °F)
Fluido	Aire comprimido filtrado (se recomienda lubricación) - Gases inertes
Presión de trabajo	Ver para cada tipo de actuación
Caudal nominal	2600 l/min (2,6 Cv)



Códigos en Negrita: entrega inmediata, salvo ventas.

Descripción		Presión de trabajo	NUEVO	HASTA AGOTAR STOCK
			VS2 "GM"	VS2
	Válvula 5/2 mando neumático, reacción neumática	2...10 bar	0.259.001.433	0.250.001.433
	Válvula 5/2 mando neumático, reacción a resorte	2,5...10 bar	0.259.001.633	0.250.001.633
	Válvula 5/2 bistable por impulsos neumáticos	1...10 bar	0.259.001.833	0.250.001.833
	Válvula 5/3 mando neumático, centro cerrado	2...10 bar	0.259.002.033	0.250.002.033
	Válvula 5/3 mando neumático, centro abierto	2...10 bar	0.259.002.233	0.250.002.233
	Electroválvula 5/2, reacción neumática	2...10 bar	0.269.002.433 / —	0.260.002.433 / —



Consultar por solenoides de bajo consumo y para ambientes peligrosos

Estos códigos no incluyen las bases. Las mismas deben solicitarse por separado: ver página 2.3.3.1 y 2.3.3.2.

En los códigos de las electroválvulas reemplazar los guiliones luego de la coma por los valores de la tabla siguiente, según la tensión seleccionada para el solenoide.

La referencia de la electroválvula viene con una bobina de 24 Vcc y su ficha correspondiente para la conexión eléctrica.

Ahora necesitamos la base de la válvula para poder realizar las conexiones de las cañerías de aire comprimido, se seleccionó el modelo que contiene los orificios laterales porque es la más práctica para este tipo de aplicación.

- La referencia de la base es: **0.200.000.604**

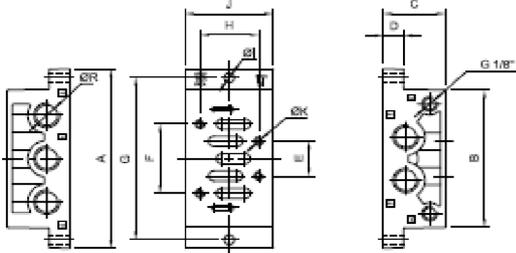
Figura 53.

Base de conexión de la electroválvula del apilador.

Bases de conexión lateral ISO - VDMA 24345

MICRO	A	B	C	D	E	F	G	H	Ø I	J	Ø K	Ø R
VS-1 0.200.000.601	110	84	32	10	18	36	98	28	5,5	48	M5	G 1/4"
VS-2 0.200.000.604	124	95	40	13	24	48	112	38	6,6	57	M6	G 3/8"
VS-3 0.200.000.607	149	119	32	18	32	64	136	48	6,6	71	M8	G 1/2"

Códigos en **Negrita**: entrega inmediata, salvo ventas.

Nota. Tomada de Válvulas (p. 2.3.3.1.), MICRO automación, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

D-2.3. FRL. Es un elemento vital para garantizar la vida útil de los componentes neumáticos, con ella se consigue:

- Filtrar el aire comprimido.
- Regular la presión del circuito neumático.
- Lubricar los componentes de la instalación que estén aguas abajo a través de pequeñas gotas de aceite en el aire comprimido.

Para determinar el modelo a utilizar, primero debemos calcular el consumo de aire comprimido del apilador en unidades de litros/minutos utilizando la ecuación de la **figura 54**.

Figura 54.

Ecuación del consumo de aire comprimido en cilindros.

Consumo de aire en cilindros
El cálculo del consumo de aire en cilindros neumáticos es muy importante cuando se requiere conocer la capacidad del compresor necesario para abastecer a la demanda de una instalación.
Puede calcularse con la siguiente fórmula,

$$Q = (\pi / 4) \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot P \cdot N \cdot 10^{-6}$$

donde: Q = Consumo de aire (NI/min)
d = Diámetro del cilindro (mm)
c = Carrera del cilindro (mm)
n = Número de ciclos completos por minuto
P = Presión absoluta=Presión relativa de trabajo + 1 bar
N = Número de efectos del cilindro
(N=1 para simple efecto, N=2 para doble efecto)

Nota. Tomada de Cilindros (p. 1.0.1.2.), MICRO automatión, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

Con la hoja de cálculo de la **figura 55** se obtuvo que el consumo de aire comprimido fue cercano a 220 NI/min, considerando una presión absoluta de 7 bar y 10 ciclos por minutos que es la cantidad máxima de periodos que el apilador puede operar en un minuto, dado que necesita de al menos seis segundos para realizar todos sus movimientos para que funcione a una velocidad moderada y no tire ningún artículo. Dos segundos son para introducir los artículos al horno de recocido continuo, un segundo para subir la barra, dos segundos para

volver a su posición de espera y un segundo para bajar la barra para luego volver a iniciar un nuevo ciclo prácticamente sin tiempo de espera.

Figura 55.

Consumo de aire comprimido del apilador.

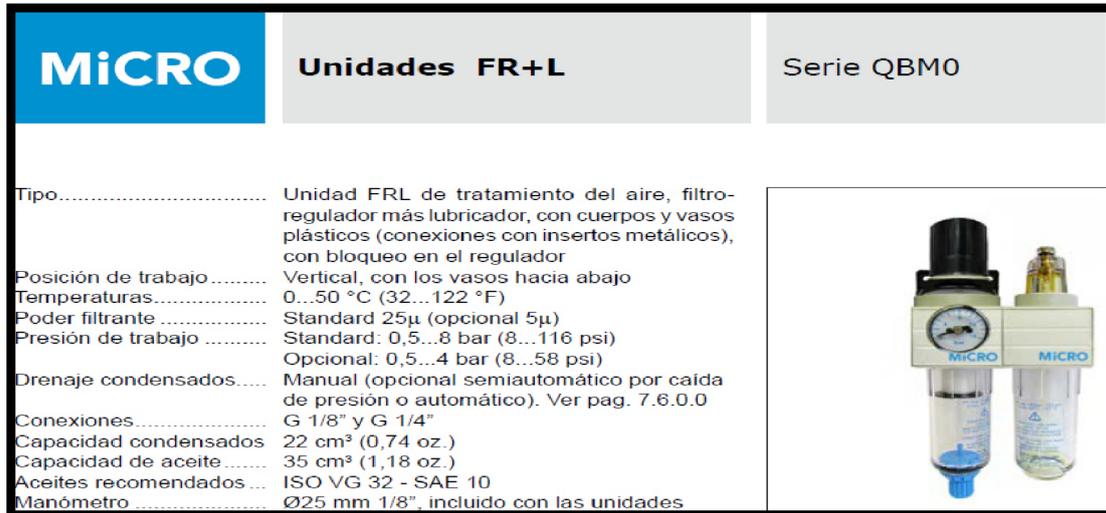
consumo de aire del apilador	
ingrese valores	
Diam. Pistón:	100
Carrera:	200
Ciclos por minuto:	10
Presión absoluta(1 + relativa):	7
1: Simple, 2: Doble efecto	2
q: consumo de aire (NI/min)	219,8
Q: consumo de aire (NI/h)	13188

a partir del resultado de la hoja de cálculo (≈ 220 NI/min) se determinó que el primer modelo FRL serie QBM0 es capaz de entregar dicho consumo de aire. Tiene un caudal máximo de 1000 l/min, una regulación de presión de 0,5 a 8 bar, un poder filtrante de 25μ y su conexión es por medio de roscas G $\frac{1}{4}$ ".

- Referencia unidad FR+L serie QBM0: 0.104.003.522

Figura 56.

Unidad FRL del apilador.



Nota. Tomada de Cilindros (p. 7.1.1.0.), MICRO automatización, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

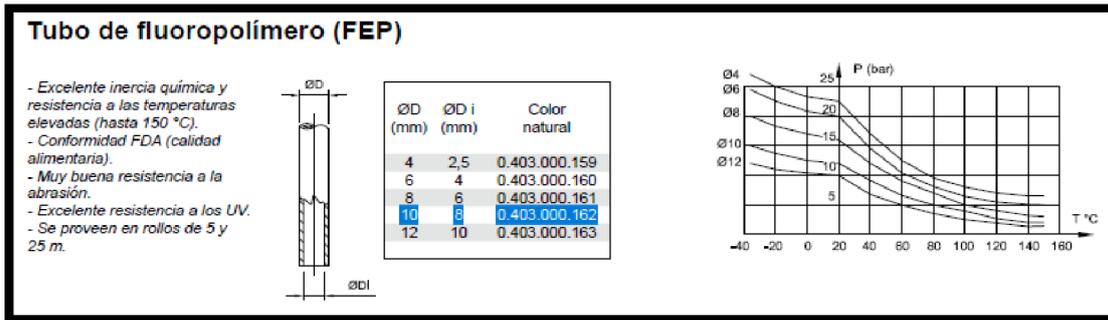
D-2.4. Tubos. los tubos de conexión fueron solicitados de fluoropolímero (FEP) debido a su alta resistencia a las temperaturas elevadas porque soporta hasta 150 °C. Se debe recordar que en la **figura 46**, sobre las observaciones del informe aclara que en verano podrán estar expuesto a valores cercanos a los 65 °C.

El diámetro exterior seleccionado del tubo es de 10 mm. Los tubos estándar de poliuretano o poliamida no son aconsejados para aplicaciones en zonas de elevadas temperaturas.

- Referencia de los tubos de conexión: 0.403.000.162

Figura 57.

Tubos de conexión resistentes a las elevadas temperaturas.

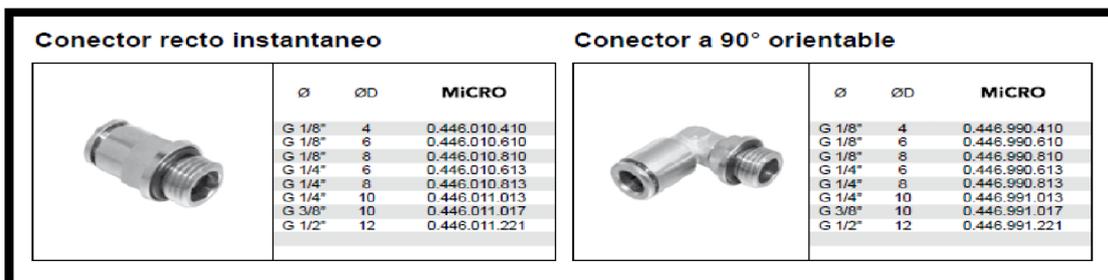


Nota. Tomada de Conexiones (p. 8.1.8.3.), MICRO automación, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

D-2.5. Conexiones Instantáneas. Las conexiones instantáneas aconsejadas por el fabricante para los tubos de fluoropolímero (FEP) son los de la serie 446-456 que son de latón niquelado. Se necesitó tres para la electroválvula con rosca G 3/8", dos para la unidad FRL con rosca G 1/4" y un último que se enroscó en la válvula de suministro de aire comprimido con rosca G 1/2". Se solicitó un total de 6 conexiones instantáneas.

Figura 58.

Conectores para tubos de fluoropolímero (FEP).



Nota. Tomada de Conexiones (p. 8.1.4.1.), MICRO automación, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

La **figura 58** nos indica que el único diámetro de tubo compatible para una conexión instantánea con rosca G ½" es de 12 mm, por lo tanto, será necesario utilizar tres bujes de reducción que irá enroscado en la válvula de suministro (1) y en el actuador (2).

Figura 59.

Buje de reducción.

Buje de reducción		
$\varnothing C_1$	$\varnothing C_2$	MICRO
G 1/8"	M5	0.401.681.019
G 1/4"	M5	0.401.681.319
G 1/4"	G 1/8"	0.401.681.310
G 3/8"	G 1/8"	0.401.681.710
G 3/8"	G 1/4"	0.401.681.713
G 1/2"	G 1/4"	0.401.682.113
G 1/2"	G 3/8"	0.401.682.117
G 3/4"	G 1/4"	0.401.682.713
G 3/4"	G 3/8"	0.401.682.717
G 3/4"	G 1/2"	0.401.682.721

Latón

Nota. Tomada de Conexiones (p. 8.1.5.2.), MICRO automatión, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

Tabla 7.

Tabla de pedido de los productos necesarios para que se realice las conexiones.

PRODUCTO	REFERENCIA	CANTIDAD
Conector recto de ¼" de 10 mm	0.446.011.013	2
Conector recto de 3/8" de 10 mm	0.446.011.017	4
Buje reducción de ½ a 3/8	0.401.682.117	3

D-2.6. Regulador De Caudal. Ya disponemos de todos los componentes y accesorios para que la instalación neumática funcione, pero aún queda un detalle muy importante. Faltan los reguladores de caudales unidireccionales que regulan el flujo de aire en un solo sentido, mientras que por el otro fluye libremente al abrir una retención. Ellos son indispensables para

un buen funcionamiento del circuito porque regulan la velocidad de desplazamiento del vástago y evite golpes bruscos que comprometen a los mecanismos. Se necesitó dos unidades, uno será el encargado de regular la velocidad con la que suba la barra de empuje y el otro el de la bajada. Recordar que el cilindro contiene doble amortiguación que nos permite disminuir la velocidad del tramo final de la carrera del vástago sin importar la dirección del mismo, evitando que la barra de empuje produzca vibraciones en la estructura. Se empleó los reguladores de caudales de la serie RVR que se enroscan en los orificios del actuador.

Figura 60.

Ficha técnica y referencia del regulador de caudal unidireccional del apilador.



