



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA PARA ACOPLAR AL SISTEMA DE MONTAJE CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA EIS”

TESIS DE GRADO

Previa obtención del título de:

INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS

PRESENTADO POR:

IRMA EDITH RODRÍGUEZ BALSECA

ORLANDO GERMÁN RODRIGUEZ BALSECA

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

En el presente trabajo se ha plasmado los conocimientos adquiridos durante la carrera, queremos agradecer a nuestros maestros en especial a los Ingenieros:

Marco Viteri y Raúl Rosero, Director y Miembro de Tesis de Grado, quienes han sabido guiarnos para poder alcanzar los objetivos propuestos.

Queremos también agradecer a la ESPOCH, donde compartimos momentos inolvidables y recuerdos que permanecerán siempre en nosotros.

Irma Edith Rodríguez Balseca

Orlando Germán Rodríguez Balseca

Quiero dedicar este trabajo a Dios quien con su infinita gracia me ha permitido culminar una etapa muy importante en mi vida, a mi madre María quien me ayudó para emprender este camino. A mi hija Karen que vino a iluminar mi vida con su presencia y su alegría. Y en especial a mi esposo Williams Noboa por ser un gran hombre ya que permaneció en todo momento apoyándome de forma incondicional para poder ser ahora una triunfadora. A mis hermanos, en especial a Orlando que fue un amigo, compañero y una parte clave en la culminación de mi carrera.

Irma Edith Rodríguez Balseca

Dedico este presente trabajo a mi querida madre María que con su gran amor y apoyo incondicional permitió culminar una etapa muy importante de mi vida. A mi hermano Carlos y a mis hermanas Adela, Mercy, Irma y Adriana que cada instante permanecían a mi lado apoyándome. Especialmente a mi hermana Irma por ser mi compañera de estudio y amiga en la experiencia universitaria.

Orlando Germán Rodríguez Balseca

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Raúl Rosero DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA EN SISTEMAS
Ing. Marco Viteri B. DIRECTOR DE TESIS
Ing. Raúl Rosero MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tlgo. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

“Nosotros, Irma Edith Rodríguez Balseca y Orlando Germán Rodríguez Balseca somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

FIRMAS:

Irma Edith Rodríguez
Balseca

Orlando Germán Rodríguez
Balseca

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CNC	Control Numérico Computarizado
E/S	Entrada/Salida
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
GRAFCET	Graphe de Comande Etape Transition Gráfico Funcional de Control de Etapas
IEC	International Electrotechnical Commision La Comisión Electrotécnica Internacional
IL	Instructions List Lista de instrucciones
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench Banco de Trabajo de un Laboratorio para diseñar instrumentos virtuales
LD	Ladder diagram Diagrama de contactos
MSF	Microsoft Solution Framework
PLC	Programmable Logic Controllers Controlador Lógico Programable
RTD	Resistance Temperature Detector
SCADA	Supervisory Control And Data Adquisition Control Supervisión y adquisición de datos
SPA	Sensor Palet Almacén

SPT Sensor Palet Transferencia

SRS Software Requirements Specifications
Especificaciones de Requerimientos de Software

WWW World Wide Web
Telaraña Mundial de Ordenadores

Índice General

ÍNDICE DE ABREVIATURAS	7
Índice General	9
Índice de Figuras	12
Índice de tablas	15
CAPITULO I	17
1. MARCO REFERENCIAL	17
1.1. ANTECEDENTES	17
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS	18
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	18
1.2.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. Objetivo General:	19
1.3.2. Objetivos Específicos:	19
1.4. HIPOTESIS	20
CAPÍTULO II	21
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Introducción	21
2.2. Líneas transfer	22
2.3. Objetivos de las líneas de Transferencia.	23
2.4. Tipos de Líneas de transferencia	23
2.5. Ventajas y desventajas de la Línea de Transferencia.	25
2.6. Métodos de Transporte de Piezas de Trabajo	25
CAPÍTULO III	28
3. SISTEMAS DE CONTROL	28
3.1. Introducción	28
3.2. Conceptos básicos	29
3.3. Tipos de sistemas de control	31
3.3.1. Sistemas de control de lazo abierto y en lazo cerrado	32
3.3.2. Sistemas de control analógicos y digitales	34
3.3.3. Sistemas cableados y sistemas programados	35

3.3.4.	Tecnologías de los sistemas de control	37
3.4.	Componentes de un sistema de control	40
3.5.	Variables de un sistema de control.....	41
3.6.	Sistemas Electroneumáticos.....	42
3.6.1.	Válvulas	44
3.6.1.1.	Representación simbólica de las válvulas	45
3.6.1.2.	Identificación de los orificios o vías de una válvula	46
3.6.2.	Tipos de válvulas.....	47
3.6.2.1.	Tipos de válvulas según su función en el circuito.....	47
3.6.2.2.	Tipos de válvulas según su accionamiento	48
3.6.3.	Series de válvulas solenoides	52
3.6.4.	Cilindros neumáticos.....	52
3.6.5.	Tipos de cilindros	53
3.7.	Sistemas Sensóricos	63
3.7.1.	Sensor.....	63
3.7.2.	Tipos de sensores	65
3.8.	Funcionamiento de los sensores.....	75
3.9.	Herramientas de programación para PLC	76
CAPÍTULO IV.....		80
4.	SISTEMA DE TRANSFERENCIA.....	80
4.2.2.	Aplicación de la Metodología para el Sistema de Transferencia.	84
4.2.2.1.	Fase 1 - Visión y alcance	84
4.2.2.2.	Fase 2 - Planificación	104
4.2.2.3.	Fase 3 - Estabilización (Desarrollo).....	105
4.2.2.4.	Fase 4 - Implementación	115
4.3.	Monitoreo del Sistema de Transferencia.....	118
4.3.1.	Análisis de los paquetes capturados	126
4.4.	Comprobación de Hipótesis.	128
4.4.1.	Análisis Cuantitativo.....	128
5.	CONCLUSIONES	132
6.	RECOMENDACIONES	133
7.	RESUMEN.....	134
8.	SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.

9. GLOSARIO.....	136
10. BIBLIOGRAFÍA.....	139

Índice de Figuras

Fig. N° 2.1 Líneas de Transferencia Lineal y Rotary.....	23
Fig. N° 2.2 Rotary	24
Fig. N° 3.1 Esquema general de un sistema.....	29
Fig. N° 3.2 Esquema general de un Sistema de Control	30
Fig. N° 3.3 Sistema de control en Lazo Abierto	32
Fig. N° 3.4 Sistemas de control en Lazo Cerrado	33
Fig. N° 3.5 Tecnología de automatización.....	38
Fig. N° 3.6 Esquema de bloques de un sistema de control	40
Fig. N° 3.7 Símbolo de las válvulas	45
Fig. N° 3.8 Representación del tipo de mando.....	46
Fig. N° 3.9 Válvulas de presión	47
Fig. N° 3.10 Válvula de accionamiento manual	48
Fig. N° 3.11 Válvulas de accionamiento mecánico	49
Fig. N° 3.12 Válvulas de accionamiento neumático	50
Fig. N° 3.13 Movimiento lineal de un cilindro	53
Fig. N° 3.14 Funcionamiento de un cilindro de Simple Efecto	54
Fig. N° 3.15 Funcionamiento de un cilindro neumático de doble efecto.....	54
Fig. N° 3.16 Cilindro de simple efecto tipo “dentro”.....	55
Fig. N° 3.17 Simbología normalizada. Cilindro de simple efecto	56
Fig. N° 3.18 Simple efecto “tradicional”, normalmente dentro	56
Fig. N° 3.19 Simple efecto con guiado y camisa plana, normalmente fuera	57
Fig. N° 3.20 Compacto simple efecto	57
Fig. N° 3.21 Micro cilindro efecto simple	57
Fig. N° 3.22 Cilindro de doble efecto	58
Fig. N° 3.23 Utilización de dos electroválvulas en los cilindros de doble efecto.	58
Fig. N° 3.24 Cilindro de doble efecto	59
Fig. N° 3.25 Partes de un cilindro de doble efecto.....	61
Fig. N° 3.26 Selección de cilindros. Simple/doble efecto.....	62
Fig. N° 3.27 Sensores de humedad	67
Fig. N° 3.28 Sensor Resistivo	67
Fig. N° 3.29 Sensor capacitivo HC201	68
Fig. N° 3.30 Piel robótica.....	69
Fig. N° 3.31 Sensor de presión	69
Fig. N° 3.32 Esquema del interior de algunos sensores de presión	71
Fig. N° 3.33 Sensores de proximidad.....	72
Fig. N° 3.34 Sensores RTD.....	73
Fig. N° 3.35 Sensor termocupla	74
Fig. N° 3.36 Sensores magnéticos	74
Fig. N° 3.37 Un sensor de Efecto Hall.....	75
Fig. N° 3.38 Paquetes de Zelio Soft.....	77
Fig. N° 3.39 Pantalla de programación TwidoSuite.....	78
Fig. N° 4.1 Fases de los ciclos MSF	82

Fig. N° 4.2 Modelo de equipos	83
Fig. N° 4.3 Estructura de aluminio	87
Fig. N° 4.4 Sensor CS1-G.....	88
Fig. N° 4.5 PLC TWDLCAA24DRF.....	89
Fig. N° 4.6 Varias borneras.....	90
Fig. N° 4.7 Varias borneras.....	91
Fig. N° 4.8 Circuito eléctrico de la bornera de tres pisos	91
Fig. N° 4.9 Sensor inductivo.....	92
Fig. N° 4.10 Cilindros NORGREN.....	92
Fig. N° 4.11 Movimientos de un piñón y una cremallera	93
Fig. N° 4.12 Motor acoplado a la banda transportadora	94
Fig. N° 4.13 Caso de Uso de Nivel 0	105
Fig. N° 4.14 Caso de Uso Nivel 1	106
Fig. N° 4.15 Diagrama de Secuencia	107
Fig. N° 4.16 Etapas y transición en un Grafcet.....	108
Fig. N° 4.17 Elementos de un Grafcet	108
Fig. N° 4.18 Gafcet del Sistema de Transferencia	109
Fig. N° 4.19 Indicador de los valores de las variables	110
Fig. N° 4.20 Asignación de E/S en Twido	113
Fig. N° 4.21 Esquema final del sistema de Transferencia	115
Fig. N° 4.22 Sistema de Transferencia preliminar	116
Fig. N° 4.23 Comprobación del engranaje para el giro.....	117
Fig. N° 4.24 Banda transportadora del sistema de Transferencia	118
Fig. N° 4.25 Portada del sistema en Lookout.....	118
Fig. N° 4.26 Menú del sistema.....	119
Fig. N° 4.27 Sistema de transferencia.....	119
Fig. N° 4.28 Motor del codo encendido.....	120
Fig. N° 4.29 Motor del módulo de transferencia encendido	120
Fig. N° 4.30 Giro de la banda del módulo de transferencia	121
Fig. N° 4.31 Módulo de almacenamiento levantado.....	121
Fig. N° 4.32 Motores encendidos del módulo de transferencia y banda.....	122
Fig. N° 4.33 Módulo de transferencia inactivo	122
Fig. N° 4.34 Modulo activo y motor encendido.....	123
Fig. N° 4.35 Banda del módulo con un giro de 90 grados	123
Fig. N° 4.36 Módulo inactivo y motor apagado.....	124
Fig. N° 4.37 Módulo inactivo sin señal en el sensor.....	124
Fig. N° 4.38 Módulo activo y cilindros en retroceso	125
Fig. N° 4.39 Cilindros del módulo en avance	125
Fig. N° 4.40 Datos estadísticos desde Lookout.....	126
Fig. N° 4.41 Paquetes capturados con Wireshark	127
Fig. N° 4.42 Puertos de origen y destino	127
Fig. N° 4.43 Valoración de cada pregunta para los criterios del Ing. Humberto Matheu	130
Fig. N° 4.44 Valoración de cada pregunta para los criterios del Dr. Marco Haro	131

Fig. N° 4.45 Valoración de cada pregunta para los criterios del Ing. Pablo Montalvo 131

Índice de tablas

Tabla III-1 Identificación de los orificios de una válvula	47
Tabla IV-1 Especificaciones del Sensor	88
Tabla IV-2 Características del PLC TWDLMDA20DTK	89
Tabla IV-3 Rango y valores de la probabilidad	94
Tabla IV-4 Listado de Riegos	95
Tabla IV-5 Probabilidad e impacto para cada riesgo	96
Tabla IV-6 Exposición al riesgo	96
Tabla IV-7 Hoja de información del riesgo 4	97
Tabla IV-8 Hoja de información del riesgo 5	98
Tabla IV-9 Hoja de información del riesgo 6	99
Tabla IV-10 Hoja de información del riesgo 1	100
Tabla IV-11 Detalles de Rol de usuario 1	101
Tabla IV-12 Detalles de Rol de usuario 2	102
Tabla IV-13 Detalles de Rol de usuario 3	103
Tabla IV-14 Detalles de Rol de usuario 4	104
Tabla IV-15 Entradas asignadas al PLC	112
Tabla IV-16 Tabla de símbolos y direcciones para las salidas	112
Tabla IV-17 Tabla de símbolos y direcciones para las entradas	113
Tabla IV-18 Lista de verificación de la implementación	115
Tabla IV-19 Parámetros de calificación Análisis Cuantitativo	128
Tabla IV-20 Resultado del Análisis Cuantitativo	129

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial es una de las áreas dentro de la formación de un ingeniero en sistemas por cuanto se debe considerar su estudio y utilización de este conocimiento para poder realizar procesos enmarcados a una producción de alta calidad.

Dentro de las secciones que tiene esta línea de estudio, se encuentra la programación de los procesos que se presentan en la elaboración de productos de forma automatizada. Sin dejar de lado los equipos necesarios para la elaboración de los diversos sistemas, aplicando las tecnologías de: controladores lógicos programables, actuadores neumáticos, electroválvulas.

El desarrollo de un sistema de transferencia requiere que se muestre el mismo mediante un graficet que nos indica de forma gráfica la secuencia que deben seguir, como el comportamiento que tendrá este sistema.

El contenido de esta tesis está estructurado en cinco capítulos, el **Capítulo I** proporciona los antecedentes y objetivos de la tesis, el **Capítulo II** contiene la información sobre las líneas de transferencia, el **Capítulo III** se describe el sistema de control, el **Capítulo IV** se desarrolla el Sistema de transferencia y el Análisis de Resultados.

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

Para transferir materiales de una etapa a otra del proceso, se requiere un manejo suave. Y no hay nada que pueda igualar la versatilidad de los sistemas de Transferencia para esta función. Estos Transportadores ofrecen confiabilidad, escasa necesidad de mantenimiento y baja transmisión de la vibración, y funcionan con accionamiento vibratorio tradicional o lineal con deslizamiento.

Los sistemas de Transferencia están en uso en todo el mundo, construyendo la ruta de conexión entre los diferentes nodos de valor agregado dentro de cada planta donde para la transferencia de materiales pueden utilizar “balines” fijas o emergentes, almohadillas emergentes, insertos de rodillos o ruedas de inserto empotradas en una superficie de trabajo para ayudar en el manejo ergonómico o Transferencia de un producto laboral. Pueden usarse en una estación de trabajo autónoma, en estaciones de trabajo adyacentes cuando se transfiere el producto entre ellas o entre estaciones de trabajo.

Siendo generalmente menos costosas y más específicas para la tarea de los transportadores, las superficies de Transferencia de materiales están diseñadas comúnmente según los productos que se van a elaborar o manipular en la estación de trabajo.

Tomando en cuenta que los sistemas antes mencionados son muy importantes para un buen desarrollo de los procesos de producción y que además integrados con otros sistemas mejorarán su funcionamiento, el laboratorio de Automatización tiene un sistema de montaje que requiere de un sistema de Transferencia para tener un mejor control de los materiales ayudando en la producción con menor tiempo y por ende productos de calidad.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Los sistemas de Transferencia deben ser integrados para poder obtener los resultados más óptimos para los cuales son diseñados y creados. En los laboratorios de automatización se debe mantener un control dentro de todo el proceso con lo cual los objetivos por los que fueron desarrollados se puedan verificar.

Para proporcionar mayor flexibilidad dentro del proceso debemos establecer parámetros de control los cuales nos indicarán si el sistema de Transferencia se encuentra acoplado de forma efectiva al sistema de montaje.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La integración de un sistema de Transferencia al sistema de montaje del laboratorio de automatización nos ayudará a resolver algunos de los problemas existentes en la actualidad ya que nos permitirá verificar que un producto que no esté bien elaborado sea descartado de la producción y al final no sea necesario verificar de forma manual cada

uno de ellos va a ver si está bien elaborado o si un material determinado por el proceso deba esperar para continuar con su fabricación.

Estos sistemas son requeridos para automatizar y facilitar el trabajo de muchas de las empresas en el desarrollo de la producción, es por ello que en el laboratorio de la EIS el sistema de Transferencia a desarrollar se integrará con el actual sistema de montaje en dicho laboratorio mejorando significativamente los procesos para los cuales va a ser creado.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General:

- Diseñar e implementar y programar un sistema de Transferencia para acoplar al sistema de montaje con la finalidad de mejorar los procesos y verificar que sean de calidad y en secuencia apropiada.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Investigar los sistemas de Transferencia que se utilizan dentro de procesos de automatización.
- Determinar que herramientas de programación son las más útiles para el desarrollo de módulos de los sistemas de Transferencia.
- Realizar la integración entre un sistema de montaje y el sistema de Transferencia.
- Controlar el proceso automatizado por medio de módulos para el funcionamiento del sistema de Transferencia y HMI SCADA.
- Controlar a través de la red Ethernet los procesos.

1.4. HIPOTESIS

El diseño e implementación de un sistema de Transferencia que se acoplará al sistema de montaje permitirá mejorar los procesos verificando que los productos sean de calidad y en secuencia apropiada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

En este capítulo hace referencia a una de las formas más productivas, eficientes y estables que son utilizadas tanto en grandes procesos de producción como en pequeños debido a la confiabilidad que presenta.

Las líneas de transferencia muestran su flexibilidad, ventajas y desventajas al momento de su utilización específica, además los diferentes métodos de transportar las piezas de trabajo en el proceso de producción actual.

2.2. Líneas transfer

En una línea de transferencia los materiales fluyen de una estación de trabajo a la siguiente de manera secuencial. Debido a la dependencia serial de la línea de Transferencia, la tasa de producción para la línea es controlada por la operación más lenta. Una línea de Transferencia es un ejemplo de automatización rígida.

Las líneas de Transferencia se suelen utilizar para producción de altos volúmenes y son muy cotizadas. En las líneas muy automatizadas se igualan las tasas de procesamiento de las máquinas individuales, de modo que suele no ser necesario un almacenamiento en áreas intermedias entre las máquinas; o bien, si hay almacenamiento en áreas intermedias sería ante las posibles descomposturas de las máquinas.

Las estaciones de trabajo que hacen trabajo de maquinado pueden ser acomodadas en una configuración “en línea” o “en línea segmentada”. Las piezas de estas estaciones se mueven entre estaciones por mecanismos de Transferencia, como un sistema de vigas caminadoras.

Este sistema de líneas de transferencia es el más automatizado y productivo en términos de el número de operaciones que pueden realizar. Es también el sistema más caro. Las líneas de Transferencia pueden incluir varias estaciones de trabajo, pero la confiabilidad del sistema baja cuando el número de estaciones aumenta.

En los últimos años, las líneas de Transferencia han sido diseñadas para facilitar el cambio de producto y permitir que se produzcan diferentes partes en la misma línea.

Las estaciones de trabajo en estas líneas consisten en una combinación de herramientas fijas y máquinas CNC¹, para que las diferencias en los productos puedan ser realizadas por las estaciones de CNC, mientras las operaciones comunes son realizadas por estaciones con herramientas fijas.

Una línea de flujo automatizada está compuesta de varias máquinas o estaciones de trabajo las cuales están conectadas por dispositivos que transfieren los componentes entre las estaciones según Groover (1990). La Transferencia de componentes se da

¹ CNC, Control Numérico Computarizado

automáticamente y las estaciones de trabajo llevan a cabo automáticamente sus funciones específicas.

2.3. Objetivos de las líneas de Transferencia.

Las líneas de Transferencia son generalmente el más apropiado medio de producción en caso de una producción relativamente estable, grandes demandas y donde el proceso de manufactura requiere mucha mano de obra. Entonces sus principales objetivos son:

- ✓ Reducir el costo de mano de obra.
- ✓ Incrementar la tasa de producción.
- ✓ Reducir el inventario en proceso.
- ✓ Minimizar el manejo de material.
- ✓ Conseguir la especificación de las operaciones.

2.4. Tipos de Líneas de transferencia

Hay actualmente dos formas generales que el flujo de trabajo puede tener. Esas dos configuraciones son en línea y rotarys.

Tipo en Línea.- La configuración en línea (Fig. 2.1) consiste de una secuencia de estaciones de trabajo en arreglo en línea. La línea puede tener ángulos de 90 grados para reorientar la pieza de trabajo, por limitaciones de la distribución de planta y otras razones, pero es considerada configuración en línea.

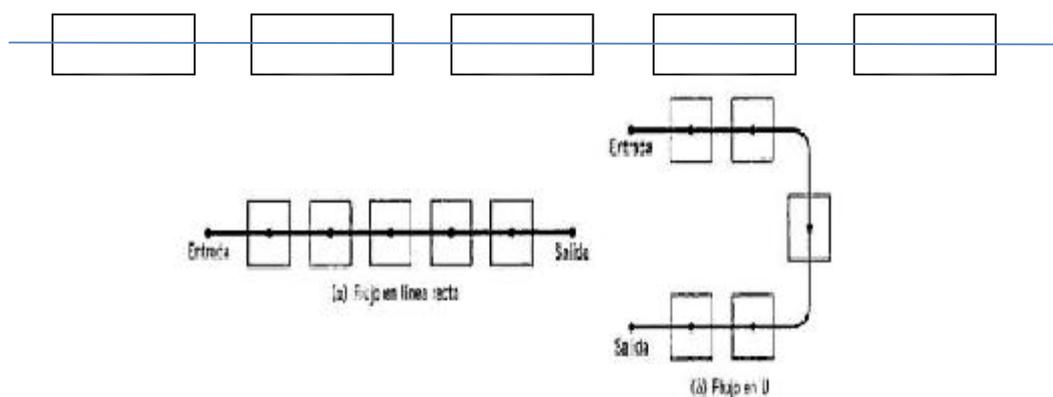


Fig. N° 2.1 Líneas de Transferencia Lineal y Rotary

Tipo Rotary.- La configuración en Rotary (Fig. 2.2), las piezas de trabajo son colocadas alrededor de una tabla circular o disco. Las estaciones de trabajo son estacionarias y usualmente localizadas alrededor de la periferia externa del disco. Las partes se mueven en la tabla rotando y son registradas o posicionadas, en un sentido, en cada estación para su operación de ensamble.

Este tipo de equipo es frecuentemente referido como máquinas de posición y la configuración es mostrada a continuación:

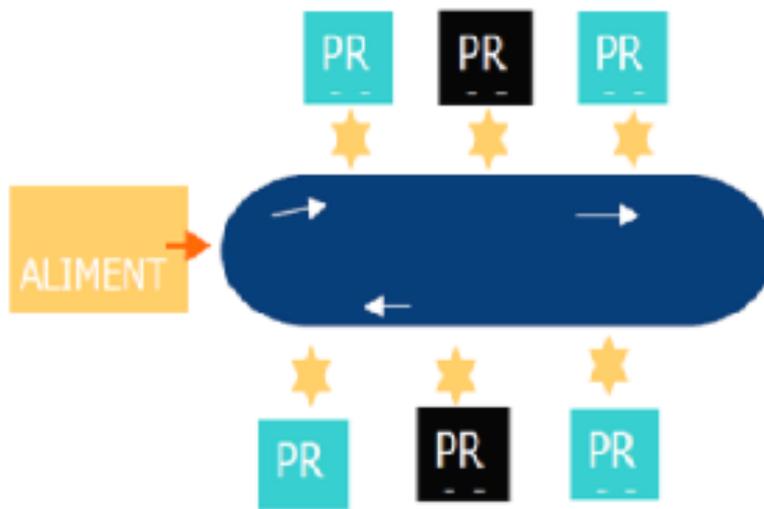


Fig. N° 2.2 Rotary

La selección entre los dos tipos depende de la aplicación. El tipo de rotary es limitado a pequeñas piezas y a pocas estaciones. No hay mucha flexibilidad en el diseño de la configuración del rotary. Por ejemplo, el tipo de disco no permite por si mismo proveer un almacén entre estaciones. Por otro lado, el rotary usualmente envuelve piezas de equipo de bajo costo y regularmente requiere menos espacio en el piso.

El diseño en Línea es preferible para piezas grandes y pueden acomodar un gran número de estaciones de trabajo. Las máquinas en línea pueden fabricar con un almacén para suavizar el efecto de los pasos irregulares.

2.5. Ventajas y desventajas de la Línea de Transferencia.

La línea de Transferencia ofrece tasas de producción no igualadas por otros tipos de sistemas de fabricación.

