

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS  
FISICAS Y FORMALES**

**PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
MECANICA, MECANICA - ELECTRICA Y  
MECATRONICA**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS  
MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION  
CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO  
COMPONENTES DE NEUMÁTICA AVANZADA”**

**Tesis para optar el título profesional de:  
INGENIERO MECANICO – ELECTRICISTA  
INGENIERO MECATRONICO**

**Presentado por los Bachilleres:  
ANDRES ALBERTO GUZMAN HERRERA  
DARIO ALEJANDRO VILLEGAS BELLIDO**

**AREQUIPA – PERU**

**2014**

*A Dios, por iluminar mi camino y fortalecer mi espíritu para ser siempre mejor.*

*A mi padre Grober y mi hermano Antonio, por su sacrificio e incondicional apoyo.*

*A mi familia, por creer en mí e impulsarme a alcanzar mis metas.*

*Y por supuesto a mi madre Sheyla quien me guía desde el cielo en todo momento.*

*Andrés Alberto Guzmán Herrera*



*Agradezco a mi padre ~~Ciro~~, mis hermanos Elvira y Guillermo, a mi novia Cecilia por el apoyo constante a lo largo de mi carrera.*

*A mi amada madre María Elisa quien siempre estará presente en todos los aspectos de mi vida.*

*Darío Alejandro Villegas Bellido*

## RESUMEN

El sistema de producción modular MPS mediante una mesa giratoria de Indexación, es un trabajo de diseño, implementación y evaluación técnica que tuvo como objetivo principal el desarrollo general de un módulo automatizado que representa un proceso productivo en serie cuya finalidad es el aprendizaje y capacitación de futuros alumnos de ingeniería.

En el Capítulo I, se pueden ver el marco metodológico del proyecto donde se describen los objetivos, los alcances y la justificación del módulo.

Seguidamente podemos ver en el Capítulo II, el marco teórico que es el sustento del presente trabajo y nos sirve como soporte para el diseño.

En el Capítulo III, desarrollamos la Ingeniería del proyecto, donde se definen las medidas de la estructura, la selección y montaje de componentes.

Después podemos apreciar la programación del controlador y diseño del panel táctil en el Capítulo IV; para finalmente en el Capítulo V, registrar los costos reales del proyecto.

Como última acotación, estamos seguros que con este módulo se está contribuyendo al aprendizaje práctico de los alumnos del Programa Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica.

## ABSTRACT

The modular production system (MPS) using a rotative indexing board, is a work of design, implementation, and technical evaluation, which was mainly aimed at the overall development of an automated module that represents a production process, and whose objectives are aimed at future engineering students' learning and training..

In Chapter I, an overview of the project which describes the objectives is presented, including scope and rationale of the module.

Chapter II, contains the theoretical framework which is the basis of this work and serves as support for the design.

In Chapter III, the engineering project is developed and described, where measurements of the structure are defined, including the selection and assembly of components.

The programming of the controller design of the touchpad is presented in Chapter IV; and finally in Chapter V record the actual project costs are described.

As a last note, we are affirm that this module will contribute to student learning in the Professional Mechanical Engineering Program, Mechanical - Electrical and Mechatronics.

## INDICE

CAPÍTULO I - MARCO METODOLÓGICO .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Identificación de Problema.....	1
1.3. Justificación. ....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Alcances. ....	3
 CAPÍTULO II - FUNDAMENTO TEÓRICO .....	 5
2.1. Automatización. ....	5
2.1.1. Concepto.....	5
2.1.2. Objetivos de la Automatización. ....	5
2.2. Sistema Automatizado. ....	6
2.3. Sistemas Integrados de Producción. ....	7
2.4. Sistemas de Control Industrial. ....	8
2.5. La Pirámide de la Automatización.....	10
2.5.1. Nivel de Acción / Sensado (nivel de campo): .....	11
2.5.2. Nivel de Control (nivel de proceso):.....	11
2.5.3. Nivel de Supervisión (nivel de supervisión): .....	11
2.5.4. Nivel de Gestión (nivel de gestión):.....	12
2.6. Sistemas Mecatrónicos.....	12
2.7. Comunicaciones digitales. ....	13
2.7.1. Redes.....	13
2.7.2. Modos de Comunicación.....	15
2.7.3. Interfaces en las Comunicaciones Industriales. ....	16
2.7.4. Protocolos en las Comunicaciones Industriales. ....	19
2.7.5. Modelo OSI / ISO. ....	27
2.7.6. Modelo TCP/IP.....	37
2.8. Protocolo de Comunicación basado en TCP/IP.....	44
2.8.1. PROFINET. ....	44

2.9.	Interfaz Hombre Maquina HMI. ....	47
2.9.1.	Evolución de las interfaces hombre-máquina (HMI) .....	48
2.9.2.	Tipos de HMI .....	49
2.9.3.	Funciones de un software HMI .....	49
2.9.4.	Estructura general del software HMI .....	50
2.10.	Controlador Lógico Programable. ....	51
2.10.1.	Historia del PLC.....	51
2.10.2.	Ventajas del PLC.....	53
2.10.3.	Áreas de aplicación del PLC. ....	54
2.10.4.	Estructura de un PLC. ....	55
2.10.5.	Dispositivo programador de un PLC.....	59
2.10.6.	Lenguajes de Programación de un PLC.....	61
2.11.	PLC SIEMENS S7-1200. ....	69
2.11.1.	Funciones básicas del PLC SIEMENS S7-1200. ....	70
2.11.2.	Características del PLC SIEMENS S7-1200.....	70
2.12.	Software TIAPORTAL.....	81
2.13.	Panel táctil SIEMENS KTP 400. ....	82
2.13.1.	Funciones de la pantalla táctil SIEMENS KTP400.....	83
2.13.2.	Beneficios del uso de una pantalla táctil SIEMENS KTP400.....	85
2.14.	Sistema de producción modular (MPS). ....	85
2.14.1.	Beneficios del sistema de producción modular. ....	86
2.14.2.	Manufactura de Clase mundial.....	87
CAPÍTULO III - DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO .....		91
3.1.	Introducción .....	91
3.2.	Descripción del Sistema Mecánico por subsistemas .....	92
3.2.1.	Subsistema de Alimentación – ALIMENTADOR.....	92
3.2.2.	Subsistema de Transporte/Maquinado – MESA INDEXADORA ....	101
3.2.3.	Subsistema de Transporte y Almacenaje – TRANSPORTADOR...	104
3.3.	Sistema Eléctrico – Electrónico .....	120
3.3.1.	Introducción .....	120
3.3.2.	Motor de Mesa Indexadora.....	121

3.3.3. Motor de Mesa Transportadora .....	123
3.3.4. Tecnología del controlador PLC Siemens S71200 .....	124
3.3.5. Pantalla táctil HMI Siemens KTP400 .....	125
3.3.6. Mandos de Control .....	125
3.3.7. Sensores .....	126
3.3.8. Dispositivo electromagnético:.....	129
3.3.9. Fuente de alimentación: .....	132
3.3.10. Termomagnético de Protección:.....	133
CAPÍTULO IV - DESARROLLO DEL PROGRAMA EN EL PLC Y DISEÑO DEL HMI. ....	134
4.1. Configuración del controlador PLC. ....	134
4.1.1. Creación de un proyecto nuevo.....	134
4.1.2. Programación y compilación del programa. ....	136
4.1.3. Programación en lenguaje grafico de contactos o ladder (LD) ....	143
4.2. Desarrollo de la interfaz gráfica en la pantalla táctil.....	170
4.2.1. Variables pantalla táctil.....	171
4.2.2. Diseño y configuración de pantallas. ....	172
CAPÍTULO V - ANALISIS DE COSTOS .....	180
5.1. Definición. ....	180
5.2. Elementos de producción.....	180
5.2.1. Materia prima. ....	180
5.2.2. Mano de obra. ....	182
5.3. Costo total del proyecto. ....	183
CONCLUSIONES .....	184
RECOMENDACIONES .....	186
BIBLIOGRAFÍA .....	187
ANEXOS	
PLANOS	

## CAPÍTULO I

### MARCO METODOLÓGICO

#### 1.1. Introducción

El presente trabajo consiste en el diseño e implementación de un “Módulo MPS Mesa giratoria de Indexación”, en cuyo proceso se realizará el diseño, montaje y puesta en operación del mismo, teniendo en cuenta cálculos eléctricos, neumáticos y considerando además temas de automatización, posterior a estas etapas, se ejecutarán pruebas para poder analizar su correcto funcionamiento.

Dicho módulo tiene como finalidad representar el maquinado de piezas en serie dentro de un proceso productivo, utilizando componentes de neumática avanzada y siendo supervisado por el software de control SCADA.

En conclusión de todo lo expuesto se afirma visiblemente que la implementación de un módulo MPS con componentes neumáticos avanzados cumple la función didáctica de enseñar a los alumnos los sistemas, procesos y componentes que se utilizan en la actualidad dentro de la industria mundial, maximizando su potencial y generando profesionales de calidad.

#### 1.2. Identificación de Problema

Comprender los conceptos teóricos de neumática y automatización resulta algunas veces complicado para los alumnos, el hecho de poder llevar todos estos conocimientos aprendidos como complemento a la práctica, ayuda a reforzar y retener toda esta teoría, para usarlos en el ámbito laboral, es por ello que vemos la necesidad de implementar un módulo MPS Mesa Giratoria de Indexación para que los alumnos puedan verificar y entender en qué consiste los cursos de control y oleo hidráulica.

Durante la implementación del proceso se tuvo que seleccionar los componentes necesarios para equipar el módulo y así poder representar el proceso productivo “maquinado de piezas”, para lo cual la mesa indexadora es el componente más adecuado que minimiza y facilita dicho proceso. En referencia al control del proceso se tendrá que realizar un programa a base de señales de entrada las cuales proporcionarían los diversos sensores, switches y finales de carrera; adicionalmente el contador neumático numeraría la cantidad de piezas terminadas en función a pulsos neumáticos.

### 1.3. Justificación.

Desde 1991, el sistema de producción modular (MPS®) es la plataforma utilizada en los campeonatos internacionales para profesionales de Mecatrónica. Nuestro programa de ingeniería mecánica, mecánica - eléctrica y Mecatrónica participa en las olimpiadas organizadas por FESTO y dichas olimpiadas **WORLDSKILLS INTERNATIONAL** incluyen la programación de estos sistemas, con lo cual la implementación de nuestro módulo tendría una participación importante para el entrenamiento de los representantes de nuestro programa en las futuras competencias.

Actualmente las fábricas tienden a automatizar sus procesos y necesitarán personal con experiencia en manejo, manipulación e interacción con componentes neumáticos, así como el diseño del programa de control.

El módulo a implementar representa los subprocesos más comunes de todo tipo de fabricación automatizada además de ofrecer el mayor realismo industrial en técnica de automatización y sistemas de manipulación.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un módulo MPS con componentes de neumática avanzada con fines didácticos y de enseñanza para maximizar el potencial de los futuros profesionales de Ingeniería Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

### 1.4.2. Objetivos específicos

Durante la construcción y diseño del módulo:

- Construir la estructura y diseñar el programa de automatización que gobernara el funcionamiento del módulo.
- Implementar un sistema SCADA para el monitoreo y control del módulo MPS.
- Seleccionar adecuadamente los componentes necesarios para implementar la secuencia de automatización dentro del módulo MPS.

Durante la operación del módulo:

- Familiarizar los componentes y el sistema automatizado con los alumnos de ingeniería mecánica para complementar los cursos teóricos adquiridos y evocarlos a la práctica.

## 1.5. Alcances.

El diseño del módulo ha sido pensado en la representación de un proceso productivo en serie que actualmente se lleva a cabo en la industria mundial.

El alcance del trabajo desde el punto de vista experimental y formativo, permite estudiar y realizar las siguientes prácticas y experiencias:

- Puesta en marcha del módulo, cumpliendo con la secuencia determinada por el programa de automatización.
- Uso de los componentes neumáticos como: motores, contadores y electroválvulas, para diferentes pruebas y experimentos dentro del área de práctica.



## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

En este capítulo definiremos los principales conceptos de automatización, sistemas de producción modular y del manejo de la información entre dispositivos digitales.

Así también se detallaran los conceptos que integran las redes industriales con los niveles de integración de un módulo MPS.

#### 2.1. Automatización.

##### 2.1.1. Concepto.

Automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso.

En el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por maquinas o sistemas mecánicos que remplazan las funciones que antes eran realizadas por el hombre. Mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador. De esta forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador.

##### 2.1.2. Objetivos de la Automatización.

Los principales objetivos de la automatización son los siguientes:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los

trabajos penosos e incrementando la seguridad.

- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

## 2.2. Sistema Automatizado.

Un sistema automatizado es la automatización de un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas manualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Por ejemplo, una computadora, sus dispositivos periféricos y la persona que la maneja, pueden constituir un sistema informático.

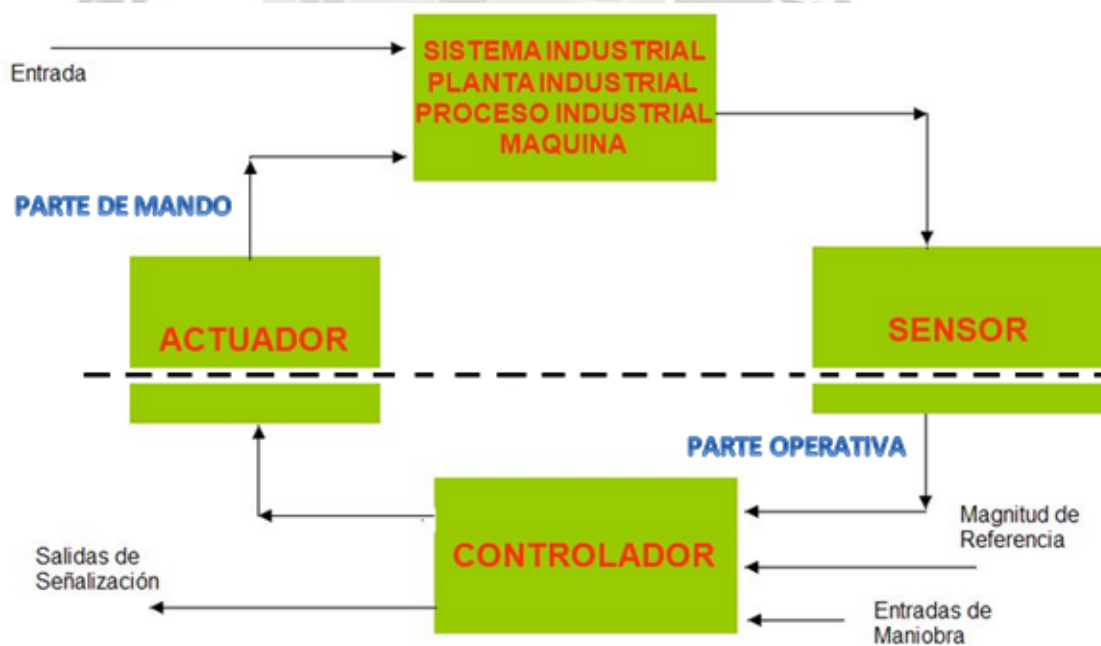


Fig. 2.1 Diagrama de bloques de un sistema automatizado.

Fuente: <http://intermecatronica.blogspot.com>

La Parte Operativa es la parte del sistema que actúa directamente sobre el proceso. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores y pre-accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los detectores o captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). Actualmente también se utiliza, aunque en menor medida, los ordenadores de control de proceso y los reguladores industriales.

En un sistema de fabricación automatizado, el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado. Para que pueda existir una comunicación entre el operador y el sistema de control existen los elementos de salida de información y los elementos de entrada de órdenes (ver figura 2.1).

### **2.3. Sistemas Integrados de Producción.**

Los sistemas integrados de producción recogen bajo un mismo enfoque de análisis los procesos de previsión de la demanda; planificación de la producción (que permite la identificación de las cantidades a producir bajo un horizonte rotatorio de largo plazo, típicamente anual y en firme para un mes); el control de la producción (para la toma de decisiones de producción en medio plazo, típicamente mensual y en firme para una semana); y la secuenciación (para la toma de decisiones a corto plazo, típicamente diaria).

Con todos estos requerimientos es necesario que el proceso de fabricación sea capaz de aportar información útil al personal gestor y comercial encargado de la venta y envío del producto para poder adaptar la

producción de forma rápida y eficaz dependiendo de la necesidad del mercado.

De lo expuesto anteriormente se deduce la necesidad de integrar los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación) con los de gestión de la empresa. Se obtiene así la denominada fabricación integrada por computador, también conocida como CIM (Computer Integrated Manufacturing). CIM se aplica en las empresas que tratan de integrar, en mayor o menor medida, y mediante el uso adecuado de computadores, todas las áreas de la empresa (ver figura 2.2).

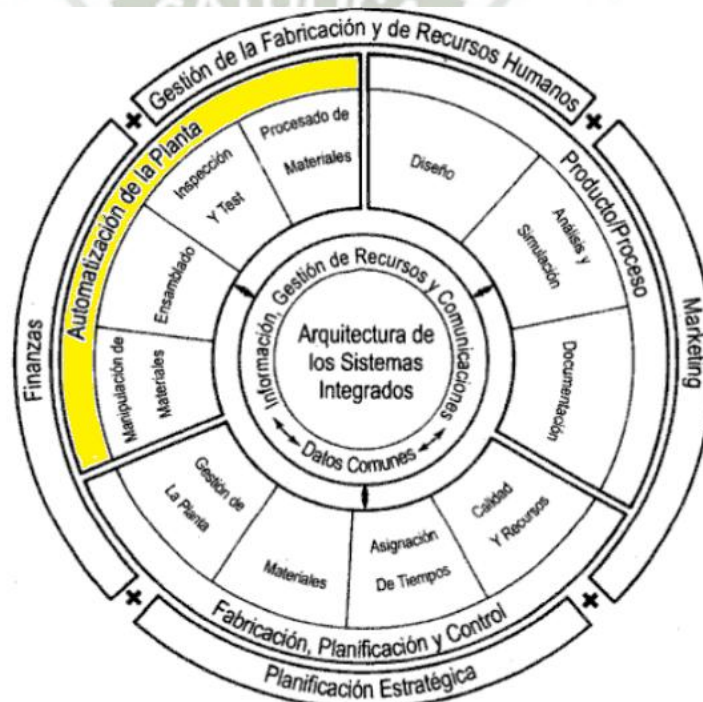


Fig. 2.2 Diagrama genérico de Sistemas de Producción. Rueda CIM.

Fuente: W. Bolton. "Mecatrónica: Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Electricidad".

#### 2.4. Sistemas de Control Industrial.

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr

un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

Hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo. Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla un determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de controladores de automatización programables

Los sistemas de regulación se pueden clasificar en:

Sistemas de bucle o lazo abierto: son aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida (ver figura 2.3).



Fig. 2.3 Sistema de Lazo Abierto.

Fuente: W. Bolton. "Mecatrónica: Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Electricidad".

Sistemas de bucle o lazo cerrado: son aquellos en los que la acción de control depende en cierto modo, de la salida (ver figura 2.4).

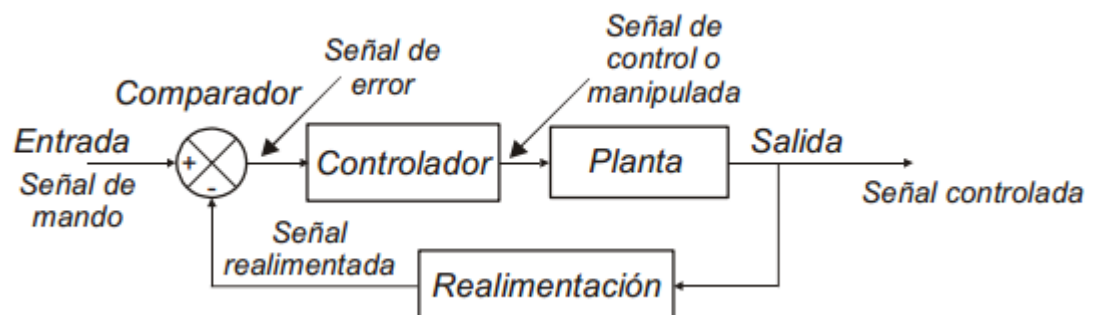


Fig. 2.4 Sistema de Lazo Cerrado.

Fuente: W. Bolton. "Mecatrónica: Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Electricidad".

## 2.5. La Pirámide de la Automatización.

La incorporación al entorno industrial de los avances tecnológicos proporciona un aumento de la productividad, aumento de la calidad del producto, disminución del tiempo de respuesta a cambios del mercado, reducción significativa de costos, por lo tanto este gran número de ventajas que supone incorporar las comunicaciones a la producción ha hecho que todos los procesos se integren en un sistema único.

Por lo tanto la solución es jerarquizar los niveles de comunicación, eligiendo los niveles según sus requerimientos. Cada subsistema de un nivel debe tener comunicación directa con los subsistemas del mismo nivel y con los de los niveles inmediatamente superior e inferior, por lo tanto se adopta una jerarquización piramidal.

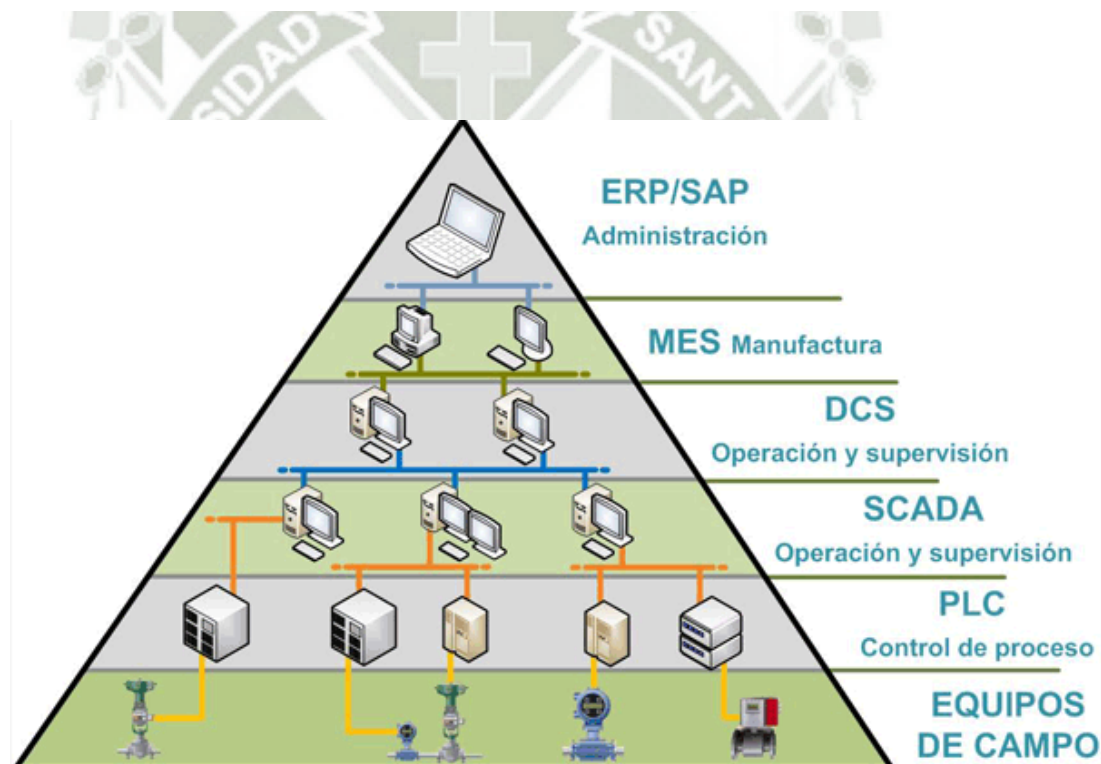


Fig. 2.5 Pirámide de la Automatización.

Fuente <http://www.tec.url.edu.gt>

### **2.5.1. Nivel de Acción / Sensado (nivel de campo):**

También llamado nivel de instrumentación. Está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción. Son los elementos más directamente relacionados con el proceso productivo ya que los actuadores son los encargados de ejecutar las órdenes de los elementos de control para modificar el proceso productivo, y los sensores miden variables en el proceso de producción, como por ejemplo: nivel de líquidos, caudal, temperatura, presión, posición. Como ejemplo de actuadores se tienen los motores, válvulas, calentadores.

### **2.5.2. Nivel de Control (nivel de proceso):**

En este nivel se sitúan los elementos capaces de gestionar los actuadores y sensores del nivel anterior tales como autómatas programables o equipos de aplicación específica basados en microprocesador como robots, máquinas herramienta o controladores de motor. Estos dispositivos son programables y permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para ser capaces de realizar el proceso industrial deseado. Los dispositivos de este nivel de control junto con los del nivel inferior de acción/sensado poseen entidad suficiente como para realizar procesos productivos por sí mismos. Es importante que posean unas buenas características de interconexión para ser enlazados con el nivel superior (supervisión), generalmente a través de buses de campo.

### **2.5.3. Nivel de Supervisión (nivel de supervisión):**

En este nivel es posible visualizar cómo se están llevando a cabo los procesos de planta, y a través de entornos SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) poseer una “imagen virtual de la planta” de modo de que ésta se puede recorrer de manera detallada, o bien mediante pantallas de resumen ser capaces de disponer de un

“panel virtual” donde se muestren las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se llevan a cabo.

#### 2.5.4. Nivel de Gestión (nivel de gestión):

Este nivel se caracteriza por: Gestionar la producción completa de la empresa, Comunicar distintas plantas, Mantener las relaciones con los proveedores y clientes, proporcionar las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa, en él se emplean PCs, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole.

#### 2.6. Sistemas Mecatrónicos.

Un sistema mecatrónicos es aquel sistema digital que recoge señales, las procesa y emite una respuesta por medio de actuadores, generando movimientos o acciones sobre el sistema en el que se va a actuar: Los sistemas mecánicos están integrados con sensores, microprocesadores y controladores. Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, etc. se deben considerar como sistemas mecatrónicos.

La Mecatrónica surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la Ingeniería, entre las que destacan: la Mecánica de precisión, la Electrónica, La Informática y los Sistemas de Control. Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura automatizados.

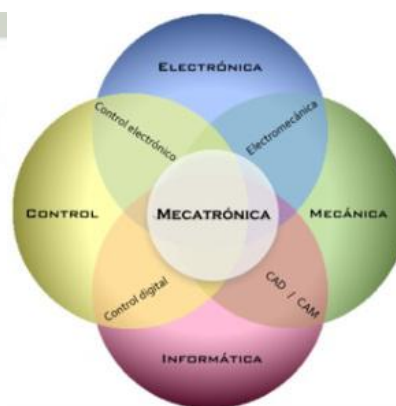


Fig. 2.6 Sinergia de distintas Ramas. Mecatrónica.

Fuente <http://zoirethliendo.blogspot.com>

## 2.7. Comunicaciones digitales.

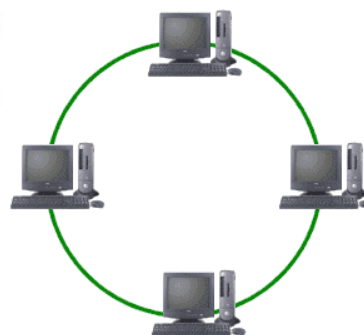
Los sistemas de comunicaciones se han orientado desde los años 60's hacia sistemas digitales. La primera ventaja de estos sistemas respecto a los sistemas analógicos es la facilidad para regenerar señales digitales, por ejemplo sea el pulso digital.

### 2.7.1. Redes.

Una red informática es un conjunto de dispositivos interconectados entre sí a través de un medio, que intercambian información y comparten recursos. Siguen los principales tipos de topología.

#### 2.7.1.1. Topología Tipo Anillo.

Topología de red en la que las estaciones se conectan formando un anillo (ver figura 2.7). Cada estación está conectada a la siguiente y la última está conectada a la primera. Cada estación tiene un receptor y un transmisor que hace la función de repetidor, pasando la señal a la siguiente estación del anillo. En este tipo de red la comunicación se da por el paso de un token o testigo, que se puede conceptualizar como un cartero que pasa recogiendo y entregando paquetes de información, de esta manera se evita pérdida de información debido a colisiones. Cabe mencionar que si algún nodo de la red se cae (termino informático para decir que está en mal funcionamiento o no funciona para nada) la comunicación en todo el anillo se pierde.



**Fig. 2.7 Topología tipo anillo.**

Fuente: <http://jorge-star.galeon.com>

### 2.7.1.2. Topología Tipo Arbol.

Topología de red en la que los nodos están colocados en forma de árbol (ver figura 2.8). Desde una visión topológica, la conexión en árbol es parecida a una serie de redes en estrella interconectadas. Es una variación de la red en bus, la falla de un nodo no implica interrupción en las comunicaciones. Se comparte el mismo canal de comunicaciones. Cuenta con un cable principal (backbone) al que hay conectadas redes individuales en bus.

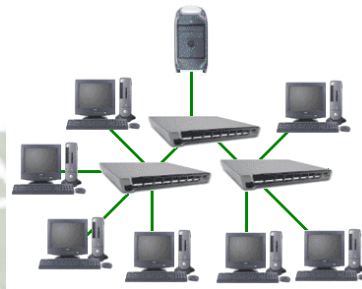


Fig. 2.8 Topología tipo árbol.

Fuente: <http://jorge-star.galeon.com>

### 2.7.1.3. Topología Tipo Bus.

Una Red o topología en forma de Bus o Canal de difusión es un camino de comunicación bidireccional con puntos de terminación bien definidos (ver figura 2.9). Cuando una estación transmite, la señal se propaga a ambos lados del emisor hacia todas las estaciones conectadas al Bus hasta llegar a las terminaciones del mismo. Así, cuando una estación transmite su mensaje alcanza a todas las estaciones, por esto el Bus recibe el nombre de canal de difusión.

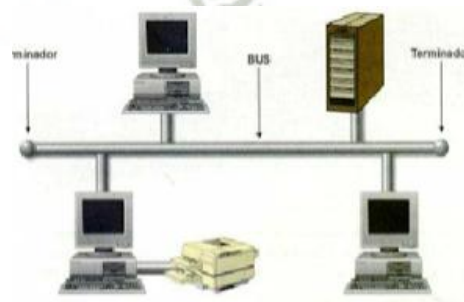


Fig. 2.9 Topología tipo bus.

Fuente: <http://jorge-star.galeon.com>

#### 2.7.1.4. Topología Tipo Estrella.

Es una red en la cual las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de éste (ver figura 2.10). Los dispositivos no están directamente conectados entre sí, además de que no se permite tanto tráfico de información. Dada su transmisión, una red en estrella activa tiene un nodo central activo que normalmente tiene los medios para prevenir problemas relacionados con el eco.



Fig. 2.10 Topología tipo estrella.

Fuente: <http://jorge-star.galeon.com>

#### 2.7.2. Modos de Comunicación.

El modo de comunicación es la manera en que dialogan los diversos elementos conectados en una red. Existen tres modos posibles actuales para dispositivos industriales.

##### 2.7.2.1. Comunicación Simplex.

En una comunicación simplex existe un solo canal unidireccional: el origen puede transmitir al destino pero el destino no puede comunicarse con el origen. Por ejemplo, la radio y la televisión. Este modo de transmisión permite que la información discurra en un solo sentido y de forma permanente, con esta fórmula es difícil la corrección de errores causados por deficiencias de línea.

### **2.7.2.2. Comunicación Half-Duplex.**

En una comunicación half-duplex existe un solo canal que puede transmitir en los dos sentidos pero no simultáneamente, las estaciones se tienen que turnar. Esto es lo que ocurre con las emisoras de radioaficionados. En este modo, la transmisión fluye como en el anterior, o sea, en un único sentido de la transmisión de dato, pero no de una manera permanente, pues el sentido puede cambiar. Como ejemplo tenemos los Walkis Talkis.

### **2.7.2.3. Comunicación Full-Duplex.**

La transmisión full-duplex permite transmitir en ambas dirección, pero simultáneamente por el mismo canal. Existen dos frecuencias una para transmitir y otra para recibir. Ejemplos de este tipo abundan en el terreno de las telecomunicaciones, el caso más típico es la telefonía, donde el transmisor y el receptor se comunican simultáneamente utilizando el mismo canal, pero usando dos frecuencias.

## **2.7.3. Interfaces en las Comunicaciones Industriales.**

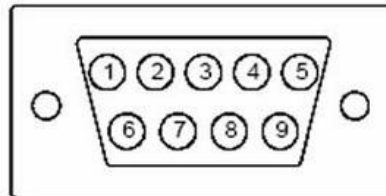
Las principales interfaces en las comunicaciones industriales son las siguientes:

### **2.7.3.1. Interface RS-232.**

La comunicación RS-232C es un protocolo que utiliza básicamente dos señales eléctricas entre un nivel de voltaje positivo y una referencia a tierra. La comunicación serial RS-232 se utiliza normalmente para conectar dispositivos a una distancia recomendada de 15 metros.

Normalmente los Indicadores Digitales de peso incluyen esta interface, al igual que las computadoras de escritorio, por lo que regularmente no se requieren dispositivos adicionales para lograr esta comunicación entre Indicador Digital de Peso y una PC donde

puede estar operando un Software para el control de Báscula. Las principales desventajas de comunicación RS-232 son la distancia limitada que se puede cubrir entre dispositivos, la poca inmunidad al ruido eléctrico y la comunicación punto a punto.



Pin Number	Signal	Description
1	NC	Not Connected
2	RxD	Receive Data
3	TxD	Transmit Data
4	DTR	Data Terminal Ready
5	GND	Ground
6	DSR	Data Set Ready
7	RTS	Request To Send
8	CTS	Clear To Send
9	NC	Not Connected

**Tabla 2.1 Diagrama de conector RS-232.**

Fuente: <http://www.zonasystem.com>

### 2.7.3.2. Interface RS-485.

Funciona de manera similar a la interface RS-232, sin embargo utiliza niveles de señal más altos y la comparación entre señales se hace entre una positiva y una negativa, lo cual permite cubrir distancias mayores de comunicación entre dispositivos vía cable, llegando hasta los 1200 metros. Los puertos de comunicación estándar no vienen diseñados en este protocolo, por lo que se debe agregar un convertidor de señal RS-232 a RS-485 entre equipos. Por medio de una conexión RS-485 se pueden conectar varios dispositivos de comunicación en RED a un mismo par de cables, además la alta inmunidad al ruido eléctrico es una de sus principales ventajas.

RS-485 data output & connector and bay-line distribution

DB9 Male (PIN)	Data Output	RS-485 Half-Duplex
1	T/R+	RS-485 (A+)
2	T/R-	RS-485 (B-)
3	RXD+	N/C
4	RXD-	N/C
5	GND	Ground Wire
6	VCC	+5V Standby Power input

Tabla 2.2 Diagrama de conector RS-485.

Fuente: <http://www.zonasystem.com>

### 2.7.3.3. Interface RS-422.

Esta interface cubre solamente los requerimientos físicos y eléctricos para la transmisión. Emplea señales diferenciales que permiten elevadas velocidades de transmisión de hasta 10 Mbps. En el terminal de recepción la diferencia entre los niveles de voltaje es utilizada para la decodificación de señales, lo que permite que la transmisión de información sea inmune a las señales de ruido o campos externos a las líneas de transmisión. Es posible emplearlo para líneas de mayor longitud, hasta 1220 metros. Es posible que un transmisor pueda operar sobre un máximo de 16 receptores.

10PIN (PIN)	Output signal	RS-422 full-duplex connection
1	T/R+	Send(A+)
2	T/R-	Send(B-)
3	RND+	Receive(A+)
4	RND-	Receive(B-)
5	N/A	None
6	N/A	None
7	N/A	None
8	N/A	None
9	VCC	POWER10-5KVD/INPUT
10	GND	GND

Tabla 2.3 Diagrama de conector RS-422.

Fuente: <http://www.zonasystem.com>

### 2.7.3.4. RJ-45 Ethernet.

La RJ-45 es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e y 6). RJ es un acrónimo inglés de Registered Jack que a su vez es parte del

Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos. Posee ocho "pines" o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado.

Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines o wiring pinout. Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse 8 pines (4 pares).

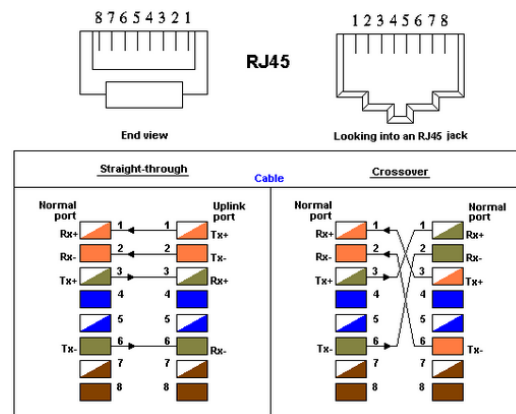


Fig. 2.11 Diagrama de conector RJ-45.

Fuente: <http://www.zonasystem.com>

#### 2.7.4. Protocolos en las Comunicaciones Industriales.

Los protocolos de comunicación llevan este nombre debido a que se encuentran instaladas en manufacturas, laboratorios, bodegas, etc. En primera instancia el protocolo de comunicación industrial permite el intercambio de información entre diferentes elementos que componen una red industrial, estos elementos pueden ser PLC's, variadores de frecuencia, interfaces electrónicas, sensores, actuadores, etc., con la central remota, la cual será la encargada de procesar la información para realizar algún proceso dentro de la industria.

A continuación se expondrá las principales características de algunos protocolos de comunicación industrial.

#### 2.7.4.1. Buses de Campo.

Un bus de campo es el nombre genérico de los diferentes tipos de redes que se utilizan para uso industrial cuyo objetivo primordial es el de sustituir las conexiones punto a punto, dejando de lado el tradicional corriente de 4-20 mA o de 0–10 v. Un bus de campo es un sistema de transmisión de información que simplifica considerablemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en el proceso de producción.

A continuación se mencionara algunos buses de campo:

##### 2.7.4.1.1. HART (High way-Addressable-Remote-Transducer).

El protocolo HART (acrónimo en inglés de highway addressable remote transducer) es un protocolo abierto de uso común en los sistemas de control, que se emplea para la configuración remota y supervisión de datos con instrumentos de campo. Este protocolo aun no siendo un bus de campo, pues los instrumentos se cablean a los módulos de entrada/salida de un sistema de control, tiene una funcionalidad asimilable, en cuanto a la gestión y configuración que permite sobre los equipos.

##### 2.7.4.1.2. DEVICE NET.

DeviceNet es un protocolo de comunicación usado en la industria de la automatización para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos. Éste usa Bus CAN como tecnología Backbone y define una capa de aplicación para cubrir un rango de perfiles de dispositivos. Las aplicaciones típicas incluyen dispositivos de intercambio, dispositivos de seguridad grandes redes de control con E/S.

#### 2.7.4.1.3. CAN Open.

Todos los dispositivos de la red CANopen poseen los mismos derechos de acceso a la red, donde la prioridad del identificador es responsable por solucionar problemas de conflicto cuando accesos simultáneos ocurren. Eso trae el beneficio de posibilitar la comunicación directa entre esclavos de la red, además del hecho de que los datos pueden ser dispuestos de manera más optimizada, sin la necesidad de un maestro que haga el control de toda la comunicación, haciendo acceso cíclico a todos los dispositivos de la red para la actualización de los datos.

#### 2.7.4.1.4. MODBUS.

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con una suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC).

#### 2.7.4.1.5. PROFIBUS.

Profibus se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller, etc. Está controlado por la PNO (Profibus User Organization) y la PTO (Profibus Trade Organization).

Existen tres perfiles:

- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.
- Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1115 8-2, seguridad intrínseca).
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización.

La evolución de Profibus hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia. Utiliza diferentes capas físicas. La más importante, en PROFIBUS DP, está basada en EIA RS-485. Profibus PA utiliza la norma IEC 11158-2 (norma de comunicación síncrona entre sensores de campo que utiliza modulación sobre la propia línea de alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA) y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica.

Existen puentes para enlace entre diferentes medios, además de gateways que permiten el enlace entre perfiles y con otros

protocolos. Se distingue entre dispositivos tipo maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico (polling). Se pueden configurar sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro -esclavo.

En Profibus DP se distingue entre: maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (elementos centralizadores de información como PLCs, PCs, etc.), esclavo (sensores, actuadores). El transporte en Profibus-DP se realiza por medio de tramas según IEC870-5-1. La comunicación se realiza por medio de datagramas en modo broadcast o multicast. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica. Profibus DP prescinde de los niveles ISO 3 a 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (un y sólo un testigo) Profibus FMS es una compleja capa de aplicación que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células don posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos etc. Los dispositivos se definen como dispositivos de campo virtuales, cada uno incluye un diccionario de objetos que enumera los objetos de comunicación. Los servicios disponibles son un subconjunto de los definidos en MMS (ISO 9506) Las plataformas hardware utilizadas para soportar Profibus se basan en microprocesadores de 16 bits más procesadores de comunicaciones especializados o circuitos ASIC como el LSPM2 de Siemens. La PNO se encarga de comprobar y certificar el cumplimiento de las especificaciones PROFIBUS.

Entre sus perspectivas de futuro se encuentra la integración sobre la base de redes Ethernet al nivel de planta y la utilización de conceptos de tiempo real y filosofía productor-consumidor en la comunicación entre dispositivos de campo. Las distancias potenciales de bus van de 100 m a 24 Km (con repetidores y fibra óptica). La velocidad de comunicación puede ir de 9600 bps a 12 Mbps. Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos. Profibus se ha difundido ampliamente en Europa y también tiene un mercado importante en América y Asia. El conjunto Profibus DP- Profibus PA cubre la automatización de plantas de proceso discontinuo y proceso continuo cubriendo normas de seguridad intrínseca.

#### **2.7.4.1.6. FOUNDATION FIELDBUS.**

Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación (Fisher-Rosemount, Foxboro,...). En la actualidad existe una asociación de fabricantes que utilizan este bus, que gestiona el esfuerzo normalizador, la Fieldbus Foundation. Normalizado como ISA SP50, IEC-ISO 61158 (ISA es la asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de proceso).

En su nivel H1 (uno) de la capa física sigue la norma IEC 11158-2 para comunicación a 31,25 Kbps, es por tanto, compatible con Profibus PA, su principal contendiente. Presta especial atención a las versiones que cumplen normas de seguridad intrínseca para industrias de proceso en ambientes combustibles o explosivos. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA.

Se utiliza comunicación síncrona con codificación Manchester Bifase-L. La capa de aplicación utiliza un protocolo sofisticado, orientado a objetos con múltiples formatos de mensaje. Distingue entre dispositivos con capacidad de arbitración (Link Master) y normales. En cada momento un solo Link master arbitra el bus, puede ser sustituido por otro en caso de fallo. Utiliza diversos mensajes para gestionar comunicación por paso de testigo, comunicación cliente-servidor, modelo productor/consumidor etc. Existen servicios para configuración, gestión de diccionario de objetos en nodos, acceso a variables, eventos, carga descarga de ficheros y aplicaciones, ejecución de aplicaciones, etc. La codificación de mensajes se define según ASN.1 El nivel H2 (dos) está basado en Ethernet de alta velocidad (100 Mbps) y orientado al nivel de control de la red industrial.

Hay que acotar que también se usa un protocolo HART, para bus de campo soportado por la HART Communication Foundation y la Fieldbus Foundation, Su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas de los sistemas de instrumentación, manteniendo éstas en servicio. Sus prestaciones como bus de campo son reducidas.

Utiliza el bus analógico estándar 4-20 mA sobre el que transmite una señal digital modulada en frecuencia (modulación FSK 1200-2200 Hz). Transmite a 1200 bps manteniendo compatibilidad con la aplicación analógica inicial y sobre distancias de hasta 3 Km. Normalmente funciona en modo maestro -esclavo.

#### **2.7.4.1.7. ControlNet.**

Bus de alta velocidad (5 Mbps) y distancia (hasta 5 Km), muy seguro y robusto promovido por Allen-Bradley. Utiliza cable

RG6/U (utilizado en televisión por cable) y se basa en un controlador ASIC de Rockwell. No es soportado por muchos fabricantes y resulta de elevado precio por nodo. Se ha utilizado para interconexión de redes de PLCs y computadores industriales en aplicaciones de alta velocidad y ambientes muy críticos.

#### **2.7.4.1.8. Industrial Ethernet.**

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

- El intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores.
- Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc.

La tarjeta adaptadora Ethernet empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial Parece difícil que Ethernet tenga futuro a nivel de sensor, aunque puede aplicarse en nodos que engloban conexiones múltiples de entrada-salida.

Como conclusión Ethernet está ocupando un área importante entre las opciones para redes industriales, pero parece aventurado afirmar, como se ha llegado a hacer, que pueda llegar a penetrar en los niveles bajos de la pirámide CIM.

Nombre	Topología	Soporte	Máx dispositivos	Rango de direcciones	Distancia máx. Km	Comunicación
Profibus DP	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	127/segm	Hasta 1.5M y 12M	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer
Profibus PA	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	14400 /segm	31.5K	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer
Profibus FMS		par trenzado fibra óptica	127/segm	500K		Master/Slave peer to peer
Foundation Fieldbus HSE	estrella	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	100M	0.1 par 2 fibra	Single/multi master
Foundation Fieldbus HI	estrella o bus	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	31.25K	1.9 cable	Single/multi master
LonWorks	bus, anillo, lazo, estrella	par trenzado fibra óptica coaxial, radio	32768 /dom	500K	2	Master/Slave peer to peer
Interbus-S	segmentado	par trenzado fibra óptica	256 nodos	500K	400/segm 12.8 total	Master/Slave
DeviceNet	troncal/puntual c/bifurcación	par trenzado fibra óptica	2048 nodos	500K	0.5 6 c/repetid	Master/Slave, multi-master, peer to peer
AS-I	bus, anillo, árbol, estrella	par trenzado	31 p/red	167K	0.1, 0.3 c/rep	Master/Slave
Modbus RTU	línea, estrella, árbol, red con segmentos	par trenzado coaxial radio	250 p/segm	1.2 a 115.2K	0.35	Master/Slave
Ethernet Industrial	bus, estrella, malla-cadena	coaxial par trenzado fibra óptica	400 p/segm	10, 100M	0.1 100 mono c/switch	Master/Slave peer to peer
HART		par trenzado	15 p/segm	1.2K		Master/Slave

Tabla 2.4 Comparación de características entre algunos Buses y Protocolos.

Fuente <http://proyectointerfasesitslp.blogspot.com>

### 2.7.5. Modelo OSI / ISO.

Durante las últimas dos décadas ha habido un enorme crecimiento en la cantidad y tamaño de las redes. Muchas de ellas sin embargo, se desarrollaron utilizando implementaciones de hardware y software diferentes. Como resultado, muchas de las redes eran incompatibles y se volvió muy difícil para las redes que utilizaban especificaciones distintas poder comunicarse entre sí. Para solucionar este problema, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) realizó varias investigaciones acerca de los esquemas de red. La ISO reconoció que era necesario crear un modelo de red que pudiera ayudar a los diseñadores de red a implementar redes que pudieran comunicarse y trabajar en conjunto (interoperabilidad) y por lo tanto, elaboraron el modelo de referencia OSI en 1984.

Siguiendo el esquema de este modelo se crearon numerosos protocolos. El advenimiento de protocolos más flexibles donde las capas no están tan desmarcadas y la correspondencia con los niveles no era tan clara puso a este esquema en un segundo plano. Sin

embargo se usa en la enseñanza como una manera de mostrar cómo puede estructurarse una "pila" de protocolos de comunicaciones.

El modelo especifica el protocolo que debe usarse en cada capa, y suele hablarse de modelo de referencia ya que se usa como una gran herramienta para la enseñanza de comunicación de redes.

Se trata de una normativa estandarizada útil debido a la existencia de muchas tecnologías, fabricantes y compañías dentro del mundo de las comunicaciones, y al estar en continua expansión, se tuvo que crear un método para que todos pudieran entenderse de algún modo, incluso cuando las tecnologías no coincidieran. De este modo, no importa la localización geográfica o el lenguaje utilizado. Todo el mundo debe atenerse a unas normas mínimas para poder comunicarse entre sí. Esto es sobre todo importante cuando hablamos de la red de redes, es decir, Internet.

Este modelo está dividido en siete capas:

Las 3 capas más bajas son dependientes de la red (network). Ellos proveen de soporte para la comunicación y el enlace entre dos sistemas (o usuarios). Las 3 capas superiores están orientadas a la aplicación, permitiendo a los usuarios finales procesar la aplicación para interactuar uno del otro. Finalmente la capa intermedia (la capa de transporte), aísla las capas orientadas a la aplicación de las de comunicación.

Cada capa desarrolla una función bien definida. Esto permite la reducción de los niveles de complejidad en cada capa, definida así mismo por cada una de ellas. Por lo tanto la información fluye entre las capas, por cada interface, las cuales deberían ser minimizadas en su complejidad. Cada capa intercambia mensajes usando los servicios de la capa anterior, realizando una comunicación de manera remota y proveyendo de servicios a la capa subsiguiente. En cada capa se añade al paquete fuente una señalización denominada cabecera, la cual es leída y reconocida nuevamente por el receptor, es importante notar que la implementación de una capa es por lo tanto independiente

de la implementación de otras capas. El modelo OSI abarca una serie de eventos importantes que se producen durante la comunicación entre sistemas proporcionando las normas básicas empíricas para una serie de procesos distintos de conexión en red, así por ejemplo podemos presentarlas a continuación:

El modo en que los datos se traducen a un formato apropiado para la arquitectura de red que se esté utilizando. Cuando se envía un mensaje de correo electrónico por ejemplo, o un simple archivo de una computadora a otra, se está trabajando en realidad, con una determinada aplicación, como lo es un cliente de correo electrónico o un cliente FTP (File Transfer Protocole). Los datos que se transmiten utilizando dicha aplicación tienen que convertirse a un formato más genérico si van a viajar por la red hasta llegar a su destino.

El modo en que los PC u otro dispositivo como un PLC en una red se comunican. Cuando se envían datos desde una PC, tiene que existir algún tipo de mecanismo que proporcione un canal de comunicación entre el remitente (sender) y el destinatario (receiver). Lo mismo que cuando se desea hablar por teléfono, para lo cual hay que descolgar el teléfono y marcar el número.

El modo en que los datos se transmiten entre los distintos dispositivos y la forma en que se resuelve la secuencia y comprobación de errores. Una vez establecida la sesión de comunicación entre computadores y/o controladores, tiene que existir un conjunto de reglas que controlen la forma en que los datos van de uno a otro.

El modo en que el direccionamiento lógico de los paquetes pasa a convertirse en el direccionamiento físico que proporciona a la red. Las redes informáticas por ejemplo utilizan esquemas de direccionamiento lógico como direcciones IP (Internet Protocole), por tanto, dichas direcciones lógicas tiene que convertirse en las direcciones reales de hardware.

Así el modelo OSI ofrece los mecanismos y reglas que permiten resolver todas las cuestiones que se acaban de mencionar.

Comprender las distintas capas del modelo OSI no sólo permite internarse en los conjuntos de protocolos de red que actualmente se utilizan, sino que también proporciona un marco de trabajo conceptual del que puede servirse cualquiera para comprender el funcionamiento de dispositivos de red complejas, como Dispositivos de control industrial, variadores de velocidad, PLC's, computadores industriales, conmutadores, etc.

#### **2.7.5.1. Capa Física.**

La Capa Física del modelo de referencia OSI es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico (medios guiados: cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica y otros tipos de cables; medios no guiados: radio, infrarrojos, microondas, láser y otras redes inalámbricas); características del medio (por ejemplo, tipo de cable o calidad del mismo; tipo de conectores normalizados o en su caso tipo de antena; etc.) y la forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/intensidad de corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, etc.)

Es la encargada de transmitir los bits de información a través del medio utilizado para la transmisión. Se ocupa de las propiedades físicas y características eléctricas de los diversos componentes; de la velocidad de transmisión, si ésta es uni o bidireccional (simplex, dúplex o full-dúplex). También de aspectos mecánicos de las conexiones y terminales, incluyendo la interpretación de las señales eléctricas/electromagnéticas.

Se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión. Estos impulsos pueden ser eléctricos (transmisión por cable) o electromagnéticos (transmisión sin cables). Estos últimos, dependiendo de la frecuencia / longitud de onda de la señal pueden ser ópticos, de micro-ondas o de radio. Cuando actúa

en modo recepción el trabajo es inverso; se encarga de transformar la señal transmitida en tramas de datos binarios que serán entregados al nivel de enlace.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

- Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (o no, como en RS232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica.
- Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
- Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- Transmitir el flujo de bits a través del medio.
- Manejar las señales eléctricas/electromagnéticas
- Especificar cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.
- Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de ésta).

#### **2.7.5.2. Capa de Vínculo de Datos.**

La capa de vínculo de datos ofrece una transferencia sin errores de tramas de datos desde un nodo a otro a través de la capa física, permitiendo a las capas por encima asumir virtualmente la transmisión sin errores a través del vínculo. Para ello, la capa de vínculo de datos proporciona:

- Establecimiento y finalización de vínculos: establece y finaliza el vínculo lógico entre dos nodos.
- Control del tráfico de tramas: indica al nodo de transmisión que "dé marcha atrás" cuando no haya ningún búfer de trama disponible.
- Secuenciación de tramas: transmite y recibe tramas secuencialmente.

- Confirmación de trama: proporciona/espera confirmaciones de trama. Detecta errores y se recupera de ellos cuando se producen en la capa física mediante la retransmisión de tramas no confirmadas y el control de la recepción de tramas duplicadas.
- Delimitación de trama: crea y reconoce los límites de la trama.
- Comprobación de errores de trama: comprueba la integridad de las tramas recibidas.
- Administración de acceso al medio: determina si el nodo "tiene derecho" a utilizar el medio físico.

### **2.7.5.3. Capa de Red.**

La capa de red controla el funcionamiento de la subred, decidiendo qué ruta de acceso física deberían tomar los datos en función de las condiciones de la red, la prioridad de servicio y otros factores.

El software de capa de red debe generar encabezados para que el software de capa de red que reside en los sistemas intermedios de subred pueda reconocerlos y utilizarlos para enrutar datos a la dirección de destino. Esta capa libera a las capas superiores de la necesidad de tener conocimientos sobre la transmisión de datos y las tecnologías de conmutación intermedias que se utilizan para conectar los sistemas de conmutación. Establece, mantiene y finaliza las conexiones entre las instalaciones de comunicación que intervienen (uno o varios sistemas intermedios en la subred de comunicación). En la capa de red y las capas inferiores, existen protocolos entre pares entre un nodo y su vecino inmediato, pero es posible que el vecino sea un nodo a través del cual se enrutan datos, no la estación de destino. Las estaciones de origen y de destino pueden estar separadas por muchos sistemas intermedios.

La capa de red proporciona:

- Enrutamiento: enruta tramas entre redes.
- Control de tráfico de subred: los enrutadores (sistemas intermedios de capa de red) pueden indicar a una estación emisora que "reduzca" su transmisión de tramas cuando el búfer del enrutador se llene.
- Fragmentación de trama: si determina que el tamaño de la unidad de transmisión máxima (MTU) que sigue en el enrutador es inferior al tamaño de la trama, un enrutador puede fragmentar una trama para la transmisión y volver a ensamblarla en la estación de destino.
- Asignación de direcciones lógico-físicas: traduce direcciones lógicas, o nombres, en direcciones físicas.
- Cuentas de uso de subred: dispone de funciones de contabilidad para realizar un seguimiento de las tramas reenviadas por sistemas intermedios de subred con el fin de producir información de facturación.

#### **2.7.5.4. Capa de Transporte.**

La capa de transporte garantiza que los mensajes se entregan sin errores, en secuencia y sin pérdidas o duplicaciones. Libera a los protocolos de capas superiores de cualquier cuestión relacionada con la transferencia de datos entre ellos y sus pares.

El tamaño y la complejidad de un protocolo de transporte dependen del tipo de servicio que pueda obtener de la capa de transporte. Para tener una capa de transporte confiable con una capacidad de circuito virtual, se requiere una mínima capa de transporte. Si la capa de red no es confiable o solo admite datagramas, el protocolo de transporte debería incluir detección y recuperación de errores extensivos.

La capa de transporte proporciona:

- Segmentación de mensajes: acepta un mensaje de la capa (de sesión) que tiene por encima, lo divide en unidades más pequeñas (si no es aún lo suficientemente pequeño) y transmite las unidades más pequeñas a la capa de red. La capa de transporte en la estación de destino vuelve a ensamblar el mensaje.
- Confirmación de mensaje: proporciona una entrega de mensajes confiable de extremo a extremo con confirmaciones.
- Control del tráfico de mensajes: indica a la estación de transmisión que "dé marcha atrás" cuando no haya ningún búfer de mensaje disponible.
- Multiplexación de sesión: multiplexa varias secuencias de mensajes, o sesiones, en un vínculo lógico y realiza un seguimiento de qué mensajes pertenecen a qué sesiones (consulte la capa de sesiones).

Normalmente, la capa de transporte puede aceptar mensajes relativamente grandes, pero existen estrictas limitaciones de tamaño para los mensajes impuestas por la capa de red (o inferior). Como consecuencia, la capa de transporte debe dividir los mensajes en unidades más pequeñas, o tramas, anteponiendo un encabezado a cada una de ellas.

Así pues, la información del encabezado de la capa de transporte debe incluir información de control, como marcadores de inicio y fin de mensajes, para permitir a la capa de transporte del otro extremo reconocer los límites del mensaje. Además, si las capas inferiores no mantienen la secuencia, el encabezado de transporte debe contener información de secuencias para permitir a la capa de transporte en el extremo receptor recolocar las piezas en el orden correcto antes de enviar el mensaje recibido a la capa superior.

#### 2.7.5.5. Capa de Sesión.

Esta capa establece, gestiona y finaliza las conexiones entre usuarios (procesos o aplicaciones) finales. Ofrece varios servicios que son cruciales para la comunicación, como son:

- Control de la sesión a establecer entre el emisor y el receptor (quién transmite, quién escucha y seguimiento de ésta).
- Control de la concurrencia (que dos comunicaciones a la misma operación crítica, no se efectúen al mismo tiempo).
- Mantener puntos de verificación (checkpoints), que sirven para que, ante una interrupción de transmisión por cualquier causa, la misma se pueda reanudar desde el último punto de verificación en lugar de repetirla desde el principio.
- Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción. En muchos casos, los servicios de la capa de sesión son parcial o totalmente prescindibles.
- En conclusión esta capa es la que se encarga de mantener el enlace entre los dos computadores que estén transmitiendo datos de cualquier índole.

#### 2.7.5.6. Capa de Presentación.

La capa de presentación da formato a los datos que deberán presentarse en la capa de aplicación. Se puede decir que es el traductor de la red. Esta capa puede traducir datos de un formato utilizado por la capa de la aplicación a un formato común en la estación emisora y, a continuación, traducir el formato común a un formato conocido por la capa de la aplicación en la estación receptora. La capa de presentación proporciona:

- Conversión de código de caracteres: por ejemplo, de ASCII a EBCDIC.

- Conversión de datos: orden de bits, CR-CR/LF, punto flotante entre enteros, etc.
- Compresión de datos: reduce el número de bits que es necesario transmitir en la red.
- Cifrado de datos: cifra los datos por motivos de seguridad. Por ejemplo, cifrado de contraseñas.

#### 2.7.5.7. Capa de Aplicación.

Ofrece a las aplicaciones (de usuario o no) la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (POP y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP). Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente.

Así por ejemplo un usuario no manda una petición "HTTP/1.0 GET index.html" para conseguir una página en HTML, ni lee directamente el código HTML/XML.

Entre los protocolos (refiriéndose a protocolos genéricos, no a protocolos de la capa de aplicación de OSI) más conocidos destacan:

- HTTP (HyperText Transfer Protocol = Protocolo de Transferencia de Hipertexto) el protocolo bajo la www.
- FTP (File Transfer Protocol = Protocolo de Transferencia de Archivos) (FTAM, fuera de TCP/IP) transferencia de ficheros
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol = Protocolo Simple de Correo) (X.400 fuera de TCP/IP) envío y distribución de correo electrónico
- POP (Post Office Protocol = Protocolo de Oficina de Correo)

- IMAP: reparto de correo al usuario final
- SSH (Secure Shell = Capa Segura) principalmente terminal remoto, aunque en realidad cifra casi cualquier tipo de transmisión.
- Telnet otro terminal remoto, ha caído en desuso por su inseguridad intrínseca, ya que las claves viajan sin cifrar por la red.

Hay otros protocolos de nivel de aplicación que facilitan el uso y administración de la red:

- SNMP (Simple Network Management Protocol).
- DNS (Domain Name System).



**Fig. 2.12 Capas del Modelo OSI.**

Fuente: <http://www.textoscientificos.com>

### 2.7.6. Modelo TCP/IP.

TCP/IP es el protocolo común utilizado por todos los ordenadores conectados a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre sí. Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectados

ordenadores de clases muy diferentes y con hardware y software incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de conexión. Aquí se encuentra una de las grandes ventajas del TCP/IP, pues este protocolo se encargará de que la comunicación entre todos sea posible. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware.

TCP/IP no es un único protocolo, sino que es en realidad lo que se conoce con este nombre es un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (*Transmission Control Protocol*) y el IP (*Internet Protocol*), que son los que dan nombre al conjunto. En Internet se diferencian cuatro niveles o capas en las que se agrupan los protocolos, y que se relacionan con los niveles OSI de la siguiente manera:

#### **2.7.6.1. Historia del Protocolo TCP/IP.**

El modelo TCP/IP es un modelo de descripción de protocolos de red desarrollado en los años 70 por Vinton Cerf y Robert E. Kahn. Fue implantado en la red ARPANET, la primera red de área amplia, desarrollada por encargo de DARPA, una agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y predecesora de la actual red Internet. EL modelo TCP/IP se denomina a veces como Internet Model, Modelo DoD o Modelo DARPA.

#### **2.7.6.2. Historia del Protocolo TCP/IP.**

Los protocolos TCP/IP presentan las siguientes características:

- Son estándares de protocolos abiertos y gratuitos. Su desarrollo y modificaciones se realizan por consenso, no a voluntad de un determinado fabricante. Cualquiera puede desarrollar productos que cumplan sus especificaciones.
- Independencia a nivel software y hardware. Su amplio uso los hace especialmente idóneos para interconectar equipos de diferentes fabricantes, no sólo a Internet sino también formando

redes locales. La independencia del hardware nos permite integrar en una sola varios tipos de redes (Ethernet, Token Ring, X.25...)

- Proporcionan un esquema común de direccionamiento que permite a un dispositivo con TCP/IP localizar a cualquier otro en cualquier punto de la red.
- Son protocolos estandarizados de alto nivel que soportan servicios al usuario y son ampliamente disponibles y consistentes.

### 2.7.6.3. Arquitectura de Niveles de TCP/IP.

El segundo modelo mayor de estratificación por capas no se origina de un comité de estándares, sino que proviene de las investigaciones que se realizan respecto al conjunto de protocolos de TCP/IP. Con un poco de esfuerzo, el modelo ISO puede ampliarse y describir el esquema de estratificación por capas del TCP/IP, pero los presupuestos subyacentes son lo suficientemente distintos para distinguirlos como dos diferentes.

En términos generales, el software TCP/IP está organizado en cuatro capas conceptuales que se construyen sobre una quinta capa de hardware. El siguiente esquema muestra las capas conceptuales así como la forma en que los datos pasan entre ellas.

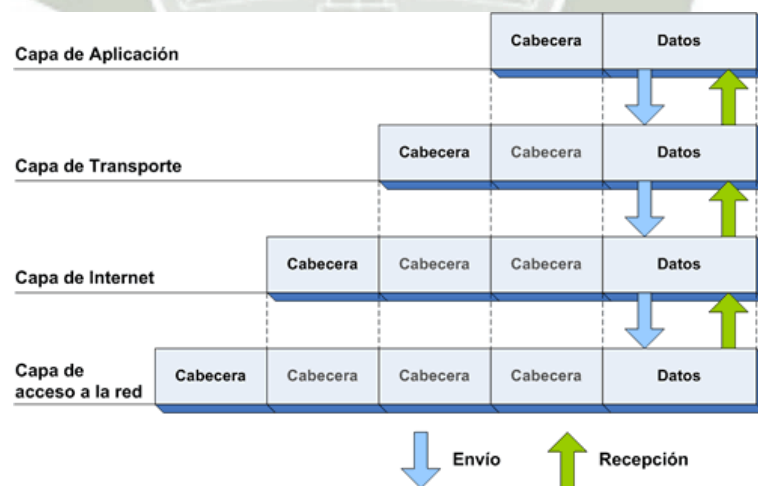
- a) Capa de aplicación.** Es el nivel más alto, los usuarios llaman a una aplicación que acceda servicios disponibles a través de la red de redes TCP/IP. Una aplicación interactúa con uno de los protocolos de nivel de transporte para enviar o recibir datos. Cada programa de aplicación selecciona el tipo de transporte necesario, el cual puede ser una secuencia de mensajes individuales o un flujo continuo de octetos. El programa de aplicación pasa los datos en la forma requerida hacia el nivel de transporte para su entrega.