Tipo..... Reguladores de caudal tipo banjo. Se emplean para controlar la velocidad de desplazamiento de los cilindros neumáticos, restringiendo el paso del aire en un solo sentido de circulación del fluido. Los modelos banjo son aptos para montar directamente sobre los cilindros

Posición de trabajo..... Indiferente

Fluido..... Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación

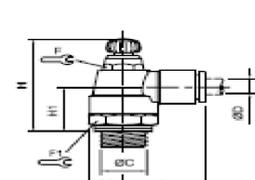
Temperaturas..... -20...80 °C (-4...176 °F)

Presión de trabajo..... 0,5...10 bar (8...145 psi)

Conexiones..... M5, G1/8", G1/4", G3/8" y G1/2"

Materiales..... Cuerpo de polímero HR con alta resistencia química y al impacto (RVR de zamac), tornillo de registro de latón, guarniciones de NBR

Ø C	Tubo		Ø D	F	F ₁	H _{min}	H _{max}	H ₁	L	L ₁
G 1/8"	4	0.470.600.410	4	10	16	38	44	16	22	9
G 1/8"	6	0.470.600.610	6	10	16	38	44	16	22	9
G 1/8"	8	0.470.600.810	8	14	19	41,5	48	18	28	10,5
G 1/4"	6	0.470.600.613	6	10	16	36,5	42,5	15	22	9
G 1/4"	8	0.470.600.813	8	14	19	42	48	19	28	10,5
G 1/4"	10	0.470.601.013	10	17	23	45,5	53,5	20	31,5	12,5
G 3/8"	8	0.470.600.817	8	14	19	41,5	48	17	28	11
G 3/8"	10	0.470.601.017	10	17	23	46	54	20	32	12,5
G 1/2"	12	0.470.601.221	12	17	24	45,5	54	20	35	13



Nota. Tomada de Conexiones (p. 8.1.5.2.), MICRO automatión, 2019, <https://ar.microautomacion.com/wp-content/uploads/2019/04/CMMICRO201819esp.pdf>

- Referencia del regulador de caudal tipo banjo con rosca de 3/8": 0.470.601.221

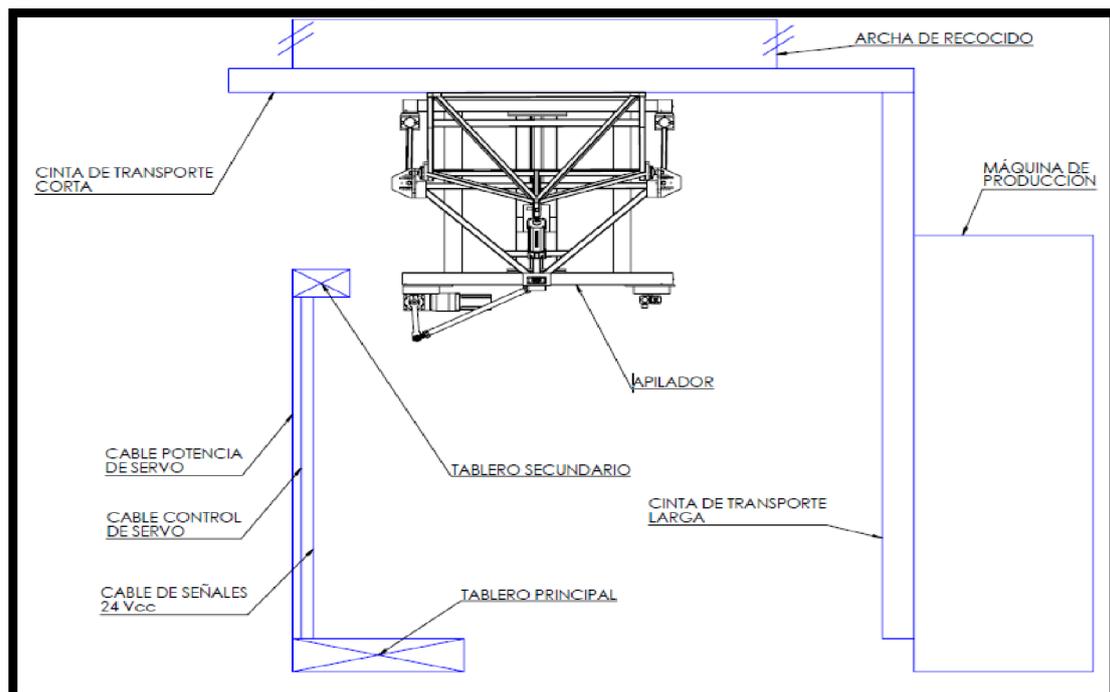
D-3. Electricidad Del Sistema Apilador

Denominamos a la parte eléctrica del apilador al conjunto de cables de conexión, al servomotor (potencia + control), a los tableros eléctricos, al variador de frecuencia y a la pantalla HMI (interfaz hombre-máquina).

se debe tener en cuenta que incluimos a la electrónica del variador, la pantalla y que la zona donde irá instalada el apilador es un ambiente muy caluroso y húmedo, por lo tanto, es aconsejable montar el variador y a la HMI a una distancia a la que dichos factores no afecten a la confiabilidad del sistema. En un principio se puede pensar en un tablero cercano a la máquina con los comandos de encendido y en su interior unas borneras de instalación de los cables que vengan del tablero principal donde se encontraría el variador y el HMI. El layout muestra la ubicación de los tableros, el apilador y de la máquina de fabricación.

Figura 61.

Layout de la instalación eléctrica del apilador.



D-3.1. Servo-Motor Con Reductor. Cuando se comenzó la parte eléctrica del apilador se arrancó con seleccionar el servomotor y su reductor. Contábamos con una referencia muy importante que eran los valores de chapa del servomotor (**figura 63**) y la relación de reducción del reductor del apilador Heye International (**figura 62**).

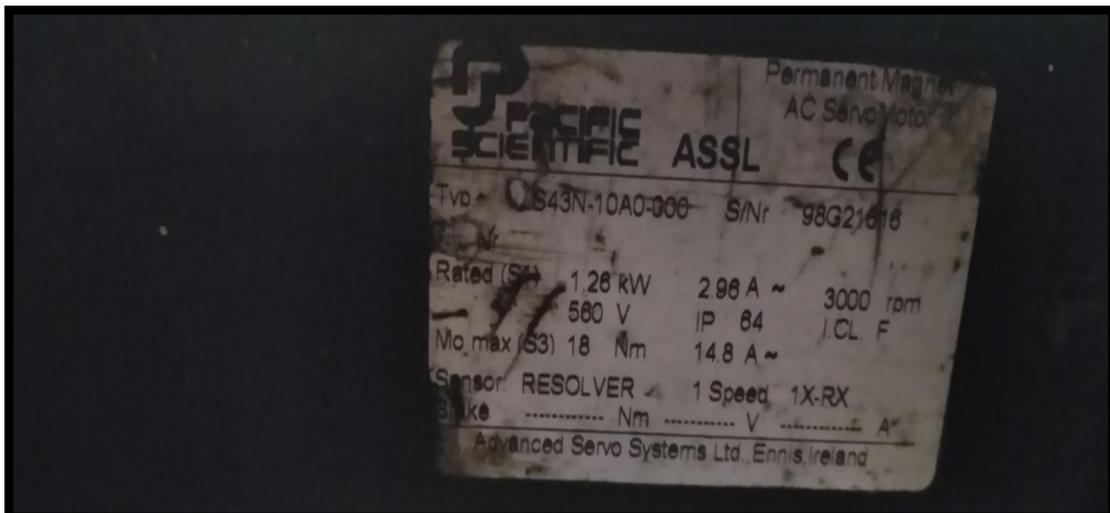
Figura 62.

Reductor del apilador de referencia.



Figura 63.

Servomotor del apilador de referencia.



Se sabía que la cupla máxima del servo de referencia es de 18 Nm, que su velocidad nominal es de 3000 R.P.M y la potencia máxima es de 1.26 KW. Del reductor de referencia se obtuvo que tenía una relación de reducción de 115 vueltas a 1 y que el diámetro de su eje es de 30 mm. Con los datos anteriores contactamos a la empresa SEW Eurodrive y nos cotizó el variador de frecuencia con servomotor y reductor, con pantalla de interfaz HMI y con los cables de conexión.

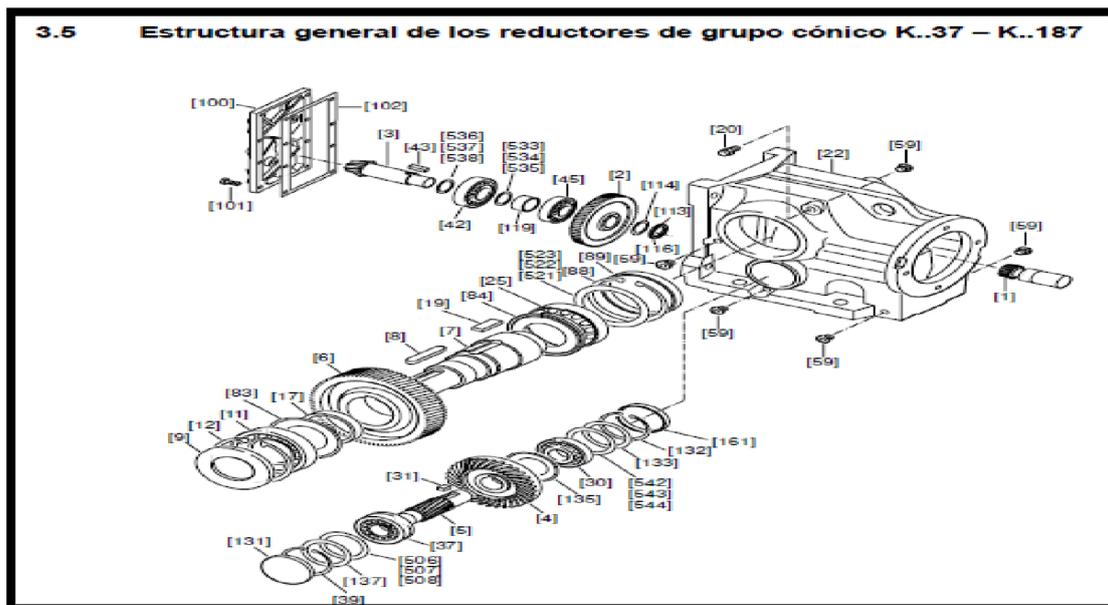
- Referencia servo-reductor K47DFS56H/TF/RH1M/KK
- Relación del reductor I: 90,86

Descripción del significado de las referencias:

- 1) K47: reductor tipo cónico.

Figura 64.

Despiece del reductor tipo cónico del apilador.



Nota. Tomada de Instrucciones y montaje de funcionamiento (p. 18), SEW EURODRIVE, 2018, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/25803638.pdf>

Figura 65.

Lista de componentes del despiece del reductor tipo cónico del apilador.

Estructura del reductor			
Estructura general de los reductores de grupo cónico K..37 – K..187			
[1] Piñón	[25] Rodamientos	[102] Junta	[522] Arandela de ajuste
[2] Rueda	[30] Rodamientos	[113] Tuerca estriada	[523] Arandela de ajuste
[3] Eje piñón	[31] Chaveta	[114] Arandela de bloqueo	[533] Arandela de ajuste
[4] Rueda	[37] Rodamientos	[116] Anillo obturador ros- cado	[534] Arandela de ajuste
[5] Eje piñón	[39] Circlip	[119] Tubo separador	[535] Arandela de ajuste
[6] Rueda	[42] Rodamientos	[131] Capuchón	[536] Arandela de ajuste
[7] Eje de salida	[43] Chaveta	[132] Circlip	[537] Arandela de ajuste
[8] Chaveta	[45] Rodamientos	[133] Arandela de apoyo	[538] Arandela de ajuste
[9] Retén	[59] Tornillo de cierre	[135] Anillo de protección	[542] Arandela de ajuste
[11] Rodamientos	[83] Anillo de protección	[137] Arandela de apoyo	[543] Arandela de ajuste
[12] Circlip	[84] Anillo de protección	[161] Capuchón	[544] Arandela de ajuste
[17] Tubo separador	[88] Circlip	[506] Arandela de ajuste	
[19] Chaveta	[89] Capuchón	[507] Arandela de ajuste	
[20] Válvula de salida de gases	[100] Tapa del reductor	[508] Arandela de ajuste	
[22] Cubierta de inspección	[101] Tornillo de cabeza he- xagonal	[521] Arandela de ajuste	

Nota. Tomada de Instrucciones y montaje de funcionamiento (p. 19), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11413506.pdf>

2) DFS56H: representa al servomotor síncrono de 400 V con sujeción a brida.

Figura 66.

Características del servomotor del apilador.

n_N [r.p.m.]	Motor	M_0 [Nm]	I_0 [A]	M_{pk} [Nm]	$I_{m\acute{a}x}$ [A]	M_{ovR} [Nm]	I_{ovR} [A]	J_{mot} [10 ⁻⁴ kgm ²]	J_{bmot} [kgm ²]	M_{B1} [Nm]	M_{B2} [Nm]	$W_{m\acute{a}x1}$ [kJ]	$W_{m\acute{a}x2}$ [kJ]
2000	CFM71S	5	2,2	16,5	8,8	7,3	3,2	4,89	6,65	10	5	18	22
	CFM71M	6,5	3	21,5	12	9,4	4,2	6,27	8,03	14	7	15	20
	CFM71L	9,5	4,2	31,4	16,8	13,8	6,1	9,02	10,8	14	10	15	18
	CFM90S	11	4,9	39,6	19,6	16	7,1	17,4	21,2	28	14	17	24
	CFM90M	14,5	6,9	52,2	28	21	10	22,3	26,1	40	20	10,5	19,5
	CFM90L	21	9,9	75,6	40	30,5	14,4	32,1	35,9	40	28	10,5	17
	CFM112S	23,5	10	82,3	40	34	14,5	68,4	84	55	28	32	48
	CFM112M	31	13,5	108,5	54	45	19,6	88,2	104	90	40	18	44
	CFM112L	45	20	157,5	80	65	29	128	143	90	55	18	32
CFM112H	68	30,5	238,0	122	95	42,5	190	209	90	55	18	32	
3000	DFS56M	1	1,65	3,8	6,6	—	—	0,48	0,83	2,5	—	—	—
	DFS56L	2	2,4	7,6	9,6	—	—	0,83	1,18	2,5	—	—	—
	DFS56H	4	2,8	15,2	11,2	—	—	1,53	1,88	5	—	—	—
	CFM71S	5	3,3	16,5	13,2	7,3	4,8	4,89	6,65	10	5	14	20
	CFM71M	6,5	4,3	21,5	17,2	9,4	6,2	6,27	8,03	14	7	11	18
	CFM71L	9,5	6,2	31,4	25	13,8	9	9,02	10,8	14	10	11	14
	CFM90S	11	7,3	39,6	29	16	10,6	17,4	21,2	28	14	10	20
	CFM90M	14,5	10,1	52,2	40	21	14,6	22,3	26,1	40	20	4,5	15

Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 72), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11413506.pdf>

Figura 67.