Sin embargo también posee ciertas desventajas, las cuales son:

- Costo de equipo muy elevado.
- Poco flexible en la cantidad de productos fabricados.
- Disposición no flexible.
- Desviaciones muy grandes en las tasas de producción en caso de fallas del equipo en línea.

El diseño de las líneas de Transferencia incluye tanto a la especificación de las etapas de procesamiento individuales como a la vinculación de las etapas. El rendimiento del sistema depende de la disposición de la planta, la programación de la producción, la confiabilidad de las etapas individuales en términos de variabilidad del procesamiento y fallas en las máquinas y la carga de la línea. La planificación para la línea de Transferencia es relativamente sencilla, el equipo de procesamiento se ordena de acuerdo con la secuencia de procesamiento. Los tamaños de áreas intermedias de almacenamiento entre las estaciones deben establecer y satisfacer por medio de varios tipos de dispositivos de manejo de materiales, como sistemas de almacenamiento vertical o bandas transportadoras en espiral; también se puede aumentar el espacio entre las máquinas para alojar las existencias de las áreas intermedias de almacenamiento.

2.6. Métodos de Transporte de Piezas de Trabajo.

Los mecanismos de Transferencia de las líneas automatizadas no sólo mueven los componentes o ensambles entre estaciones adyacentes, también pueden orientar y localizar las partes en la aposición para su procesamiento en cada estación. Los métodos generales para transportar componentes o piezas de trabajo en líneas automatizadas pueden clasificarse dentro de las siguientes tres categorías:

1. Transferencia continúa.
2. Transferencia intermitente o sincronizada.
3. Transferencia no sincronizada.

Estas tres categorías pueden distinguirse por el tipo de movimiento que se imparte a la pieza de trabajo mediante el mecanismo de Transferencia. El tipo más apropiado para una aplicación dada depende de factores tales como:

- Los tipos de operaciones a ejecutar.
- El número de estaciones en la línea.
- El peso y tamaño de las piezas de trabajo.
- Si se incluyen estaciones manuales.
- Tasa de producción requerida.
- Balanceo de varios tiempos de proceso en la línea.

Transferencia continúa.- Las partes se mueven continuamente a una velocidad constante. Estos sistemas son relativamente fáciles de diseñar y fabricar, y permiten una alta tasa de producción. Ejemplo de su uso: Compañías embotelladoras de bebidas.

Transferencia intermitente.- Las piezas de trabajo son transportadas con un movimiento discontinuo. Las estaciones de trabajo están fijas y las piezas de trabajo son transportadas y localizadas en la posición correcta para su procesamiento. Todas las piezas de trabajo son transportadas al mismo tiempo por eso es llamada también Transferencia sincronizada. Un ejemplo de su uso son los ensamblajes².

Transferencia No- Sincronizada.- Cada pieza de trabajo es transportada a la próxima estación cuando su procesamiento en la estación actual ha sido terminado. Cada parte se mueve independientemente de las otras partes, alguna parte puede estar procesando, mientras las demás son transportadas. Este sistema ofrece gran flexibilidad, lo que puede ser una gran ventaja en ciertas circunstancias, también ayuda al balanceo de líneas, y un stock de partes puede ser incorporado para evitar los paros de líneas cuando falla una estación. La desventaja es que este sistema tiene un ciclo más lento que los otros.

² Ensamble es la unión de dos piezas que forman parte de una estructura y han sido diseñadas para que ajusten entre sí perfectamente.

Automatización para Operaciones de Maquinado.

Los sistemas de Transferencia han sido diseñados para desarrollar una gran variedad de diferentes procesos de corte de metal. De hecho es difícil pensar operaciones de maquinado que deban ser excluidas de la lista. Las aplicaciones típicas incluyen operaciones tales como: fresado, barrenado, taladrado, refrentado, etc. Sin embargo es también posible hacer operaciones tales como torneado y granallado en estos sistemas.

Hay varios tipos de máquinas mecanizadas y automáticas que desarrollan una secuencia de operaciones simultáneamente en diferentes piezas de trabajo. Ellas incluyen máquinas de discos y líneas de Transferencia.

Las líneas de Transferencia originales representaban la automatización rígida, la cual estaba diseñada para la producción masiva de un sólo producto; cualquier cambio en el producto hacia obsoleta la línea. Con los avances recientes en automatización y el desarrollo de controladores de bajo costo se dio la creación de estaciones de trabajo programables y líneas de flujo flexibles.

CAPÍTULO III

SISTEMAS DE CONTROL

3.1. Introducción

Todo proceso productivo emprendido debe enfocarse a prestar eficiencia y calidad en cada uno de los procesos automatizados por lo que se debe utilizar sistemas que ayuden a lograr este objetivo, es así que tenemos los llamados sistemas de control que ayudaran a estos procesos industriales.

Los Sistemas de control engloban muchos campos por lo que tenemos que estudiar y entender como son, sus tecnologías, elementos que lo componen, variables a utilizar, sistemas electroneumáticos, sistemas sensorios y su respectivo funcionamiento.

3.2. Conceptos básicos

Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control. La figura 3.1 ilustra de un modo conceptual el funcionamiento de un sistema:

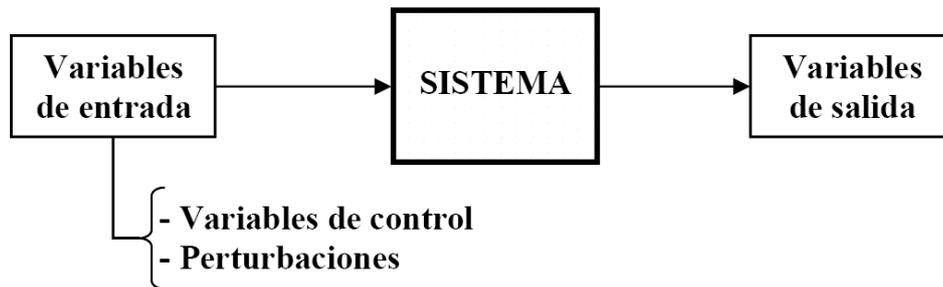


Fig. N° 3.1 Esquema general de un sistema

Dentro de los sistemas se encuentra el concepto de sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna).

Por control se entiende el conjunto de acciones emprendidas para dar a un proceso la evolución deseada. La palabra controlar es sinónimos de gobernar, mandar, dirigir o regular.

Combinando las definiciones anteriores establecemos:

Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos unidos o relacionados de tal manera que mandan, dirigen o regulan al mismo sistema o a otro.

Como se muestra en la figura 3.2 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.

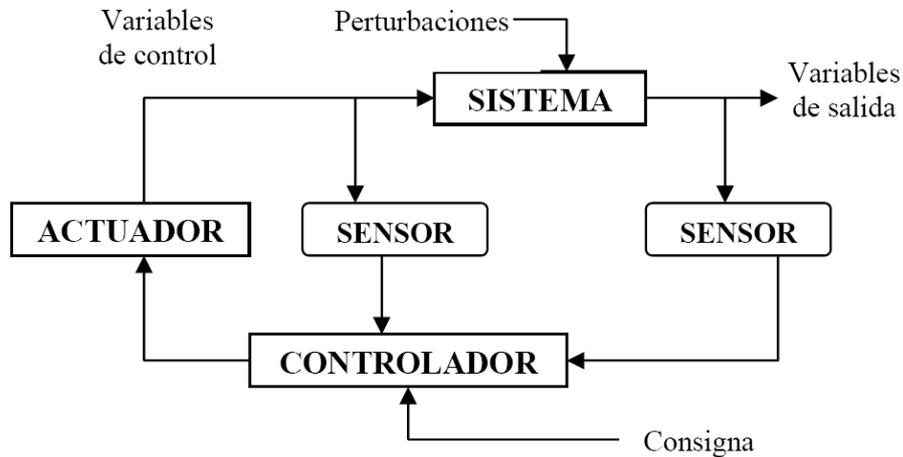


Fig. N° 3.2 Esquema general de un Sistema de Control

Un control automático es el conjunto de acciones de control efectuadas sin intervención de un operario humano.

En un control manual, por ejemplo, el encendido de las lámparas del aula, el mando del operario humano varía continuamente dependiendo del resultado observado de la comparación entre la información correspondiente al valor de la magnitud controlada y la del valor establecido para dicha magnitud.

En la regulación automática el sistema está en condiciones de gobernar por sí solo las variables de la acción de control, con el fin de anular la diferencia entre el valor adquirido por la magnitud controlada y el preestablecido para ella. Por ejemplo, el encendido automático mediante un interruptor crepuscular de las lámparas del patio.

Los sistemas de control según la Teoría Cibernética se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Estos sistemas fueron

relacionados por primera vez en 1948 por Norbert Wiener³ en su obra Cibernética y Sociedad con aplicación en la teoría de los mecanismos de control.

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 (PAC).

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

- Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

Necesidades de la supervisión de procesos

Limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control.

Control vs Monitorización

Control software. Cierre de lazo de control.

Recoger, almacenar y visualizar información.

Minería de datos.

Algunos ejemplos de procesos industriales son la laminación de metales, la producción de vapor, la refinación del petróleo, etc. En general, todos los procesos complejos están constituidos por procesos elementales en los que aquellos se pueden descomponer.

3.3. Tipos de sistemas de control

Varios son los criterios que pueden seguir para clasificar los sistemas de control: en función de que el estado de salida intervenga o no en la acción de control (lazo abierto o lazo cerrado); según las tecnologías puestas en juego (mecánicos, neumáticos,

³ Norbert Wiener (Columbia, EEUU, 1894) Matemático estadounidense, científico de múltiples intereses, elaboró los principios de la cibernética.

hidráulicos, eléctricos y electrónicos); atendiendo a las técnicas de procesamiento de la señal (analógicos y digitales); según la forma de establecer la relación entre los elementos del sistema (cableados y programados), etc.

3.3.1. Sistemas de control de lazo abierto y en lazo cerrado

Atendiendo a la dependencia del control respecto a la variable de salida, los sistemas de control se clasifican en dos categorías:

Sistemas en lazo abierto

Son aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida, es decir, la señal no tiene influencia sobre la señal de entrada. Su esquema se ilustra en la figura 3.3. Un ejemplo de este tipo es el encendido del timbre de entrada/salida a clase, controlado por un reloj.

Sistemas en lazo cerrado

Son aquellos en los que la acción de control depende, de alguna manera, de la salida (existe una realimentación de la señal de salida, tal como se representa en la figura 3.4)

En el primer caso se tienen los circuitos de mando y en el segundo los circuitos de regulación.

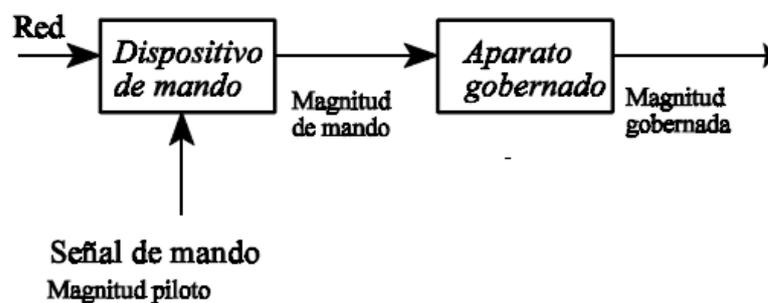


Fig. N° 3.3 Sistema de control en Lazo Abierto

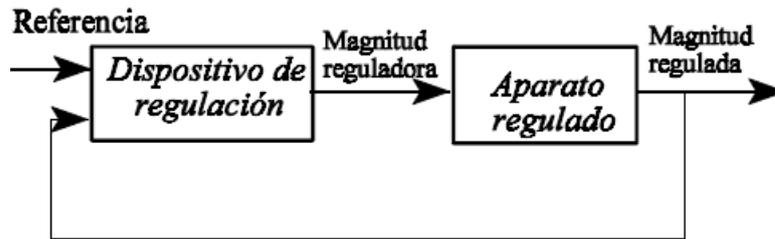


Fig. N° 3.4 Sistemas de control en Lazo Cerrado

De modo que, **la operación demanda** está caracterizado por una intervención exterior (variables de entrada externas) al proceso controlado, la cual determina un cambio o una modificación en el mismo (variables de salida)

Al ser un circuito de lazo abierto, las variaciones de la magnitud de salida no pueden influir sobre el dispositivo de mando.

Su capacidad de desempeño con exactitud está determinada por su calibración⁴, en el ejemplo propuesto, la exactitud dependería del reloj que gobierna el timbre.

La operación de regulación consiste en comprar de modo permanente la magnitud de salida gobernada en el proceso con el valor ajustado. En caso de que los dos valores coincidan, se actúa sobre la magnitud de salida; en caso de que difieran, la diferencia se aplica al dispositivo de regulación que corrige los valores de la magnitud regulada tratando de que dicha diferencia sea nula.

La regulación conlleva un circuito de lazo cerrado, es decir, un mecanismo de realimentación de la variable de salida hacia la entrada. Los sistemas de control en lazo cerrado, más comúnmente se llaman sistemas de control **retroalimentados**.

Para clasificar un sistema de control en lazo abierto o en lazo cerrado, debemos interactúan con él, pero que no son parte del sistema en sí, como muestran los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1: la mayor parte de las **tostadoras automáticas** son en lazo abierto porque están controladas por un temporizador. El tiempo que se requiere para hacer una “buena

⁴ Calibrar significa establecer o restablecer la relación entrada-salida para obtener una exactitud deseada del sistema.

tostada” debe ser calculado por el usuario, quien no es parte del sistema. El control sobre la calidad del tostado (la salida) se ajusta una vez que es tiempo, que es la entrada y la acción de control, se ha determinado. Normalmente el tiempo se ajusta mediante un disco o un interruptor calibrado.

Ejemplo 2: Un mecanismo de **piloto automático** y el avión que éste controla son un sistema de control de lazo cerrado (retroalimentado). Su propósito es mantener una dirección específica del avión, a pesar de los cambios atmosféricos. El sistema realiza esta tarea midiendo continuamente la dirección real del avión y ajustando de manera automática los mecanismos de control del avión (timón, alerones, etc.) de tal modo que logra una correspondencia entre la dirección real del avión y la dirección específica. El piloto humano o el operador que programa el piloto automático no son parte del sistema de control.

La presencia de retroalimentación, típicamente proporciona las siguientes propiedades al sistema.

- a) Exactitud aumentada. Por ejemplo, la habilidad de reproducir fielmente la entrada.
- b) Tendencia hacia la oscilación o la inestabilidad.
- c) Sensitividad reducida de la razón salida a entrada (ganancia) frente a las variaciones en los parámetros del sistema y en otras características.
- d) Efectos reducidos de las no linealidades.
- e) Efectos reducidos de las distorsiones externas o ruido.
- f) Aumento del ancho de banda. El **ancho de banda** de un sistema es una medida de lo bien que responde el sistema a las variaciones en frecuencia (rapidez) de la entrada.

3.3.2. Sistemas de control analógicos y digitales

Las señales en un sistema de control, por ejemplos, las formas de onda de entrada y salida, son funciones de alguna variable independiente, usualmente el tiempo denotada por t.

Una señal analógica es una señal dependiente de un *continuum* de valores de la variable independiente t . Cuando cambia de valor, necesariamente ha de tomar todos los valores intermedios entre los dos límites.

Por ejemplo, la tensión que varía sinusoidalmente $v(t)$ o la corriente alterna $i(t)$, disponibles en una toma de corriente eléctrica común son señales analógicas porque están definidas en cada uno y en todos los instantes de tiempo t que la energía eléctrica está disponible en esa toma.

Una señal **digital** es una señal definida o de interés, solamente, en los instantes discretos (diferentes) de la variable independiente t (de la cual depende).

Por ejemplo, la temperatura media T en una habitación, precisamente a las 8 a.m. de cada día, es una señal discreta en el tiempo. Esta señal se puede indicar de varias maneras, dependiendo de la aplicación; por ejemplo, $T(8)$ para la temperatura a las 8 en punto –y no otra hora–; $T(1)$, $T(2)$,... para la temperatura a las 8 en punto de la mañana del día 1, el día 2, etc., o de modo equivalente, utilizando una notación con subíndices, T_1 , T_2 , etc. Nótese que estas señales discretas en el tiempo son valores muestreados de una señal continua en el tiempo, la temperatura media del cuarto en todas las horas, indicada por $T(t)$.

Así, los sistemas de control se pueden clasificar según los tipos de señales que procesan: continuos en el tiempo (analógicos), discretos en el tiempo (digitales), o la combinación de ambos (híbridos).

3.3.3. Sistemas cableados y sistemas programados

Las tecnologías empleadas en la automatización pueden clasificarse en dos grandes grupos: tecnologías cableadas y tecnologías programadas o programables.

Los automatismos cableados se realizan a base de uniones físicas de los elementos que constituyen la unidad de control. La forma en que se establecen dichas uniones se determina por la experiencia o por un planteamiento teórico, por ejemplo, en un automatismo electrónico, empleando las ecuaciones lógicas o de Boole. Los circuitos de

los esquemas serán aplicables a dispositivos neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos.

La **tecnología cableada** ha sido y es extensamente empleada en la industria pero presenta ciertos **inconvenientes**:

- En general ocupa mucho espacio.
- Poca flexibilidad ante modificaciones o ampliaciones.
- Es difícil la identificación y resolución de averías.
- No están adaptados a funciones de control complejas.

La disponibilidad de **equipos programables** (microprocesadores) cuya capacidad de tratamiento de la información estaba probada en aplicaciones de cálculo y gestión inició la aplicación de la tecnología en el medio industrial.

Un **microprocesador** es un dispositivo con capacidad para leer una secuencia de instrucciones (programa almacenado) en código binario y ejecuta distintas acciones dependiendo del tipo de instrucción.

Todos los equipos microprogramables, además del microprocesador, disponen de una **memoria** donde almacenar el programa que ejecutan y los datos con los que opera el programa, y es de unas **unidades de entrada/salida** mediante las cuales el microprocesador se comunica con el entorno exterior.

Por ejemplo, en un ordenador que es el equipo más familiar, como unidades de almacenamiento se utilizan, sobre todo, la memoria RAM y los discos y las unidades de entrada/salida más comunes son los puertos serie y paralelo (puerto de impresora), el controlador del teclado, el del ratón (a veces el puerto serie) y la tarjeta de vídeo.

El ordenador es un equipo de propósito general (tratamiento de textos, diseño gráfico, base de datos, cálculo científico, etc.) y puede también utilizarse para tareas de control. Sin embargo no es adecuado para esta aplicación, principalmente por dos razones: estaría muy desaprovechada su capacidad (para control industrial se precisa menos de 1

p.p.m. (parte por millón) de su capacidad de almacenamiento) y es poco fiable (se queda “colgado” con demasiada frecuencia).

De manera que el ordenador puede servir para realizar una experiencia de control en el aula, pero no para introducirlo en un ambiente industrial. El autómeta programable fue el primer equipo diseñado específicamente para tareas de control industrial, para sustituir a los esquemas cableados realizados hasta entonces con relés.

Sus principales ventajas son un lenguaje de programación de fácil aprendizaje para los diseñadores de los esquemas con relés y su fiabilidad, ya que funciona en las condiciones más adversas o en los ambientes más hostiles.

Sus inconvenientes son que cada fabricante tiene un lenguaje de programación propio lo que origina un mercado cautivo (por el contrario los ordenadores son sistemas abiertos y flexibles), y el precio.

Una solución alternativa a los autómetas, más sencilla y económica es el microcontrolador que es un circuito integrado en el que se integran los bloques señalados anteriormente: microprocesador, memoria y unidades de E/S.

Sin embargo, no proporciona la fiabilidad y la seguridad de funcionamiento en condiciones extremas o en ambientes industriales de los autómetas programables ni la potencia de cálculo y proceso del ordenador.

3.3.4. Tecnologías de los sistemas de control

Según la naturaleza del automatismo empleado puede hablarse de automatización mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica y electrónica. Además existen técnicas mixtas que son combinaciones de las citadas (ver figura 3.5) y que, en la práctica, son las más habituales.

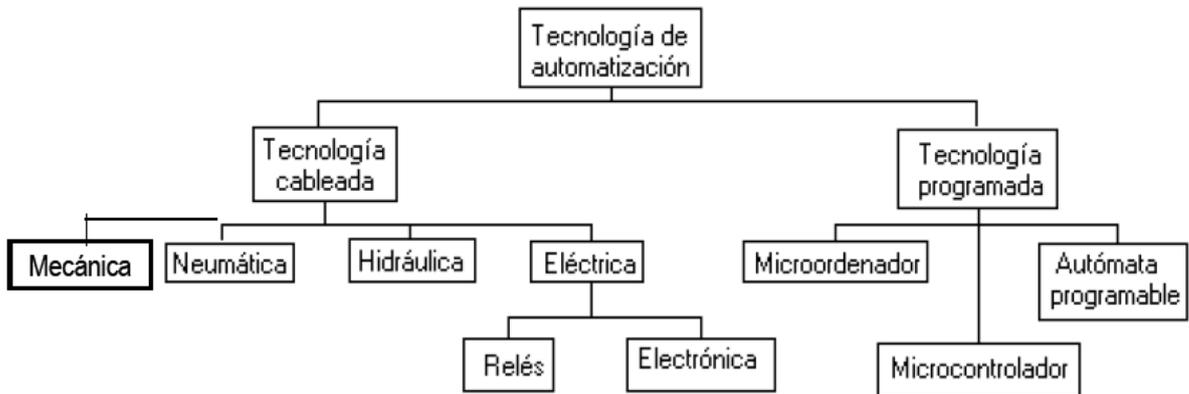


Fig. N° 3.5 Tecnología de automatización

3.3.4.1. Automatización mecánica

Los sistemas mecánicos suelen ser complicados -por la abundancia de mecanismos- y de escasa flexibilidad. Por el contrario, la tecnología que regula su funcionamiento es relativamente accesible al personal poco cualificado, lo que se traduce en un montaje y mantenimiento económicos.

Los mecanismos que los componen son: ruedas dentadas y poleas para transmisiones del movimiento; de biela-manivela, piñón-cremallera, etc., para la conversión del movimiento rectilíneo en circular y viceversa; levas y palancas para la obtención de recorridos controlados, etc.

Los grandes problemas de la automatización mecánica son la longitud, en muchas ocasiones, de las cadenas cinemáticas y, por supuesto, la sincronización de movimientos en los órganos móviles.

Existe una gran variedad de automatismos mecánicos en la industria: desde las máquinas herramientas (tornos, fresadoras, limadoras), hasta los relojes mecánicos, pasando por los telares, motores de combustión interna y toda la maquinaria que formó parte de la revolución industrial.

3.3.4.2. Automatización neumática

La técnica neumática admite infinidad de aplicaciones en el campo de la máquina herramienta, especialmente en los trabajos de fijación de piezas, bloqueo de órganos,

alimentación de máquinas y movimiento lineal de órganos que no requieran velocidades de actuación rigurosamente constantes. Prácticamente la totalidad de las automatizaciones industriales tienen, como elementos de mando, instalaciones neumáticas.

Como principales ventajas del mando neumático cabe destacar:

- La sencillez de los propios sistemas de mando: cilindros, válvulas, etc.
- La rapidez de movimiento (respuesta) del sistema neumático.
- La economía de los sistemas neumáticos una vez instalados.

Como inconvenientes:

- La instalación requiere un desembolso económico añadido a la propia automatización.
- El mantenimiento del estado del aire, ya que debe mantenerse perfectamente limpio y seco.

3.3.4.3. Automatización hidráulica

Prácticamente lo dicho para la automatización neumática vale para la hidráulica, aunque con algunas diferencias; por ejemplo, el mando hidráulico es más lento que el neumático, sin embargo, es capaz de desarrollar más trabajo. La hidráulica se prefiere en sistemas que deban desarrollar más trabajo y no sea primordial la velocidad de respuestas. Este tipo de mando lo encontraremos en prensas, diversas máquinas herramientas, y por supuesto, en el automóvil: frenos, dirección e, incluso, suspensión.

3.3.4.4. Automatización eléctrica

Conviene tener en cuenta, que cualquier máquina, por sencilla que sea, va a tener algún tipo de automatismo eléctrico, encargado de gobernar los motores o como función de mando dentro de la propia máquina.

La técnica eléctrica se utiliza para control de movimiento (lineal o angular), en los casos en que se precisan velocidades constantes o desplazamientos precisos. Su gran ventaja es la disponibilidad de una fuente de energía eléctrica en prácticamente cualquier lugar.

3.3.4.5. Automatización electrónica

Por supuesto, la llegada de la electrónica a la industria ha supuesto una verdadera revolución y ha permitido que la automatización industrial dé un paso de gigante. La base de este avance en la automatización ha sido el microprocesador, que es el principal componente del ordenador e, industrialmente, en el autómeta programable y del microcontrolador.

Los dispositivos electrónicos forman parte de la mayoría de los sistemas de control, bien en sistemas de control totalmente electrónicos (en aplicaciones de potencia baja), o bien, formando parte de sistemas en los que se combinan diferentes tecnologías.

Mientras las anteriores tecnologías de automatización se han desarrollado en el campo industrial, la electrónica ha posibilitado la difusión a gran escala de la automatización en el mercado de equipos de consumo (vehículos, equipos de oficina, etc.) y domésticos (lavadora, horno, calefacción, etc.).