**b) Capa de transporte.** La principal tarea de la capa de transporte es proporcionar la comunicación entre un programa de aplicación y otro. Este tipo de comunicación se conoce frecuentemente como comunicación punto a punto. La capa de transporte regula el flujo de información. Puede también proporcionar un transporte confiable, asegurando que los datos lleguen sin errores y en secuencia. Para hacer esto, el software de protocolo de transporte tiene el lado de recepción enviando acuses de recibo de retorno y la parte de envío retransmitiendo los paquetes perdidos. El software de transporte divide el flujo de datos que se está enviando en pequeños fragmentos (por lo general conocidos como paquetes) y pasa cada paquete, con una dirección de destino, hacia la siguiente capa de transmisión. Aun cuando en el esquema anterior se utiliza un solo bloque para representar la capa de aplicación, una computadora de propósito general puede tener varios programas de aplicación accediendo a la red de redes al mismo tiempo. La capa de transporte debe aceptar datos desde varios programas de usuario y enviarlos a la capa del siguiente nivel. Para hacer esto, se añade información adicional a cada paquete, incluyendo códigos que identifican qué programa de aplicación envía y qué programa debe recibir, así como una suma de verificación para verificar que el paquete ha llegado intacto y utiliza el código de destino para identificar el programa de aplicación en el que se debe entregar.

**c) Capa Internet.** La capa Internet maneja la comunicación de una máquina a otra. Ésta acepta una solicitud para enviar un paquete desde la capa de transporte, junto con una identificación de la máquina, hacia la que se debe enviar el paquete. La capa Internet también maneja la entrada de

datagramas, verifica su validez y utiliza un algoritmo de ruteo para decidir si el datagrama debe procesarse de manera local o debe ser transmitido. Para el caso de los datagramas direccionados hacia la máquina local, el software de la capa de red de redes borra el encabezado del datagrama y selecciona, de entre varios protocolos de transporte, un protocolo con el que manejará el paquete. Por último, la capa Internet envía los mensajes ICMP de error y control necesarios y maneja todos los mensajes ICMP entrantes.

- d) Capa de acceso a la red.** El software TCP/IP de nivel inferior consta de una capa de interfaz de red responsable de aceptar los datagramas IP y transmitirlos hacia una red específica. Una interfaz de red puede consistir en un dispositivo controlador (por ejemplo, cuando la red es una red de área local a la que las máquinas están conectadas directamente) o un complejo subsistema que utiliza un protocolo de enlace de datos propios (por ejemplo, cuando la red consiste de conmutadores de paquetes que se comunican con anfitriones utilizando HDLC).



**Fig. 2.13 Flujo de información en TCP/IP en las capas OSI**

Fuente <http://www.textoscientificos.com>

Nivel	Descripción	Protocolos
Aplicación	Define los protocolos de aplicación TCP/IP y cómo se conectan los programas de host a los servicios del nivel de transporte para utilizar la red.	HTTP, Telnet, FTP, TFTP, SNMP, DNS, SMTP, X Windows y otros protocolos de aplicación
Transporte	Permite administrar las sesiones de comunicación entre equipos host. Define el nivel de servicio y el estado de la conexión utilizada al transportar datos.	TCP, UDP, RTP
Internet	Empaqueta los datos en datagramas IP, que contienen información de las direcciones de origen y destino utilizada para reenviar los datagramas entre hosts y a través de redes. Realiza el enrutamiento de los datagramas IP.	IP, ICMP, ARP, RARP
Interfaz de red	Especifica información detallada de cómo se envían físicamente los datos a través de la red, que incluye cómo se realiza la señalización eléctrica de los bits mediante los dispositivos de hardware que conectan directamente con un medio de red, como un cable coaxial, un cable de fibra óptica o un cable de cobre de par trenzado.	Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, Frame Relay, RS-232, v.35

**Tabla 2.5 Protocolos usados en las capas del modelo TCP / IP.**

Fuente <http://proyectointerfasesitslp.blogspot.com>

#### 2.7.6.4. Uso de Puertos Modelo TCP/IP.

Diversos programas TCP/IP pueden ejecutarse simultáneamente en Internet (por ejemplo, pueden abrirse diferentes navegadores de manera simultánea o navegar por páginas HTML mientras se descarga un archivo de un FTP). Cada uno de estos programas funciona con un protocolo. A veces el equipo debe poder distinguir las diferentes fuentes de datos.

Por lo tanto, para facilitar este proceso, a cada una de estas aplicaciones puede serle asignada una dirección única en equipo, codificada en 16 bits: un puerto (por consiguiente, la combinación de dirección IP + puerto es una dirección única en el mundo denominada socket).

De esta manera, la dirección IP sirve para identificar de manera única un equipo en la red mientras que el número de puerto especifica la aplicación a la que se dirigen los datos. Así, cuando el equipo recibe información que va dirigida a un puerto, los datos se envían a la aplicación relacionada. Si se trata de una solicitud enviada a la aplicación, la aplicación se denomina aplicación servidor. Si se trata de una respuesta, entonces hablamos de una aplicación cliente.

Existen miles de puertos (codificados en 16 bits, es decir que se cuenta con 65536 posibilidades). Es por ello que la IANA (Internet Assigned Numbers Authority [Agencia de Asignación de Números de Internet]) desarrolló una aplicación estándar para ayudar con las configuraciones de red.

- Los puertos del 0 al 1023 son los **"puertos conocidos"** o reservados. En términos generales, están reservados para procesos del sistema (daemons) o programas ejecutados por usuarios privilegiados. Sin embargo, un administrador de red puede conectar servicios con puertos de su elección.
- Los puertos del 1024 al 49151 son los **"puertos registrados"**.
- Los puertos del 49152 al 65535 son los **"puertos dinámicos y/o privados"**.

A continuación se indican algunos de los puertos conocidos más utilizados:

<b>Puerto</b>	<b>Servicio o aplicación</b>
<b>21</b>	FTP (File Transfer Protocol - Protocolo de transferencia de archivos)
<b>23</b>	Telnet (TELEcommunication NETwork Cliente Terminal)
<b>25</b>	SMTP (Simple Mail Transfer Protocol Protocolo Simple de Transferencia de Correo)
<b>53</b>	DNS (Domain Name System Sistema de nombre de dominio)

<b>63</b>	WHOIS (Determina el propietario de un dominio o dirección IP)
<b>70</b>	GOPHER (acceso a la información a través de menús)
<b>79</b>	FINGER (proporciona información de los usuarios de una maquina)
<b>80</b>	HTTP (HyperText Transfer Protocol protocolo de transferencia de hipertexto)
<b>110</b>	POP3 (Post Office Protocol Protocolo de Correo versión 3)
<b>119</b>	NNTP (Network News Transfer Protocol – Protocolo de Transporte de la Red de Noticias)

**Tabla 2.6 Puertos conocidos más utilizados.**

Fuente <http://www.infoplcn.net>

## **2.8. Protocolo de Comunicación basado en TCP/IP.**

### **2.8.1. PROFINET.**

PROFINET es el estándar abierto innovador para Ethernet industrial, el desarrollo por parte de SIEMENS y de la organización de usuarios de Profibus (PNO). Con PROFINET, las soluciones pueden ser implementadas para la automatización de procesos de fábrica, aplicaciones de seguridad, aplicaciones en tecnología y hasta el control de movimiento sincronizado con reloj. PROFINET está estandarizado en la norma IEC 61158 y IEC 61784.

PROFINET se basa en Ethernet y utiliza estándares TCP / IP y de TI, los complementa con los protocolos y mecanismos específicos para archivar un buen rendimiento en tiempo real. PROFINET permite la integración de los sistemas de bus de campo existentes, como PROFIBUS, DeviceNet, e Interbus, sin cambios en los dispositivos existentes.

#### 2.8.1.1. Ventajas de PROFINET.

PROFINET ofrece las siguientes ventajas:

- Flexibilidad gracias al empleo de Ethernet y de los acreditados estándares IT.
- Ahorro de ingeniería y puesta en marcha gracias a la modularización.
- Protección de la inversión para equipos y aplicaciones PROFIBUS.
- Más rápido que los actuales buses especiales en el ámbito de Motion Control.
- Amplio abanico de productos en el mercado.

#### 2.8.1.2. Niveles de Desempeño PROFINET.

PROFINET ofrece un rendimiento escalable con tres niveles de desempeño:

- **TCP / IP:** para aplicaciones que no son de tiempo real.
- **Tiempo real (RT):** para la transferencia en tiempo real de los datos de proceso de tiempo crítico.
- **Tiempo real isócrono (IRT):** para aplicaciones de control de movimiento

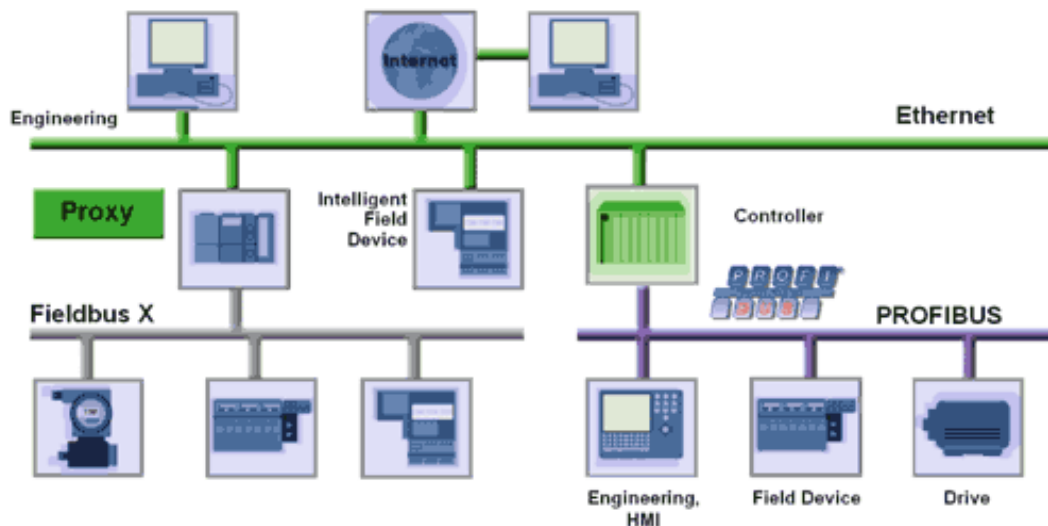


Fig. 2.14 Tres niveles de rendimiento PROFINET.

Fuente <http://www.infopl.net/>

### 2.8.1.3. Tipos de PROFINET.

PROFINET incluye dos modos y permite combinar la automatización distribuida y E/S distribuidas.

a) **PROFINET I.O:** También conocido como PROFINET Entrada/Salida, es un sistema tecnológico constituido por un conjunto de elementos o módulos físicos y programas que facilitan la conexión directa de los dispositivos de campo situados en diferentes puntos de la planta industrial (Distributed field devices) con la red PROFINET y garantizan un tiempo de respuesta típico entre 1 y 10 ms, es por ellos que existen cuatro subsistemas.

Para proporcionar un tiempo de respuesta inferior a 1 ms, PROFINET I.O utiliza una red Ethernet isócrona.

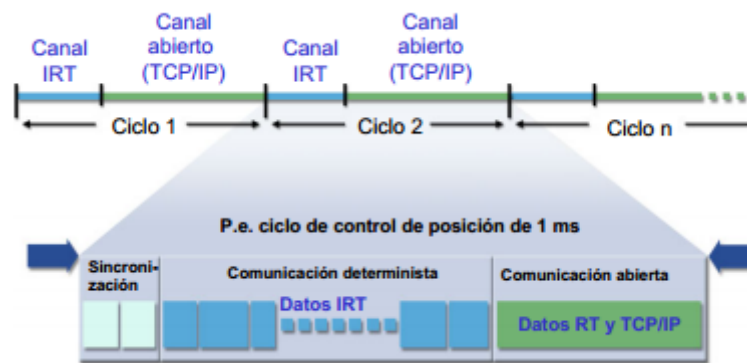


Fig. 2.15 Realización de transmisión de datos Isócronos.

Fuente <http://support.automation.siemens.com>

**b) PROFINET CBA (Component Based Automation – Automatización basada en componentes):** Esta variación es un concepto avanzado para la automatización industrial, que cumple las exigencias de los constructores y operadores de planta para un proceso de ingeniería de todo el sistema. PROFINET CBA se basa en el modelado orientado a objetos de módulos tecnológicos. Basado en el modelo de objetos, máquinas e instalaciones se estructuran en PROFINET en forma de módulos tecnológicos. La funcionalidad de los módulos tecnológicos se encapsula en componentes PROFINET uniformes. Desde el exterior, se tiene acceso a los componentes PROFINET a través de interfaces definidas de manera uniforme. PROFINET, reúne conceptos fundamentales de automatización y posee los siguientes puntos centrales:

- Realización de aplicaciones modulares.
- Comunicación entre máquinas.

## 2.9. Interfaz Hombre Maquina HMI.

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. El término

interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo". La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina" (la lámpara), sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades. Por ejemplo, programar un robot para que encienda la luz sería demasiado complicado y un interruptor en el techo no sería práctico para una luz en un sótano.

### 2.9.1. Evolución de las interfaces hombre-máquina (HMI)

Para productos con un ciclo de vida largo, la interfaz hombre-máquina (HMI) se ha ido optimizando con los años. Hay dos botones que ya no están en los dispositivos de reproducción de audio y vídeo, y que eran comunes en los ochenta: La función del interruptor para pasar a la toma anterior o a la siguiente toma estaba integrada en los botones de adelantar y rebobinar. Para ello, la interfaz de usuario se volvió más compleja, ya que cada uno de los dos botones tenía dos funciones. Para los desarrolladores de interfaces de usuario, una reducción así desempeña un papel principal: La reducción del acceso a una máquina compleja con unos pocos controles puede facilitar el manejo básico pero normalmente no es adecuado para la complejidad. Con los sistemas operativos tan complejos de los equipos modernos, este objetivo en cuestión se soluciona por medio de dos categorías de interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) : Una muestra al usuario los iconos habituales, la papelera de reciclaje, la carpeta, etc., los cuales comprende y puede manejar inmediatamente sin tener que emplear tiempo en aprenderlos: por ejemplo, si hace clic en un vínculo se abre el sitio web pretendido. La otra les permite utilizar una

interfaz de línea de comandos para acceder al sistema del equipo a bajo nivel, sin embargo esta requiere una gran cantidad de aprendizaje.

### 2.9.2. Tipos de HMI

- a) **Desarrollos a medida.** Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.
- b) **Paquetes preconcebidos HMI.** Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

### 2.9.3. Funciones de un software HMI

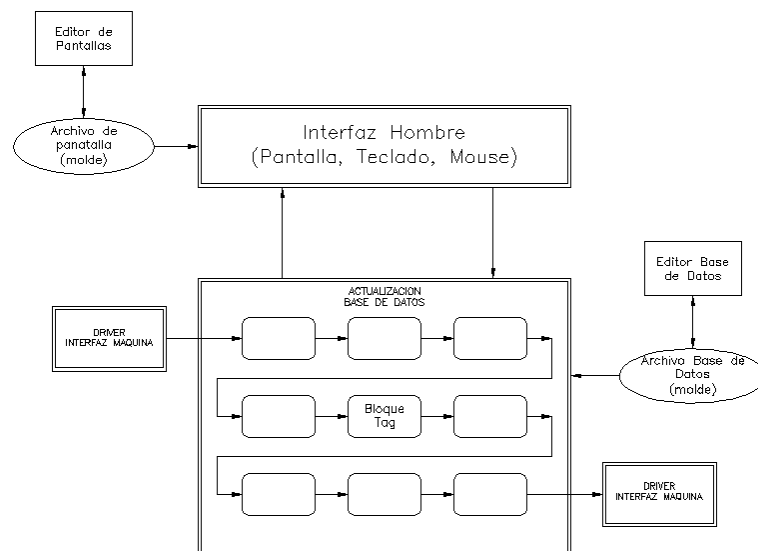
- a) **Monitoreo.** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- b) **Supervisión.** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- c) **Alarmas.** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- d) **Control.** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va mas haya del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- e) **Históricos.** Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

#### 2.9.4. Estructura general del software HMI

El software HMI está compuesto por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema. En la figura 2.15. se muestra como funcionan algunos de los programas y archivos mas importantes. Los rectángulos de la figura representan programas y las elipses representan archivos. Los programas que están con recuadro simple representan programas de diseño o configuración del sistema; los que tienen doble recuadro representan programas que son el motor del HMI. Con los programas de diseño, como el “editor de pantallas” se crea moldes de pantallas para visualización de datos del proceso. Estos moldes son guardados en archivos “Archivo de pantalla” y almacenan la forma como serán visualizados los datos en las pantallas.

- a) **Interfaz Hombre:** Es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse. Este programa realiza la interfaz entre la base de datos y el hombre. El diseño de esta interfaz esta establecido en el archivo molde “Archivo de pantalla” que debe estar previamente creado.
- b) **Base de datos:** Es un lugar de la memoria de la computadora donde se almacenan los datos requeridos del proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos del procesos, por esta razón se denomina “base de datos dinámica”. La base de datos esta formada por bloques que pueden estar interconectados. La creación de la base de datos, sus bloques y la relación entre ellos se realiza a través de “editor de base de datos”.
- c) **Driver (controladores):** La conexión entre los bloques de la base de datos y la señales del proceso se realiza por medio de drivers. Estos drivers manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.

**d) Bloques (tags):** Como ya mencionamos, la base de datos esta compuesta por bloques. Para agregar o modificar la características de cada bloque se utiliza el editor de la base de datos. Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y enviar información hacia los drivers u otros bloques.



**Fig. 2.16 Estructura general de software HMI**

Fuente Introducción a HMI

## 2.10. Controlador Lógico Programable.

El Controlador Lógico Programable (PLC) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un PLC no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.) por otra.

### 2.10.1. Historia del PLC.

Los PLC se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de

eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relees y contactores. Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, Modular Digital Controller) a un gran fabricante de coches. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 (Scheider) resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente. El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada se requería un estricto mantenimiento planificado. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Los "nuevos controladores" debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla. Finalmente se imponía que trabajaran sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido.

A mediados de los 70 las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estado secuencial y CPU basadas en desplazamiento de bit. Los microprocesadores convencionales cedieron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLC. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo.

Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer en 1973 aproximadamente. El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También podían enviar y

recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico. Desafortunadamente, la falta de un estándar acompañado con un continuo cambio tecnológico ha hecho que la comunicación de PLC sea un maremágnum de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí. No obstante fue una gran década para los PLC.

En los 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's. También fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple rele.

Los 90 han mostrado una gradual reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80. El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional. Ahora disponemos de PLC's que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo.

### **2.10.2. Ventajas del PLC.**

Entre las principales ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos. debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.

### 2.10.3. Áreas de aplicación del PLC.

Todas las máquinas o sistemas automáticos tienen un control. Dependiendo del tipo de tecnología utilizada, los controles pueden dividirse en neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos. Con frecuencia se utiliza una combinación de las diferentes tecnologías (sistemas mecatrónicos). Además, debe distinguirse entre controles con programa cableado (es decir, con conexión física de componentes electromecánicos (relés, etc.) o componentes electrónicos (circuitos integrados)) y controles lógicos programables. Los primeros se utilizan principalmente en casos en los que la reprogramación por el usuario está fuera de toda duda y el alcance de la tarea justifica el desarrollo de un sistema de control especial. Las aplicaciones típicas de tales controles pueden hallarse en los electrodomésticos, vídeo cámaras, vehículos, etc.

La tarea original de un PLC es la interconexión de señales de entrada, de acuerdo con un determinado programa y, si el resultado de esta interconexión es "cierta", activar la correspondiente salida. El álgebra de Boole forma la base matemática para esta operación, ya que solamente reconoce dos estados definidos de una variable: "0" (falso) y "1" (cierto).

Sin embargo, si la tarea de control no justifica el desarrollo de un control especial, o si el usuario debe tener la posibilidad de hacer cambios sencillos, o de modificar tiempos o valores de contadores, entonces el uso de un control universal, en el que el programa se escribe en una memoria electrónica, es la opción preferida. El PLC representa un control universal. Puede utilizarse para diferentes aplicaciones y, dado que el programa se halla escrito en su memoria electrónica, el usuario puede modificar, ampliar y optimizar con cierta sencillez sus procesos de control. Hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.

- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.
- Chequeo de Programas.
- Señalización del estado de procesos.

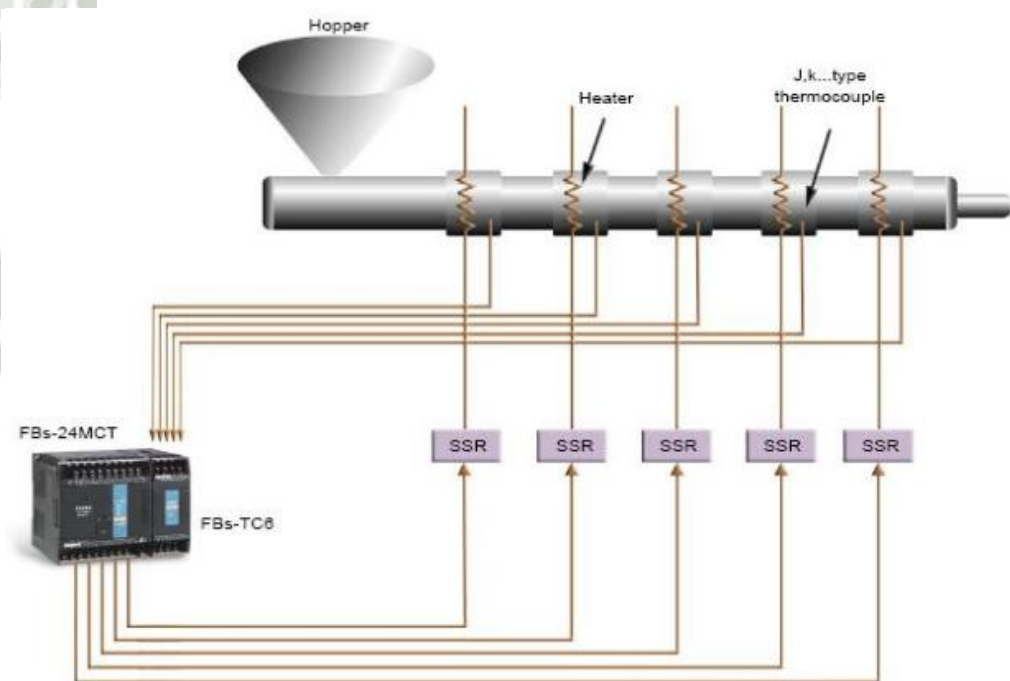


Fig. 2.17 Aplicación de un PLC para un sistema de calentadores de material. Fuente dominionindustrial.wordpress.com

#### 2.10.4. Estructura de un PLC.

El término estructura externa o configuración externa de un Controlador Lógico programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del

mismo, bloques o elementos en que está dividido. Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- **Estructura compacta:** Este tipo de controlador lógico programable se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc. Son los PLC de gama baja o nano autómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.
- **Estructura Semimodular:** Se caracteriza por separar las E/S del resto del Controlador Lógico Programable, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S . Son los Controlador Lógico Programable de gama media los que suelen tener una estructura
- **Estructura modular:** Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen. Son los PLC de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

Entre los principales elementos que componen un PLC, se encuentran los siguientes:

#### 2.10.4.1. Unidad de Programación.

Es el conjunto de medios, hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura sobre las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar. Esta puede estar constituida por un teclado pequeño conectado al controlador, donde cada tecla responderá a un elemento del circuito/programa a desarrollar.

#### 2.10.4.2. Fuente de Alimentación.

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 Vcc, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110 / 220 Vca. En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno. La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, según tipos, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc. La fuente de alimentación del Controlador Lógico Programable puede incorporar una batería de reserva, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, o cuando falla la alimentación o se apaga el Controlador Lógico Programable.

#### 2.10.4.3. Unidad Central de Proceso.

La CPU (Central Processing Unit) es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

La CPU está constituida por los siguientes elementos:

- a) **Procesador:** Está constituido por el microprocesador, el reloj (generador de onda cuadrada) y algún chip auxiliar. El

microprocesador es un circuito integrado (chip), que realiza una gran cantidad de operaciones, que podemos agrupar en: operaciones de tipo lógico, operaciones de tipo aritmético, operación de lectura y modificación de datos, operaciones de entrada–salida y operaciones de control de la transferencia de la información dentro del autómata.

Para que el microprocesador pueda realizar todas estas operaciones está dotado de unos circuitos internos que son los siguientes:

- **Circuitos de la unidad aritmética y lógica o ALU:** Es la parte donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el autómata.
- **Circuitos de la unidad de control (UC) o Decodificador de instrucciones:** Decodifica las instrucciones leídas en memoria y se generan las señales de control.
- **Acumulador:** Es la encargada de almacenar el resultado de la última operación realizada por el ALU.
- **Flags:** o indicadores de resultado, que pueden ser consultados por el programa.
- **Contador de programa:** Encargada de la lectura de las instrucciones de usuario.
- **Bus (interno):** No son circuitos en sí, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones y señales de control entre las diferentes partes del Controlador Lógico Programable

**b) Memoria monitor del sistema:** Es una memoria de tipo ROM, lectura y escritura en las interfaces de E/S. Contiene las siguientes rutinas, incluidas por el fabricante.

- Inicialización tras puesta en tensión o reset.

- Rutinas de test y de respuesta a error de funcionamiento.
- Intercambio de información con unidades exteriores.
- Lectura y escritura en las interfaces de E/S.
- Funciones básicas de la CPU.

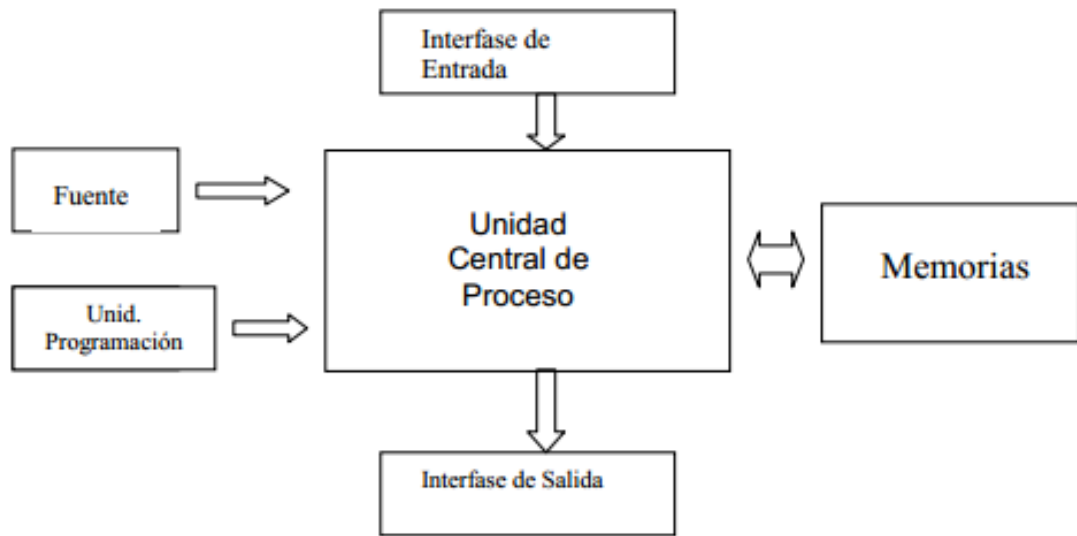


Fig. 2.18 Estructura Externa de un PLC. Fuente <http://caenciso.blogspot.com>

#### 2.10.5. Dispositivo programador de un PLC.

Cada PLC tiene una herramienta de diagnóstico y programación para soportar la aplicación del PLC. Estas herramientas de programación y diagnóstico son o bien dispositivos de programación específicos del fabricante u ordenadores personales con su software correspondiente. Actualmente, estos últimos son casi exclusivamente las variantes preferidas, ya que la enorme capacidad de los modernos PCs, combinada con su comparativamente bajo coste inicial y alta flexibilidad, representan ventajas cruciales.

También se han desarrollado los denominados programadores de mano para pequeños sistemas de control y para tareas de mantenimiento. Con la creciente utilización de ordenadores personales

portátiles (LapTop), funcionando con baterías, la importancia de los programadores de mano disminuye paulatinamente.

Las funciones esenciales del sistema de software forman parte de la herramienta de programación y diagnóstico. Cualquier software de programación según IEC 1131-1 deben proporcionar al usuario una serie de funciones. Así, el software de programación comprende módulos de software para:

- **Introducción de programas.-** Creación y modificación de programas en uno de los lenguajes de programación del PLC.
- **Verificación de la sintaxis.-** Comprobación de la sintaxis del programa y los datos, minimizando así la introducción de programas defectuosos.
- **Traductor.-** Traducción del programa introducido en un programa que puede ser leído y procesado por el PLC, es decir, la generación del código máquina del correspondiente PC.
- **Conexión entre PLC y PC.-** A través de este enlace se realiza la carga de los programas al PLC y la ejecución de funciones de verificación.
- **Funciones de verificación.-** Ayuda al usuario durante la escritura y en la eliminación de fallos y verificación a través de:
  - ✓ Una verificación del estado de las entradas, salidas temporizadores, contadores, etc.
  - ✓ Verificación de secuencias de programa por medio de operaciones de paso a paso, órdenes de STOP, etc.
  - ✓ Simulación por medio de activación manual de entradas/salidas, establecimiento de valores, etc.
- **Indicación del estado de sistemas de control.-** Emisión de información relacionada con la máquina, proceso y estado del sistema PLC:
  - ✓ Indicación del estado de señales de entrada y salida.

- ✓ Registro/indicación de cambios de estado en señales externas y datos internos.
- ✓ Supervisión de los tiempos de ejecución.
- ✓ Formato en tiempo real de la ejecución del programa.
- **Documentación.-** Creación de una descripción del sistema PLC y el programa del usuario. Esto consiste en:
  - ✓ Descripción de la configuración del hardware.
  - ✓ Impresión del programa de usuario con los correspondientes datos e identificadores para las señales y comentarios.
  - ✓ Lista de referencias cruzadas para todos los datos procesados tales como entradas, salidas, temporizadores, etc.
  - ✓ Descripción de las modificaciones.
  - ✓ Archivado del programa de usuario.
  - ✓ Protección del programa de usuario en memorias no volátiles tales como EPROM, etc.

#### 2.10.6. Lenguajes de Programación de un PLC.

Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

Al igual como los PLCs se han desarrollado y expandido, los lenguajes de programación también se han desarrollado con ellos. Los lenguajes de hoy en día tienen nuevas y más versátiles instrucciones y con mayor poder de computación. Por ejemplo, los PLCs pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro

bloque. Como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente.

#### 2.10.6.1. Norma IEC 1131-3.

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLCs. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de PLCs y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de PLCs.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, una de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLCs. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

- **Lenguajes Gráficos**

- ✓ Diagrama Ladder (LD)
- ✓ Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)

- **Lenguajes Textuales**

- ✓ Lista de Instrucciones (IL)
- ✓ Texto Estructurado (ST)

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada Sequential Function Chart (SFC). SFC es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que

coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST). La estructura del SFC tuvo sus raíces en el primer estándar francés de Grafcet (IEC 848).

### 2.10.6.2. Lenguaje grafico de contactos (Ladder Diagram – LD)

El LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

a) **Elementos de programación:** Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la tabla 2.7 podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.







Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Tabla 2.7 Símbolos y descripciones de los elementos básicos.

Fuente: <http://www.infoplc.net>

**b) Programación:** Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución, véase figura 2.18.

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce.

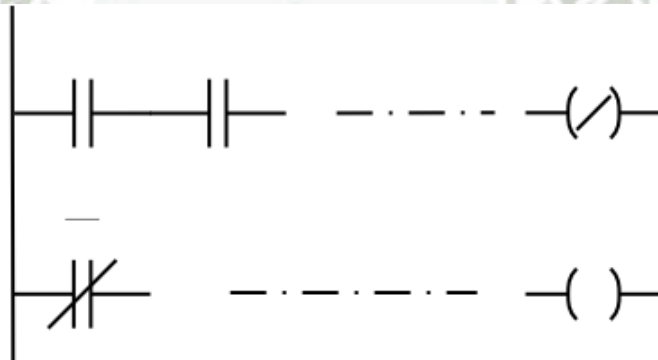


Fig. 2.19 Estructura general de la distribución del programa LADDER.

Fuente <http://movimientomecatronica.blogspot.com>

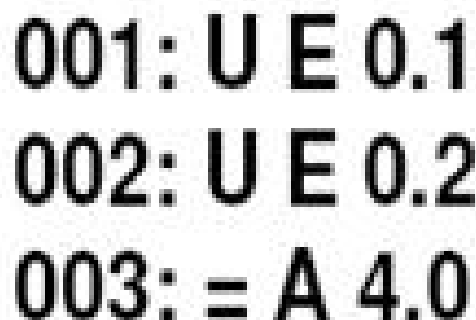
**c) Variables internas y bits de sistema:** Las variables internas son bits auxiliares que pueden ser usados según convenga, sin necesidad de que representen ningún elemento del autómatas. Se suele indicar mediante los caracteres B ó M y tienen tanto bobinas como contactos asociados a las mismas. Su número de identificación suele oscilar, en general, entre 0 y 255. Su utilidad fundamental

es la de almacenar información intermedia para simplificar esquemas y programación.

Los bits de sistema son contactos que el propio autómata activa cuando conviene o cuando se dan unas circunstancias determinadas. Existe una gran variedad, siendo los más importantes los de arranque y los de reloj, que permiten que empiece la ejecución desde un sitio en concreto y formar una base de tiempos respectivamente. Su nomenclatura es muy diversa, dependiendo siempre del tipo de autómata y fabricante

#### 2.10.6.3. Lenguaje de Lista de Instrucción o Booleano (Instruction Listo – IL)

El lenguaje Booleano utiliza la sintaxis del Álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. El lenguaje “Lista de Instrucciones” (IL) de la Norma IEC 1131-3, es una forma de lenguaje Booleano, véase la figura 2.19.



```
001: U E 0.1
002: U E 0.2
003: = A 4.0
```

Fig. 2.20 Estructura general de la distribución del programa lista de instrucciones (IL). Fuente

<http://movimientomecatronica.blogspot.com>

#### 2.10.6.4. Lenguaje gráfico de funciones (Function Block Diagram - FBD)

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del PLC) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.

El diagrama de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la Norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control. Véase la figura 2.20 para un ejemplo de la estructura de este lenguaje gráfico.

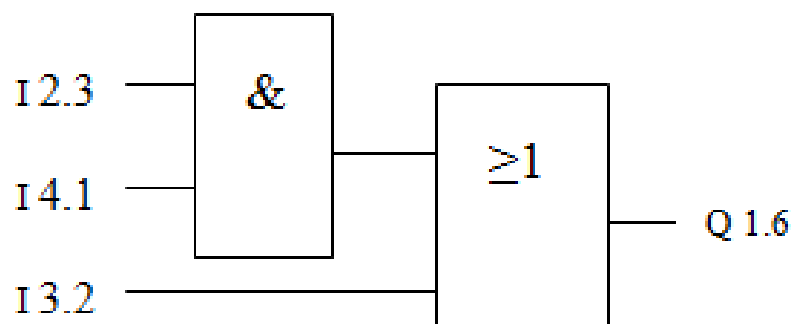


Fig. 2.21 Estructura general del lenguaje grafico de funciones (FBD)

Fuente <http://movimientomecatronica.blogspot.com>

#### 2.10.6.5. Lenguaje de texto estructurado (Structure Text - ST)

Texto estructurado (ST) es un lenguaje de alto nivel que permite la programación estructurada, lo que significa que muchas tareas complejas pueden ser divididas en unidades más pequeñas. ST se parece mucho a los lenguajes de computadoras BASIC o PASCAL,

que usa subrutinas para llevar a cabo diferentes partes de las funciones de control y paso de parámetros y valores entre las diferentes secciones del programa.

Al igual que LD, FBD e IL, el lenguaje de texto estructurado utiliza la definición de variables para identificar entradas y salidas de dispositivos de campo y cualquier otra variable creada internamente.

Incluye estructuras de cálculo repetitivo y condicional, tales como: FOR ... TO; REPEAT..... UNTIL X; WHILE X... ; IF ... THEN ...ELSE. Además soporta operaciones Booleanas (AND, OR, etc.) y una variedad de datos específicos, tales como fecha, hora.

La programación en Texto Estructurado es apropiada para aplicaciones que involucran manipulación de datos, ordenamiento computacional y aplicaciones matemáticas que utilizan valores de punto flotante. ST es el mejor lenguaje para la implementación de aplicaciones de inteligencia artificial, lógica difusa, toma de decisiones, etc.

```
IF Manual AND Alarm THEN
    Level = Manual_Level;
    Mixer = Start AND NOT Reset
ELSE IF Other_Mode THEN
    Level = Max_level;
ELSE
    Level = (Level_Indic X100)/Scale;
END IF;
```

Fig. 2.22 Estructura general del lenguaje de texto estructurado (ST)

Fuente <http://movimientomecatronica.blogspot.com>

#### 2.10.6.6. Lenguaje de diagrama de funciones secuenciales (Sequential Function Chart- SFC)

Es un “lenguaje” gráfico que provee una representación diagramática de secuencias de control en un programa. Básicamente, SFC es similar a un diagrama de flujo, en el que se puede organizar los subprogramas o subrutinas (programadas en LD, FBD, IL y/o ST) que forman el programa de control. SFC es

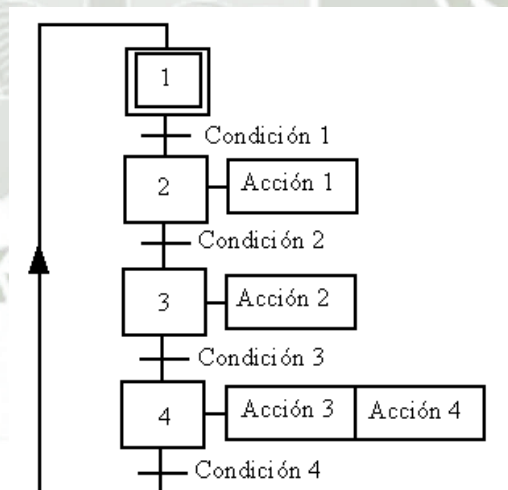
particularmente útil para operaciones de control secuencial, donde un programa fluye de un punto a otro una vez que una condición ha sido satisfecha (cierta o falsa).

El marco de programación de SFC contiene tres principales elementos que organizan el programa de control:

- Pasos (etapas)
- Transiciones (condiciones)
- Acciones

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo, la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1".

Como se mencionó anteriormente, el lenguaje SFC tiene su origen en el estándar francés GRAFCET (GRAFica de Control de Etapas de Transición). El grafcet también utiliza etapas, transiciones y acciones, que operan de la misma manera como en SFC.



**Fig. 2.23 Estructura general del lenguaje de funciones secuenciales (SFC).** Fuente: <http://movimientomecatronica.blogspot.com>

### 2.11. PLC SIEMENS S7-1200.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Hay disponibles módulos adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, GPRS, RS485 o RS232.

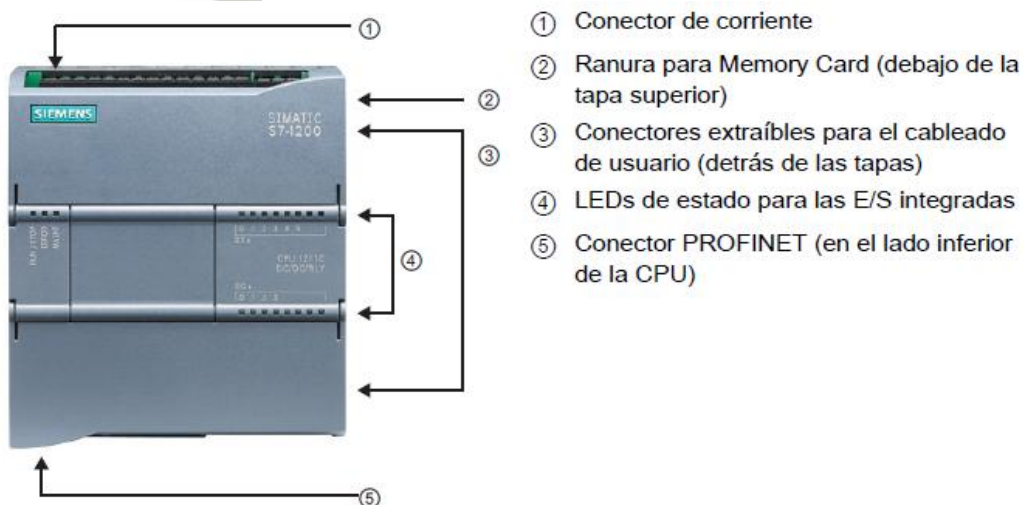


Fig. 2.24 Estructura general del PLC SIEMENS S7-1200.

Fuente Manual de Sistema Controlador Programable S7-1200

SIEMENS

### 2.11.1. Funciones básicas del PLC SIEMENS S7-1200.

#### a) Detección.

lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación (esto se refiere a las señales de entrada que el PLC reconocerá, estas pueden ser análogas o digitales).

#### b) Mando.

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y pre-accionadores (se refiera a las acciones que realiza el PLC).

#### c) Dialogo hombre maquina.

Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso (se refiere a los históricos o monitoreo que te comunica el PLC, estos se van almacenando en la memoria y el operario los puede ir revisando cuando el así lo desee).

#### d) Programación.

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómatas. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómatas controlando la maquina (esta es la parte medular del PLC, semejante el programa de operación que tú le indiques a tu PLC, este hará de manera programada y sistemática las funciones que le introduzcas al mismo programa).

### 2.11.2. Características del PLC SIEMENS S7-1200.

La CPU soporta los siguientes tipos de bloques lógicos que permiten estructurar eficientemente el programa de usuario:

- Los bloques de organización (OBs) definen la estructura del programa. Algunos OBs tienen reacciones y eventos de arranque predefinidos. No obstante, también es posible crear OBs con eventos de arranque personalizados.

- Las funciones (FCs) y los bloques de función (FBs) contienen el código de programa correspondiente a tareas específicas o combinaciones de parámetros. Cada FC o FB provee parámetros de entrada y salida para compartir datos con el bloque invocante. Un FB utiliza también un bloque de datos asociado (denominado DB instancia) para conservar el estado de valores durante la ejecución que pueden utilizar otros bloques del programa. Los números válidos para FC y FB van de 1 a 65535.
- Los bloques de datos (DBs) almacenan datos que pueden ser utilizados por los bloques del programa. Los números válidos para DB van de 1 a 65535.

La CPU ejecuta las siguientes tareas:

- La CPU escribe las salidas desde la memoria imagen de proceso de las salidas en las salidas físicas.
- La CPU lee las entradas físicas inmediatamente antes de ejecutar el programa de usuario y almacena los valores de entrada en la memoria imagen de proceso de las entradas. Así se garantiza que estos valores sean coherentes durante la ejecución de las instrucciones programadas.
- La CPU ejecuta la lógica de las instrucciones programadas y actualiza los valores de salida en la memoria imagen de proceso de las salidas, en vez de escribirlos en las salidas físicas reales.

#### **2.11.2.1. Estados Operativos del CPU.**

La CPU tiene tres estados operativos, a saber: STOP, ARRANQUE y RUN. Los LEDs de estado en el frente de la CPU indican el estado operativo actual:

- En modo STOP, la CPU no ejecuta el programa. Se puede descargar un proyecto.

- En estado operativo ARRANQUE, los OBs de arranque (si existen) se ejecutan una vez. Los eventos de alarma no se procesan durante el modo de arranque.
- En modo RUN, los OBs cíclicos se ejecutan repetidamente. Los eventos de interrupción pueden ocurrir y procesarse en cualquier punto del modo RUN.

La CPU soporta el arranque en caliente para pasar al estado operativo RUN. El arranque en caliente no incluye la inicialización de la memoria. Los datos de sistema no remanentes y los datos de usuario se inicializan en un arranque en caliente. Se conservan los datos de usuario remanentes.

El estado operativo actual puede cambiar con los comandos "STOP" o "RUN" de las herramientas online del software de programación. También se puede insertar una instrucción STP en el programa para cambiar la CPU a STOP. Esto permite detener la ejecución del programa en función de la lógica.

- En estado operativo STOP, la CPU procesa las peticiones de comunicación (según sea necesario) y realiza el autodiagnóstico. La CPU no ejecuta el programa de usuario y la memoria imagen de proceso no se actualiza automáticamente. El proyecto sólo se puede cargar en la CPU si está se encuentra en estado operativo STOP.
- En estado operativo ARRANQUE y RUN, la CPU ejecuta las tareas que muestra la figura 2.24.

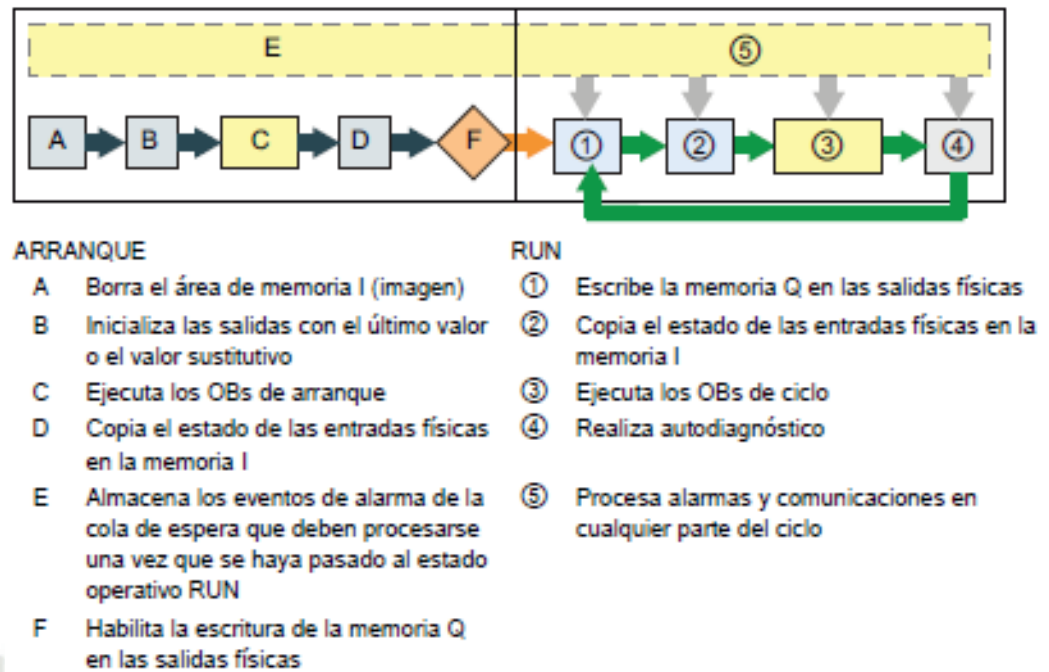


Fig. 2.25 Ejecución de las tareas en estado operativo ARRANQUE y RUN. Fuente: <http://www.textoscientificos.com>

### 2.11.2.2. Procesamiento del ciclo en estado operativo RUN.

En cada ciclo, la CPU escribe en las salidas, lee las entradas, ejecuta el programa de usuario, actualiza los módulos de comunicación y reacciona a los eventos de alarma de usuario y peticiones de comunicación. Las peticiones de comunicación se procesan periódicamente durante el ciclo.

Estas acciones (excepto los eventos de alarma de usuario) se procesan con regularidad y en orden secuencial. Los eventos de alarma habilitados se procesan según su prioridad en el orden en que aparecen.

El sistema garantiza que el ciclo se procese dentro de un periodo denominado tiempo de ciclo máximo. De lo contrario, se generará un evento de error de tiempo.

- Todo ciclo comienza con la consulta de los valores actuales de las salidas digitales y analógicas de la memoria imagen de proceso. Estos valores se escriben luego en las salidas

físicas de la CPU, la SB y los módulos SM configurados para la actualización automática de E/S (configuración predeterminada). Cuando una instrucción accede a una salida física, se actualizan tanto la memoria imagen de proceso de las salidas como la salida física.

- El ciclo continúa con la lectura de los valores actuales de las entradas digitales y analógicas de la CPU, la SB y los SMs configurados para la actualización automática de E/S (configuración predeterminada). Estos valores se escriben luego en la memoria imagen de proceso. Cuando una instrucción accede a una entrada física, se modifica el valor de ésta, pero no se actualiza la memoria imagen de proceso de las entradas.
- Tras leer las entradas, el programa de usuario se ejecuta desde la primera hasta la última instrucción. Esto incluye todos los OBs de ciclo, así como sus FCs y FBs asociados. Los OBs de ciclo se ejecutan en el orden correspondiente al número de OB, comenzando con el número de OB más bajo. Las comunicaciones se procesan periódicamente durante todo el ciclo, siendo posible que se interrumpa la ejecución del programa de usuario. El autodiagnóstico incluye comprobaciones periódicas del sistema y de estado de los módulos de E/S. Las alarmas pueden ocurrir en cualquier parte del ciclo y son controladas por eventos. Cuando ocurre un evento, la CPU interrumpe el ciclo y llama el OB configurado para procesar ese evento. Una vez que el OB haya finalizado el procesamiento del evento, la CPU reanuda la ejecución del programa de usuario en el punto de interrupción.

### 2.11.2.3. Bloques de Organización (OBs).

Los OB controlan la ejecución del programa de usuario. Todo OB debe tener un número de OB unívoco. Los números inferiores a 200 están reservados para los números de OB predeterminados.

La numeración de los demás OB debe comenzar a partir de 200. Determinados eventos de la CPU disparan la ejecución de un bloque de organización. Un OB no puede llamar a otro. Tampoco es posible llamar un OB desde una FC o un FB. Sólo un evento de arranque, p. ej. una alarma de diagnóstico o un intervalo, puede iniciar la ejecución de un OB. La CPU procesa los OB según su clase de prioridad. Los OB de mayor prioridad se ejecutan antes que los de menor prioridad. La clase de prioridad más baja es 1 (para el ciclo del programa principal) y la más alta es 26 (para las alarmas de error de tiempo).

Los OB controlan los siguientes procesos:

- Los OB de ciclo se ejecutan cíclicamente cuando la CPU se encuentra en estado operativo RUN. El bloque principal del programa es un OB de ciclo. Éste contiene las instrucciones que controlan el programa y permite llamar otros bloques de usuario. Es posible utilizar varios OB de ciclo. Éstos se ejecutan en orden numérico. El OB 1 es el bloque predeterminado. Los demás OB de ciclo deben identificarse como OB 200 o superior.
- Los OB de arranque se ejecutan una vez cuando el estado operativo de la CPU cambia de STOP a RUN, al arrancar a estado operativo RUN y en una transición ordenada de STOP a RUN. Una vez finalizado, se comienza a ejecutar el OB de ciclo. Es posible utilizar varios OB de arranque. El OB 100 es el bloque predeterminado. El número de los demás OB debe ser 200 o superior.
- Los OB de alarma cíclica se ejecutan en intervalos periódicos. Los OB de alarma cíclica interrumpen la ejecución cíclica del programa en intervalos definidos. Es posible configurar como máximo un total de 4 eventos de retardo y cíclicos en cualquier momento. Por cada evento de

retardo o cíclico configurado se permite un OB. El número del OB debe ser 200 o superior.

- Los OB de alarma de proceso se ejecutan cuando ocurre el evento de hardware correspondiente, incluyendo flancos ascendentes y descendentes en las entradas digitales integradas y eventos de contadores rápidos (HSC). Los OB de alarma de proceso interrumpen la ejecución cíclica del programa como reacción a una señal de un evento de hardware. Los eventos se definen en las propiedades de la configuración hardware. Por cada evento de hardware configurado se permite un OB. El número del OB debe ser 200 o superior.
- Un OB de alarma de error de tiempo se ejecuta cuando se excede el tiempo de ciclo máximo o se produce un evento de error de tiempo. El OB para procesar la alarma de error de tiempo es el OB 80. Si se dispara, se ejecuta, interrumpiendo la ejecución cíclica normal del programa o cualquier otro OB de evento.
- Los OB de alarma de diagnóstico se ejecutan cuando se detecta y notifica un error de diagnóstico. Los OB de alarma de diagnóstico interrumpen la ejecución cíclica del programa cuando el módulo apto para diagnóstico detecta un error (si se ha habilitado la alarma de diagnóstico para ese módulo). El OB 82 es el único número de OB soportado para el evento de error de diagnóstico. Es posible incluir una instrucción STP (poner CPU a STOP) en el OB 82 para que la CPU pase al estado operativo STOP en cuanto reciba este tipo de error. Si no hay ningún OB de diagnóstico en el programa, la CPU ignora el error (permanece en RUN).

#### 2.11.2.4. Memoria de la CPU.

La CPU provee las áreas de memoria siguientes para almacenar el programa de usuario, los datos y la configuración:

- La **memoria de carga** permite almacenar de forma no volátil el programa de usuario, los datos y la configuración. Cuando un proyecto se carga en la CPU, se almacena primero en el área de memoria de carga. Esta área se encuentra bien sea en una Memory Card (si está disponible) o en la CPU. Esta área de memoria no volátil se conserva incluso tras una pérdida de potencia. La Memory Card ofrece mayor espacio de almacenamiento que el integrado en la CPU.
- La **memoria de trabajo** ofrece almacenamiento volátil para algunos elementos del proyecto mientras se ejecuta el programa de usuario. La CPU copia algunos elementos del proyecto desde la memoria de carga en la memoria de trabajo. Esta área volátil se pierde si se desconecta la alimentación. La CPU la restablece al retornar la alimentación.
- La **memoria remanente** permite almacenar de forma no volátil un número limitado de valores de la memoria de trabajo. El área de memoria remanente se utiliza para almacenar los valores de algunas posiciones de memoria durante una pérdida de potencia. Cuando se produce una caída o un corte de la alimentación, la CPU restaura esos valores remanentes al restablecer la alimentación.

#### 2.11.2.5. Búfer de diagnóstico.

La CPU soporta un búfer de diagnóstico que contiene una entrada para cada evento de diagnóstico. Toda entrada incluye la fecha y hora del evento, así como su categoría y descripción. Las entradas se visualizan en orden cronológico. El evento más reciente aparece en primer lugar. En este búfer están disponibles los 50 eventos más recientes. Cuando se llena el búfer, un evento nuevo reemplaza al

evento más antiguo. Cuando se corta la alimentación, se almacenan los eventos.

Los siguientes tipos de eventos se registran en el búfer de diagnóstico:

- Todo evento de diagnóstico del sistema, p. ej. errores de la CPU y de los módulos.
- Todo cambio de estado de la CPU (todo arranque, toda transición a STOP, toda transición a RUN).

#### 2.11.2.6. Almacenamiento de datos, áreas de memoria, E/S y direccionamiento.

STEP 7 facilita la programación simbólica. Se crean nombres simbólicos o "variables" para las direcciones de los datos, ya sea como variables PLC asignada a direcciones de memoria y E/S o como variables locales utilizadas dentro de un bloque lógico. Para utilizar estas variables en el programa de usuario basta con introducir el nombre de variable para el parámetro de instrucción.

Para una mejor comprensión de cómo la CPU estructura y direcciona las áreas de memoria, los siguientes párrafos explican el direccionamiento "absoluto" al que se refieren las variables PLC. La CPU ofrece varias opciones para almacenar datos durante la ejecución del programa de usuario:

- **Memoria global:** La CPU ofrece distintas áreas de memoria, incluyendo entradas (I), salidas (Q) y marcas (M). Todos los bloques lógicos pueden acceder sin restricción alguna a esta memoria.
- **Tabla de variables PLC:** se pueden especificar nombres simbólicos en la tabla de variables PLC de STEP 7 para posiciones de memoria específicas. Esas variables son globales dentro del programa STEP 7 y permiten la programación **con nombres significativos para la aplicación.**

- **Bloque de datos (DB):** Es posible incluir DBs en el programa de usuario para almacenar los datos de los bloques lógicos. Los datos almacenados se conservan cuando finaliza la ejecución del bloque lógico asociado. Un DB "global" almacena datos que pueden ser utilizados por todos los bloques lógicos, mientras que un DB de instancia almacena datos para un bloque de función (FB) específico y está estructurado según los parámetros del FB.
- **Memoria temporal:** Cada vez que se llama un bloque lógico, el sistema operativo de la CPU asigna la memoria temporal o local (L) que debe utilizarse durante la ejecución del bloque. Cuando finaliza la ejecución del bloque lógico, la CPU reasigna la memoria local para la ejecución de otros bloques lógicos.



Módulo	Slot	Direcció...	Direcció...	Tipo	Refere
	103				
	102				
RS485_1	101			CM 1241 (RS485)	6ES7
PLC_1	1			CPU 1214C DODU/	6ES7
DI14/DO10	1.1	0...1	0...1	DI14/DO10	
AI2	1.2	64...67		AI2	
AO1 x 12bi.	1.3		80...81	AO1 Signal Board	6ES7
HSC_1	1.16	1000.....		Contador rápido (f-	
HSC_2	1.17			Contador rápido (f-	
HSC_3	1.18			Contador rápido (f-	
HSC_4	1.19			Contador rápido (f-	
HSC_5	1.20			Contador rápido (f-	
HSC_6	1.21			Contador rápido (f-	
Pulse_1	1.32			Generador de imp.	
Pulse_2	1.33			Generador de imp.	
Interfaz PR.	X1			Interfaz PROFINET	
DIB x DC24V.	2	8		SM 1221 DIB x DC.	6ES7

Fig. 2.26 Configuración de las E/S de la CPU.

Fuente: Manual de Sistema Controlador Programable S7-1200 SIEMENS

### 2.11.2.7. Tipos de datos soportados por el PLC.

Los tipos de datos se utilizan para determinar el tamaño de un elemento de datos y cómo deben interpretarse los datos. Todo parámetro de instrucción soporta como mínimo un tipo de datos. Algunos parámetros soportan varios tipos de datos. Sitúe el cursor sobre el campo de parámetro de una instrucción para ver qué tipos de datos soporta el parámetro en cuestión.

Tipo de datos	Tamaño en bits	Tipo de número	Rango numérico	Ejemplos de constante	Ejemplos de dirección
Bool	1	Booleano	FALSE o TRUE	TRUE, 1,	I1.0 Q0.1 M50.7 DB1.DBX2.3 Nombre_variable
		Binario	0 ó 1	0, 2#0	
		Octal	8#0 ó 8#1	8#1	
		Hexadecimal	16#0 ó 16#1	16#1	
Byte	8	Binario	2#0 a 2#11111111	2#00001111	IB2 MB10 DB1.DBB4 Nombre_variable
		Entero sin signo	0 a 255	15	
		Octal	8#0 a 8#377	8#17	
		Hexadecimal	B#16#0 a B#16#FF	B#16#F, 16#F	
Word	16	Binario	2#0 a 2#1111111111111111	2#1111000011110000	MW10 DB1.DBW2 Nombre_variable
		Entero sin signo	0 a 65535	61680	
		Octal	8#0 a 8#177777	8#170360	
		Hexadecimal	W#16#0 a W#16#FFFF, 16#0 a 16#FFFF	W#16#F0F0, 16#F0F0	
DWord	32	Binario	2#0 a 2#11111111111111111111111111111111 11111111	2#111100001111111110001111111100111111	MD10 DB1.DBD8 Nombre_variable
		Entero sin signo	0 a 4294967295	15793935	
		Octal	8#0 a 8#3777777777	8#74177417	

Tipo de datos	Tamaño en bits	Rango numérico	Ejemplos de constante	Dirección Ejemplos
USInt	8	0 a 255	78, 2#01001110	MB0, DB1.DBB4, Nombre_variable
SInt	8	128 a 127	+50, 16#50	
UInt	16	0 a 65.535	65295, 0	MW2, DB1.DBW2, Nombre_variable
Int	16	32.768 a 32.767	30000, +30000	
UDInt	32	0 a 4.294.967.295	4042322160	MD6, DB1.DBD8, Nombre_variable
DInt	32	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	-2131754992	

Tipo de datos	Tamaño en bits	Rango numérico	Ejemplos de constante	Ejemplos de dirección
Real	32	-3.402823e+38 a -1.175 495e-38, ±0, +1.175 495e-38 a +3.402823e+38	123.456, -3.4, 1.0e-5	MD100, DB1.DBD8, Nombre_variable
LReal	64	-1,7976931348623158e+308 a -2,2250738585072014e-308, ±0, +2,2250738585072014e-308 a +1,7976931348623158e+308	12345,123456789e40, 1.2E+40	Nombre_DB.nombre_var Reglas: <ul style="list-style-type: none"> <li>No se soporta el direccionamiento directo</li> <li>Se puede asignar en una tabla de interfaz de OB, FB o FC</li> </ul>

Tipo de datos	Tamaño	Rango	Ejemplos de entrada de constantes
Time	32 bits	T#-24d_20h_31m_23s_648ms a T#24d_20h_31m_23s_647ms Almacenado como: -2.147.483.648 ms hasta +2.147.483.647 ms	T#5m_30s T#1d_2h_15m_30s_45ms TIME#10d20h30m20s630ms 500h10000ms 10d20h30m20s630ms
Date	16 bits	D#1990-1-1 a D#2168-12-31	D#2009-12-31 DATE#2009-12-31 2009-12-31
Hora	32 bits	TOD#0:0:0.0 a TOD#23:59:59.999	TOD#10:20:30.400 TIME_OF_DAY#10:20:30.400 23:10:1
DTL (Fecha y hora largo)	12 bytes	Mín.: DTL#1970-01-01-00:00:00.0 Máx.: DTL#2554-12-31-23:59:59.999 999 999	DTL#2008-12-16-20:30:20.250

**Tabla 2.7** Tabla de datos controlados por el PLC SIEMENS S7-1200.

**Fuente:** Manual de Sistema Controlador Programable S7-1200 SIEMENS

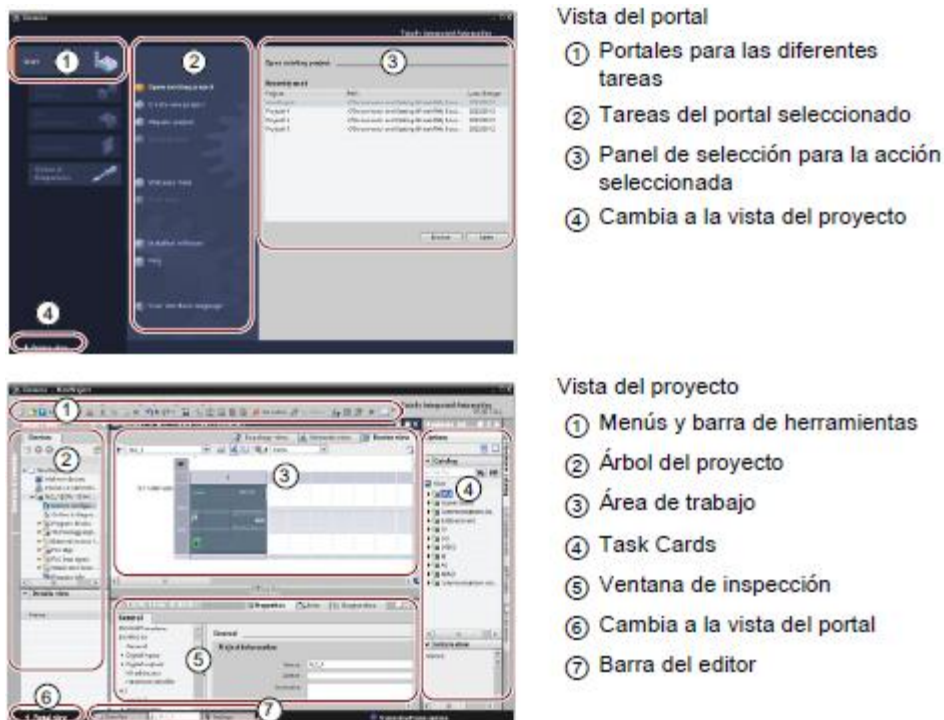
## 2.12. Software TIAPORTAL.