Descripción de los parámetros del servomotor.

n_N	Velocidad nominal
M_D	Par de parada (par térmico continuo a bajas velocidades)
I_D	Corriente de parada
M_{pk}	Par límite dinámico
$I_{m\acute{a}x}$	Corriente de motor máxima admisible
M_{DVR}	Par de parada con ventilación forzada
I_{DVR}	Corriente de parada con ventilación forzada
J_{mot}	Momento de inercia del motor
J_{bmot}	Momento de inercia del motor freno
M_{B1}	Par de frenado estándar
M_{B2}	Par de frenado óptimo
$W_{m\acute{a}x1}$	Trabajo de frenado máximo posible con par de frenado estándar durante un intervalo de mantenimiento
$W_{m\acute{a}x2}$	Trabajo de frenado máximo posible con par de frenado opcional durante un intervalo de mantenimiento
L_1	Inductancia entre fase conectada y punto neutro
R_1	Resistencia entre fase conectada y punto neutro
U_{p0} en frío	Fuerza electromotriz sincrónica a 1000 r.p.m.
m_{mot}	Masa del motor
m_{bmot}	Masa del motor freno

Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 69), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/25803638.pdf>

- 3) TF: Significa que dentro del servomotor hay una sonda térmica. En caso de detectar una temperatura que comprometa a su vida útil, el variador de frecuencia se pondrá en modo de falla alertando al usuario por medio de un código de fallo en su display.

- 4) RH1M: indica el tipo de sensor de posicionamiento. Nuestro servomotor contiene un resolver estándar como se puede observar en la figura 68.

Figura 68.

Sensor de posición del servomotor del apilador.

Designación	Opción
/RH1M	Resolver (estándar)
/ES1H	Encoder Hiperface® Single-Turn, eje expandido, de alta resolución, para CMP50 y CMP63
/AS1H	Encoder Hiperface® Multi-Turn, eje expandido, de alta resolución, para CMP50 y CMP63
/EK0H	Encoder Hiperface® Single-Turn, eje de cono, para CMP40
/AK0H	Encoder Hiperface® Multi-Turn, eje de cono, para CMP40 – 63, CMP.71 – 100
/EK1H	Encoder Hiperface® Single-Turn, eje de cono, de alta resolución, para CMP.71 – 100
/AK1H	Encoder Hiperface® Multi-Turn, eje de cono, de alta resolución, para CMP.71 – 100

Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 20), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/25803638.pdf>

- 5) KK: Indica que la conexión entre los cables y el servo es por borneras.

Figura 69.

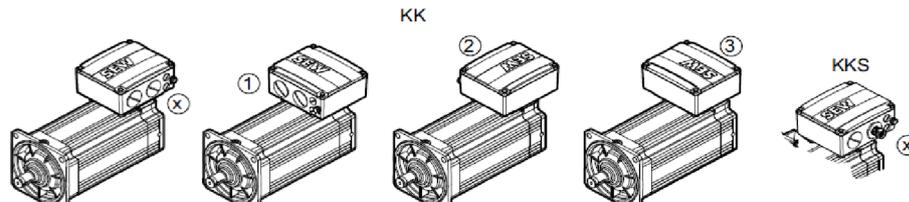
Tipo de conexión eléctrica del servomotor del apilador.

Indicaciones para la conexión de los cables de potencia y de señal mediante caja de bornas

Opcionalmente se pueden conectar los cables de potencia y de señal a través de una caja de bornas.

- Opción /KK: Conexión de los cables de potencia y de señal con punteras de cable en la caja de bornas.
- Opción /KKS: Conexión del cable de potencia con punteras de cable y del cable de señal con conector enchufable.

La posición de la entrada del cable se indica con x, 1, 2, 3.



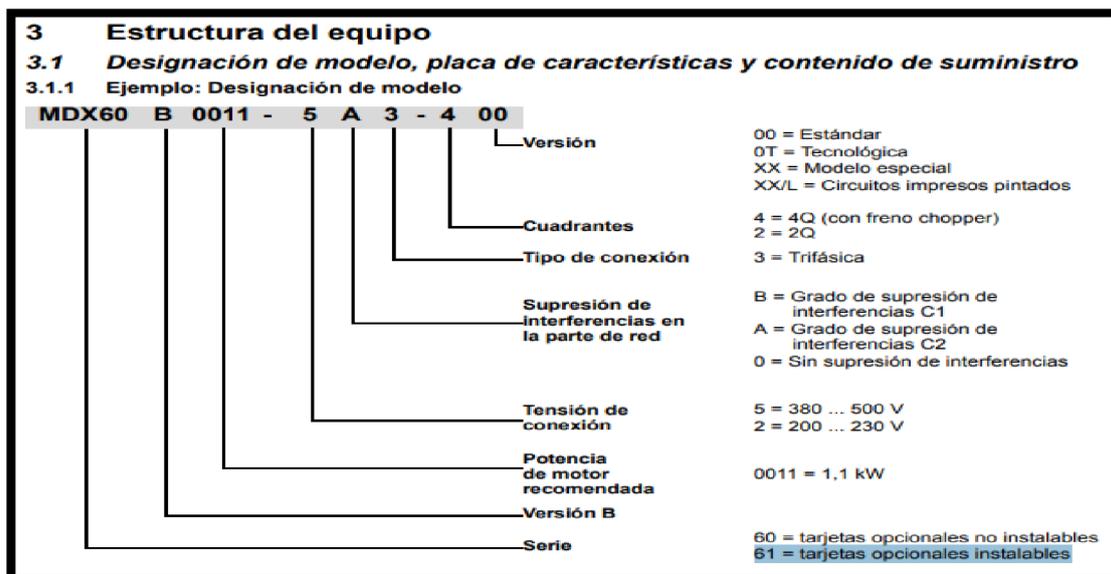
Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 43), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11413506.pdf>

D-3.2. Variador De Frecuencia Electrónico. El variador de frecuencia viene asignado a la potencia y al tipo de servomotor que se conectará. Es un variador de frecuencia que contiene entradas para los sensores de movimiento y en él se puede programar salidas para reemplazar a un PLC (Controlador Lógico Programable) como en el caso del apilador. Básicamente su función es alimentar al motor con una tensión trifásica modulada electrónicamente para poder controlar su posición exacta y que logre realizar las ordenes según indiquen las rutinas de un programa. También se puede conectar una interfaz HMI como puede ser un panel teclado o una pantalla en donde los usuarios modifican variables como la velocidad, la posición y la rampa de aceleración. En nuestro caso, el variador apropiado es MDX61B0014-5A3-4-00.

La referencia anterior se interpreta de la siguiente manera:

Figura 70.

Descripción de la referencia del variador de frecuencia electrónico.

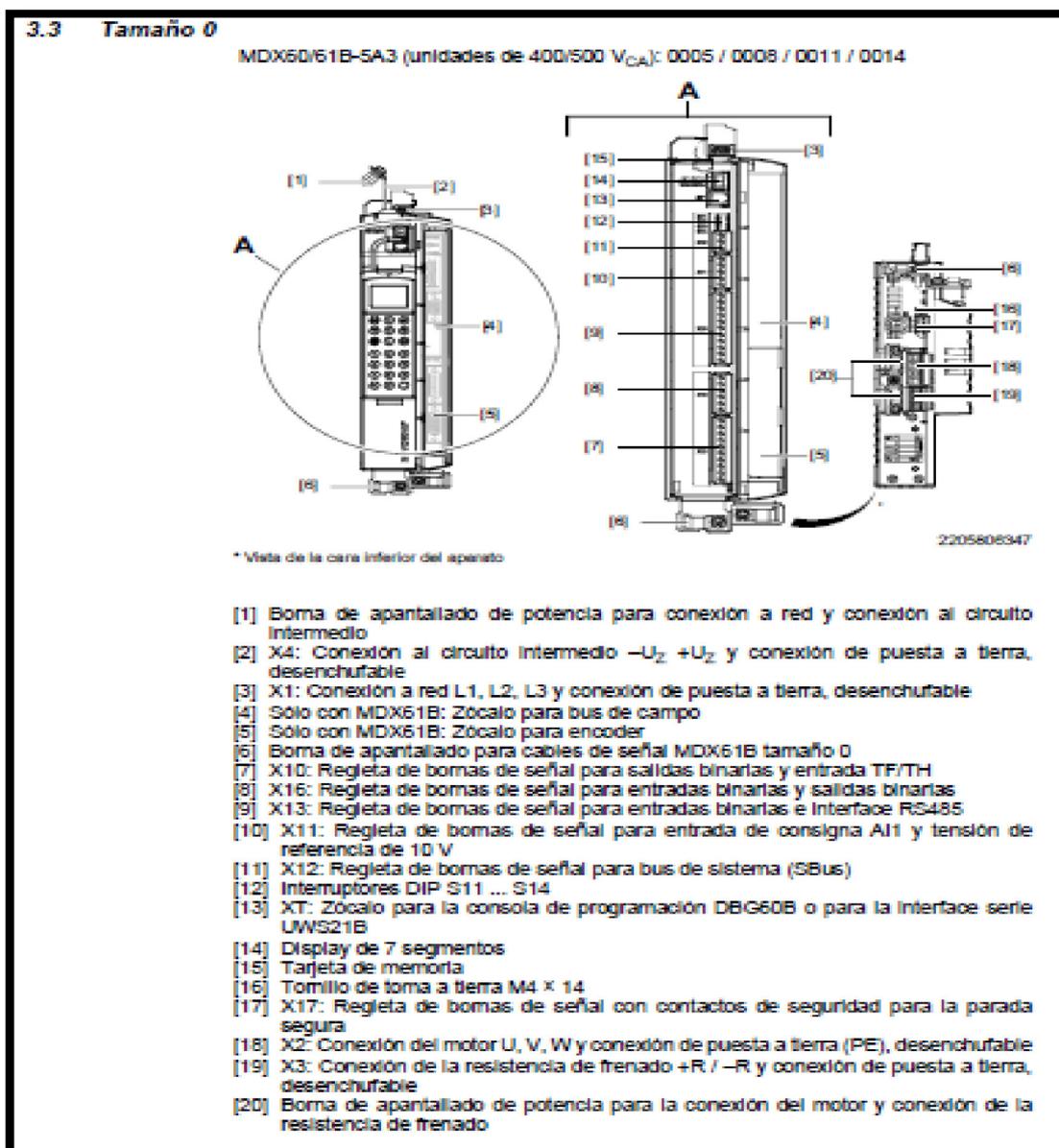


Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 12), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16837703.pdf>

El variador es de la serie MDX61 con la opción de insertarle tarjetas, versión B, para una potencia del motor de hasta 1.4 KW, tensión 380 Vac, modo C2 de supresión de interferencias, trifásica, con freno chopper y una versión estándar.

Figura 71.

Bornes de conexión del variador de frecuencia del apilador.



Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 16), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16837703.pdf>

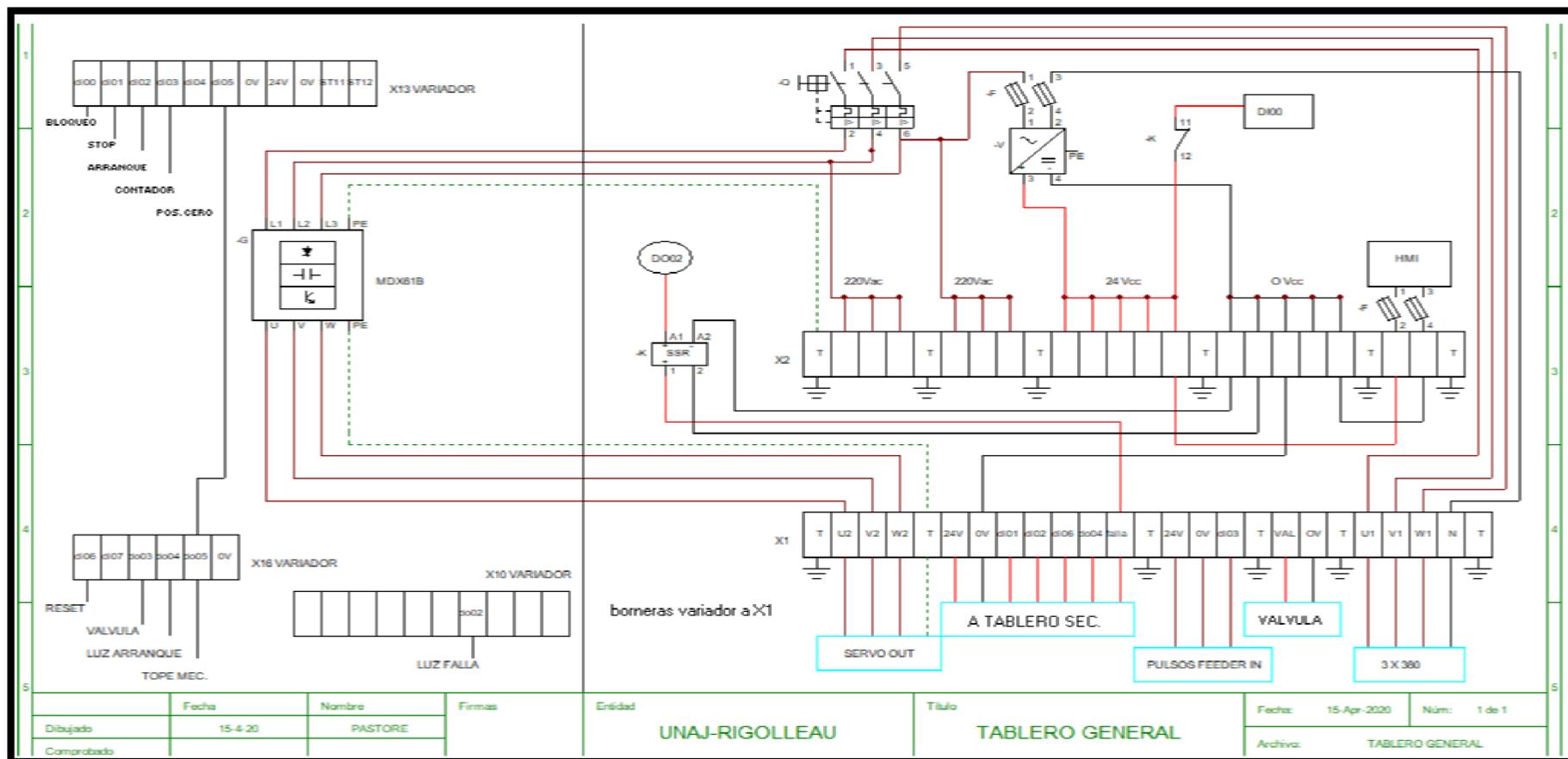
D-3.3. Armado De Los Tablero Eléctricos. Según el layout de la **figura 61**, se realizaron dos tableros eléctricos. Uno montado sobre el apilador como tablero secundario que tendrá los pulsadores de arranque/parada y otro principal que dispone del HMI, variador y fuentes de alimentación. El motivo principal de separar a los tableros de esta manera es para resguardar a la electrónica del ambiente húmedo y caluroso. Se estimó que la distancia aproximada de separación entre los tableros será de 20 metros máximo y los cables que interconectan pasarán por bandejas desde el sótano. Los cables a interconectar son tres: el de potencia del servo SEW (multicable de 4 hilos), el de resolver SEW (multicable de 9 hilos apantallado) y el de señales de 24 Vcc (parada emergencia, arranque, reseteo, luz de falla, señal de válvula, 24 Vcc y 0 Vcc con un multicable mínimo de 9 hilos, apantallado).