3.4. Componentes de un sistema de control

Una solución alternativa a los autómetas, más sencilla y económica es el microcontrolador que es un circuito integrado en el que se integran los bloques señalados anteriormente: microprocesador, memoria y unidades de E/S.

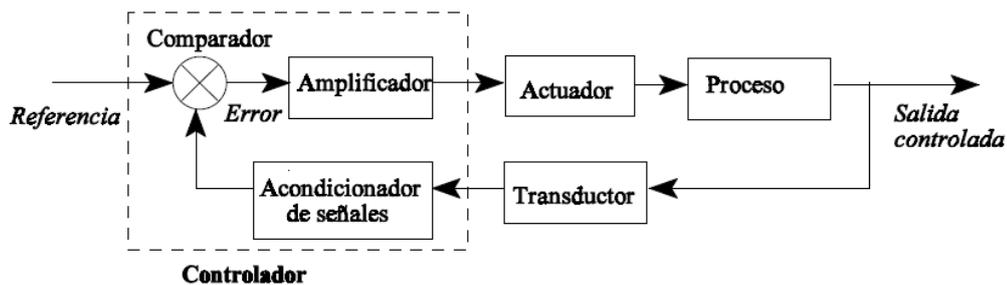


Fig. N° 3.6 Esquema de bloques de un sistema de control

Los elementos del sistema de control (Fig. 3.6) más importantes son los siguientes:

- **Proceso:** Conjunto de operaciones que se van a suceder y que van a tener un fin determinado.

El procesamiento se realiza sobre una planta o una máquina, que son el conjunto de componentes y piezas que van a tener un determinado objetivo. - **Actuador:** Como el nombre indica es el componente encargado de actuar sobre el proceso o máquina en función de la señal recibida del amplificador. El actuador modifica la variable de entrada del proceso controlado, por ejemplo, una corriente eléctrica que circula por la resistencia del radiador, en un sistema de control de temperatura; una corriente de fluido por una tubería, en un sistema de control de caudal; etc.

- **Amplificador:** Elemento que aumenta la amplitud o intensidad de un fenómeno. Tiene por finalidad amplificar la señal de error con objeto de que alcance un nivel suficiente para excitar el actuador.

- **Comparador:** Elemento que compara la señal controlada con la señal de referencia para proporcionar la señal de error. El resultado de la comparación representa la desviación de la salida con respecto al valor previsto. Se le conoce también como detector de error.

- **Generador del valor de referencia o consigna:** Componente capaz de generar una señal análoga a la señal de salida que se quiere gobernar; esta señal de referencia es la encargada de imponer el valor deseado en la salida.

- **Transductor:** Dispositivo que transforma un tipo de energía en otro más apto para su utilización. Si la energía transformada es en forma eléctrica se llama **sensor**. Por ser el instrumento encargado de detectar la señal de salida para utilizarla de nuevo en el proceso de realimentación se le llama en los sistemas de control captador.

- **Acondicionador de señales:** Bloque que adapta la señal transformada por el transductor a los niveles adecuados del comparador.

- **Controlador:** Elemento de los sistemas digitales que incluye las funciones del comparador, el amplificador y el acondicionador de señales.

3.5. Variables de un sistema de control

En el análisis de los sistemas de control, cada uno de sus componentes analizados en el apartado anterior, constituyen sistemas físicos individuales caracterizados por tener una entrada y una salida variables con el tiempo. Para determinar la relación entre entrada y salida de cada subsistema es necesario aplicar las leyes físicas que rigen su funcionamiento.

Las señales más significativas del sistema de control (figura 3.5) son:

- **Señal de referencia:** Señal que se calibra en función del valor deseado a la salida del sistema.
- **Señal controlada:** La salida controlada es la variable de salida del proceso, bajo el mando del sistema de control con retroalimentación.
- **Señal activa:** Se denomina así a la señal de error que es la diferencia entre la señal de referencia y la señal realimentada.
- **Perturbaciones:** Señales indeseadas que intervienen de forma adversa en el funcionamiento del sistema.
- **Señal de control (o variable manipulada)** es la señal de salida de los actuadores, aplicada como entrada en la planta.

Usualmente, en un sistema de control si se dan la entrada y la salida, es posible identificar, delinear o definir la naturaleza de los componentes del sistema.

- **La entrada** es el estímulo, la excitación o el mandato aplicado a un sistema de control, generalmente desde una fuente externa de energía, para producir una respuesta específica del sistema de control.
- **La salida** es la respuesta real que se obtiene de un sistema de control. Puede ser o no igual a la respuesta implícita especificada por la entrada. Las señales de entrada y salida pueden tener muchas formas diferentes. Las entradas, por ejemplo, pueden ser **variables** físicas o cantidades más abstractas, tales como valores de referencia, de ajuste o deseados para la salida del sistema de control.

3.6. Sistemas Electroneumáticos

Para poder entender de forma clara sobre los sistemas electro neumáticos, definiremos varios conceptos.

La **electrónica** es el campo de la ingeniería y de la física aplicada relativo al diseño y aplicación de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción,

almacenamiento de información, entre otros. Esta información puede consistir en voz o música como en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión, o en números u otros datos en un ordenador o computadora.

La **neumática** (del griego πνεῦμα "aire") es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales.

La energía neumática es el diferencial de presión de aire utilizado para provocar movimiento en diferentes sistemas (para inflar neumáticos y o poner sistemas en movimiento).

La **Electro neumática** es la combinación de la automatización que son la neumática y la electricidad o electrónica, es una de las técnicas de automatización en la optimización de los procesos a nivel industrial.

Su evolución fue a partir de la neumática, disciplina bastante antigua que revolucionó la aplicación de los servomecanismos para el accionamiento de sistemas de producción industrial. Con el avance de las técnicas de electricidad y la electrónica se produjo la fusión de métodos y dando así el inicio de los sistemas electroneumáticos en la industria, los cuales resultaban más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos.

Las ventajas de estos sistemas:

- Mediana fuerza.
- Alta velocidad de operación.
- Menos riesgos de contaminación por fluidos.
- Menos costos que la electromecánica

En electro neumática, la energía eléctrica substituye a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando.

Los elementos nuevos y/o diferentes que entran en juego están constituidos básicamente para la manipulación y acondicionamiento de las señales de voltaje y corriente que deberán de ser transmitidas a dispositivos de conversión de energía eléctrica a energía neumática para lograr la activación de los actuadores neumáticos.

3.6.1. Válvulas

En la regulación de los distintos procesos de una planta industrial tendrán un papel fundamental las válvulas. Con ellas podremos controlar los caudales de las distintas corrientes implicadas en el proceso, además de las condiciones internas de presión de depósitos y recipientes.

Una válvula consistirá básicamente en un cuerpo principal dentro del cual van alojados el obturador y los asientos, elementos que me definirán el paso de fluido permitido en cada momento. El obturador consiste en un mecanismo móvil que varía su posición con respecto al asiento, siendo el caudal de paso directamente proporcional a la superficie libre existente entre el embolo y el asiento. Por su diseño deberá acoplar perfectamente sobre el asiento para proporcionar un cierre hermético cuando la válvula esté cerrada.

El movimiento del obturador estará comandado por un vástago al que es solidario, siendo este el elemento donde físicamente se actúa para controlar la posición del obturador. Su movimiento podrá ser lineal o rotativo dependiendo del diseño de la válvula.

Cabe decir que el cuerpo de la válvula debe estar realizado en un material resistente, capaz de resistir la presión máxima posible en la línea a la vez que garantiza la hermeticidad del dispositivo. El cuerpo de la válvula deberá estar dotado de algún elemento, tal como bridas o rosca, para su conexión a la línea.

La conexión de la válvula a la línea dependerá de las características de estas últimas. En conducciones de menos de dos pulgadas y en todas aquellas destinadas a transporte de

sulfhídrico se optarán por el acople de las válvulas mediante soldadura. En líneas mayores a dos pulgadas se recurre a la unión embrizada.

3.6.1.1. Representación simbólica de las válvulas

La representación gráfica de los distribuidores neumáticos e hidráulicos se realiza según la norma ISO 1219, de la siguiente manera:

Dibujo del símbolo básico.- Cada una de las posiciones que puede tener la válvula se representa por un cuadrado. Existiendo válvulas de dos y tres posiciones. Situación en cada casilla de la conexión entre los orificios y el sentido del flujo.

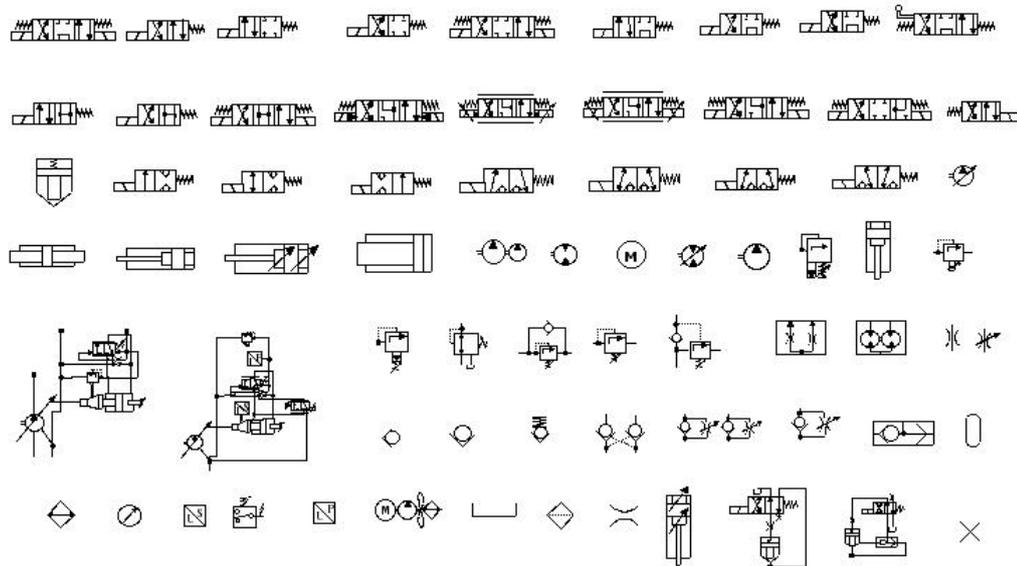


Fig. N° 3.7 Símbolo de las válvulas

Las válvulas se dibujan en la posición de reposo, indicando tantos cuadrados como posiciones tenga, como se muestra en la figura 3.7. En la posición de trabajo, es la válvula la que se desplaza transversalmente, hasta que las canalizaciones coinciden con las vías de la segunda posición.

Representación del tipo mando.- Las válvulas se representan con la parte del mando (Fig. 3.8), cuya función es la de provocar un desplazamiento o cambio de posición de la válvula o distribuidor.

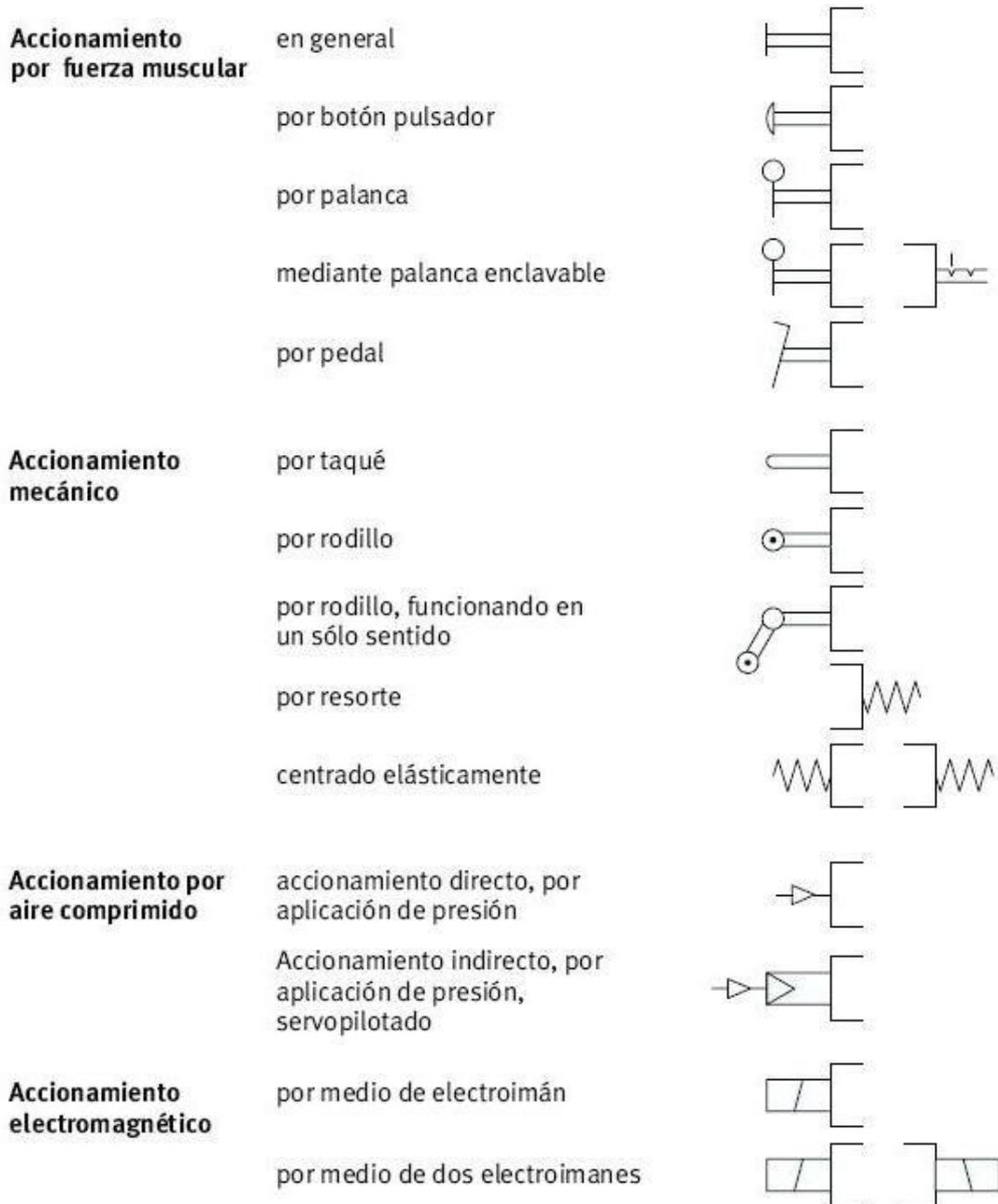


Fig. N° 3.8 Representación del tipo de mando

3.6.1.2. Identificación de los orificios o vías de una válvula

La localización de los orificios en una válvula se realiza mediante alguna de las dos codificaciones normalizadas en la actualidad.

Tabla III-1 Identificación de los orificios de una válvula

	CETOP NUMÉRICA	ISO ALFABÉTICA
Alimentación neumática	1	P
Utilización	2, 4, 6.	A, B, C.
Escape	3, 5, 7.	R, S, T.
Pilotaje	12, 12, 14, 16.	x, y, z.
Fuga	9	L

3.6.2. Tipos de válvulas

3.6.2.1. Tipos de válvulas según su función en el circuito

Las válvulas pueden cumplir diferentes funciones dentro de la cadena de mando de una instalación neumática. Así pueden comportarse como:



Fig. N° 3.9 Válvulas de presión

- **Emisores de señal.**- Detectar la posición de los vástagos de los cilindros.
- **Órganos de control o mando.**- Proporcionan el pilotaje neumático para la permutación de otras válvulas.

- **Órgano de regulación.**- Distribuyen el aire a los actuadores o elementos de trabajo.

3.6.2.2. Tipos de válvulas según su accionamiento

El tipo de accionamiento es importante ya que según sea éste se podrá usar como emisión de señal, órgano de mando u órgano de regulación. La primera clasificación se efectúa entre mando directo o mando indirecto.

En el *mando directo*, el órgano de mando está en la misma válvula, tal es el caso de los mandos manuales y mecánicos. En el *mando indirecto* el órgano está separado de la válvula, tal es el caso cuando el mando es neumático o eléctrico.

Otra clasificación se puede establecer entre válvulas **con posición de reposo y las biestables**. La primera dispone de una posición preferente que se adopta cuando se deja de actuar sobre el mando. Por lo general, se obtiene esta posición a través de resortes internos, representados gráficamente por muelles.

Las válvulas biestables son las que tienen un estado hasta que no se anula la señal de mando que la activo y se active la señal de mando de otra posición de la válvula. La clasificación más determinante se establece según la fuente de energía que active la componente de mando, pudiendo ser: **manual, mecánica, neumática y eléctrica**.

Válvulas de accionamiento manual.- El mando está supeditado a la acción voluntaria del operador (Fig. 3.10).



Fig. N° 3.10 Válvula de accionamiento manual

Válvulas de accionamiento mecánico.- Se activan por un mecanismo en movimiento. Se suelen usar como captadores de señal (Fig. 3.11).



Fig. N° 3.11 Válvulas de accionamiento mecánico

Las válvulas de accionamiento mecánico de la Serie 3 de G1/8 y de la Serie 1 de G1/8 y G1/4, han sido realizadas con 3 distintos dispositivos:

- de accionamiento frontal
- de accionamiento con leva y rodillo
- de accionamiento con leva unidireccional

El reposicionamiento para cada uno de los tres dispositivos es con muelle mecánico. Las válvulas de la Serie 3 de 3/2 vías son normalmente cerradas en la condición de reposo y cuando la entrada de la presión está en 1, cambia a normalmente abiertas cuando la entrada de la presión se encuentra en la conexión 3 quedando siempre invariable la utilización en 2. Las válvulas de 5/2 vías de la Serie 3 pueden además ser alimentadas por las conexiones 3 y 5 con 2 presiones diferentes cuando se quiera accionar un cilindro con una presión de empuje distinta a la de retorno.

Válvulas de accionamiento neumático.- En general, las válvulas con mando neumático se usan como órganos de regulación de los actuadores (Fig. 3.12), por lo que precisan de válvulas menores que las piloten. Se realizan en asiento plano y corredera.

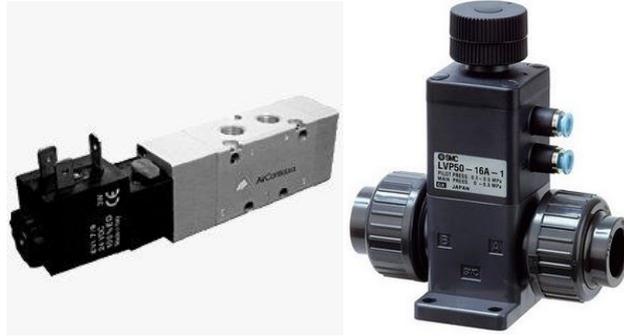


Fig. N° 3.12 Válvulas de accionamiento neumático

La fuerza necesaria para conmutar la válvula se obtiene del aire a presión, ya sea utilizándolo directamente o por depresión. Debe considerarse que el desplazamiento de la corredera solo es posible si se desaloja el aire del lado opuesto.

Existen con accionamiento neumático en ambos sentidos. Pero emplean el principio de presión diferencial, es decir, las secciones de la corredera que el aire empuja son diferentes, en cada lado, por lo que existe una menor fuerza en un sentido que en el otro y, por tanto, una posición preferente cuando en ambos pilotajes hay presión.

Válvulas de accionamiento eléctrico, *electroválvulas*.- El principio de funcionamiento consiste en obtener la fuerza para desplazar la corredera a partir de un electroimán. La colocación de estas válvulas en las instalaciones neumáticas, implica la instalación de un circuito eléctrico que las active.

Servoválvulas.- Son válvulas que están integradas por dos unidades:

- Una válvula principal, cuyo mando queremos pilotar de forma cómoda.
- Una válvula secundaria para la conmutación de la válvula principal.

Válvulas de bloqueo.- Su misión es la de cortar el paso de aire comprimido. Se construyen de forma que la presión del aire actúe sobre la pieza de bloqueo y así produzca el cierre. Se pueden considerar válvulas de bloqueo por su principio de funcionamiento, las siguientes:

Válvulas antirretorno: Tiene por misión cerrar por completo el paso en un sentido y lo deja libre en el contrario.

Válvulas selectoras de circuito: Esta válvula cumple la función lógica "O" en los circuitos neumáticos. Tiene dos entradas y una salida. El bloqueo siempre se realiza sobre la entrada con menor presión, es decir, con que haya presión en alguna entrada, tendremos presión en la salida. Se suelen utilizar para el mando de varios puntos de una válvula.

Válvulas de simultaneidad: Esta válvula cumple la función lógica "Y" en los circuitos neumáticos. Posee dos entradas y una salida. Para que exista señal a la salida, debe haber presión necesaria en las dos entradas.

Válvulas de estranguladora unidireccional: Válvula cuya reducción de caudal solo actúa en un sentido del flujo, teniendo libre el paso del aire en sentido contrario.

Este tipo de válvula de bloqueo tiene característica de funcionamiento de la válvula de flujo. Se suelen utilizar para la regulación de la velocidad de los cilindros neumáticos.

Válvulas reguladoras de flujo o caudal: Son válvulas que ajustan el caudal circulante a un valor fijo o variable. Existen dos tipos de válvulas de flujo:

1. **Válvula estranguladora.-** Actúan sobre el caudal en cualquiera de los dos sentidos de flujo.
2. **Válvula estranguladora unidireccional.-** Actúa sobre el caudal en un solo sentido de flujo.

Válvulas reguladoras de presión.- Son válvulas que regulan la presión del aire en circulación, controlándolo desde un valor nulo hasta el máximo valores de alimentación. Existen distintos tipos de válvulas reguladoras de presión, distinguiéndose por la función que cumplen en el circuito las siguientes:

1. **Válvulas limitadoras de presión o seguridad.-** Está válvula impide que la presión de un sistema sea mayor que la fijada previamente. Si se sobrepasa la presión

máxima regulada, se abre la conexión con la atmósfera, reduciéndose la presión hasta el valor regulado.

2. **Válvula de secuencia.**- Su principio de funcionamiento es el mismo que la válvula limitadora, la diferencia está en que el escape se conecta a una vía de utilización

3. **Válvula reguladora de presión o reductora.**- Estas válvulas basan su funcionamiento en una membrana cuyo movimiento se encarga de regular la presión deseada, siendo la presión menor que la de entrada. Esta válvula regula la presión de trabajo a un valor predeterminado y constante.

3.6.3. Series de válvulas solenoides

Las válvulas solenoides son convenientes para los líquidos no agresivos y gases compatibles con los materiales de construcción.

3.6.4. Cilindros neumáticos

Los cilindros, los motores, y las turbinas son los tipos más comunes de dispositivos de impulsión usados en sistemas de potencia fluida.

El trabajo realizado por un cilindro neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

Un cilindro actuador es un dispositivo que convierte la potencia fluida a lineal, o en línea recta, fuerza y movimiento. Puesto que el movimiento lineal es un movimiento hacia adelante y hacia atrás a lo largo de una línea recta, este tipo de actuadores se conoce a veces como motor recíproco, o lineal.

Como se puede observar en la Fig. 3.13, la entrada de aire permite que el émbolo se desplace hacia la derecha.

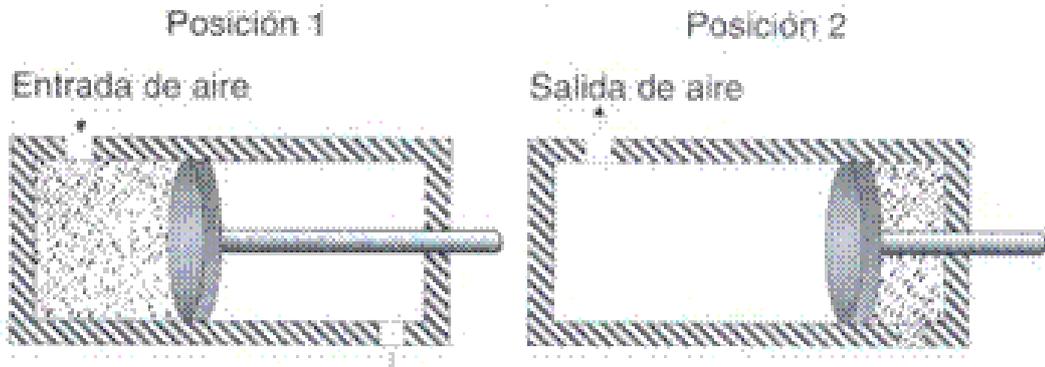


Fig. N° 3.13 Movimiento lineal de un cilindro

La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando este trabajo es realizado en un determinado tiempo produce potencia. Ocasionalmente a los cilindros se los llama "motores lineales".

3.6.5. Tipos de cilindros

Cuando tenemos que analizar, comprar o pedir un cilindro nos tenemos que regir en unas consideraciones o características básicas, independientemente de que el cilindro sea neumático o hidráulico:

- a) **La fuerza.** Tanto en el avance como en el retroceso del vástago.
- b) **La carrera.** La distancia que recorre el vástago.
- c) **La velocidad.** La velocidad de entrada y salida máxima del vástago.
- d) **La presión.** El rango de presiones en que puede trabajar el cilindro. Referente a la presión de trabajo de las dos cámaras.
- e) **La sujeción.** La gran mayoría de cilindros tienen varios tipos de sujeciones, es algo auxiliar al propio cilindro y puede ser de libre elección.
- f) **El caudal de la bomba.** Solo para cilindros hidráulicos.