TIA PORTAL proporciona un entorno de fácil manejo para programar la lógica del controlador, configurar la visualización de HMI y definir la comunicación por red. Para aumentar la productividad, TIA PORTAL ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto, véase figura 2.26.

Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. La ventana de inspección, por ejemplo, muestra las propiedades e información acerca del objeto seleccionado en el área de trabajo. Si se seleccionan varios objetos, la ventana de inspección muestra las propiedades que pueden configurarse. La ventana de inspección incluye fichas que permiten ver información de diagnóstico y otros mensajes.

La barra de editores agiliza el trabajo y mejora la eficiencia, ya que muestra todos los editores que están abiertos. Para cambiar entre los editores abiertos, basta con hacer clic sobre el editor en cuestión. También es posible visualizar dos editores simultáneamente, ya sea en mosaico

vertical u horizontal. Esta función permite mover elementos entre los editores mediante Drag & Drop.



**Fig. 2.27 Vista de portal y de proyecto del software STEP 7.**

**Fuente Manual de Sistema Controlador Programable S7-1200 SIEMENS**

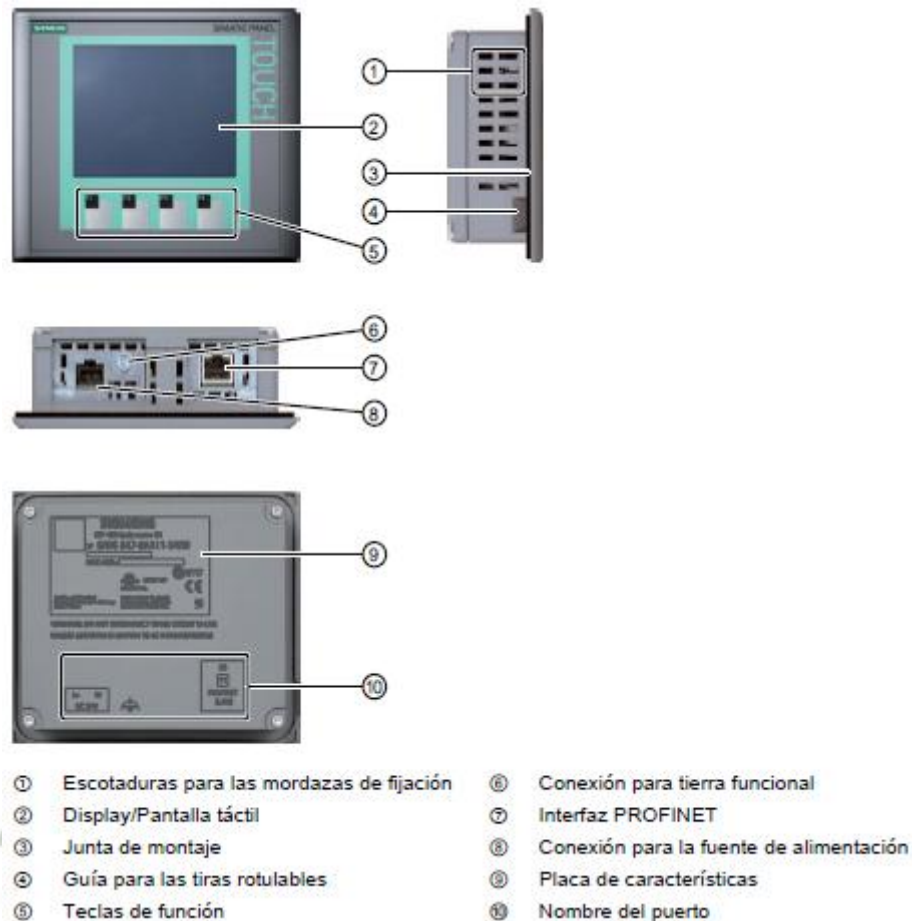
### 2.13. Panel táctil SIEMENS KTP 400.

Hoy en día, la mayoría de las máquinas ofrecen la visualización de forma estándar. Especialmente en las máquinas de menor tamaño y en las aplicaciones sencillas el factor coste juega un papel decisivo. Para las aplicaciones básicas se consideran totalmente suficientes los paneles de operador con funciones básicas.

Estas exigencias son las que satisfacen la tecnología SIMATIC Basic Panels. Centrados en lo esencial, los paneles de operador de los Basic Panels ofrecen justo la funcionalidad básica deseada, una perfecta relación rendimiento/precio.

Los nuevos Basic Panels se basan en la acreditada calidad SIMATIC e, independientemente del tamaño de su display, ofrecen de forma estándar numerosas funciones de software, a saber: sistema de avisos, administración de recetas, funcionalidad de curvas y cambio de idioma. Los

usuarios se benefician así de las ventajas de la visualización así como de una calidad del proceso mejorada.



**Fig. 2.28 Componentes del panel KTP400.**

**Fuente: Manual de Sistema Controlador Programable S7-1200 SIEMENS**

### 2.13.1. Funciones de la pantalla táctil SIEMENS KTP400.

Entre las principales funciones se tienen las siguientes:

- Ventana permanente y uso de plantillas para crear patrones de pantalla.
- Campo de entrada/salida para visualizar y cambiar parámetros de proceso.
- Botones que sirven para activar directamente funciones y acciones. Es posible configurar simultáneamente hasta 16 funciones en botones.

- Gráficos que pueden usarse en calidad de ICONO para “rotular” teclas de función o botones. También pueden crearse a modo de imágenes de fondo que ocupen toda la pantalla. La herramienta de configuración incluye una librería con una variedad gama de gráficos y diversos objetos. Como editores gráficos pueden aplicarse todos los editores con interfaz “OLE”, por ejemplo: Paint-Shop, Designer, Corel Draw, etc.
- Gráficos vectoriales posibilidad de crear formas geométricas simples directamente en la herramienta de configuración.
- Textos fijos para rotular teclas de función, sinópticos de proceso y valores de proceso en caracteres de varios tamaños.
- Funciones con curvas y barras que sirven para visualizar gráficamente valores dinámicos.
- Conmutación de idioma, textos y gráficos dependientes del idioma.
- Administración de usuarios de acuerdo con los requisitos de los distintos sectores: Autenticación por identificador de usuario y contraseña, derechos específicos para determinados grupos de usuarios.
- Sistema de alarmas: Aviso de bit, avisos analógicos, clases de avisos de libre elección e historial de avisos.
- Administración de recetas.
- Textos de ayuda para sinópticos de proceso, avisos y variables.
- Monitoreo de límites para conducción segura del proceso en entradas y salidas.
- Pilotos para señalar el estado de máquinas e instalaciones.
- Planificador de tareas para la ejecución cíclica de funciones.
- Creación de plantillas de pantalla.

### **2.13.2. Beneficios del uso de una pantalla táctil SIEMENS KTP400.**

Entre los principales beneficios que ofrece esta pantalla, tenemos los siguientes:

- Parte integral de Totally Integrated Automation (TIA): Incremento de la productividad, minimización de la ingeniería, reducción de los costes de ciclo de vida, gracias a la posibilidad de configurar en modo “retrato”.
- Presentación de valores de proceso sencilla y confortable para el usuario gracias al uso de: cuadros de entrada y salida, gráficos vectoriales, curvas, barras, textos y mapas de bits.
- Librería gráfica con objetos pre-programados.
- Aplicación universal, posee 32 idiomas de configuración.

### **2.14. Sistema de producción modular (MPS).**

El sistema de producción modular o celular se define como un sistema técnico especializado en una fase de producción en la cual el equipo de estaciones del trabajo es combinado para facilitar la producción de pequeños lotes y mantener flujos de producción continuos. Forma grupos de personas, los procesos y las máquinas para producir una familia de partes, que típicamente constituyen un componente o subcomponente completo y, a su vez son realizadas cerca para permitir la retroalimentación entre operadores ante problemas de calidad u otros. Los trabajadores en la manufactura celular están tradicionalmente entrenados para varias funciones (poli funcionales) y por lo tanto son capaces de atender diversas interrogantes.

Esta alternativa de producción aparece ante las exigencias actuales del mercado y el cual está orientado básicamente a la satisfacción de las necesidades del cliente.

Un módulo o célula es un conjunto de dos o más estaciones de trabajo no similares, localizadas uno junto a la otra, a través de los cuales se procesa un número limitado de partes o modelos con flujos de línea y, como

resultado, la calidad de la producción y la moral del trabajador se elevan por el simple hecho de trabajar con todo un ensamble y ser capaz de construir un producto terminado en vez de realizar eternamente tareas repetidas, véase la figura 2.28.

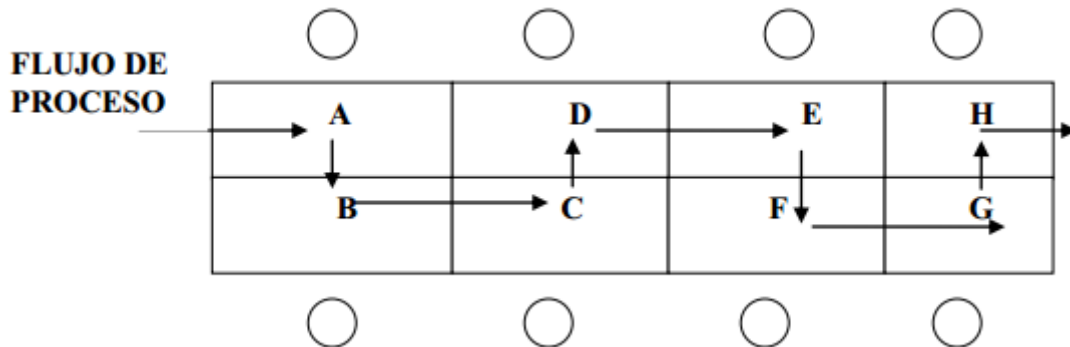


Fig. 2.29 Flujo del proceso en módulos.

Fuente: <http://www.scielo.org.mx>

El concepto de manufactura modular surge como respuesta a la prioridad competitiva de flexibilidad y resulta combinar técnicas modernas extraídas de la filosofía JUST IN TIME (JUSTO A TIEMPO), cuyo objetivo principal es la eliminación de los desperdicios o recursos que no intervengan activamente en un proceso que añada valor al producto final.

#### 2.14.1. Beneficios del sistema de producción modular.

Existen varios beneficios de la implementación de un sistema de producción modular, tales como:

- Mayor aprovechamiento de máquina y espacios
- Reducción de tiempos muertos
- Necesidad de más operadores para tener máxima utilización de la maquinaria.
- Asignación de operaciones considerando máximo aprovechamiento del trabajador y de la maquinaria.
- Un operario es multi funcional (hábil para varias operaciones).

- La empresa establece el límite de inventario deseado (30 min a 1 día de producción).
- La respuesta rápida a las exigencias del mercado.
- La reducción del costo total del producto.
- Incremento de la calidad del producto reduciendo el porcentaje de rechazos.
- Mejor aprovechamiento de la superficie de la planta.
- Reducción de los índices de rotación y ausentismo del personal, creando un mejor ambiente de trabajo.
- Reducción del capital inmovilizado mediante la reducción de las exigencias en proceso.
- Incremento del nivel de eficiencia de la planta.
- Cumplimiento con los plazos de entrega.
- Desarrollo del potencial del trabajador.

#### **2.14.2. Manufactura de Clase mundial.**

Este concepto se refiere a el hecho de estar aprovechando todos los avances que van apareciendo en el campo de la manufactura, para lograr competitividad a nivel global mundial en: costo, calidad, entrega a tiempo. Se encuentra integrada por cinco estrategias básicas que son:

- Administración de la calidad total (TQM), cero defectos en el producto.
- Justo a tiempo (JIT), cero inventarios innecesarios.
- Mantenimiento productivo total (MPT), cero fallas de equipo productivo.
- Procesos de mejoramiento continuo (PMC).
- Manufactura esbelta (lean), cero despilfarros o desperdicios por lo tanto reducción de costos.

#### 2.14.2.1. Administración de la calidad total.

Aquí cada persona se encuentra identificada con la empresa. Lo que se busca es hacer partícipe al empleado de la filosofía de la organización. Para ello existen tres conceptos básicos dentro de la manufactura de clase mundial (Koenig, 1997) que son los siguientes:

- **Involucrar al empleado.** Esta práctica se da mediante la participación activa del empleado dentro de las actividades de la organización. Existen diferentes comités en los cuales el empleado puede participar y expresar sus ideas, así mismo se cuenta con una política de puerta abierta con la cual se hace saber al empleado que su opinión es importante y que de no encontrar solución a su problema, puede acudir a personal de mayor rango para exponer su problema.
- **Benchmarking.** Seleccionando un estándar de desempeño. Existen diferentes porcentajes para medir el trabajo del personal, así mismo se proporcionan dichos estándares a la persona y en base a ellos se realiza el trabajo, si alguno de ellos logra reducir el porcentaje, este se tomaría como nuevo determinante y base para el trabajo posterior. Siempre buscando mejorar el trabajo desempeñado anteriormente.
- **Conocimiento de las herramientas de TQM.** Podemos decir que de lo más utilizado son las gráficas de flujo de proceso, diagrama de causa-efecto, y control estadístico de procesos, actividades para lograr el aseguramiento de la calidad.

#### 2.14.2.2. Justo a tiempo.

"El JIT es una estrategia para mejorar de manera permanente la calidad y productividad basada en el potencial de las personas, y en el logro de mayor velocidad en todos los procesos de trabajo" (Zalatán, 1994).

En base a la definición anterior y desglosándola un poco tenemos que la productividad se basa en las personas. El factor humano es de lo más importante en este giro, ya que son ellos los que hacen posible la manufactura de servicios. Es el personal quien maneja las máquinas y realiza los procesos para a final de cuentas brindar un servicio de calidad.

#### **2.14.2.3. Mantenimiento productivo total.**

El MPT es el mantenimiento que implica una participación total de los integrantes de la empresa para maximizar la efectividad del equipo (González, 1994). Cada miembro de la organización esta consiente que debe dar su máximo esfuerzo en el trabajo que realiza. El concepto calidad está presente en cada momento de la operación, ya que es bien sabido que si el trabajo que se realiza en esta etapa del proceso falla, las repercusiones posteriores harán perder dinero a la empresa.

#### **2.14.2.4. Proceso de Mejora Continua.**

"PMC es un conjunto de actividades en la empresa orientada a generar mayores beneficios y a hacer más competitiva la organización" (González, 1994). Además del trabajo que realizan los planeadores de rayados se cuenta con un departamento de verificadores que dan el último toque al rayado. Con esto se busca perfeccionar o detallar el trabajo previamente realizado, además de cerciorarse de que se enmienden posibles errores cometidos.

#### **2.14.2.5. Manufactura esbelta.**

Manufactura esbelta es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar correcto, al momento correcto, la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio. El cumplir con la filosofía lean, invariablemente nos lleva a una reducción en el costo de

producción y por lo tanto en el costo del producto al cliente final. La reducción del costo conlleva a un crecimiento en la demanda del producto y por lo tanto en un crecimiento de nuestro sistema de manufactura.

Las empresas, para establecer los niveles de desempeño de la manufactura de Clase Mundial, deben incorporar los últimos avances en sistemas de producción y tecnología.



## CAPÍTULO III

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO

En este capítulo se describe las partes estructurales del módulo y dispositivos eléctricos usados, detallando los criterios para la selección de determinados elementos mecánicos (pistones neumáticos, probetas, etc.)

#### 3.1. Introducción

El módulo MPS de producción en serie realiza la operación de transportar específicamente unas probetas circulares de aluminio a través de diferentes procesos de maquinado, constituido por un subsistema de alimentación denominado ALIMENTADOR, el cual provee de las probetas hacia un siguiente subsistema que las transporta en forma giratoria a través de dos procesos de maquinado, el primero denominado TALADRADO y el segundo denominado PINTADO, a este subsistema se le denomina MESA INDEXADORA y por último un siguiente subsistema llamado TRANSPORTADOR que se encarga de trasladar la probeta hasta la parte final del proceso.

El módulo es un sistema basado en principios mecánicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos e informáticos que demuestran el funcionamiento y control de un sistema mecatrónico de producción en serie.

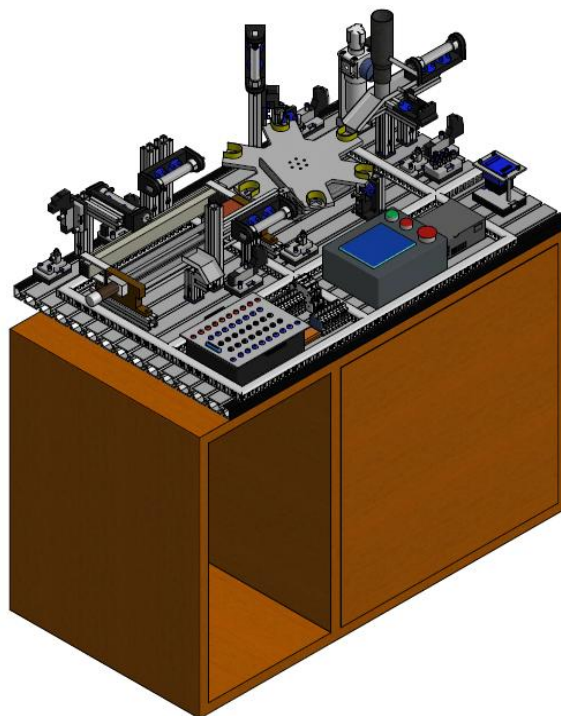


Figura 3.1. Vista general del módulo implementado – Diseño en Autodesk Inventor 2013. Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Descripción del Sistema Mecánico por subsistemas

#### 3.2.1. Subsistema de Alimentación – ALIMENTADOR

El subsistema aloja así mismo elementos que son claramente definidos, estos son:

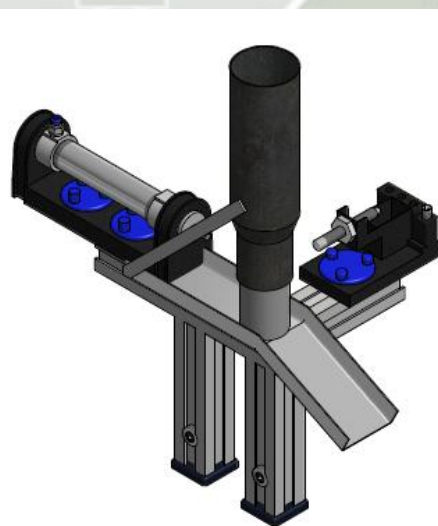


Figura 3.2. Subsistema ALIMENTADOR – Diseño en Autodesk Inventor 2013. Fuente: Elaboración Propia.

### **3.2.1.1. Torre BATCH de probetas:**

Diseñado de tal manera que permita sostener a 4 probetas cilíndricas de aluminio.

Se consideró para esta aplicación el uso de una guía cilíndrica adecuada para un desplazamiento vertical de las probetas hacia la base de la torre, de esta manera se garantiza que las probetas estén posicionadas cada vez que se requiera del material.

La torre está hecha de policloruro de vinilo, de espesor de 2 mm. El conjunto es sostenido en la estructura del alimentador por medio de soportes de aluminio entre el perfil de la base y las partes laterales de la torre vertical,

La torre BATCH esta elevada 47 mm de la base lo que permite la función del sensor óptico para detectar si existe o no material, esta información servirá para poder desarrollar el programa de control y la condición de requerimiento de probetas antes de volver a ejecutar una acción en el sistema.

### **3.2.1.2. Cilindro Neumático de Alimentación:**

En esta parte se hace uso de un cilindro neumático, ensamblado a la estructura de aluminio mediante un sistema de sujeción, de tal manera que al extenderse el cilindro neumático pueda trasladar la probeta hacia el perfil inclinado de la estructura de aluminio.

Cabe resaltar que se acondiciono un sensor magnético de final de carrera como medida de control para nuestro programa de automatización, además de instalar un regulador de caudal que como su nombre lo dice regule la velocidad de salida del vástago.

### Análisis ingenieril del actuador neumático:

Se dispone de un actuador marca FESTO cuyo código es: ESNU-20-50-P-A, la hoja de datos técnicos se puede apreciar en los anexos.

A continuación se detalla la configuración básica:

- **Función:** ESNU Cilindro normalizado, de simple efecto, compresión, basado en ISO 6432.
- **Diámetro del embolo:** 20 mm.
- **Carrera:** 50 mm.
- **P:** Anillos elásticos, placas de amortiguación en ambos lados.
- **A:** Opción para detector de posiciones.

Para nuestra aplicación se tiene las siguientes cargas:

- o **Fuerza del muelle o resorte:** 10% – 15% de la fuerza del embolo trabajando con una presión de 6 bar. (para conceptos de diseño tomamos el valor más crítico que sería el 15%).

$$f_{Muelle} = 15\% \left( \frac{P_{Aire} \times \pi \times D^2}{40} \right)$$

Dónde:

**F** Teórica = Fuerza (Newton).

**D** = Diámetro del cilindro (mm).

**P** Aire = Presión de aire (bar).

**f** muelle = Fuerza del muelle (Newton).

$$f_{Muelle} = 15\% \left( \frac{6 \text{ bar} \times \pi \times 20^2}{40} \right)$$

$$f_{Muelle} = 28.274 \text{ N}$$

- **Fuerza de fricción del pistón debido a su movimiento:** 3% - 10% de la fuerza calculada. (para conceptos de diseño tomamos el valor más crítico que sería el 10%).

$$f_{calculada} = 10\% (28.274 \text{ N})$$

$$f_{calculada} = 2.8274 \text{ N}$$

- **Fuerza de rozamiento ejercida por el peso de las probetas:** 5 probetas con un peso promedio de 83.5 gr y un coeficiente de rozamiento equivalente 0.61 (ver tabla 3.1).

<b>Coefficientes de rozamiento estático y cinético</b>		
<b>Superficies en contacto</b>	<b><math>\mu_s</math></b>	<b><math>\mu_k</math></b>
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre aluminio	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

**Tabla 3.1. Tabla de Coeficientes de Rozamiento**

**Fuente: Serway R. A.. Física, Editorial McGraw-Hill. (1992)**

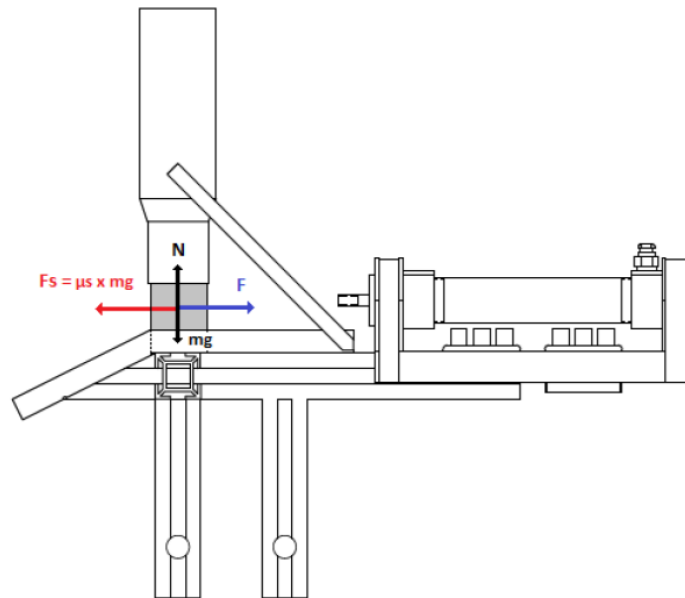


Figura 3.3. Diagrama de Cuerpo Libre de la Probeta – Diseño en Autodesk Inventor 2013. Fuente Propia.

$$f_{\text{Rozamiento}} = mg \times \mu_s$$

$$f_{\text{Rozamiento}} = 5 \text{ und} \times 0.0835 \text{ kg} \times 9.81 \times 0.61$$

$$f_{\text{Rozamiento}} = 2.5 \text{ N}$$

Hallamos que la fuerza resultante es:

$$F_{\text{Resultante}} = 28.274 \text{ N} + 2.874 \text{ N} + 2.5 \text{ N}$$

$$F_{\text{Resultante}} = 33.6 \text{ N}$$

Teniendo la carga total ejercida sobre el pistón, podemos determinar la presión de trabajo:

$$P_{\text{Trabajo}} = \frac{40 \times F_{\text{Resultante}}}{\pi \times D^2}$$

Dónde:

**F Resultante** = Fuerza (Newton).

**D** = Diámetro del cilindro (mm).

**P Trabajo** = Presión de aire (bar).

$$P_{Trabajo} > \frac{40 \times 33.6 N}{\pi \times 20^2}$$

$$P_{Trabajo} > 1.07 \text{ bar} \cong 1.1 \text{ bar}$$

Tomando en consideración una pérdida de presión de 0.1 bar debido a conexiones neumáticas podemos definir que la presión final dentro de un modelo estático es equivalente a 1.2 bar; por lo tanto se seleccionara una presión de 2 bar ya que la presión de trabajo debe ser mayor a la presión hallada.

Adicionalmente para la definición de fuerza de trabajo debemos considerar los siguientes parámetros, relacionadas a la geometría de trabajo y energía de sistema:

- Presión de trabajo: 2 bar (29.4 psi)
- Regulación de velocidad (expulsión)

Con estos datos primero haremos un análisis de Presión fuerza con el siguiente monograma:

### Diagrama presión-fuerza

FESTO

Presión de funcionamiento  $p$  en función del diámetro del émbolo y de la fuerza  $F$

En el diagrama se ha considerado aprox. un 10% de pérdidas por rozamiento.

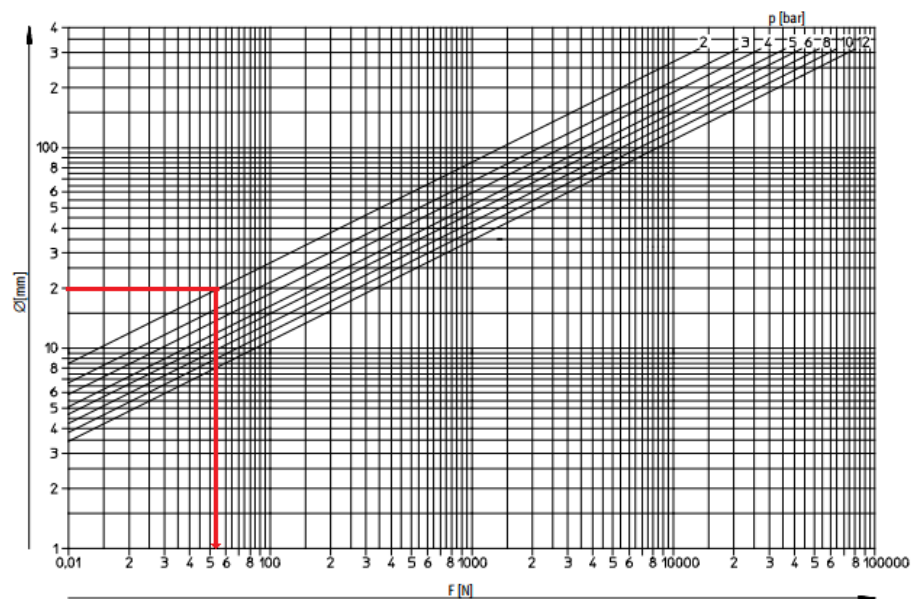
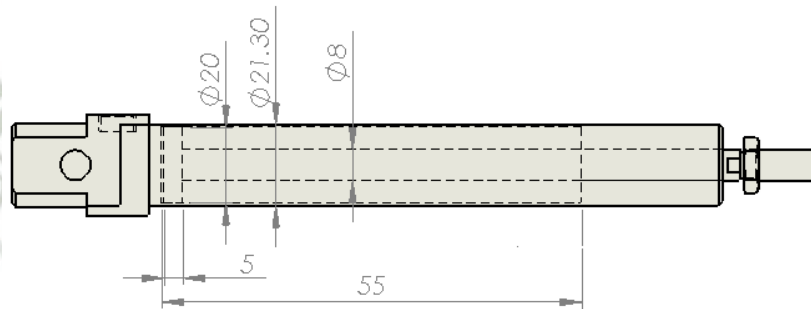


Figura 3.4. Monograma Fuerza- Presión. Fuente: FESTO

Inicialmente se traza una línea horizontal a partir del diámetro del embolo disponible (20 mm.), hasta chocar con la recta diagonal de la presión de trabajo que para nuestro diseño es 2 bar, en esta intersección trazamos una línea vertical hacia abajo dando como resultado la fuerza generada por ese embolo a la presión seleccionada. De este análisis vemos que incide en 54 N aproximadamente, este resultado es satisfactorio para nuestros requerimientos.

Así mismo se podría calcular el consumo de aire que este cilindro requiere para realizar su trabajo.



**Figura 3.5. Dimensiones básicas cilindro neumático ESNU-20-50-P-A.**

**Fuente: FESTO**

Teniendo en cuenta que aproximadamente se realizan 5 ciclos por minuto y la jornada de trabajo es equivalente a 1 hora, llegamos a calcular la cantidad de ciclos por cada jornada de trabajo.

$$\left(\frac{1 \text{ hora}}{\text{jornada}}\right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) \left(\frac{5 \text{ ciclos}}{1 \text{ min}}\right) = 300 \frac{\text{ciclos}}{\text{jornada}}$$

De las dimensiones del cilindro que vemos en la figura 3.7, obtenemos un cálculo de volumen (cilindradas) en la expansión del actuador.

$$V_{exp} = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) L = \left(\frac{\pi (20 \text{ mm})^2}{4}\right) 50 \text{ mm} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

La relación de compresión referida a nivel de la ciudad de Arequipa está dada por:

$$\left( \frac{0.61 + P_{Aire}(bar)}{0.61} \right)$$

El consumo de aire del cilindro es una función de la relación de compresión, del área del pistón, de la carrera y del ciclo de trabajo, según la siguiente formula:

$$Consumo_{Aire} = Relación_{Compresión} \times Volumen_{Expansión} \times Ciclo$$

$$Q \left( \frac{m^3}{jornada} \right) = \frac{0.61 + P_{Aire}(bar)}{0.61} \times 1.6 \cdot 10^{-5} m^3 \times 300 \frac{ciclos}{jornada}$$


$$Q \left( \frac{m^3}{jornada} \right) = \frac{0.61 + 2(bar)}{0.61} \times 1.6 \cdot 10^{-5} m^3 \times 300 \frac{ciclos}{jornada}$$

$$Q = 0.02 \left( m^3 / jornada \right) \cong 20 \left( l / jornada \right)$$

A continuación hacemos el uso del simulador de resultados de consumo de aire (figura 3.6) que el software **Air Consumption** de la empresa Festo proporciona en su catálogo on-line.

Mediante este podemos encontrar el consumo de aire para nuestro cilindro, tomando en cuenta que el resultado es calculado a la presión atmosférica ejercida al nivel del mar.

### Cylinder Air Consumption

Operating mode  single acting, pushing Number of cycles 5 1/min  
 Size 20 mm Stroke/Length 50 mm  
 NOTE: Using estimated piston rod diameter of 8 mm.

Clear table

Selected cylinders and their air consumption					Air Consumption		
Size	Stroke/Length	Op. Mode	Piston Rod	Pressure	Cycles	per Cycle	per Minute
20 mm	50 mm	pushing	standard	2.00 bar	5.00/min	0.05 l	0.24 l

**Utilization**  
 Working pressure 2 bar  
 Working hours per day 1 h

**Resulting air consumption**  
 Air consumption per minute 0.236 l  
 Air consumption per day 14.1 l

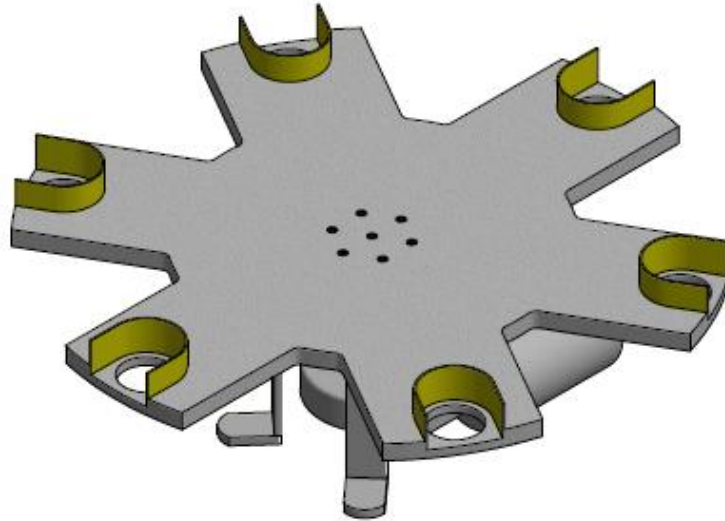
NOTE: The air consumption values determined in this way are only guide values. Particularly with high cycle speeds, pressurised chambers are not fully exhausted, which means that actual air consumption may be significantly lower.

Figura 3.6. Análisis consumo de aire – Software online Festo. Fuente: FESTO

#### 3.2.1.3. Estructura de Aluminio:

La estructura está constituida de cuatro perfiles de aluminio de uso comercial denominado balaustre X ensamblados entre sí mediante un sistema de sujeción, adicionalmente el perfil horizontal se encuentra unido a través de silicona a una platina inclinada por donde se desplaza la probeta hasta el siguiente proceso.

### 3.2.2. Subsistema de Transporte/Maquinado – MESA INDEXADORA

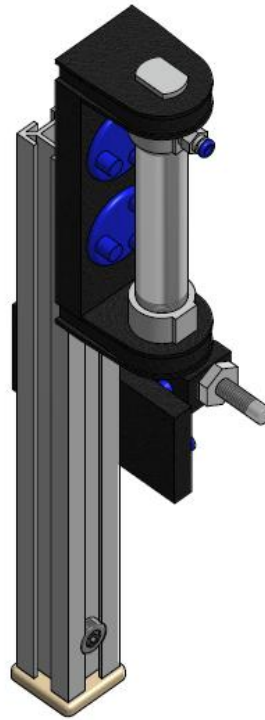


**Figura 3.7. Subsistema MESA INDEXADORA – Diseño en Autodesk Inventor 2013. Fuente: Elaboración Propia.**

Este subsistema accionado por un motor de 24 VDC es el encargado de recibir las probetas suministradas por el ALIMENTADOR y trasladarlas en forma giratoria a través de dos procesos de maquinado, el primero denominado TALADRADO y el segundo denominado PINTADO, cabe resaltar que dichos procesos son solo representativos.

Referente al diseño, este se basa en la instalación de una mesa giratoria de indexación que es accionada por un motoreductor de corriente continua y presenta 6 retenedores semicirculares cuyo posicionamiento es controlado por dos sensores ópticos situados en la parte inferior de la mesa. Los datos técnicos de la mesa de indexación pueden verse en los anexos.

### 3.2.2.1. Proceso representativo de TALADRADO:



**Figura 3.8. Sistema representativo de Taladrado – Diseño en Autodesk Inventor 2013. Fuente: Elaboración Propia.**

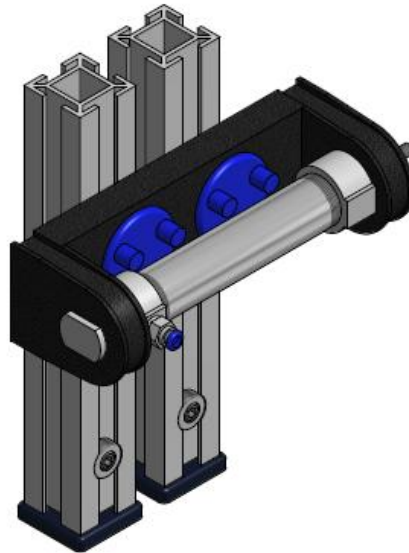
En la figura 3.8 se muestra el sistema de taladrado conformado por un cilindro de simple efecto ESNU-20-50-P-A, un sensor óptico en posición horizontal y un perfil de aluminio tipo balastro X.

Este proceso se utiliza para ejemplificar un mecanizado de piezas representado por el taladrado de una probeta de aluminio.

Inicialmente el sensor óptico instalado a la estructura de aluminio en posición horizontal se encarga de detectar la presencia de una probeta, inmediatamente después manda una señal al controlador electrónico (PLC), quien a su vez envía una señal de respuesta a la electroválvula 3/2 que controla el cilindro para que conmute y así el vástago se extienda con dirección a la probeta, la duración de este ciclo es de aproximadamente 3 segundos.

En este caso se desprecia el cálculo ingenieril del cilindro debido a que no se tiene una fuerza real a la cual este sometido, manteniéndose la presión de trabajo (2 psi).

### 3.2.2.2. Proceso representativo de PINTADO:



**Figura 3.9. Sistema representativo de Pintado – Diseño en Autodesk Inventor 2013. Fuente: Elaboración Propia.**

En la figura 3.9 se muestra el sistema representativo de pintado conformado por un cilindro de simple efecto ESNU-20-50-P-AI y dos perfiles de aluminio de tipo balastro X.

Este proceso se utiliza para ejemplificar el pintado de la probeta de aluminio.

En este caso para poder detectar la presencia de una probeta se utiliza el sensor óptico del sistema de taladrado poniendo en funcionamiento el proceso electrónico de rotación de bits, enviando así una señal al PLC, quien la procesa y genera una señal de respuesta a la electroválvula 3/2 que controla el cilindro para que conmute y así el vástago se extienda con dirección a la

probeta, la duración de este ciclo es de aproximadamente 3 segundos.

En este caso se desprecia el cálculo ingenieril del cilindro debido a que no se tiene una fuerza real a la cual este sometido, manteniéndose la presión de trabajo (2 psi).

### 3.2.3. Subsistema de Transporte y Almacenaje – TRANSPORTADOR

En esta parte del módulo se observa el último subsistema que se encarga de recibir las probetas de aluminio de forma individual, desplazar cada probeta mediante una mesa transportadora desde el punto de recepción hasta el punto donde el material será almacenado para finalmente ser contabilizado como una pieza terminada tanto de forma electrónica en la pantalla táctil como de forma mecánica en el contador neumático.

#### 3.2.3.1. Mecanismo de empuje:

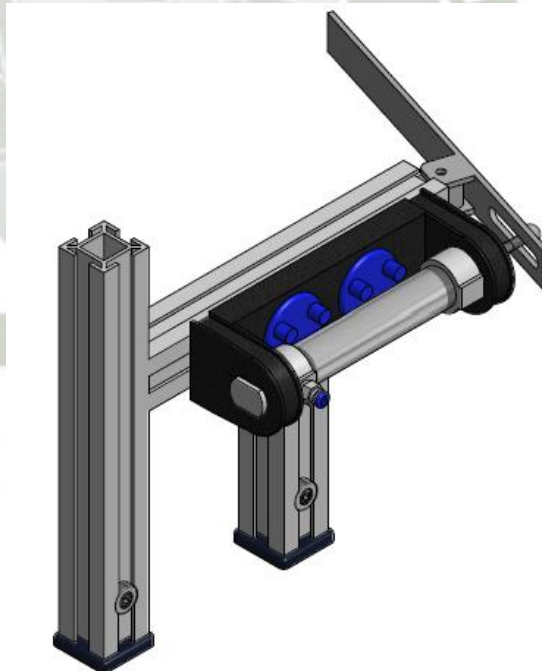


Figura 3.10. Mecanismo de Empuje – Diseño en Autodesk Inventor 2013.

Fuente: Elaboración Propia.

El diseño del mecanismo de empuje se encuentra determinado por el movimiento de traslación que debe realizar la probeta de aluminio al pasar del subsistema de mesa indexadora hacia el subsistema transportador, tomando en cuenta las dimensiones disponibles dentro del panel modular.

Con estos requerimientos se consideró diseñar un mecanismo conformado por un cilindro neumático de simple efecto, cuyo cuerpo principal se encuentra ensamblado al perfil horizontal de la estructura de aluminio.

La base del perfil horizontal de aluminio está unida a una placa mediante un pin, para que así dicha placa tenga un movimiento pendular en este punto de unión, el componente encargado de que la placa genere este movimiento es el cilindro neumático cuya cabeza del vástago se encuentra conectada al extremo lateral derecho de la placa, este diseño permite que la placa se retraiga cuando el vástago se extiende así mismo que la placa se extienda cuando el vástago se encuentra retraído.

Cabe resaltar que se acondiciono un sensor magnético de final de carrera como medida de control para nuestro programa de automatización, además de instalar un regulador de caudal que como su nombre lo dice regule la velocidad de salida del vástago.

#### **Análisis ingenieril del actuador neumático:**

Se dispone de un actuador marca FESTO cuyo código es: ESNU-20-50-P-A, la hoja de datos técnicos se puede apreciar en los anexos.

A continuación se detalla la configuración básica:

- **Función:** ESNU Cilindro normalizado, de simple efecto, compresión, basado en ISO 6432.

- **Diámetro del embolo:** 20 mm.
- **Carrera:** 50 mm.
- **P:** Anillos elásticos, placas de amortiguación en ambos lados.
- **A:** Opción para detector de posiciones.

Para nuestra aplicación se tiene las siguientes cargas:

- **Fuerza del muelle o resorte:** 10% – 15% de la fuerza del embolo trabajando con una presión de 6 bar. (para conceptos de diseño tomamos el valor más crítico que sería el 15%).

$$f_{Muelle} = 15\% \left( \frac{P_{Aire} \times \pi \times D^2}{40} \right)$$

Dónde:

**F<sub>Teórica</sub>** = Fuerza (Newton).

**D** = Diámetro del cilindro (mm).

**P<sub>Aire</sub>** = Presión de aire (bar).

**f<sub>muelle</sub>** = Fuerza del muelle (Newton).

$$f_{Muelle} = 15\% \left( \frac{6 \text{ bar} \times \pi \times 20^2}{40} \right)$$

$$f_{Muelle} = 28.274 \text{ N}$$

- **Fuerza de fricción del pistón debido a su movimiento:** 3% - 10% de la fuerza calculada. (para conceptos de diseño tomamos el valor más crítico que sería el 10%).

$$f_{Calculada} = 10\% (28.274 \text{ N})$$

$$f_{Calculada} = 2.8274 \text{ N}$$

- **Fuerza de rozamiento ejercida por el peso de las probetas:** 1 probetas con un peso promedio de 83.5 gr y un coeficiente de rozamiento equivalente 0.61 (ver tabla 3.2).

Coeficientes de rozamiento estático y cinético		
Superficies en contacto	$\mu_s$	$\mu_k$
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre aluminio	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

Tabla 3.2. Tabla de Coeficientes de Rozamiento  
Fuente: Serway R. A.. Física, Editorial McGraw-Hill. (1992)

$$f_{\text{Rozamiento}} = mg \times \mu_s$$

$$f_{\text{Rozamiento}} = 1 \text{ und} \times 0.0835 \text{ kg} \times 9.81 \times 0.61$$

$$f_{\text{Rozamiento}} = 0.5 \text{ N}$$

Graficamos el diagrama de cuerpo libre:

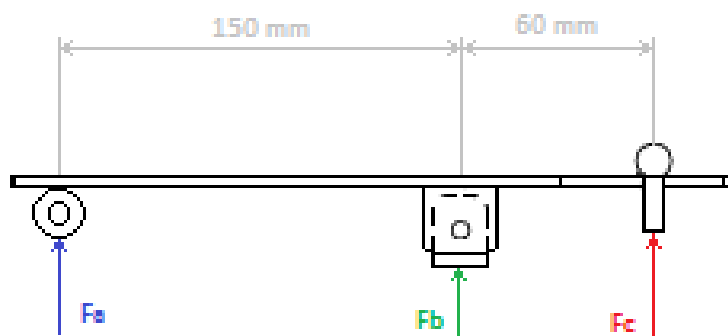


Figura 3.11. Diagrama de cuerpo libre – Placa de empuje. Fuente:  
Elaboración propia

Dónde:

**Fa** = Fuerza de rozamiento ejercida por el peso de la probeta (Newton).

**F<sub>b</sub>** = Fuerza de reacción en el punto b (Newton).

**F<sub>c</sub>** = Fuerza del pistón – (Fuerza del muelle + Fuerza de fricción) (Newton).

Hallamos que la fuerza estática del pistón es:

- Sumatoria de momentos en el punto C:

$$0.5N \cdot (210 \text{ mm}) + F_B \cdot (60 \text{ mm}) = 0$$

$$F_B = -1.75N$$

- Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$F_A + F_B + F_C = 0$$

$$0.5N - 1.75N + F_{\text{Pistón}} - (28.274 \text{ N} + 2.8274) = 0$$

$$F_{\text{Pistón}} = 32.35 \text{ N}$$

Teniendo la carga total ejercida sobre el pistón, podemos determinar la presión de trabajo:

$$P_{\text{Trabajo}} = \frac{40 \times F_{\text{Pistón}}}{\pi \times D^2}$$

Dónde:

**F<sub>Pistón</sub>** = Fuerza (Newton).

**D** = Diámetro del cilindro (mm).

**P<sub>Trabajo</sub>** = Presión de aire (bar).

$$P_{\text{Trabajo}} > \frac{40 \times 32.35 \text{ N}}{\pi \times 20^2}$$

$$P_{\text{Trabajo}} > 1.03 \text{ bar} \cong 1.05 \text{ bar}$$

Tomando en consideración una pérdida de presión de 0.1 bar debido a conexiones neumáticas podemos definir que la

presión final dentro de un modelo estático es equivalente a 1.15 bar; por lo tanto se seleccionara una presión de 2 bar ya que la presión de trabajo debe ser mayor a la presión hallada.

Adicionalmente para la definición de fuerza de trabajo debemos considerar los siguientes parámetros, relacionadas a la geometría de trabajo y energía de sistema:

- Presión de trabajo: 2 bar (29.4 psi)
- Regulación de velocidad (expulsión)

Con estos datos primero haremos un análisis de Presión fuerza con el siguiente monograma:

#### Diagrama presión-fuerza

FESTO

Presión de funcionamiento  $p$  en función del diámetro del émbolo y de la fuerza  $F$

En el diagrama se ha considerado aprox. un 10% de pérdidas por rozamiento.

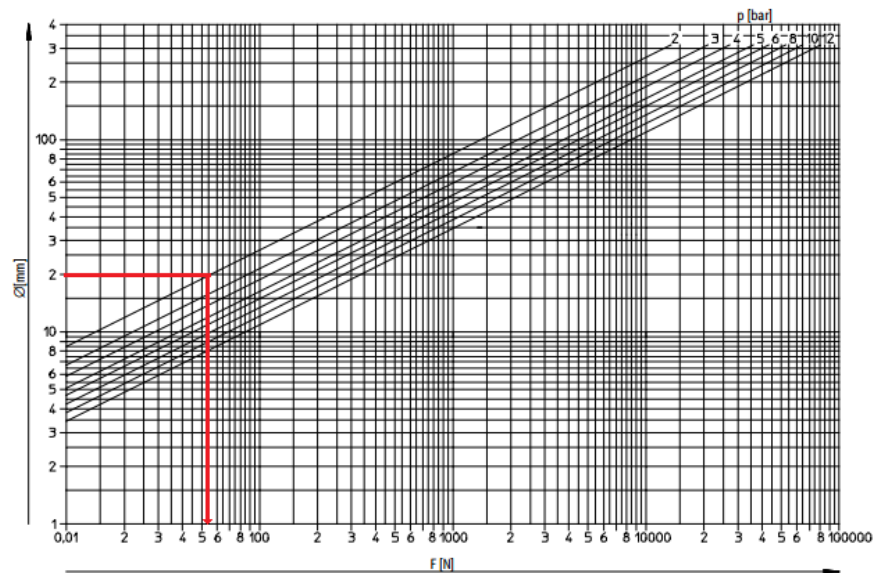
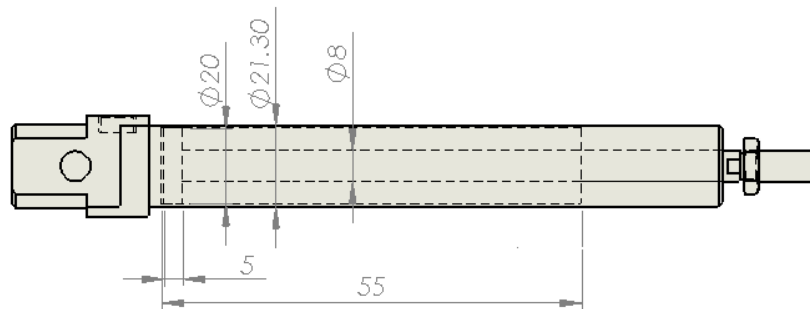


Figura 3.12. Monograma Fuerza- Presión. Fuente: FESTO

Del diagrama hallamos que la fuerza es 54N aproximadamente, este resultado es satisfactorio para nuestros requerimientos.

Así mismo se podría calcular el consumo de aire que este cilindro requiere para realizar su trabajo.



**Figura 3.13. Dimensiones básicas cilindro neumático ESNU-20-50-P-  
A. Fuente: FESTO**

Teniendo en cuenta que aproximadamente se realizan 5 ciclos por minuto y la jornada de trabajo es equivalente a 1 hora, llegamos a calcular la cantidad de ciclos por cada jornada de trabajo.

$$\left(\frac{1 \text{ hora}}{\text{jornada}}\right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) \left(\frac{5 \text{ ciclos}}{1 \text{ min}}\right) = 300 \frac{\text{ciclos}}{\text{jornada}}$$

De las dimensiones del cilindro que vemos en la figura 3.7, obtenemos un cálculo de volumen (cilindradas) en la expansión del actuador.

$$V_{exp} = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) L = \left(\frac{\pi(20 \text{ mm})^2}{4}\right) 50 \text{ mm} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

La relación de compresión referida a nivel de la ciudad de Arequipa está dada por:

$$\left(\frac{0.61 + P_{\text{Aire}}(\text{bar})}{0.61}\right)$$

El consumo de aire del cilindro es una función de la relación de compresión, del área del pistón, de la carrera y del ciclo de trabajo, según la siguiente formula:

$$\text{Consumo}_{\text{Aire}} = \text{Relación}_{\text{Compresión}} \times \text{Volumen}_{\text{Expansión}} \times \text{Ciclo}$$

$$Q \left( \frac{m^3}{jornada} \right) = \frac{0.61 + P_{Aire}(bar)}{0.61} \times 1.6 \cdot 10^{-5} m^3 \times 300 \frac{ciclos}{jornada}$$

$$Q \left( \frac{m^3}{jornada} \right) = \frac{0.61 + 2(bar)}{0.61} \times 1.6 \cdot 10^{-5} m^3 \times 300 \frac{ciclos}{jornada}$$

$$Q = 0.02 \left( m^3 / jornada \right) \cong 20 \left( l / jornada \right)$$

A continuación hacemos el uso del simulador de resultados de consumo de aire (figura 3.14) que el software **Air Consumption** de la empresa Festo proporciona en su catálogo on-line.

Mediante este podemos encontrar el consumo de aire para nuestro cilindro, tomando en cuenta que el resultado es calculado a la presión atmosférica ejercida al nivel del mar.

### Cylinder Air Consumption

Operating mode single acting, pushing

Size 20 mm

NOTE: Using estimated piston rod diameter of 8 mm.

Number of cycles 5 l/min

Stroke/Length 50 mm

Clear table
Delete row
Add

Selected cylinders and their air consumption					Air Consumption		
Size	Stroke/Length	Op. Mode	Piston Rod	Pressure	Cycles	per Cycle	per Minute
20 mm	50 mm	pushing	standard	2.00 bar	5.00/min	0.05 l	0.24 l

**Utilization**

Working pressure 2 bar

Working hours per day 1 h

**Resulting air consumption**

Air consumption per minute 0.236 l

Air consumption per day 14.1 l

NOTE: The air consumption values determined in this way are only guide values. Particularly with high cycle speeds, pressurised chambers are not fully exhausted, which means that actual air consumption may be significantly lower.

Figura 3.14. Análisis consumo de aire – Software online Festo.

Fuente: FESTO

### Análisis del esfuerzo a la tracción que está siendo sometida la placa de empuje:

A continuación se describe el diagrama de cuerpo libre donde analizaremos el esfuerzo máximo al cual está siendo sometida la placa, cabe resaltar que para el análisis el vástago está totalmente extendido:

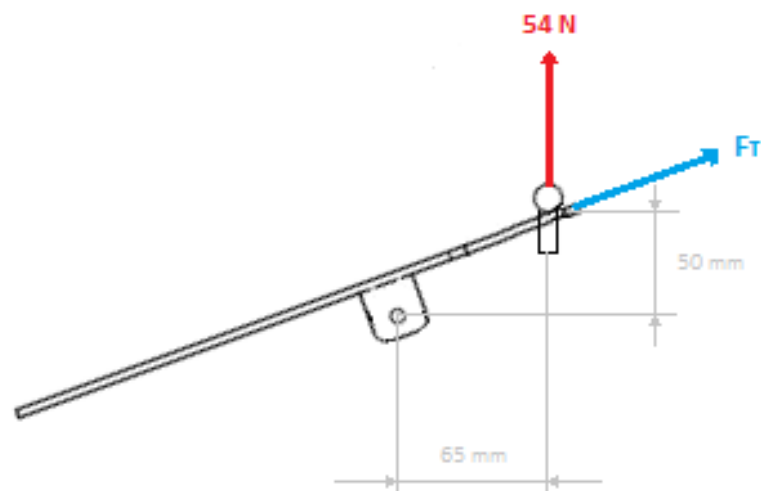


Figura 3.15. Diagrama de cuerpo libre – Placa de empuje. Fuente: Diseño propio

Hallamos que la fuerza de tracción  $F_T$ :

- Se halla el ángulo entre  $F_{\text{Pistón}}$  y  $F_T$ :

$$\theta = \arctang\left(\frac{65 \text{ mm}}{50 \text{ mm}}\right)$$

$$\theta = 52.43^\circ$$

- Se descompone la Fuerza ejercida por el pistón 54N:

$$F_T = 54 \text{ N} \cdot \cos(52.43^\circ)$$

$$F_T = 32.92 \text{ N}$$

Hallamos el esfuerzo al que está siendo sometida la placa:

- Área de contacto:

$$Area = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{Semicirculo} \cdot Angulo_{Semicirculo}}{360^\circ} \times Ancho_{Placa}$$

$$Area = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4 \text{ mm} \cdot 180^\circ}{360^\circ} \times 3 \text{ mm} = 37.7 \text{ mm}^2$$

- Esfuerzo de la placa:

$$\sigma = \frac{F_T}{Area} = \frac{32.92 \text{ N} / 9.81}{37.7 \text{ mm}^2} = 0.089 \text{ kg/mm}^2$$

- Comparamos con la siguiente tabla:

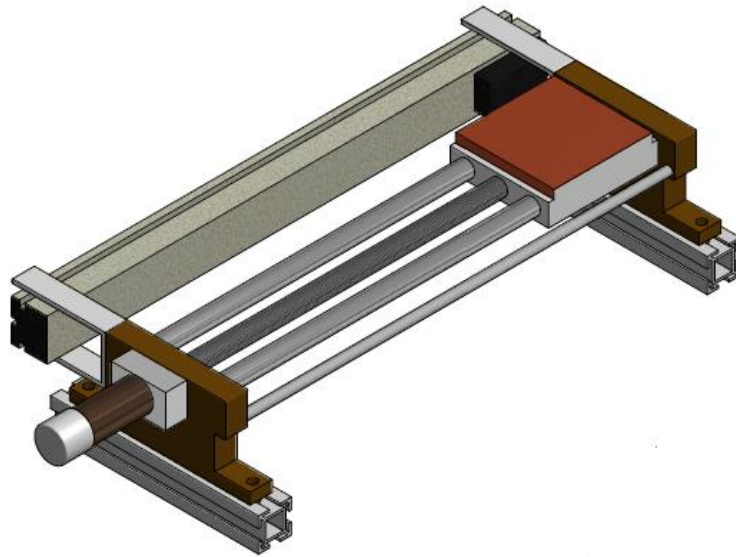
Materiales según su resistencia a la Tracción		
Materiales	Elasticidad (kg/mm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/dm <sup>3</sup> )
Acero al carbono	20	
Aceros ALE	25	7.85
Aluminio	6	2.7
Aleaciones de aluminio	8	
Cobre	11	8.8
Bronce	12	8.7
Niquel	23	8.9

Tabla 3.3. Tabla de Resistencia de tracción de los Materiales

Fuente: Mecánica de Materiales – Beer-Johnston

Vemos que el valor hallado de esfuerzo 0.089 kg/mm<sup>2</sup> es mucho menor que el que esta descrito en la tabla 20 kg/mm<sup>2</sup>

### 3.2.3.2. Mesa Transportadora:



**Figura 3.16. Transportador – Diseño en Autodesk Inventor 2013**

En la figura 3.16 se muestra una mesa móvil acoplada a un sistema de tornillo sin fin, que produce su propia traslación por accionamiento de un motor eléctrico de 24 VDC.

En este proceso trasladamos la probeta de aluminio desde el punto de recepción hasta su punto de almacenaje y de la misma manera una vez retirada la probeta retorna hasta el punto ya mencionado de recepción.

La posición de la mesa está controlada por los sensores magnéticos colocados como finales de carrera y la dirección de la traslación se controla a través de unos relés eléctricos.

### 3.2.3.3. Cilindro de Almacenaje:

En esta parte se hace uso de un cilindro neumático, ensamblado a la estructura de aluminio mediante un sistema de sujeción, de tal manera que al extenderse el cilindro neumático pueda trasladar la probeta de la mesa transportadora hacia el área de almacenaje.

Cabe resaltar que se acondiciono un sensor magnético de final de carrera como medida de control para nuestro programa de automatización, además de instalar un regulador de caudal que como su nombre lo dice regule la velocidad de salida del vástago.

### **Análisis ingenieril del actuador neumático:**

Se dispone de un actuador marca FESTO cuyo código es: ESNU-20-50-P-A, la hoja de datos técnicos se puede apreciar en los anexos.

A continuación se detalla la configuración básica:

- **Función:** ESNU Cilindro normalizado, de simple efecto, compresión, basado en ISO 6432.
- **Diámetro del embolo:** 20 mm.
- **Carrera:** 50 mm.
- **P:** Anillos elásticos, placas de amortiguación en ambos lados.
- **A:** Opción para detector de posiciones.

Para nuestra aplicación se tiene las siguientes cargas:

- o **Fuerza del muelle o resorte:** 10% – 15% de la fuerza del embolo trabajando con una presión de 6 bar. (para conceptos de diseño tomamos el valor más crítico que sería el 15%).

$$f_{Muelle} = 15\% \left( \frac{P_{Aire} \times \pi \times D^2}{40} \right)$$

Dónde:

**F** Teórica = Fuerza (Newton).

**D** = Diámetro del cilindro (mm).

**P** Aire = Presión de aire (bar).

$f_{\text{muelle}}$  = Fuerza del muelle (Newton).

$$f_{\text{Muelle}} = 15\% \left( \frac{6 \text{ bar} \times \pi \times 20^2}{40} \right)$$

$$f_{\text{Muelle}} = 28.274 \text{ N}$$

- **Fuerza de fricción del pistón debido a su movimiento:** 3% - 10% de la fuerza calculada. (para conceptos de diseño tomamos el valor más crítico que sería el 10%).

$$f_{\text{calculada}} = 10\% (28.274 \text{ N})$$

$$f_{\text{calculada}} = 2.8274 \text{ N}$$

**Fuerza de rozamiento ejercida por el peso de las probetas:** 5 probetas con un peso promedio de 83.5 gr y un coeficiente de rozamiento equivalente 0.61 (ver tabla 3.1).

Coeficientes de rozamiento estático y cinético		
Superficies en contacto	$\mu_s$	$\mu_k$
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre aluminio	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

Tabla 3.4. Tabla de Coeficientes de Rozamiento

Fuente: Serway R. A.. Física, Editorial McGraw-Hill. (1992)

$$f_{\text{Rozamiento}} = mg \times \mu_s$$

$$f_{\text{Rozamiento}} = 1 \text{ und} \times 0.0835 \text{ kg} \times 9.81 \times 0.61$$

$$f_{\text{Rozamiento}} = 0.5 \text{ N}$$

Hallamos que la fuerza resultante es:

$$F_{Resultante} = 28.274 N + 2.874 N + 0.5 N$$

$$F_{Resultante} = 31.65 N$$

Teniendo la carga total ejercida sobre el pistón, podemos determinar la presión de trabajo:

$$P_{Trabajo} = \frac{40 \times F_{Resultante}}{\pi \times D^2}$$

Dónde:

**F Resultante** = Fuerza (Newton).

**D** = Diámetro del cilindro (mm).

**P Trabajo** = Presión de aire (bar).

$$P_{Trabajo} > \frac{40 \times 31.65 N}{\pi \times 20^2}$$

$$P_{Trabajo} > 1.007 \text{ bar} \cong 1.01 \text{ bar}$$

Tomando en consideración una pérdida de presión de 0.1 bar debido a conexiones neumáticas podemos definir que la presión final dentro de un modelo estático es equivalente a 1.1 bar; por lo tanto se seleccionara una presión de 2 bar ya que la presión de trabajo debe ser mayor a la presión hallada.

Adicionalmente para la definición de fuerza de trabajo debemos considerar los siguientes parámetros, relacionadas a la geometría de trabajo y energía de sistema:

- Presión de trabajo: 2 bar (29.4 psi)
- Regulación de velocidad (expulsión)

Con estos datos primero haremos un análisis de Presión fuerza con el siguiente monograma:

### Diagrama presión-fuerza

FESTO

Presión de funcionamiento  $p$  en función del diámetro del émbolo y de la fuerza  $F$

En el diagrama se ha considerado aprox. un 10% de pérdidas por rozamiento.

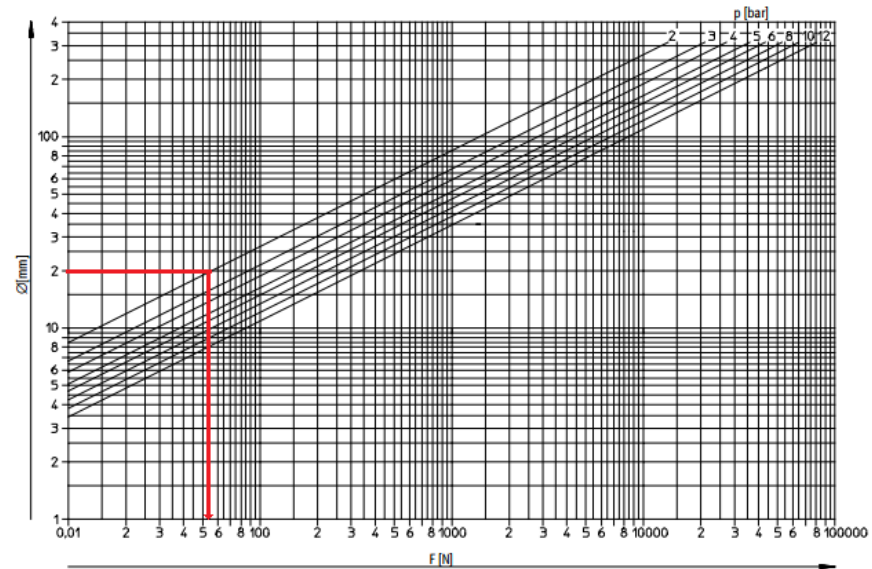


Figura 3.17. Monograma Fuerza- Presión. Fuente: FESTO

Inicialmente se traza una línea horizontal a partir del diámetro del émbolo disponible (20 mm.), hasta chocar con la recta diagonal de la presión de trabajo que para nuestro diseño es 2 bar, en esta intersección trazamos una línea vertical hacia abajo dando como resultado la fuerza generada por ese émbolo a la presión seleccionada. De este análisis vemos que incide en 54 N aproximadamente, este resultado es satisfactorio para nuestros requerimientos.

Así mismo se podría calcular el consumo de aire que este cilindro requiere para realizar su trabajo.

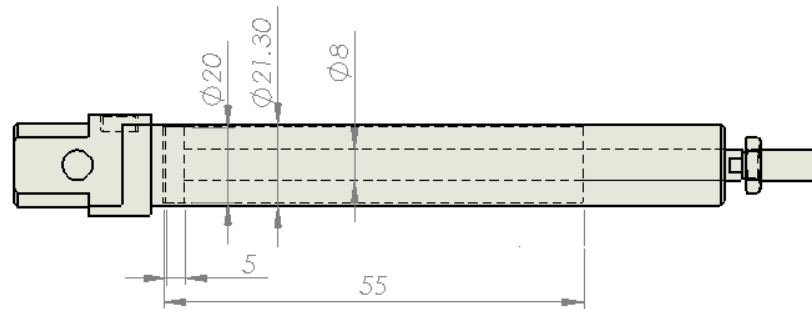


Figura 3.18. Dimensiones básicas cilindro neumático ESNU-20-50-P-A.