D-3.4. Plano Eléctrico Del Tablero Principal. El diseño del plano eléctrico se realizó mediante CAdE_SIMU⁴. El siguiente plano es del tablero principal donde se encuentra el variador de frecuencia electrónico y la pantalla de interfaz HMI SEW. La bornera X1 conecta con la X3 del tablero secundario y con el servomotor. La conexión del resolver sale del variador desde la ficha DB9 macho X15 y se dirige hasta el motor directamente sin entrar al tablero secundario. Los pulsos del feeder IN representa al sincronismo de la máquina de producción que en su traducción significa entrada del alimentador.

⁴ Para descargar la aplicación se pueden dirigir a: <https://qbprofe.blogspot.com/2017/09/descarga-cadesimu-v30.html>.

Figura 72.

Plano eléctrico del tablero principal del apilador.

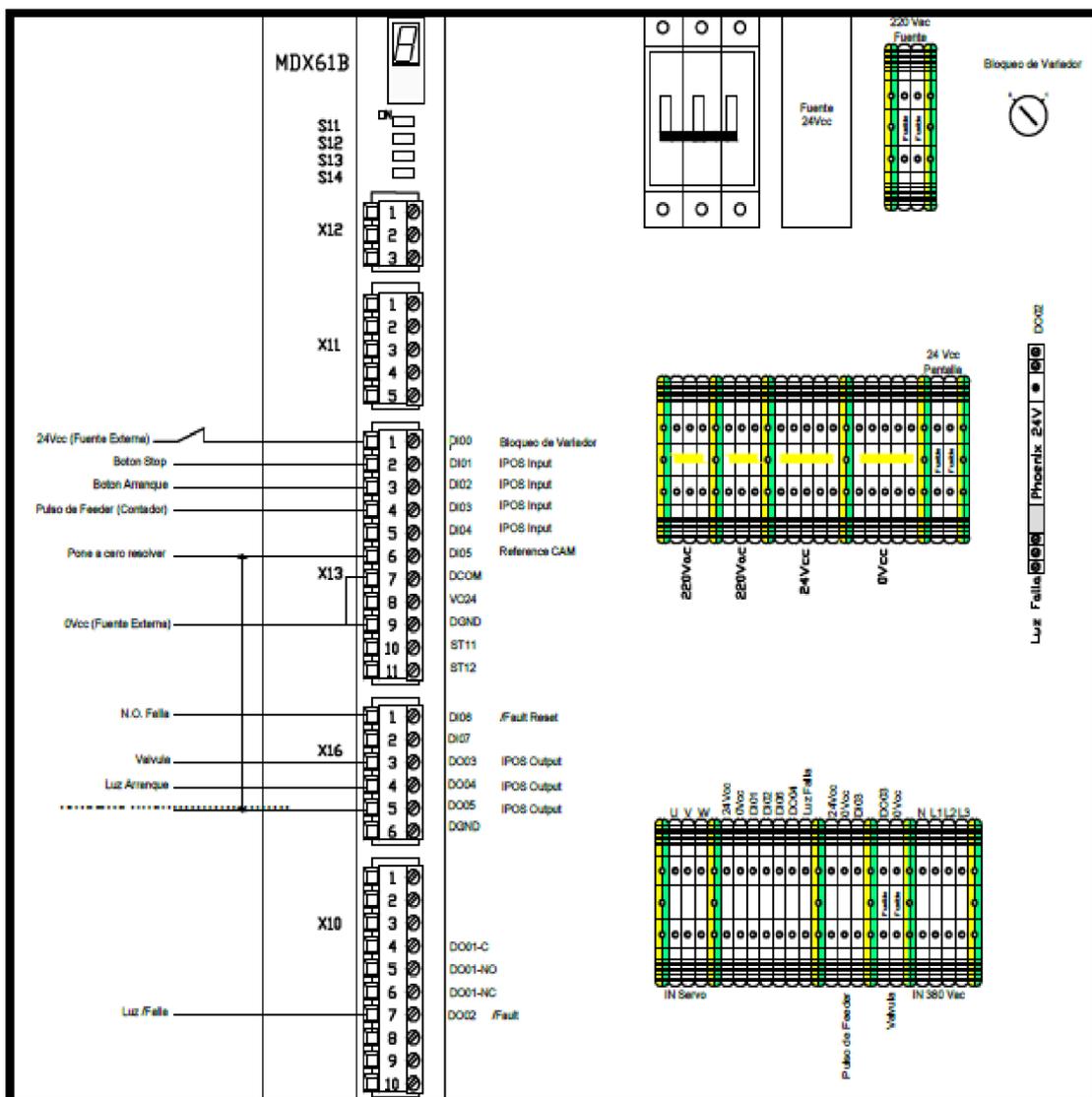


También se realizó un plano diferente en AutoCAD para mostrar los componentes interno del tablero principal como borneras, fusileras, fuentes y demás.

Se debe tener en cuenta que en los planos eléctricos no se dibujó la conexión de los ventiladores de refrigeración ni tampoco al tomacorriente auxiliar con el fin de que el plano sea más entendible y solo figure las conexiones necesarias para que el apilador funcione.

Figura 73.

Componentes esenciales del tablero principal.



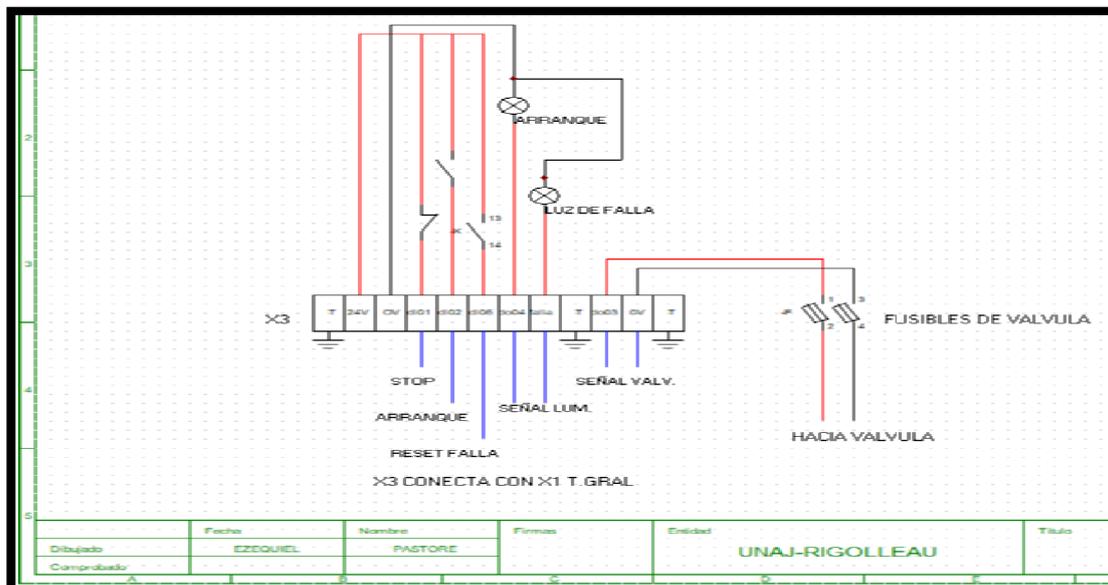
D-3.5. Plano Eléctrico Del Tablero Secundario. El tablero secundario se realizó para evitar que la electrónica del apilador se exponga al medio húmedo y caluroso y para cumplir con la seguridad del operador disponiendo de una parada de emergencia frente al equipo. Solo tiene los botones necesarios para dar arranque, parar (parada de emergencia) y resetear la falla del variador de frecuencia. En su interior tiene la bornera X3 donde se interconecta con la X1 del tablero principal o general, cuya tensión es de 24 Vcc que alimenta a los pulsadores y a las luces indicadoras de encendido y de falla. A su vez, se protege por medio de fusibles a la señal eléctrica de la electroválvula proveniente del variador de frecuencia.

Es un tablero fácil de armar y con una gran importancia porque garantiza la seguridad de los operadores y su comodidad. La **figura 74** ilustra el plano eléctrico del tablero secundario.

Se utilizó un multicable de 12 hilos para interconectar a las borneras X1 y X3. Los cables de potencia y control del servomotor no entran al tablero de 24 Vcc.

Figura 74.

Plano eléctrico del tablero secundario del apilador.



D-3.6. Referencia De Los Productos Eléctricos Por Catálogos. Se realizó la lista de los productos eléctricos con cantidades y referencias de cada uno.

Tabla 8.

Componentes eléctricos de los tableros del apilador.

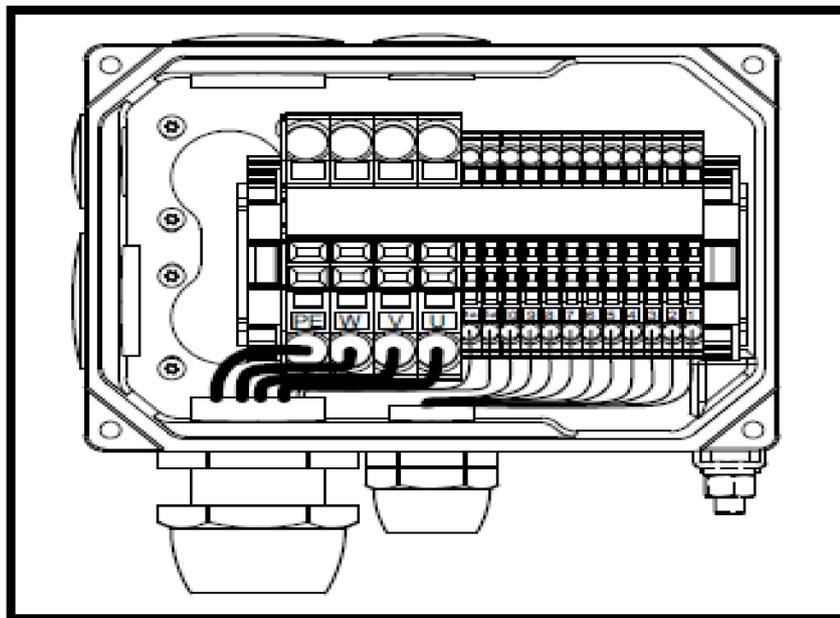
ELEMENTO	REFERENCIA	UNIDADES
Tablero de metal 600x600x300 con puerta ciega	NSYCRN66300	1
Tablero de metal 300x250x150 con puerta ciega	NSYCRN252150	1
Placa de montaje metálica de 600x600	NSYMM66	1
Placa de montaje metálica de 300x250	NSYMM3025	1
Carril DIN de 280 mm de longitud	NSYCS300PLM	2
Prensacable M20	NSYCGSP20	7
Canaleta de cableado PVC gris de 50x50 longitud 2 mts.	AK2GD5050	1
Tapa canaleta PVC 50x50	AK2CD50	1
Canaleta de cableado PVC gris de 25x25 longitud 2 mts.	AK2GD2525	1
Tapa canaleta PVC 25x25	AK2CD25	1
Bornera 2,5 mm	NSYTRV22	38
Bornera tierra 2,5 mm	NSYTRV22PE	15
Bornera 6 mm	NSYTRV62	7
Bornera tierra 6 mm	NSYTRV62PE	4
Bornera fusilera extraible	NSYTRV42SF5	6
Plug-in puente borneras 2 polos x 50	NSYTRAL22	1
Zócalo + relé de carril DIN x 10 unidades, 24 Vcc/ 6 A	RSL1PVBU	1
Int. Termomagnético Easy9 3P+N 10A curva C, 4.5 kA	EZ9F34410	1
GOLPE DE PUÑO CON CONTACTO NC	XB4BS8444GEX	2
LLAVE BLOQUEO VARIADOR CON CONTACTO NC/NA	XB4BD25GEX	1
PULSADOR ARRANQUE CON NA + LED VERDE	XB4BP381EX	2
PULSADOR RESET FALLA CON NA + LED ROJO	XB4BP482EX	2
FUENTE DE 220 Vca A 24Vcc POR 2,5 A SEW	UWU52A	1
ANILLO DE FERRITA 2 PULGADAS, SEW	813 325 5	1
CABLE POTENCIA SEW	13251619	1
CABLE RESOLVER SEW	LI9YCY	1
PANTALLA INTERFAZ HMI SEW DOP11B-40	1820 9718	1
VENTILADOR DE 85 m ³ CON FILTRO 230 Vac	NSYCVF85M230DG	1
VENTILACIÓN CON FILTRO	NSYAG92LPF	1
FUSIBLE ULTRA RÁPIDO 16 A	MGN FUAR0016	4

D-3.7. Conexiones Eléctricas. Ya estamos en condiciones de conectar los tableros y el motor. Es recomendable siempre que los cables del lado del apilador estén protegidos por bandeja, fundas trenzadas, tubo de protección, etc. para evitar daños en la instalación debido a las temperaturas elevadas e impedir que entren en contacto con algún artículo caído de la cinta de transporte que, dependiendo del producto, aproximadamente tienen una temperatura de 500 °C. Al tablero principal se lo protegió con fusibles de 15 A por 600 Vac a fin de brindar protección a la llave termomagnética y al variador de frecuencia. A la fuente de corriente continua se protegió con fusibles de 2 A por 250V y a la señal de la electroválvula y el HMI con fusibles de 1 A.