- g) **El fluido.** Solo para cilindros hidráulicos.
- h) **Diámetro y sección del cilindro.**
- i) **Diámetro y sección del vástago.**

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales.

En un cilindro de simple efecto, al entrar en el cilindro el aire comprimido «empuja» el émbolo y desplaza el vástago, ver figura 3.14.

Los movimientos del vástago de un cilindro de doble efecto se deben a la diferencia de presiones del interior (Fig. 3.15).

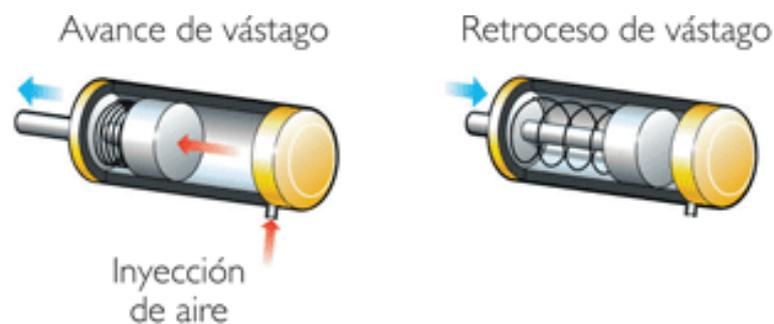


Fig. N° 3.14 Funcionamiento de un cilindro de Simple Efecto



Fig. N° 3.15 Funcionamiento de un cilindro neumático de doble efecto

Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.

Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Más adelante se describen una gama variada de cilindros con sus correspondientes símbolos.

3.6.6. De simple efecto:

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno, como se muestra en la figura 3.16; o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

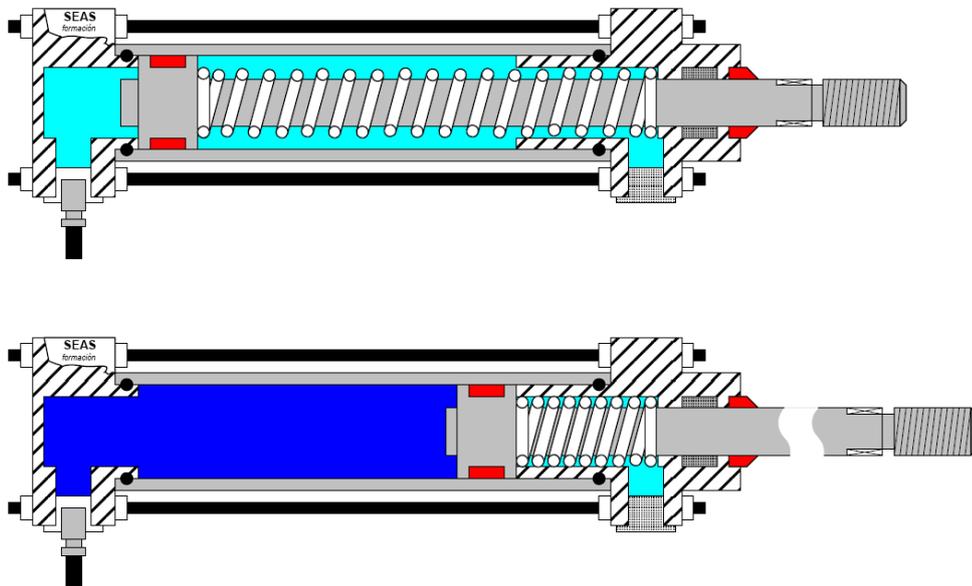


Fig. N° 3.16 Cilindro de simple efecto tipo “dentro”

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto. La simbología de este efecto se puede apreciar en la Figura 3.17.

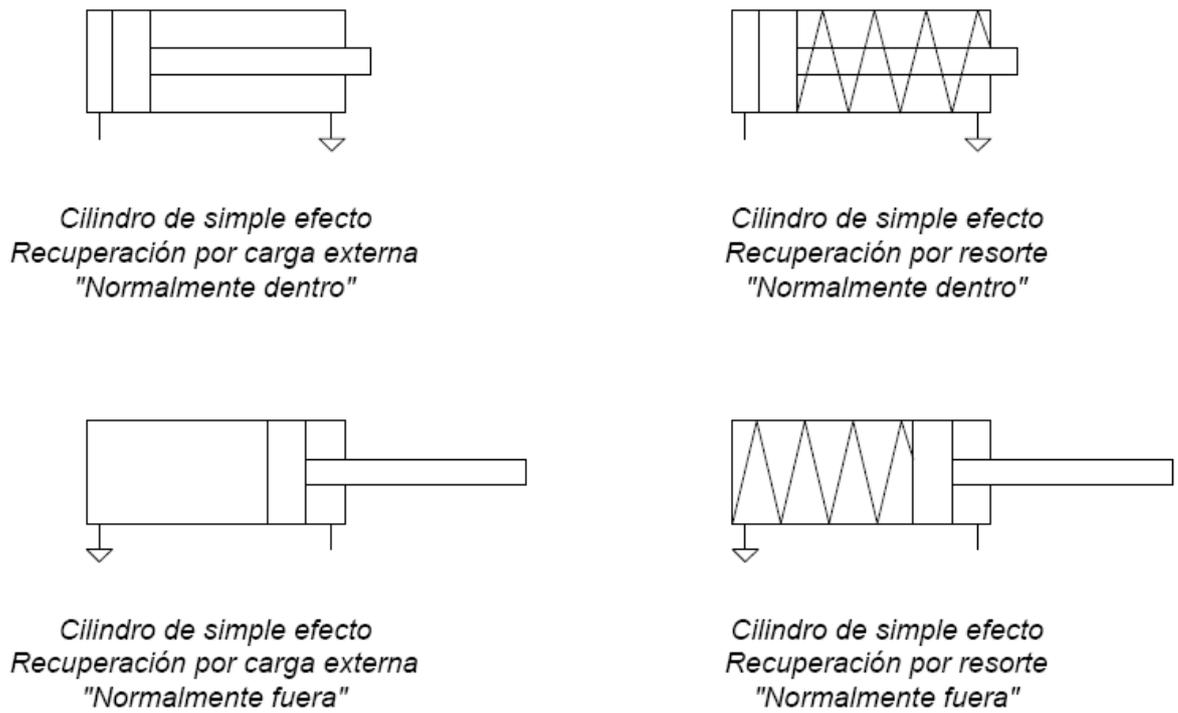


Fig. N° 3.17 Simbología normalizada. Cilindro de simple efecto

La variedad constructiva de los cilindros de simple efecto es muy importante, pero todos ellos presentan la misma mecánica de trabajo. Se muestran a continuación algunos ejemplos de los mismos:



Fig. N° 3.18 Simple efecto "tradicional", normalmente dentro

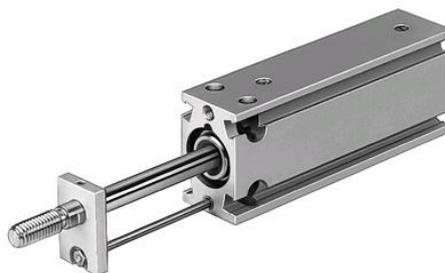


Fig. N° 3.19 Simple efecto con guiado y camisa plana, normalmente fuera



Fig. N° 3.20 Compacto simple efecto



Fig. N° 3.21 Micro cilindro efecto simple

- a) **Cilindros de pistón sin vástago**, sin pistón guía y con pistón guía. Ejemplos: Prensas, elevadores.
- b) **Cilindros con retroceso por resorte interno o externo**, de trabajo a compresión y a tensión. Ejemplos: Herramientas de montaje, elementos de sujeción.
- c) **Cilindro de vástago con pistón**. Ejemplos: Elevadores (montacargas).

3.6.7. De doble efecto

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

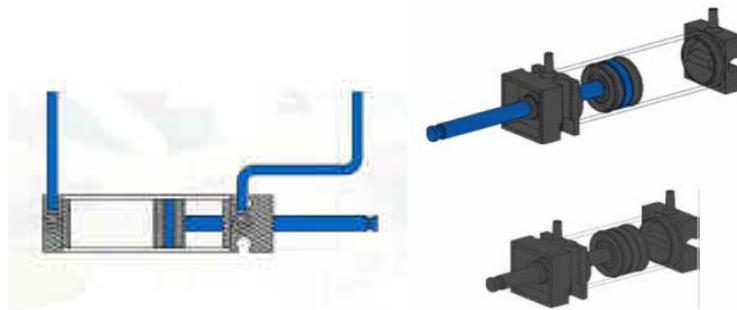


Fig. N° 3.22 Cilindro de doble efecto

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado (ver figura 3.22) para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexionado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara). Como se puede observar en la figura 3.23, se puede hacer uso de dos electroválvulas con un cilindro de doble efecto en el cual el aire que sale acciona la electroválvula de la derecha.

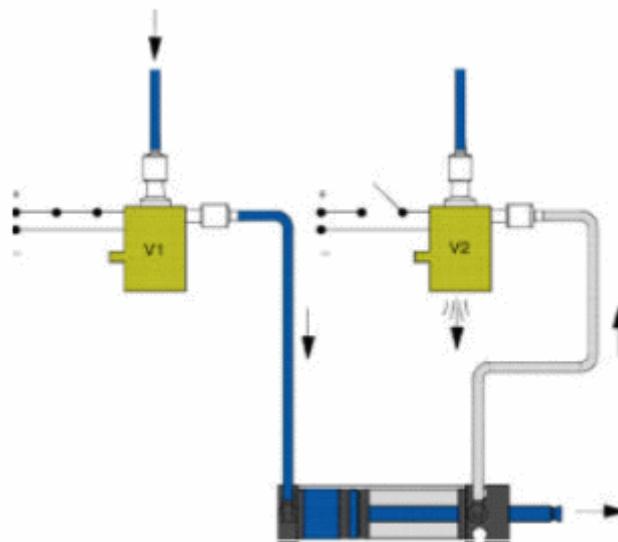


Fig. N° 3.23 Utilización de dos electroválvulas en los cilindros de doble efecto.

El perfil de las juntas dinámicas también variará debido a que se requiere la estanqueidad entre ambas cámaras (Fig. 3.24), cilindro de doble efecto en avance y retroceso del vástago), algo innecesario en la disposición de simple efecto.

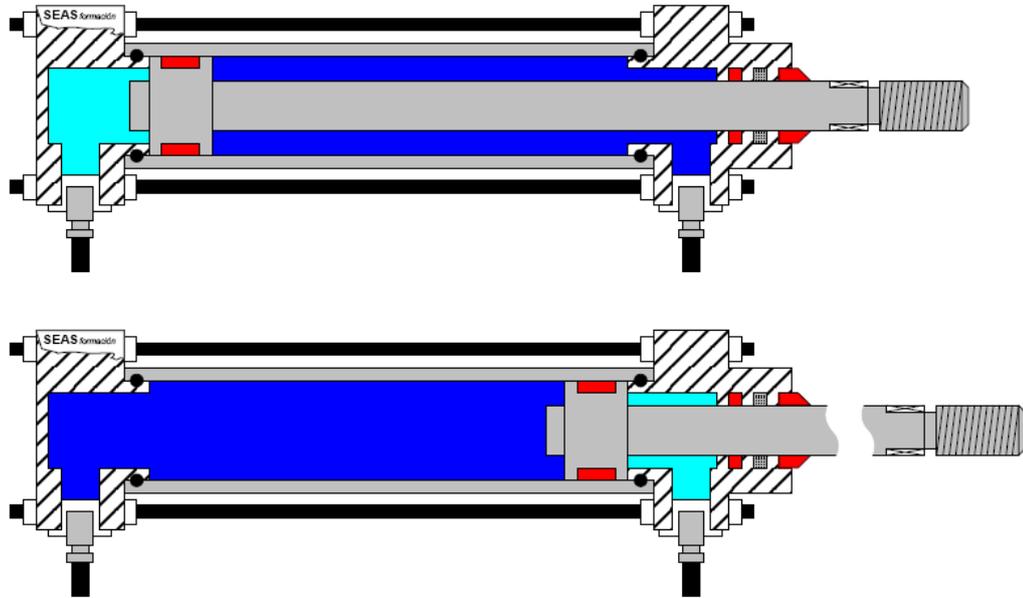


Fig. N° 3.24 Cilindro de doble efecto

Cilindros que entregan su fuerza a tensión y a compresión en ambos sentidos de su carrera.

a) **Cilindros diferenciales:** Estos cilindros son los más comunes y se llaman diferenciales por la diferencia de áreas entre las dos cámaras (área del pistón y área anular (diferencia entre el área del vástago y área del pistón). Ejemplos: Presas, maquinas de inyección de plástico y de metales, sopladoras y aplicaciones generales de tipo industrial y de equipo móvil (Excavadoras, Buldózer, Cargadores, Etc.)

b) **Cilindros de doble vástago con diámetros de vástago de igual diámetro.** Ejemplo: Direcciones hidráulicas de algunos equipos (camiones o automóviles) y aplicaciones diversas de tipo industrial.

c) **Cilindros de doble vástago con diámetros de vástagos diferentes** (cilindros de doble vástago diferenciales). Ejemplos: Aplicaciones diversas de tipo industrial. Cilindros de construcción especial

d) **Cilindros telescópicos de simple efecto.** Ejemplos: Elevación de volcos de camiones, elevadores y en general aplicaciones donde se requiera elevar cargas a grandes alturas pero cuando este retraído ocupe un espacio muy reducido y que además este descienda por peso.

e) **Cilindros telescópicos de doble efecto.** Ejemplos: Elevación de torres perforadoras de petróleo, compactación de desperdicios en carros de recolección de basuras y en general aplicaciones donde se requiera desplazamientos de longitudes grandes pero cuando este retraído ocupe un espacio muy reducido.

f) **Cilindros Tándem;** son como dos cilindros en uno trabajando en serie. Ejemplos: Maquinas inyectoras de plástico, sopladoras, etc.

g) **Cilindros de marcha rápida de simple y doble efecto;** son como dos cilindros en uno el cual pueden generar velocidades de desplazamiento muy rápidos por volúmenes pequeños y grandes fuerzas de compresión por grandes áreas efectivas del pistón. Ejemplos: Maquinas de inyección de Plástico y de Metales de grandes potencias.

3.6.7.1. Funcionamiento del cilindro De doble efecto

La diferencia entre el cilindro de doble efecto y el de simple efecto, es que en el primero, las dos carreras del vástago sí que están directamente influenciadas por la acción directa del aire comprimido.

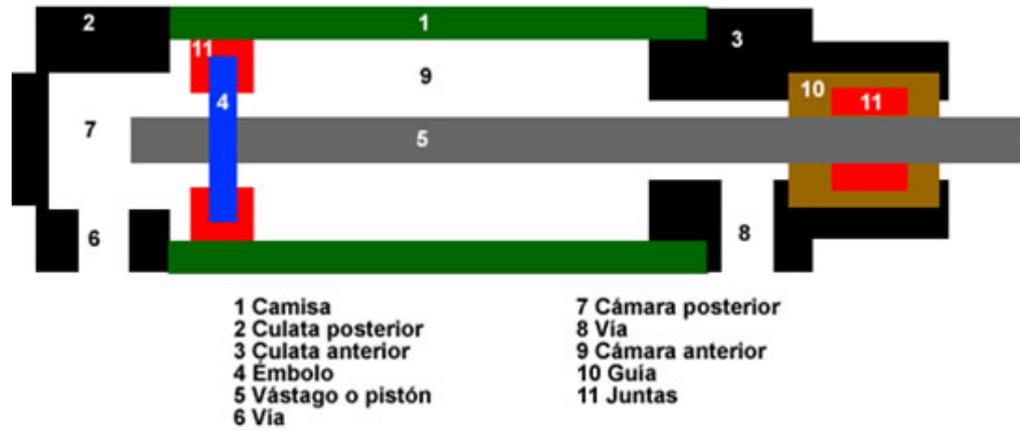


Fig. N° 3.25 Partes de un cilindro de doble efecto

En la figura anterior (Fig. N° 25) tenemos un cilindro de doble efecto. El funcionamiento es de fácil comprensión:

Cuando disponemos de la vía (6) con entrada de aire comprimido y la vía (8) como escape o fuga, el vástago (5) realiza la carrera de avance.

Cuando disponemos de la vía (8) de entrada de aire comprimido y la vía (6) como escape o fuga, el vástago (5) realiza la carrera de retroceso.

La guía (10), se utiliza para evitar el movimiento llamado pandeo, es algo así como la oscilación que puede sufrir el vástago en su desplazamiento. Las juntas (11) tienen dos misiones, una la de evitar la fuga de aire, y otra, la de evitar la entrada de suciedad en la cámara anterior (9) por el retroceso del vástago.

3.6.7.2. Consideración del funcionamiento.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento. El concepto queda más claro con un ejemplo:

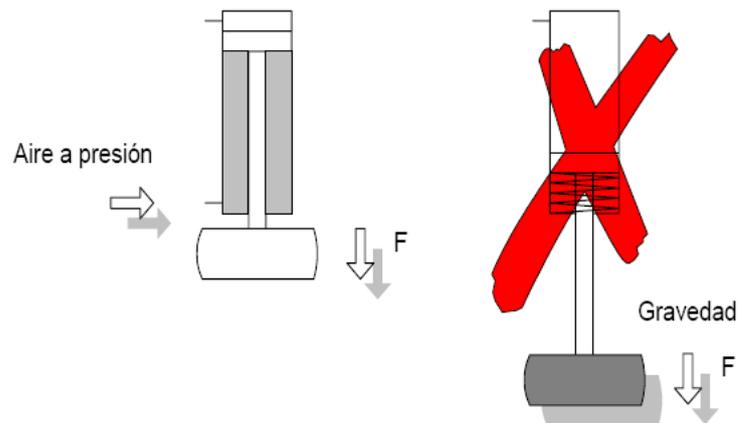


Fig. N° 3.26 Selección de cilindros. Simple/doble efecto

Imaginemos que una carga se coloca en el extremo del vástago de un cilindro como se visualiza en la figura 3.26, el cual ha sido montado con una disposición vertical. Cuando el vástago del cilindro tenga que encontrarse en mínima posición podemos encontrarnos 2 casos:

Cilindro de doble efecto: el vástago mantiene la mínima posición debido a que ésta se encuentra en ella debido a la presión introducida en la cámara. La carga se encuentra en posición correcta. La disposición escogida es satisfactoria.

Cilindro de simple efecto: al no asegurar la posición mediante aire, el propio peso de la carga vencerá la fuerza del muelle de recuperación, por lo que el vástago será arrastrado a la máxima posición. La carga no se encuentra en posición correcta y se hace evidente la mala disposición escogida.

Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa. Este proceso de conmutación de aire entre cámaras nos ha de preocupar poco, puesto que es realizado automáticamente por la válvula de control asociada (disposiciones de 4 ó 5 vías con 2 ó 3 posiciones).

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a:

- Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.
- Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.

No debemos olvidar que estos actuadores consumen prácticamente el doble que los de simple efecto, al necesitar inyección de aire comprimido para producir tanto la carrera de avance como la de retroceso. También presentan un pequeño desfase entre fuerzas y velocidades en las carreras.

3.7. Sistemas Sensóricos

3.7.1. Sensor

3.7.1.1. Concepto

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otra.

Un **sensor** es un tipo de transductor que transforma la magnitud física que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida.

Un **sensor** es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo

que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Pueden ser de indicación directa (por ejemplo: un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone⁵ (es un circuito que se utiliza para medir el valor de componentes pasivos como las resistencias), amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de la circuitería.

Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas), los velocímetros (velocidad).

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

⁵ El **puente Wheatstone** es un circuito inicialmente descrito en 1833 por Samuel Hunter Christie (1784-1865). No obstante, fue el Sr. Charles **Wheatstone** quien le dio muchos usos cuando lo descubrió en 1843.

3.7.1.2. Características de un sensor

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

3.7.2. Tipos de sensores

a) Sensores para automoción

Se incluyen sensores de efecto Hall, de presión y de caudal de aire. Estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo. Su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

b) Sensores de caudal de aire

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de

puede suministrar una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.

c) Sensores de corriente

Los sensores de corriente monitorizan corriente continua o alterna. Se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

d) Sensores de efecto Hall

Son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores ("encoders") de servomecanismos se emplean mucho.

e) Sensor de flujo

Los sensores de flujo controlan con absoluta fiabilidad el **flujo de medios gaseosos y líquidos**. Escasa pérdida de presión y reacción rápida a los cambios en el flujo son propiedades que caracterizan a estos aparatos.

El sensor de flujo está dotado de un rotor de 5 lamas en halar con un imán permanente en cada lama, y un cojinete cerámico insertado en ambos lados. Junto a un eje cerámico, estos cojinetes garantizan una duración extraordinariamente larga a altas velocidades de flujo, además de una perfecta resistencia química.

f) Sensores de humedad

La detección de humedad puede ser muy importante en un sistema si éste debe desenvolverse en entornos que no se conocen de antemano. Una humedad excesiva puede afectar los circuitos, y también la mecánica de un robot. Por esta razón se deben tener en cuenta una variedad de sensores de humedad disponibles (ver figura 3.27), entre ellos los capacitivos y resistivos, más simples, y algunos integrados con diferentes niveles de complejidad y prestaciones.

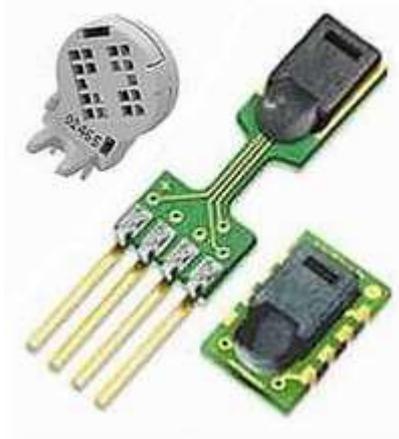


Fig. N° 3.27 Sensores de humedad

Los sensores de humedad relativa/temperatura y humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada.

Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con electrodos de platino. Están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

➤ **Sensores resistivos**

Los sensores de humedad resistivos están hechos sobre una delgada tableta de un polímero capaz de absorber agua (Fig. 3.28), sobre la cual se han impreso dos contactos entrelazados de material conductor metálico o de carbón.

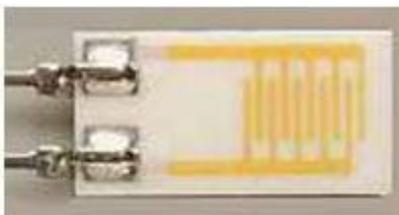


Fig. N° 3.28 Sensor Resistivo

En la imagen anterior se ve un ejemplo, fabricado por General Eastern. Tiene una longitud de unos 10 mm. Es un componente que se vende independientemente, sin la electrónica necesaria para procesar la medición.

El parámetro que se mide es la resistencia eléctrica a través del polímero, que cambia con el contenido de agua.

➤ **Sensor capacitivo HC201**

El HC201 (Fig. 3.29) es un sensor capacitivo pensado para uso en aplicaciones de gran escala y efectividad de costo en el control climático de interiores. En el rango de humedad relativa de 20–90% es posible realizar una aproximación lineal, manteniendo el error en valores menores a $\pm 2\%$ de la humedad relativa medida.



Fig. N° 3.29 Sensor capacitivo HC201

La versión con encapsulado plástico, HC201/H, facilita su montaje en placas de circuito impreso.

Datos técnicos del HC201:

- Capacidad nominal (a 20 °C): 200 +/-20 pF
- Sensibilidad: 0,6pF / %RH
- Humedad, Rango de trabajo: 10 ... 95% RH
- Temperatura, Rango de trabajo: -40 ... 110 °C
- Error de linealidad (20 .. 90% RH): < +/- 2% RH

g) Sensor “Piel robótica”

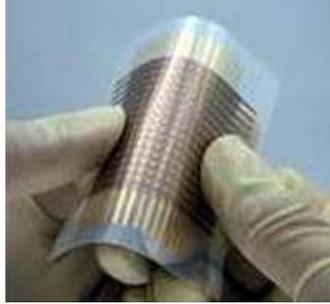


Fig. N° 3.30 Piel robótica

El mercado ha producido, en los últimos tiempos, sensores planos, flexibles y extendidos a los que han bautizado como "robotic skin" (Fig. 3.30), o piel robótica. Uno de estos productos es el creado por investigadores de la universidad de Tokio. Se trata de un conjunto de sensores de presión montados sobre una superficie flexible, diseñados con la intención de aportar a los robots una de las capacidades de nuestra piel: la sensibilidad a la presión.

h) Sensores de posición de estado sólido

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones. Estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

i) Sensores de presión y fuerza



Fig. N° 3.31 Sensor de presión

Los sensores de presión son pequeños, fiables y de bajo costo (Fig. 3.31). Ofrecen una excelente repetitividad y una alta precisión y fiabilidad bajo condiciones ambientales variables. Además, presentan unas características operativas constantes en todas las unidades y una intercambiabilidad sin recalibración.

En los sensores electrónicos en general, la presión actúa sobre una membrana elástica, midiéndose la flexión. Para detectarla pueden aprovecharse diversos principios físicos, tales como inductivos, capacitivos, piezorresistivos, ópticos, monolíticos (con módulos electrónicos extremadamente pequeños, totalmente unidos) u óhmicos (mediante cintas extensométricas).