Fuente: FESTO

Teniendo en cuenta que aproximadamente se realizan 5 ciclos por minuto y la jornada de trabajo es equivalente a 1 hora, llegamos a calcular la cantidad de ciclos por cada jornada de trabajo.

$$\left(\frac{1 \text{ hora}}{\text{jornada}}\right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) \left(\frac{5 \text{ ciclos}}{1 \text{ min}}\right) = 300 \frac{\text{ciclos}}{\text{jornada}}$$

De las dimensiones del cilindro que vemos en la figura 3.7, obtenemos un cálculo de volumen (cilindradas) en la expansión del actuador.

$$V_{exp} = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) L = \left(\frac{\pi (20 \text{ mm})^2}{4}\right) 50 \text{ mm} = 1.57 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

La relación de compresión referida a nivel de la ciudad de Arequipa está dada por:

$$\left(\frac{0.611 + P_{\text{Aire}}(\text{bar})}{0.611}\right)$$

El consumo de aire del cilindro es una función de la relación de compresión, del área del pistón, de la carrera y del ciclo de trabajo, según la siguiente formula:

$$\text{Consumo}_{\text{Aire}} = \text{Relación}_{\text{Compresión}} \times \text{Volumen}_{\text{Expansión}} \times \text{Ciclo}$$

$$Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{jornada}}\right) = \frac{0.61 + P_{\text{Aire}}(\text{bar})}{0.61} \times 1.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \times 300 \frac{\text{ciclos}}{\text{jornada}}$$


$$Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{jornada}}\right) = \frac{0.61 + 2(\text{bar})}{0.61} \times 1.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \times 300 \frac{\text{ciclos}}{\text{jornada}}$$

$$Q = 0.02 \left( m^3 / \text{jornada} \right) \cong 20 \left( l / \text{jornada} \right)$$

A continuación hacemos el uso del simulador de resultados de consumo de aire (figura 3.19) que el software **Air Consumption** de la empresa Festo proporciona en su catálogo on-line.

Mediante este podemos encontrar el consumo de aire para nuestro cilindro, tomando en cuenta que el resultado es calculado a la presión atmosférica ejercida al nivel del mar.

Cylinder Air Consumption

Operating mode:  single acting, pushing

Number of cycles: 5 /min

Stroke/Length: 50 mm

Size: 20 mm

NOTE: Using estimated piston rod diameter of 8 mm.

Clear table       

Selected cylinders and their air consumption							
Size	Stroke/Length	Op. Mode	Piston Rod	Pressure	Cycles	Air Consumption per Cycle	Air Consumption per Minute
20 mm	50 mm	pushing	standard	2.00 bar	5.00/min	0.05 l	0.24 l

**Utilization**

Working pressure: 2 bar

Working hours per day: 1 h

**Resulting air consumption**

Air consumption per minute: 0.236 l

Air consumption per day: 14.1 l

NOTE: The air consumption values determined in this way are only guide values. Particularly with high cycle speeds, pressurised chambers are not fully exhausted, which means that actual air consumption may be significantly lower.

Figura 3.19. Análisis consumo de aire – Software online Festo. Fuente: FESTO

### 3.3. Sistema Eléctrico – Electrónico

#### 3.3.1. Introducción

El sistema eléctrico tiene como unidad principal el tablero de control eléctrico, ahí se encuentra el controlador electrónico y las conexiones hacia sus periféricos, el tablero de control está diseñado de tal forma que pueda haber un correcto funcionamiento.

Todos los periféricos tanto de entrada como de salida son conectados hacia ese tablero, posee también la fuente de alimentación necesaria para el trabajo de los actuadores y del PLC, los interruptores de protección y borneras de conexión.

### 3.3.2. Motor de Mesa Indexadora

El giro de la mesa indexadora es accionado mecánicamente por un motor eléctrico de 24 VDC, este mecanismo permite el traslado de las probetas de aluminio a través del proceso.

- **Datos del Motor DC:**
  - Tensión nominal: 24V.
  - Velocidad de giro nominal = 6 RPM
  - Corriente nominal = 150 mA
  - Potencia de salida nominal = 3.31 W

A continuación se detalla el cálculo de ingeniería para verificar que el motor es el adecuado:

- **Datos del Proceso:**
  - Carga: 3 probetas de 83.5 gr  
1 mesa indexadora 1,235.0 gr
  - Diámetro de la mesa: 350 mm
  - Posiciones de pieza: 6

Se halla el torque del sistema:

$$\text{Torque [Nm]} = I [\text{kg} \cdot \text{m}^2] \times a \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2} \right]$$

Dónde:

- I = Momento de inercia del sistema
- a = aceleración angular

El valor de momento de inercia se calcula mediante el software de diseño Autodesk Inventor 2013 como se detalla en la figura siguiente:

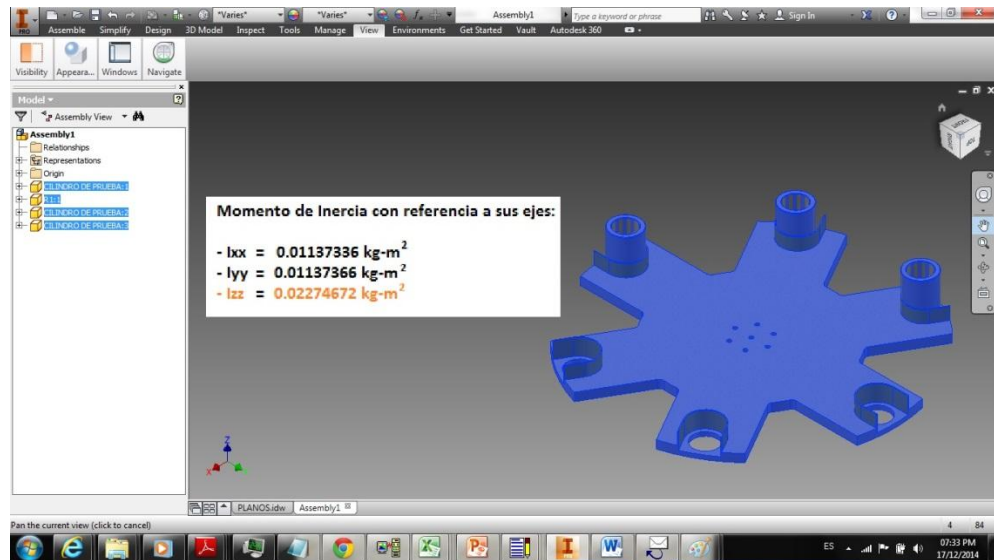


Figura 3.20. Análisis de Momento de Inercia – Autodesk Inventor 2013

$$a \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2} \right] = \frac{\text{velocidad angular} \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right]}{\text{tiempo que demora el giro de una posición} \left[ \text{seg} \right]}$$

$$a \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2} \right] = \frac{6 \text{ [RPM]} \times 2\pi \text{ rad} / 60 \text{ seg}}{1.67 \text{ [seg]}} = 0.376 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2} \right]$$

Teniendo el momento de inercia y la aceleración podemos hallar el torque:

$$\text{Torque} \text{ [Nm]} = 0.02274672 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2] \times 0.376 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2} \right]$$

$$\text{Torque} \text{ [Nm]} = 0.008558 \text{ [Nm]}$$

Finalmente se calcula la potencia del sistema:

$$\text{Potencia}_{\text{Mesa Indexadora}} \text{ [W]} = \text{Torque} \text{ [Nm]} \times 64 \text{ RPM} / 9.55$$

$$\text{Potencia}_{\text{Mesa Indexadora}} \text{ [W]} = 0.008558 \text{ [Nm]} \times 64 \text{ RPM} / 9.55$$

$$\text{Potencia}_{\text{Mesa Indexadora}} \text{ [W]} = 0.057 \text{ [W]}$$

Como se observa el valor hallado de 0.057W es menor que la potencia nominal de 3.31W que ofrece el motor DC, por lo que concluimos que la selección del motor es el correcto.

### 3.3.3. Motor de Mesa Transportadora

El traslado lineal de la mesa transportadora se debe a la unión mecánica con un tornillo sin fin que es accionado mecánicamente por un motor eléctrico de 24 VDC. Este proceso representa el traslado de la probeta desde el subsistema de mesa indexadora hasta el almacenaje dentro del módulo.

- **Datos del Motor DC:**
  - Tensión nominal: 24V.
  - Velocidad de giro nominal = 3200 RPM
  - Corriente nominal = 200 mA
  - Potencia de salida nominal = 3.50 W

A continuación se detalla el cálculo de ingeniería para verificar que el motor es el adecuado:

- **Datos del Proceso:**
  - Carga: 1 probeta de 83.5 gr  
1 mesa transportadora 850.0 gr
  - Diámetro del tornillo sin fin: 20 mm

Se halla el torque del sistema:

$$\text{Torque [Nm]} = F [N] \times d [m]$$

Dónde:

- F = Fuerza generada por la masa que se debe trasladar.
- d = Radio del tornillo sin fin

$$F [N] = m[kg] \times a \left[ \frac{m}{seg^2} \right]$$

$$F [N] = (0.0835 + 0.850)[kg] \times 0.002 [m/seg^2]$$

$$F [N] = 0.001867[N]$$

Teniendo la fuerza generada por la masa y la distancia dada por la geometría del tornillo sin fin podemos hallar el torque:

$$Torque [Nm] = 0.001867 [N] \times 0.010 [m]$$

$$Torque [Nm] = 0.00001867 [Nm]$$

Finalmente se calcula la potencia del sistema:

$$Potencia_{Mesa Transportadora} [W] = Torque [Nm] \times 64 RPM / 9.55$$

$$Potencia_{Mesa Transportadora} [W] = 0.00001867 [Nm] \times 64 RPM / 9.55$$

$$Potencia_{Mesa Transportadora} [W] = 0.00012512 [W]$$

Como se observa el valor hallado de 0.00125W es menor que la potencia nominal de 3.5W que ofrece el motor DC, por lo que concluimos que la selección del motor es el correcto.

### 3.3.4. Tecnología del controlador PLC Siemens S71200

El PLC seleccionado y puesto en funcionamiento es de marca Siemens modelo S7-1200, las características principales para su selección son:

- a) Tensión de trabajo 24 Vdc.
- b) 14 entradas digitales y 2 entradas analógicas.
- c) 10 salidas digitales, máxima corriente de salida 400mA.
- d) Puerto de programación RS-232 y Conectividad Ethernet.
- e) Capacidad de memoria mínima 2 MBytes

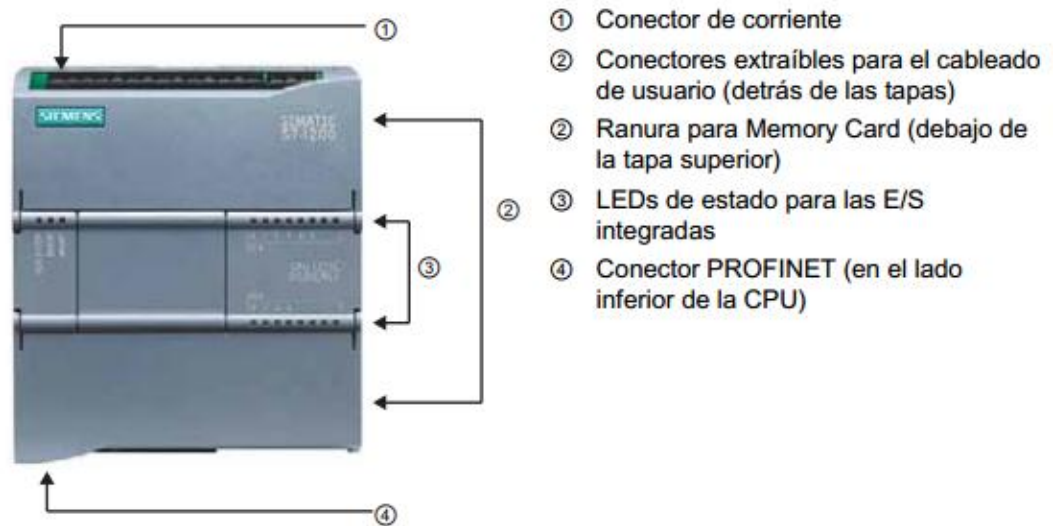


Figura 3.21. Conexiones del PLC. Fuente: SIEMENS

En la figura anterior se muestra el panel frontal del PLC para la identificación de las conectividades, elementos de maniobra e indicadores.

### 3.3.5. Pantalla táctil HMI Siemens KTP400

Se eligió esta pantalla para controlar y así mismo visualizar indicadores necesarios para nuestro sistema MPS. Dispositivos eléctricos (periféricos)

### 3.3.6. Mandos de Control

Como dispositivos de entrada del PLC, existen controles tales como botones y selectores, existe un panel de mando principal con el cual se emite información para que el proceso pueda ejecutarse, el modulo posee los siguientes controles con sus características eléctricas correspondientes:

- Botón de **Start** (inicio de proceso) – botón normalmente abierto (NA verde)
- Botón de **Stop** (Parada) – botón normalmente cerrado (NC rojo)
- Botón de Emergencia - **(Emergency)** – botón normalmente cerrado (NC rojo tipo hongo)



Figura 3.22. Dispositivos de mando. Fuente propia

### 3.3.7. Sensores

#### a) Sensor Ópticos

El modulo tiene instalado un sensor óptico en la estructura del subsistema de alimentación y otro instalado en el proceso representativo de taladrado, en ambos casos el sensor cumple la función de detectar la presencia de una probeta de aluminio.

Asi mismo para poder controlar el giro de la mesa indexadora se ha instalado dos sensores ópticos en la base del panel del modulo por debajo de dicha mesa indexadora.

En todos los casos es importante que el sensor óptico sea capaz de generar su reflexión según la posición deseada a detectar.



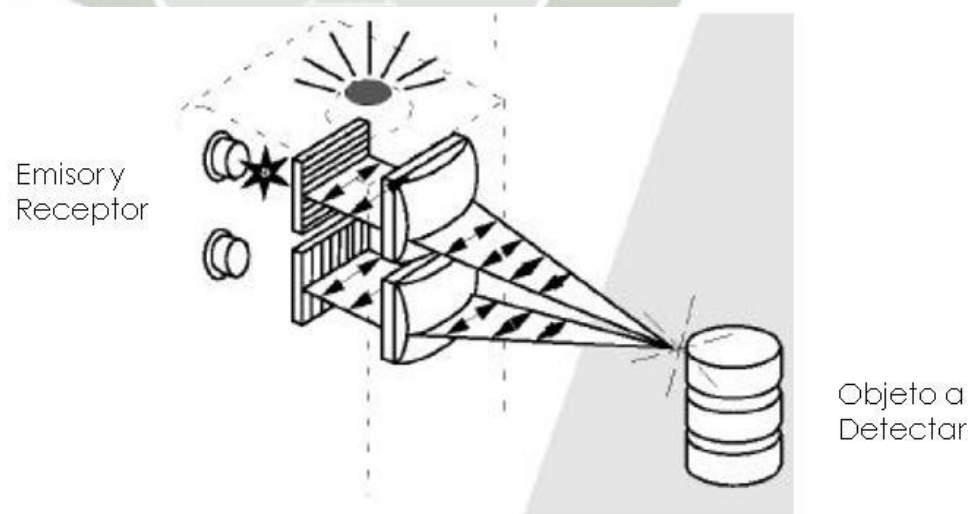
**Figura 3.23 Ubicación de los sensores foto-eléctricos en el módulo. Fuente:  
Elaboración propia**

Los sensores fotoeléctricos pueden detectar cualquier objeto que interrumpa un rayo de luz, o que reflejen la luz. Hay diversas formas, o métodos de detección, en las cuales la fuente de luz y el foto-receptor pueden detectar objetos.

Las características del objeto a ser detectado determinan el método de detección que funcionará mejor. Es importante saber con anticipación, si los objetos son opacos, translúcidos o claros, si son reflexivos o no reflexivos, o bien si los objetos están en la misma posición o están posicionados al azar cada vez que pasan por el sensor.

El sensor usado en el módulo es reflectivo difuso, éste tiene la fuente de luz y el receptor en la misma locación, pero no necesita de un reflector de luz.

El objeto es detectado cuando se refleja la luz del emisor en la superficie del objeto y ésta se regresa hacia el receptor debido a la reflexión en el objeto.



**Figura 3.24 Principio de operación del sensor reflectivo difuso. Fuente:  
Festo**

Estos sensores deben de cumplir los siguientes requerimientos para el correcto funcionamiento en el módulo:

- a) Ya que se basan en la detección de probetas reflejantes, debe de ser configurada como Light-ON
- b) Distancia detección: mínimo 30 mm (preferente encapsulado cilíndrico)
- c) Salida PNP, normalmente abierto.
- d) Consumo de corriente: por debajo de 30 mA a 24 Vdc.
- e) Tiempo de respuesta: 2 ms.

Los sensores usados son de la marca FESTO, y el código es el siguiente: SOEG-RT-M12-PS-K-L

A continuación se detalla la configuración básica:

- **Función:** SOEG Sensor óptico
- **RT:** Para montaje en cilindro.
- **M12:** Conexión M12

#### **b) Sensor Magnético**

El modulo posee también sensores magnéticos, estos sensores son usados para detectar algún campo magnético orientado hacia la proximidad de mecanismos o elementos, estos elementos usualmente poseen un imán, que genera su propio campo magnético adherido mecánicamente de alguna forma.

En el módulo hay dos lugares específicos para el uso de estos sensores:

- o Pistones del SELECTOR, internamente los cilindros usados poseen una cinta magnética adherida a su embolo, para detectar la posición de inicio (pistón contraído).

- El puño de expulsión del FEEDING, acá también se han dispuesto de sensores para la detección del inicio y final del recorrido del puño.
- En el carrito FEEDING, en la base del carrito se encuentran alojados en un carril estos sensores, la fuente de campo magnético son dos imanes cuadrados colocados en la parte inferior del carrito, de esta manera se detecta las posiciones adecuadas (derecha e izquierda) límites de su desplazamiento.

Los sensores usados son de la marca FESTO, y el código es: SMT0-4U-PS-S-LED-24

A continuación se detalla la configuración básica:

- **Función:** SMT0 Sensor de proximidad magnético inductivo.
- **4U:** Para montaje en cilindro.
- **PS:** PNP Normalmente Abierto (NA)
- **S:** Cable de 2.0 m.
- **LED:** Led amarillo.
- **24:** Tensión 24 VDC

### 3.3.8. Dispositivo electromagnético:

#### a) Relés

EL PLC emite señales para la ejecución de acciones, pero estas acciones no están directamente conectados a los actuadores, pues en la mayoría de los casos estos consumen potencias o valores de tensión e intensidad muy por encima de las emitida por el modulo de salida del PLC. Para ello como interfaz entre el PLC y los actuadores se han colocado Relés de corriente continua. El Relé se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando el

electroimán (que forma parte del Relé) es energizado (emisión de voltaje del controlador para que funcione).

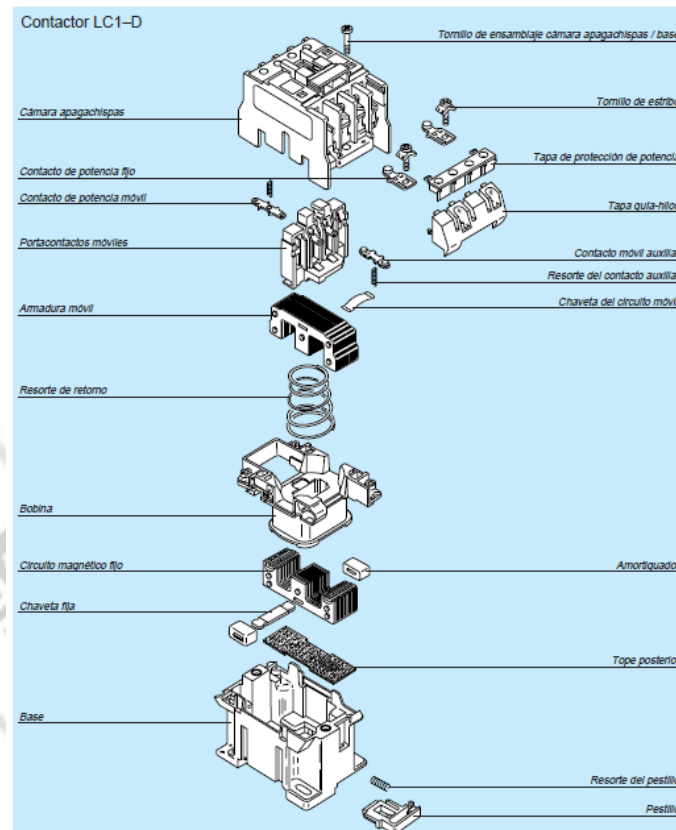


Figura 3.25 Disposición de los elementos básicos del Contactor del módulo. Fuente: SIEMENS

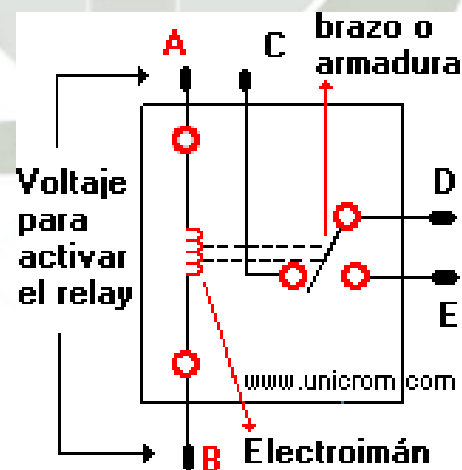


Figura 3.26 Relés usados en el módulo y diagrama esquemático de funcionamiento. Fuente: SIEMENS

Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo (el Relé). Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados.

## b) Electro-válvulas

El módulo no solo posee energía eléctrica sino además energía neumática con la presencia de cilindros neumáticos. Estos cilindros son controlados por electro-válvulas, las cuales se pueden encontrar en el subsistema de alimentación, en el proceso de taladrado y pintado dentro del subsistema de mesa indexadora y finalmente en el proceso de palanca de empuje y almacenamiento dentro del subsistema denominado transportador.

En los anexos se encuentra el plano electroneumático del módulo. El circuito consta de 05 actuadores neumáticos de simple efecto, para cada uno de ellos existe una electroválvula estas se encuentran asociadas en un manifold que proporciona mediante la vía de presión (1P) y de dos vías de escape (2 y 4) que son los flujos de trabajo de las electroválvulas, la presión de trabajo máxima del módulo está en 2 bar (29.4 psi).



Figura 3.27. Electro-válvula – MEH-3/2-1/8-P-B. Fuente: FESTO

Las electroválvulas usadas son de la marca Festo, con código: MEH-3/2-1/8-P-B

A continuación se detalla la configuración básica:

- **Función:** MEH Válvula normalmente cerrada, con reposición por muelle, accionado eléctricamente por una bobina de 24 VDC y accionamiento auxiliar manual.
- **3/2:** De 3 vías y 2 posiciones
- **Conexión neumática:** Rosca interior G 1/8.
- **P:** Anillos elásticos, placas de amortiguación en ambos lados.

### 3.3.9. Fuente de alimentación:

El módulo de control MPS necesita de una fuente de corriente continua para sus diferentes procesos, así como para los distintos periféricos conectados.

A continuación se detalla un listado de los componentes y accesorios del módulo:

Cantidades activas	Descripcion	Voltaje (Vdc)	Intesidad (mA)	Subtotal (mA)	Fuente
1	Motor de la Mesa Indexadora	24.00	150.00	150.00	U1
1	Motor de la Mesa Transportadora	24.00	200.00	200.00	U1
5	Electrovalvulas	24.00	62.50	312.50	U1
2	Relés	24.00	20.00	40.00	U1
12	Indicadores	24.00	14.58	174.96	U1
4	Sensor Foto-electronico	24.00	20.00	80.00	U1
5	Sensor magnetico	24.00	25.00	125.00	U1
1	Pantalla HMI	24.00	80.00	80.00	U1
1	PLC	24.00	100.00	100.00	U1
1	Modulo de Comunicación	24.00	24.00	24.00	U1

**Tabla 3.28. Consumo de los distintos dispositivos eléctricos. Fuente:**

**Elaboración propia**

Dispositivo electronico		Voltaje (Vdc)	Intensidad nominal (mA)	Consumo componentes (mA)
U1	Fuente de poder marca Festo	24.00	4500.00	1286.46

**Tabla 3.29 Datos técnicos de la fuente. Fuente: Elaboración Propia**

### 3.3.10. Termomagnético de Protección:

Se seleccionó un interruptor de protección marca Schneider Electric modelo C60N para el cuidado de los componentes del sistema MPS. Tomando en consideración que el consumo máximo de nuestro sistema es 1,286.46 mA además de conocer que no todos los dispositivos trabajan paralelamente, siendo el consumo máximo real 497.48 mA correspondiente al uso de cuatro electroválvulas, el motor de la mesa indexadora, cuatro sensores ópticos, seis incandores luminosos, el PLC y la pantalla táctil.



2 polo protegido  
Ancho de paso  
en 9mm: 4

In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
0.5		24068	
1	24071	24331	24653
2	24072	24332	24654
3	24073	24333	24655
4	24074	24334	24656
6	24075	24335	24657
10	24076	24336	24658
16	24077	24337	24660
20	24078	24338	24661
25	24079	24339	24662
32	24080	24340	24663
40	24081	24341	24664
50	24082	24342	24665
63	24083	24343	24666

Figura 3.28. Termomagnético de Protección – Fuente: Catalogo  
Schneider Electric

## CAPÍTULO IV

### DESARROLLO DEL PROGRAMA EN EL PLC Y DISEÑO DEL HMI.

En este capítulo se muestran las principales configuraciones que deben realizarse a fin de implementar la programación del controlador y el diseño de la interfaz hombre máquina.

#### 4.1. Configuración del controlador PLC.

La configuración del controlador S7-1200 se realiza desde el software del controlador TIA PORTAL V12, donde se procede a realizar 2 pasos claramente identificados:

- La creación del proyecto y configuración de los controladores.
- La programación, compilación y carga del programa en el controlador.

##### 4.1.1. Creación de un proyecto nuevo.

Para la creación del nuevo proyecto se inicia en el menú “Inicio”, opción “Crear proyecto”, donde se define el nombre del proyecto, la ruta y algún comentario que lo identifique.

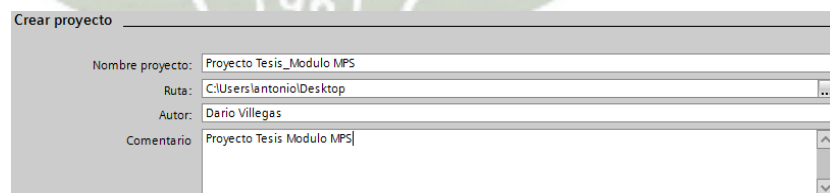


Figura 4.1. Ventana creación de proyecto.

Fuente Software TIA PORTAL

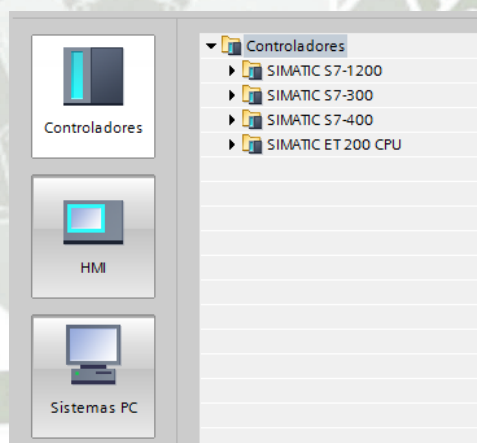
Una vez creado el proyecto se debe especificar los dispositivos y redes a usar. Para esto seleccionamos “Dispositivos y redes”, opción “agregar dispositivos”.



**Figura 4.2. Opción dispositivos y redes.**

**Fuente Software TIA PORTAL**

Buscamos en la biblioteca los dispositivos necesarios para iniciar la programación. Para nuestro proyecto hemos visto por conveniente el PLC S71200 de 14 entradas y 10 salidas digitales con un CPU 1214C DC/DC/DC y un dispositivo HMI KPT400 Basic Color PN.



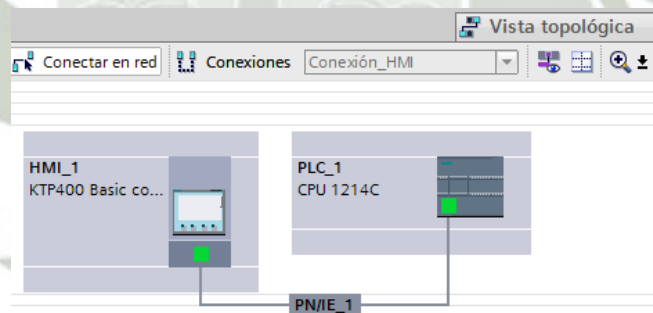
**Figura 4.3. Biblioteca de dispositivos.**

**Fuente Software TIA PORTAL**

Los dispositivos PLC y pantalla táctil trabajan bajo el protocolo TCP/IP por lo que se dieron las siguientes direcciones IP estáticas a los dispositivos.

- **PC:**  
IP: 192.168.0.0  
Mascara de red: 255.255.255.0
- **PLC:**  
IP: 192.168.0.1  
Mascara de red: 255.255.255.0
- **HMI Panel Táctil KTP400:**  
IP: 192.168.0.2  
Mascara de red: 255.255.255.0

Se procede a configurar la red de los dispositivos conectados con la red hecha, fue necesario el uso de un switch convencional para la descarga de datos y comunicación entre el PLC y la pantalla táctil. A continuación se muestra la red formada por el equipo PLC, HMI y sus respectivas direcciones IPs.



**Figura 4.4. Configuración de Red de los dispositivos.  
Fuente Software TIA PORTAL**

#### 4.1.2. Programación y compilación del programa.

El programa que maneja tanto el PLC como la pantalla táctil de visualización es desarrollado por el software TIA portal V11. A

continuación se muestra la lista de ordenamiento de las entradas, salidas, memorias, temporizadores y contadores usados en el desarrollo de la aplicación.

**a) Entradas:**

<b>DIRECCION LOGICA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DETALLE</b>
%I0.0	S Pos 1	Sensor de posición 1.
%I0.1	S Pos 2	Sensor de posición 2.
%I0.2	S Ali	Sensor de alimentación.
%I0.3	S Tal	Sensor de taladrado.
%I0.4	S Top Der	Sensor magnético de faja tope derecha.
%I0.5	S Top Izq	Sensor magnético de faja tope izquierda.
%I0.6	S Pistón Ali	Sensor magnético del pistón de alimentación.
%I0.7	S Pistón Sal Faja	Sensor magnético del pistón salida hacia la faja.
%I1.0	S Pistón Sal Final	Sensor magnético del pistón salida hacia rampa final.
%I1.1	B Start	Botón de start.
%I1.2	B Stop	Botón de reset.
%I1.3	B PE	Botón de paro de emergencia.

**b) Salidas:**

<b>DIRECCION LOGICA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DETALLE</b>
%Q0.0	P Ali	Pistón alimentación.
%Q0.1	P Tal	Pistón taladrado.
%Q0.2	P Pint	Pistón pintura.
%Q0.3	P Sal Faja	Pistón salida hacia la faja.
%Q0.4	P Sal Final	Pistón salida hacia rampa final.
%Q0.5	Mo Principal	Motor mesa indexadora.
%Q0.6	Mo Faja Izq	Motor faja traslado izquierda.
%Q0.7	Mo Faja Der	Motor faja traslado derecha.

**c) Memorias:**

<b>DIRECCION LOGICA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DETALLE</b>
%M0.0	Sensor Posición 1	Sensor de posición 1
%M0.1	Sensor Posición 2	Sensor de posición 2
%M0.2	Sensor Alimentación	Sensor para la alimentación
%M0.3	Sensor Taladro	Sensor para el taladro
%M0.4	Sensor Tope Derecho	Sensor magnético de faja tope derecha
%M0.5	Sensor Tope Izquierdo	Sensor magnético de faja tope izquierda
%M0.6	Sensor Pistón Alimentación	Sensor del pistón de alimentación

%M0.7	Sensor Pistón Salida a Faja	Sensor magnético del pistón salida hacia la faja
%M1.0	Sensor Pistón Salida Final	Sensor magnético del pistón salida hacia rampa final
%M1.1	Start	Botón Start
%M1.2	Stop	Botón Stop
%M1.3	Paro de Emergencia	Paro de emergencia
%M1.4	Pistón Alimentación	Pistón de alimentación
%M1.5	Pistón Alimentación Pantalla	Pistón de alimentación pantalla manual
%M1.6	Pistón Taladro	Pistón de taladro
%M1.7	Pistón Taladro Pantalla	Pistón de taladro pantalla manual
%M100.0	Bit_1	Contador de bits 1
%M100.1	Bit_2	Contador de bits 2
%M100.2	Bit_3	Contador de bits 3
%M100.3	Bit_4	Contador de bits 4
%M12.0	Piezas Alcanzadas	Conteo de piezas terminadas
%M12.1	Seguridad Derecha	Condiciones de seguridad movimiento de faja derecha
%M12.2	Seguridad Izquierda	Condiciones de seguridad movimiento de faja izquierda
%M2.0	Pistón Pintura	Pistón de pintura
%M2.1	Pistón Pintura Pantalla	Pistón de pintura pantalla manual
%M2.2	Pistón Salida a Faja	Pistón de salida hacia la faja

%M2.3	Pistón Salida a Faja Pantalla	Pistón de salida hacia la faja pantalla manual
%M2.4	Pistón Salida Final	Pistón de salida hacia rampa final
%M2.5	Pistón Salida Final Pantalla	Pistón de salida hacia rampa final pantalla manual
%M2.6	Motor Principal	Motor mesa indexadora
%M2.7	Motor Principal Pantalla	Motor mesa indexadora pantalla manual
%M3.0	Motor Faja Izquierda	Motor faja transportadora izquierda
%M3.1	Motor Faja Izquierda Pantalla	Motor faja transportadora izquierda pantalla manual
%M3.2	Motor Faja Derecha	Motor faja transportadora derecha
%M3.3	Motor Faja Derecha Pantalla	Motor faja transportadora derecha pantalla manual
%M3.4	Reset Pantalla	Reset Pantalla
%M3.5	Auto	Opción auto
%M3.6	Motor_1	
%M3.7	Motor_2	
%M4.0	Motor_3	
%M4.1	Motor_4	
%M4.2	Motor Detenido	Condiciones de motor detenido
%M4.3	Flip_Ali	Activación y desactivación para la alimentación
%M4.4	Taladro_1	Activación pistón de taladrado
%M4.5	Taladro_2	Retardo para la activación del taladrado
%M4.6	Flip_Pintura	Activación y desactivación para el pintado

%M4.7	Pintura_1	Activación pistón de pintado
%M5.0	Flip_Salida_Faja	Activación y desactivación para la salida hacia la faja
%M5.1	M_Salida_Faja	Activación de pistón de salida hacia la faja
%M5.2	Bloqueo Pistón Salida a Faja	Desactivación de pistón de salida hacia la faja
%M5.3	Hab_1	Condiciones para la habilitación en automático
%M5.4	Condición de Inicio	Condiciones de inicio en automático
%M5.5	Manual Pantalla	Pulsador manual pantalla
%M5.6	Manual	Activación manual pantalla
%M5.7	Desactivar Manual	Desactivación manual pantalla

**d) Programas:**

<b>DIRECCION LOGICA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DETALLE</b>
FC1	Entradas	Denominación de las entradas al
FC2	Salidas	Denominación de las salidas del
FC3	Posicionador	Posicionador mediante el contador
FC4	Movimiento	Movimientos de la mesa indexadora
FC5	Alimentación	Alimentación de probetas
FC6	Taladro	Taladrado de probetas
FC7	Pintura	Pintado de probetas
FC8	Salida a faja	Salida de probetas desde la mesa
FC9	Faja	Movimientos de la mesa
FC10	Pistón de	Pistón de salida de mesa
FC11	Habilitación	Condiciones para la habilitación de
FC12	Manual	Paso para el modo manual
OB1	MAIN	Programa principal

**e) Temporizadores:**

<b>DIRECCION LOGICA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DETALLE</b>
%DB1	T_Ali_1	Retardo en la activación del pistón de alimentación
%DB2	T_Ali_2	Retardo en la desactivación del pistón de alimentación
%DB3	T_Tal_1	Retardo en la activación del pistón taladrado
%DB4	T_Tal_2	Conteo para la desactivación del pistón taladrado
%DB5	T_Pin_1	Retardo en la activación del pistón para el pintado
%DB6	T_Pin_2	Conteo para la desactivación del pistón para el pintado
%DB7	T_S_F_1	Retardo en la activación del pistón de salida hacia la faja
%DB8	T_S_F_2	Retardo en la desactivación del pistón de salida hacia la faja
%DB9	T_Salida_Final_1	Retardo en la activación del pistón de salida hacia rampa final
%DB10	T_P_S_F_1	Conteo para la desactivación del pistón de salida hacia rampa final
%DB11	T_Hab_1	Retardo para la habilitación del giro de mesa indexadora
%DB13	T_Motor_1	Retardo para el giro de motor de mesa indexadora

**f) Rotación de bits:**

DIRECCION LOGICA	NOMBRE	DETALLE
SHL	Desplazar bits	Desplazar a la izquierda
%DB100	Flancos	Rotación de bits para el control de los trabajos durante el movimiento de la mesa indexadora.

**g) Contadores:**

DIRECCION LOGICA	NOMBRE	DETALLE
CTU	Contador	Contador ascendente
%MD6	Piezas Terminadas	Numero de piezas terminadas.
%MW10	Piezas a Trabajar	Numero de piezas que se requieren trabajar.

**4.1.3. Programación en lenguaje grafico de contactos o ladder (LD)**

Una vez asignado el tipo de PLC se procede a la creación del programa, para esto hacemos click en “programación PLC” y seguidamente escoger “agregar un bloque”. Nos darán a escoger las siguientes opciones: bloque de organización, bloque de función, función y bloque de datos.

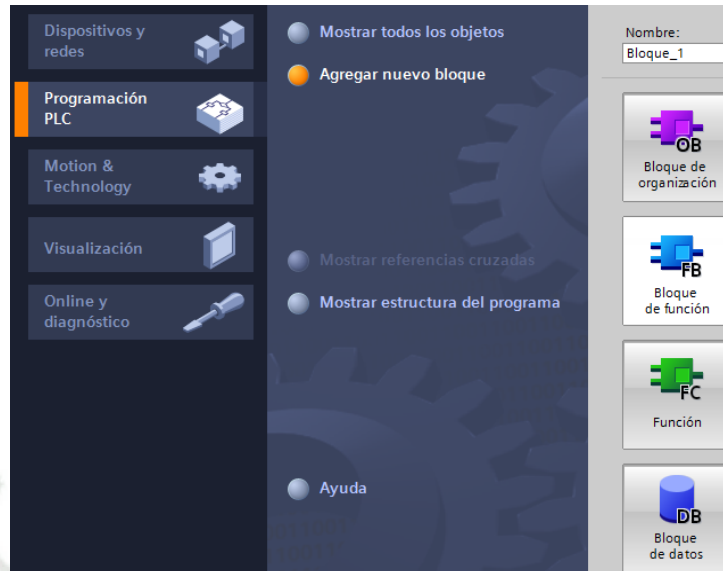
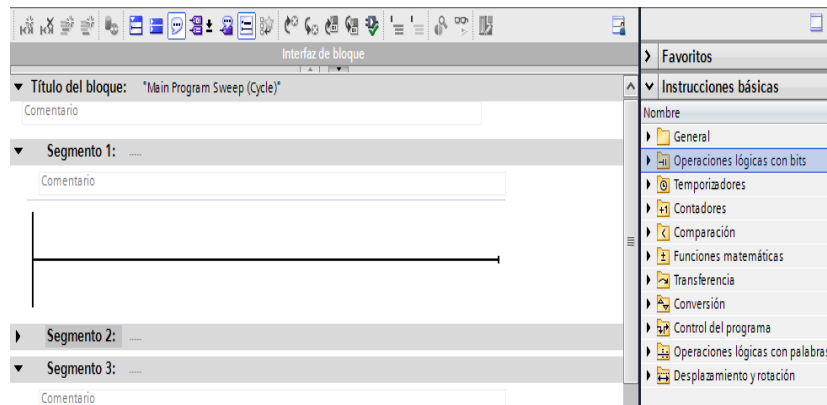


Figura 4.5. Opciones para programar PLC.

Fuente Software TIA PORTAL

- **Bloque de Organización:** Los OB de ciclo se procesan cíclicamente. Los OB de ciclo son bloques lógicos de orden superior en el programa, en los que se pueden programar instrucciones o llamar otros bloques.
- **Bloque de Función:** Los bloques de función son bloques lógicos que depositan sus valores de forma permanente en bloques de datos de instancia, de modo que siguen estando disponibles después de procesar el bloque.
- **Función:** Las funciones son bloques lógicos sin memoria.
- **Bloque de datos:** Los bloques de datos (DB) son áreas de datos del programa de usuario que contienen datos de usuario.

Una vez asignados los bloques de programación, se inicia la programación divididos en segmentos, utilizando las diferentes instrucciones que nos proporciona TIA portal.



**Figura 4.6. Instrucciones para la programación.**

**Fuente Software TIA PORTAL**

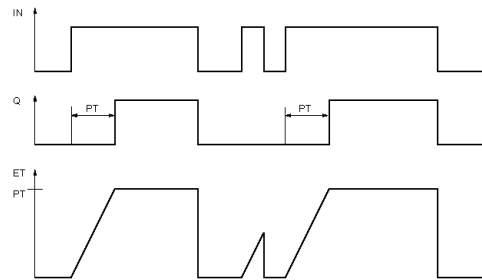
A continuación se detallan algunas de las instrucciones utilizadas en el programa:

#### **4.1.3.1. Temporizador.**

El temporizador es un elemento que permite poner cuentas de tiempo con el fin de activar bobinas pasado un cierto tiempo desde la activación. El esquema básico de un temporizador varía de un autómata a otro, pero siempre podemos encontrar una serie de señales fundamentales, aunque, eso sí, con nomenclaturas totalmente distintas.

- **TON (Retardo al Conectar):** Con la instrucción "Retardo al conectar" se puede retardar la activación de la salida Q por el tiempo programado PT. La instrucción se inicia cuando el resultado lógico (RLO) de la entrada IN cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente). El tiempo programado PT empieza a contarse al iniciar la instrucción. Una vez transcurrido el tiempo PT, la salida Q devuelve el estado lógico "1". La salida Q permanece activada mientras la entrada de arranque esté puesta a "1". Cuando el estado lógico de la entrada de arranque cambia de "1" a "0", se desactiva la salida Q. La función

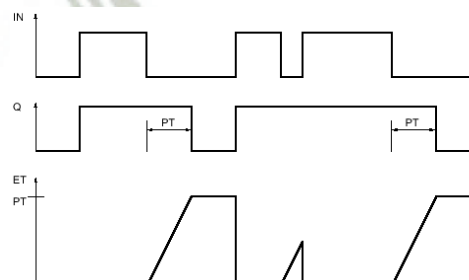
de temporización se reinicia al detectarse un flanco de señal ascendente nuevo en la entrada de arranque.



**Figura 4.7. Cronograma de impulsos TON.**

Fuente Software TIA PORTAL - Help

- TOF (Retardo al desconectar):** Con la instrucción "Retardo al desconectar" se puede retardar la desactivación de la salida Q por el tiempo programado PT. La salida Q se activa cuando el resultado lógico (RLO) de la entrada IN cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente). Cuando el estado lógico de la entrada IN cambia nuevamente a "0", el tiempo programado PT deja de contar. La salida Q permanece activada mientras transcurre el tiempo PT. Una vez transcurrido el tiempo PT se desactiva la salida Q. Si el estado lógico de la entrada IN cambia a "1" antes de que transcurra el tiempo PT, se inicializa el temporizador. El estado lógico de la salida Q permanece a "1".



**Figura 4.8. Cronograma de impulsos TOF.**

Fuente Software TIA PORTAL - Help

- **TONR (Acumulador de Tiempo):** La instrucción "Acumulador de tiempo" permite acumular valores de tiempo dentro de un periodo definido por el parámetro PT. Cuando el estado lógico de la entrada IN cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y se empieza a contar el tiempo PT. Mientras transcurre el tiempo PT se van acumulando los valores de tiempo que se leen cuando el estado lógico de la entrada IN es "1". El tiempo acumulado se deposita en la salida ET y se puede consultar allí. Una vez se ha alcanzado el tiempo PT, la salida Q devuelve el estado lógico "1". El parámetro Q permanece a "1" aunque el estado lógico del parámetro IN cambie de "1" a "0" (flanco de señal descendente).

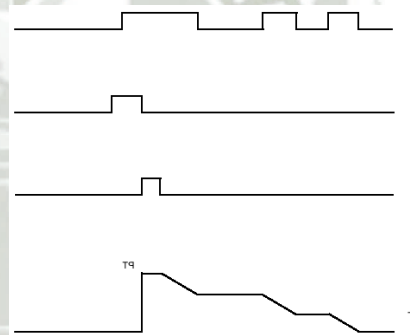


Figura 4.9. Cronograma de impulsos TONR.

Fuente Software TIA PORTAL - Help

#### 4.1.3.2. Contador.

Grupo de instrucciones del PLC que cuenta, calcula o guarda un registro del número de veces que sucede algo.

- **CTU (Contador Ascendente):** La instrucción "Contador ascendente" incrementa el valor de la salida CV. Cuando el estado lógico de la entrada CU cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y el valor actual de contaje de la salida CV se incrementa en uno. La primera vez que se ejecuta la instrucción, el valor

actual de contaje de la salida CV está a cero. El valor de contaje se incrementa cada vez que se detecta un flanco de señal ascendente, hasta alcanzar el valor límite superior del tipo de datos indicado en la salida CV. Cuando se alcanza el valor límite superior, el estado lógico de la entrada CU deja de tener efecto en la instrucción.

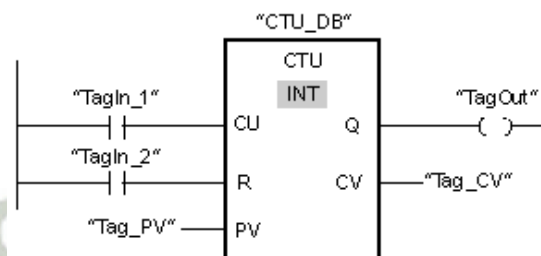


Figura 4.10. Funcionamiento de la instrucción CTU.

Fuente Software TIA PORTAL - Help

- **CTD (Contador descendente):** La instrucción "Contador descendente" decrementa el valor en la salida CV. Cuando el estado lógico de la entrada CD cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y el valor actual de contaje de la salida CV se decrementa en uno. Al ejecutar la instrucción por primera vez, el valor de contaje del parámetro CV se pone al valor del parámetro PV. Cada vez que se detecta un flanco de señal ascendente, el valor de contaje se decrementa hasta alcanzar el valor límite inferior del tipo de datos indicado. Cuando se alcanza el valor límite inferior, el estado lógico de la entrada CD deja de tener efecto en la instrucción.

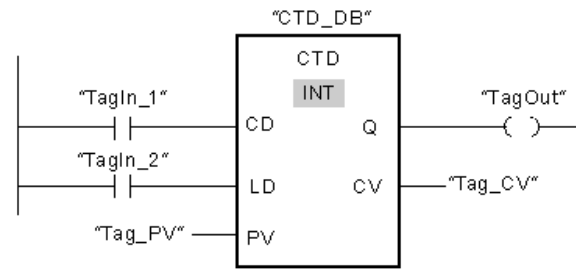


Figura 4.11. Funcionamiento de la instrucción CTD.

Fuente Software TIA PORTAL – Help

#### 4.1.3.3. Transferencia.

Transfiere el contenido de un operador a cualquier lugar de la función.

- **Move (copiar valor):** La instrucción "Copiar valor" transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1. La transferencia se efectúa siempre por orden ascendente de direcciones.

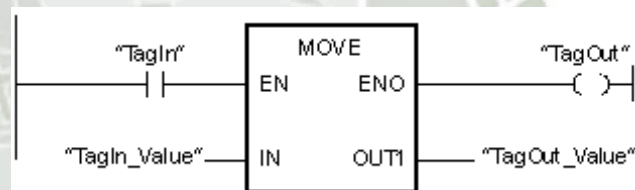


Figura 4.12. Funcionamiento de la instrucción MOVE.

Fuente Software TIA PORTAL - Help

#### 4.1.3.4. Desplazamiento y rotación:

- **SHL (Desplazar a la izquierda):** La instrucción "Desplazar a la izquierda" permite desplazar el contenido del operando de la entrada IN de bit en bit hacia la izquierda y consultar el resultado en la salida OUT. El parámetro N determina el número de bits que debe desplazarse el valor indicado.

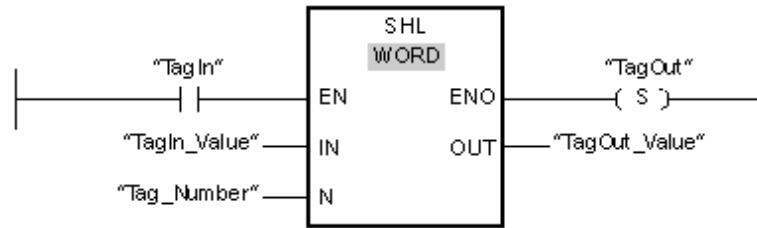


Figura 4.13. Funcionamiento de la instrucción SHL.

Fuente Software TIA PORTAL - Help

- **SHR (Desplazar a la derecha):** La instrucción "Desplazar a la derecha" permite desplazar el contenido del operando de la entrada IN de bit en bit hacia la derecha y consultar el resultado en la salida OUT. El parámetro N determina el número de bits que debe desplazarse el valor indicado.

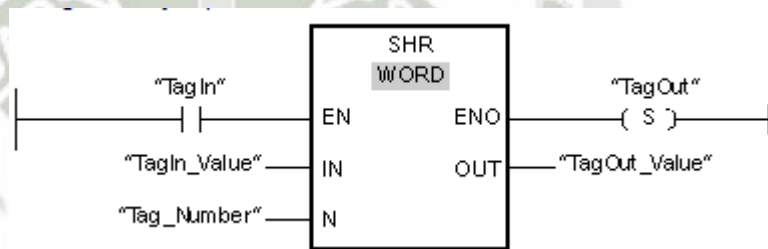


Figura 4.14. Funcionamiento de la instrucción SHR.

Fuente Software TIA PORTAL – Help

#### 4.1.3.5. Asignación de Bloques.

En nuestro programa asignamos un bloque de organización MAIN, en el cual se detallan las funciones de todo el programa. El programa está dividido en doce funciones en las cuales se detallan cada acción de nuestro módulo MPS.

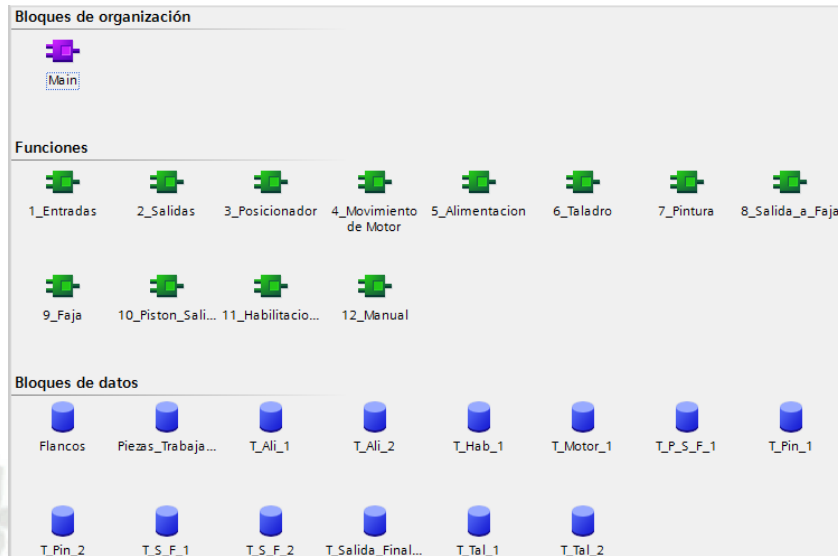


Figura 4.15. Bloque de organización, funciones y bloque de datos de nuestro programa. Fuente Software TIA PORTAL

#### 4.1.3.6. Descripción general del proceso.

A continuación se describirá los procesos que representara el modulo al maquinar piezas en serie dentro de un proceso productivo. El proceso productivo se divide en los siguientes pasos:

- **Proceso de alimentación con torre Batch:** En este proceso las probetas caen por gravedad a través de una tubería hacia el inicio de la rampa, en donde serán detectadas por un sensor óptico inductivo, el cual activara el pistón neumático que alimentara la mesa indexadora.
- **Proceso de Taladrado:** Una vez movilizada la probeta hacia la mesa indexadora, esta iniciara el giro hasta el modulo de taladrado donde un sensor óptico inductivo detectara la probeta para iniciar la simulación del taladrado.

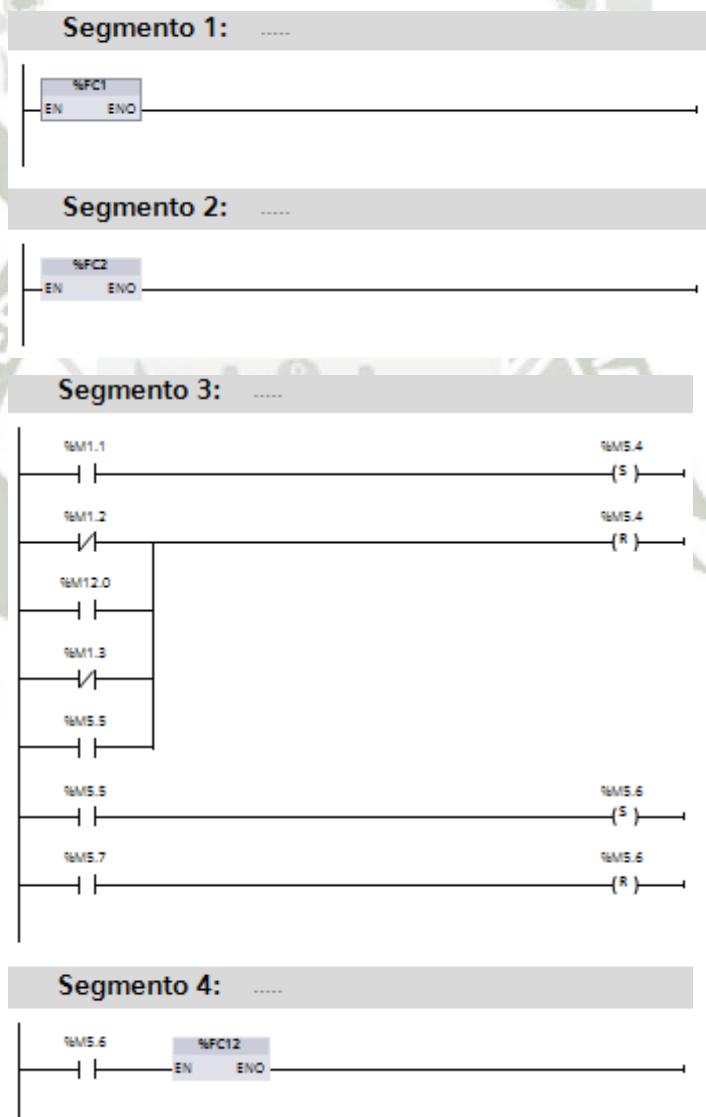
- **Proceso de Pintado:** Luego de concluir su paso por el modulo de taladrado, la mesa indexadora reanuda el giro hasta el modulo de pintado, donde un pistón neumático simula el pintado de probeta por un tiempo determinado.
- **Proceso de alimentación hacia el subsistema transportador:** Una vez concluido el proceso de pintado, la mesa indexadora reanuda el giro hacia el siguiente modulo en el cual un pistón neumático trasladara las probetas hacia el subsistema transportador.
- **Proceso de traslado de probetas hacia el almacenaje:** Una vez enviada la probeta hacia el subsistema transportador, este inicia el transporte de la probeta hasta el modulo de almacenaje.
- **Proceso de almacenaje:** Una vez que la probeta sea transportada hacia el modulo de almacenaje, un pistón neumático empuja la probeta hacia una rampa que simula un almacenaje del maquinado terminado.

#### 4.1.3.7. Diagrama de Bloques del Programa.

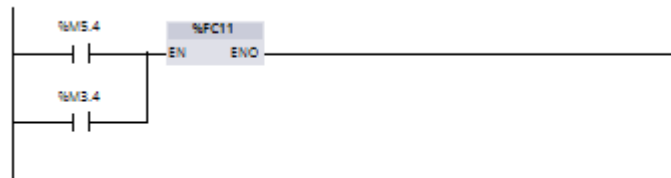
##### a) Bloque MAIN:

En este bloque principal se detallan las doce funciones de todo el programa, se dividen en 13 segmentos detallando en cada uno las diferentes funciones.

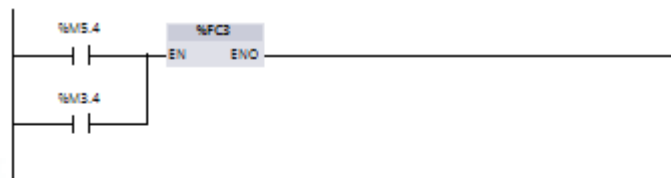
En el segmento número 3 se detallan las condiciones de inicio necesarias para poner operativo el sistema, en cada segmento se hace referencia a las condiciones de inicio antes de poner operativo cada función.



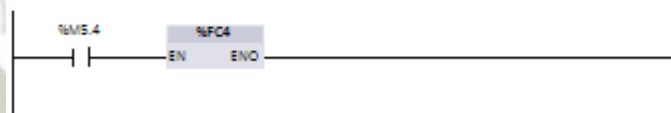
**Segmento 5: .....**



**Segmento 6: .....**



**Segmento 7: .....**



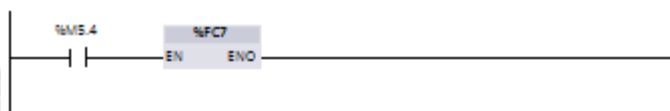
**Segmento 8:** .....



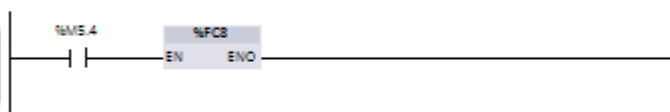
**Segmento 9:** .....



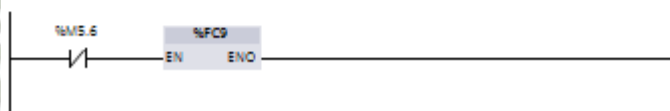
**Segmento 10:** .....



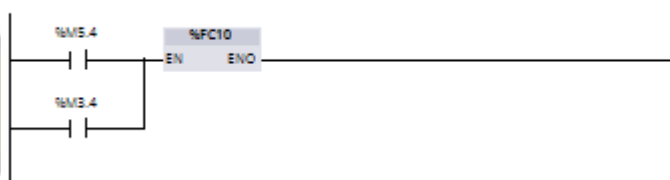
**Segmento 11:** .....



**Segmento 12:** .....

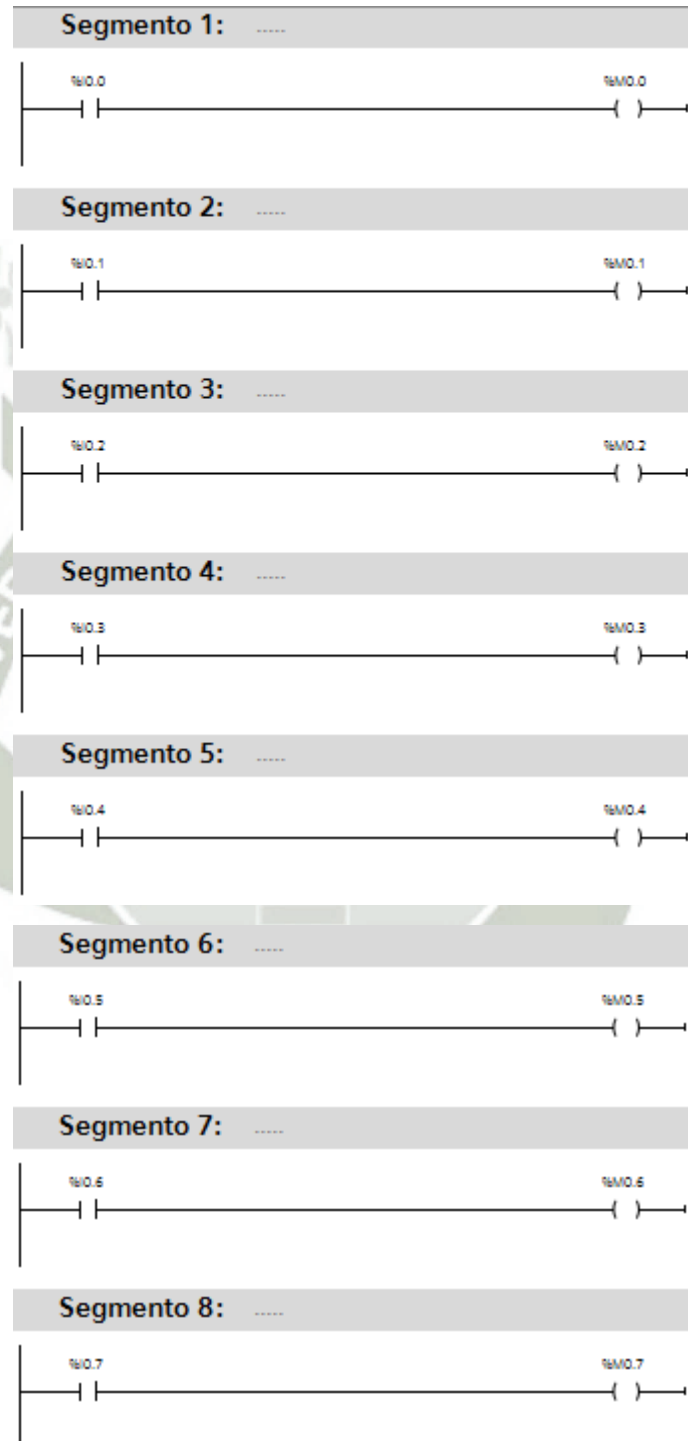


**Segmento 13:** .....

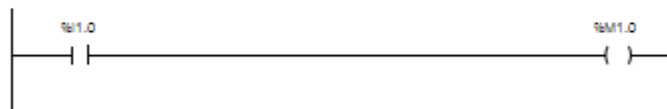


**b) Bloque FC1 ENTRADAS:**

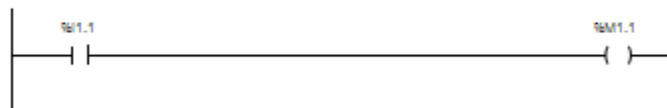
En esta función se liga a cada entrada con una memoria, de tal modo que se pueda hacer referencia de estas a lo largo del programa.



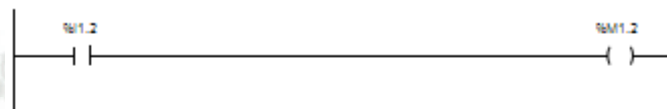
**Segmento 9:** .....



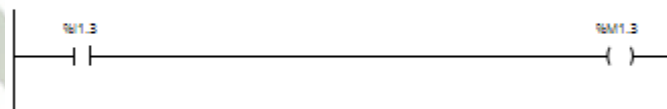
**Segmento 10:** .....