- conexión de los cables de potencia y de control (resolver) en las borneras del servo:

Figura 75.

Borneras del servomotor.



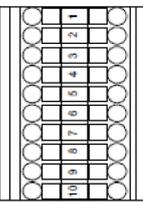
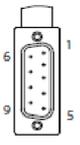
Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 44), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11413506.pdf>

En la **figura 75**, los 4 cables gruesos representan a la instalación de potencia que está ubicado a la izquierda de la bornera del motor y se debe respetar el orden al conectar al variador de frecuencia. A su vez, los cables finos representan al multicable del resolver, el borne número 1 se ubica del lado derecho. La **figura 76** identifica los números de contactos del sensor de posición en relación a los colores de los hilos conductores del cable apantallado.

Figura 76.

Diagrama de conexión del cable de resolver del servo hacia el variador.

Asignación de contactos del cable de resolver para RH.M / RH.L

Cable de resolver conexión de caja de bornas resolver RH1M para motores DFS / CFM				Conexión MOVIDRIVE® MDX61B		
Lado de conexión del motor	Nº de contacto	Descripción	Color del hilo	Descripción	Nº de contacto	Conector enchufable Vista Y
	1	R1 (Referencia +)	Rosa (PK)	R1 (Referencia +)	3	
	2	R2 (Referencia -)	Gris (GY)	R2 (Referencia -)	8	
	3	S1 (Coseno +)	Rojo (RD)	S1 (Coseno +)	2	
	4	S3 (Coseno -)	Azul (BU)	S3 (Coseno -)	7	
	5	S2 (Seno +)	Amarillo (YE)	S2 (Seno +)	1	
	6	S4 (Seno -)	Verde (GN)	S4 (Seno -)	6	
	7	n.c.	-	n.c.	4	
	8	n.c.	-	-	-	
	9	TF / KTY +	Marrón (BN) / Violeta (VT) ¹⁾	TF / KTY +	9	
	10	TF / KTY -	Blanco (WH) / Negro (BK) ¹⁾	TF / KTY -	5	

1) Asignación doble para aumentar la sección

Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 45), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11413506.pdf>

El lado izquierdo de la **figura 76** muestra la conexión del cable de control al motor y el lado derecho a la ficha que conecta en el variador de frecuencia. Los cables del 1 al 6 son utilizados para determinar la posición del motor, mientras que los cables 9 y 10 sirven para censar la temperatura del servo. Es muy importante conectar la malla del cable apantallado a tierra para evitar ruido eléctrico o interferencia a la entrada del variador de frecuencia.

- Para conectar la alimentación del variador se aconseja utilizar un anillo de ferrita para filtrar posibles interferencias de la línea eléctrica a la entrada del variador de frecuencia. Se deben pasar solamente las tres fases por el anillo completando cinco vueltas.
- protección del variador de frecuencia:

Figura 77.

Protección del variador de frecuencia.

MOVIDRIVE® MDX60B/61B...5_3	Corriente alterna de cortocircuito de red máxima	Tensión de alimentación máx.	Fusibles admisibles máximos
0005/0008/0011/0014	5000 A _{CA}	500 V _{CA}	15 A / 600 V _{CA}

Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 48), SEW EURODRIVE, 2010, [https://download.sew-](https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16837703.pdf)

[eurodrive.com/download/pdf/16837703.pdf](https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16837703.pdf)

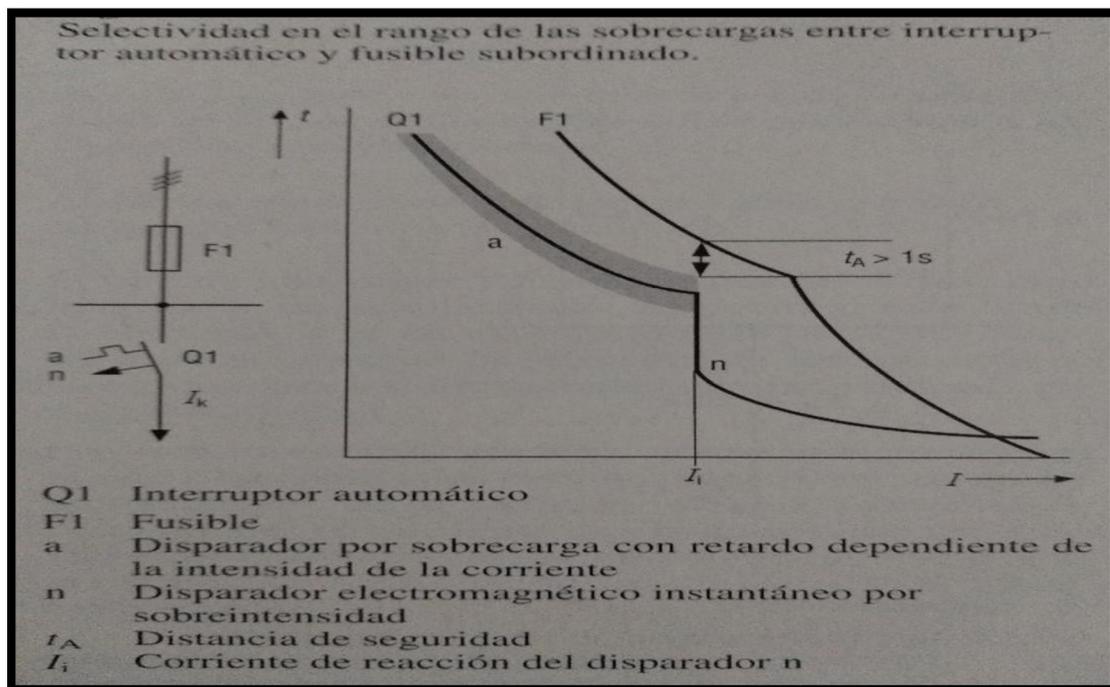
La protección del tablero principal se realizó con fusibles de 15 A / 600 Vac y el portafusible de 4 polos (3 fases + neutro) o seccionador bajo carga que deben ser capaz de soportar una corriente de impulso de al menos 5 KA en caso de un cortocircuito. Si ocurriese un daño en el interior del variador de frecuencia, sobre la parte primaria del circuito, su daño será irreversible aún con las protecciones que nos recomienda el fabricante, pero lo que se evita es que la unidad explote y que posteriormente pueda ser reparable a un costo mucho más bajo. Si ahora tenemos un cortocircuito en los cables de potencia que van hacia el servomotor, no hay de qué preocuparse, la electrónica del variador de frecuencia interrumpirá la alimentación del motor indicando el motivo con un código de falla que se visualizará en su

display para luego ser consultado en el manual de usuario o también informar a través de la pantalla de interfaz acerca del motivo de la falla.

En la **figura 78** se observa las curvas de combinación de protección de fusible con interruptor termomagnético, donde la curva “a” representa a la actuación térmica del interruptor y la “n” a la magnética. Luego, si nos movemos hacia la derecha (incrementa la corriente del cortocircuito) se verá la curva de protección del fusible y actuará en un tiempo menor. Por ejemplo, si existe un sobrecalentamiento por exceso de carga, actuará el interruptor térmico, en cambio, si es un cortocircuito el interruptor magnético abrirá el circuito y si la corriente es muy grande, los fusibles actuarán prácticamente al instante.

Figura 78.

Curva de protección termomagnética.



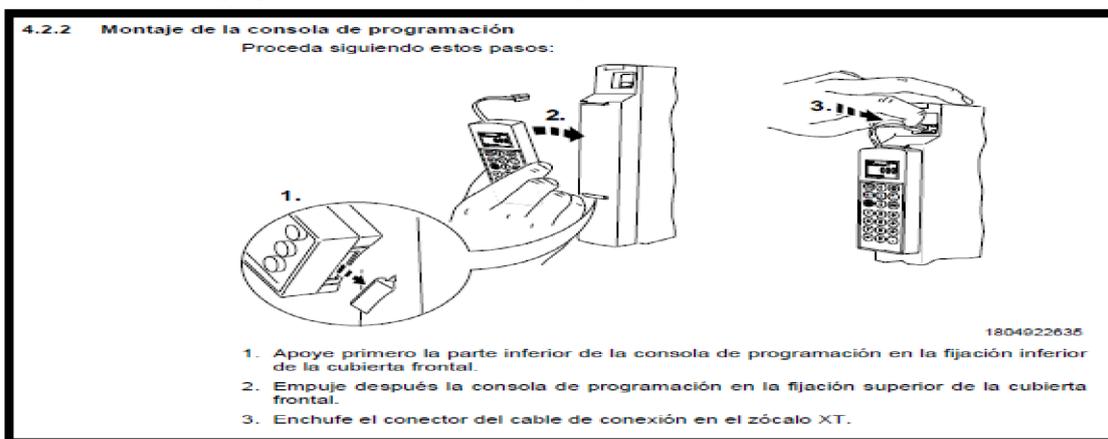
Nota. Tomada de Manual de baja tensión (p. 197), por Siemens, 2da ed., MCD Verlag.

D-4. Programación Y Ajustes Por HMI Del Sistema Apilador

Es momento de introducir la lógica al apilador, que siga una rutina de un programa y que nos permita realizar ajustes operativos de la manera más sencilla y comprensible. El programa como cualquier otro debe ser corto y siempre con comentarios al costado de las líneas para que nos ayude a interpretar mientras lo vamos desarrollando. Por otra parte, la pantalla de ajuste que tiene el operador de la máquina debe ser capaz de interpretarse con facilidad y permitir modificaciones de las variables rápidamente mientras que, en un menú interno se puedan acceder a herramientas para determinar fallas y ajustar límites de corrientes para los usuarios especializados o técnicos. En caso de que no cuenten con la pantalla de interfaz, el variador admite por medio de un conector RJ10(zócalo XT) a una consola de programación para alterar valores escritos en la memoria (por ejemplo, las posiciones del apilador), visualizar variables como la corriente, RPM, etc. con gran facilidad.

Figura 79.

El uso de la consola de programación como alternativa a la pantalla HMI.



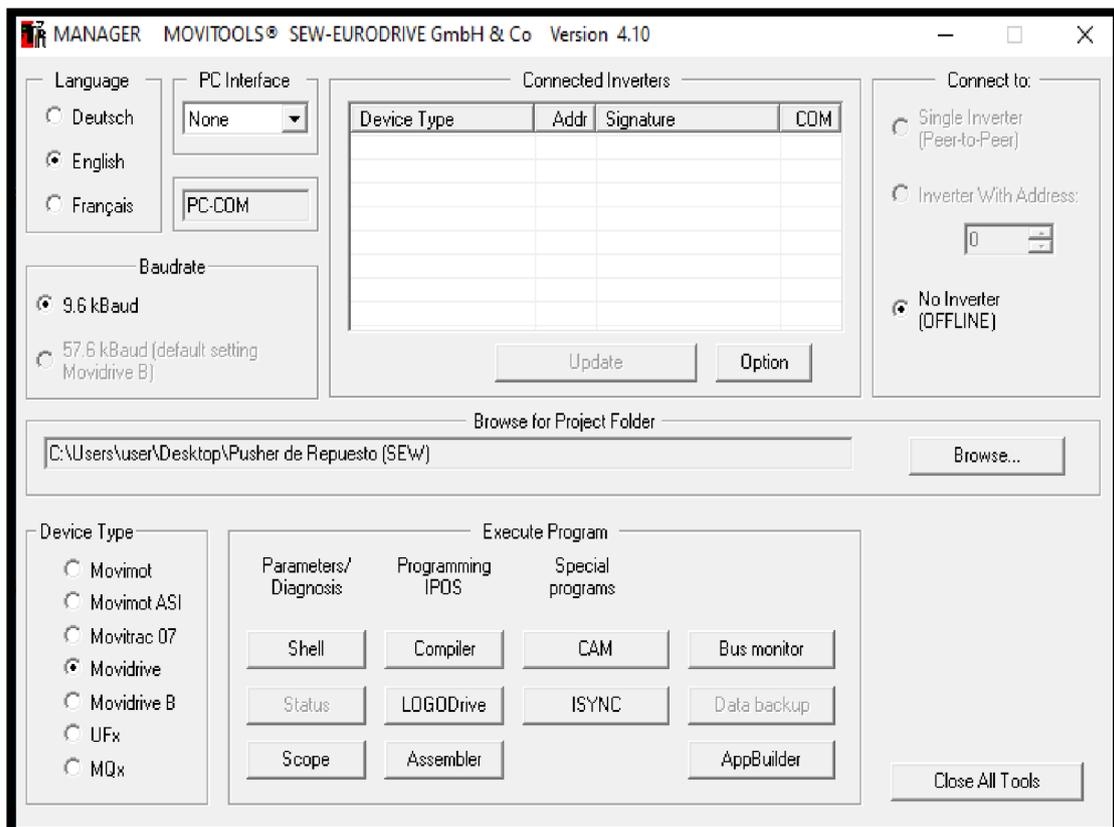
Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 48), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16837703.pdf>

D-4.1. Tipo De Lenguaje Y Elementos Para Programar. El variador de frecuencia se programó con una aplicación llamada Manager Movitools. Dentro de la misma aplicación nos indicará varias opciones para seleccionar que van desde el puerto de comunicación, el modelo del variador y el lenguaje, luego se podrá realizar un diagnóstico o una programación a partir de los distintos lenguajes que la versión del variador admita.