En los sensores de presión con elemento por efecto Hall, un imán permanente pequeño (que está unido a una membrana) provoca un cambio del potencial Hall. El sensor de presión piezorresistivo tiene un elemento de medición en forma de placa con resistencias obtenidas por difusión o implantación de iones.

Si estas placas se someten a una carga, cambia su resistencia eléctrica. Lo mismo se aplica en el caso de los sensores de presión monolíticos, obtenidos mediante la cauterización gradual de silicio.

Esquema del interior de algunos sensores de presión

En la figura 3.32 se indica el esquema que tiene los cilindros de presión.

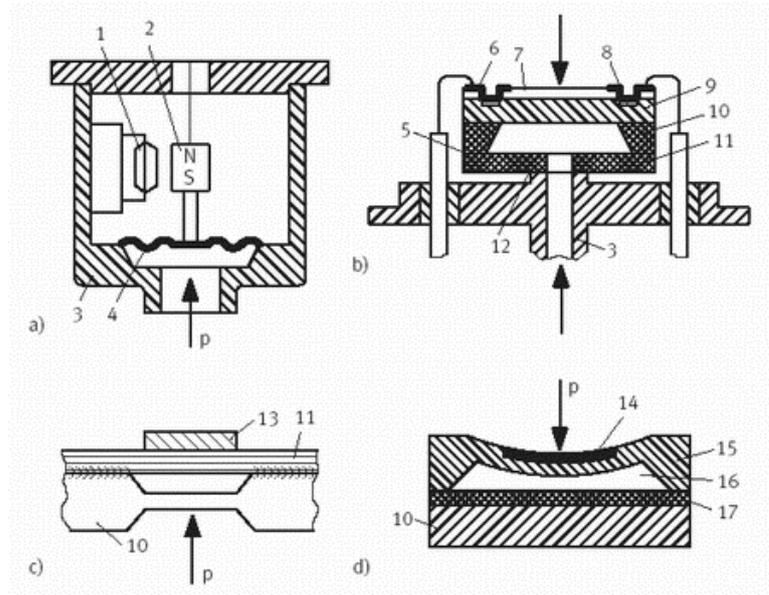


Fig. N° 3.32 Esquema del interior de algunos sensores de presión

a) Sensor Hall

- 1 Generador Hall
- 2 Imán permanente
- 3 Cuerpo del sensor
- 4 Membrana

b) Sensor de presión piezorresistivo

- 3 Cuerpo del sensor
- 5 Capa de unión
- 6 Contacto de aluminio
- 7 Pasivación
- 8 Piezorresistencia
- 9 Capa epitaxiada
- 10 Sustrato de silicio
- 11 Soporte de vidrio
- 12 Capa de unión metálica

c) Sensor de presión capacitivo

10 Sustrato de silicio

11 Soporte de vidrio

13 Placa

d) Sensor de presión monolítico

10 Sustrato de silicio

14 Resistencias incorporadas mediante difusión

15 Carril de silicio

16 Vacío

17 Capa de soldadura

En todos:

p Presión

j) Sensores inductivos de proximidad

Los sensores de proximidad ver figura 3.33, que se obtienen en la industria son resultado de la necesidad de contar con indicadores de posición en los que no existe contacto mecánico entre el actuador y el detector.

Pueden ser de tipo lineal (detectores de desplazamiento) o de tipo conmutador (la conmutación entre dos estados indica una posición particular). Hay dos tipos de detectores de proximidad muy utilizados en la industria: inductivos y capacitivos.



Fig. N° 3.33 Sensores de proximidad

Los detectores de proximidad inductivos se basan en el fenómeno de amortiguamiento que se produce en un campo magnético a causa de las corrientes inducidas (corrientes de Foucault) en materiales situados en las cercanías.

El material debe ser metálico. Los capacitivos funcionan detectando las variaciones de la capacidad parásita que se origina entre el detector propiamente dicho y el objeto cuya distancia se desea medir. Se emplean para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos, como la madera, los líquidos y los materiales plásticos.

k) Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se catalogan en dos series diferentes: TD y HEL/HRTS.

Estos sensores consisten en una fina película de resistencia variable con la temperatura (RTD) y están calibrados por láser para una mayor precisión e intercambiabilidad. Las salidas lineales son estables y rápidas.

➤ RTD (Termorresistencias)



Fig. N° 3.34 Sensores RTD

Los sensores RTD⁶, basados en un conductor de platino y otros metales ver figura 3.34, se utilizan para medir temperaturas por contacto o inmersión, y en especial para un rango de temperaturas elevadas, donde no se pueden utilizar semiconductores u otros materiales sensibles. Su funcionamiento está basado en el hecho de que en un metal, cuando sube la temperatura, aumenta la resistencia eléctrica.

➤ **Termocupla**



Fig. N° 3.35 Sensor termocupla

El sensor de una termocupla está formado por la unión de dos piezas de metales diferentes como se muestra en la figura 3.35. La unión de los metales genera un voltaje muy pequeño, que varía con la temperatura. Su valor está en el orden de los milivolts, y aumenta en proporción con la temperatura. Este tipo de sensores cubre un amplio rango de temperaturas: -180 a 1370 °C.

l) **Sensores magnéticos**



Fig. N° 3.36 Sensores magnéticos

⁶ RTD, Resistance Temperature Detector

En algunas situaciones de medición del entorno pueden requerir del uso de elementos de detección sensibles a los campos magnéticos. Los sensores magnéticos, figura 3.36, se basan en la tecnología magnetoresistiva SSEC⁷. Ofrecen una alta sensibilidad. Entre las aplicaciones se incluyen brújulas, control remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica.

3.8. Funcionamiento de los sensores

El sensor de efecto Hall se basa en la tensión transversal de un conductor que está sometido a un campo magnético. Colocando un voltímetro entre dos puntos transversales de un cable se puede medir esa tensión. Para ello hay que hacer circular por el cable una intensidad fija y acercar un imán. Los electrones que pasan por el cable se verán desplazados hacia un lado. Entonces aparece una diferencia de tensión entre los dos puntos transversales del cable. Al separar el imán del cable, la tensión transversal desaparece. Para poder utilizar la tensión transversal es necesario amplificarla, porque su valor es muy reducido.

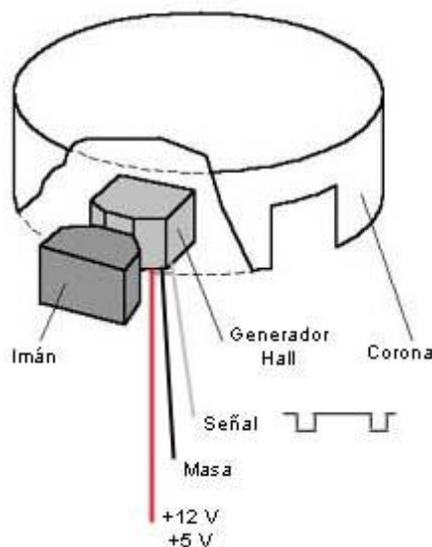


Fig. N° 3.37 Un sensor de Efecto Hall

⁷ SSEC

Un sensor de efecto Hall, figura 3.37, utilizado en automoción se compone de:

- Un generador magnético que suele ser un imán fijo.
- Un pequeño módulo electrónico donde se encuentran los componentes que miden la tensión transversal.
- Una corona metálica con ventanas para interrumpir el campo magnético.

La corona metálica se intercala entre el imán fijo y el módulo electrónico y está unida a un eje con giro. Según la posición de la corona, el campo magnético del imán llega hasta el módulo electrónico.

La tensión obtenida a la salida del módulo electrónico, una vez tratada y amplificada corresponde con un valor alto (de 5 a 12 voltios) cuando la corona tapa el campo magnético, y un nivel bajo (de 0 a 0,5 voltios) cuando la corona descubre el imán.

3.9. Herramientas de programación para PLC

Argos

El propósito de ARGOS es ofrecer algunos componentes SCADA bajo la filosofía de software libre, buscando así, promover el estudio del núcleo del este tipo de sistemas hasta convertirse en una alternativa autónoma para la automatización industrial.

El software de un SCADA le proporciona a los usuarios un conjunto de herramientas informáticas con las cuales se pueda diseñar, desarrollar, implementar y mantener sistemas para la supervisión, control y adquisición de datos, permitiendo de esta manera automatizar procesos industriales, integrar los distintos niveles de información, además de brindar la posibilidad de crear interfaces gráficas entre los operadores y las máquinas.

Características de Argos

Argos se ha diseñado con una arquitectura que permite adaptarse a los distintos esquemas de automatización moderna, en donde cada componente de software cuenta

con estructuras de datos de alto rendimiento que operan de manera distribuida ya sea en una plataforma de red o en un mismo PC con sistema operativo linux.

Entre las principales herramientas que se proporcionan en el Argos, se encuentran los siguientes:

- **Comunicación**, estos procesos se encargan de establecer la comunicación con los equipos controladores de campo y pueden ejecutarse en uno o varios nodos.
- **Escaneador**, convierte los registros de todos los controladores en unidades de ingeniería, que posteriormente serán mostrados a los usuarios finales.
- **Historiador**, es un proceso configurado para almacenar información de manera permanente, principalmente usado para contar con gráficos de tendencias e históricos de alarmas y eventos.
- Los procesos **Servidores** y **Clientes** se encargan de la transferencia de información, ya sea entre nodos localizados remotamente, o que se estén ejecutando en el mismo servidor, para que pueda ser presentada al operador.
- **Transmisor**, su única función será escribir registros en el controlador.
- Por último, los procesos **HMI** serán los encargados de desplegar la información adquirida a los usuarios finales, mediante distintos recursos gráficos.

Zelio Soft

Es un software diseñado especialmente para Controladores Lógicos Programables en el cual se puede realizar simulaciones de circuitos que después pueden ser llevados a un PLC para que este lo reproduzca.



Fig. N° 3.38 Paquetes de Zelio Soft

Características:

- Programación libre:
 - En símbolos Zelio
 - En símbolos LADDER
 - En símbolos eléctricos.
- Permiter realizar simulación de control sin necesidad de estar conectados al PLC.
- Permite ver los estados de las E/S.
- Controla sistemas pequeños.

TwidoSuite

TwidoSuite es el primer software que está organizado según el ciclo de desarrollo del proyecto. La navegación por el software es tan sencilla que se convierte en innata.

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómat.

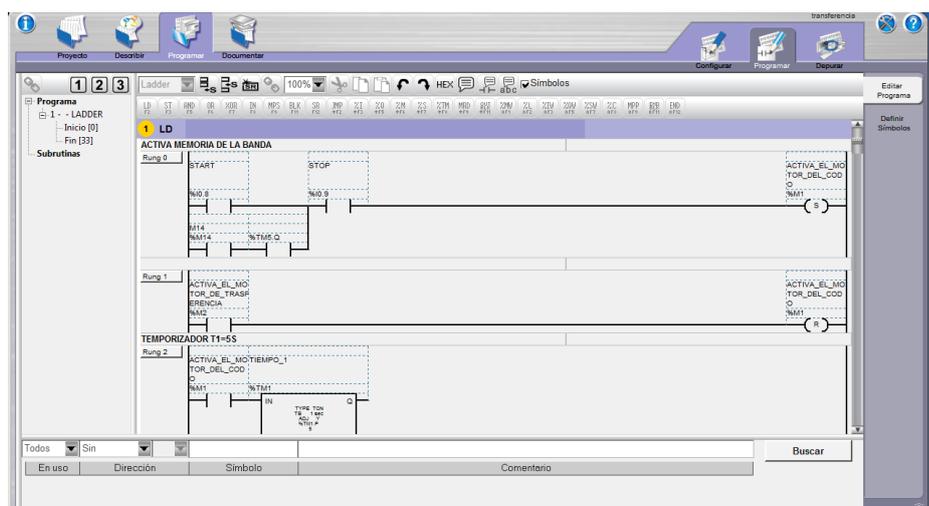


Fig. N° 3.39 Pantalla de programación TwidoSuite

TwidoSuite es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta en los sistemas operativos Microsoft Windows 2000 y XP Professional.

Las principales funciones del software TwidoSuite son:

- Interface de usuario intuitiva y orientada a proyectos.
- Diseño de software sin menús. Las tareas y funciones del paso seleccionado de un proyecto siempre se encuentran visibles.
- Soporte de programación y configuración.
- Comunicación con el autómata.
- Ayuda de primera mano acerca del nivel de tareas que ofrece enlaces relevantes a la ayuda en línea.

TwidoSuite es un software fácil de usar que necesita poco o nada de aprendizaje. Este software tiene por objeto reducir de forma significativa el tiempo de desarrollo de los proyectos simplificando todas las intervenciones.

Conclusión: Luego de realizar una investigación sobre características de las herramientas que permiten programar PLC, TwidoSuite es el software que está organizado según las tareas de desarrollo de los proyectos de automatización, ofreciendo una navegación intuitiva para el desarrollador por lo que permite una elaboración del sistema más rápida que otras herramientas. Adicionalmente, TwidoSuite nos permite acceder fácilmente a la información tanto del hardware que se está empleando como de los diferentes datos tanto de entradas y salidas que se usarán.

CAPÍTULO IV

SISTEMA DE TRANSFERENCIA.

4.1. Introducción

En este capítulo se presenta el desarrollo del sistema de transferencia en base a una metodología, se describen los equipos, herramientas software, además se detalla la elaboración de cada secuencia que se debe seguir para que el sistema cumpla los objetivos por lo cual será elaborado.

Es de vital importancia hacer uso de una metodología que permite una serie de herramientas teórico-prácticas para la solución de problemas mediante una estructura de fases que se ocupan de obtener los objetivos deseados. Por lo expuesto, se debe aplicar una que se adecue a las necesidades del Sistema de Transferencia.

Contiene el desarrollo y aplicación de la metodología MSF, la cual es aplicada para todo el proceso desde los requerimientos hasta la fase de implementación.

4.2. APLICACIÓN PRÁCTICA

4.2.1. Metodología para el Sistema de Transferencia.

Las metodologías hacen uso de un conjunto de procedimientos que se basan en principios lógicos que permiten alcanzar los objetivos.

MSF⁸ se presenta como una solución viable como metodología para el desarrollo de proyectos, esto supone explorar a fondo MSF, para mostrar los pasos que se deben seguir según esta metodología para el desarrollo eficiente de un proyecto.

MSF es un compendio de las mejores prácticas en cuanto a administración de proyectos se refiere. Más que una metodología rígida de administración de proyectos, MSF es una serie de modelos que puede adaptarse a cualquier proyecto de tecnología de información.

Fases de la Metodología MSF

La figura 4.1 muestra las fases de la metodología MSF, todo proyecto es separado en cinco principales fases:

- Visión y Alcances.
- Planificación.
- Desarrollo.
- Estabilización.
- Implantación.

⁸ MSF, Microsoft Solution Framework.

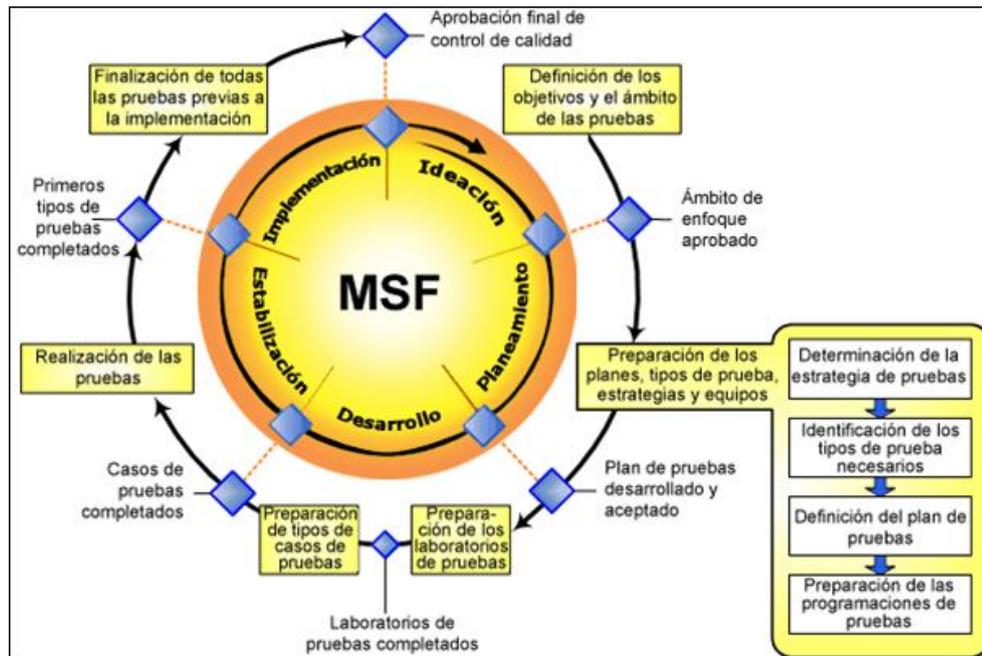


Fig. N° 4.1 Fases de los ciclos MSF

Visión y Alcances:

La fase de visión y alcances trata uno de los requisitos más fundamentales para el éxito del proyecto, la unificación del equipo detrás de una visión común. El equipo debe tener una visión clara de lo que quisiera lograr para el cliente y ser capaz de indicarlo en términos que motivarán a todo el equipo y al cliente. Se definen los líderes y responsables del proyecto, adicionalmente se identifican las metas y objetivos a alcanzar; estas últimas se deben respetar durante la ejecución del proyecto en su totalidad, y se realiza la evaluación inicial de riesgos del proyecto.

Planificación:

Es en esta fase es cuando la mayor parte de la planeación para el proyecto es terminada. El equipo prepara las especificaciones funcionales, realiza el proceso de diseño de la solución, y prepara los planes de trabajo, estimaciones de costos y cronogramas de los diferentes entregables del proyecto.

Desarrollo:

Durante esta fase el equipo realice la mayor parte de la construcción de los componentes (tanto documentación como código), sin embargo, se puede realizar algún trabajo de

para mantenerse enfocados en el proyecto que están desarrollando. Comparten una visión común del proyecto y se enfocan en implementar la solución, con altos estándares de calidad y deseos de aprender.

El modelo de equipos de MSF tiene seis roles que corresponden a las metas principales de un proyecto y son responsables por las mismas. Cada rol puede estar compuesto por una o más personas, la estructura circular del modelo, con óvalos del mismo tamaño para todos los roles, muestra que no es un modelo jerárquico y que cada todos los roles son igualmente importantes en su aporte al proyecto. Aunque los roles pueden tener diferentes niveles de actividad durante las diversas etapas del proyecto, ninguno puede ser omitido.

La comunicación se pone en el centro del círculo para mostrar que está integrada en la estructura y fluye en todas direcciones. El modelo apoya la comunicación efectiva y es esencial para el funcionamiento del mismo

4.2.2. Aplicación de la Metodología para el Sistema de Transferencia.

4.2.2.1. Fase 1 - Visión y alcance

Tarea principal: Crear el documento de visión y alcance

Introducción

En la Fase de Inicio de todo proyecto, uno de los factores bases del éxito futuro del mismo es el dejar bien claro cuál es la Visión y el Alcance del proyecto donde quede bien enmarcado que vamos hacer y hasta donde vamos a llegar.

El proyecto de tesis desarrollado será una solución óptima que integrará elementos ya existentes con el nuestro para que acoplados cumplan una función adecuada de revisión, y control eficaz de los productos.

Es decir se acoplará el sistema de Transferencia al sistema de montaje ya existente en el laboratorio de automatización, los mismos que unidos permitirán desarrollar las

tareas de forma más óptima verificando que los productos que ingresen a la banda transportadora no contengan fallas y al final el resultado sea el mejor.

1. A Definición del proyecto

La primera sección del documento de Visión y alcance debería proporcionar una dirección clara al equipo al definir el problema que es la base de las metas, alcance, restricciones y suposiciones del sistema.

Definición, Problema

Actualmente el laboratorio de Automatización tiene un sistema de montaje que requiere de un sistema de Transferencia para tener un mejor control de los materiales y nos ayuden en la producción reduciendo el tiempo y por ende teniendo productos de calidad.

Es decir la integración de un sistema de Transferencia al sistema de montaje del laboratorio de automatización nos ayudará a resolver algunos de los problemas existentes en la actualidad ya que nos permitirá verificar que un producto que no esté bien elaborado sea descartado de la producción y al final no sea necesario verificar de forma manual cada uno de ellos va a ver si está bien elaborado o si un material determinado por el proceso deba esperar para continuar con su fabricación.

Visión del Sistema

La meta principal de esta propuesta es diseñar e implementar y programar un sistema de Transferencia para acoplar al sistema de montaje con la finalidad de mejorar los procesos y verificar que sean de calidad y en secuencia apropiada. Además se pueden tener muchos beneficios como:

Análisis de Beneficios:

Una vez concluido el Diseño, implementación y programación del sistema de Transferencia los beneficios a obtener son:

✓ **Reducir el tiempo.-** Los productos no necesitan ser verificados manualmente para ver si están bien elaborados.

- ✓ **Aumentar la calidad de los productos.-** Una vez que son verificados por el sistema de Transferencia crea productos de mejor calidad.

- ✓ **Reducir el riesgo.-** Cómo cada sistema es un módulo en caso de que se desconfiguró o dañe será más fácil repararlo ya que no será todo el sistema en funcionamiento si no sólo esa parte.

- ✓ **Reducir los costos de integración.-** Los módulos puede trabajar en conjunto es decir como un solo sistema pero con múltiples funcionalidades.

1. B. Creación de una definición de requerimientos

Es importante definir claramente los requerimientos para el sistema de Transferencia. Se debe tener muy en cuenta los equipos que se utilizarán o serán parte de la solución dentro del sistema. Aunque podría no tener los recursos para alcanzar cada meta al iniciar el desarrollo, vale la pena enlistar las más importantes para incluir una planeación en un rango más amplio.

a. Requerimientos Operacionales

Req. 1: El sistema debe permitir el transporte del producto cuando éste se encuentre verificado.

Req 2: El sistema debe activar cuando el producto no se encuentre buen estado.

Req. 3: El sistema debe transferir los productos en malas condiciones hasta el almacén.

Req. 4: El sistema debe esperar un tiempo hasta que el producto sea corregido.

Req. 5: El sistema debe regresar el producto verificado y corregido al sistema de transporte.

b. Requerimientos de software:

Microsoft

TwidoSuite 2.20.11

Lookout 6.2

c. Requerimientos de hardware:

Descripción de los equipos

Cuando estamos realizando sistema de automatización industrial es indispensable tener un claro conocimiento sobre los equipos que se van a utilizar para poder resolver algún inconveniente que se presente durante el desarrollo y culminación del proyecto industrial.

Por lo expuesto, se va a indicar los equipos que se van a utilizar para elaborar el Sistema de Transferencia.

Estructura de aluminio

Las estructuras de aluminio (Fig. 4.3) ofrecen claras ventajas sobre los sistemas tradicionales de acero:

- Corto tiempo de procesamiento, desde el diseño hasta la manufactura.
- Los módulos prediseñados reducen tiempos de entrega.
- Fáciles de modificar.
- No se requiere equipo especial para cortar, armar, soldar y pintar.
- Costo efectivo
- No se requiere de mano de obra especializada o maquinaria costosa, solo corte, barrene, rosque y arme.
- Fácil instalación en sitio.



Fig. N° 4.3 Estructura de aluminio

Sensor CS1-G

Como se muestra en la Fig. 4.4, los sensores de este tipo tiene un diseño flexible que permite acondicionar de forma adecuada al sistema que se esté elaborando.



Fig. N° 4.4 Sensor CS1-G

Es de suma importancia considerar las especificaciones del sensor que se utilizará en el sistema de Transferencia.

Tabla IV-1 Especificaciones del Sensor

Modelo	CS1-G
Voltaje de Trabajo	AC: 5V-240V, DC:5V-240V
Tiempo de respuesta	1ms
Tiempo de reinicio	0.5ms
Frecuencia	3-250Hz
Temperatura de trabajo	-10°C~+60°C
Vibración no repetida	30G
Vibración repetida	Max.7G(10-55Hz), Resonance 5300 ±300Hz
Cable	2M
Nivel de protección	IP67

PLC TWDLCAA24DRF

La utilización de un PLC (Fig. 4.5), permite controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.



Fig. N° 4.5 PLC TWDLCAA24DRF

Características

Debemos tener en cuenta las características del PLC que utilizaremos, por cuanto depende de la cantidad de entradas y salidas necesarias para el sistema. En la tabla IV-2 se indica las características del PLC que se utilizará en el sistema a desarrollar.