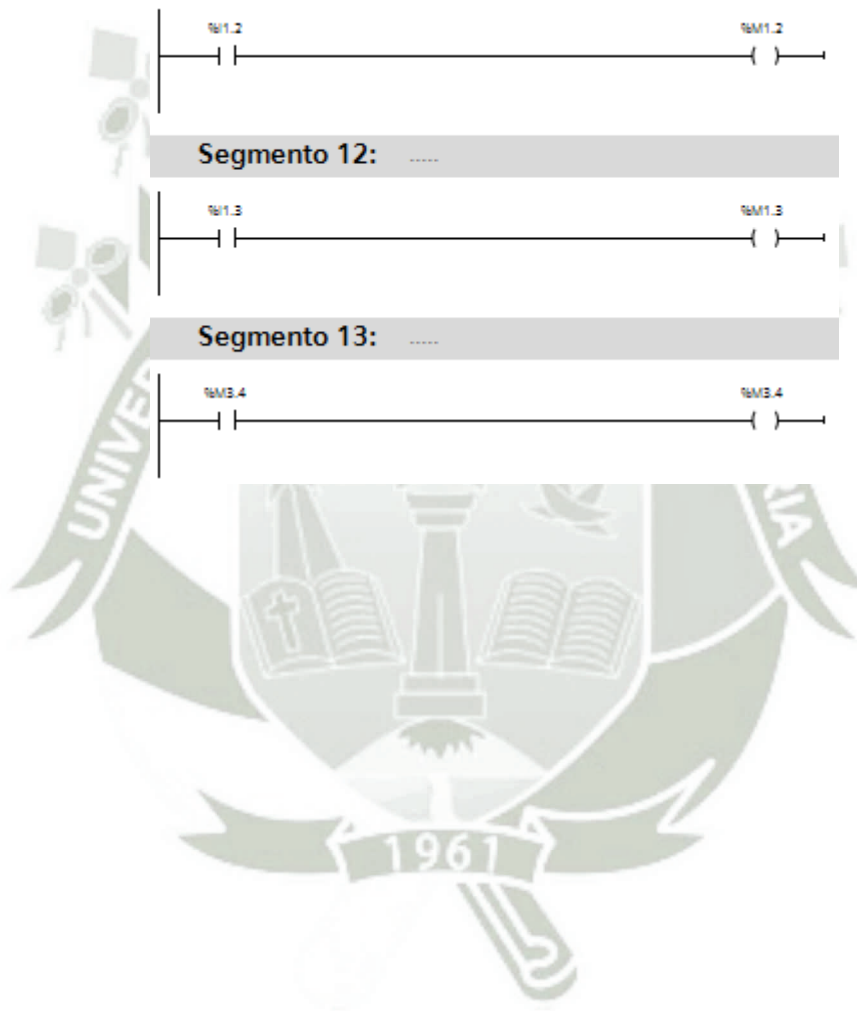
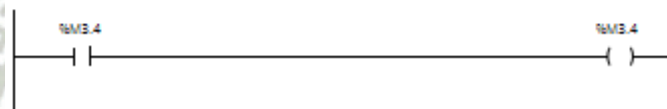
**Segmento 11:** .....



**Segmento 12:** .....

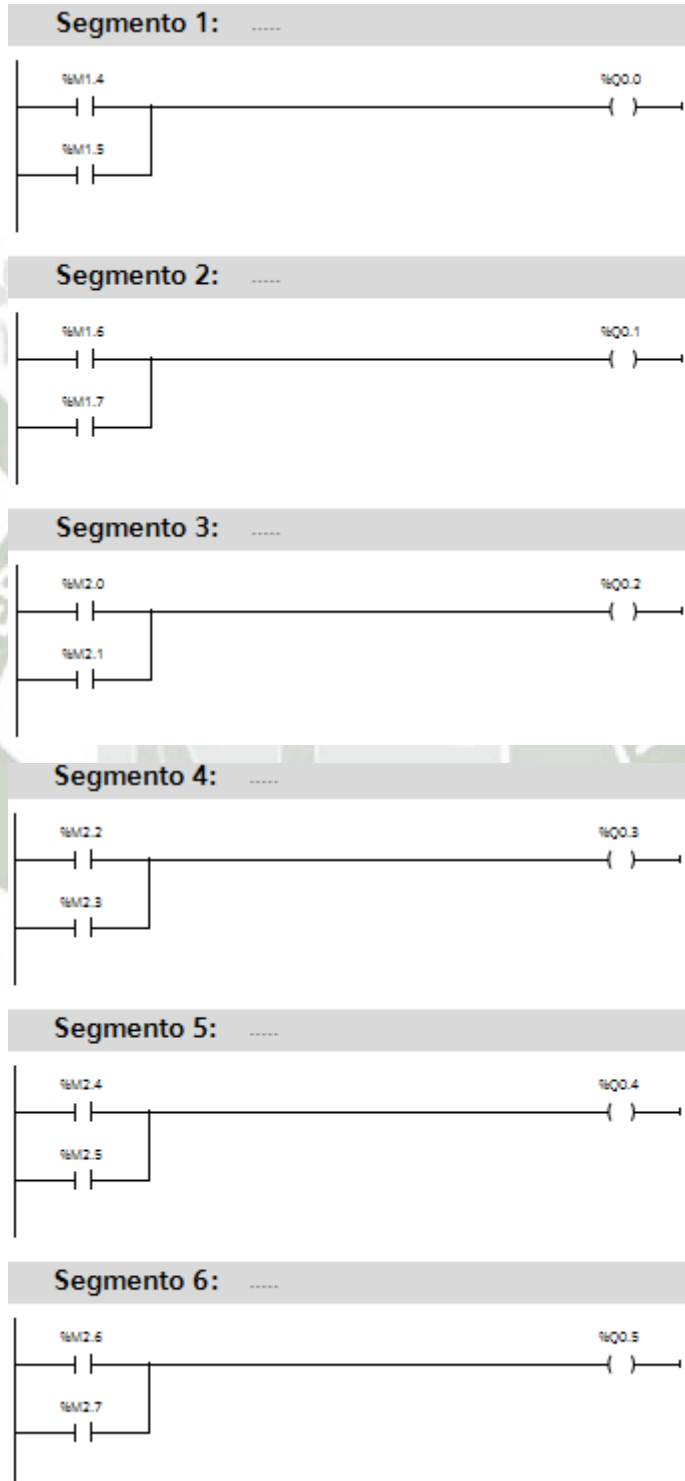


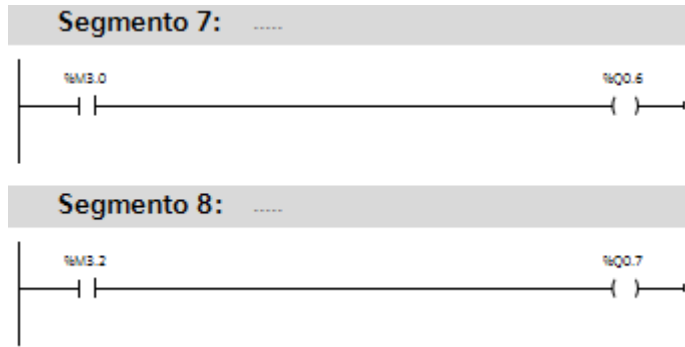
**Segmento 13:** .....



**c) Bloque FC2 SALIDAS:**

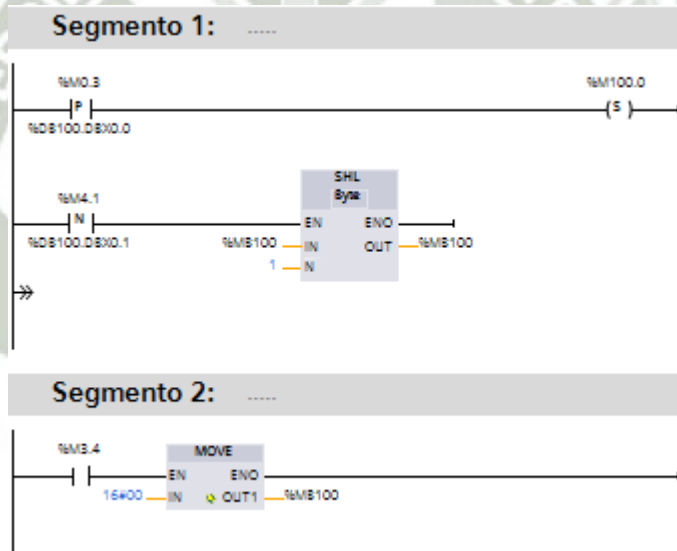
En esta función se liga a cada salida con una memoria, de tal modo que se pueda hacer referencia de estas a lo largo del programa.





**d) Bloque FC3 POSICIONADOR:**

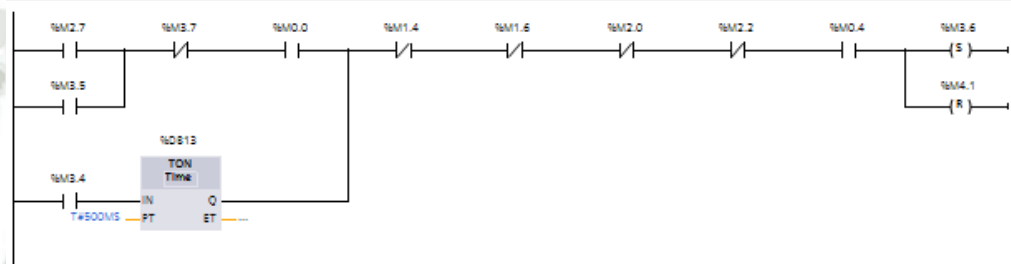
Se detalla la función del posicionar mediante la instrucción de rotación de bits a la izquierda (SHL), el sensor de taladrado da el inicio para el conteo de bits y con la habilitación del giro del motor los bits son desplazados hacia la izquierda. En el segmento 2 se detalla la función del reset del contador de bits.



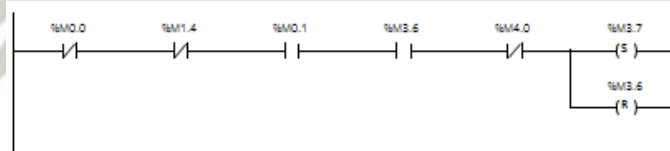
**e) Bloque FC4 MOVIMIENTOS DEL MOTOR.**

En el segmento 5 se muestra que habilitando cualquiera de las memorias de 3.6, 3.7 y 4.0 iniciarán el giro del motor, bajo este concepto, en los segmentos 1, 2 y 3 se muestran las condiciones necesarias para habilitar cualquiera de las memorias para iniciar el giro del motor. En el segmento 1 se muestra un temporizador con retardo al conectar para resetear el movimiento del motor ante cualquier falla. En el segmento 4 se detallan las condiciones en las cuales el motor no debe girar y en el segmento 7 se muestran el reseteo de memorias para la habilitación de giro.

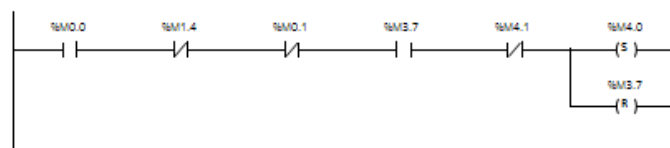
**Segmento 1:** .....



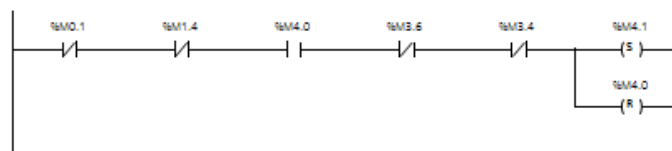
**Segmento 2:** .....



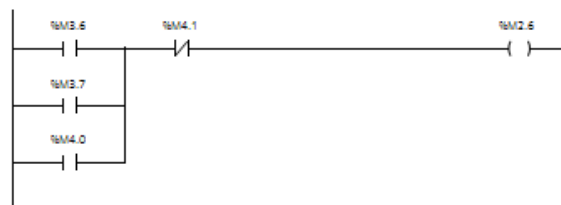
**Segmento 3:** .....



**Segmento 4:** .....



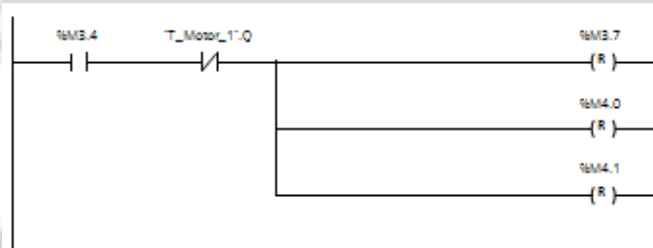
**Segmento 5:** .....



**Segmento 6:** .....



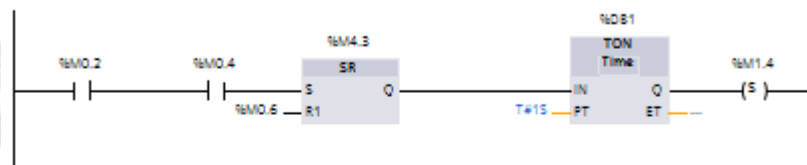
**Segmento 7:** .....



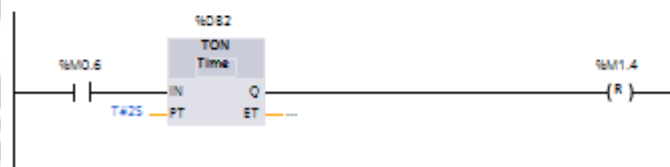
**f) Bloque FC5 ALIMENTACION.**

En el segmento 1 se detallan las condiciones para habilitar el pistón de alimentación, en este segmento se aprecia un temporizador que retarda el accionamiento del pistón. En el segmento 2, una vez activado el sensor del pistón dará inicio a un temporizador que retardara el reseteo de la memoria que acciona al pistón de alimentación.

**Segmento 1:** .....

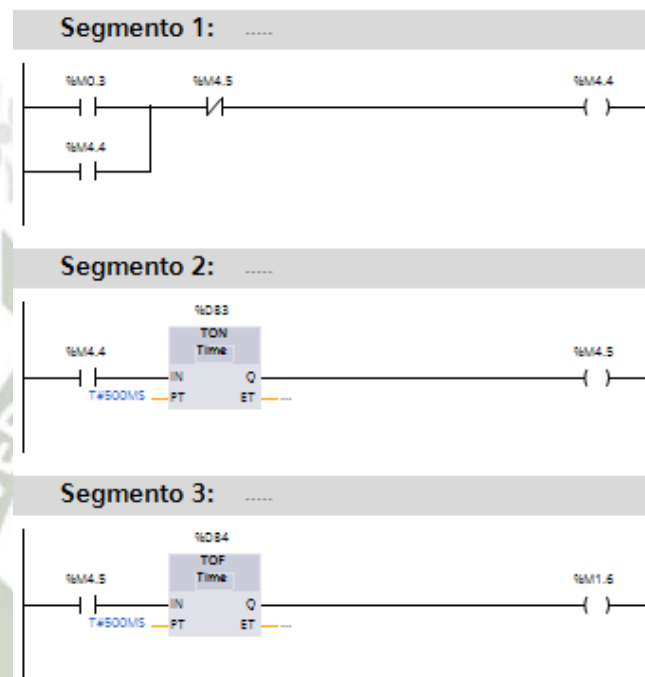


**Segmento 2:** .....



**g) Bloque FC6 TALADRADO.**

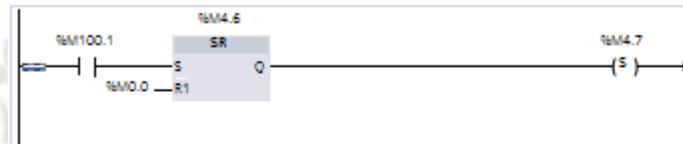
En el segmento 1 se detallan las condiciones para activar la memoria de taladrado, una vez activado da inicio a un temporizador que retarda el accionamiento de una memoria de desactivación de taladrado, al mismo tiempo es habilitado el pistón de taladrado y al cabo de 500ms es desactivado por un temporizador TOF.



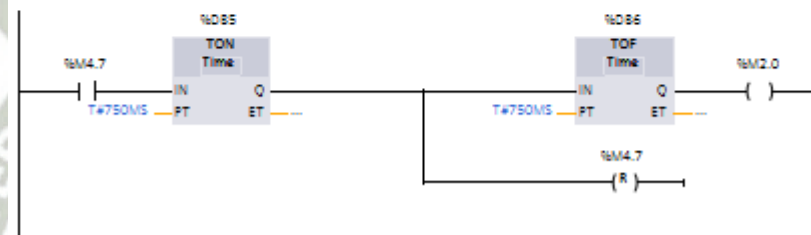
### h) Bloque FC7 PINTADO.

El segmento 1 se inicia con la señal de la rotación de bits dada por el sensor de taladrado, una vez activada la memoria de pintado da inicio a un temporizador que retarda la activación de otro temporizador con retardo a la desconexión, esto quiere decir que el pistón de pintado estará activado por un periodo de tiempo antes que sea desactivado.

#### Segmento 1: .....

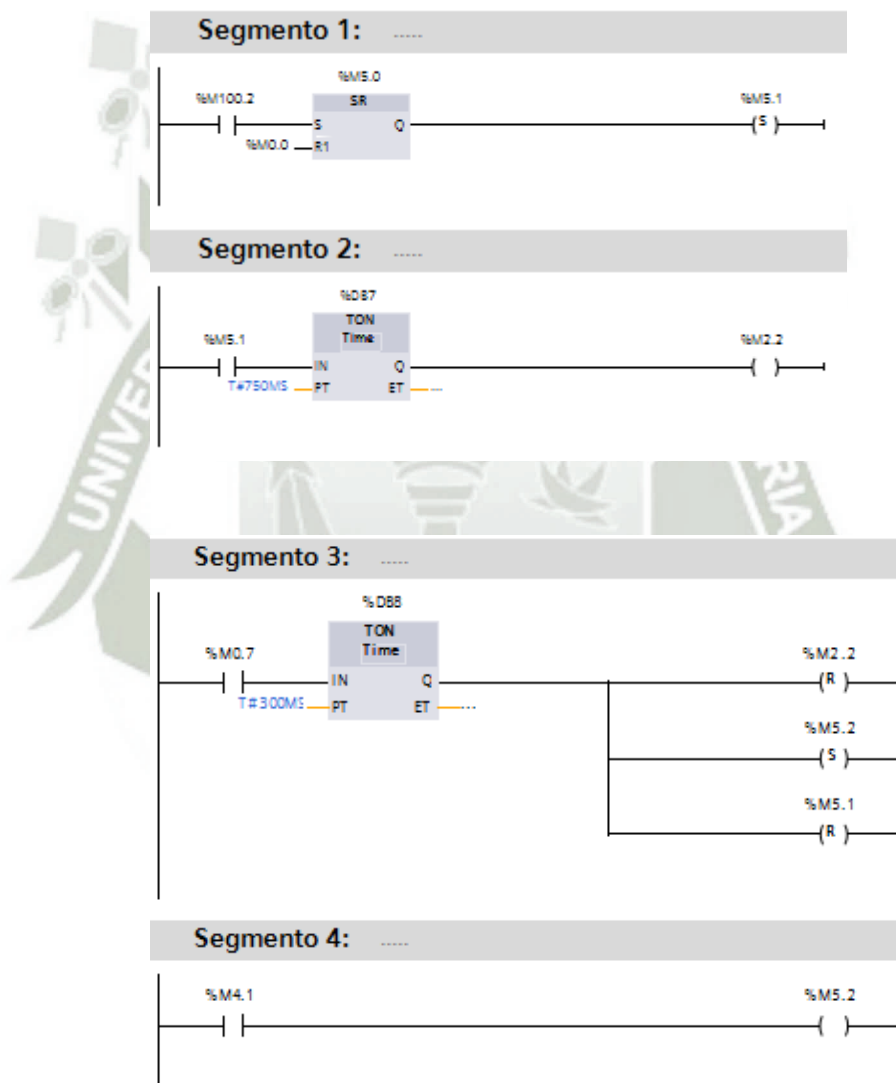


#### Segmento 2: .....



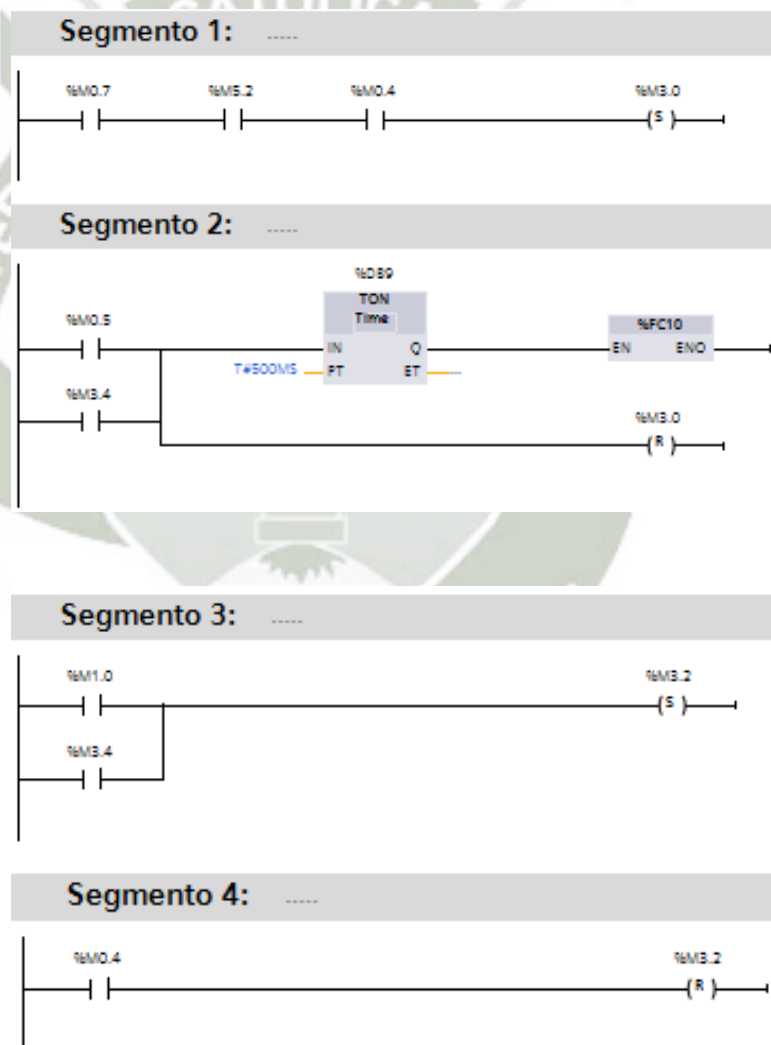
**i) Bloque FC8 SALIDA A FAJA.**

El segmento uno se inicia con la señal de la rotación de bits dada por la activación del pistón de pintado, este inicia un temporizador con retardo a la activación del pistón de salida hacia la faja. Cuando el pistón se extiende activa el sensor magnético que da inicio a un temporizador con retardo a la desactivación del pistón de salida hacia la faja.



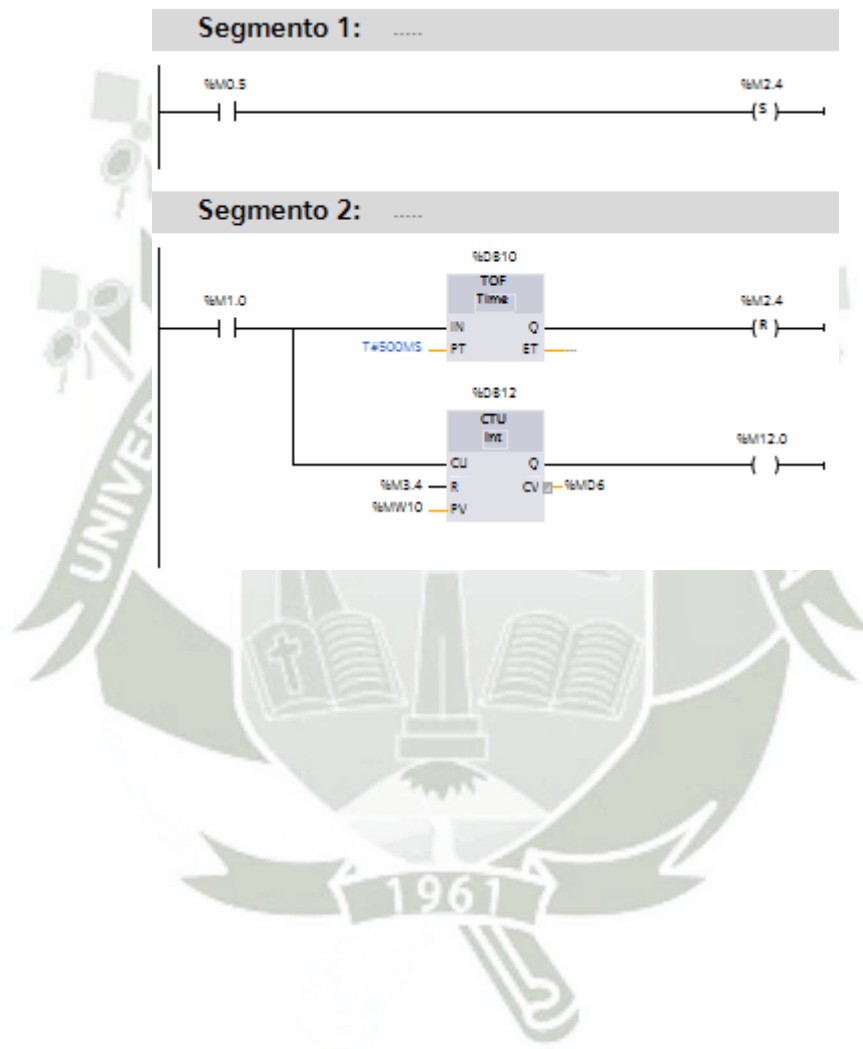
**j) Bloque FC9 FAJA.**

En el segmento 1 se detallan las condiciones de inicio para activar el movimiento de la faja hacia la izquierda, con la activación del sensor magnético del tope izquierdo se detiene el movimiento de la faja. En el segmento 3 se detallan la condición de inicio para iniciar el movimiento de la faja hacia la derecha, adicionalmente se detalla que con la activación del reset se inicia el movimiento de la faja hacia la derecha, una vez que culmine el movimiento hacia la derecha, el motor se detendrá con la activación del sensor magnético del tope derecho.



**k) Bloque FC10 PISTON SALIDA FINAL.**

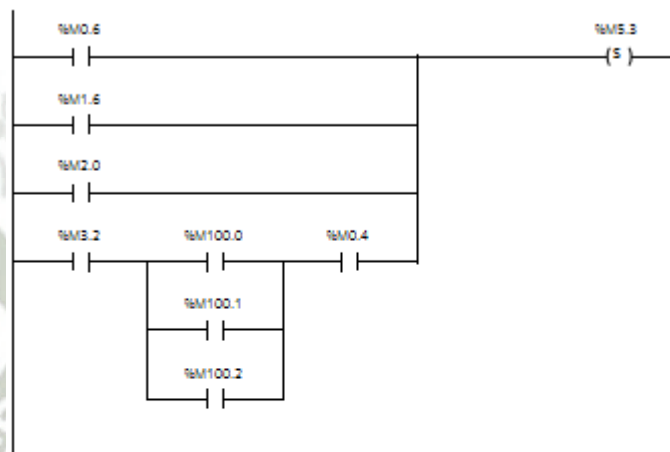
En el segmento 1 se detalla que el pistón de salida final se activa con el sensor magnético del tope izquierdo, seguidamente activa un temporizador para el reseteo y un contador que compara el número de piezas trabajadas con el número de piezas por trabajar.



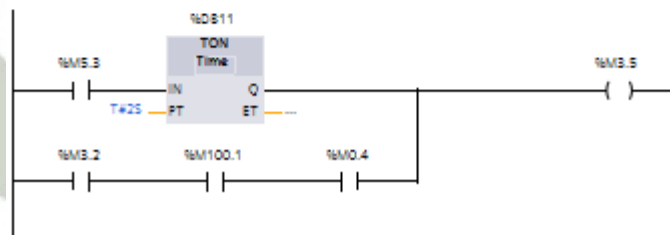
### I) Bloque FC11 HABILITACION DE GIRO.

En el segmento 1 se detallan las condiciones necesarias para habilitar el giro de la mesa indexadora. Con la habilitación del giro se activa un temporizador con retraso para la activación del sistema en automático. Una vez activado el sistema en automático se resetea la habilitación de giro.

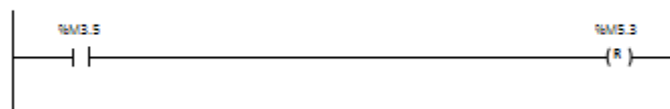
Segmento 1: .....



Segmento 2: .....



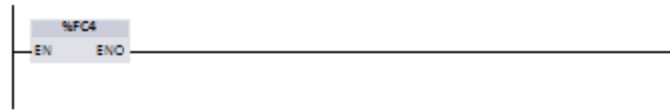
Segmento 3: .....



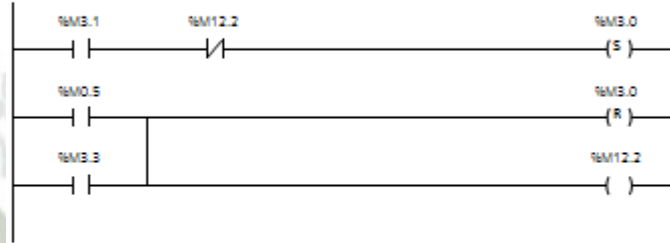
**m) Bloque FC12 MANUAL.**

Se detalla las condiciones de inicio para el movimiento de la faja hacia la izquierda y hacia la derecha en modo manual.

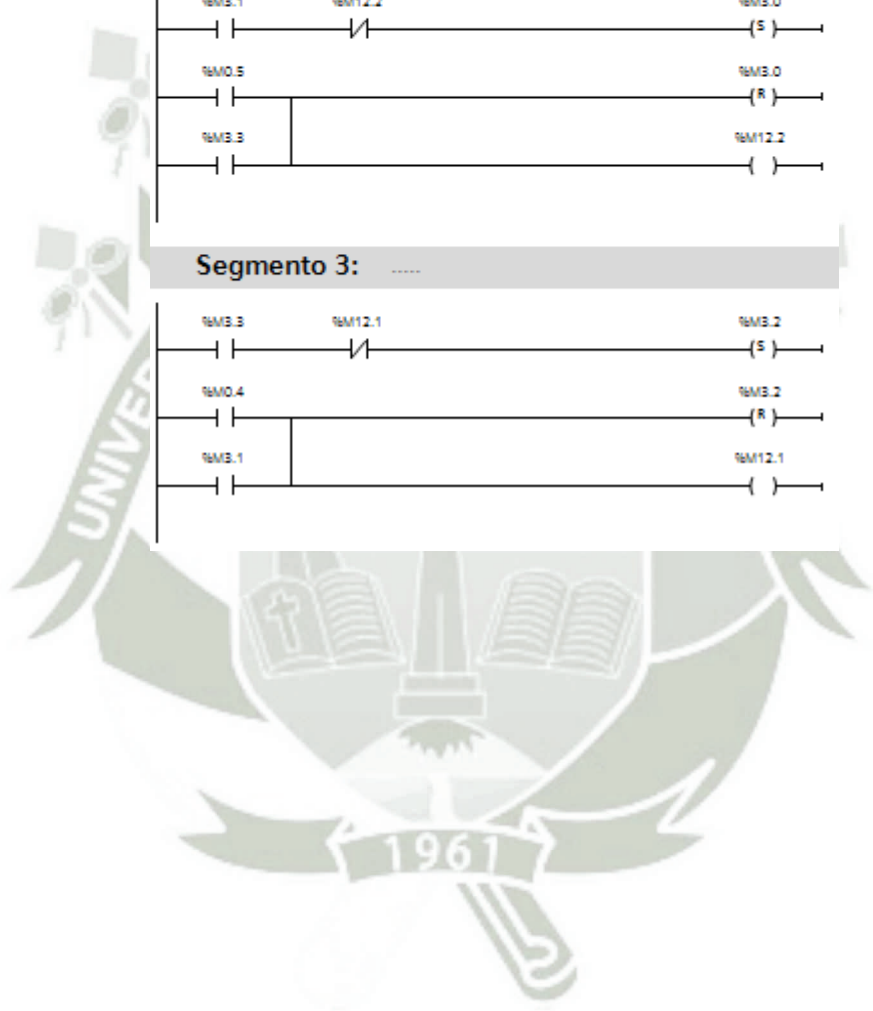
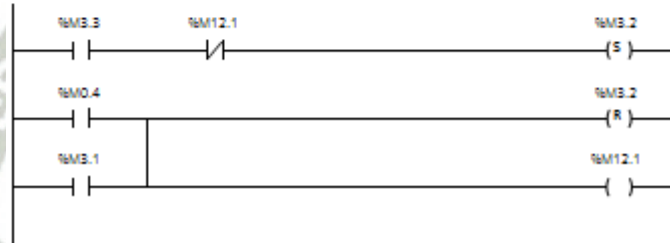
**Segmento 1: .....**



**Segmento 2: .....**



**Segmento 3: .....**



#### 4.2. Desarrollo de la interfaz gráfica en la pantalla táctil.

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se selecciona la vista del proyecto en la opción de visualización y hacer click en “agregar objeto”, seguidamente se selecciona la imagen o plantilla para iniciar el diseño de la pantalla.

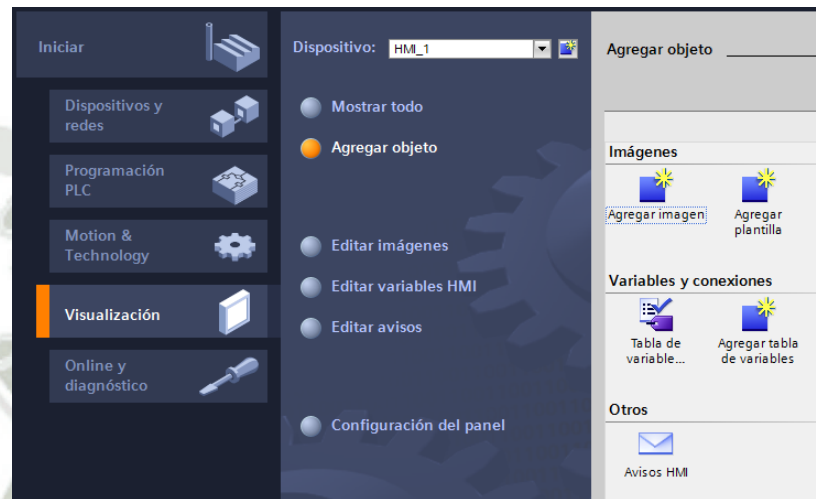


Figura 4.16. Inicio del diseño de la pantalla

Fuente Software TIA PORTAL

Seguidamente se usan los objetos básicos, elementos y controles necesarios para diseñar la interfaz gráfica, el modo de diseño es de “drag and drop”.

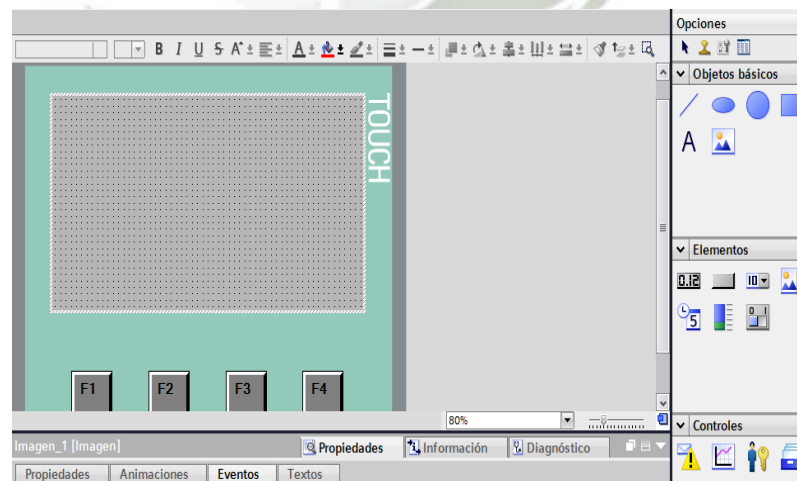


Figura 4.17. Diseño de la plantilla.

Fuente Software TIA PORTAL

#### 4.2.1. Variables pantalla táctil.

Las variables con las cuales va a trabajar la pantalla táctil se muestran en la siguiente tabla. En ella se detalla el nombre de la variable y la descripción correspondiente.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Bit_1	Visualización de bits 1
Bit_2	Visualización de bits 2
Bit_3	Visualización de bits 3
Byte	Conteo de bits
Desactivar Manual	Salida de pantalla manual
Manual Pantalla	Ingreso pantalla manual
Motor Faja Derecha Pantalla	Movimiento de faja hacia la derecha en manual
Motor Faja Izquierda Pantalla	Movimiento de faja hacia la izquierda en manual
Motor Principal Pantalla	Movimiento de la mesa indexadora en manual
Número_imagen_variable	Visualización de imágenes en la pantalla
Paro de Emergencia	Luz de activación de paro de emergencia
Piezas a Trabajar	Ingreso de numero de piezas a trabajar
Piezas Terminadas	Visualización de numero de piezas terminadas
Pistón Alimentación Pantalla	Activación del pistón de alimentación en manual
Pistón Pintura Pantalla	Activación del pistón de pintura en manual
Pistón Salida a Faja Pantalla	Activación del pistón de salida hacia la faja en manual
Pistón Salida Final Pantalla	Activación del pistón de salida final en manual
Pistón Taladro Pantalla	Activación del pistón de taladrado en manual
Reset Pantalla	Botón de reset en pantalla
Sensor Alimentación	Luz de activación del sensor de alimentación

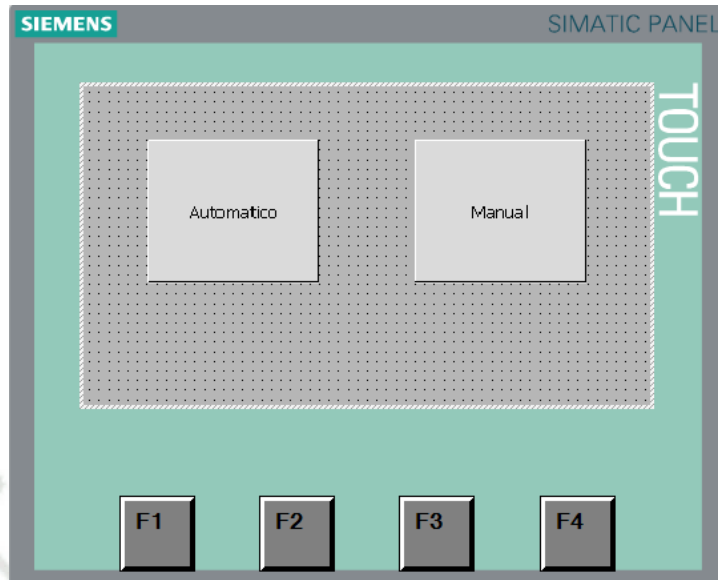
Sensor Pistón Alimentación	Luz de activación del sensor magnético del pistón de alimentación
Sensor Pistón Salida a Faja	Luz de activación del sensor magnético del pistón de salida hacia la faja
Sensor Pistón Salida Final	Luz de activación del sensor magnético del pistón de salida final
Sensor Posición 1	Luz de activación del sensor de posición 1
Sensor Posición 2	Luz de activación del sensor de posición 2
Sensor Taladro	Luz de activación del sensor de taladrado
Sensor Tope Derecho	Luz de activación del sensor de tope derecho
Sensor Tope Izquierdo	Luz de activación del sensor de tope izquierdo
Start	Luz de activación del inicio del programa
Stop	Luz de activación del paro de emergencia

#### 4.2.2. Diseño y configuración de pantallas.

Para el diseño de la pantalla para nuestro proyecto se vio por conveniente la creación de tres pantallas, las cuales son de inicio, automático y manual. A continuación se detallaran las funciones de cada una de ellas.

##### 3.3.1.1. Pantalla de inicio.

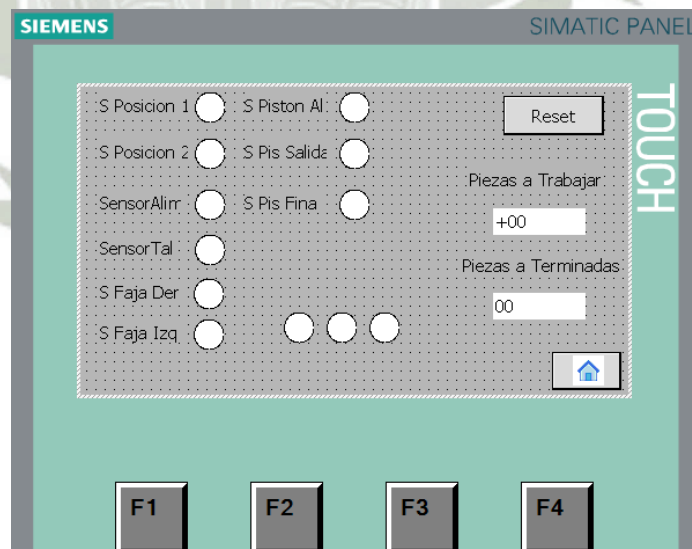
La pantalla de inicio o raíz nos brindan dos opciones, automático y manual. Al elegir alguna de estas opciones nos llevaran hacia dos pantallas adicionales para poner en marcha al módulo en modo automático o manual.



**Figura 4.18. Pantalla de inicio o raíz.**  
Fuente Software TIA PORTAL

### 3.3.1.2. Pantalla en modo automático.

Esta pantalla nos da la opción de dar inicio al módulo en modo automático, a continuación detallaremos el diseño de esta pantalla.

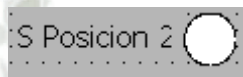


**Figura 4.19. Pantalla en modo automático.**  
Fuente Software TIA PORTAL

- a) **S Posición 1:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor de posición 1 de la mesa indexadora sensa un extremo de la mesa.



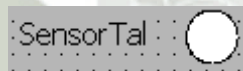
- b) **S Posición 2:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor de posición 2 de la mesa indexadora sensa un extremo de la mesa.



- c) **Sensor Alim:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor de alimentación sensa una probeta en el feeding.



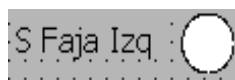
- d) **Sensor Tal:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor de taladrado sensa una probeta en la mesa indexadora.



- e) **S Faja Der:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor magnético sensa la faja en el tope derecho.



- f) **S Faja Izq:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor magnético sensa la faja en el tope izquierdo.



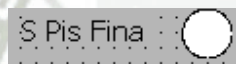
- g) **S Pistón Al:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor magnético sensa el embolo cuando el pistón de alimentación se encuentra extendido.



- h) **S Pis Salida:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor magnético sensa el embolo cuando el pistón de salida hacia la faja transportadora se encuentra extendido.



- i) **S Pis Final:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el sensor magnético sensa el embolo cuando el pistón de salida final se encuentra extendido.



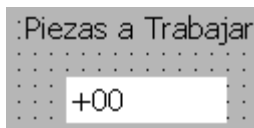
- j) **Contador de bits:** Son unos indicadores luminosos que nos indican la activación y rotación de bits, iniciando con el sensor de taladrado.



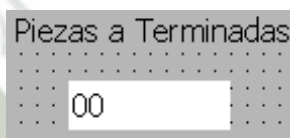
- k) **Reset:** Este botón resetea el valor ingresado en las piezas a trabajar y el conteo de piezas terminadas, así también contrae los pistones, moviliza la faja hacia el tope derecho e inmoviliza la mesa indexadora.



- l) **Piezas a Trabajar:** Se requiere el ingreso de un valor numérico de piezas que se desean trabajar, es la referencia para el contador.



- m) **Piezas Terminadas:** Se visualiza las piezas terminadas en cada ciclo, este valor se compara con el valor de piezas a trabajar para dar fin el ciclo de trabajo.



- n) **Botón Pantalla Inicio:** Este botón nos traslada a la pantalla de inicio, donde podemos elegir nuevamente las opciones de modo manual o modo automático.



### 3.3.1.3. Pantalla en modo manual.

Esta pantalla nos da la opción de dar inicio al módulo en modo manual, a continuación detallaremos el diseño de esta pantalla

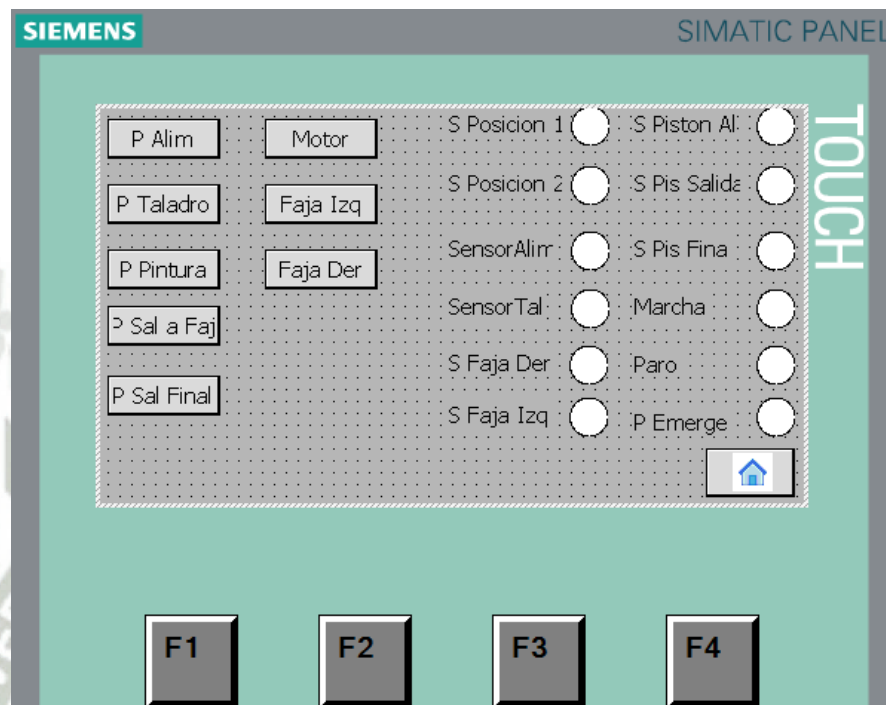


Figura 4.20. Pantalla en modo manual.

Fuente Software TIA PORTAL

- a) **P Alim:** Botón que acciona al pistón de alimentación en el feeding.



- b) **P Taladro:** Botón que acciona al pistón de taladrado.



- c) **P Pintura:** Botón que acciona al pistón de pintado.



- d) **P Sal a Faja:** Botón que acciona al pistón de salida de la mesa indexadora hacia la faja transportadora.

P Sal a Faj

- e) **P Sal Final:** Botón que acciona al pistón de salida final desde la faja transportadora hacia la rampa final.

P Sal Final

- f) **Motor:** Botón que acciona el motor de la mesa indexadora.

Motor


- g) **Faja Izq:** Botón que activa el motor de la faja transportadora en sentido anti horario, con la finalidad de mover la faja transportadora hacia la izquierda.

Faja Izq

- h) **Faja Der:** Botón que activa el motor de la faja transportadora en sentido horario, con la finalidad de mover la faja transportadora hacia la derecha.

Faja Der

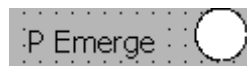
- i) **Marcha:** Es un indicador luminoso que se activa al presionar el botón STAR y así se da inicio al ciclo de trabajo.

Marcha 

- j) **Paro:** Es un indicador luminoso que se activa al presiona el botón RESET, reseteando el programa o ciclo de trabajo.

Paro 

- k) **P Emerge:** Es un indicador luminoso que se activa cuando el botón de paro de emergencia se encuentra activado.



## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE COSTOS

#### 5.1. Definición.

El término costo hace referencia al importe o cifra que representa un producto o servicio de acuerdo a la inversión tanto de material, de mano de obra, de capacitación y de tiempo que se haya necesitado para desarrollarlo. El costo de un producto o servicio se expresa en la mayoría de las situaciones en término de dinero o capital (que sí puede variar en moneda de acuerdo a la región o espacio en la que se realice el intercambio).

#### 5.2. Elementos de producción.

Es la valoración monetaria de los gastos incurridos y aplicados para la elaboración del diseño e implementación de módulo que se ha descrito a lo largo del proyecto. Incluye el costo de los materiales, mano de obra y los gastos indirectos de fabricación cargados a los trabajos en su proceso. Se define como el valor de los insumos que requieren las unidades económicas para realizar su producción de bienes y servicios.

Los Costos se definen en:

- Materia prima
- Mano de obra

##### 5.2.1. Materia prima.

Se define como materia prima todos los elementos que se incluyen en la elaboración de un producto. La materia prima es todo aquel

elemento que se transforma e incorpora en un producto final. Un producto terminado tiene incluido una serie de elementos y subproductos, que mediante un proceso de transformación permitieron la confección del producto final.

### Materia Prima - Sistema Neumático

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO FINAL
Electroválvula monoestable 5/2		4	S/. 225.00	S/. 900.00
Sensores Ópticos pnp	4 hilos	4	S/. 150.00	S/. 600.00
Sensor Inductivo pnp	3 hilos	1	S/. 186.00	S/. 186.00
Reles y portareles	6 de 2 contactos 1 de 4 contactos	2	S/. 20.00	S/. 40.00
Bloque botonera	3 botones con base	1	S/. 120.00	S/. 120.00
Botón de emergencia	Tipo honguito con base	1	S/. 20.00	S/. 20.00
Rollo de Cable N°18	50 Metros	1	S/. 60.00	S/. 60.00
PLC Siemens	Incluido conectores	1	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00
Fuente de tensión de 4 Amp.		1	S/. 50.00	S/. 50.00
Cilindros neumáticos	Simple Efecto	5	S/. 150.00	S/. 750.00
Contador Neumático		1	S/. 507.00	S/. 507.00
Manguera neumática de 6 y 4 mm PUN	Metros	26	S/. 2.50	S/. 65.00
Regulador de presión neumático		1	S/. 120.00	S/. 120.00
Accesorios eléctricos para tablero	Canaletas, Etiquetas, cintillos, tornillos			S/. 200.00
<b>COSTO TOTAL SISTEMA NEUMÁTICO</b>				<b>S/. 5,718.00</b>

Tabla 5.1. Tabla de costos neumáticos. Fuente propia.

### Materia Prima – Sistema Eléctrico

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO FINAL
Pantalla Siemens Modelo KTP400		1	S/. 1,408.40	S/. 1,408.40
PLC Siemens Modelo S7-1200		1	S/. 1,249.80	S/. 1,249.80
Switch de interface		1	S/. 469.20	S/. 469.20
<b>COSTO TOTAL SISTEMA ELÉCTRICO</b>				<b>S/. 3,127.40</b>

Tabla 5.2. Tabla de costos Eléctricos. Fuente propia.

### Materia Prima – Componentes Varios

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO FINAL
Perfiles de aluminio - Balaustre	Barras de 6 metros	3	S/. 52.30	S/. 156.90
Manufactura de elementos estructurales del subsistema	Piezas de aluminio VARIAS	1	S/. 150.00	S/. 150.00
Manufactura de probetas	Probeta de aluminio.	5	S/. 7.50	S/. 37.50
Policloruro de Vinilo	Espesor 2mm	1	S/. 3.80	S/. 3.80
Pernos varios tipo allen subsistema	Con volandas planas y tuerca M3, M5	40		S/. 26.00
Silicona Adhesiva	Con volandas planas y tuerca M3, M5	3	S/. 15.00	S/. 45.00
Accesorios varios				S/. 100.00
Mesa de Indexación		1	S/. 2,600.00	S/. 2,600.00
<b>COSTO TOTAL COMPONENTES VARIOS</b>				<b>S/. 3,119.20</b>

Tabla 5.3. Tabla de costos de componentes varios. Fuente propia.

#### 5.2.2. Mano de obra.

Se entiende por mano de obra el coste total que representa el montante de trabajadores que tenga la empresa incluyendo los salarios y todo tipo de impuestos que van ligados a cada trabajador. La mano de obra es un elemento muy importante, por lo tanto su correcta administración y control determinará de forma significativa el costo final del producto o servicio.

MANO DE OBRA	DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO FINAL
Ingeniería y Diseño	CAD y Programación	2	S/. 225.00	S/. 450.00
Construcción e Instalación	Ensamble y conexionado y commisioning - 1 semana	2	S/. 150.00	S/. 300.00
Programas Software	TIA PORTAL - STEP 7	2	S/. 20.00	S/. 40.00
<b>COSTO TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>S/. 790.00</b>

Tabla 5.4. Tabla de costos de mano de obra. Fuente propia.

### 5.3. Costo total del proyecto.

Luego del análisis de costo para la elaboración del diseño e implementación de módulo se realiza en el siguiente cuadro la suma de los insumos en la materia prima y mano de obra empleados, lo que da como resultado un costo total de Diez mil ciento setenta y cuatro con 100/60 Nuevos Soles.

COSTOS POR CADA SIST. Y MANO DE OBRA	MONTO EN S/.
COSTO TOTAL SISTEMA NEUMÁTICO	S/. 5,718.00
COSTO TOTAL SISTEMA ELÉCTRICO	S/. 3,127.40
COSTO TOTAL COMPONENTES VARIOS	S/. 3,119.20
COSTO TOTAL MANO DE OBRA	S/. 790.00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>S/. 12,754.60</b>

Tabla 5.5. Tabla de costos general. Fuente propia.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han podido encontrar resultados satisfactorios e interesantes, a continuación mencionaremos las conclusiones de cada capítulo que definen el trabajo realizado.

En relación al objetivo general:

- Se concluye que el diseño e implementación del módulo MPS Mesa giratoria de indexación así como el desarrollo del programa de control fueron concretados con éxito, demostrando funcionalidad y aplicación dentro de un proceso productivo en serie.
- El módulo quedó operativo para ser utilizado por los alumnos de Ingeniería Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica, maximizando su aprendizaje y consolidando los conocimientos teóricos en la práctica.

Considerando los objetivos específicos:

- El diseño del programa de control se segmentó por bloques para tener un mejor entendimiento de cada proceso, identificando las señales de entrada, reconociendo el proceso lógico y viendo los resultados en función a las señales de salida.
- La utilización del lenguaje de comunicación LADDER fue una herramienta muy útil y sencilla, debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control básico.
- Se implementó dentro del proceso de control una pantalla HMI de una forma económica usando recursos de bajo costo, y cuya utilización puede ser orientada hacia los empresarios de PYMES, proporcionándoles una productividad regular contando con tecnologías de automatización e información industrial de buena calidad.

- Cada componente utilizado dentro del módulo fue seleccionado en base a las exigencias de que demanda el proceso en serie, cabe resaltar que para dicha selección se realizaron cálculos de ingeniería e investigación de productos.
- Las capacidades adicionales que se le puedan otorgar a un controlador PLC siempre deben respetar el hecho que su principal función es la de controlar los procesos eficientemente.



## RECOMENDACIONES

A continuación se detalla las recomendaciones que ayudaran a futuros trabajos de investigación y desarrollo tecnológico.

- Se recomienda aplicar proyectos de mejora continua dentro del módulo, con el afán de optimizar los recursos para hacer más eficiente el proceso.
- Se recomienda evitar la manipulación no autorizada de los distintos mecanismos y/o dispositivos de alto riesgo, como por ejemplo: líneas eléctricas, líneas neumáticas, motores DC, etc.
- Se recomienda inspeccionar los motores DC durante la operación para asegurar su buen funcionamiento y evitar que estén trabajando con valores fuera de sus rangos permisibles como por ejemplo un sobrecalentamiento.
- Se recomienda utilizar los EPP's adecuados durante la operación, inspección y evaluación del módulo MPS.
- Se recomienda realizar congresos donde los empresarios de PYMES puedan apreciar este tipo de módulos, teniendo una apreciación mas cercana de como sistemas automatizados pueden mejorar y elevar sus ganancias.

## BIBLIOGRAFÍA

### a) Libros y Manuales.

- [1] D. J. **Dorantes**. “Automatización y Control”, Mc Graw Hill, 2004.
- [2] H. J. **Muñoz** / R. C. **Parisueña**: “Diseño e implementación de un módulo de selección de material, controlado con un PLC Festo FC440, usando comunicación ETHERNET y supervisado desde MS EXCEL BAJO PROTOCOLO (DYNAMIC DATA EXCHANGE) Universidad Católica de Santa María Facultad de Ciencias Físicas y Formales, Perú 2009.
- [3] J. **Beer**. “Resistencia de Materiales”, 6ta Edición, Editorial McGrawHill, 2006.
- [4] W. **Bolton**. “Mecatrónica: Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Electricidad”. Addison Wesley Longman, 1999.
- [5] A. **Creus Solé**. “Neumática e hidráulica”, Marcombo ediciones técnicas, Editorial Alfaomega, México D.F. 2006.
- [6] J. L. **Romeral**. “Autómatas Programables”, Alfa Omega, 2002.
- [7] R. **Piedrafita**. ”Ingeniería de la Automatización”. AlfaOmega Grupo Editor S.A. - México D.F. 2001.
- [8] **FESTO**, “Componentes Mecánicos”, 2007.
- [9] **SIEMENS**, “Manual del Sistema del Controlador Programable S7-1200”, 2012.

**b) Páginas Web.**

- [1] <http://www.festo.com/>
- [2] <http://www.festo-didactic.com/>
- [3] <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>
- [4] <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.>
- [5] <http://arturocasupa.galeon.com/index.html>
- [6] <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8827/Capitulo5.pdf>
- [7] [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/Materias/Gestion\\_tecnologica.](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/Materias/Gestion_tecnologica.)
- [8] <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat.>
- [9] <http://www.elet.itchihuahua.edu.mx/academia/jnevarez/Mecatronica.>



## ANEXO1 – SENSOR DE REFLEXION DIRECTA

Festo KG  
Postfach  
D-73726 Esslingen  
Tel.: (0711) 347-0 9604UH

Reflexions-Lichttaster  
Diffuse sensor  
Sensor de reflexión directa

Captur à réflexion  
Reflexivgiavre  
Sensore a riflessione

CE

360 444

**FESTO**

SOEG-RT-M12-PS-K-L

**165 338**

### Anwendungshinweise

LED-Verhalten	aus	blinkt	an
Bedeutung (Status-Anzeige)	kein Ausgange	unsicherer Betrieb	sicherer Betrieb

1. Reflektaster mit Zielobjekt im Lichtstrahl ausrichten.
2. Potentiometer geringfügig vom Anschlag weg-drehen; weiteres Wegdrehen nur bei Ansprechen auf Objekte hinter dem Zielobjekt
3. Reflektaster nur reinigen mit:  
- Wasser (max. 60 °C) oder Isopropylalkohol.

### Notes regarding use

LED behaviour	Off	Flashing	On
Meaning (status display)	output not set	Unreliable operation	Reliable operation

1. Align diffuse sensor with target object in light beam.
2. Turn the potentiometer slightly away from the stop; turn it further only if responding to objects behind the target object.
3. To clean diffuse sensor  
- use water (max. 60°C) or isopropyl alcohol only.

### Indicaciones de utilización

Estado de los diodos luminosos	Desconectado	Intermitente	Conectado
Significado (indicación de estado)	Balida no activada	Funcionamiento deficiente	Funcionamiento seguro

1. Alinear en el haz de luz con el objeto a detectar
2. Girar el potenciómetro para retirarlo ligeramente del tope. Retirarlo más únicamente si se detectan objetos situados detrás del objeto enfocado.
3. Limpiar el sensor únicamente con:  
- agua (máximo 60°C) o alcohol isopropílico.

### Instructions d'utilisation

Comportement de la LED	éteinte	clignote	allumée
Signification (indication d'état)	sortie non activée	fonctionnement incertain	fonctionnement correct

1. Aligner le capteur sur l'objet à détecter.
2. Éloigner légèrement le potentiomètre de la butée en le dévissant; ne dévisser plus loin que pour la détection d'objets situés derrière l'objet cible.
3. Pour nettoyer le capteur, utiliser uniquement :  
- de l'eau (max. 60° C) ou de l'isopropanol

### Skötelsanvisning

LED-indikering	utan	blinkar	ill
Betydelse (Status-indikering)	utgång aktiveras ej	osäker drift	säker drift

1. Ställ in reflektivaren med målobjekt i ljusstrålen.
2. Vrid bort potentiometern något från anslaget; ytterligare bortdrining endast vid reaktion på objekt bakom målobjektet.
3. Reflektivaren får endast rengöras med:  
- vatten (max. 60°C) eller isopropylalkohol.

### Indicazioni per l'utilizzo

Comportamento LED	spento	intermittente	acceso
Significato (ind. (azione di stato))	uscita non attivata	funzionamento incerto	funzionamento stabile

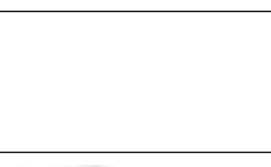
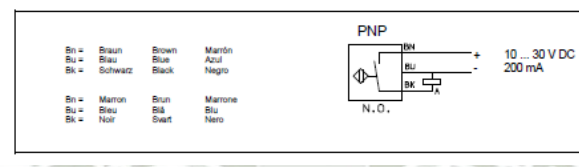
1. Allineare il sensore a riflessione con oggetto nel fascio di luce.
2. Spostare leggermente il potenziometro dalla battuta; ulteriore spostamento solo in caso di reazione su oggetti situati dietro l'oggetto da rilevare.
3. Pulire il sensore solo con:  
- acqua (max. 60 °C isopropilico) oppure alcool

### Elektrischer Anschluß Electrical connection

### Conexión eléctrica Raccordement électrique

### El-anslutningar Collegamento elettrico

- Nicht für den Einsatz als berührunglose Schutzvorrichtung! Elektrische Spannung! Vor Arbeiten an der Elektrik: Spannung ausschalten.
- Do not use as a safety device where personnel are concerned! A.C. voltage! Prior to working on electrics: Switch off voltage.
- ¡No utilizar como sensor de protección! ¡Tensión eléctrica! Desconectar la tensión antes de manipular el sistema eléctrico.

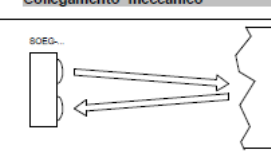
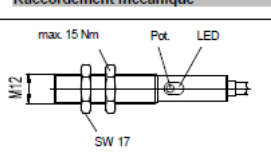
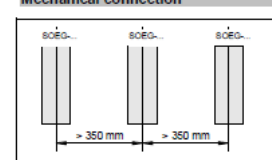


- Ne convient pas pour une utilisation en tant que dispositif de sécurité! Tension électrique! Avant toute intervention sur le système électrique: mettre hors tension.
- Får ej användas som beröringsfri skyddsanordning! Elektrisk spänning! Innan arbeten på elektroniken utföras skall spänningen fränkopplas.
- NON utilizzare come barriera di protezione Tensione elettrica! Prima di intervenire sulla parte elettrica, togliere la tensione.