Para el variador de la serie MDX61B0014-5A3-4-00 se seleccionó Movidrive B y se habilitó los modos de programación disponibles como Compiler, Assembler, ISYNC y CAM (los últimos dos son del tipo gráfico). Una vez seleccionado el tipo de lenguaje, nos dirige a otra aplicación interna donde se podrá abrir un proyecto nuevo, cargar o guardar.

Figura 80.

Aplicación para programar el variador de frecuencia.

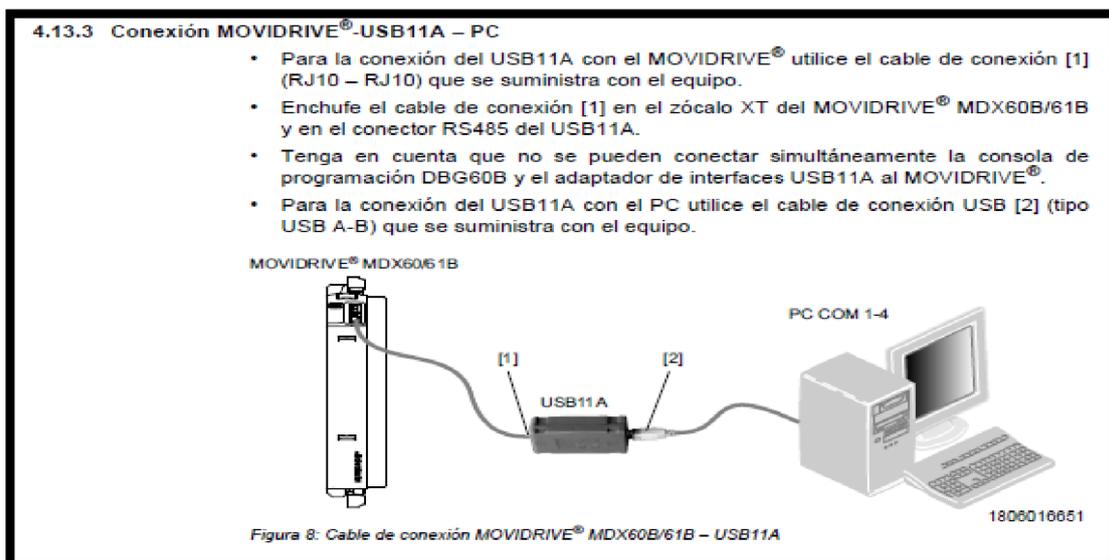


Para programar al variador se necesitó de una PC de bajo recursos y una conexión o adaptador Movidrive. Hay dos versiones disponibles, pero en nuestro caso se contó con un adaptador USB11A.

- Con puerto serie: UWS21B
- Con puerto USB: USB11A

Figura 81.

Adaptador Movidrive USB11A.



Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 75), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16837703.pdf>

D-4.2. Programa Del Apilador. El lenguaje con el que se programó el variador de frecuencia fue el assembler que es de bajo nivel. Un lenguaje de bajo nivel se refiere a que sus instrucciones son muy cercanas a los lenguajes del microcontrolador. Se sigue utilizando este tipo de lenguaje para programar drivers, tareas del sistema operativos que pueden ser críticas o controladores. No debemos confundir un lenguaje ensamblador con un lenguaje máquina que codifica bit a bit (los bits son representados por cero o uno), y esta codificación binaria es

lo que ejecutará directamente el procesador/CPU del variador. Sin embargo, es difícil codificar de esta manera para los programadores porque si queremos escribir instrucciones precisas para el microcontrolador, no lo hacemos con el lenguaje máquina sino con el assembler que luego es compilado y traducido en cadenas de bits o bytes.

El lenguaje permite escribir instrucciones como un texto, y un compilador traducirá las instrucciones al lenguaje máquina que hemos comentado.

Por ejemplo, podemos ver cómo funciona el lenguaje máquina: 1110 0001 1010 0000 0100 0000 0000 0101, no entendemos prácticamente nada. Quizás es más fácil saber cómo funciona assembler y la traducción sería: MOV R8, R5 que significa que el valor que hay en el registro R5 sería copiado al registro R8.

Las instrucciones tienen una correspondencia casi directa porque estamos moviendo datos, añadir o sumar valores, calcular las posiciones que hay en memoria, etc.

Características del lenguaje assembler:

- Un lenguaje de bajo nivel es más difícil de entender que un lenguaje de alto nivel, como puede ser Java.
- Los lenguajes ensambladores ofrecen un control muy preciso de todas las instrucciones y tareas que realiza el procesador.
- El código fuente escrito en assembler está pensado para que se ejecute para un procesador concreto. Eso significa que es más complicado que sea portable para otras máquinas (desventaja) pero que es mucho más eficiente porque consume menos recursos (ventaja).

A continuación, se escribe la secuencia a seguir por el programa del apilador:

- 1) Se da inicio al variador desactivando las paradas de emergencias (1) de ambos tableros y pulsando el pulsador de arranque de cualquiera de ellos (2).

Figura 82.

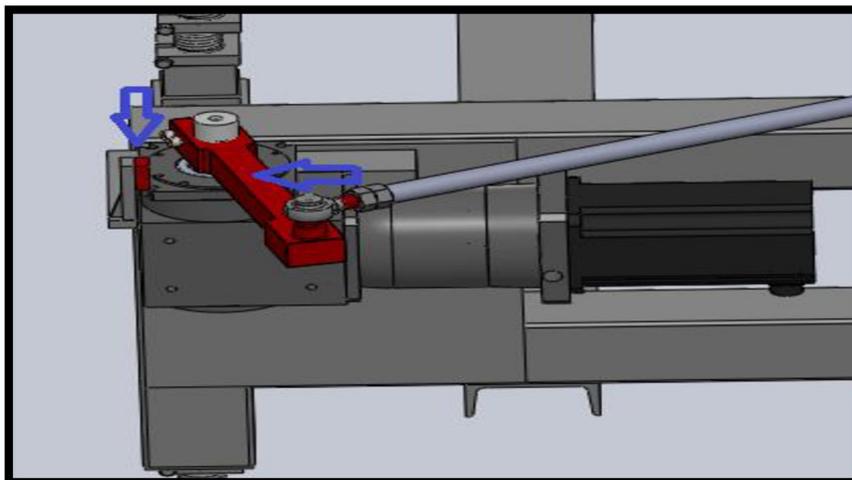
Fotografías de los tableros principal y secundario.



- 2) La luz de arranque parpadea mientras el apilador se mueve lentamente sobre el plano X-Y, dirigiendo la manivela muy lentamente hacia el tope mecánico.

Figura 83.

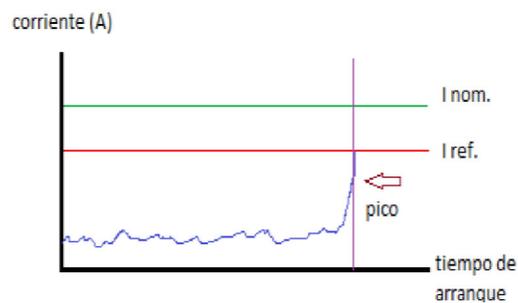
Representación de la búsqueda de la posición de referencia o cero.



- 3) Cuando el apilador haga tope mecánico con la manivela, la corriente hará un pico y superará a la de referencia. En ese instante se escribe la posición de referencia con el valor de cero.

Figura 84.

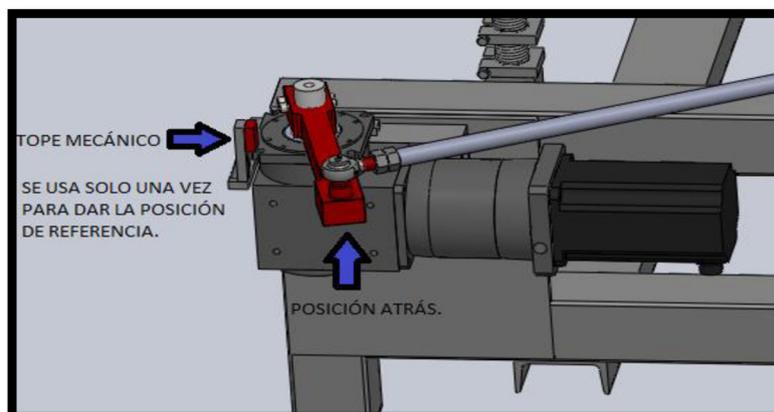
Corriente de referencia establecida como porcentaje de la nominal del servo.



- 4) Luego irá a su posición de atrás que debe ser mayor a cero para evitar que el apilador golpee al tope cada vez que termine un ciclo.

Figura 85.

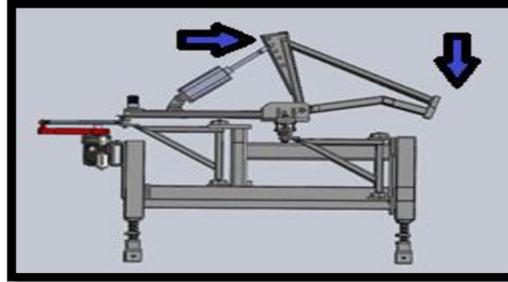
Ubicación del apilador en posición atrás.



- 5) La barra de empuje bajará al estar en la posición de atrás o de descanso.

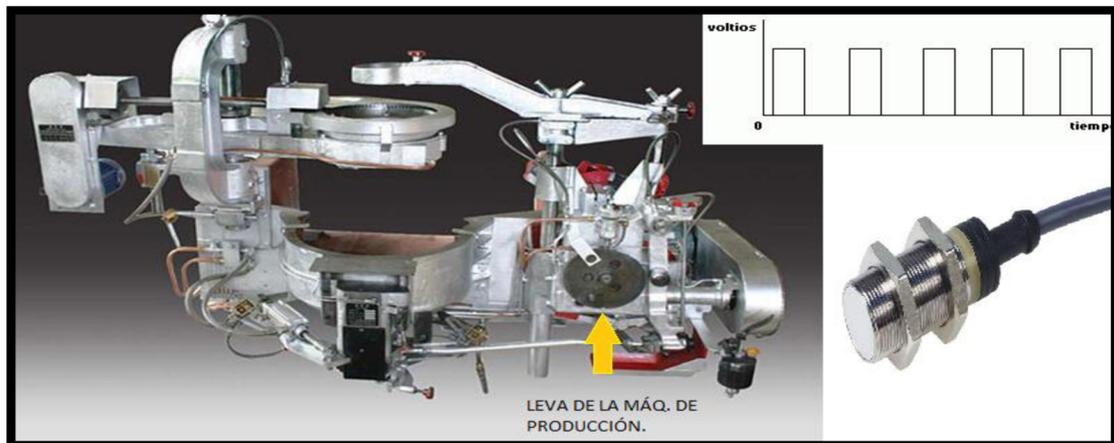
Figura 86.

Bajada de la barra de empuje al llegar a la posición de atrás.



- 6) El programa cuenta la cantidad de artículos a enhornar que fue asignado desde la pantalla HMI. La manera de hacer funcionar el contador es enviando los pulsos de sincronización de la máquina de producción a la entrada DI03 del variador. Si la máquina de producción no tiene timing, en su defecto se puede colocar un sensor inductivo sobre la leva del mecanismo alimentador o feeder. Los sensores inductivos tienen la particularidad de detectar metales y lo que deseamos es censar cada giro de la leva. Para censar el giro de la leva, solo basta con colocar un prisionero al mecanismo giratorio con cabeza saliente y ubicar el sensor inductivo a unos 5 milímetros de él.

Figura 87.

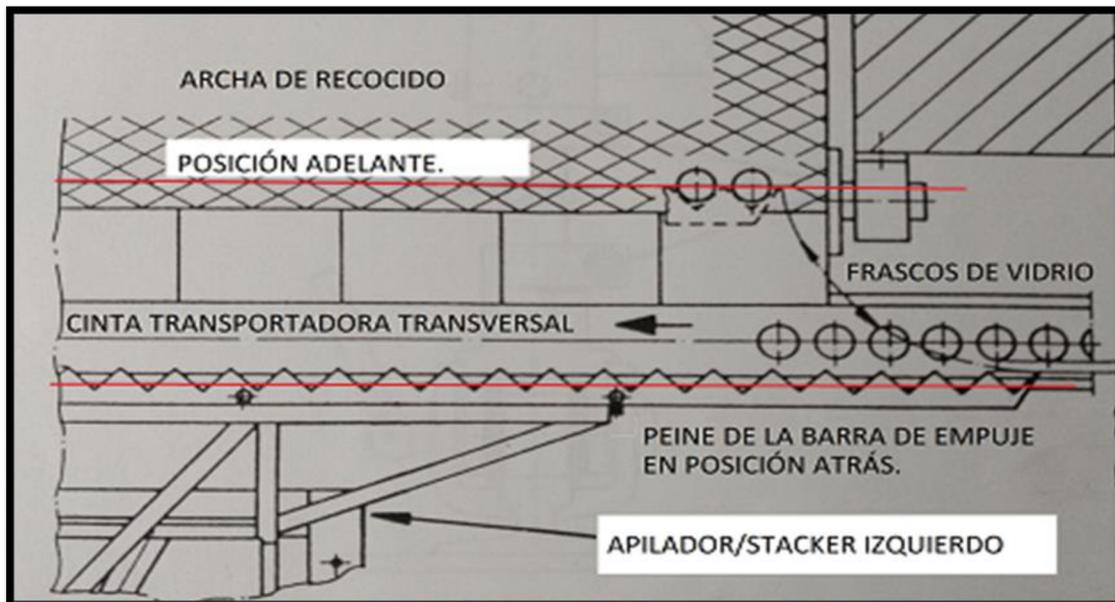


Pulsos eléctricos de la máquina de producción utilizado para la sincronización con el apilador.

- 7) Cuando el contador sea igual a 12, se resetea y simultáneamente el motor avanza con una velocidad y rampa de aceleración asignada. Cabe aclarar que cada pulso eléctrico de la señal de sincronización puede representar a una, dos o tres botellas fabricadas dependiendo si la máquina es simple, doble o triple gota. Las gotas posteriormente son transformadas en artículos de vidrio.

Figura 88.

Avance de la barra de empuje hasta la posición de adelante.