Tabla IV-2 Características del PLC TWDLMDA20DTK

CARACTERÍSTICA	DETALLE
Fabricante	SCHNEIDER AUTOMATION INC TELEMECANIQUE
Serie	Twido
Tipo	PLC
Entradas	14
Salidas	10
Voltaje	100/240VAC
Tipo de Módulo	Compacto

Módulo de entradas/salidas Telemecanique ABE7-H16R10

Número de canales: 16

Conexiones – terminales:

Terminales de tipo tornillo, capacidad sujeción: 1 x 0,09...1 x 1,5 mm²
AWG 28...16 flexible con ext. Cable

Terminales de tipo tornillo, capacidad sujeción: 1 x 0,14...1 x 2,5 mm²
AWG 26...12 sólido

Terminales de tipo tornillo, capacidad sujeción: 2 x 0,09...2 x 0,75 mm²
AWG 28...20 flexible con ext. Cable

Terminales de tipo tornillo, capacidad sujeción: 2 x 0,2...2 x 2,5 mm²
AWG 24...14 sólido

Terminales de tipo tornillo, capacidad sujeción: 1 x 0,14...1 x 2,5 mm²
AWG 26...14 flexible sin extremo de cable



Fig. N° 4.6 Varias borneras

Borneras

Son un punto de anclaje de alimentación de electricidad también se usan como puente, las variaciones son múltiples incluso se usan en automotores. Las hay de diferente cantidad de contactos según la necesidad de uso.

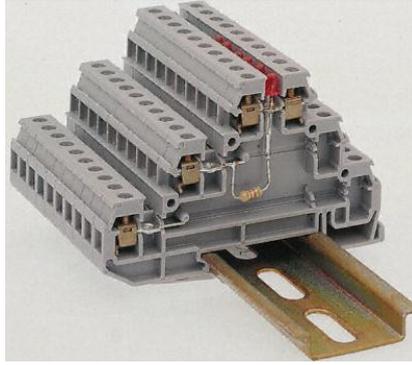


Fig. N° 4.7 Varias borneras

La bornera de tres pisos como se muestra en la figura 4.7, muestra el voltaje (24V) que se debe aplicar para poder hacer uso de los demás equipos instalados en el sistema.

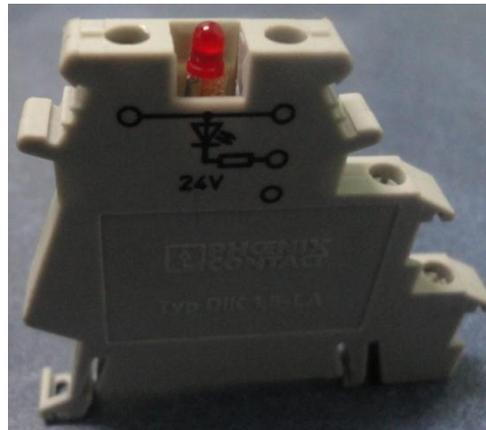


Fig. N° 4.8 Circuito eléctrico de la bornera de tres pisos

Sensor Inductivo

Como se indicó en la sección 3.6.2 literal j, este sensor (Fig. 4.8) detecta la presencia de objetos férricos y para el Sistema de Transferencia se utilizará para detectar el palet en la banda y así realizar el giro



Fig. N° 4.9 Sensor inductivo

Características del sensor:

- Detección de presencia de ferroso y objetos no ferrosos sin contacto.
- Disponible de tamaños de 8M hasta 30M como estándar.
- Rango de Temperatura mínimo: $-20^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$

Cilindro

Los cilindros nos permiten tener un desplazamiento, como se muestra en la figura 4.9, uno de los cilindros tiene incorporado una cremallera⁹ que nos permite tener un giro rotacional



Fig. N° 4.10 Cilindros NORGREN

Se emplea, junto con un engranaje (piñón¹⁰), para convertir un movimiento giratorio en longitudinal o viceversa como en la figura 4.10. Tiene gran aplicación en apertura y

⁹ En mecánica, una **cremallera** es un prisma rectangular con una de sus caras laterales tallada con dientes. Estos pueden ser rectos o curvados y estar dispuestos en posición transversal u oblicua. <http://concurso.cnice.mec.es>

¹⁰ Piñón es una rueda dentada con el perímetro totalmente cubierta de dientes.

cierre de puertas automáticas de corredera, desplazamiento de órganos de algunas máquinas herramientas (taladros, tornos, fresadoras...), cerraduras, microscopios, gatos de coche...

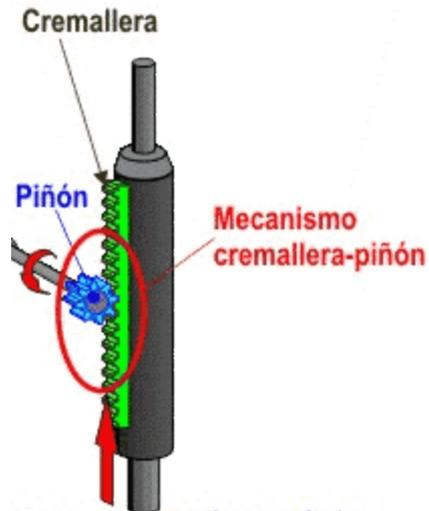


Fig. N° 4.11 Movimientos de un piñón y una cremallera

Datos Técnicos:

- **Fluido:** Aire comprimido filtrado con o sin lubricación
- **Funcionamiento:** Simple efecto, vástago a menos
- **Presión de trabajo:** 2... 10 bar
- **Temperatura de trabajo:** +80°C máx.

Materiales:

- **Vástago:** acero inoxidable (Ø 8 a 16 mm Martensítico, Ø 20 a 40 mm Autentico)
- **Camisa:** acero inoxidable (Austenítico)
- **Tapas finales:** aluminio
- **Junta rascadora:** poliuretano
- **Juntas y juntas teóricas:** goma nitrílica

Motor

El motor nos permite que la banda gire y así el palet recorra desde los diversos módulos que componen el Sistema de Transferencia. Como se muestra en la figura 4.11 el motor está acoplado a la banda.



Fig. N° 4.12 Motor acoplado a la banda transportadora

1. D. Valoración de riesgos

Un sistema de Transferencia puede involucrar algunos riesgos. El analizar los riesgos antes de iniciar un sistema e implementar métodos para mitigarlos, puede reducir cualquier impacto no deseable en su implementación. La tabla de riesgos enlista algunos de alto nivel y las estrategias de mitigación.

Categorización del riesgo

En este punto se especifica la intensidad con que el riesgo afecta al desarrollo y efectividad del sistema por lo cual expondremos la categoría del mismo y pondremos empeño en aquellos que requieran más atención por la probabilidad de que se conviertan en futuros problemas que retrasen y afecten nuestro sistema.

Tabla IV-3 Rango y valores de la probabilidad

Rango de probabilidad	Descripción	valor
1% - 33%	Baja	1
34% - 67%	Media	2

68% - 99%	Alta	3
-----------	------	---

Identificación de riesgos

Para la identificación del riesgo se ha utilizado la técnica de lluvia de ideas, con la finalidad de identificar los posibles riesgos que podrían afectar al cumplimiento de los objetivos que se han planteado en el desarrollo de este sistema, esta actividad se la ha realizado con la participación de todos y cada uno de los integrantes.

De esta actividad se ha identificado los siguientes riesgos presentados en la Tabla IV-3:

Tabla IV-4 Listado de Riesgos

Nº	Riesgo	Categoría	Consecuencia
1	La herramienta para programar el PLC se vuelva compleja de aprender.	Riesgo técnico	Retraso en el desarrollo
2	El Ingeniero de asesoramiento ya no pueda continuar.	Riesgo del sistema	Retraso en el desarrollo
3	El tiempo estimado para terminar el sistema es muy poco.	Riesgo técnico	El tiempo de entrega se extiende.
4	Las computadoras donde se estaba programando se daño y la información no se puede recuperar.	Riesgo del sistema	Volver a programar los módulos.
5	Los equipos eléctricos sufrieron daños.	Riesgo técnico	Reemplazo de nuevos equipos
6	Las conexiones eléctricas se realizaron de forma incorrecta.	Riesgo sistema	Realizar nuevas conexiones.

Determinación de la probabilidad de los riesgos

Tabla IV-5 Probabilidad e impacto para cada riesgo

Nº	Probabilidad (%)	Valor	Impacto	Exposición
1	80	3	3	9
2	40	2	2	4
3	40	2	2	4
4	95	3	4	12
5	95	3	4	12
6	95	3	4	12

La gestión de riesgos se las hará de aquellos que tienen prioridad media y alta, para nuestro caso son 4, como se indica de rojo en la Tabla IV-5.

Tabla IV-6 Exposición al riesgo

Nº	Probabilidad (%)	Valor	Impacto	Exposición	Prioridad
4	95	3	4	12	Alta
5	95	3	4	12	Alta
6	95	3	4	12	Alta
1	80	3	3	9	Alta
2	40	2	2	4	Media
3	40	2	2	4	Media

Gestión de Riesgos:

Tabla IV-7 Hoja de información del riesgo 4

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RIESGO			
ID RIESGO: R4		FECHA:	
PROB: 95%	IMPACTO: 4	EXPOSICIÓN: 12	PRIORIDAD : Alta
DESCRIPCIÓN: Las computadoras donde se estaba programando se dañó y la información no se puede recuperar.			
REFINAMIENTO: CAUSAS: Debido a que no se respaldó los archivos que contenían el gaffcet, se perdió en su totalidad. CONSECUENCIAS: Volver a programar los módulos que hacen funcionar el sistema.			
REDUCCIÓN Y SUPERVISIÓN: Realizar un respaldo en otros equipos o dispositivos de almacenamiento.			
GESTION:			
ESTADO ACTUAL: FASE DE REDUCCIÓN INICIADA: <input checked="" type="checkbox"/> FASE DE SUPERVISIÓN INICIADA: <input checked="" type="checkbox"/> FASE DE GESTIÓN : <input type="checkbox"/>			
RESPONSABLES: Irma Rodríguez.			

Tabla IV-8 Hoja de información del riesgo 5

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RIESGO			
ID RIESGO: R5		FECHA:	
PROB: 95%	IMPACTO: 4	EXPOSICIÓN: 12	PRIORIDAD: Alta
DESCRIPCIÓN: Los equipos eléctricos sufrieron daños.			
REFINAMIENTO: CAUSAS: Debido a que no se tomó las consideraciones necesarias en los equipos eléctricos que se estaban utilizando, sufrieron daños. CONSECUENCIAS: Adquirir nuevos equipos.			
REDUCCIÓN Y SUPERVISIÓN: Tener una correcta manipulación de los equipos, como son: alimentadores eléctricos, PLC's.			
GESTION:			
ESTADO ACTUAL:			
FASE DE REDUCCIÓN INICIADA:	<input checked="" type="checkbox"/>		
FASE DE SUPERVISIÓN INICIADA:	<input checked="" type="checkbox"/>		
FASE DE GESTIÓN :	<input type="checkbox"/>		
RESPONSABLES: Orlando Rodríguez.			

Tabla IV-9 Hoja de información del riesgo 6

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RIESGO			
ID RIESGO: R6		FECHA:	
PROB: 95%	IMPACTO: 4	EXPOSICIÓN: 12	PRIORIDAD: Alta
DESCRIPCIÓN: Las conexiones eléctricas se realizaron de forma incorrecta.			
REFINAMIENTO: CAUSAS: Las personas encargadas de realizar las conexiones eléctricas no consideraron la polaridad. CONSECUENCIAS: No se pueden activar los equipos que intervienen en el sistema.			
REDUCCIÓN Y SUPERVISIÓN: Tener una correcta conexión de los cables hasta de realizar la alimentación eléctrica.			
GESTION:			
ESTADO ACTUAL:			
FASE DE REDUCCIÓN INICIADA:	<input checked="" type="checkbox"/>		
FASE DE SUPERVISIÓN INICIADA:	<input checked="" type="checkbox"/>		
FASE DE GESTIÓN :	<input type="checkbox"/>		
RESPONSABLES: Irma Rodríguez.			

Tabla IV-10 Hoja de información del riesgo 1

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RIESGO			
ID RIESGO: R1		FECHA:	
PROB: 80%	IMPACTO: 3	EXPOSICIÓN: 9	PRIORIDAD: Media
DESCRIPCIÓN: La herramienta para programar el PLC se vuelva compleja de aprender.			
REFINAMIENTO: CAUSAS: Como es una herramienta software que no es de uso cotidiano, el aprendizaje es complicado de entender con rapidez. CONSECUENCIAS: Demora en la programación de los módulos que compone el sistema.			
REDUCCIÓN Y SUPERVISIÓN: Tener una capacitación previa antes de empezar la fase de desarrollo.			
GESTION:			
ESTADO ACTUAL:			
FASE DE REDUCCIÓN INICIADA:		<input checked="" type="checkbox"/>	
FASE DE SUPERVISIÓN INICIADA:		<input checked="" type="checkbox"/>	
FASE DE GESTIÓN :		<input type="checkbox"/>	
RESPONSABLES: Irma Rodríguez y Orlando Rodríguez.			

1. E. Definición del equipo del sistema

Los sistemas son planeados e implementados por un equipo de personas que intervienen en todas las fases. Cada miembro es responsable de un área funcional del sistema, pero la responsabilidad total del sistema recae en el equipo como uno solo. La definición del equipo en el documento de Visión y alcance identifica las áreas funcionales en las que van a trabajar los miembros del equipo y asigna roles individuales y responsabilidades.

Roles y responsabilidades

En las tablas IV-11, IV-12, IV-13 y IV-14 se detalla el rol que debe cumplir cada usuario diseñador del sistema.

Tabla IV-11 Detalles de Rol de usuario 1

ROLES DE USUARIO	
Número: 01	Usuario: Constructor
Nombre Historia: Estructura de aluminio del sistema de Transferencia.	Iteración Asignada: 1
Prioridad: Alta	Riesgo en Elaboración : Media
Responsable: Irma Rodríguez.	
Descripción: Se realiza las medidas correspondientes que debe tener la estructura para ser acoplada correctamente al sistema de montaje con el cual va a operar. Con las medidas, se fabrica la base de aluminio del sistema de Transferencia.	
Observaciones: La estructura del sistema de Transferencia se acopla al de montaje por lo que se debe verificar que las medidas estén exactas.	

Tabla IV-12 Detalles de Rol de usuario 2

ROLES DE USUARIO	
Número: 02	Usuario: Programador
Nombre Historia: Estructura del cableado eléctrico del sistema de Transferencia.	Iteración Asignada: 1
Prioridad: Alta	Riesgo en Elaboración: Alta
Responsable: Irma Rodríguez, Orlando Rodríguez	
<p>Descripción:</p> <p>Se verifica las entradas y salidas que posee el sistema de Transferencia. Una vez que son identificadas se procede a colocar los cables correspondientes en las borneras del tablero de aluminio verificando cada una de las entradas y salidas correspondientes coincida con las que posee el PLC para una correcta transmisión de las señales eléctricas.</p>	
<p>Observaciones:</p> <p>El sistema de Transferencia se conecta por medio de un conector tipo Mini DIN, el mismo que es conectado al PLC Twido para su conexión.</p>	

Tabla IV-13 Detalles de Rol de usuario 3

ROLES DE USUARIO	
Número: 03	Usuario: Programador
Nombre Historia: Cableado eléctrico interno del sistema de Transferencia.	Iteración Asignada: 1
Prioridad: Alta	Riesgo en Elaboración: Alta
Responsable: Irma Rodríguez, Orlando Rodríguez	
Descripción: Se debe conectar los cables desde los sensores a las borneras.	
Observaciones: El cableado se realiza por medio de las borneras que permiten tener la conexión de cada sensor, y el motor hacia el PLC.	

Tabla IV-14 Detalles de Rol de usuario 4

ROLES DE USUARIO	
Número: 04	Usuario: Administrador
Nombre Historia: Configuración del módulo de Transferencia.	Iteración Asignada: 1
Prioridad: Alta	Riesgo en Elaboración: Alta
Responsable: Irma Rodríguez, Orlando Rodríguez	
<p>Descripción:</p> <p>El Administrador realiza la configuración del sistema de Transferencia mediante el software TwidoSuite, para ello selecciona el PLC TWDLMDA20DTK, escoge la conexión creada en las preferencias del autómata para poder conectar el PC con el PLC, y de esta manera pasar toda la configuración..</p>	
<p>Observaciones:</p> <p>Para pasar la configuración al PLC se debe verificar que esté prendido en ON el breaker.</p>	

4.2.2.2. Fase 2 - Planificación

Planificación Inicial

Ver anexo 1

4.2.2.3. Fase 3 - Estabilización (Desarrollo)

Caso de Uso

Permite tener una descripción de los procesos que se realizan en el sistema de Transferencia. En la figura 4.12 se indica el caso de uso general o de nivel 0 el cual, nos permite visualizar los procesos básicos que realiza el Sistema de Transferencia.

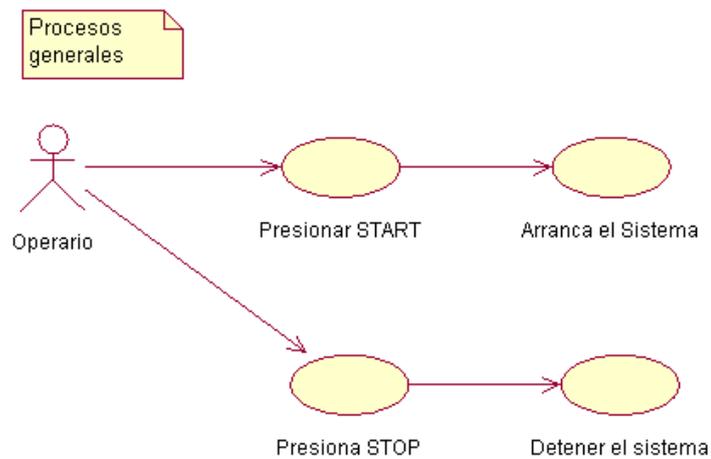


Fig. N° 4.13 Caso de Uso de Nivel 0

Un caso de uso de nivel 1 nos describe con mayor detalle los procesos que realiza cada uno de los componentes que conforma el sistema, como se visualiza en la figura 4.13 se indica desde el movimiento de la banda hasta la detección de los sensores.

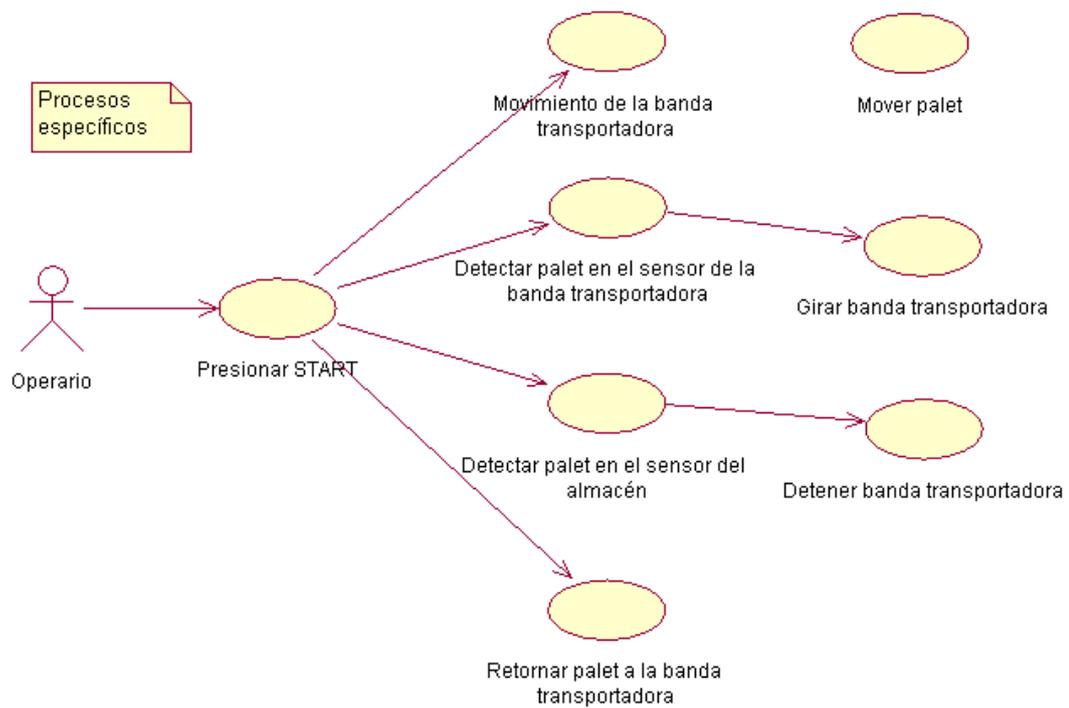


Fig. N° 4.14 Caso de Uso Nivel 1

Diagrama de Secuencia

El diagrama de secuencia es uno de los diagramas más efectivos para modelar interacción entre objetos en un sistema. En estos diagramas se muestra la interacción de un conjunto de objetos en una aplicación a través del tiempo y el modelado para cada método de la clase. Mientras que el diagrama de casos de uso permite el modelado de una vista business del escenario, el diagrama de secuencia contiene detalles de implementación del escenario, incluyendo los objetos y clases que se usan para implementar el escenario, y mensajes pasados entre los objetos.

Para el Sistema de Transferencia los objetos son: el PLC, el motor, y los tres cilindros como se muestra en la figura 4.14. La interacción entre cada uno son descritos como las señales que envía los equipos (sensores) hacia los otros objetos (PLC).

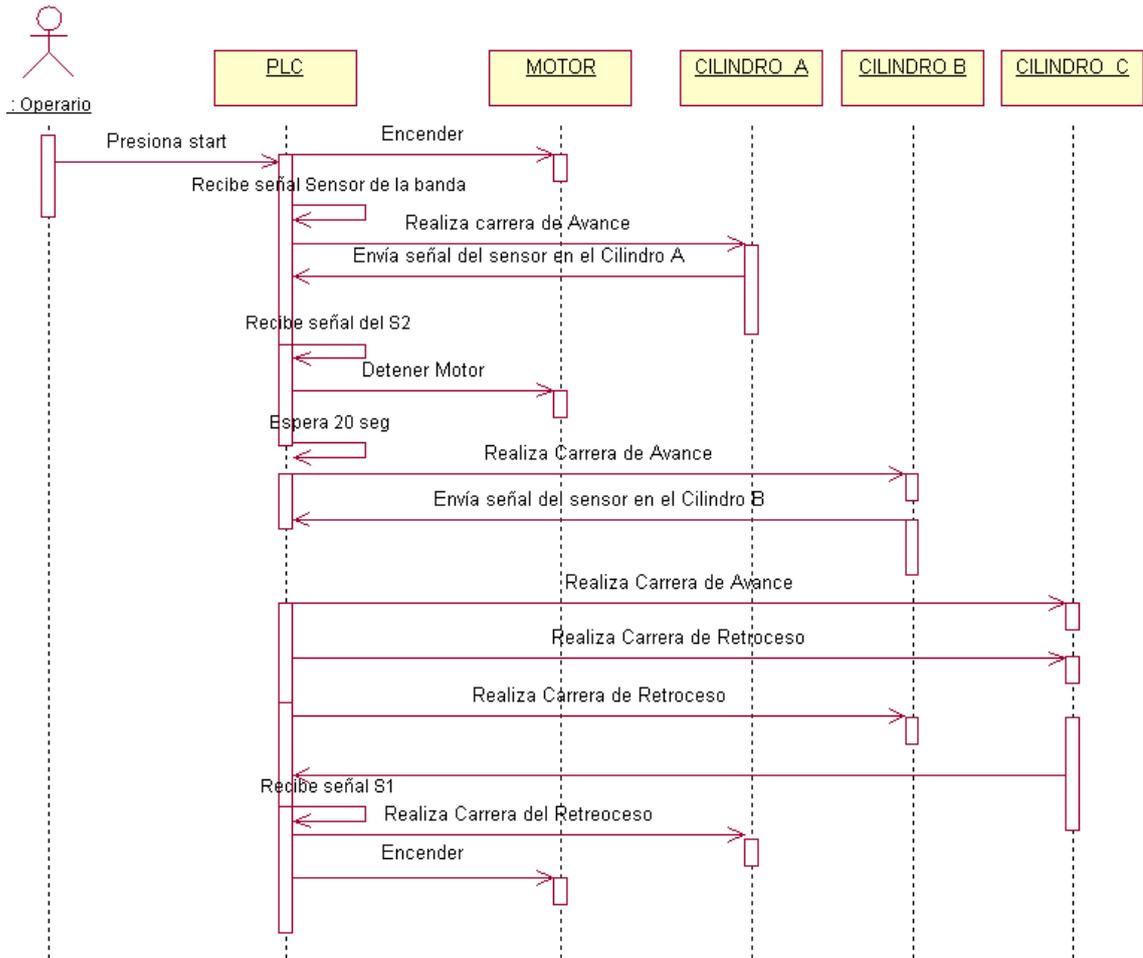


Fig. N° 4.15 Diagrama de Secuencia

Diseño GAF CET

El grafcet está normalizado por IEC11 848 y es una de las mejores herramientas para representar automatismos secuenciales.

Las acciones de un grafcet pueden ser:

Internas, acciones que se producen en el equipo de control, por ejemplo temporizaciones, contadores, cálculos matemáticos, etc.

Externas, las acciones que se producen sobre el proceso, por ejemplo abrir o cerrar una válvula, activar o desactivar una bomba, etc. Transición y Condición de transición

¹¹ IEC, International Electrotechnical Commission

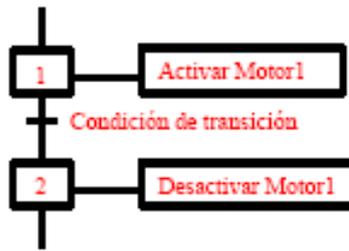


Fig. N° 4.16 Etapas y transición en un Grafcet

En el diagrama Grafcet, un proceso se compone de una serie de etapas secuenciales que se activan una tras otra unidas mediante una transición como se indica en la figura 4.15. El paso de una etapa a la siguiente se realiza dependiendo de si se cumple o no la condición de transición entre ellas.