### Abmessungen Mechanical connection

### Conexión mecánica Raccordement mécanique

### Mekaniska anslutningar Collegamento meccanico



### Technische Daten

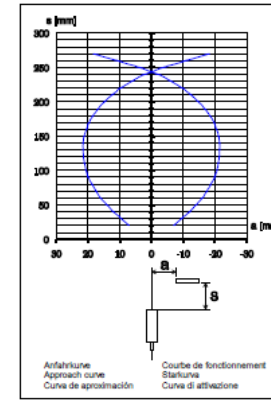
### Technical data

### Datos técnicos

Erfassungsbereich max.	0 ... 200 mm *)
Erfassungsbereich min.	10 ... 30 mm
Betriebsspannungsbereich	10 ... 30 V DC (=Ub)
Max. zul. Restwelligkeit	± 10% Ub
Leerlaufstrom	< 30 mA (incl. LED)
Max. zul. Betriebsstrom	200 mA
Spannungsfall	< 2 V
Ansprechzeit	2 ms
Abfallzeit	2 ms
Kurzschlussfestigkeit	ja
Verpolungsfestigkeit	ja
Max. Schaltkapazität	220 nF
Umgebungstemperatur	-5 °C ... 55 °C
Lagertemperatur	-40 °C ... 85 °C
Schutzart	IP 65
Bauart	nach IEC 947-5-2
max. Anzugsdrehmoment	15 Nm
Gehäusewerkstoff	Messing, verchromt
Werkstoff optisches Fenster	Polycarbonat
Kabelmaterial	Außenmantel PUR

Max. detection range	0 ... 200 mm *)
Min. detection range	10 ... 30 mm
Operating voltage range	10 ... 30 V DC (= Vop)
Max. perm. residual ripple	± 10% Vop
Idle current	< 30 mA (incl. LED)
Max. perm. switching current	200 mA
Voltage drop	< 2 V
Response time	2 ms
Fall time	2 ms
Short-circuit-proof	yes
Polarity-reversal protection	yes
Max. switchable capacity	220 nF
Ambient temperature	-5°C ... 55°C
Storage temperature	-40°C ... 85°C
Degree of Protection	IP 65
Design	to IEC 947-5-2
Max. tightening torque	15 Nm
Housing material	Brass, chromed
Material of optical window	Polycarbonate
Cable material	Outer casing PUR

Distancia máx. de detección	0 ... 200 mm *)
Distancia mín. de detección	10 ... 30 mm
Tensión de funcionamiento	10 ... 30 V c.c. (=Ub)
Frecuencia residual adm.	máx ±10% Ub
Corriente sin carga	< 30 mA (incl. LED)
Corriente de conmut. adm.	máx. 200 mA
Caída de tensión	< 2 V
Tiempo de respuesta	2 ms
Tiempo de caída	2 ms
Anticortocircuitaje	Sí
Conexión inconfundible	Sí
Capacidad máx. conmutable	220 nF
Temperatura - ambiente	-5°C ... 55°C
- de almacenamiento	-40°C ... 85°C
Tipo de protección	IP 65
Función	Según IEC 947-5-2
Par de apriete máximo	15 Nm
Material del cuerpo	Latón cromado
Material de la milla óptica	Polícarbonato
Material del cable	Revestimiento exterior I



\*) gemessen mit Normdeplatte weiß

\*) measured with standard test plate - white

\*) Medición efectuada con placa normalizada blanca

**Caractéristiques techniques**

Plage de détection max. 0 ... 200 mm \*)  
 Plage de détection min. 10 ... 30 mm  
 Plage de tension de service 10 ... 30 V DC (0 Ub)  
 Ondulation résiduelle, adm. max.  $\pm 10\%$  Ub  
 Courant à vide < 30 mA  
 (LED comprise)  
 Courant de commut. adm. max. 200 mA  
 Chute de tension < 2 V  
 Temps de réponse 2 ms  
 Temps de chute 2 ms  
 Protection c. courts-circuits oui  
 Détrépage oui  
 Capacité commutable max. 220 nF  
 Température ambiante -5 °C ... 55 °C  
 Température de stockage -40 °C ... 85 °C  
 Protection IP 65  
 Type de construction selon IEC 947-5-2  
 Couple de serrage max. 15 Nm  
 Matériau du boîtier Laiton chromé  
 Matériau de la fenêtre optique Polycarbonate  
 Matériau du câble Enveloppe ext. PUR

\*) mesuré avec une plaque de mesure normalisée blanche

**Tekniska data**

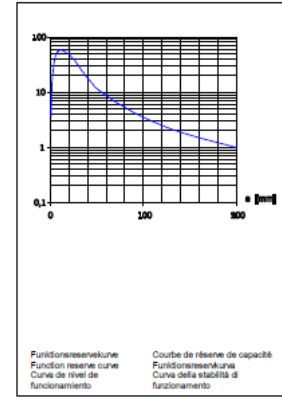
Max. registreringsområde 0 ... 200 mm \*)  
 Min. registreringsområde. 10 ... 30 mm  
 Arbetspänning 10 ... 30 V DC (Ub)  
 Max. tillåten rippel  $\pm 10\%$  Ub  
 Tomgångsström < 30 mA  
 (incl. LED)  
 Max. tillåten kopplingsström 200 mA  
 Spänningsfall < 2 V  
 Reaktionsstid 2 ms  
 Falltid 2 ms  
 Kortslutningssäker ja  
 Polvändningsskydd ja  
 Max. kopplingsbar kapacitet 220 nF  
 Omgivningstemperatur -5 °C ... 55 °C  
 Lagringstemperatur -40 °C ... 85 °C  
 Skyddsklass IP 65  
 Konstruktion enligt IEC 947-5-2  
 Max. åtdragningsmoment 15 Nm  
 Husmaterial Mässing kromad  
 Material optiskt fönster Polykarbonat  
 Kabelmaterial ytterskikt PUR

\*) uppmätt med vit normalplatta

**Dati tecnici**

Intervallo rilevamento max. 0 ... 200 mm \*)  
 Intervallo rilevamento min. 10 ... 30 mm  
 Tensione di alimentazione 10 ... 30 V DC  
 Ondulazione residua amm.  $\pm 10\%$  Ub  
 Assorbimento a vuoto < 30 mA  
 (incl. LED)  
 Carico massimo in uscita 200 mA  
 Caduta di tensione < 2 V  
 Tempo di attivazione 2 ms  
 Tempo di disattivazione 2 ms  
 Protezione c. corto circuito sì  
 Protezione c. inversione pol. sì  
 Capacità commutabile max. 220 nF  
 Temperatura ambiente -5 °C ... 55 °C  
 Temperatura di stoccaggio -40 °C ... 85 °C  
 Grado di protezione IP 65  
 Costruzione a IEC 947-5-2  
 Coppia max. di serraggio 15 Nm  
 Materiale corpo ottone cromato  
 Materiale finestra ottica policarbonato  
 Materiale cavo guaina esterna poliuretano

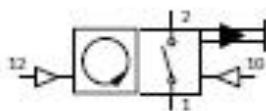
\*) misurato con piastra di misura a norme, bianca



## ANEXO2 – CONTADOR NEUMÁTICO

152877

Contador neumático con preselector



### Construcción

El contador neumático con preselector y los racores rápidos están montados sobre una base. La unidad se monta en el panel de prácticas perfilado utilizando la palanca de color azul (variante de montaje «Au»).

### Funcionamiento

El contador registra las señales neumáticas y cuenta hacia atrás a partir de un número seleccionado previamente. Una vez que llega a cero, el contador emite una señal neumática de salida. Esta señal se mantiene hasta que se vuelve a preseleccionar un número. Esta preselección se realiza pulsando simultáneamente la tecla de inicializar (que se encuentra junto a la mirilla) y la tecla del rodillo contador. Al inicializar el contador, se mantiene siempre el número elegido anteriormente.

### Nota

Las conexiones de la válvula están identificadas con números:

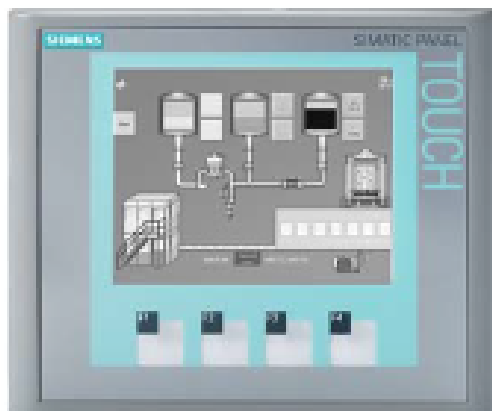
- 1 = Conexión de aire comprimido
- 2 = Señal de salida
- 10 = Señal de inicialización
- 12 = Señal del contador

## ANEXO3 – PANTALLA HMI KTP400

# SIEMENS

Product data sheet

6AV6647-0AA11-3AX0



SIMATIC HMI KTP400 BASIC MONO PN,  
BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION,  
4" STN DISPLAY, 4 GRAY SCALES,  
PROFINET INTERFACE,  
CONFIGURATION FROM WINCC FLEXIBLE 2008 SP2  
COMPACT/ WINCC BASIC V10.5/ STEP7 BASIC V10.5,  
CONTAINS OPEN SOURCE SW,  
WHICH IS PROVIDED FREE OF CHARGE FOR DETAILS  
SEE CD

<b>Display</b>	
Design of display	STN
Screen diagonal	3.8 in
Display width	76.6 mm
Display height	57.6 mm
Number of colors	4 ; Grayscales
<b>Resolution (pixels)</b>	
Horizontal image resolution	320
Vertical image resolution	240
<b>Backlighting</b>	
MTBF backlighting (at 25 °C)	30000 h
Dimmable backlight	No
<b>Control elements</b>	
<b>Keyboard</b>	
Number of function keys	4
Keys with LED	No
System keys	No
Numeric/alphabetical input	Yes (on-screen keyboard) / Yes (on-screen keyboard)
Numeric keyboard	Yes ; Onscreen keyboard

<b>Alphanumeric keyboard</b>	Yes ; Onscreen keyboard
<b>Touch operation</b>	
Design as touch screen	Yes
<b>Installation type/mounting</b>	
Mounting in portrait format possible	Yes
Mounting in landscape format possible	Yes
<b>Supply voltage</b>	
Type of supply voltage	DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
<b>Input current</b>	
Current consumption (rated value)	0.1 A
Inrush current A <sub>in</sub>	0.5 A <sub>in</sub>
<b>Power</b>	
Power consumption, typ.	3 W
<b>Processor</b>	
Processor type	RISC 32-bit
X86	No
ARM	Yes
<b>Memory</b>	
Flash	Yes
RAM	Yes
Usable memory for user data	512 kbyte
<b>Type of output</b>	
Acoustics	Sound signal
Buzzer	Yes
Speaker	No
<b>Time of day</b>	
<b>Clock</b>	
Hardware clock (real-time clock)	No
Software clock	Yes
Battery-backed	No
Synchronizable	Yes
<b>Interfaces</b>	
Number of RS-485 interfaces	0
Number of USB interfaces	0
Number of SD card slots	0

Number of parallel interfaces	0
Number of 20 mA interfaces (TTY)	0
Number of RS 232 interfaces	0
Number of RS 422 interfaces	0
Number of other interfaces	0
With software interfaces	No
<b>Industrial Ethernet</b>	
Number of industrial Ethernet interfaces	1
Industrial Ethernet status LED	2
<b>Protocols</b>	
PROFINET	Yes
PROFINET IO	No
IRT supported	No
PROFIBUS	No
MPI	No
<b>Protocols (Ethernet)</b>	
TCP/IP	Yes
DHCP	Yes
SNMP	Yes
DCP	Yes
LLDP	Yes
<b>WEB characteristics</b>	
HTTP	No
HTML	No
<b>Further protocols</b>	
CAN	No
MODBUS	No
Supports protocol for EtherNet/IP	Yes
<b>Interrupts/diagnostics/status information</b>	
<b>Diagnostics messages</b>	
Diagnostic information readable	No
<b>Degree and class of protection</b>	
IP (at the front)	IP65
Enclosure Type 4 at the front	Yes
Enclosure type 4x at the front	Yes
IP (rear)	IP20
<b>Standards, approvals, certificates</b>	
CE mark	Yes

KC approval	Yes
eULus	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
<b>Marine approval</b>	
Germanischer Lloyd (GL)	No
American Bureau of Shipping (ABS)	No
Bureau Veritas (BV)	No
Det Norske Veritas (DNV)	No
Lloyds Register of Shipping (LRS)	No
Nippon Kaiji Kyokai (Class NK)	No
Polski Rejestr Statkow (PRS)	No
<b>Use in hazardous areas</b>	
ATEX Zone 2	No
ATEX Zone 22	No
eULus Class I Zone 1	No
eULus Class I Zone 2, Division 2	No
FM Class I Division 2	No
<b>Ambient conditions</b>	
Mounting position	vertical
maximum permissible angle of inclination without external ventilation	35 °
<b>Ambient temperature in operation</b>	
Operation (vertical installation)	0 °C to +50 °C
in vertical mounting position, minimum	0 °C
in vertical mounting position, maximum	50 °C
Operation (max. tilt angle)	0 °C to +40 °C
at maximum tilt angle, minimum	0 °C
at maximum tilt angle, maximum	40 °C
Operation (vertical installation, portrait format)	
in vertical mounting position, minimum	0 °C
in vertical mounting position, maximum	50 °C
Operation (max. tilt angle, portrait format)	
at maximum tilt angle, minimum	0 °C
at maximum tilt angle, maximum	40 °C
<b>Storage/transport temperature</b>	
Min.	-20 °C
max.	60 °C
<b>Relative humidity</b>	
Operation, max.	90 %

## ANEXO4 – MESA INDEXADORA

### Módulo de mesa giratoria de indexación



Mesa giratoria de indexación con 6 posiciones de pieza. La mesa es accionada por un motorreductor de DC con una resistencia serie.

Se recomienda una resistencia serie (100 Ohm) en el circuito de accionamiento.

- Posiciones de la pieza: 6
- Diámetro: 350 mm
- Altura: 125 mm
- Tensión nominal: 24 V
- Velocidad de giro nominal: 6 r.p.m. (con resistencia en serie de 47 Ohm)
- Corriente nominal: 0,15 A (con resistencia en serie de 47 Ohm)
- Corriente nominal: 0,5 A

Las posiciones finales ( $6 \times 60^\circ$ ) pueden detectarse por medio de un sensor inductivo óptico opcional. Un sensor capacitivo opcional para detección de piezas también puede montarse en cada posición de pieza.

#### Estación de procesamiento (MPS® Versión B)

Para sostener las piezas para procesamiento. La pieza es mecanizada en cuatro ciclos y es entregada para transferirla a la estación siguiente. El módulo se suministra completo con sensor de proximidad inductivo y sensor óptico (para señalización de "pieza presente").

- Posiciones de la pieza: 4
- Diámetro: 260 mm
- Altura: 180 mm

Motor recomendado para accionar la mesa giratoria de indexación. Núm. art. 080829.

- Tensión nominal: 24 V
  - Velocidad nominal: 3200 r.p.m.
  - Corriente nominal: 0,3 A
  - Potencia de salida nominal: 3,31 W
  - Par de arranque: 3
-

## ANEXO5 – MODULO DE COMUNICACIÓN CM1243-5

### SIEMENS

Product data sheet

6GK7243-5DX30-0XE0

Product type designation

CM 1243-5



COMMUNICATION MODULE CM 1243-5 FOR CONNECTION OF SIMATIC S7-1200 TO PROFIBUS AS DP MASTER MODULE;  
PI/OIP COMMUNICATION;  
S7-COMMUNICATION

Transmission rate

Transfer rate

• at the 1st interface / acc. to PROFIBUS

9.6 kbit/s ... 12 Mbit/s

Interfaces

Number of interfaces / acc. to Industrial Ethernet

0

• at the 1st interface / acc. to PROFIBUS

1

• for power supply

1

Design of the electrical connection

• at the 1st interface / acc. to PROFIBUS

9-pin Sub-D socket (RS485)

• for power supply

3-pole terminal block

Supply voltage, current consumption, power loss

Type of voltage / of the supply voltage

DC

Supply voltage / external

24 V

Relative positive tolerance / for DC / at 24 V

20 %

Relative negative tolerance / for DC / at 24 V

20 %

Consumed current

• from external supply voltage / for DC / at 24 V

• typical

0.1 A

Active power loss

2.4 W

Permitted ambient conditions

<b>Ambient temperature</b>	
• for vertical installation / during operation	0 ... 45 °C
• for horizontally arranged busbars / during operation	0 ... 55 °C
• during storage	-40 ... +70 °C
• during transport	-40 ... +70 °C
Relative humidity / at 25 °C / without condensation / during operation / maximum	95 %
Protection class IP	IP20
<b>Design, dimensions and weight</b>	
Module format	Compact module S7-1200 single width
Width	30 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Net weight	0.134 kg
Mounting type	
• 35 mm DIN rail mounting	Yes
• wall mounting	Yes
• S7-300 rail mounting	No
<b>Product properties, functions, components / general</b>	
Number of units	
• per CPU / maximum	1
<b>Performance data / PROFIBUS DP</b>	
Service / as DP master	
• DPV1	Yes
Number of DP slaves / on DP master / usable	16
<b>Amount of data</b>	
• of the address area of the inputs / as DP master / total	512 byte
• of the address area of the outputs / as DP master / total	512 byte
• of the address area of the inputs / per DP slave	244 byte
• of the address area of the outputs / per DP slave	244 byte
• of the address area of the diagnostic data / per DP slave	240 byte
Service / as DP slave	
• DPV0	No
• DPV1	No
<b>Performance data / S7 communication</b>	
<b>Number of possible connections / for S7 communication</b>	
• maximum	8
• with PG connections / maximum	1
• with PG/OP connections / maximum	3

Number of possible connections / for S7 communication / with OP connections / maximum

- Note

max. 4 connections to other S7 stations

Performance data / multi-protocol mode

Number of active connections / with multi-protocol mode

- without DP / maximum
- with DP / maximum

8  
8

Performance data / telecontrol

Protocol / is supported

- TCP/IP

No

#### Product functions / management, configuration

Configuration software

- required

STEP 7 Basic/Professional V11 (TIA Portal) or higher

#### Further Information / Internet Links

Internet-Link

- to website: Selector SIMATIC NET SELECTION TOOL
- to website: Industry Mail
- to website: Industrial communication
- to website: Information and Download Center
- to website: Image database
- to website: CAx Download Manager
- to website: Industry Online Support

<http://www.siemens.com/lnet>  
<https://mail.industry.siemens.com>  
<http://www.siemens.com/simatic-net>  
<http://www.siemens.com/automation/haticatalog>  
<http://automation.siemens.com/bilddb>  
<http://www.siemens.com/cax>  
<http://support.automation.siemens.com>

#### Security Information

Security information

Siemens provides products and solutions with industrial security functions that support the secure operation of plants, solutions, machines, equipment and/or networks. They are important components in a holistic industrial security concept. With this in mind, Siemens' products and solutions undergo continuous development. Siemens recommends strongly that you regularly check for product updates. For the secure operation of Siemens products and solutions, it is necessary to take suitable preventive action (e.g. cell protection concept) and integrate each component into a holistic, state-of-the-art industrial security concept. Third-party products that may be in use should also be considered. For more information about industrial security, visit <http://www.siemens.com/industrialsecurity>. To stay informed about product updates as they occur, sign up for a product-specific newsletter. For more information, visit <http://support.automation.siemens.com>. (V3.4)

letzte Änderung:

Nov 13, 2014

## ANEXO6 – PERFIL UTILIZADO EN EL MODULO

Perfiles  
Sistema 5

2.4

### Perfiles

Sistema 5

**Perfil 20x20 – IPM-PM-05-20x20-AL**

El perfil de 20x20 es especialmente apropiado para subestructuras finas y ligeras, que no deben soportar grandes esfuerzos (por ejemplo: cubiertas protectoras).

**Datos técnicos y dimensiones:**

Medidas:

- b<sub>y</sub> = 0,76 cm<sup>3</sup>
- W<sub>y</sub> = 0,76 cm<sup>3</sup>
- Superficie = 1,37 cm<sup>2</sup>

Material:  
Aluminio natural anodizado

Referencias				
N° art.	Clase de artículo	Tipo	Unidad de pedido	Peso
191 474	A	IPM-PM-05-20x20-AL	Corteles (4 6000 mm)	0,53 kg/m
191 475	A	IPM-PM-05-20x20-AL	1 unidad (3000 mm)	1,53 kg
191 476	A	IPM-PM-05-20x20-AL	1 PE (32 unidades de 3000 mm cada una)	48,96 kg
526 948	A	IPM-PM-05-20x20-AL	1 unidad (6000 mm)	3,06 kg
526 949	A	IPM-PM-05-20x20-AL	1 PE (32 unidades de 6000 mm cada una)	97,92 kg

**Ejemplo de aplicación:**

Los bastidores para acoger bandejas, especialmente útiles en sistemas de logística, pueden obtenerse de modo sencillo con los perfiles del sistema 5.

## ANEXO 7 – PLC SIEMMENS S71200

### *Síntesis del producto*

#### *1.1 Introducción al PLC S7-1200*

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Todas las CPU ofrecen **protección por contraseña** (Página 168) que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la **protección de know-how** (Página 170) para ocultar el código de un bloque específico.
- Además, la **protección anticopias** (Página 171) permite vincular el programa a una Memory Card o CPU específica.

Tabla 1-1 Comparación de los modelos de CPU

Función		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75	130 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	30 kB	50 kB	75 kB	100 kB
	Carga	1 MB	1 MB	4 MB	4 MB
	Resistente	10 kB	10 kB	10 kB	10 kB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas	8 entradas/8 salidas	14 entradas/10 salidas	14 entradas/10 salidas
	Análogo	2 entradas	2 entradas	2 entradas	2 entradas/2 salidas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
Área de marcas (M)		4096 bytes	4096 bytes	8192 bytes	8192 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2	8	8
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1	1	1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3	3	3	3
Contadores rápidos	Total	3 E/S incorporadas, 5 con SB	4 E/S incorporadas, 6 con SB	6	6
	Fase simple	3 a 100 kHz	3 a 100 kHz 1 a 30 kHz SB: 2 a 30 kHz	3 a 100 kHz 3 a 30 kHz	3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
	Fase en cuadratura	3 a 80 kHz SB: 2 a 20 kHz	3 a 80 kHz 1 a 20 kHz SB: 2 a 20 kHz	3 a 80 kHz 3 a 20 kHz	3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Generadores de impulsos <sup>1</sup>		4	4	4	4
Memory Card		SIMATIC Memory Card (opcional)			
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real		20 días típ./12 días mín. a 40 °C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)			
PROFINET		1 puerto de comunicación Ethernet			2 puertos de comunicación Ethernet

*Sinopsis del producto*

*1.1 Introducción al PLC S7-1200*

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	2,3 µs/instrucción			
Velocidad de ejecución booleana	0,08 µs/instrucción			

<sup>1</sup> Para modelos de CPU con salidas de relé, se debe instalar una Signal Board (SB) digital para emplear las salidas de impulsos.

Cada CPU proporciona conexiones HMI dedicadas que admiten un máximo de 3 dispositivos HMI. El número total de HMI depende del tipo de paneles HMI indicados en la configuración. Así, por ejemplo, pueden conectarse a la CPU hasta tres SIMATIC Basic Panels o bien hasta dos SIMATIC Comfort Panel con un Basic Panel.

Los diferentes modelos de CPU ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. Para más información sobre una CPU en particular, consulte los [datos técnicos](#) (Página [737](#)).

Tabla 1- 2 Bloques, temporizadores y contadores que soporta el S7-1200

Elemento		Descripción
Bloques	Tipo	OB, FB, FC, DB
	Tamaño	30 KB (CPU 1211C) 50 KB (CPU 1212C) 64 KB (CPU 1214C y CPU 1215C)
	Cantidad	Un total de hasta 1024 bloques (OB + FB + FC + DB)
	Rango de direcciones para FB, FC y DB	de 1 a 65535 (p. ej. del FB 1 al FB 65535)
	Profundidad de anidamiento	16 del OB de amanque o de ciclo; 4 del OB de alarma de retardo, alarma horaria, alarma cíclica, alarma de proceso, alarma de error de tiempo o alarma de diagnóstico
	Observar	Se puede observar a la vez el estado de 2 bloques lógicos
OB	Ciclo del programa	Múltiple: OB 1, de OB 200 a OB 65535
	Amanque	Múltiple: OB 100, de OB 200 a OB 65535
	Alarmas de retardo y alarmas cíclicas	4 <sup>1</sup> (1 por evento): de OB 200 a OB 65535
	Alarmas de proceso (flancos y HSC)	50 (1 por evento): de OB 200 a OB 65535
	Alarmas de error de tiempo	1: OB 80
	Alarmas de error de diagnóstico	1: OB 82
Temporizadores	Tipo	CEI
	Cantidad	Sólo limitada por el tamaño de la memoria
	Almacenamiento	Estructura en DB, 16 bytes por temporizador
Contadores	Tipo	CEI
	Cantidad	Sólo limitada por el tamaño de la memoria

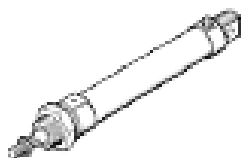
## ANEXO 8 – CILINDRO NEUMATICO NORMALIZADO

### Cilindros normalizados ESNU-20-50-P-A

Número de artículo: 19268

FESTO

según DIN ISO 6432 para detección sin contacto. Diferentes posibilidades de fijación, con y sin elementos de sujeción adicionales. Con anillos amortiguadores elásticos en los fines de carrera.



### Hoja de datos

Característica	Propiedades
Carrera	50 mm
Diámetro del émbolo	20 mm
Rosca del vástago	M8
Amortiguación	P: amortiguación por tope elástico/placa a ambos lados
Posición de montaje	Indistinto
Corresponde a la norma	CETOP RP 52 P ISO 6432
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Émbolo Vástago Cámara del cilindro
Detección de la posición	para sensores de proximidad
Variantes	vástago simple
Presión de funcionamiento	1,2 ... 10 bar
Modo de funcionamiento	de simple efecto compresión
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 (7:4-4)
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión KSR	2
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energía del impacto en las posiciones finales	0,2 J
Fuerza teórica con 6 bar, avance	169 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	44 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	7,2 g
Peso básico con carrera de 0 mm	186,8 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	4 g
Tipo de fijación	con accesorios
Conexión neumática	G1/8
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS
Información sobre el material de la tapa	Aleación forjable de aluminio Anodizado incoloro
Información sobre el material de las juntas	NBR TPE-U(PU)
Información sobre el material del vástago	Acero inoxidable de aleación fina
Información sobre el material de la cámara del cilindro	Acero inoxidable de aleación fina

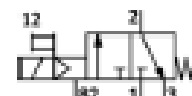
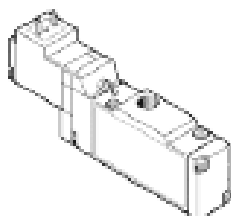
## ANEXO 9 – VALVULA NEUMATICA 3/2

### Electroválvula MEH-3/2-1/8-P-B

Número de artículo: 173126

FESTO

Medi neumática, con bobina y accionamiento auxiliar manual, sin conector



### Hoja de datos

Característica	Propiedades
Función de las válvulas	3/2 cerrada monostable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Ancho	17,8 mm
Caudal nominal normal	500 l/min
Presión de funcionamiento	2 ... 8 bar
Construcción	Comedera
Tipo de reposición	muelle mecánico
Tipo de protección	IP65
Homologación	C UL us - Recognized (UL)
Díámetro nominal	5 mm
Patrón	18 mm
Resistencia a los impactos	Comprobación de suplemento de transporte con grado de nitidez 1 según FN 942017-4 y EN 60068-2-6
Resistencia a los golpes	Prueba de choque S02 según FN/EN
Función de escape	Estrangulable
Principio de hermetización	blando
Posición de montaje	indistinto
Accionamiento manual auxiliar	con accesorios enclavables
Tipo de control	empulsado
Alimentación del aire de control	interno
Sentido del flujo	no reversible
Holgura de superposición	si
Nota sobre la dinamicación forzada	Frecuencia de conmutación mínima: 1x por semana
Valor B	0,36
Valor C	2,55 l/sbar
Tiempo de conmutación a la desconexión	28 ms
Tiempo de conmutación a la conexión	10 ms
Factor de utilización	100%
Valores característicos de las bobinas	24VDC-1,5
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [F.4.4]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión K0K	2
Temperatura de almacenamiento	-20 ... 40 °C
Temperatura del medio	-5 ... 50 °C
Nivel de ruido	71 dB(A)
Fluido de control	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [F.4.4]
Temperatura ambiente	-5 ... 50 °C
Peso del producto	105 g
Conexión eléctrica	Conector Forma rectangular según EN 175301-803 Forma C
Tipo de fijación	Sobre railleta de bombas

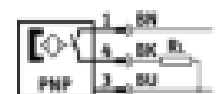
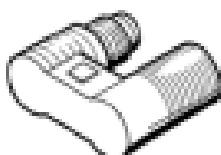
## ANEXO 10 – SENSOR DE PROXIMIDAD

### Proximity Sensor SMT0-4U-PS-S-LED-24

Part number: 152762

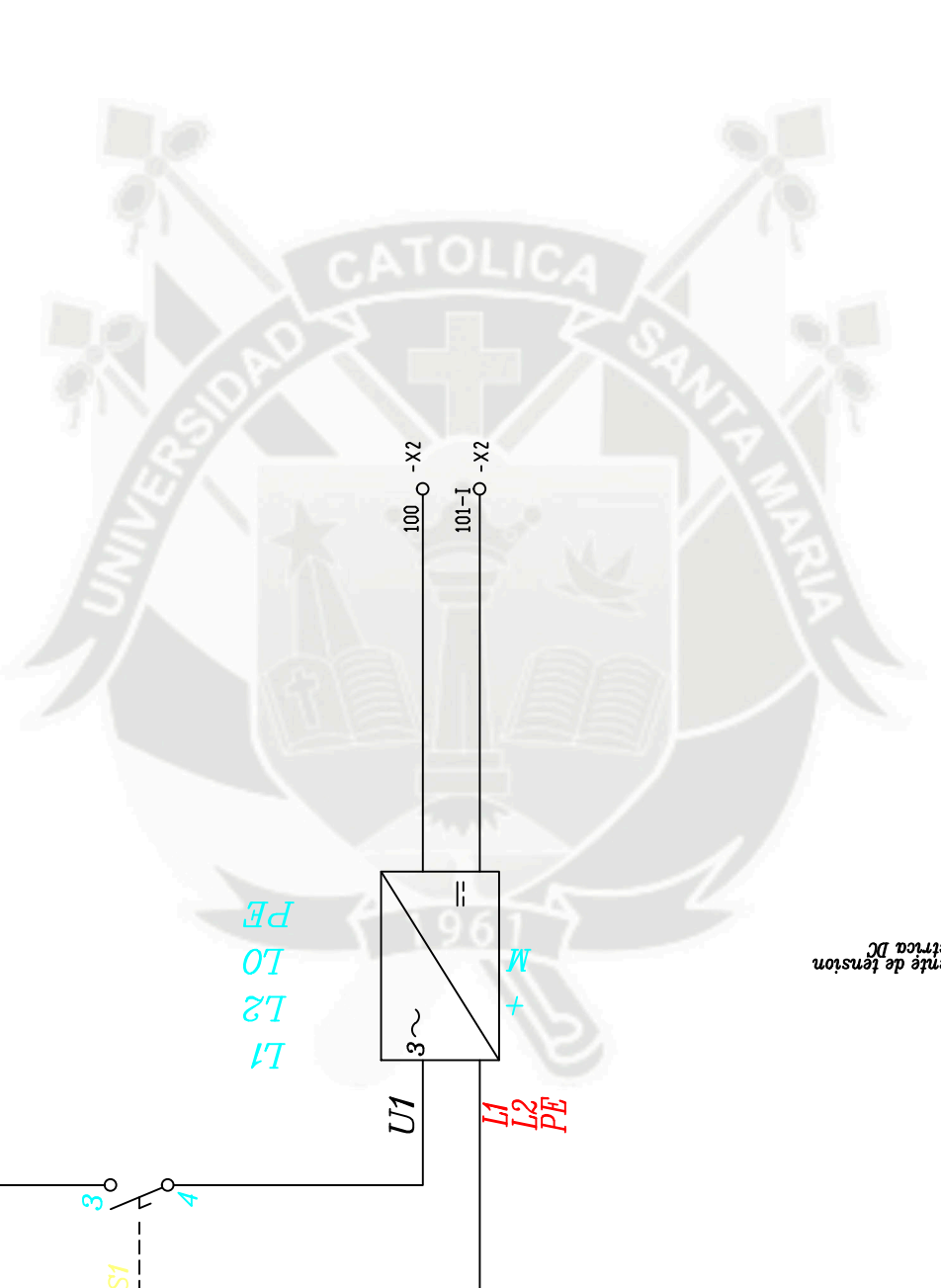
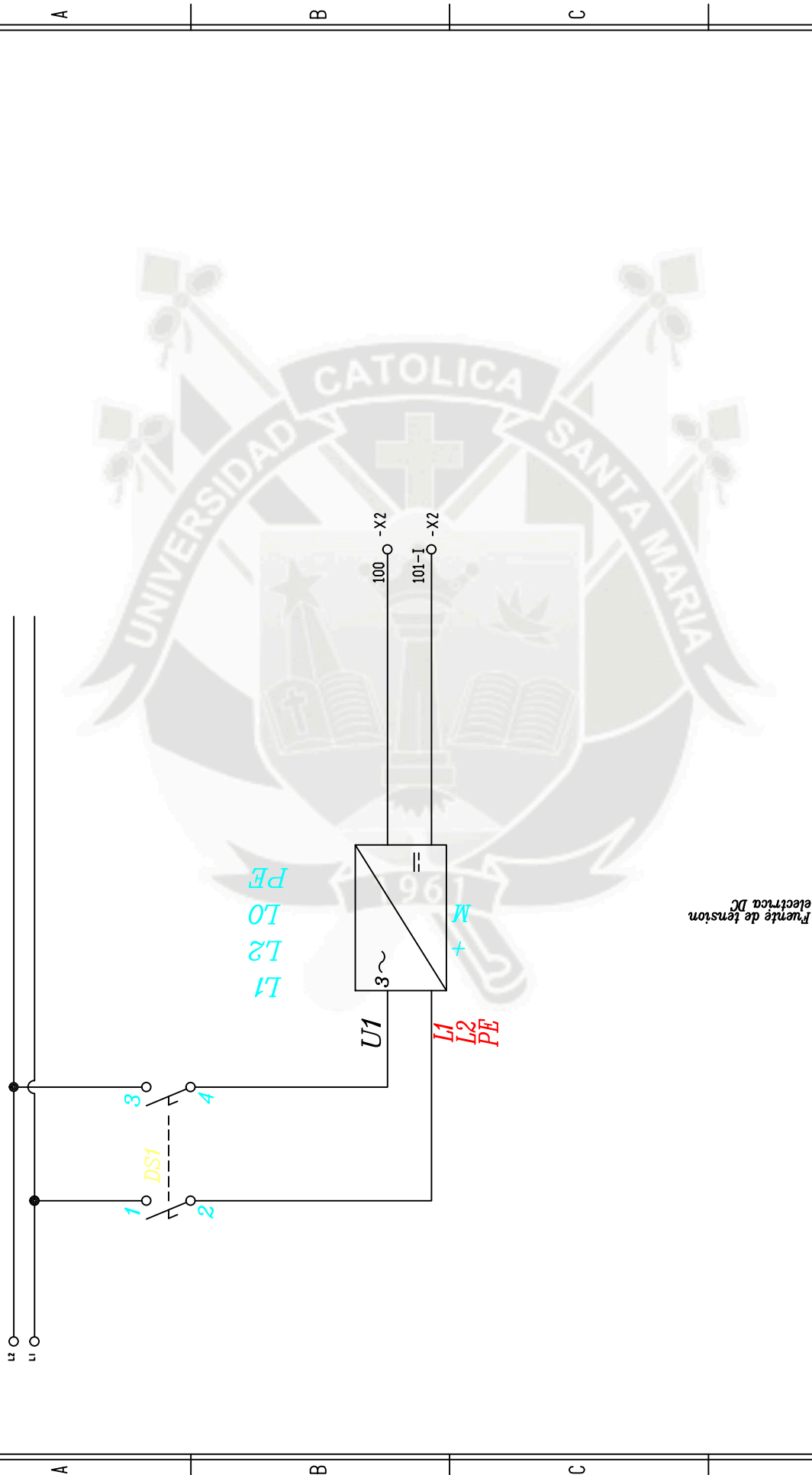
FESTO

With light emitting diode and integrated protective circuit, without mounting kit.

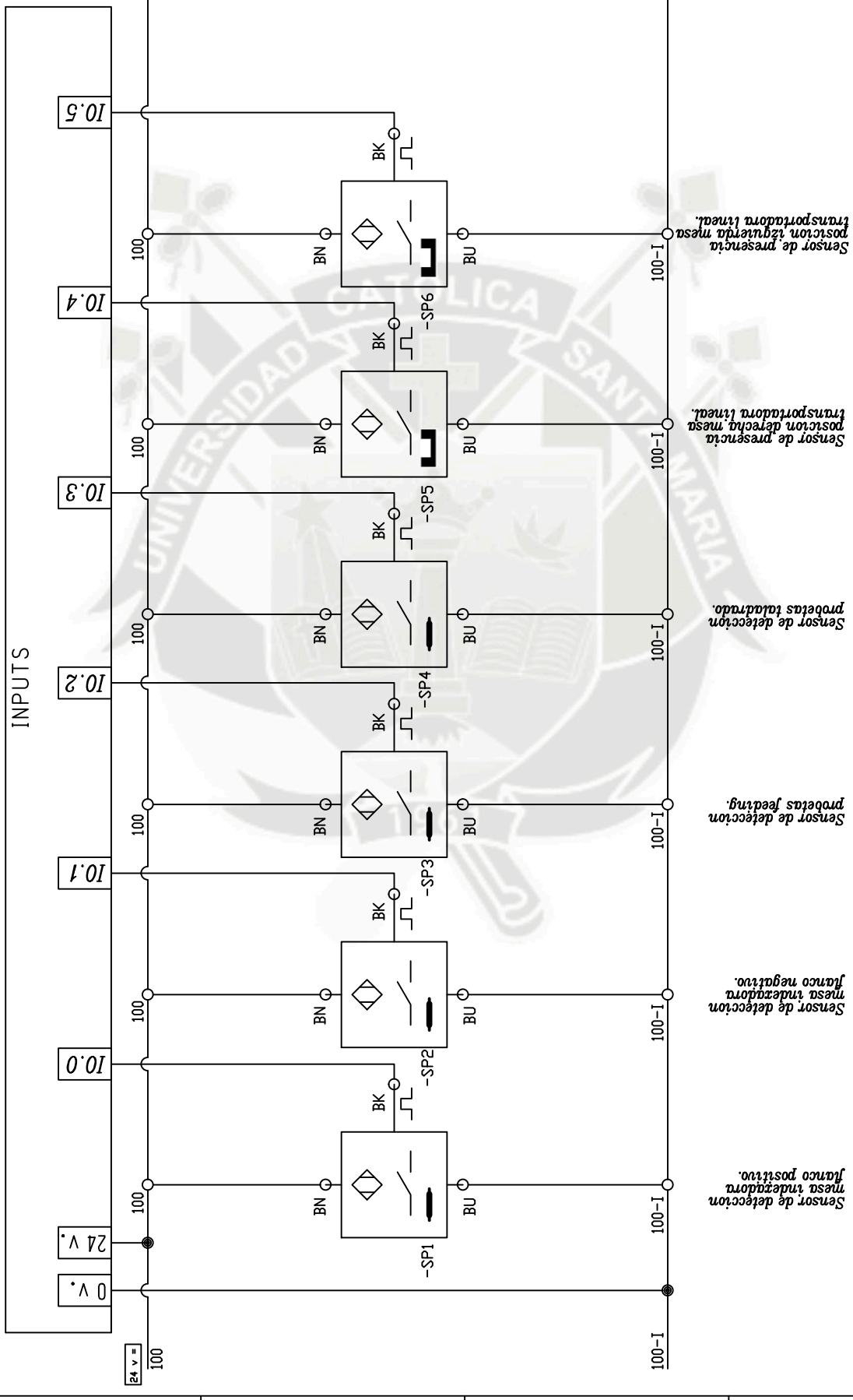


### Data sheet

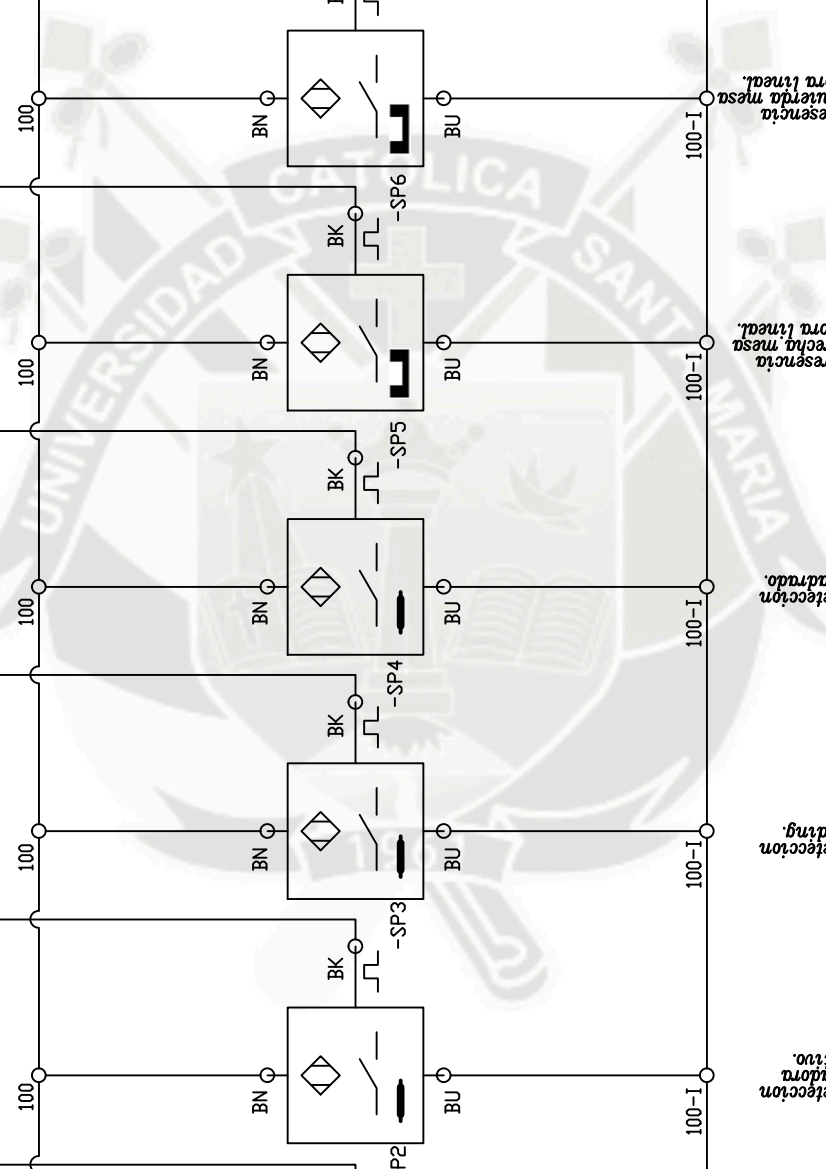
Feature	values
Design	Round
Authorization	CE/UL
CE symbol (see declaration of conformity)	according to EU-EMV guideline
Materials note	free of copper and PTFE
Measuring principle	Magnetic inductive
Ambient temperature	-25 ... 70 °C
Switch output	PNP
Switching element function	Normally open contact
Reproducibility of switching value	±1-0.3 mm
Switch-on time	0.5 ms
Switch-off time	0.5 ms
Max. output current	200 mA
Max. contact rating DC	6 W
Voltage drop	± 2 V
Residual current	± 0.01 mA
Short circuit strength	Faulting
Overload withstand capability	Available
Operating voltage range DC	10 ... 30 V
Polarity protected	for all electrical connections
Electrical connection	Plug Mount 3-pin
Connector exit direction	axial
Max. tightening torque plug	0.3 Nm
Mounting type	with accessories
Max. tightening torque	0.5 Nm
Product weight	6 g
Materials information, housing	PA PET PUR
Operating status display	Yellow LED
Protection class	IP67

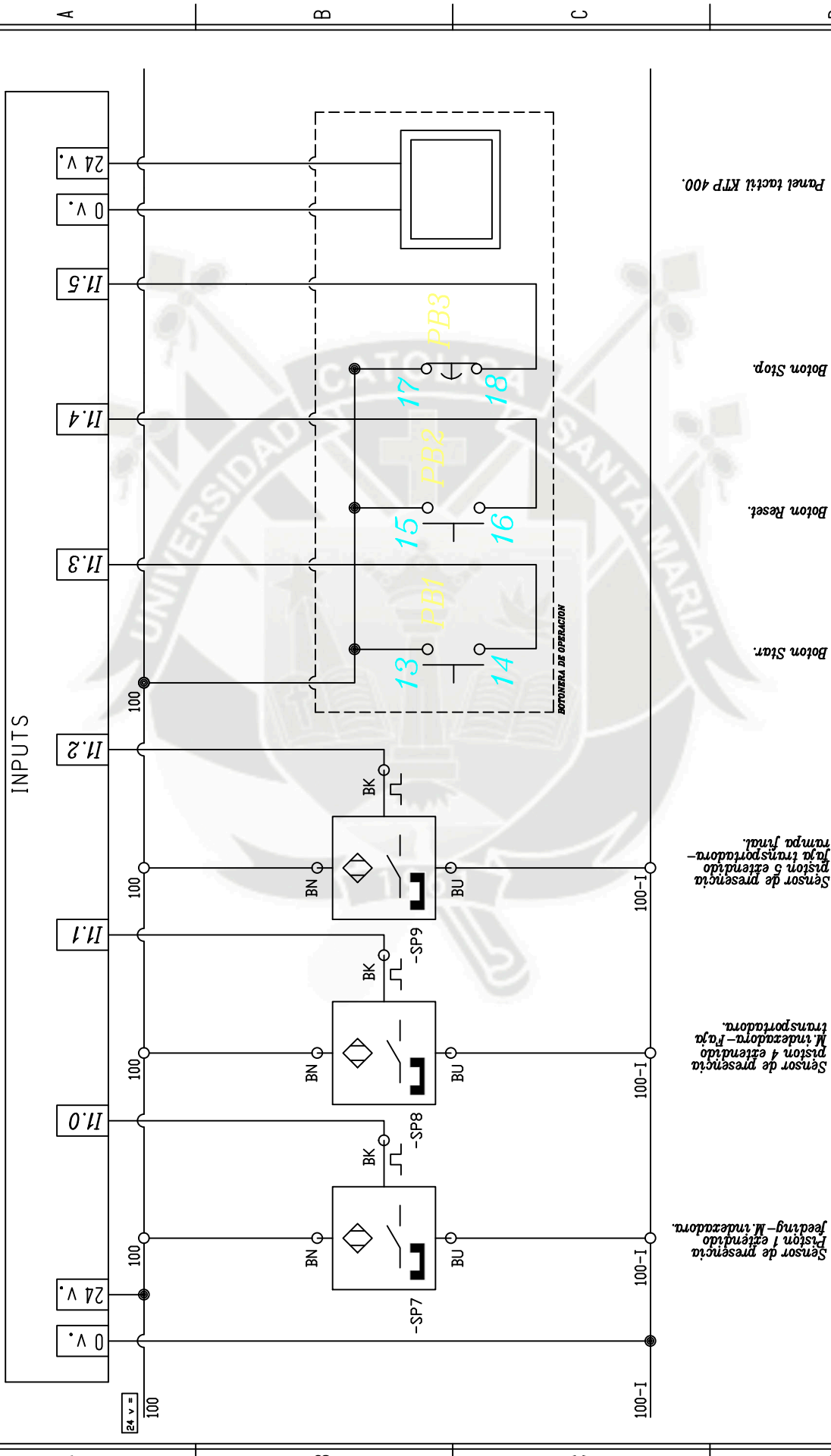


APELLIDOS:		NOMBRES:		FIRMA:		ENTIDAD:		TITULO:		FECHA:		PAG: 01		PAGS: 05	
VILLEGAS BELLIDO		DARIO ALEJANDRO				UCSM		Alimentacion Electrica							
DIBUJADO:		GUZMAN HERRERA		MARCELO						ARCHIVO:					
REVISADO:		QUISPE C.													



APELLIDOS:		NOMBRES:		FIRMA:		ENTIDAD:		TITULO:		FECHA:		PAG:02		PAGS:05	
VILLEGAS BELLIDO		DARIO ALEJANDRO				UCSM		Modulo 0 de entradas PLC.							
DIBUJADO:		GUZMAN HERRERA								ARCHIVO:					
REVISADO:		QUISPE C.		MARCELO											





Sensor de presencia  
Piston extendido  
feeding-M. mezcladora.

Sensor de presencia  
Piston 4 extendido  
M. mezcladora - faja  
transportadora.

Sensor de presencia  
Piston 5 extendido  
faja transportadora -  
trampa final.

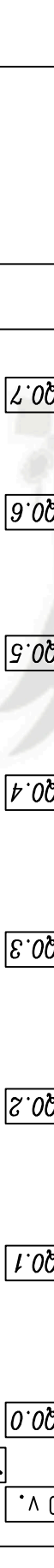
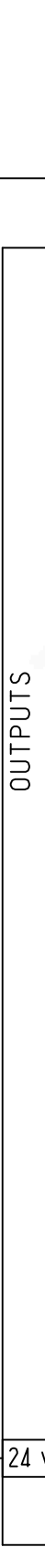
Boton Start.

Boton Reset.

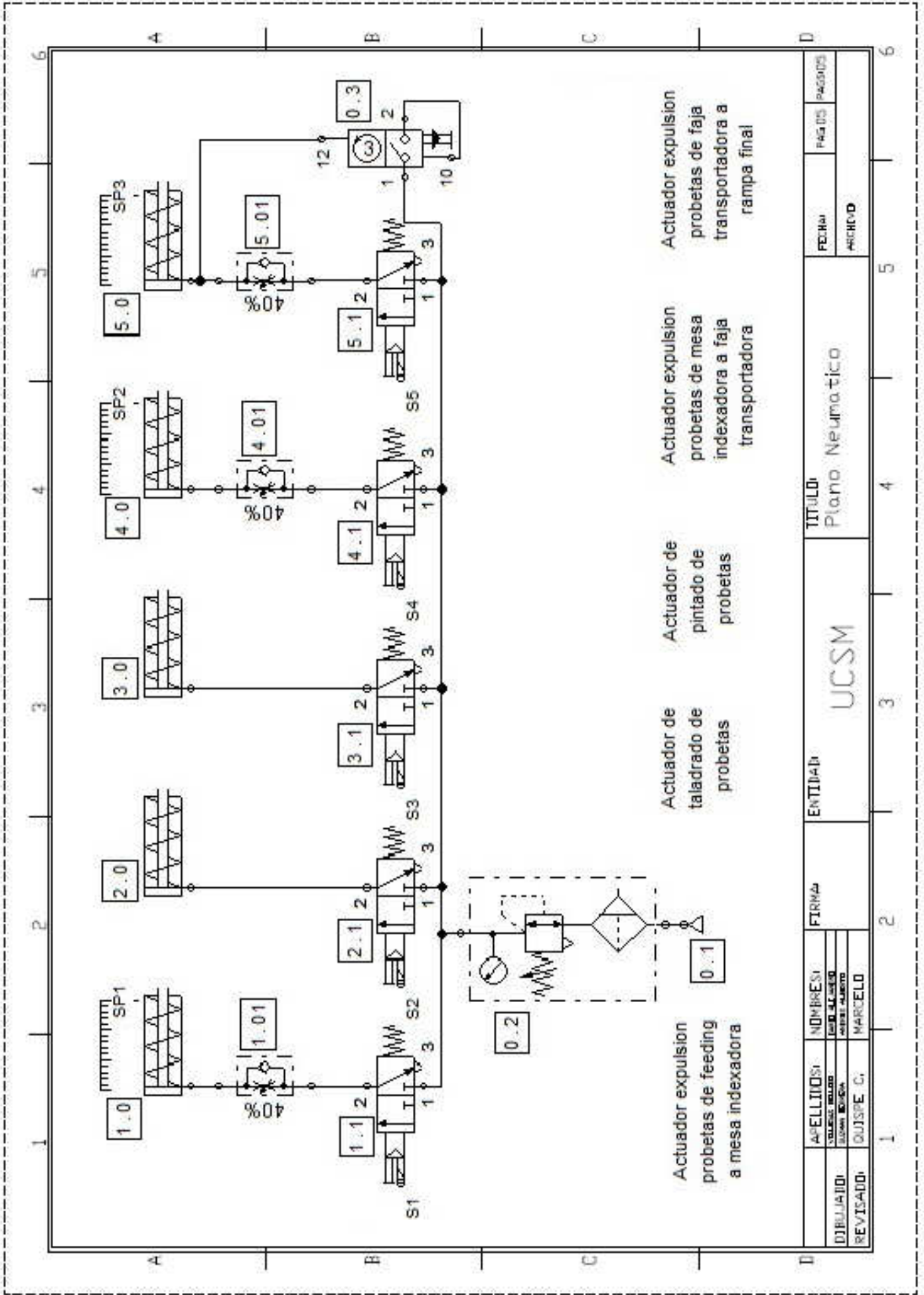
Boton Stop.

Panel tactil KTP 400.

DIBUJADO:	NOMBRES:		ENTIDAD:	FIRMA:	TITULO:	FECHA:	PAG:03	PAGS:05
	REVISADO:	VILLEGAS BELLIDO GUZMAN HERRERA				UCSM	Modulo 1 de entradas PLC.	ARCHIVO:



UCSM		TITULO:	
ENTIDAD:		Modulo 0 de salidas PLC.	
FIRMA:		FECHA:	
NOMBRES:		PAG:04	
DIBUJADO:		PAGS:05	
REVISADO:		ARCHIVO:	



DISEÑADO:		DIBUJADO:		REVISADO:		TÍTULO:		FECHA:		PÁGINA:	
APELLIDOS:		NOMBRE:		FIRMA:		ENTIDAD:		UCCSM		PAGOS/OS	
SOLÍS, RAÚL		GARCÍA, J. ALEJO		[Signature]		Plano Neumatico		AÑO: 2014		1	
SOLÍS, RAÚL		GARCÍA, J. ALEJO		MARCELO				AÑO: 2014		6	

6

5

4

3

2

1

A

B

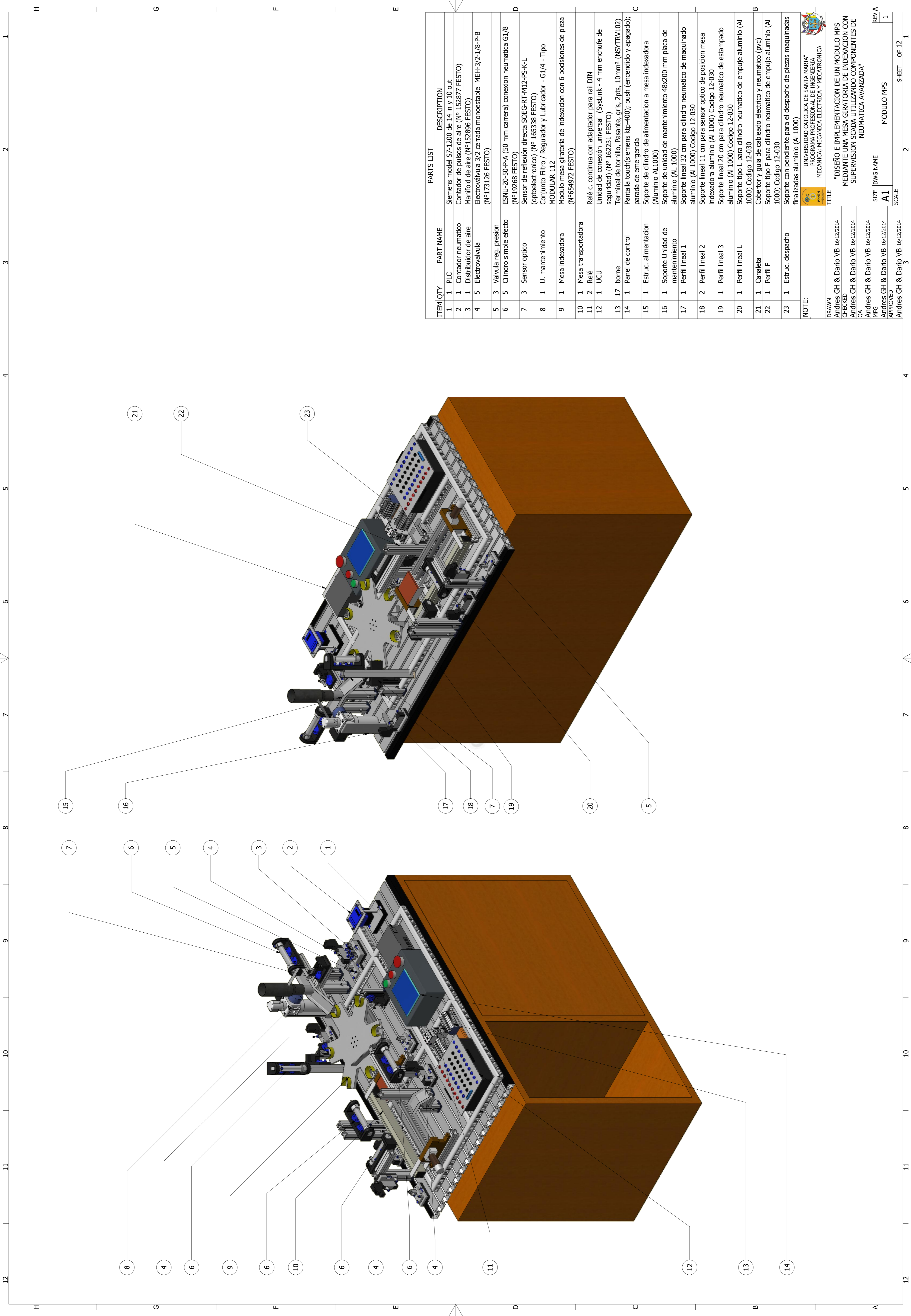
C

D

Marca	Denominación del componente
0.1	Fuente de aire comprimido
0.2	Unidad de mantenimiento
0.3	Contador neumático
1.0	Cilindro de simple efecto
1.01	Válvula antirretorno estranguladora
1.1	Válvula de solenoide direccional triple de 2 vías, normalmente cerrada
2.0	Cilindro de simple efecto
2.1	Válvula de solenoide direccional triple de 2 vías, normalmente cerrada
3.0	Cilindro de simple efecto
3.1	Válvula de solenoide direccional triple de 2 vías, normalmente cerrada
4.0	Cilindro de simple efecto
4.01	Válvula antirretorno estranguladora
4.1	Válvula de solenoide direccional triple de 2 vías, normalmente cerrada
5.0	Cilindro de simple efecto
5.01	Válvula antirretorno estranguladora
5.1	Válvula de solenoide direccional triple de 2 vías, normalmente cerrada
S P 2	Interrupción de alimentación magnética
S P 3	Interrupción de alimentación magnética
S P 1	Interrupción de alimentación magnética

Cantidad	Denominación del componente
1	Unidad de mantenimiento
1	Fuente de aire comprimido
5	Válvula de solenoide direccional triple de 2 vías, normalmente cerrada
5	Cilindro de simple efecto
3	Válvula antirretorno estranguladora
1	Contador neumático

DIRECCIÓN:		FIRMAS:		ENTIDAD:		TÍTULO:		FECHA:		PÁG. (S)		PÁG. (S)	
REVISADO:		APELLIDOS:		NOMBRES:		UCSM		Plano Neumático		ARCHIVO:			
1		1		2		3		4		5		6	
GUISPE C.		MARCELO											



ITEM	QTY	PART NAME	DESCRIPTION
1	1	PLC	Siemens model S7-1200 de 14 in y 10 out
2	1	Contador neumático	Contador de pulsos de aire (N° 152877 FESTO)
3	1	Distribuidor de aire	Manifold de aire (N° 152896 FESTO)
4	5	Electrovalvula	Electrovalvula 3/2 cerrada monoestable MEH-3/2-1/8-P-B (N° 173126 FESTO)
5	3	Valvula reg. presion	ESNU-20-50-P-A (50 mm carrera) conexion neumatica G1/8 (N° 19268 FESTO)
6	5	Cilindro simple efecto	Sensor de reflexion directa SOEG-RT-M12-PS-K-L (optoelectronico) (N° 165338 FESTO)
7	3	Sensor optico	Conjunto Filtro / Regulador y Lubricador - G1/4 - Tipo MODULAR 112
8	1	U. mantenimiento	Modulo mesa giratoria de indexacion con 6 posiciones de pieza (N° 654972 FESTO)
9	1	Mesa indexadora	Relé c. continua con adaptador para rail DIN
10	1	Mesa transportadora	Unidad de conexión universal (Syslink - 4 mm enchufe de seguridad) (N° 162331 FESTO)
11	2	Relé	Terminal de tornillo, Pasarte, gris, 2pts, 10mm² (NSYTRV102)
12	1	UCU	Pantalla touch (siemens ktp-400); push (encendido y apagado); parada de emergencia
13	17	borne	Soporte de cilindro de alimentacion a mesa indexadora (Aluminio AL1000)
14	1	Panel de control	Soporte de unidad de mantenimiento 48x200 mm placa de aluminio (AL 1000)
15	1	Estruc. alimentacion	Soporte lineal 32 cm para cilindro neumatico de maquinado aluminio (Al 1000)Codigo 12-030
16	1	Soporte Unidad de mantenimiento	Soporte lineal 11 cm para sensor optico de posicion mesa indexadora aluminio (Al 1000)Codigo 12-030
17	1	Perfil lineal 1	Soporte lineal 20 cm para cilindro neumatico de estampado aluminio (Al 1000)Codigo 12-030
18	2	Perfil lineal 2	Soporte tipo L para cilindro neumatico de empuje aluminio (Al 1000)Codigo 12-030
19	1	Perfil lineal 3	Cobertor y guia de cableado electrico y neumatico (pvc)
20	1	Perfil lineal L	Soporte tipo F para cilindro neumatico de empuje aluminio (Al 1000)Codigo 12-030
21	1	Canaleta	Soporte con pendiente para el despacho de piezas maquinadas finalizadas aluminio (Al 1000)
22	1	Perfil F	
23	1	Estruc. despacho	