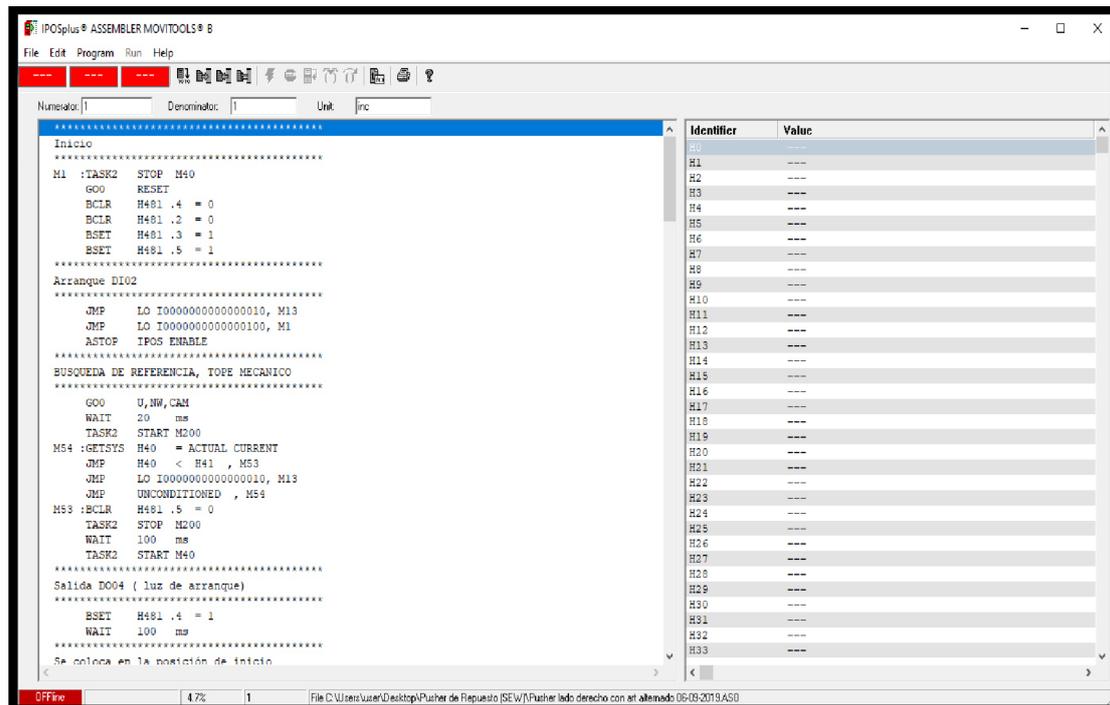
Nota. Adaptada de *Operating instructions Heye lehr loader* (p. 7.8.), Heye-Glas, 1997.

- 8) Antes de llegar a la posición de adentro, el motor bajará la velocidad y se detendrá en la posición de adelante.
- 9) El apilador levantará su barra de empuje.
- 10) El motor se desplazará con otra velocidad hacia la posición de atrás y una vez allí, bajará la barra y comparará su contador con el valor de 12 para iniciar nuevamente el ciclo.

La aplicación para programar al variador de frecuencia con assembler se llama Assembler Movitools.

Figura 89.

Captura de pantalla del programa del apilador.



Se observa del lado izquierdo las líneas del programa y del derecho a la tabla de variables que arrancan desde H0.

Al programa se le agregó un contador interno que se puede activar para simular los pulsos de la máquina de producción por si no está en marcha y se desea arrancar el apilador, además se configuraron retardos como el de arranque del apilador que se usa para sincronizar con la cinta de transporte o el de la subida de la barra de empuje con una variable de posición a retroceder que son utilizados para evitar que exista rozamiento con los artículos introducidos en el horno de recocido continuo porque la velocidad del tejido del archa de recocido es tan lenta que parece estar detenida.

D-4.3. HMI. ¿Qué significa HMI? HMI significa “Human Machine Interface” y es el dispositivo o sistema que permite la interfaz entre la persona y la máquina. En el apilador sería la pantalla donde se puede realizar los ajustes tanto operativos como técnicos. ¿Se puede operar la máquina sin ella? Claro que sí, pues solo se utiliza para leer, escribir variables y ver estados del sistema.

Hay varios modelos de pantalla HMI de SEW Eurodrive. En el proyecto del apilador se contó con el modelo DOP11B-40 que tiene las siguientes prestaciones:

Figura 90.

Pantalla HMI.



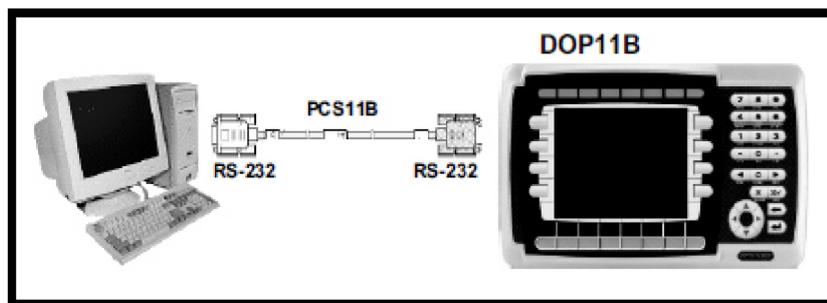
Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 19), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16642902.pdf>

Para conectarla a la PC y parametrizarla se necesitó de:

- Un cable de conexión PCS11B, que es un cable serie de comunicación RS-232.
- Tener instalado la aplicación HMI BUILDER.
- La pantalla debe estar alimentada.

Figura 91.

Comunicación entre la PC y la pantalla HMI.



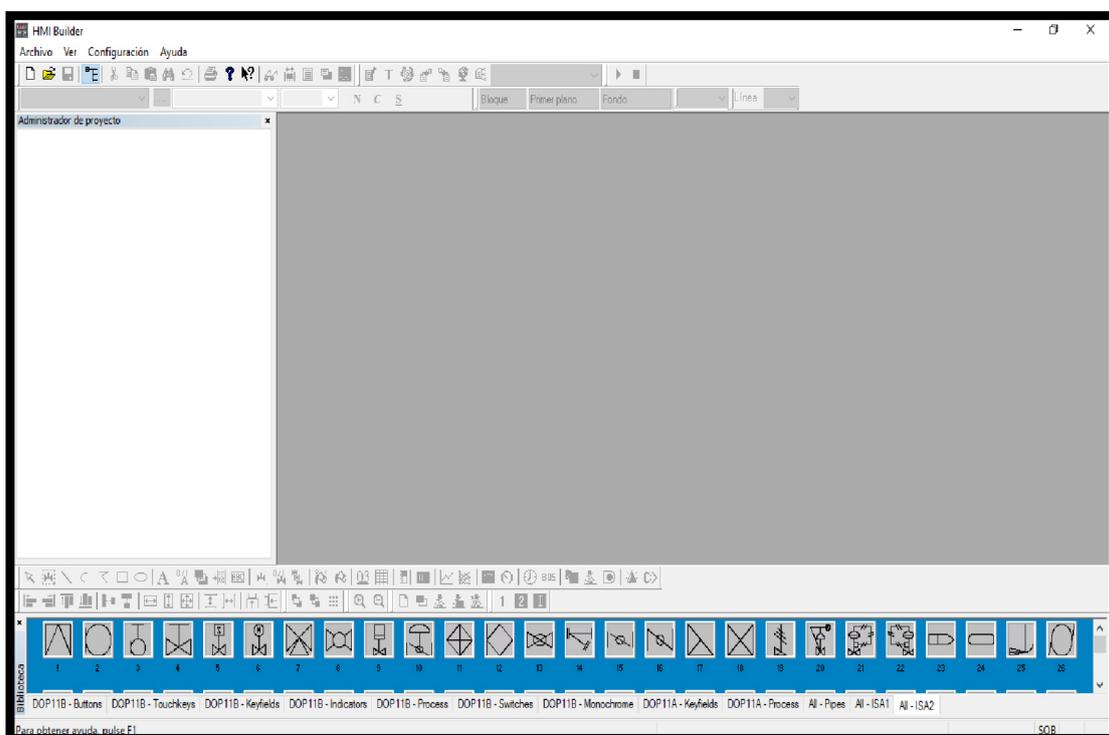
Nota. Tomada de Instrucciones de funcionamiento (p. 26), SEW EURODRIVE, 2010, <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16642902.pdf>

Es importante saber que una pantalla HMI puede ser compartida con más de un variador de frecuencia SEW Eurodrive y cualquier PLC mediante sus respectivos protocolos de comunicación. En caso de que instalemos el apilador en una máquina que dispone de un sistema de automatización SEW, se podrá utilizar la pantalla de interfaz para ambos sin necesidad de comprar otra. Además, la pantalla es capaz de interactuar entre variadores y PLC de manera digital y analógica. Se necesitaría una interfaz RS-232 y un protocolo de comunicación ASCII.

Para parametrizar la interfaz se necesitó instalar en la computadora la aplicación HMI BUILDER que se puede descargar desde la página de SEW Eurodrive. Una vez instalada la aplicación, la ejecutamos y mostrará la siguiente pantalla.

Figura 92.

Captura de pantalla del programa para parametrizar la pantalla de interfaz HMI.

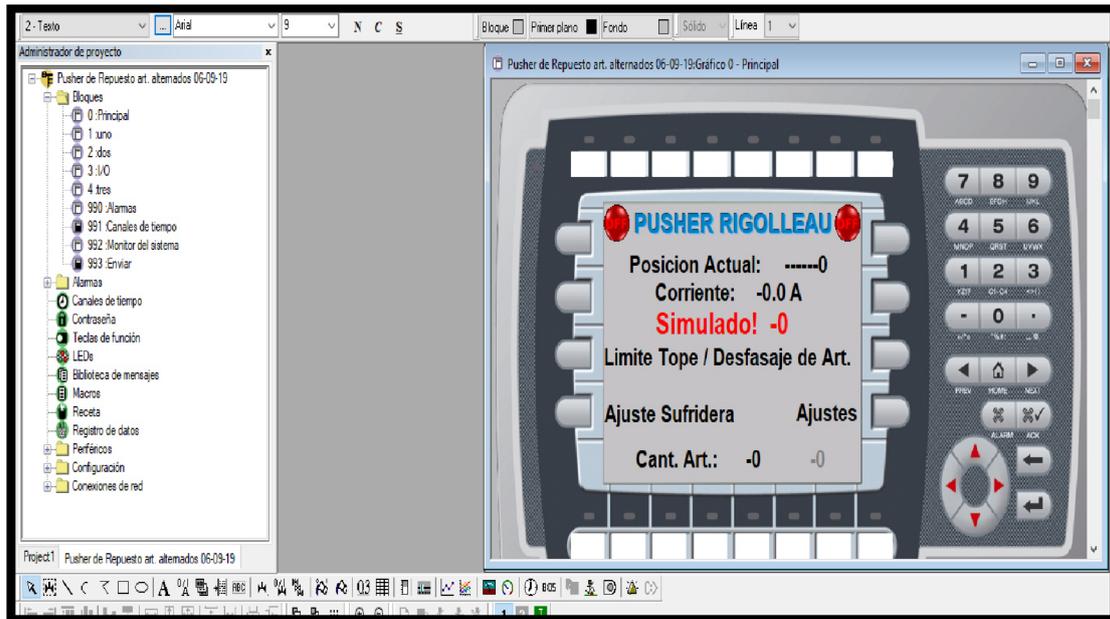


Como se puede observar, su programación es del modo gráfico en donde se podrán agregar elementos, gráficos y botones. Al abrir un nuevo proyecto se debe seleccionar la pantalla correspondiente, en nuestro caso se seleccionó DOP11B-40. Luego, al lado derecho de la pantalla se debe abrir sobre el administrador de proyecto, un nuevo proyecto. Allí mismo se abre una raíz con las funciones de bloques, alarmas, periféricos, configuración y configuración de red. Al entrar sobre los bloques se puede configurar la cantidad de páginas que se necesiten y sus funciones. Para el apilador se utilizaron cuatro pantallas: la principal, la uno, la dos, la de entradas y salidas (para uso técnico) y la tres.

- pantalla principal:

Figura 93.

Pantalla principal de ajustes del apilador.



En la **figura 93** se aprecia que hay opciones de límite tope, desfasaje de artículos, ajuste de sufridera y ajustes. En la parte más baja se observa el contador de artículos que allí mismo es donde se ajusta la cantidad de artículos a enhornar, para eso se debe bajar con la flecha del teclado y una vez ubicado arriba de cantidad de artículos ingresamos con la tecla numérica el valor deseado y luego entrar.

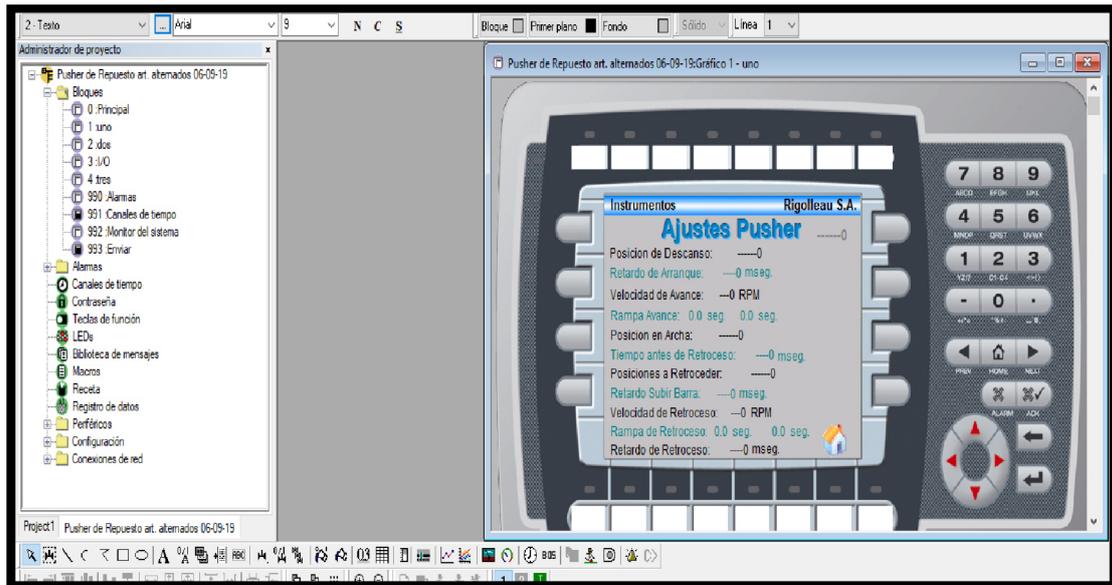
Para entrar en las demás pantallas de ajustes simplemente se toca el botón que se ubica al borde de la pantalla, como si fueran las teclas de un cajero automático.