Toda transición lleva asociada una condición de transición o función lógica booleana que se denomina receptividad, y que puede ser verdadera o falsa.

Se dice que la transición está validada, cuando la etapa o etapas anteriores a la transición están activadas. El franqueamiento de la transición se producirá si, y sólo si, la transición esta valida da y la receptividad es verdadera.

Esquema de elementos que componen el Grafcet

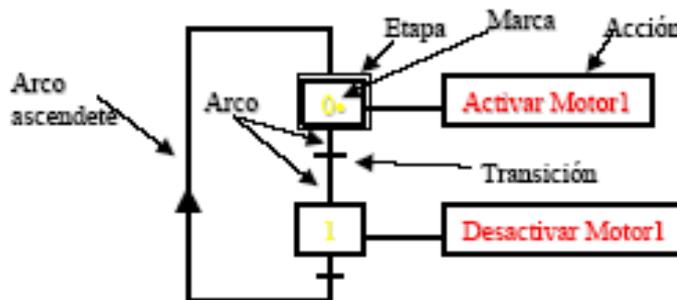


Fig. N° 4.17 Elementos de un Grafcet

La situación de la etapa activada, se indica mediante la colocación de una marca en el interior del gráfico representativo de la etapa como se puede observar en la figura 4.16.

Graficet para el Sistema de Transferencia

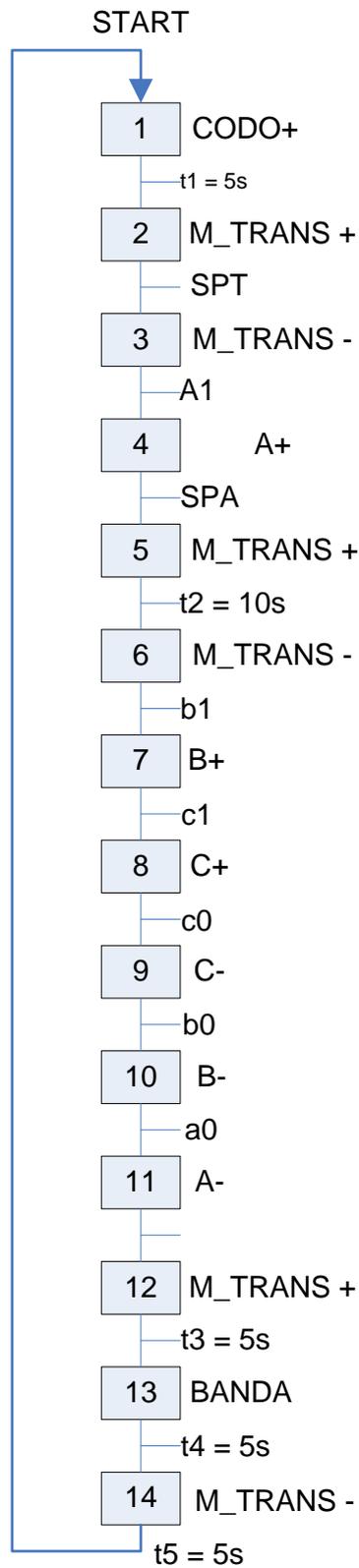


Fig. N° 4.18 Graficet del Sistema de Transferencia

Acceso de datos de E/S remotos

El autómata remoto configurado como E/S remota no tiene ningún programa de aplicación ni ejecuta el suyo propio. Las entradas y salidas digitales base del autómata remoto son una simple ampliación de las del autómata Master.

La aplicación sólo tiene que utilizar el mecanismo de direccionamiento de tres dígitos que se suministra especificados en la figura 4.18.

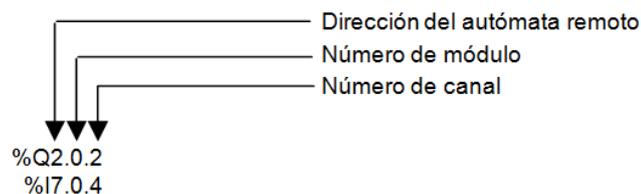


Fig. N° 4.19 Indicador de los valores de las variables

Nota: El número de módulo es siempre cero para las E/S remotas.

Para comunicarse con la E/S remota, el autómata Master utiliza la notación de entrada y salida estándar %I y %Q. Para acceder al tercer bit de salida de la E/S remota configurada en la dirección 2, se utiliza la instrucción %Q2.0.2. De forma similar, para leer el quinto bit de entrada de la E/S remota configurada en la dirección 7, se utiliza la instrucción %I7.0.4

Validación del diseño del Sistema de Transferencia

En la fase de planeación, el equipo creó un diseño detallado del sistema de Transferencia. Ya terminado esa fase, se debe validar.

La validación del diseño consiste en llevar a cabo pruebas que tienen como finalidad para asegurar que el sistema propuesto funciona como se esperaba y se requiere. Estas pruebas son usualmente dirigidas en un ambiente de laboratorio en el de automatización industrial.

Las pruebas pueden dividirse en las siguientes categorías básicas:

- **Prueba de unidad** Esta prueba valida la funcionalidad de los tres cilindros que conforman el sistema de Transferencia.

En esta prueba, se verifica también que los sensores que se encuentran ubicados correctamente en cada uno de los cilindros, los cuales, permiten detectar el vástago del cilindro.

Detalles de la prueba:

Comprobación de sensores.- Esta prueba permite validar visualmente debido a que los sensores se encienden si detectan al vástago del cilindro. Como existen 2 sensores por cada cilindro, debemos verificar que los 6 sensores se enciendan correctamente de acuerdo a la ubicación que tenga el vástago.

- **Prueba de integración** Asegura la funcionalidad de los desplazamientos que realiza el sistema de Transferencia incluyendo la detección de sensores, avance y retroceso de los cilindros.

Esta prueba permite comprobar si el proceso que debe realizar el sistema sigue de acuerdo a los pasos que se indicó en el Graficet.

Creación del sistema

Una vez que el diseño detallado haya sido probado y validado, se debe continuar con la creación, asignación de E/S al PLC y carga de las instrucciones al PLC y posteriormente la implementación.

Especificación de entradas

Para la elaboración del sistema se deben hacer uso de 10 entradas enumeradas desde la 0 como se indica en la tabla IV.7

Tabla IV-15 Entradas asignadas al PLC

Número	Descripción	Asignación
0	Sensor del almacén	SPA
1	Sensor del cilindro C retroceso	
2	Sensor del cilindro B avance	
3	Sensor del cilindro C avanza	
4	Sensor del cilindro B retroceso	
5	Sensor del cilindro A avance	
6	Sensor de la banda de transferencia	SPT
7	Sensor del cilindro A retroceso	
8	Stop	
9	Start	

Asignación de E/S al PLC

En esta etapa debemos verificar las entradas y salidas desde el sistema de Transferencia hasta el PLC. Recordemos que el sistema contiene: sensores, cilindros que producen entradas (%I) y salidas (%Q)

Tabla IV-16 Tabla de símbolos y direcciones para las salidas

SALIDAS	SÍMBOLO	DIRECCIÓN	
	B+ (B_SALE)	0	%Q0.0
	C+ (C_SALE)	1	%Q0.1
	CODO	2	%Q0.2
	A+ (A_SALE)	3	%Q0.3
	BANDA	4	%Q0.4
	M_TRANS	7	%Q0.7

Tabla IV-17 Tabla de símbolos y direcciones para las entradas

ENTRADAS	SPA	0	%I0.0
	C ₀	1	%I0.1
	B ₁	2	%I0.2
	C ₁	3	%I0.3
	B ₀	4	%I0.4
	A ₁	5	%I0.5
	SPT	6	%I0.6
	A ₀	7	%I0.7
	START	8	%I0.8
	STOP	9	%I0.9

Asignación en TwidoSuite

Para la asignación de las diferentes entradas debemos indicar la dirección (Fig. 4.20) y el símbolo que describe la actividad que realiza esa entrada.

Uso	Dirección	Símbolo	Utilizado por	Filtrado	Guardado	¿Run/Stop?	Evento	Alta prioridad	Número SR
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0	SPA	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1	C0	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2	B1	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.3	C1	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.4	B0	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.5	A1	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No utilizado	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.6	SPT	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.7	A0	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.8	START	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.9	STOP	Lógica aplicación	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	%I0.10			3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	%I0.11			3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	%I0.12			3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	%I0.13			3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Tabla de salidas

Uso	Dirección	Símbolo	¿Estado	Utilizado por
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0	B_SALE		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1	C_SALE	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.2	CODO	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.3	A_SALE	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.4	BANDA		Lógica aplicación
<input type="checkbox"/>	%Q0.5			
<input type="checkbox"/>	%Q0.6			
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.7	M_TRANS		Lógica aplicación
<input type="checkbox"/>	%Q0.8			
<input type="checkbox"/>	%Q0.9			

Fig. N° 4.20 Asignación de E/S en Twido

Ecuaciones (Memorias)

$$M_1 = START + M_{14}t_5 + M_1\overline{M_2}$$

$$M_2 = M_1t_1 + M_2\overline{M_3}$$

$$M_3 = M_2SPT + M_3\overline{M_4}$$

$$M_4 = M_3SPT + M_4\overline{M_5}$$

$$M_5 = M_4A_1 + M_5\overline{M_6}$$

$$M_6 = M_5SPA + M_6\overline{M_7}$$

$$M_7 = M_6t_2 + M_7\overline{M_8}$$

$$M_8 = M_7B_1 + M_8\overline{M_9}$$

$$M_9 = M_8C_1 + M_9\overline{M_{10}}$$

$$M_{10} = M_9C_0 + M_{10}\overline{M_{11}}$$

$$M_{11} = M_{10}B_0 + M_{11}\overline{M_{12}}$$

$$M_{12} = M_{11}A_0 + M_{12}\overline{M_{13}}$$

$$M_{13} = M_{12}t_3 + M_{13}\overline{M_{14}}$$

$$M_{14} = M_{13}t_4 + M_{14}\overline{M_1}$$

3. D Iniciación del entrenamiento

Para la manipulación y funcionamiento del Sistema de Transferencia de forma correcta se debe iniciar el entrenamiento del personal que se encarga de operar el mismo. Además de capacitar a los individuos que llevarán a cabo la utilización probablemente se deba indicar todos los procesos que realiza el sistema, ya que éste se acoplará al de montaje que está operado por otro personal.

Tarea final: Liberación del sistema

La principal meta para la fase de desarrollo es la liberación del proyecto. Esta meta se culminó correctamente, se valoró la funcionalidad y se verificó en su totalidad que los procesos que realiza el sistema estén en orden. Todo este proceso nos indica que la programación en Twido está culminada y se procede a exportar el programa al PLC.



Fig. N° 4.21 Esquema final del sistema de Transferencia

4.2.2.4. Fase 4 - Implementación

4.A Procesos para la implementar

Antes de la implementación del sistema, necesita asegurar que todos los procesos están especificados por el personal de desarrollo. Además, deberán estar en orden para poder obtener la secuencia adecuada de forma que los procesos den los resultados deseados.

Tabla IV-18 Lista de verificación de la implementación

Listo	Actividad
	Cargar datos desde TwidoSoft al PLC.
	Validar entradas y salidas.
	Verificar movimientos de los cilindros.
	Comprobar la secuencia en que los procesos deben ejecutarse.

4.B Implementación del nuevo sistema automatizado

En este punto, está listo para poner el nuevo sistema de Transferencia a disposición del personal. Existen varias actividades que se deben realizar para poner en producción, entre las más relevantes se tiene:

- **Ubicación del lugar**, esta actividad tiene una gran importancia ya que se considera el espacio físico. El sistema de Transferencia (Fig. 4.22) será ubicado en el Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas.

Para esta fase se debe considerar un espacio suficientemente adecuado, debido a que se acoplará al sistema de montaje.



Fig. N° 4.22 Sistema de Transferencia preliminar

- **Verificar las conexiones eléctricas**, esto nos permite eliminar todo riesgo que se pueda causar por malas conexiones que hubiese en el laboratorio, en especial, conexiones con el sistema de montaje al cual se acoplará.



Fig. N° 4.23 Comprobación del engranaje para el giro

4.C Ejecución de las actividades a implementar

Es importante monitorear el rendimiento del nuevo sistema de Transferencia, especialmente en los primeros días después de la implementación para asegurar que el proceso no tenga dificultades.

Este proceso involucra la revisión del sistema acoplado de forma definitiva al sistema de montaje. Durante este tiempo también se debe afinar la ubicación de todas las secciones que conforman el sistema. Es importante considerar que puede presentar fallas imprevistas, pero se debe identificar y lograr que no tenga un impacto de gran valor; de esta forma se podrá resolver en el transcurso de la implementación.

Obteniendo asistencia en el proyecto

Los sistemas que se realizan para el área de automatización industrial, conllevan la asistencia de personal con mayor conocimiento y experiencia. El sistema de Transferencia recibe la asistencia del catedrático de esta área de estudio.

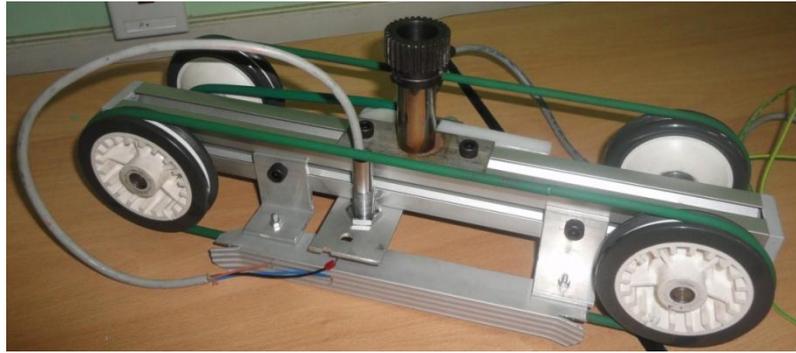


Fig. N° 4.24 Banda transportadora del sistema de Transferencia

4.3. Monitoreo del Sistema de Transferencia

El sistema de transferencia está dividido en varias ventanas siendo la primera la portada (Ver figura 4.25) donde se indica la institución educativa y el título del sistema.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

CONTROL DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA

[Ir a Menú](#)

Fig. N° 4.25 Portada del sistema en Lookout

La ventana del menú como se muestra en la figura 4.26 nos muestra los link a los diferentes módulos que tiene el sistema como son: Módulo de transferencia y el Módulo de almacenamiento, también un link al sistema completo.

MENÚ PRINCIPAL

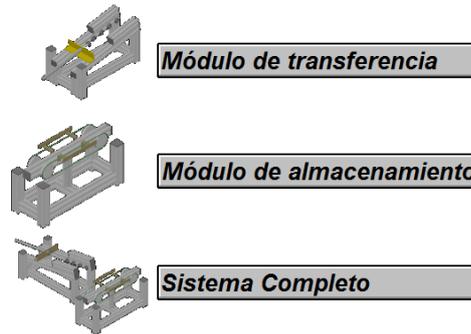


Fig. N° 4.26 Menú del sistema

En la figura 4.25 nos muestra a los módulos de transferencia y de almacenamiento de forma conjunta los cuales nos indicarán los movimientos que realizan cada uno de acuerdo a la etapa que se debe realizar para transferir el producto para su revisión.

Es de suma importancia considerar que el color rojo en los gráficos de los motores nos indicará que se encuentran apagados, mientras que el color azul en éstos, nos mostrará que están encendidos.

Otro punto que se debe mencionar es la posición que tienen los cilindros; si el vástago está fuera indicará que el cilindro está en avance, caso contrario, está en retroceso.

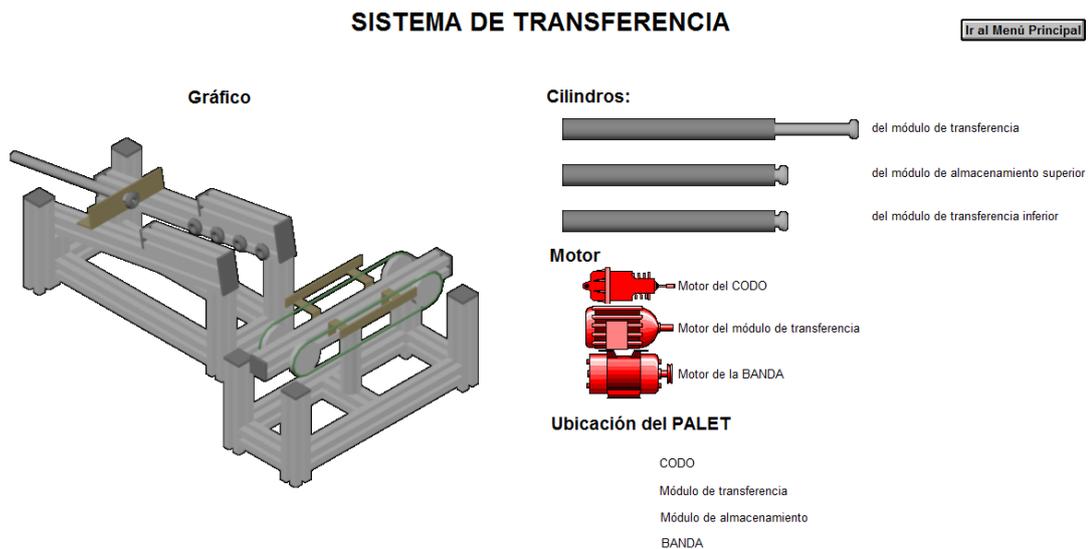


Fig. N° 4.27 Sistema de transferencia

Como se observa en la figura 4.26, el motor del codo se colorea de azul dando a entender que se encuentra activo o en ejecución; del mismo modo se indica que el palet se encuentra en ese lugar.

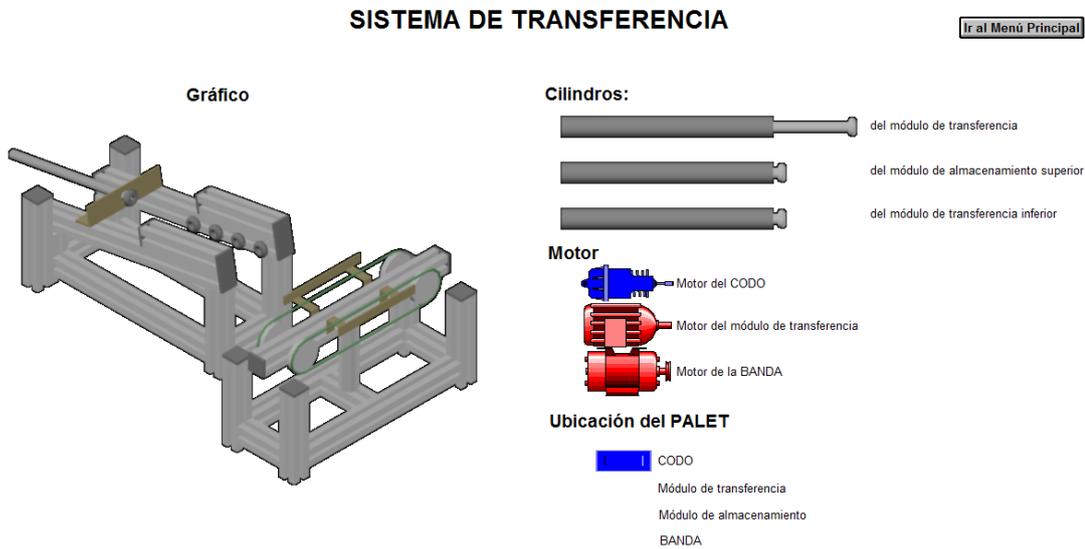


Fig. N° 4.28 Motor del codo encendido

En la figura siguiente (Fig. N° 4.27), se muestra la secuencia donde se ha encendido el motor que se encuentra en el módulo de transferencia.

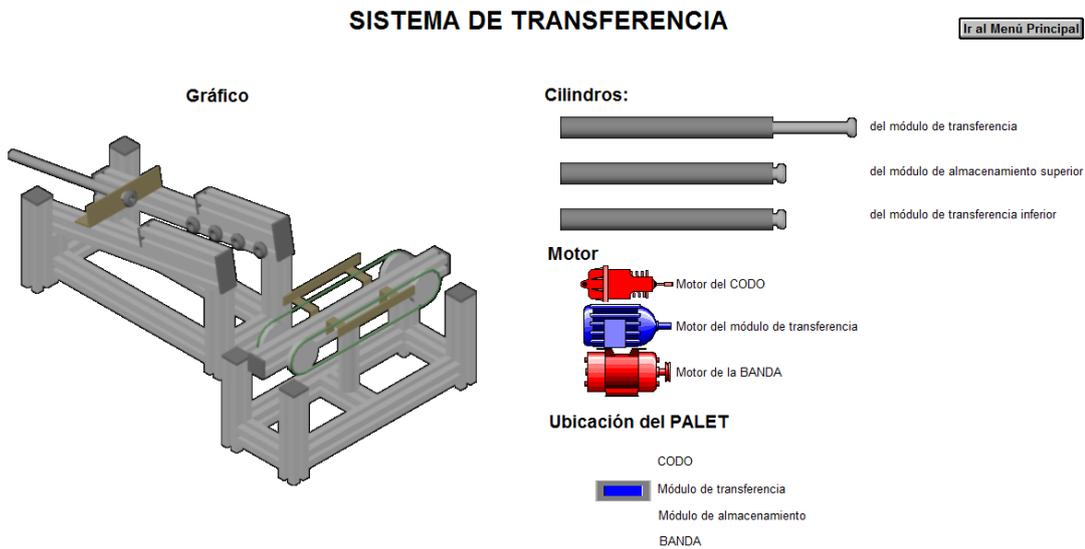


Fig. N° 4.29 Motor del módulo de transferencia encendido

La figura 4.28, indica como ha girado el módulo de transferencia debido a que se detectó el palet mediante el sensor instalado en esta sección.

SISTEMA DE TRANSFERENCIA

[Ir al Menú Principal](#)

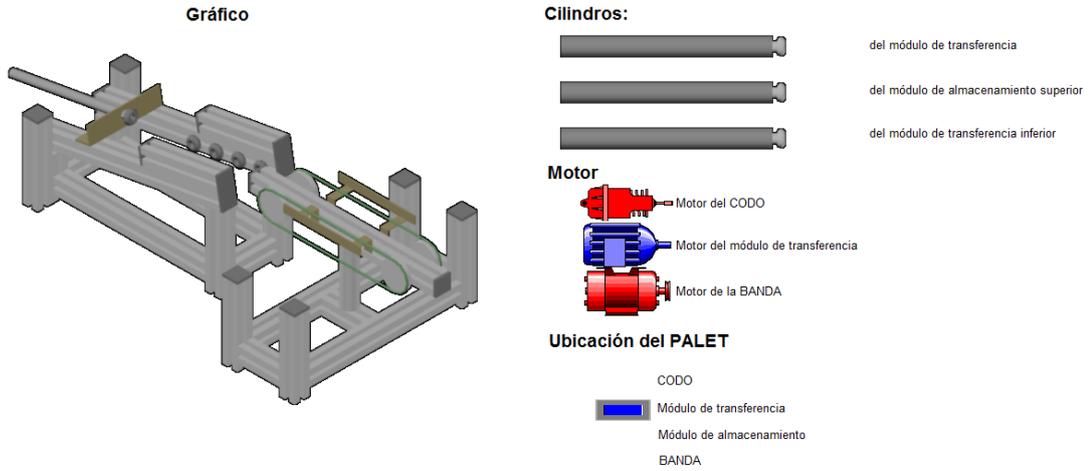


Fig. N° 4.30 Giro de la banda del módulo de transferencia

En el gráfico de la figura 4.29 se indica que el módulo de almacenamiento se elevó para permitir que el cilindro empuje al palet de regreso a la línea de producción.

SISTEMA DE TRANSFERENCIA

[Ir al Menú Principal](#)

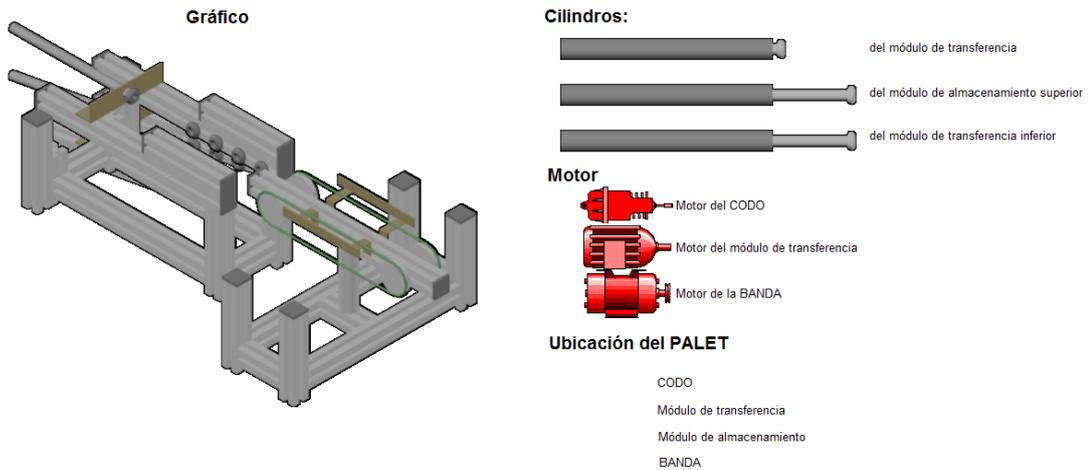


Fig. N° 4.31 Módulo de almacenamiento levantado

La figura 4.30 muestra que tanto el motor del módulo de transferencia como de la banda se encuentra encendido los cuales permiten que el palet recorra estás sección de la línea de producción.