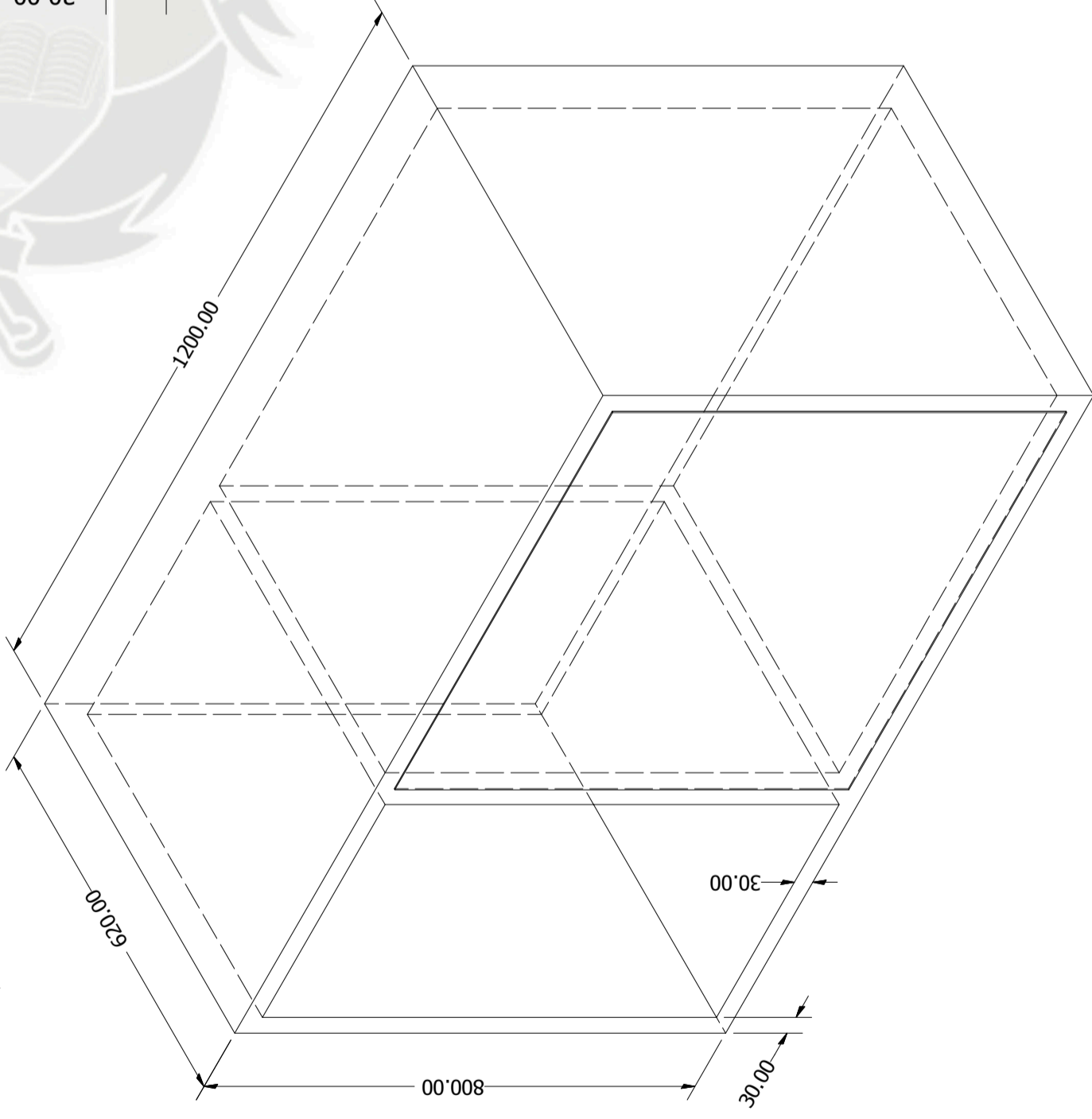
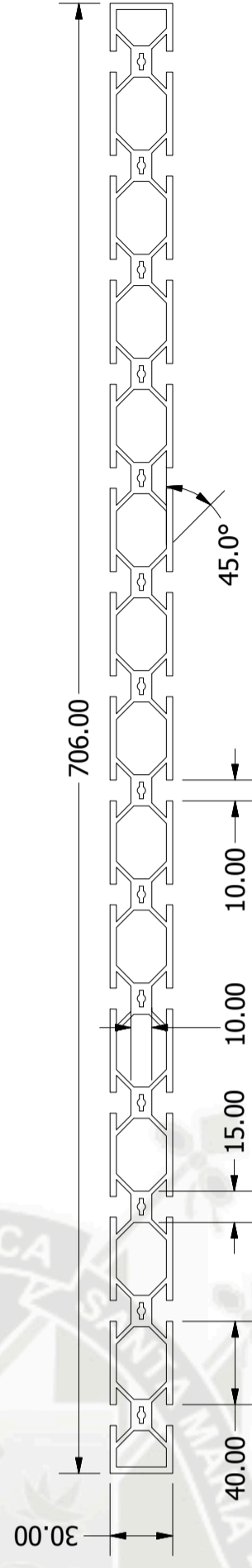
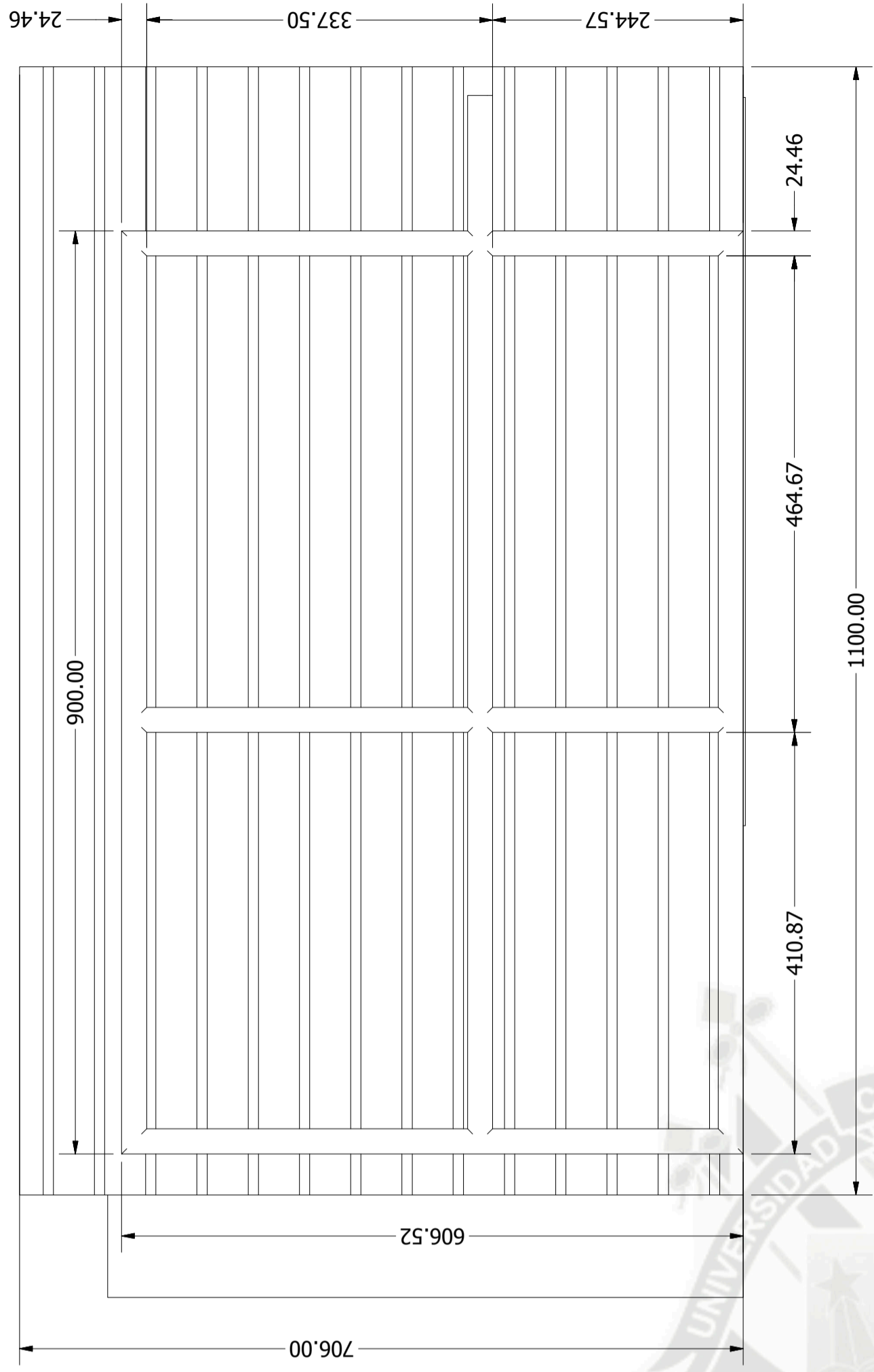
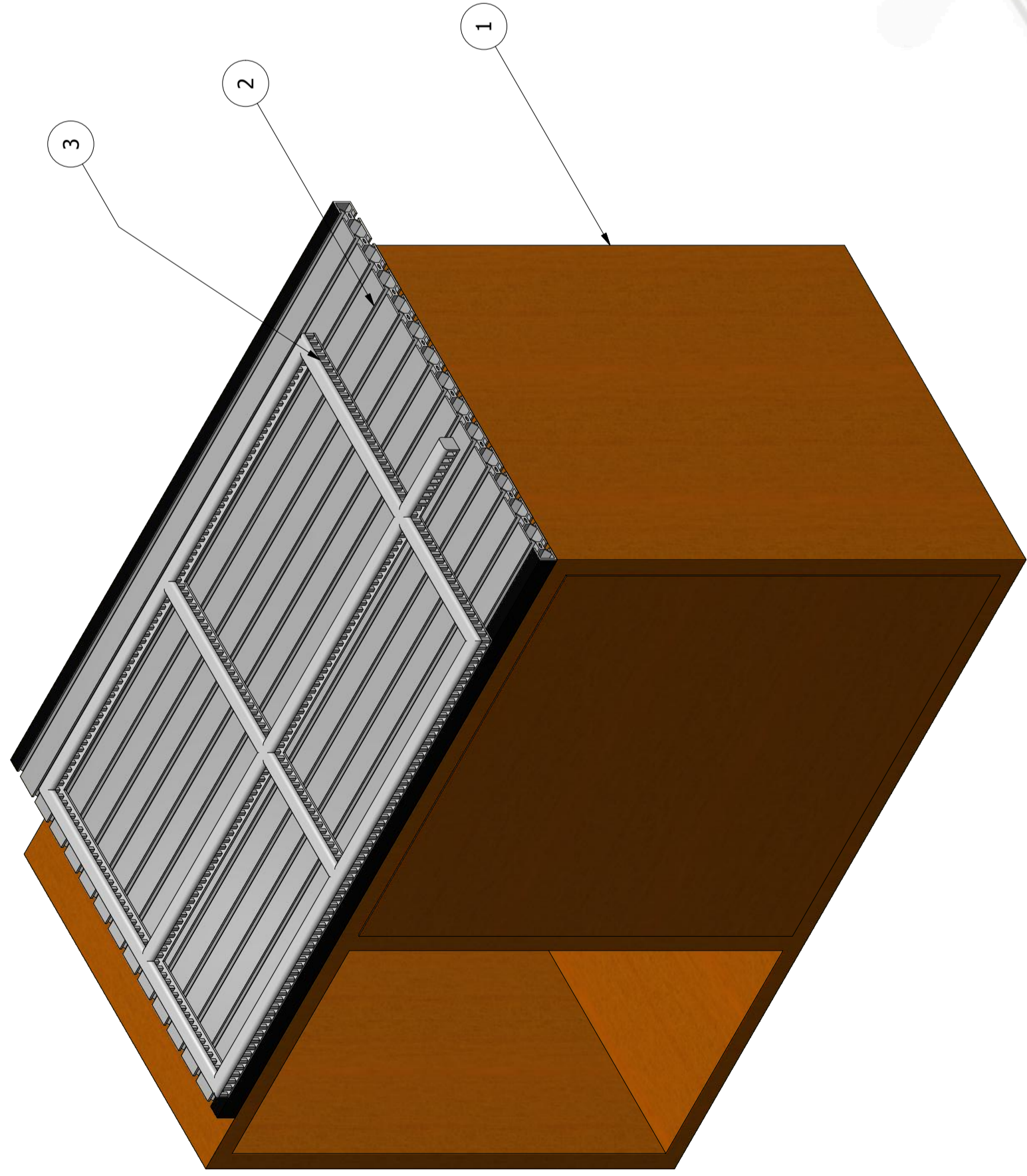
NOTE:

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
 PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
 MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

TITLE  
 "DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS  
 MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON  
 SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE  
 NEUMATICA AVANZADA"

SCALE: A1  
 DWG NAME: MODULO MPS  
 REV/A: 1

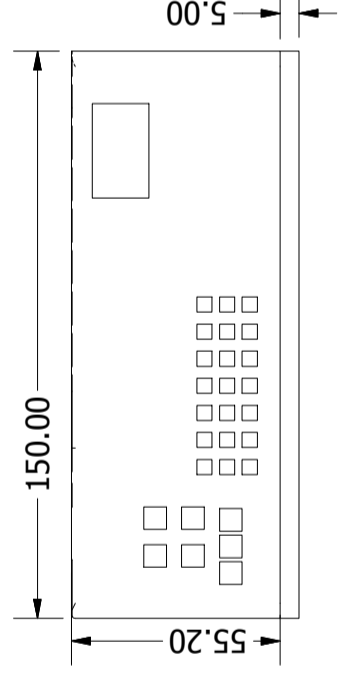
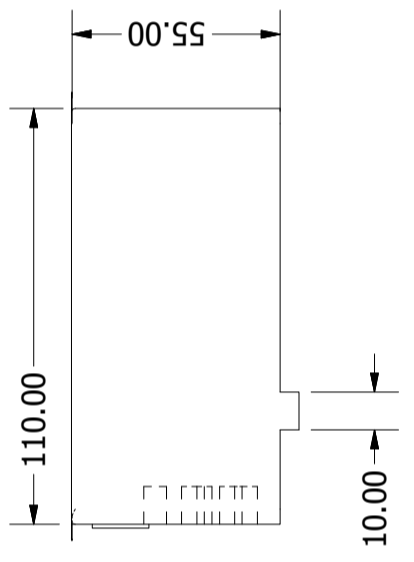
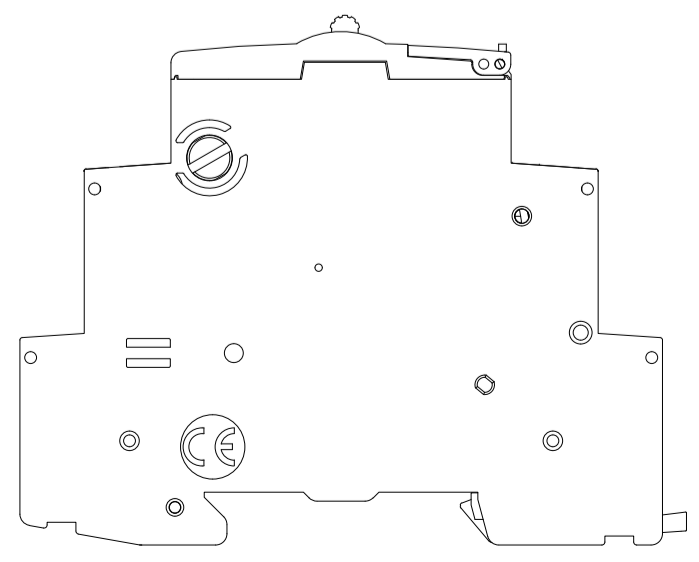
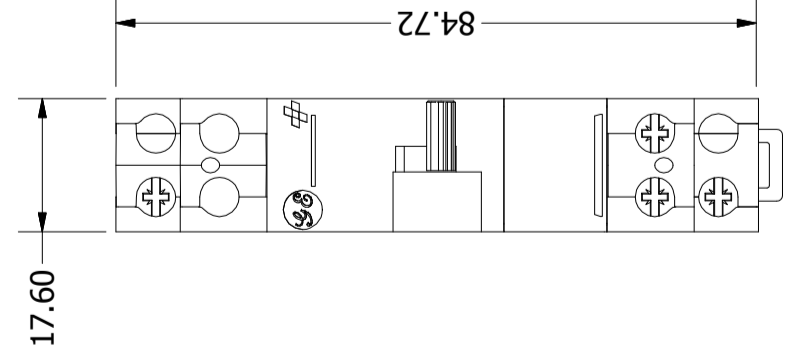
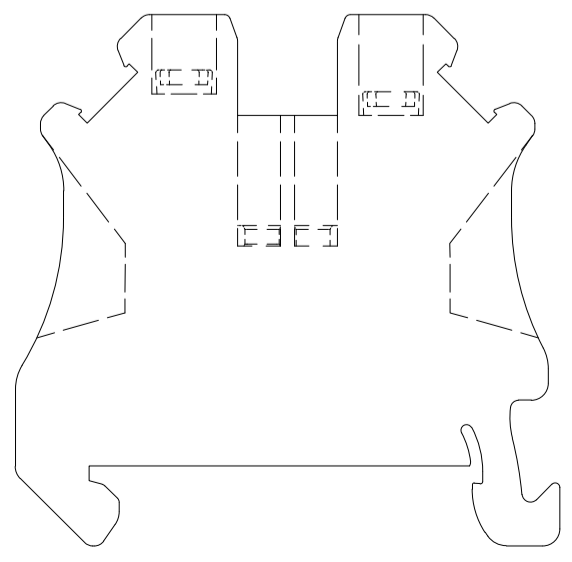
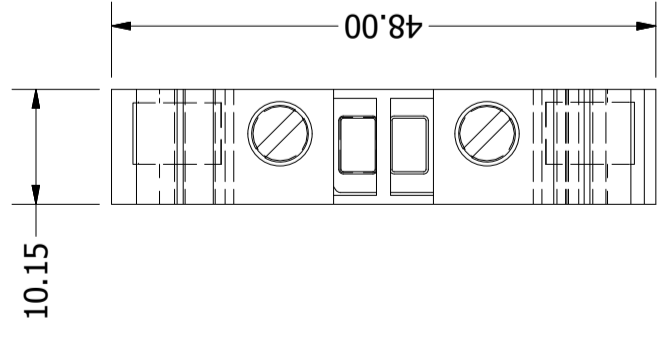
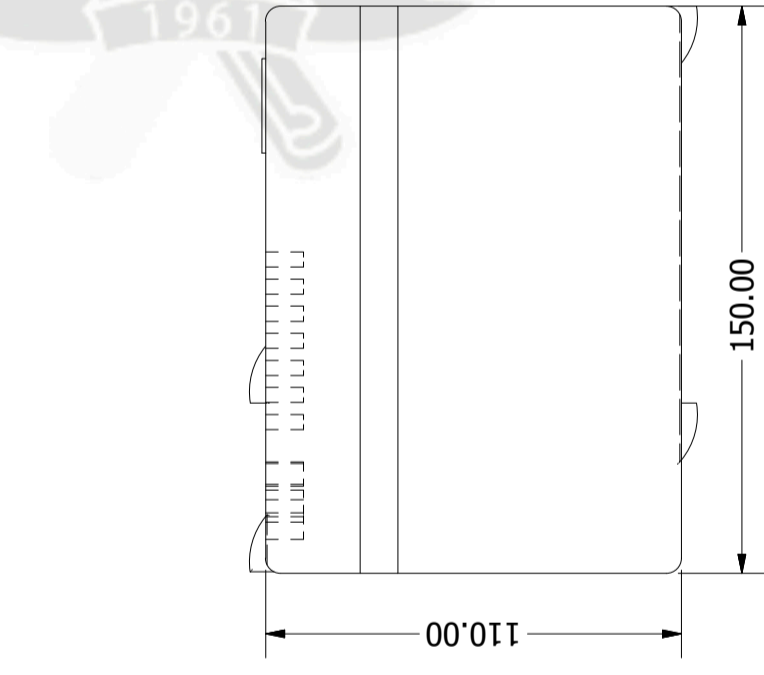
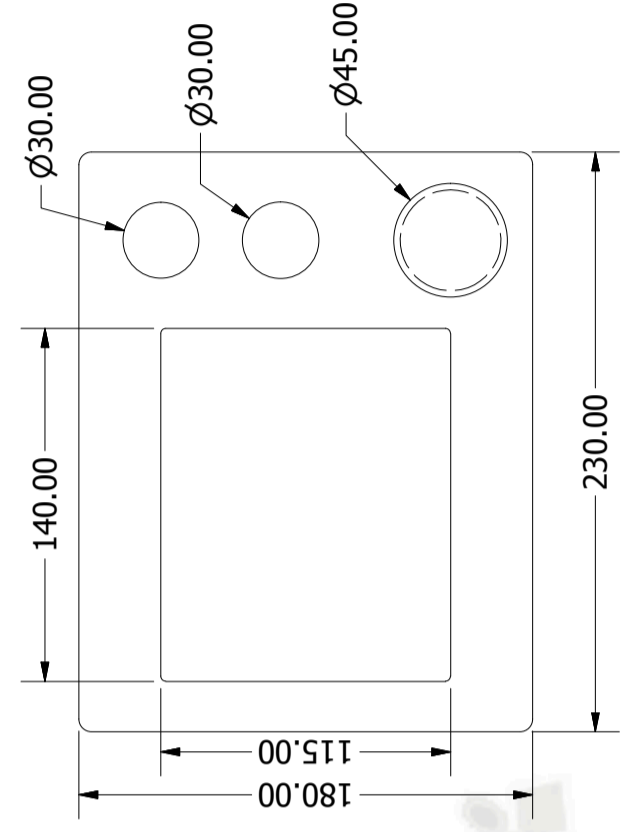
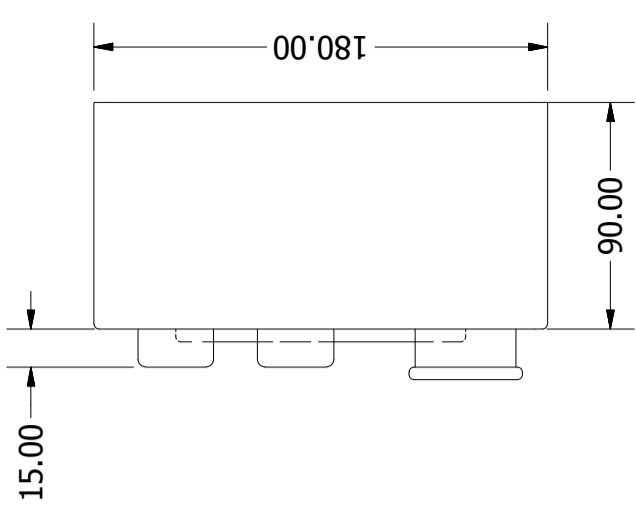
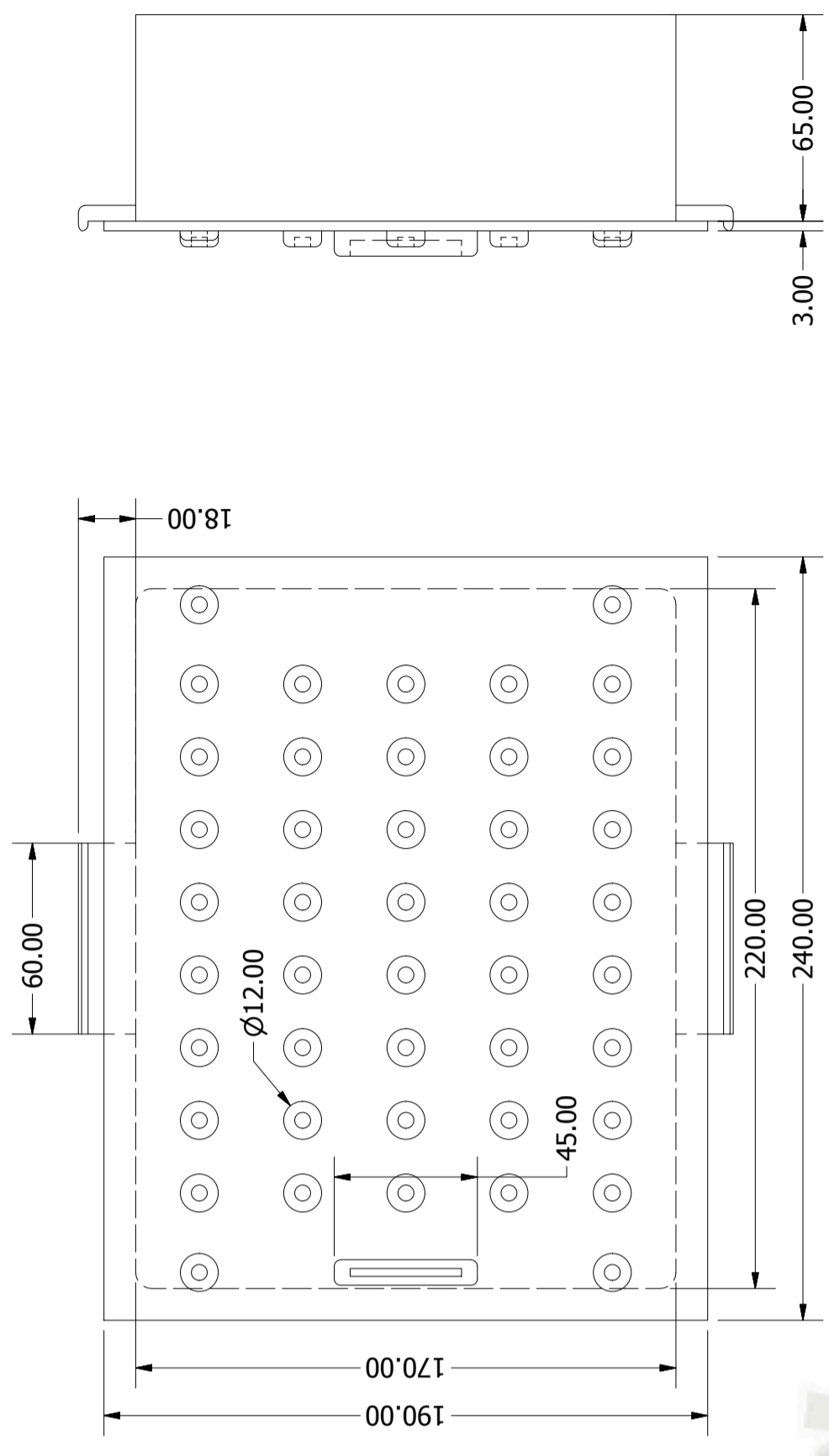
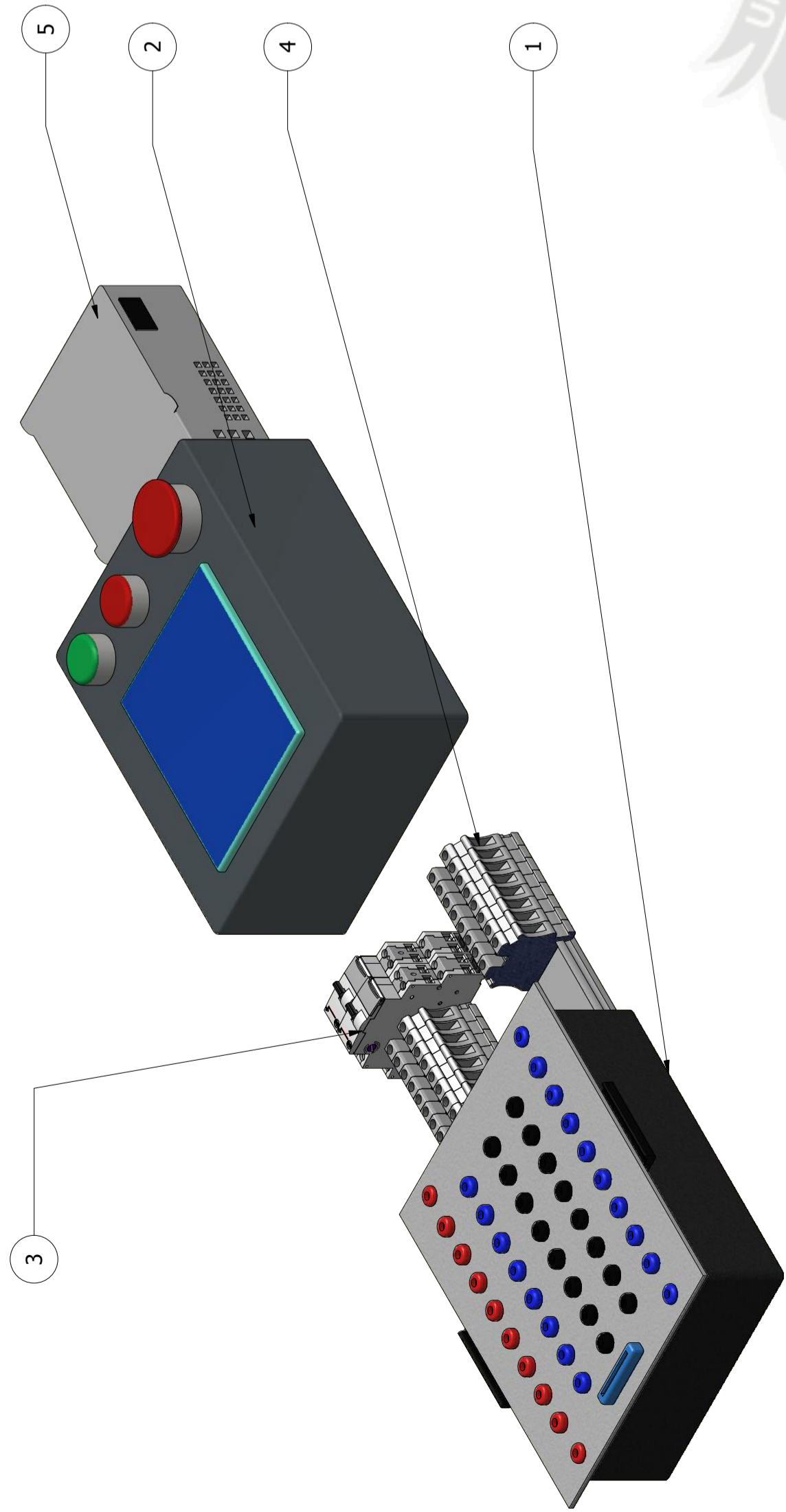
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 15 16 17 18 7 19 20 5 21 22 23



PARTS LIST		DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Mesa
2	1	Panel Módulo
3	1	Canaletas
NOTE: A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros		
DRAWN	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
CHECKED		
APPROVED	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
	OA	
	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
	MFG	
	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
	APPROVED	
	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
	Andres GH & Dario VB	16/12/2014

PARTS LIST		DESCRIPTION
Soporte del panel módulo.		
Soporte de los accesorios neumáticos y eléctricos.		
Cobertor del cableado eléctrico y neumático.		
"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA		
TITLE		
"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"		
SIZE	DWG NAME	REV
A2	PEDESTAL DE MODULO	1
SCALE		
3		



ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	UCU	Unidad de conexión universal (SysLink - 4 mm enchufe de seguridad) (N° 162231 FESTO)
2	1	Panel De Control	Pantalla touch (siemens ktp-400); push (encendido y apagado); parada de emergencia
3	2	Relé	Relé c. continua con adaptador para rail DIN
4	17	Borne	Terminal de tornillo, Pasante, gris, 2pts, 10mm <sup>2</sup> (NSYTRV102)
5	1	PLC	Siemens S7-1200

TITLE	
DRAWN	"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA"
CHECKED	PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
Andres GH & Dario VB	16/12/2014
Andres GH & Dario VB	16/12/2014
Andres GH & Dario VB	16/12/2014
Andres GH & Dario VB	16/12/2014
APPROVED	ACCESORIOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS
Andres GH & Dario VB	16/12/2014

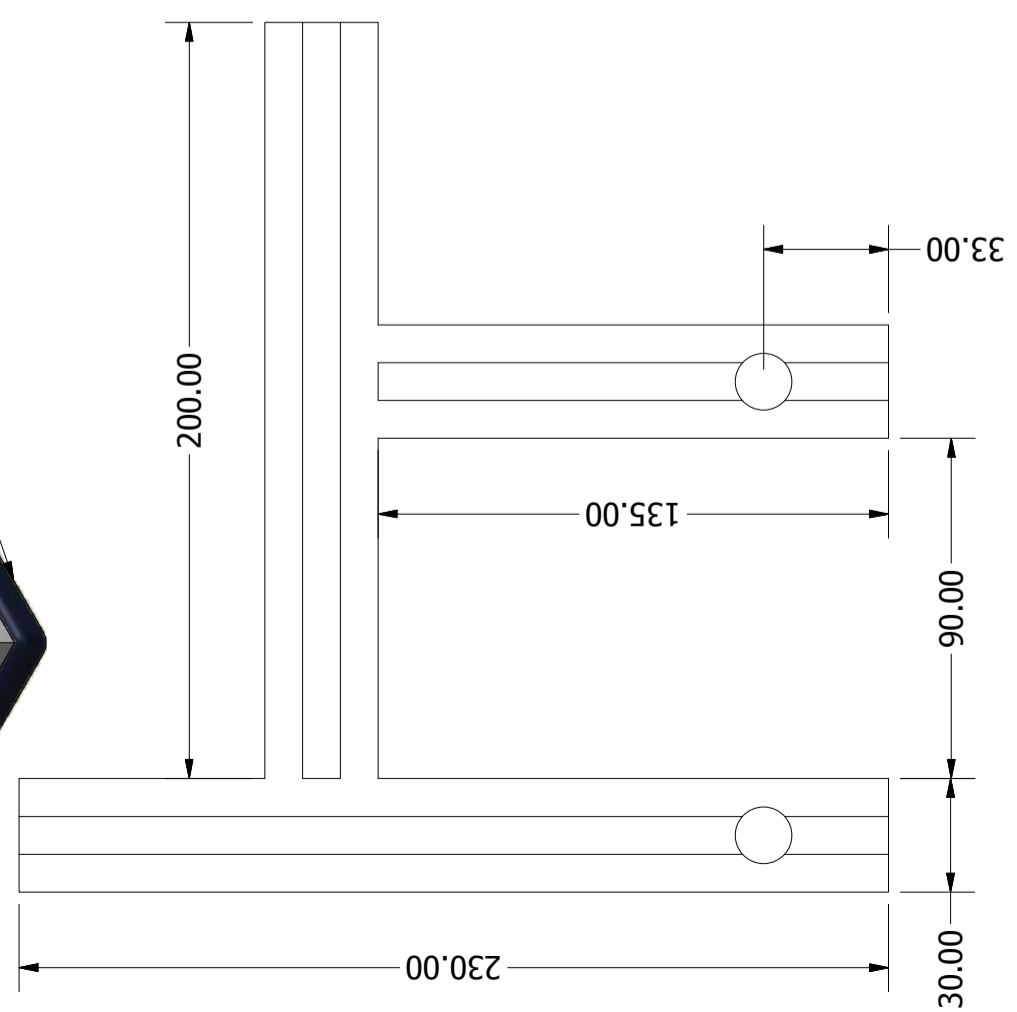
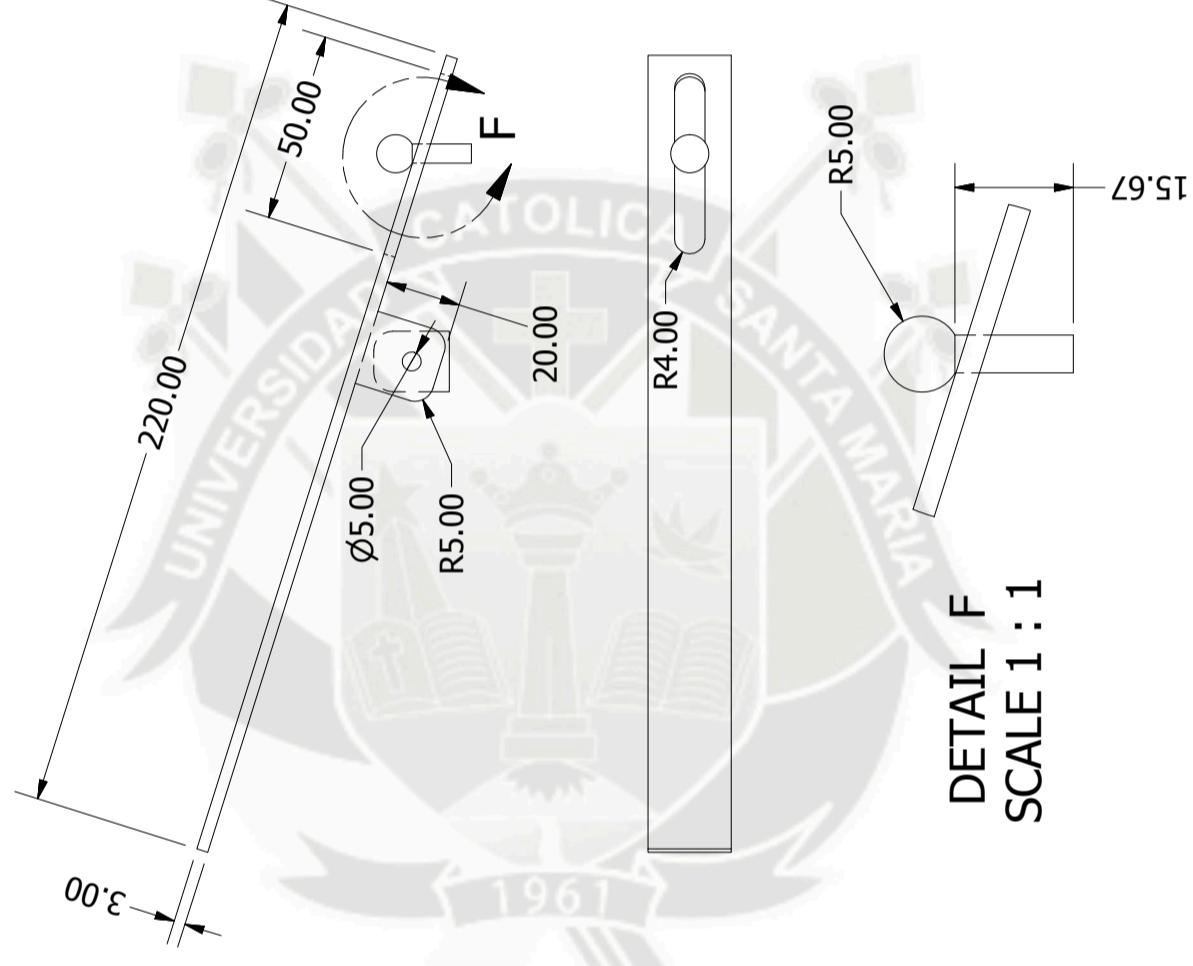
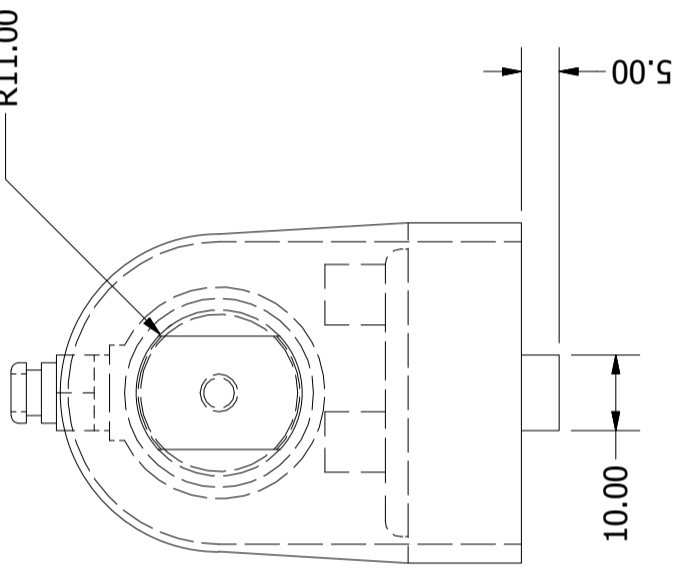
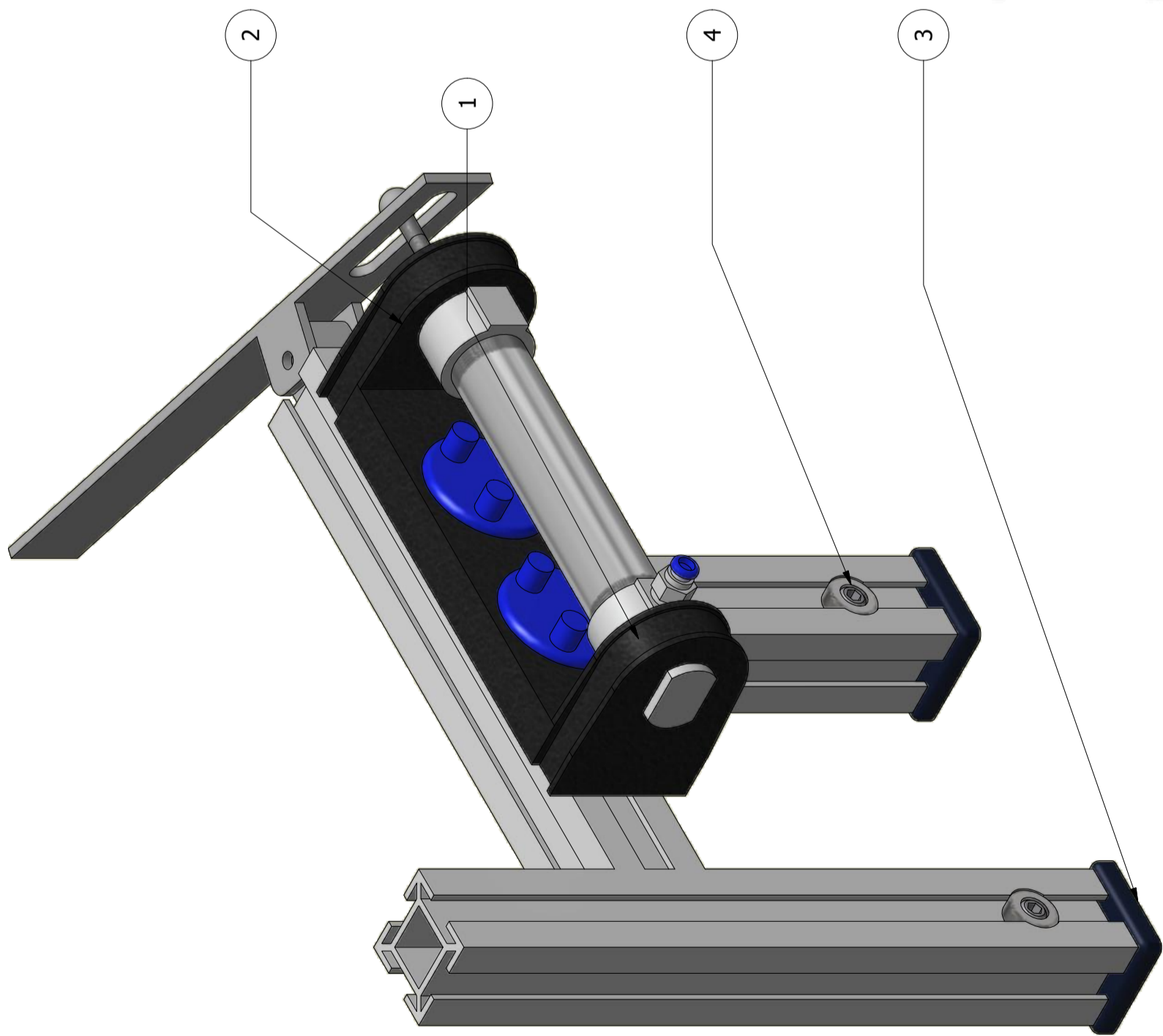
REV	DESCRIPTION
1	ACCESORIOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS

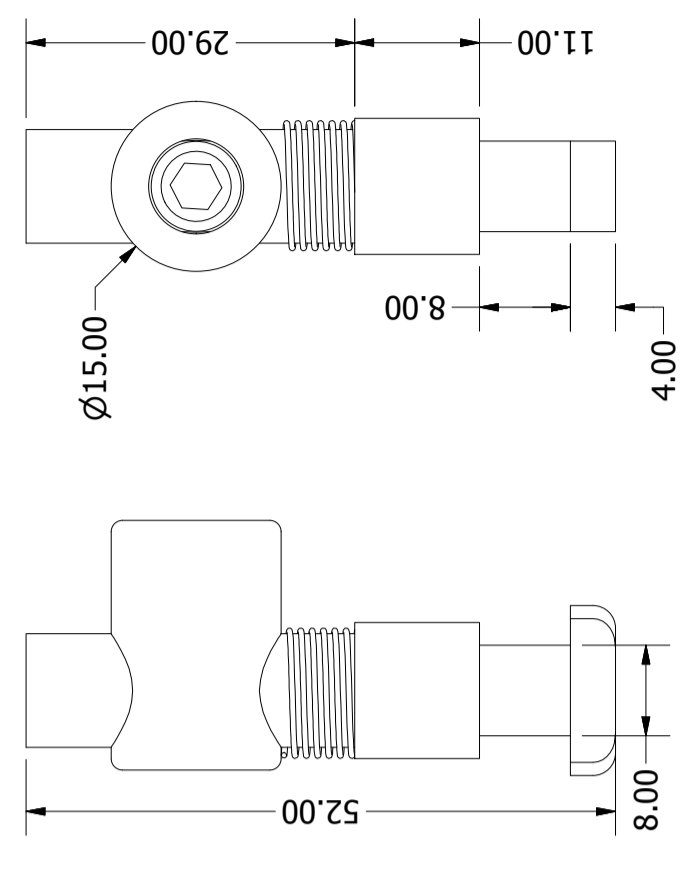
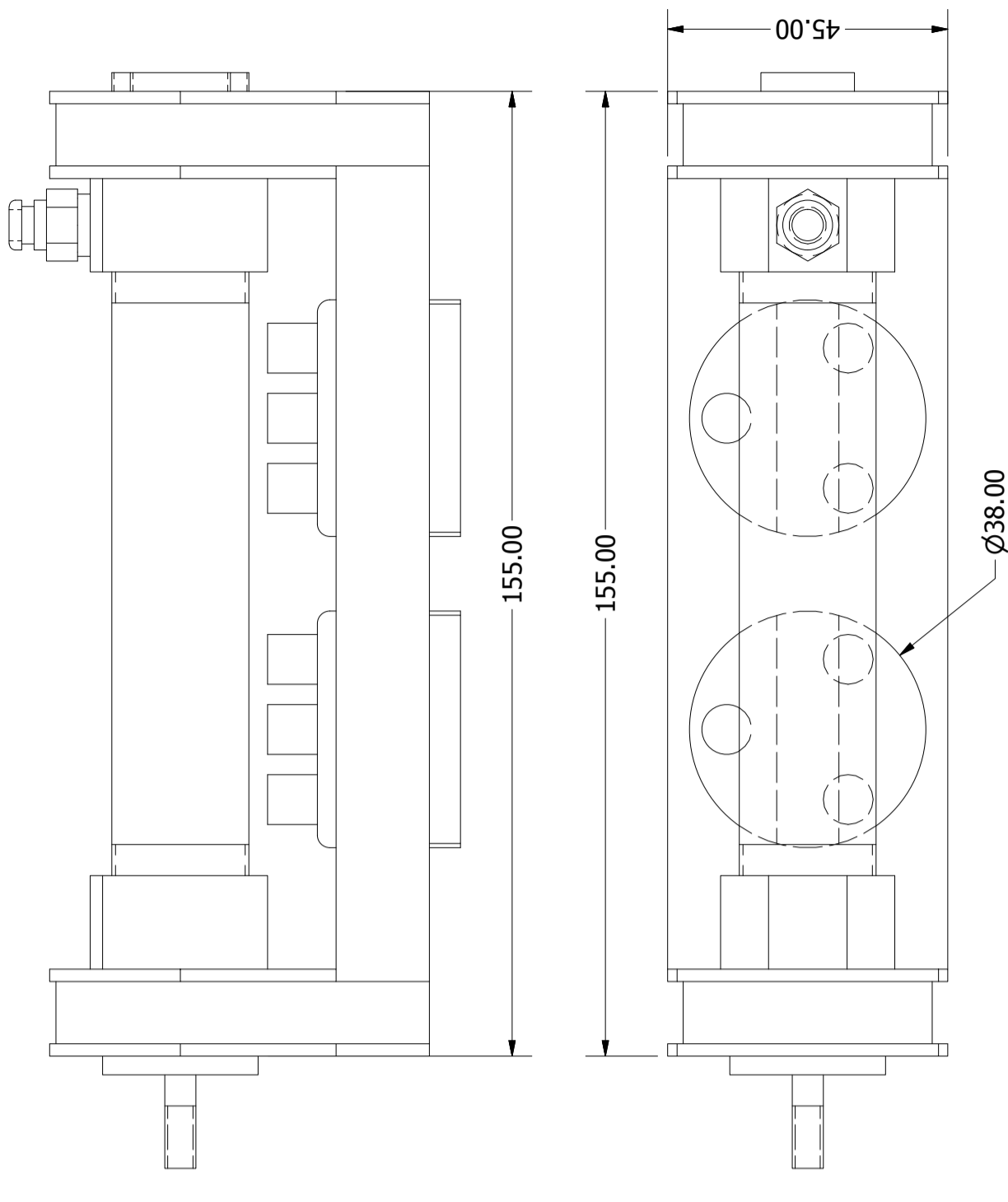
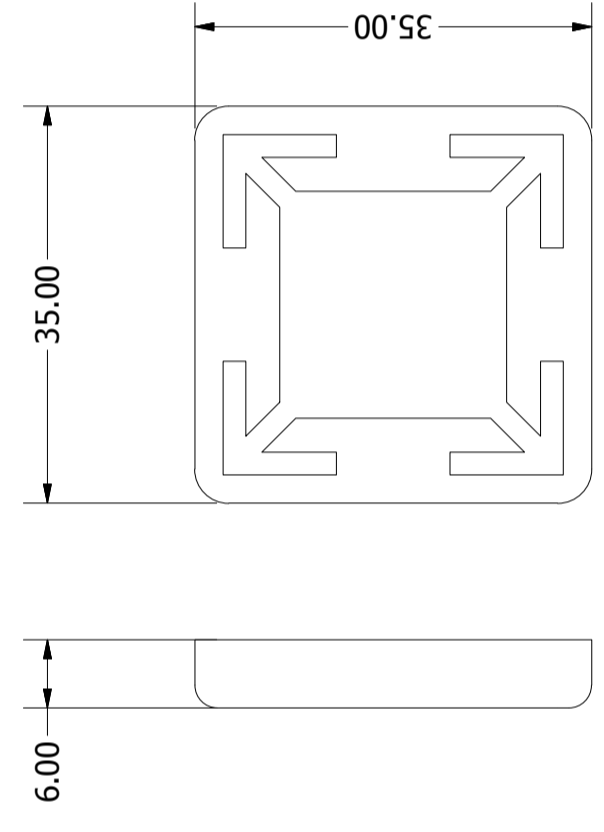
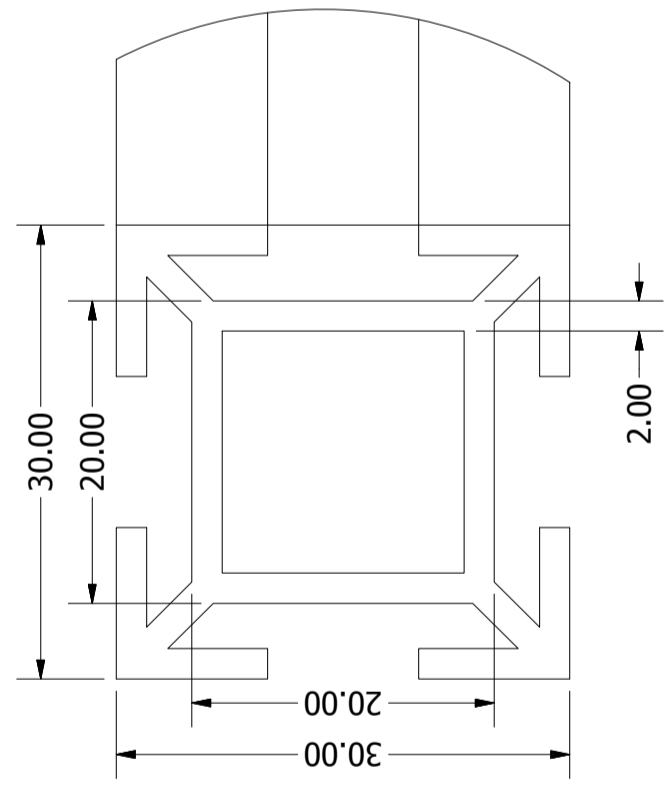
SIZE	DWG NAME	SCALE	SHEET 2 OF 12
A2	ACCESORIOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS	1	1



"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"



**DETAIL A**  
SCALE 2 : 1



ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Perfil F	Armazon de aluminio forma de "f" (AL 1000)
2	1	Cilindro Simple efecto	ESNU-20-50-P-A (50 mm carrera) conexion neumatica G1/8 (N°19268 FESTO)
3	2	Posadera	Aluminio Al 1000
4	2	Tornillo sujecion	Sistema de sujecion 52 mm
8	1	Palanca de empuje	Placa con canal de recorrido del vastago Aluminio AL1000

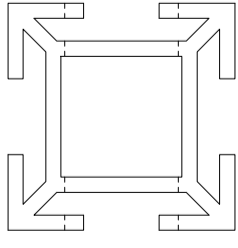
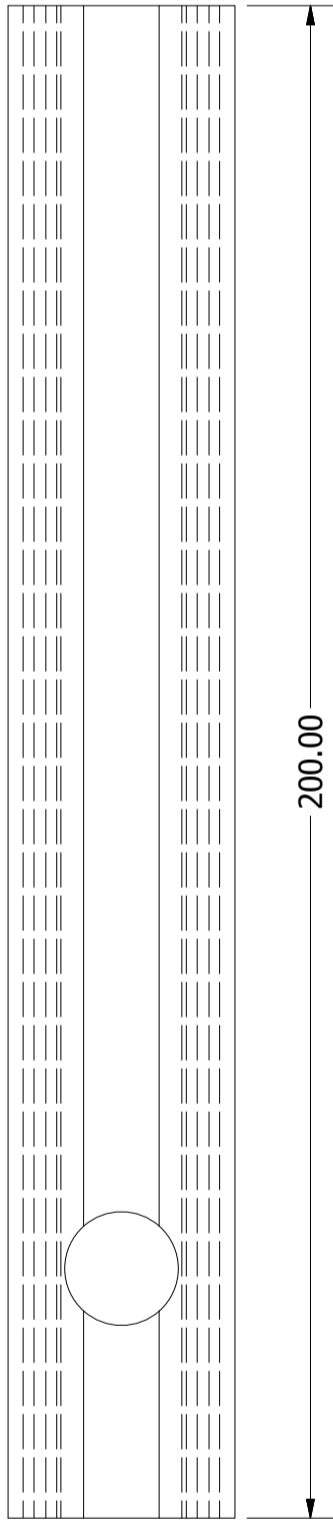
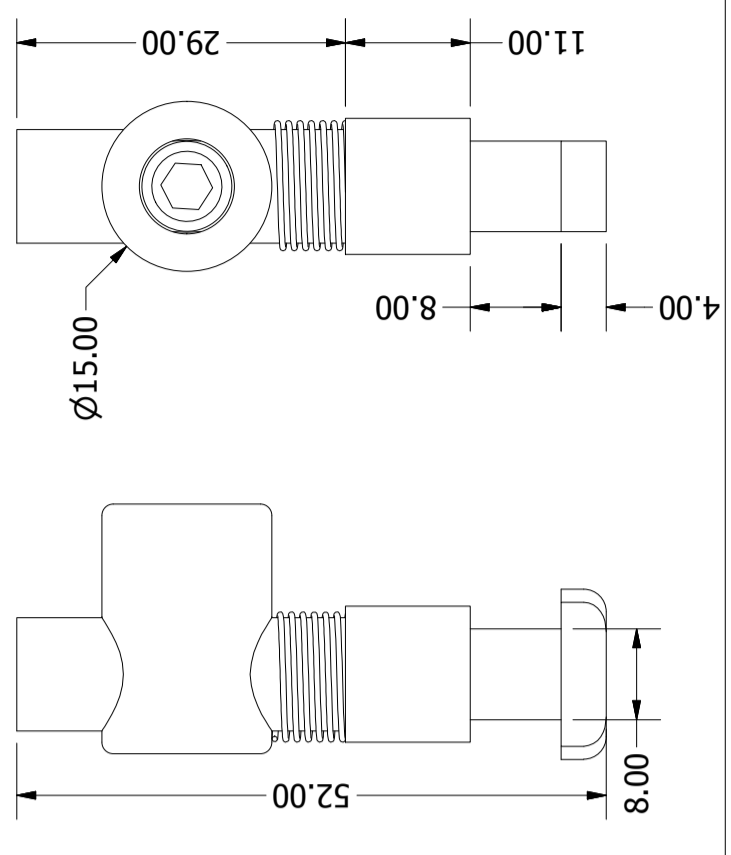
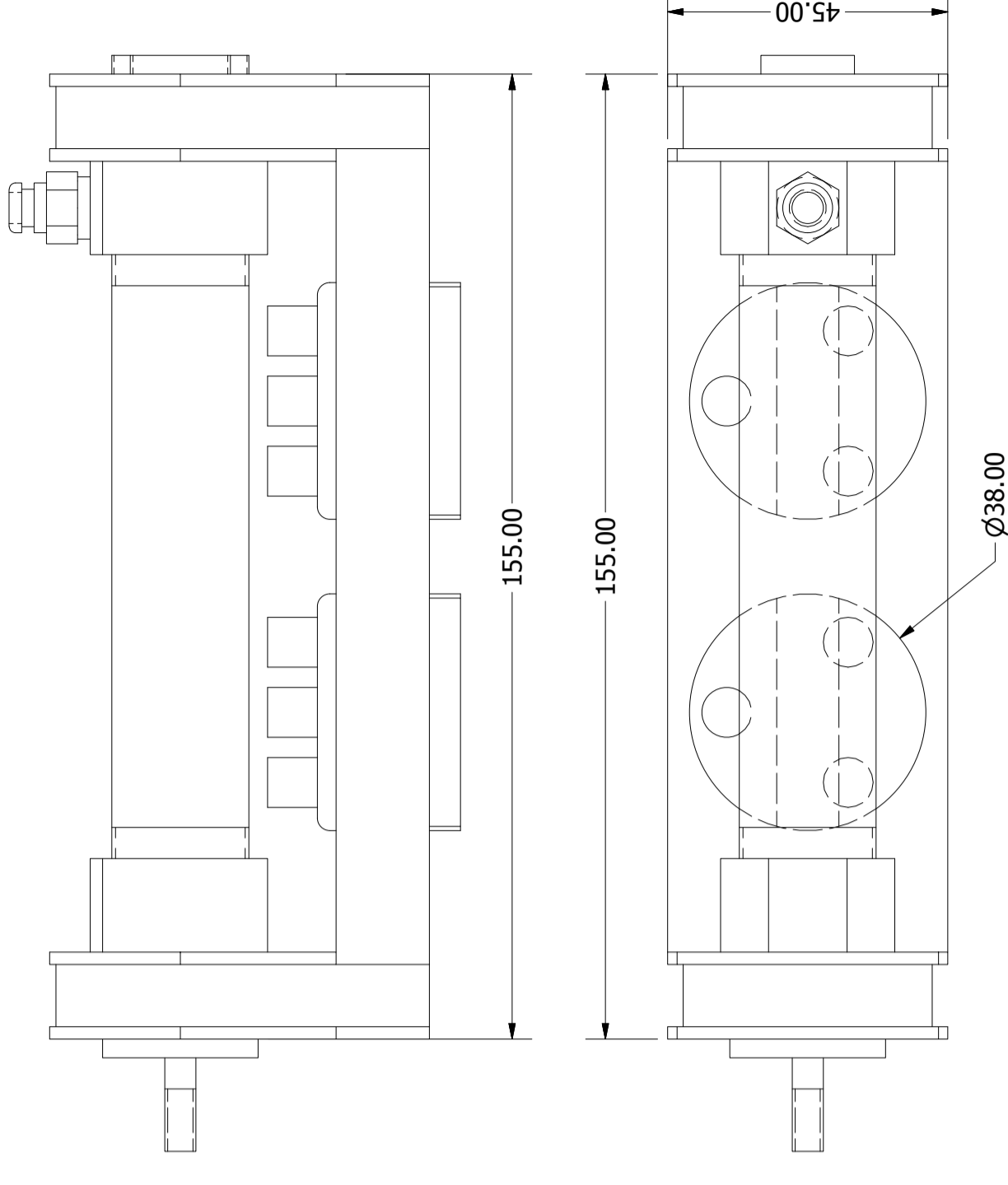
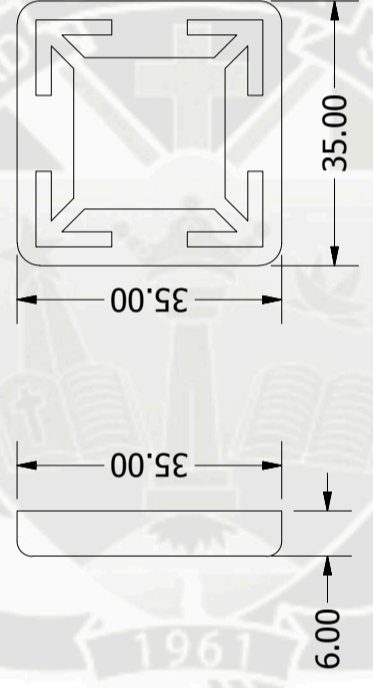
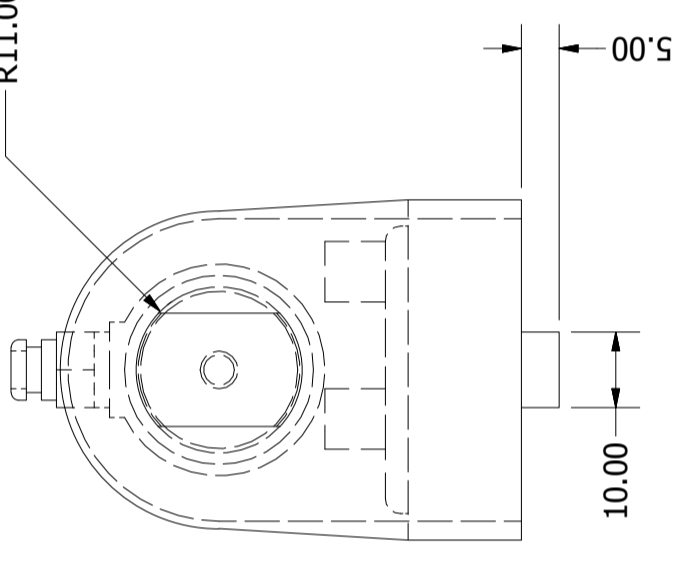
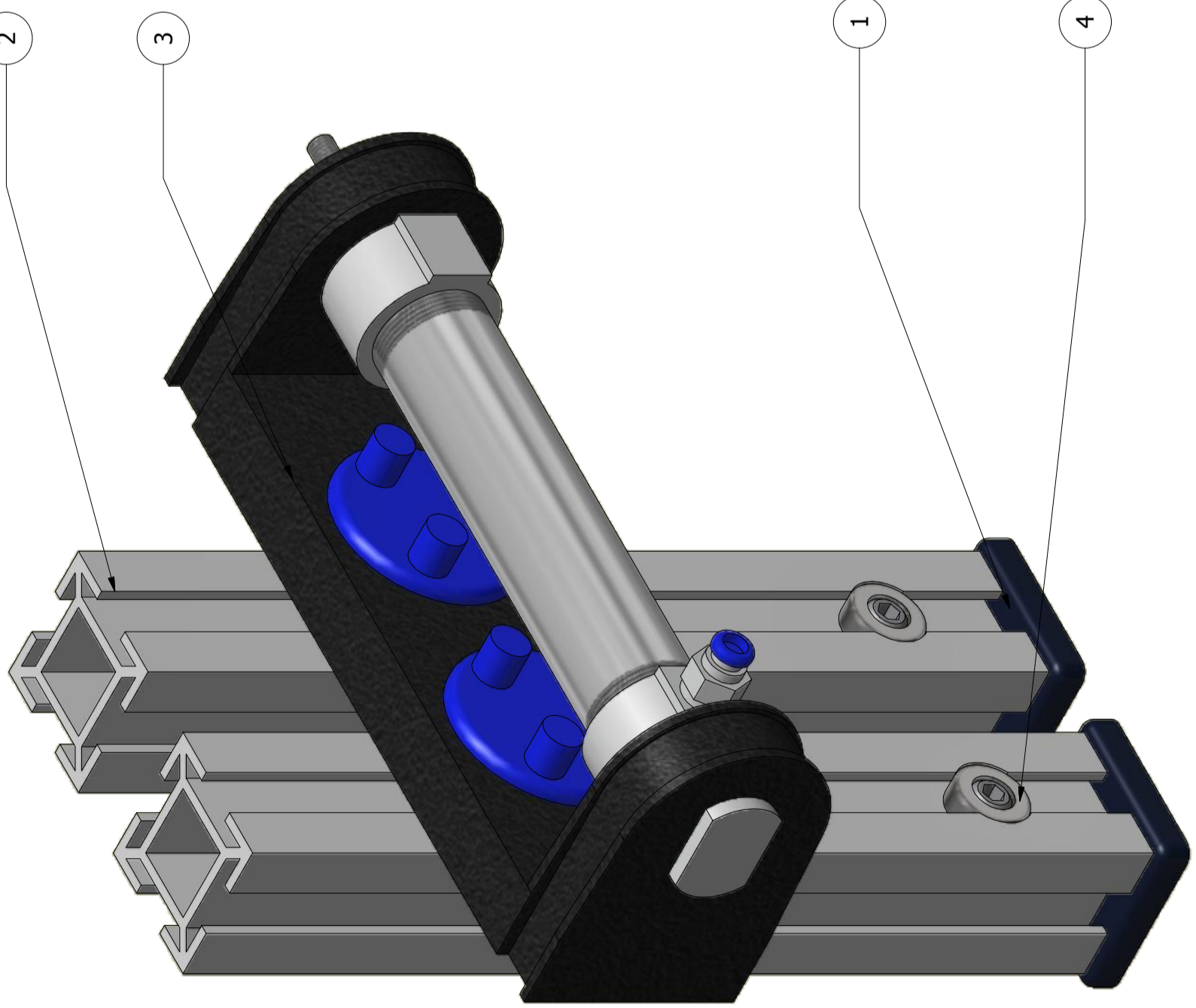
  

DRAWN		TITLE	
Andres GH & Dario VB	16/12/2014	"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA"	"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"
CHECKED		PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
Andres GH & Dario VB	16/12/2014		
QA		Andres GH & Dario VB	16/12/2014
MFG		Andres GH & Dario VB	16/12/2014
APPROVED		Andres GH & Dario VB	16/12/2014
Andres GH & Dario VB	16/12/2014	Andres GH & Dario VB	16/12/2014