Se puede visualizar la posición del motor, la corriente y la cantidad de artículos actuales. El mensaje de simulado desaparece al desactivar dicha función.

- Pantalla uno:

Figura 94.

Pantalla uno o de ajustes de los movimientos del apilador.

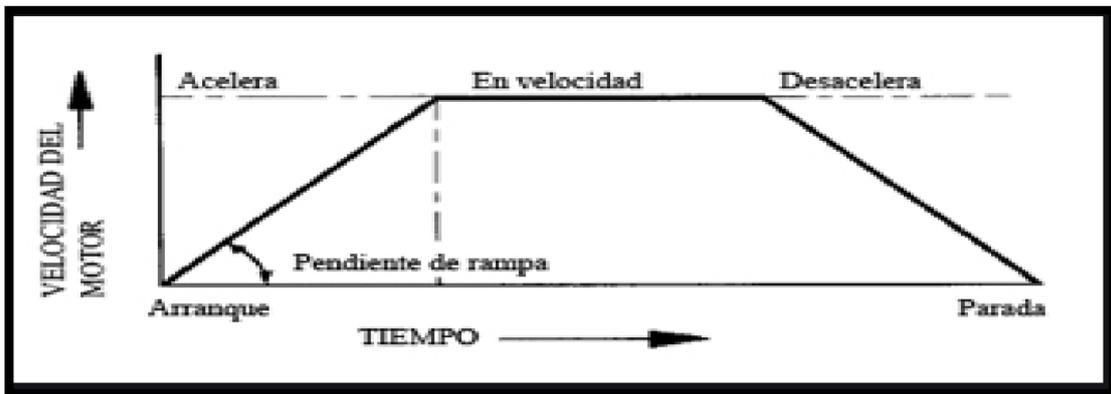


En la pantalla uno es en donde se ajustan las velocidades, retardos, rampas y posiciones. El concepto de rampa de avance y de retroceso se puede explicar con el gráfico de la figura 95. El motor parte del reposo en el tiempo $t=0$ y llega a su velocidad de avance en un tiempo Δt_1 para luego después de recorrer una determinada distancia, comience a desacelerar y llegar a su estado de reposo en un Δt_2 . Las rampas de avance o retroceso disponen de dos variables, ellos serían Δt_1 y Δt_2 . Por ejemplo, si el valor de Δt_1 fuera igual a 3 segundos significa que le llevará ese tiempo pasar del reposo a su velocidad de avance. Ahora si Δt_2 es igual a 0.5 segundos prácticamente sería una frenada brusca. Un buen valor de ajuste es dejar los Δt cerca de los 2 segundos.

Todo lo que se explicó es solo para el avance, para el retroceso vale la misma explicación porque tendrá su velocidad de retroceso y sus Δt_3 y Δt_4 correspondientes.

Figura 95.

Concepto de rampa de aceleración.



Nota. Tomada de Manual del variador DURApulse (p. 1.03), DURApulse, 2000, <https://cdn.automationdirect.com/static/manuals/qs3msp/ch4.pdf>

Las velocidades se pueden ajustar hasta las 3000 RPM que sería su nominal. Recordar que el mecanismo posee un reductor de aproximadamente 91 vueltas a 1 de tal modo que la biela pueda llegar a una velocidad angular máxima de 33 RPM.

Con respecto a las posiciones se pueden ajustar la de atrás que es cuando el apilador espera al contador y la de la posición de adelante que es donde dejará los artículos sobre el horno de recocido continuo. Por último, se agregó una posición a retroceder que se restaría a la posición de adelante, por ejemplo, si la posición en archa tiene 30.000 y la posición a retroceder 2.000, la posición para que suba la barra será la de 28.000 cuando comience el retroceso, evitando algún posible contacto con la mercadería.

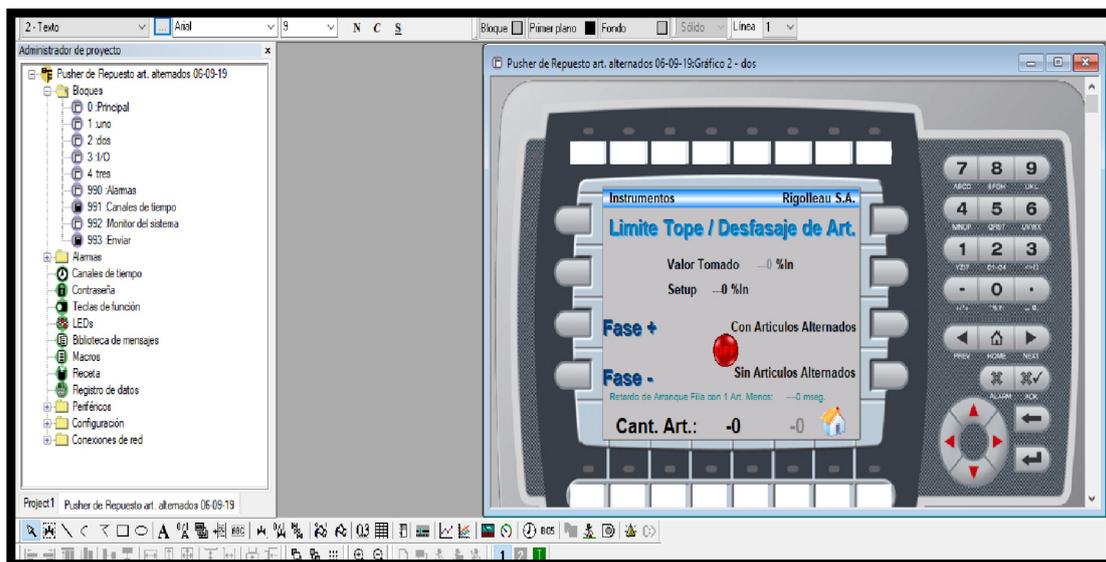
Por último, el retardo de arranque, de retroceso y la de subir barra son agregados con dos propósitos. El de arranque es para sincronizar la barra con los artículos al empujar para

evitar arrastrar una botella por la mitad y los otros dos retardos son usados para impedir contacto de los productos al subir la barra.

- Pantalla dos:

Figura 96.

Pantalla dos o de ajuste del aprendizaje de la posición cero por corriente.



En esta pantalla se ajusta el porcentaje del valor de la corriente nominal para que el sistema pueda reconocer la posición de referencia cuando se arranca el apilador. Por ejemplo, si en setup ponemos el valor de 50 y sabemos que la corriente nominal es de 2.8 A, cuando la corriente supere el valor de 1.4 A el variador a esa posición actual le asignará como posición cero, producto al pico de corriente causado por la manivela chocando contra el tope mecánico.

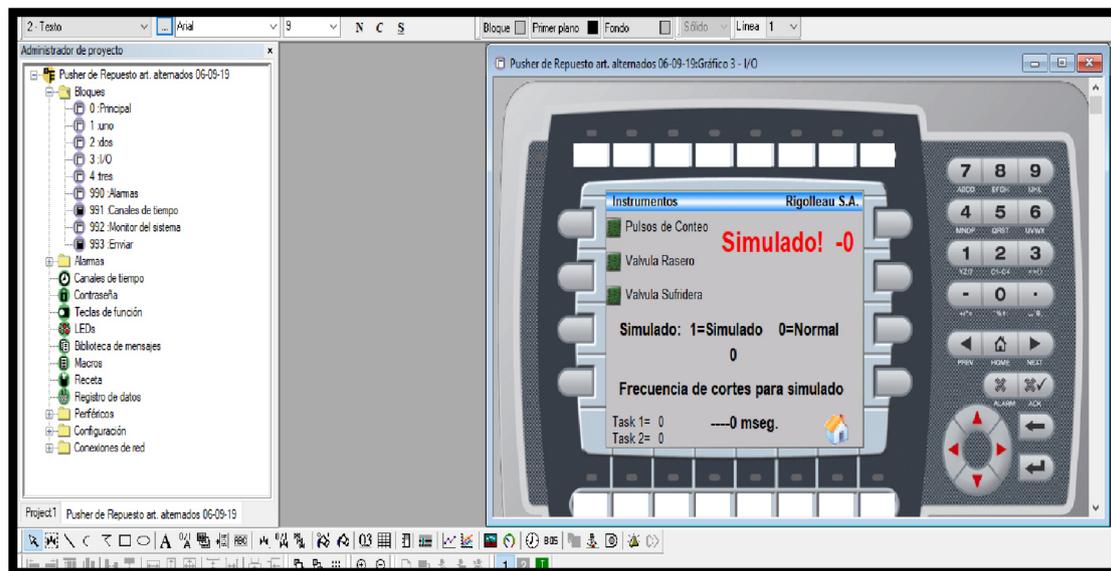
Lo que se visualiza mas abajo como fase + y fase -, es utilizado si se habilita la opción de artículos alternados. Esto fue un pedido del departamento de Producción porque hay casos en que una máquina de producción se encuentra produciendo dos artículos distintos de manera simultanea, por ejemplo, tres sectores hacen un vaso rayado y los otros tres hacen un

vaso liso, entonces con esa función ajustamos con la fase de la máquina de producción para dejar los vasos lisos de un lado del archa de recocido y el rayado del otro lado facilitando la tarea en la zona de revisión y de control de calidad.

- Pantalla I/O:

Figura 97.

Pantalla de entradas y salidas de señales eléctricas.

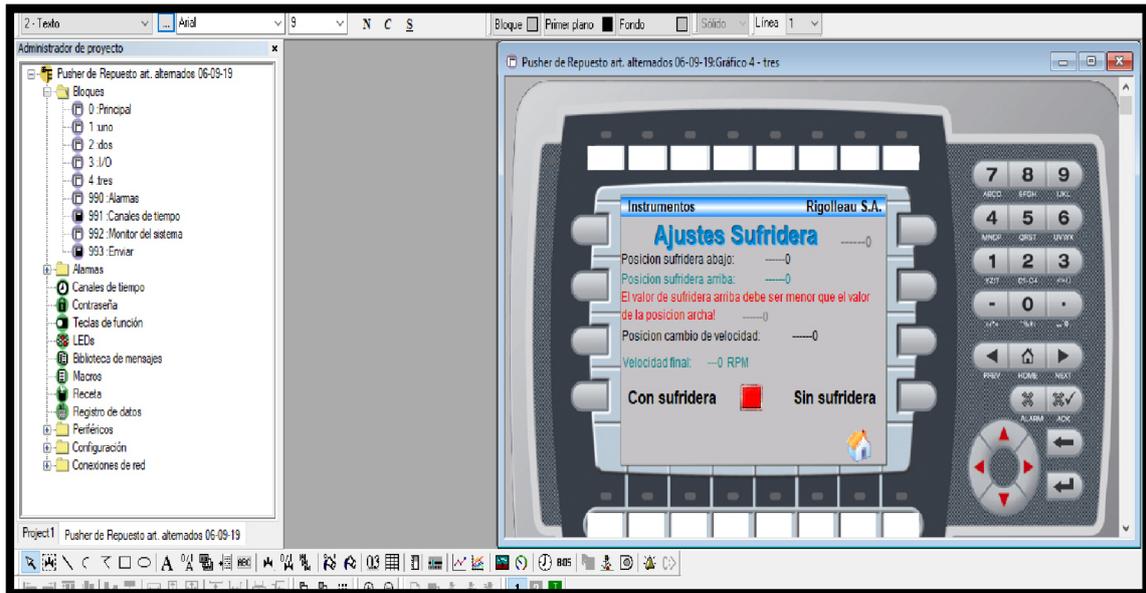


Aquí tiene un acceso el personal de mantenimiento donde puede observar las salidas eléctricas activando la casilla verde con un color mas claro. Se puede simular y modificar la frecuencia de ciclos de la máquina de fabricación en caso que la misma se encuentre parada.

- Pantalla tres:

Figura 98.

Pantalla tres o de ajuste de sufridera.



En la última pantalla se agregó una función para la sufridera que es un mecanismo que se realizará en otra oportunidad. Se puede observar en la figura 7 como sería el funcionamiento de la barra en paralelo a la de empuje y su actuación que es por medio de un pistón neumático mucho más chico, cerrando la barra de sufridera para que “abrazce y acompañe” a los artículos con problemas de estabilidad. Luego abriría la sufridera para que suelte los artículos dentro del archa de recocido y pueda levantar la barra de empuje. En definitiva, la señal de la barra de sufridera se configuró en intervalos de posiciones y servirá para frascos medicinales, perfumería y artículos de gran altura con poca superficie de apoyo.

D-5. Referencias

Bibliografías:

Robert L. Norton, R. L. (4^{ta} Ed.). (2009). *Diseño de máquinas*. Naucalpan de Juárez, Estado de México: Prentice Hall.

Siemens. (2000). (2^{da} edición). *“Manual de baja tensión”*. Munich, Alemania: Publicis MCD.

Catálogos:

Micro automatión <https://ar.microautomacion.com/es/productos/>

SKF https://www.skf.com/binary/87-121486/0901d19680416953-10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf

THK <https://www.thk.com/?q=es>

Schneider Electric <https://www.se.com/ar/es/all-products/>

Sew Eurodrive <https://www.sew-eurodrive.com.ar/inicio.html>

DURApulse <https://cdn.automationdirect.com/static/manuals/gs3msp/ch4.pdf>

Descargas de piezas 3D:

<https://www.3dcontentcentral.es/Parts.aspx>

<https://www.skf.com/ar/knowledge-centre/engineering-tools/skf-bearings-housings-units-and-seals-cad-models-general-instructions.html>

<https://www.smcworld.com/cadlib/en-jp/>



PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA
SISTEMA APILADOR

Rev. 1

Fecha: 01/05/2020

Página 124 de 124

Firma del/a estudiante

Firma del/a Docente Supervisor/a