SIZE	DWG NAME	SCALE	SHEET 3 OF 12
A2	SOPORTE Y ACCESORIOS 1	1	1

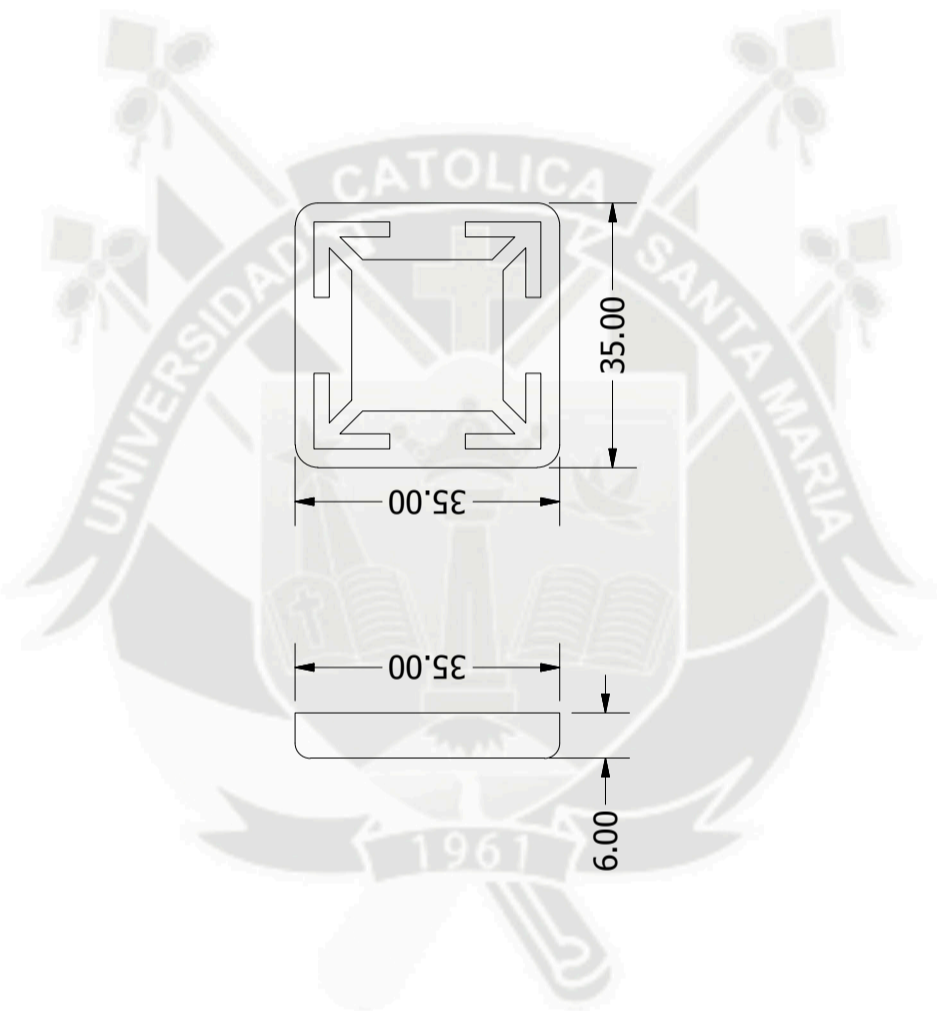


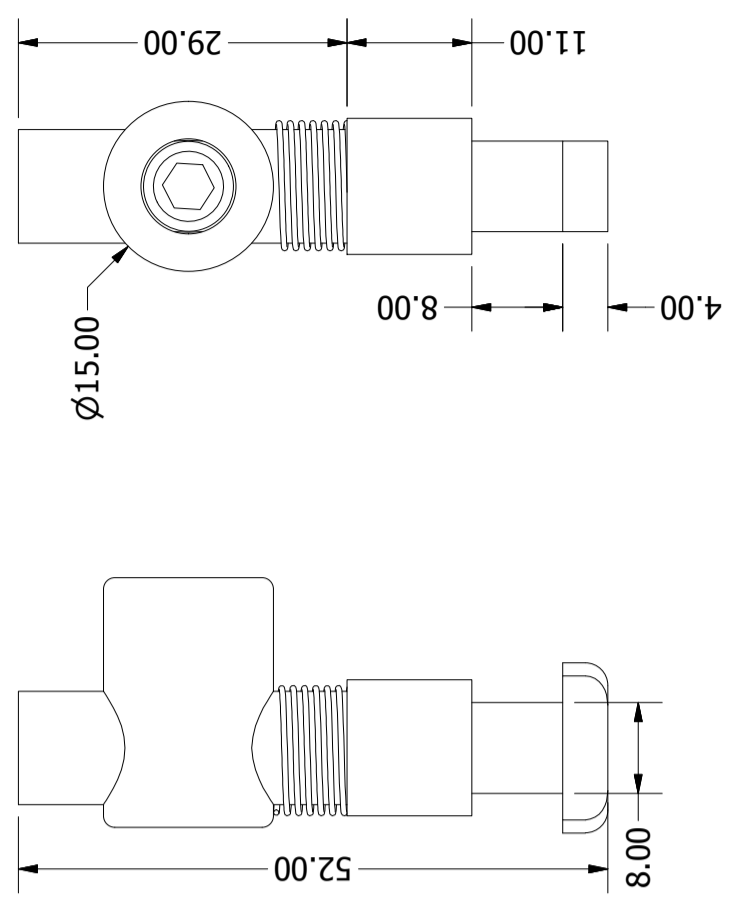
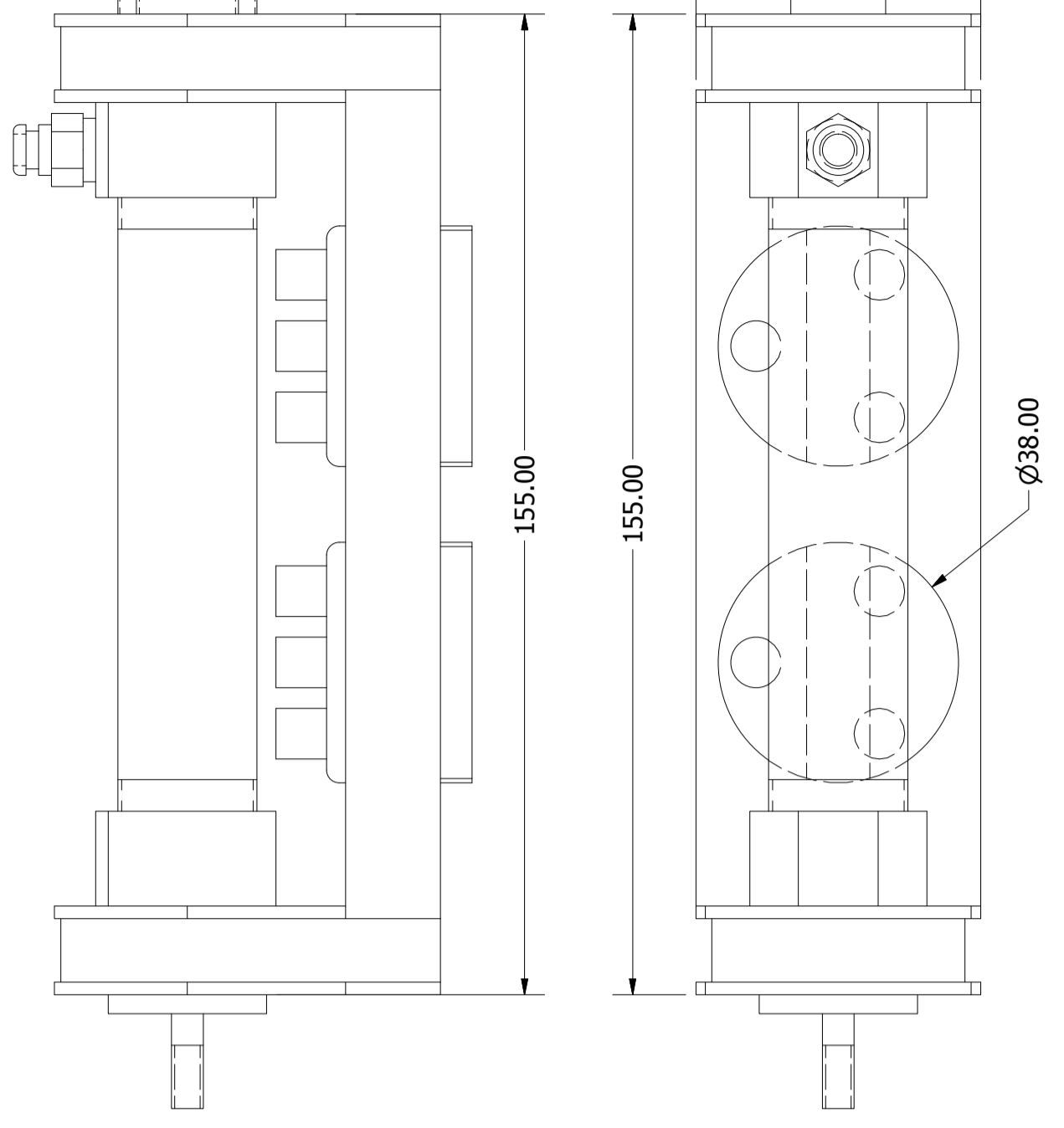
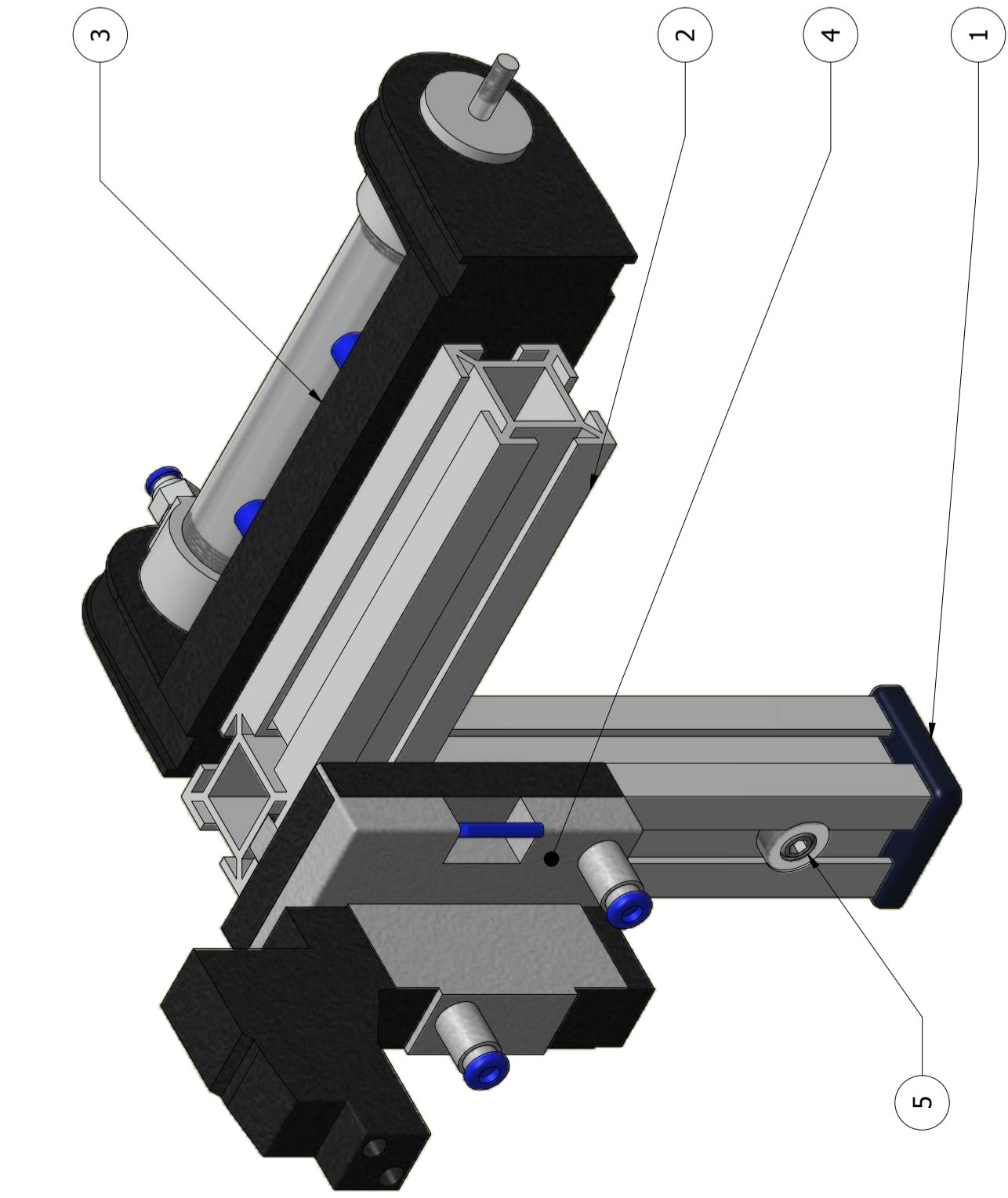
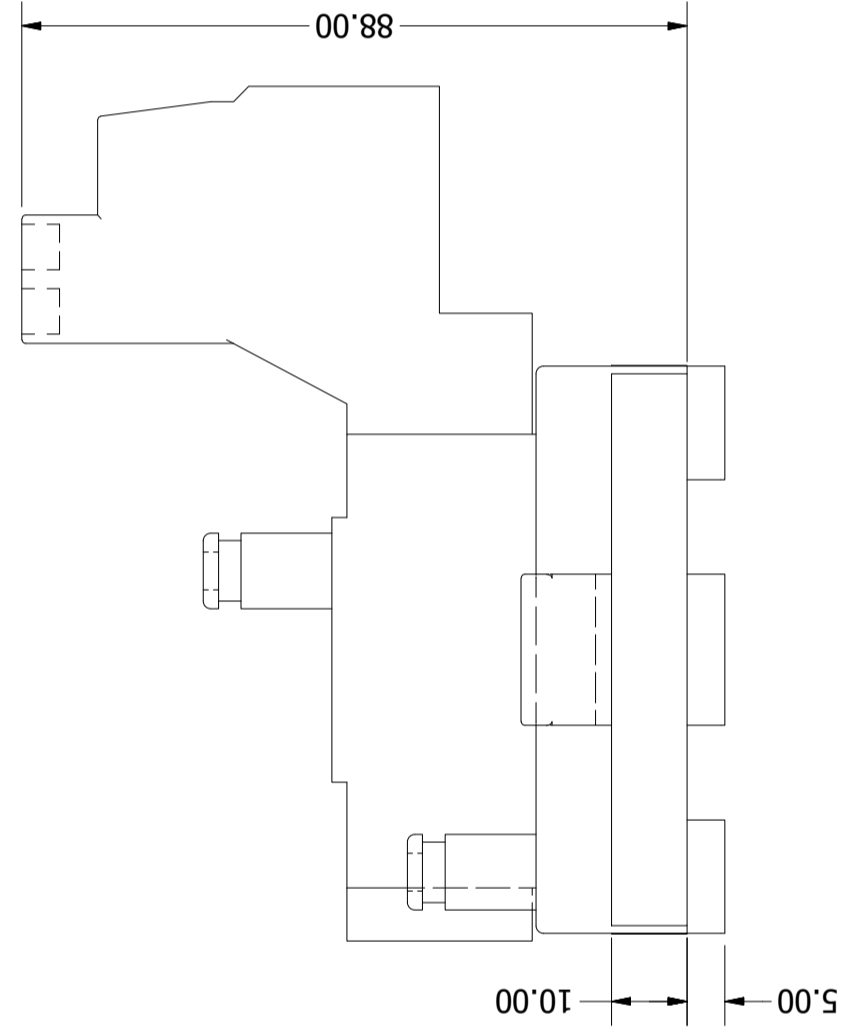
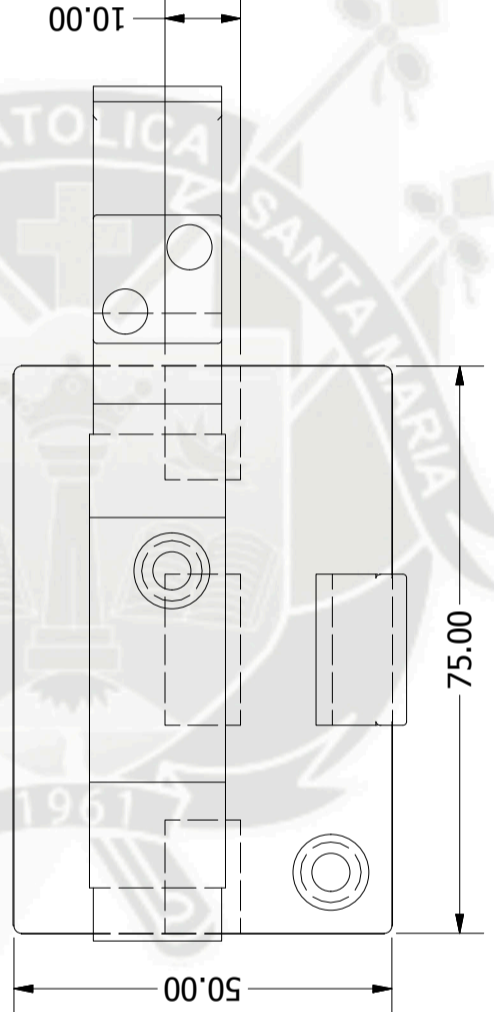
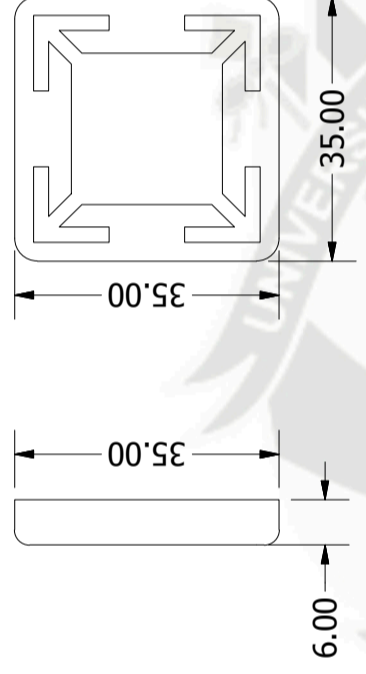
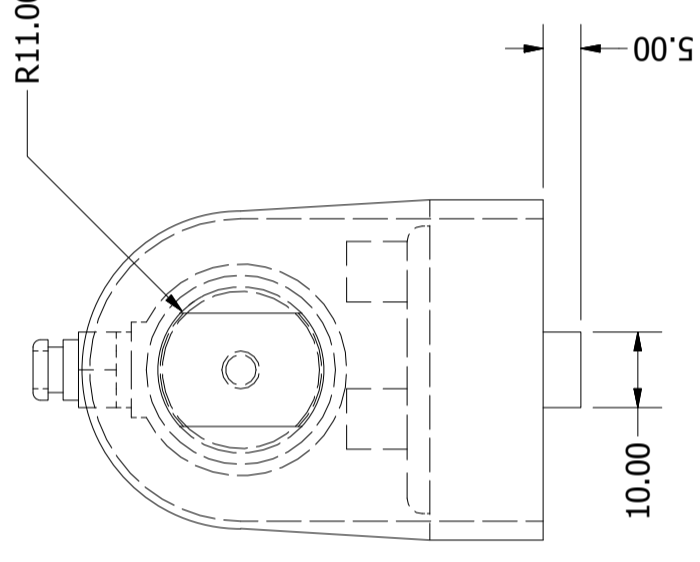


ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Aluminio AL1000	
2	2	Posadera perfil	
3	1	Cilindro Simple efecto	ESNU-20-50-P-A (50 mm carrera) conexion neumatica G1/8 (N°19268 FESTO)
4	2	Tornillo de sujecion	Sistema de sujecion 52 mm

<b>NOTE:</b> A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros	
DRAWN Andres GH & Dario VB 16/12/2014	CHECKED Andres GH & Dario VB 16/12/2014 QA
MFG Andres GH & Dario VB 16/12/2014	APPROVED Andres GH & Dario VB 16/12/2014
APPROVED Andres GH & Dario VB 16/12/2014	SCALE A2
TITLE "UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	DWG NAME SOPORTE Y ACCESORIOS 3
SIZE A2	REV 1
SHEET 5 OF 12	1





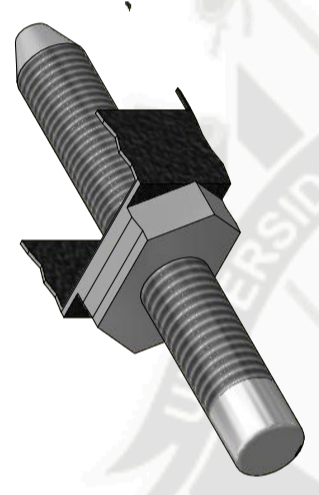
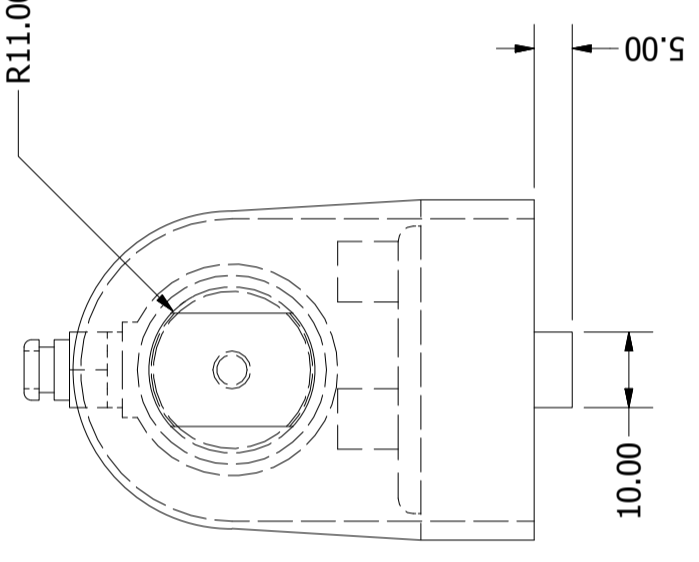
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Posadera	Aluminio AL1000
2	1	Perfil L	Soporte de aluminio AL1000
3	1	Cilindro Simple efecto	ESNU-20-50-P-A (50 mm carrera) conexion neumatica G1/8 (N°19268 FESTO)
4	1	Electroválvula	Electroválvula 3/2 cerrada monoestable MEH-3/2-1/8-P-B (N°173126 FESTO)
5	1	Tornillo de sujecion	Sistema de sujecion 52 mm

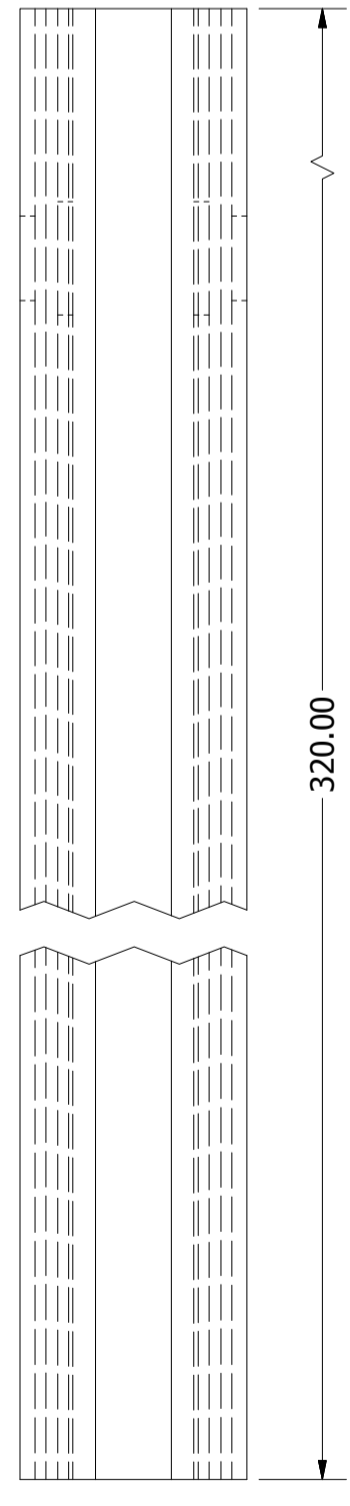
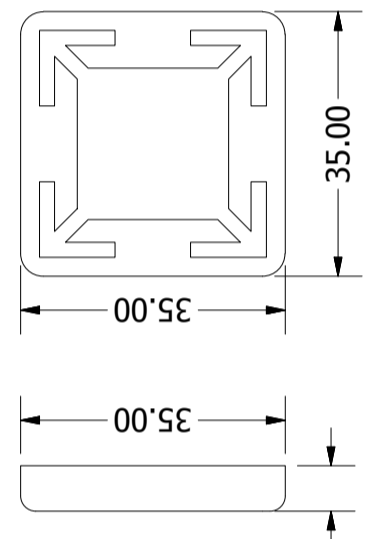
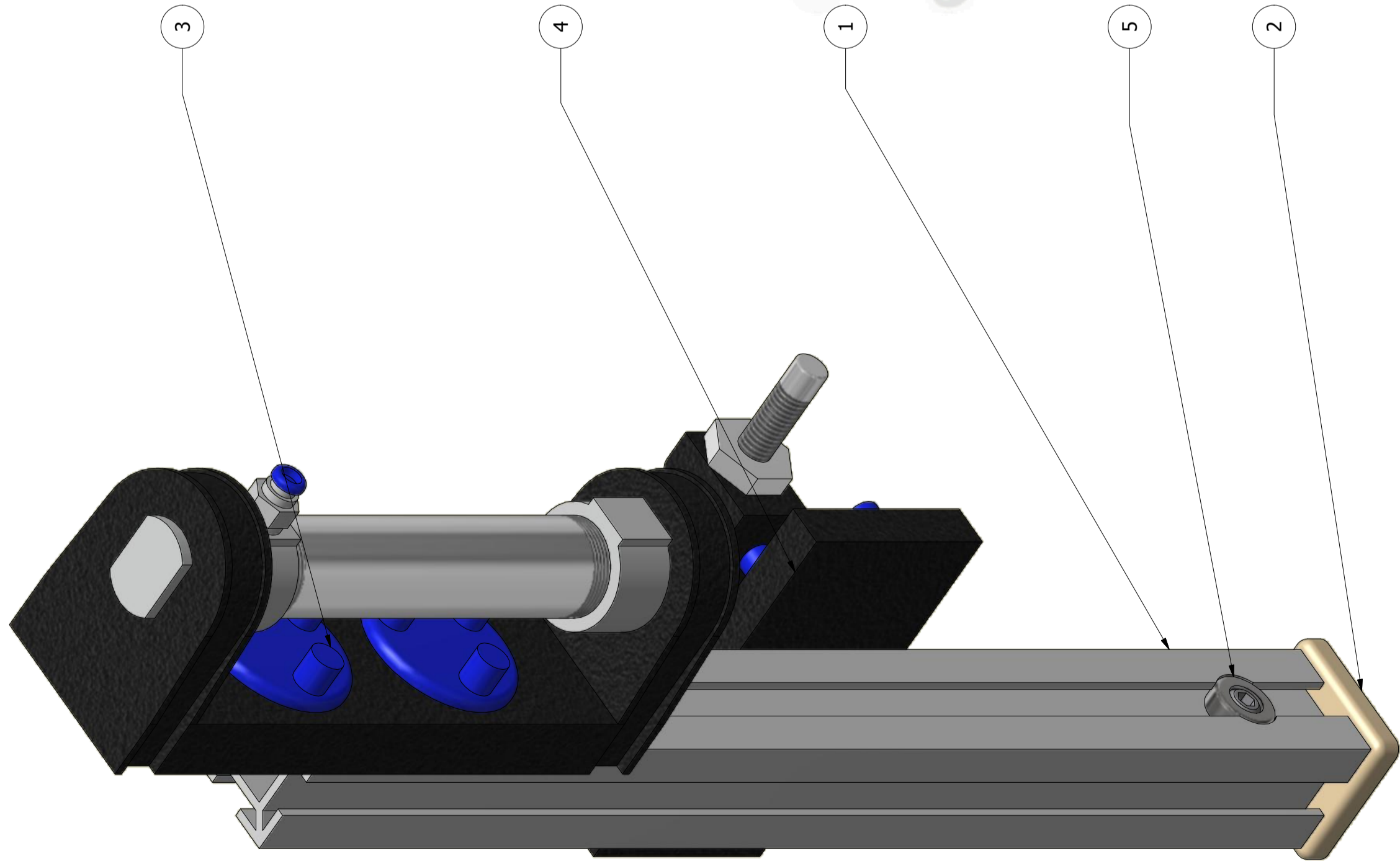
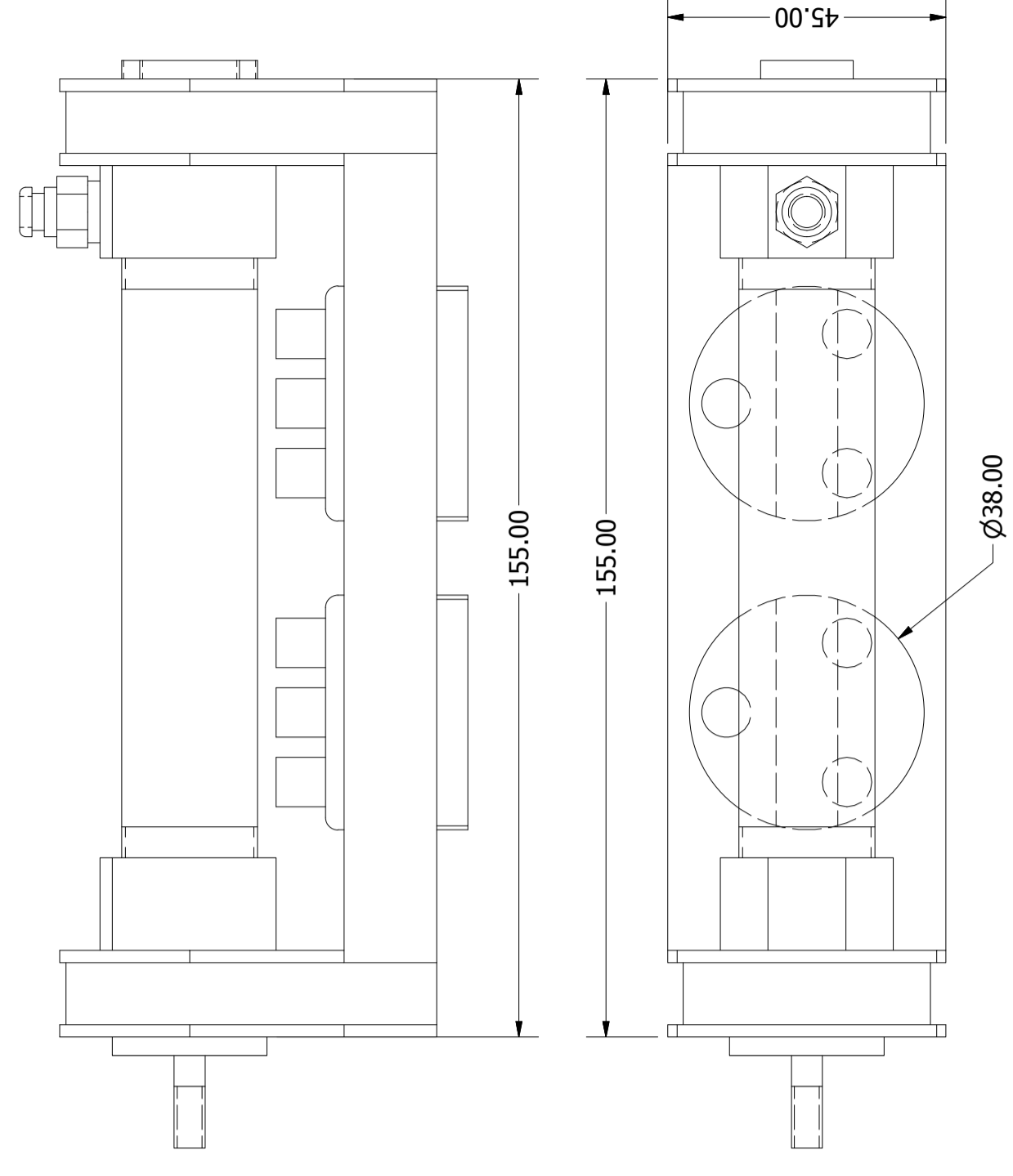
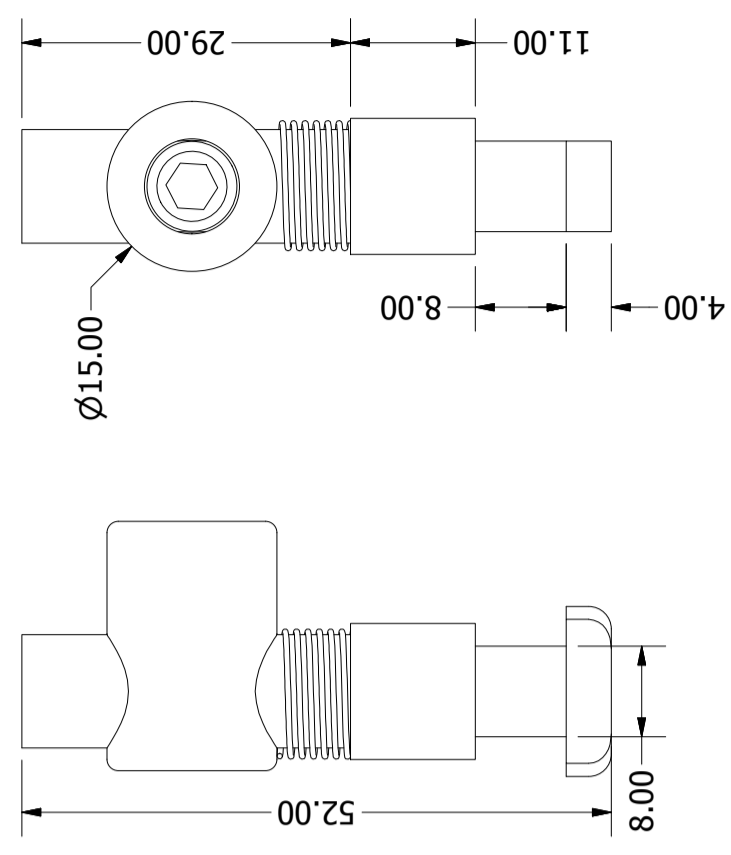
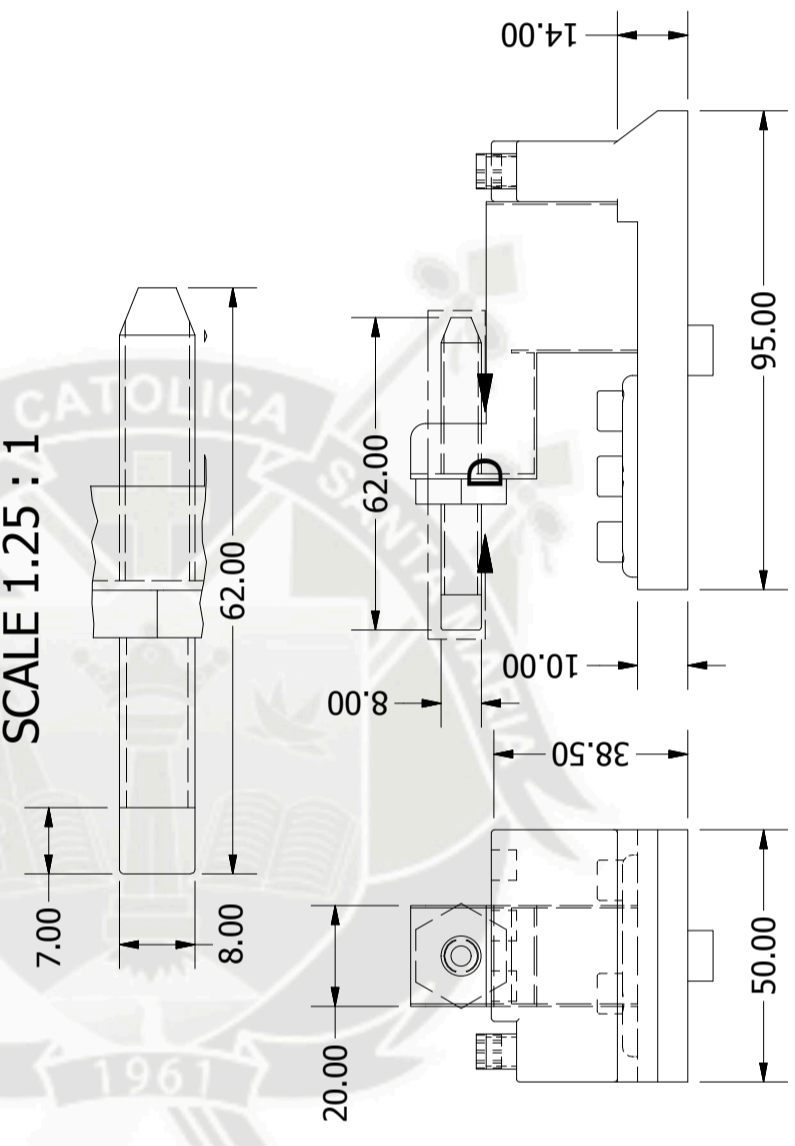
NOTE:	A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros
DRAWN	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
CHECKED	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
QA	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
MFG	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
APPROVED	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
REV	1

PARTS LIST		DESCRIPTION	
1	2	2	1
TITLE		"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"	
DRAWN		"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
CHECKED		"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
QA		"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
MFG		"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
APPROVED		"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
SIZE	DWG NAME	SOPORTE Y ACCESORIOS 4	1
A2	SCALE	SHEET 6	OF 12



DETAIL D  
SCALE 1.25 : 1



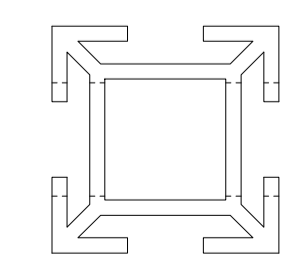
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Perfil	SopORTE de aluminio AL1000 32cm
2	1	Posadera	aluminio AL1000
3	1	Cilindro Simple efecto	ESNU-20-50-P-A (50 mm carrera) conexion neumatica G1/8 (N°19268 FESTO)
4	1	Sensor optico	Sensor de reflexion directa SOEG-RT-M12-PS-K-L (optoelectronico) (N° 165338 FESTO)
5	1	Tornillo de sujecion	Sistema de sujecion 52 mm

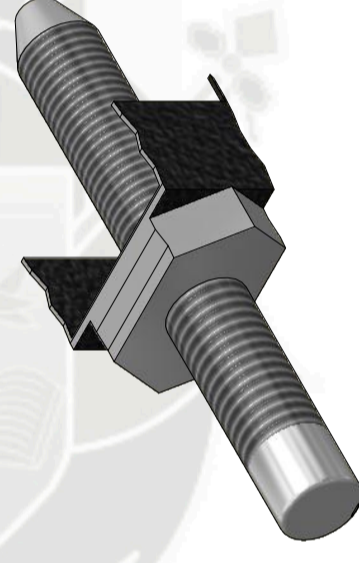
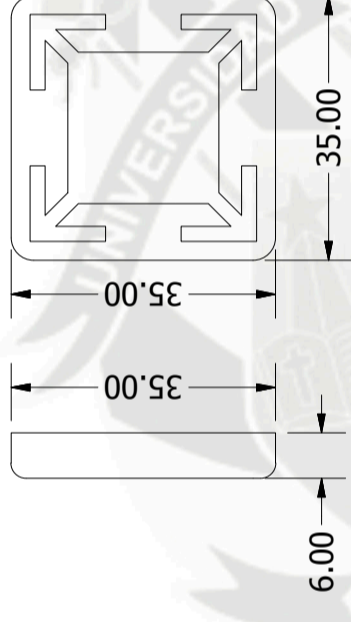
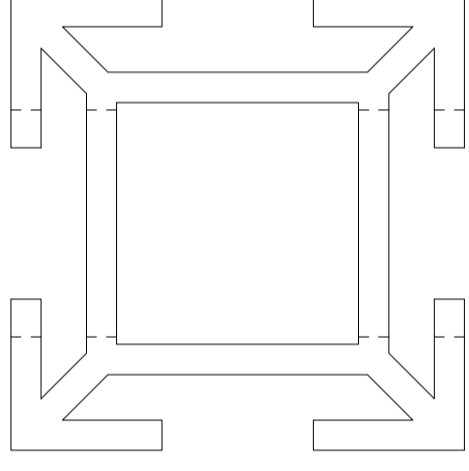
  

NOTE: A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros	
DRAWN	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
CHECKED	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
QA	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
MFG	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
APPROVED	Andres GH & Dario VB 16/12/2014
3	Andres GH & Dario VB 16/12/2014

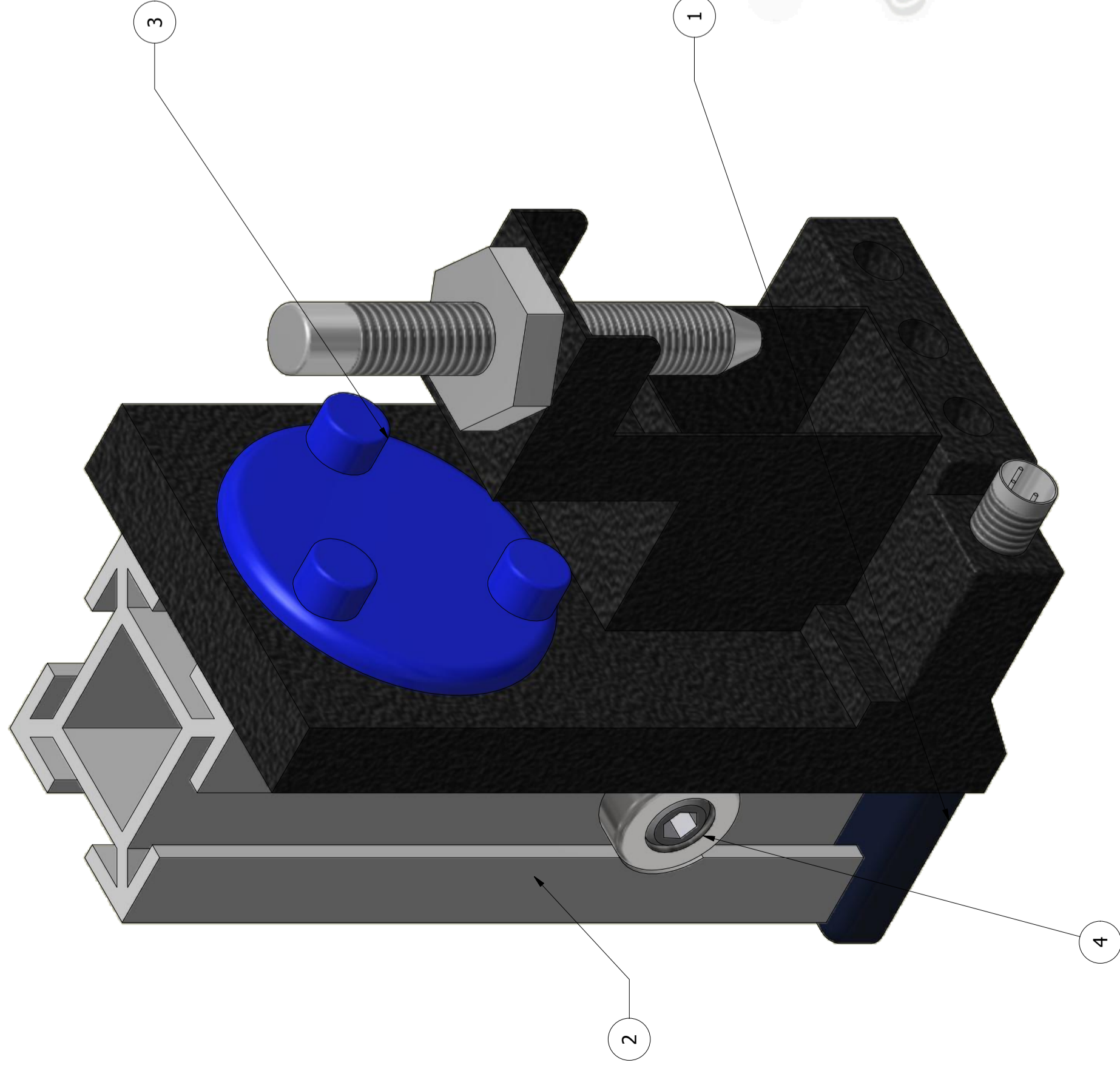
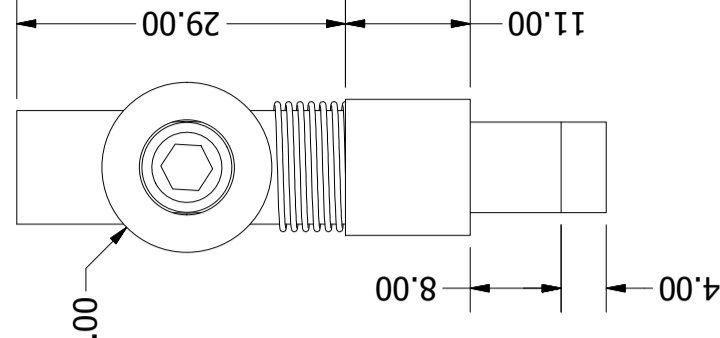
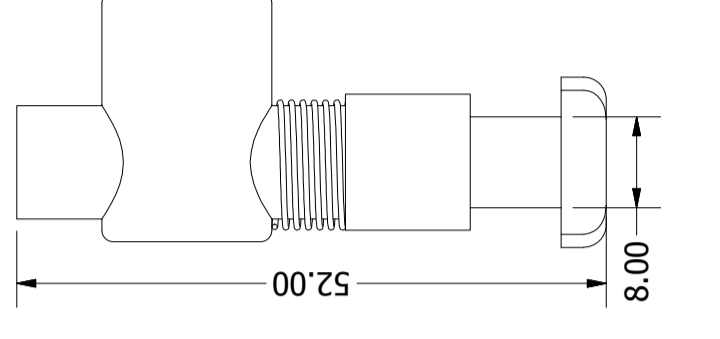
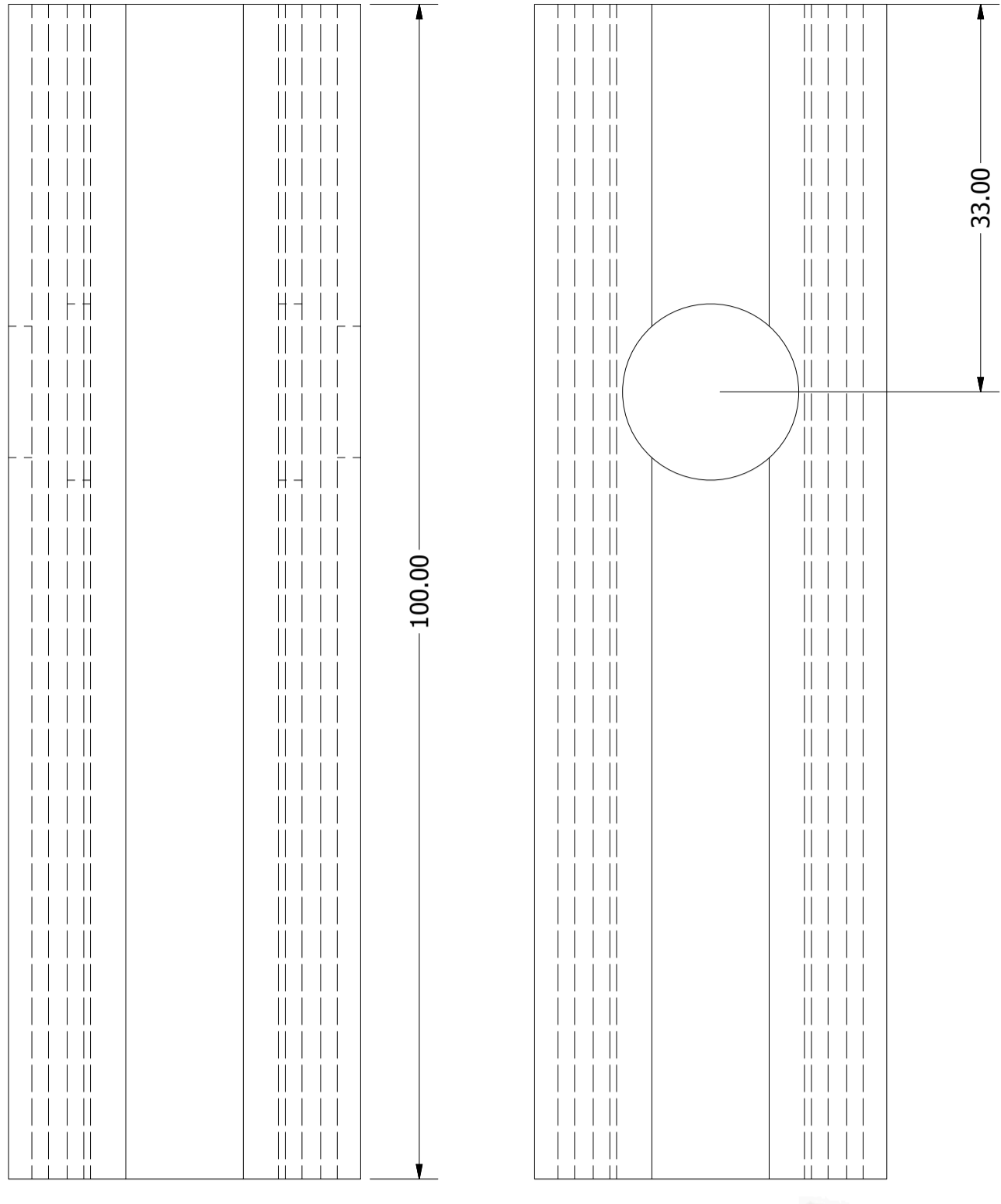
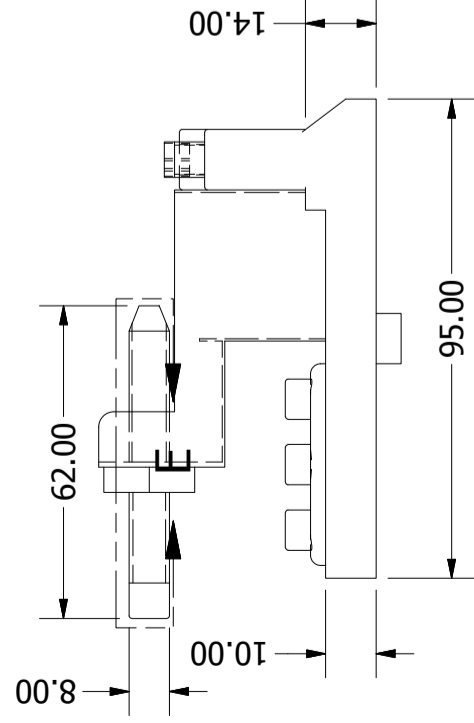
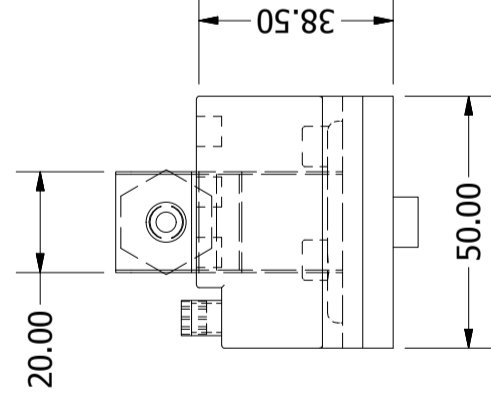
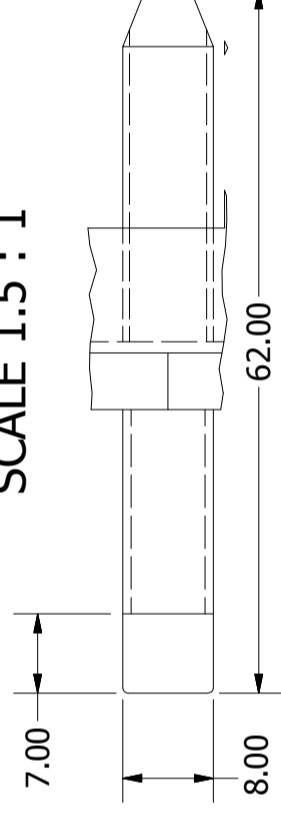
  

PARTS LIST	
TITLE	
"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"	
SIZE	DWG NAME
A2	SOPORTE Y ACCESORIOS 5
SCALE	SHEET 7 OF 12
1	1

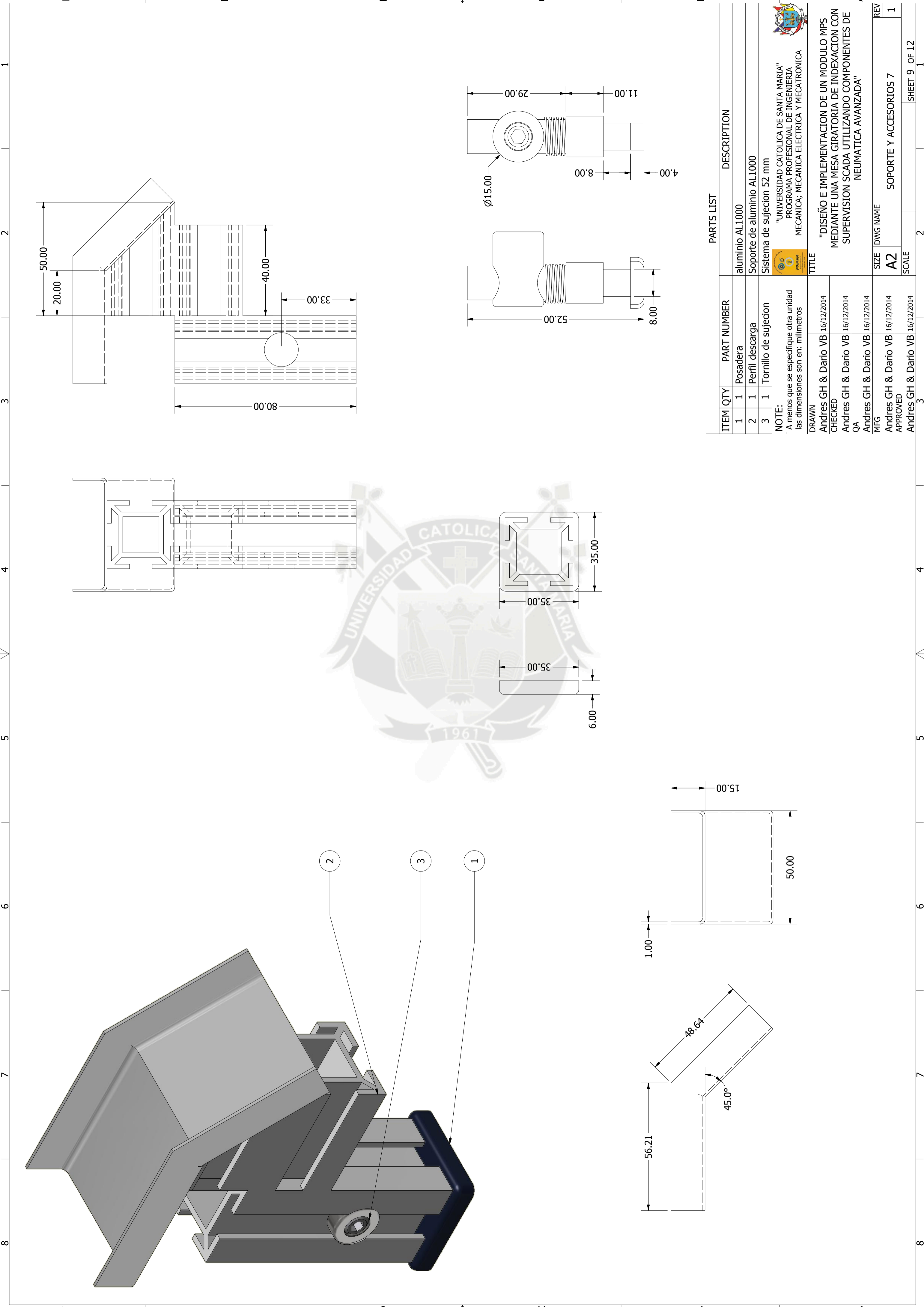




DETAIL E  
SCALE 1.5 : 1



PARTS LIST		DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Posadera
2	1	Perfil
3	1	Sensor optico
4	1	Tornillo de sujecion
NOTE: A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros		
DRAWN	"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	
CHECKED	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
APPROVED	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
TITLE		
"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"		
SIZE	DWG NAME	REV
A2	SOPORTE Y ACCESORIOS 6	1
SCALE	SHEET 8 OF 12	



ITEM QTY		PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Posadera	aluminio AL1000
2	1	Perfil descarga	SopORTE de aluminio AL1000
3	1	Tornillo de sujecion	Sistema de sujecion 52 mm

NOTE:  
A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros

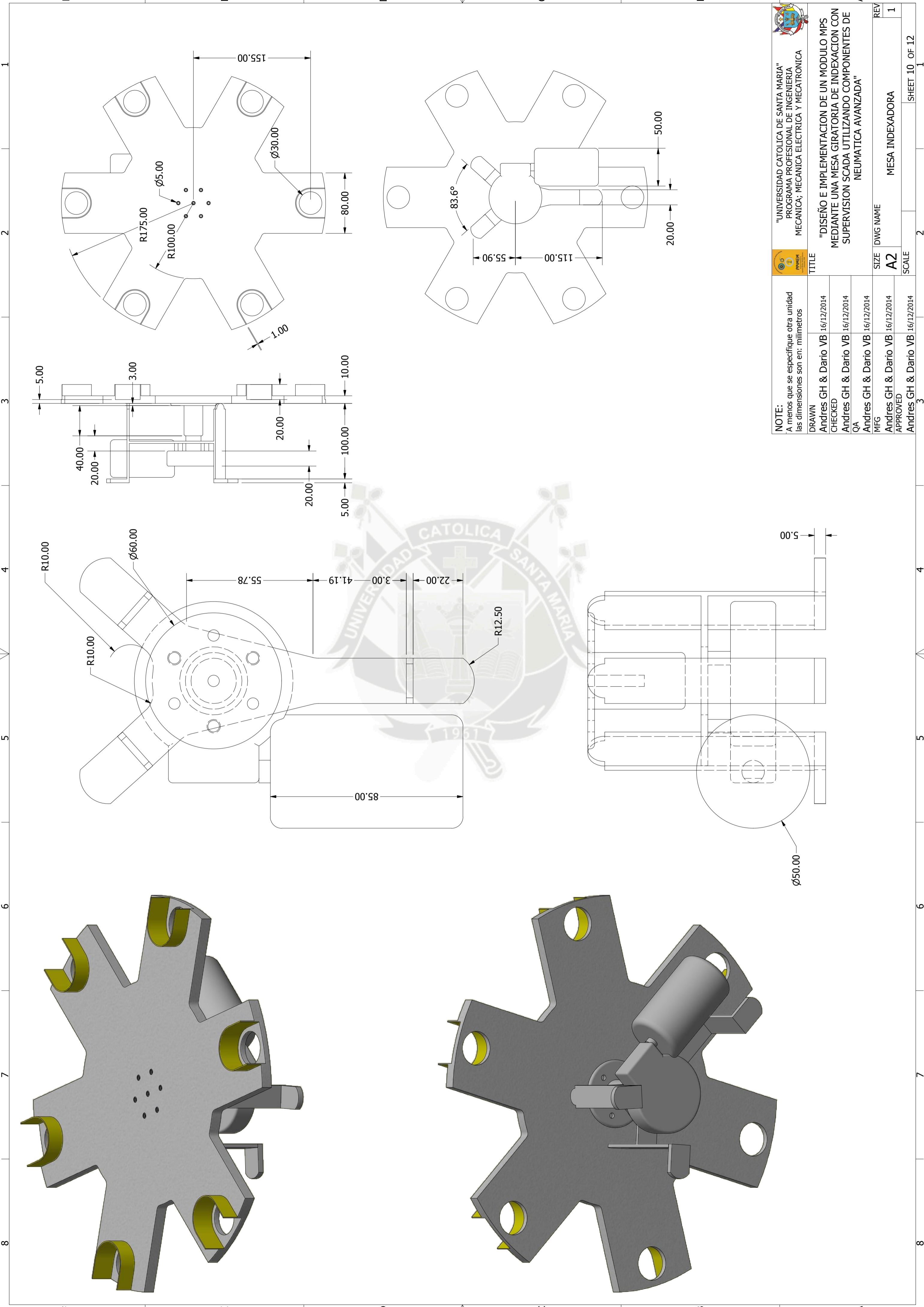
DRAWN	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
CHECKED		
APPROVED	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
MFG	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
REV	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
1		

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

TITLE  
"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"

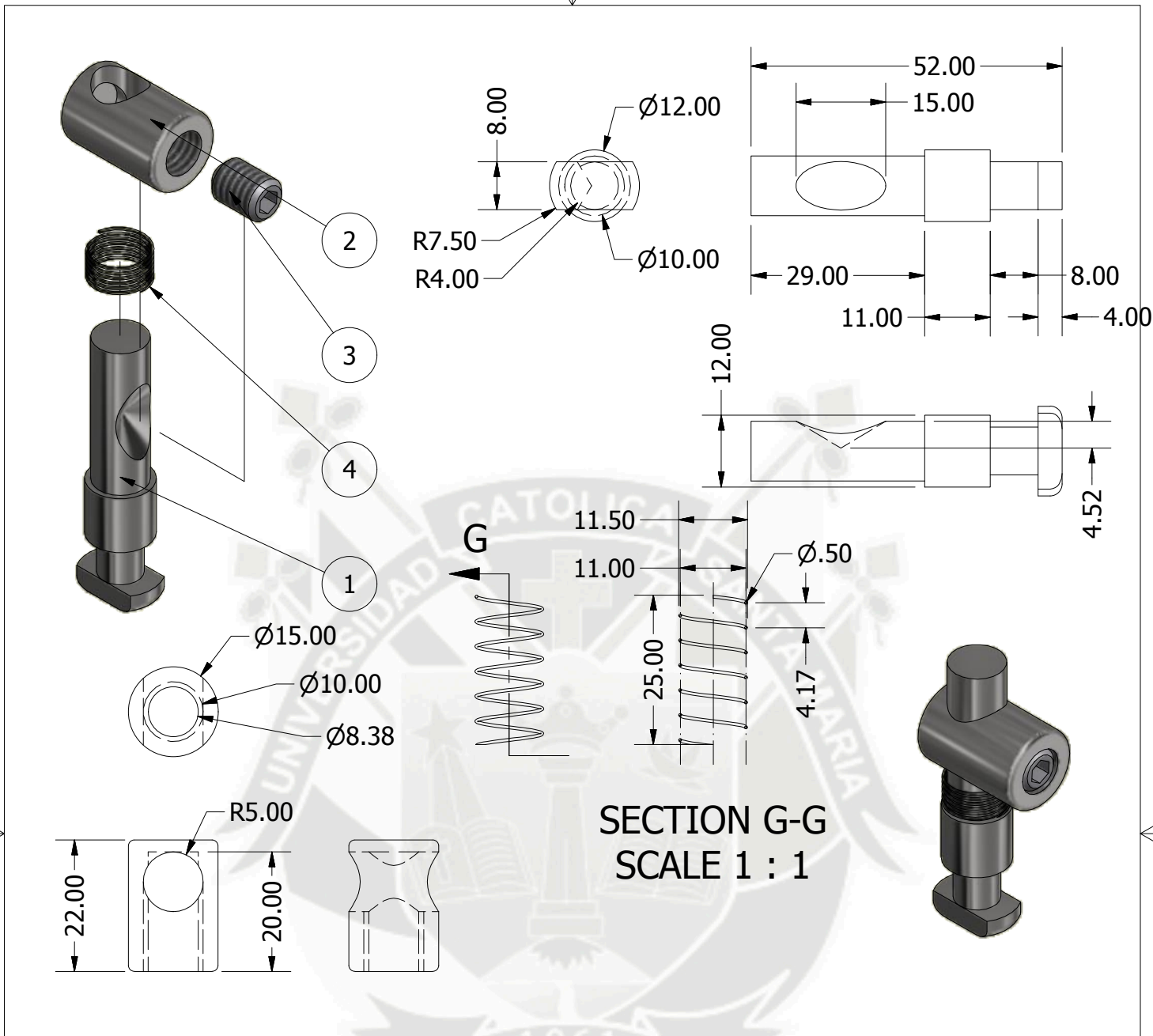
SIZE: A2  
DWG NAME: SOPORTE Y ACCESORIOS 7  
SCALE: 1

SHEET 9 OF 12



<p>"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA" PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA</p>		<p>TITLE</p>	
<p>NOTE: A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros</p>		<p>"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"</p>	
DRAWN	Andres GH & Dario VB	DATE	16/12/2014
CHECKED	Andres GH & Dario VB	DATE	16/12/2014
QA	Andres GH & Dario VB	DATE	16/12/2014
MFG	Andres GH & Dario VB	DATE	16/12/2014
APPROVED	Andres GH & Dario VB	DATE	16/12/2014
SCALE	3	SCALE	3
SIZE	A2	DWG NAME	MESA INDEXADORA
REV	1	REV	1
SHEET 10 OF 12		1	



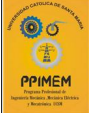


SECTION G-G  
SCALE 1 : 1

PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Pin de sujecion	52 mm acero A36
2	1	Cabeza apriete	22 mm con rosca interna M10, agujero guia
3	1	Perno prisionero	Hexagon Socket Set Screw - Cup Point ANSI B18.3 - 5/16-18 UNC x 0.44
4	1	Muele	25 mm extendido,

NOTE:  
A menos que se especifique otra unidad las dimensiones son en: milímetros



"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA"  
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
MECANICA; MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA



DRAWN	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
CHECKED	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
QA	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
MFG	Andres GH & Dario VB	16/12/2014
APPROVED	Andres GH & Dario VB	16/12/2014

TITLE		SHEET 12 OF 12
"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO MPS MEDIANTE UNA MESA GIRATORIA DE INDEXACION CON SUPERVISION SCADA UTILIZANDO COMPONENTES DE NEUMATICA AVANZADA"		
SIZE	DWG NAME	REV
A4		1
SCALE		