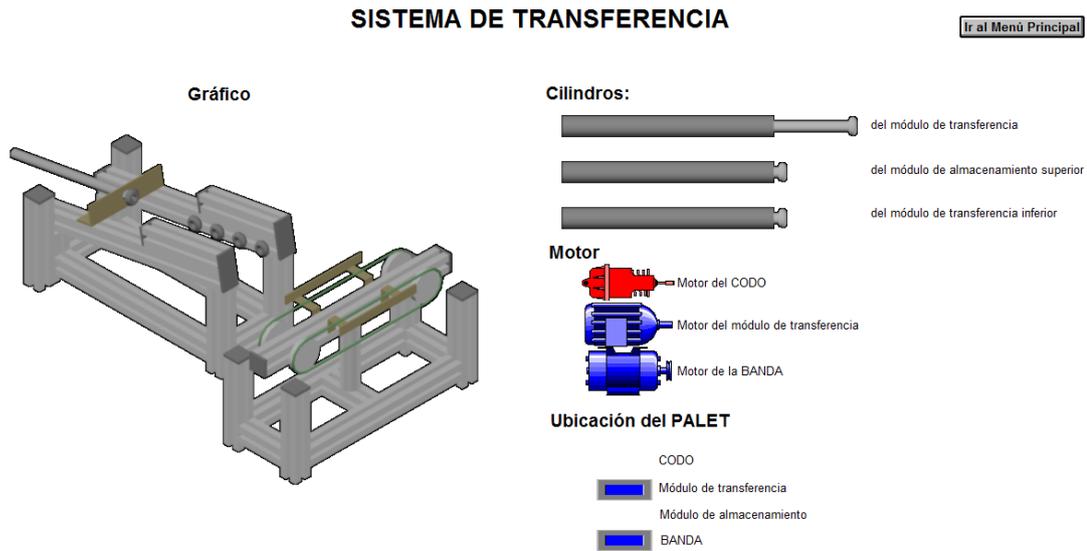


Fig. N° 4.32 Motores encendidos del módulo de transferencia y banda

MÓDULO DE TRANSFERENCIA

En la figura 4.31 se indica que el módulo se encuentra inactivo, de forma que el motor está apagado y el cilindro está en avance.

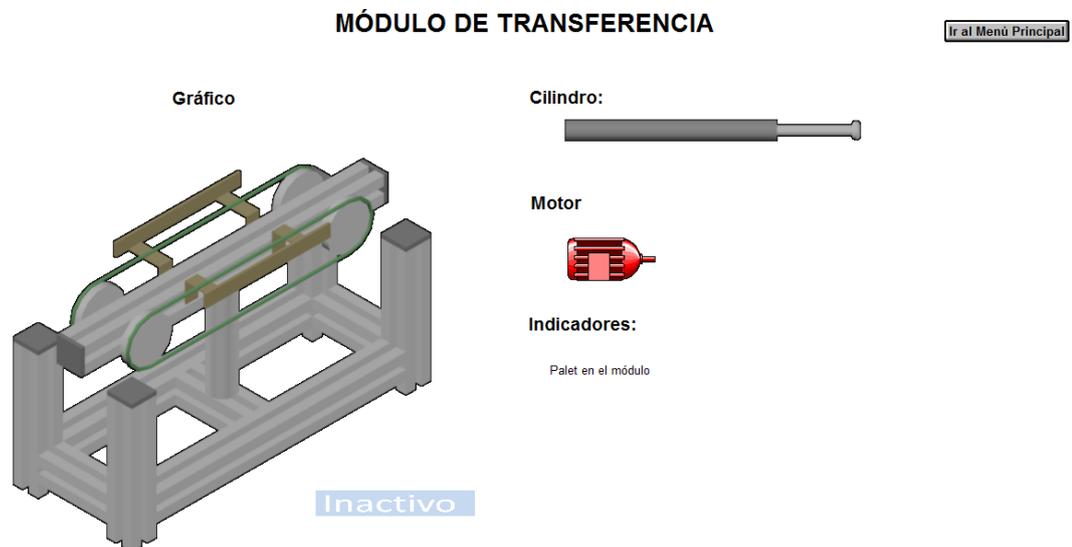


Fig. N° 4.33 Módulo de transferencia inactivo

Como se muestra en la figura 4.32, la siguiente secuencia que se debe realizar es el encendido del motor y la detección del palet mediante el sensor, esto nos indica que este módulo está activo.

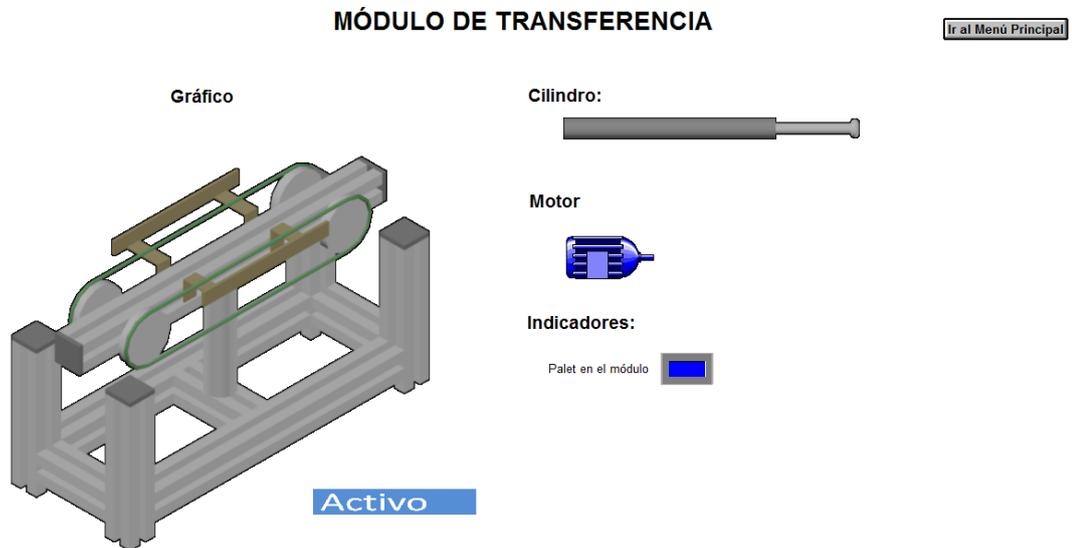


Fig. N° 4.34 Modulo activo y motor encendido

En la figura siguiente (Fig. N° 4.33) se indica que la banda ha girado, esto se puede apreciar observando el gráfico y el cilindro en fase de retroceso.

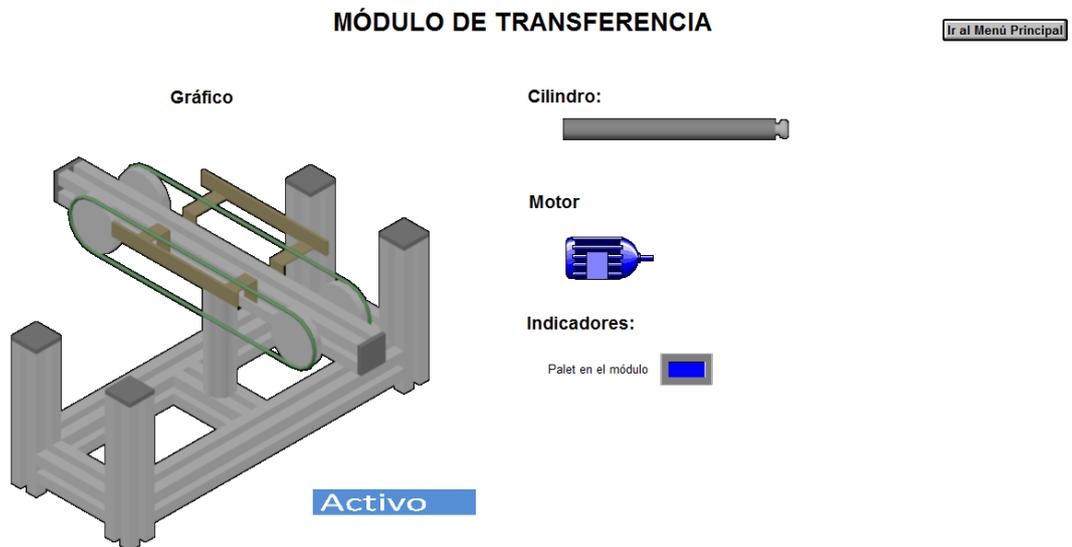


Fig. N° 4.35 Banda del módulo con un giro de 90 grados

A diferencia de la figura anterior (Fig. N° 4.32), en la figura 4.34 se muestra que el módulo está inactivo debido a que el palet se encuentra en el módulo de almacenamiento y el motor está apagado.

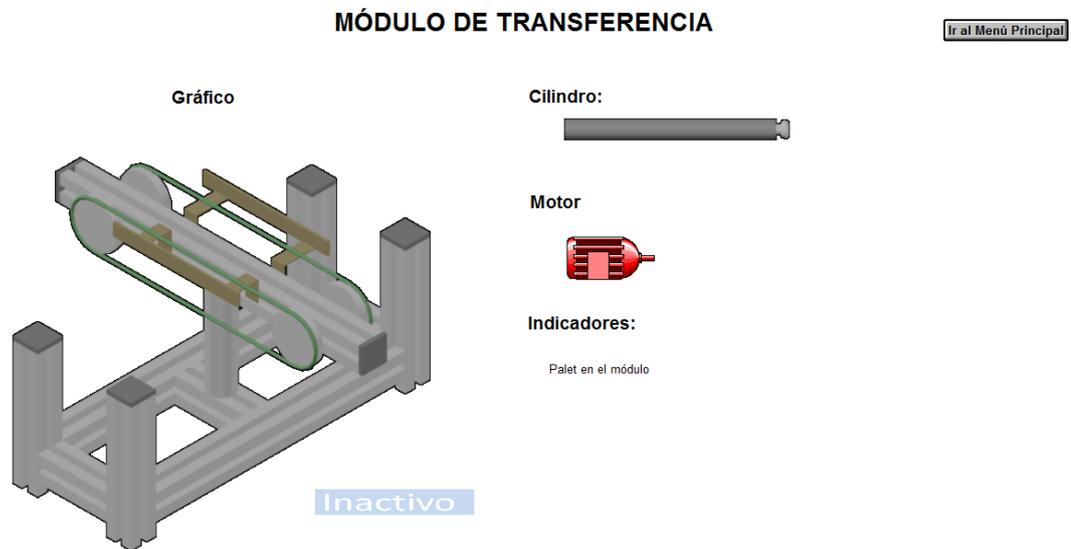


Fig. N° 4.36 Módulo inactivo y motor apagado

MÓDULO DE ALMACENAMIENTO

En la figura 4.35 se indica cuando el módulo está inactivo.

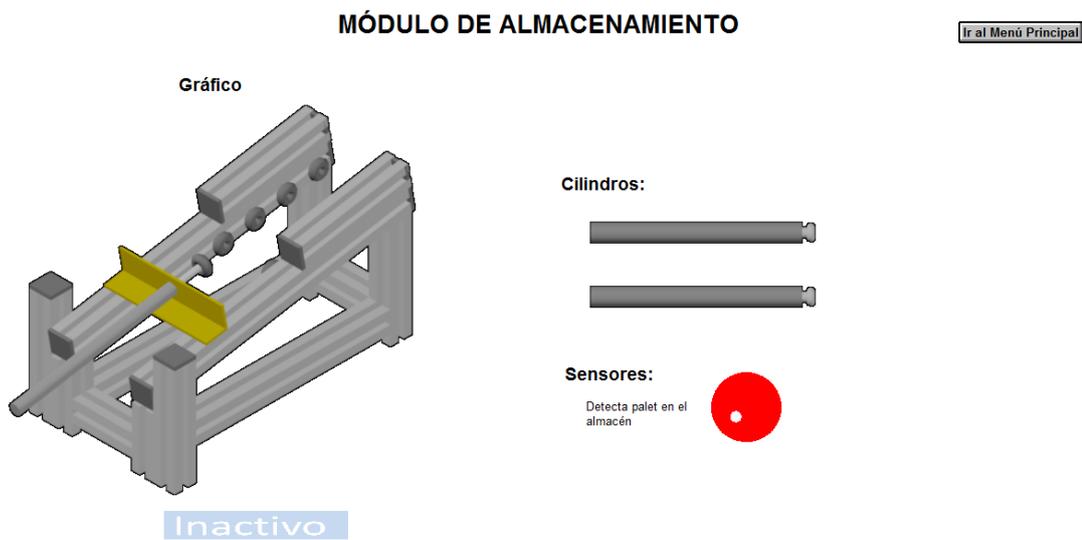


Fig. N° 4.37 Módulo inactivo sin señal en el sensor

En la figura 4.36 se puede observar como el estado de este módulo cambió a activo debido a que se detecto el palet, pero no varía los indicadores gráficos de los cilindros.

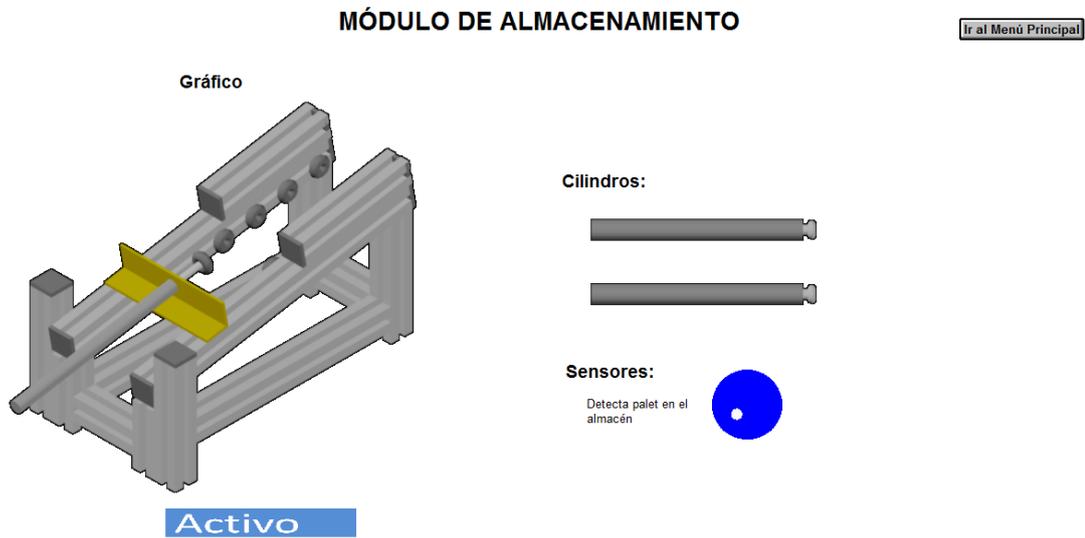


Fig. N° 4.38 Módulo activo y cilindros en retroceso

La figura siguiente (Fig. N° 4.37) muestra que parte del módulo está elevada para poder empujar al palet luego de haber revisado el producto para que continúe en la línea de producción. Otro detalle que se visualiza en la figura es a los cilindros indicando que se encuentra en estado de avance.

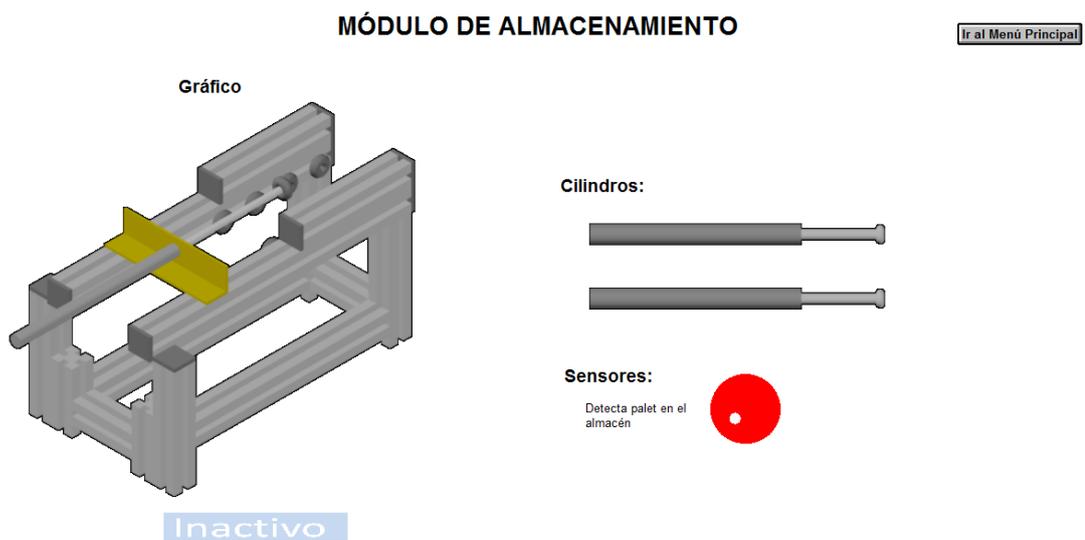


Fig. N° 4.39 Cilindros del módulo en avance

Otros datos que se pueden obtener al monitorear son los cuadros válidos que tuvieron respuesta como también cantidad de errores, excepciones, frames no respondidos como se puede observar en la figura 4.40

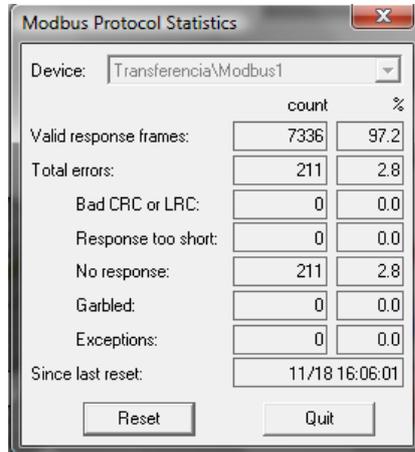


Fig. N° 4.40 Datos estadísticos desde Lookout

4.3.1. Análisis de los paquetes capturados

Para poder analizar los paquetes que circulan cuando estamos controlando los procesos que se realizan en el sistema, utilizaremos una herramienta que permite obtener detalles de los paquetes que se transmiten.

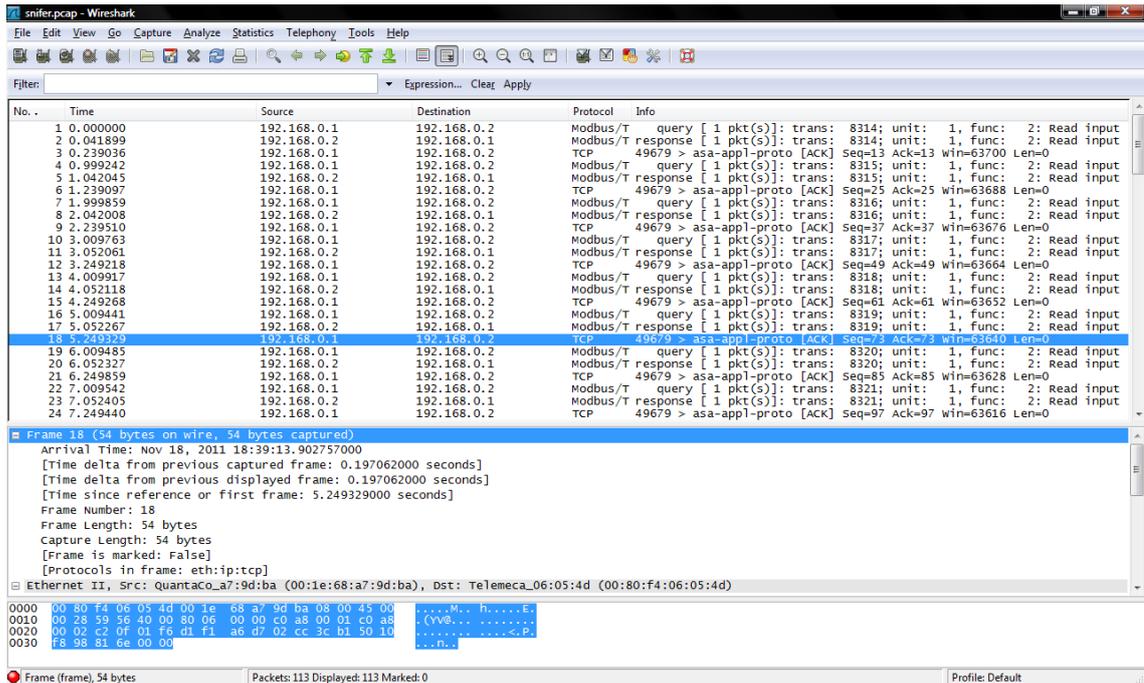


Fig. N° 4.41 Paquetes capturados con Wireshark

La captura se efectuó de 113 paquetes como se muestra en la figura 4.41, donde se puede observar los siguientes detalles:

- IP de origen: 192.168.0.1
- IP de destino: 192.168.0.2
- Número del paquete: 18
- Longitud del frame: 54 bytes
- Protocolo: Modbus/TCP
- Puerto de origen: 49679 (ver figura 4.42)
- Puerto de destino: 502

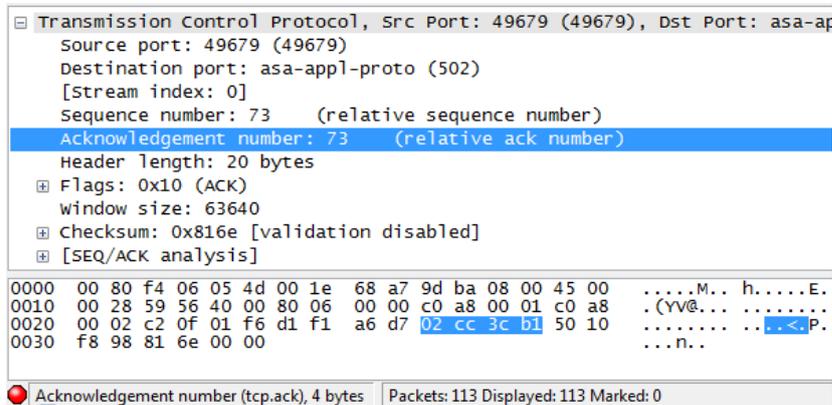


Fig. N° 4.42 Puertos de origen y destino

4.4. Comprobación de Hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis se utilizó el Juicio de Expertos; que es una técnica que recoge la opinión de varios expertos en el área de desarrollo, valorando su criterio de acuerdo a parámetros establecidos. Para lo cual contamos con la colaboración de los catedráticos de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH: Ing. Pablo Montalvo Jaramillo, Dr. Marco Antonio Haro Medina e Ing. Humberto Matheu. Ver Anexo 2.

4.4.1. Análisis Cuantitativo

Valoración para datos Cuantitativos

Se debe valorar los criterios emitidos por parte de los expertos, en la siguiente tabla se indica los mismos:

Tabla IV-19 Parámetros de calificación Análisis Cuantitativo

Criterio	Valor
Estoy de acuerdo	10
Estoy medianamente de acuerdo	5
No estoy de acuerdo	1

Tabla IV-20 Resultado del Análisis Cuantitativo

	Ing. Pablo Montalvo Jaramillo	Dr. Marco Haro Medina	Ing. Humberto Matheu	TOTAL
Automatización Industrial	10	10	10	30
Sistema de Transferencia	10	10	10	30
Incorporación del Sistema de Transferencia al Sistema de Montaje	10	10	10	30
Ventaja del Sistema de Transferencia	10	10	10	30
Calidad de los productos	10	10	10	30
Secuencia apropiada de producción	10	10	5	25

Con los parámetros mostrados anteriormente se demuestra el criterio de cada uno de los expertos que han sido evaluados de manera cualitativa y cuantitativa para el estudio y comprobación de la Hipótesis.

Incorporación del Sistema de Transferencia al Sistema de Montaje.- En el análisis cuantitativo la opinión de los expertos tuvo una valoración máxima 30 puntos ya que ellos coinciden en que el nuevo sistema tendrá un acoplamiento perfecto al sistema lineal.

Ventaja del Sistema de Transferencia.- Este parámetro tiene una valoración de 30 puntos en el resultado cuantitativo, ya que los criterios emitidos nos permiten determinar que la ventaja de este sistema logra una producción de gran calidad.

Calidad de los productos.- los datos tomados y la opinión de los expertos se puede concluir que el sistema al transferir productos para ser revisados logra una alta calidad en la producción de los mismos.

Secuencia apropiada.- Con una valoración de 25 puntos de acuerdo a los criterios personales de los expertos, se puede aducir que el sistema logra una secuencia de producción apropiada.

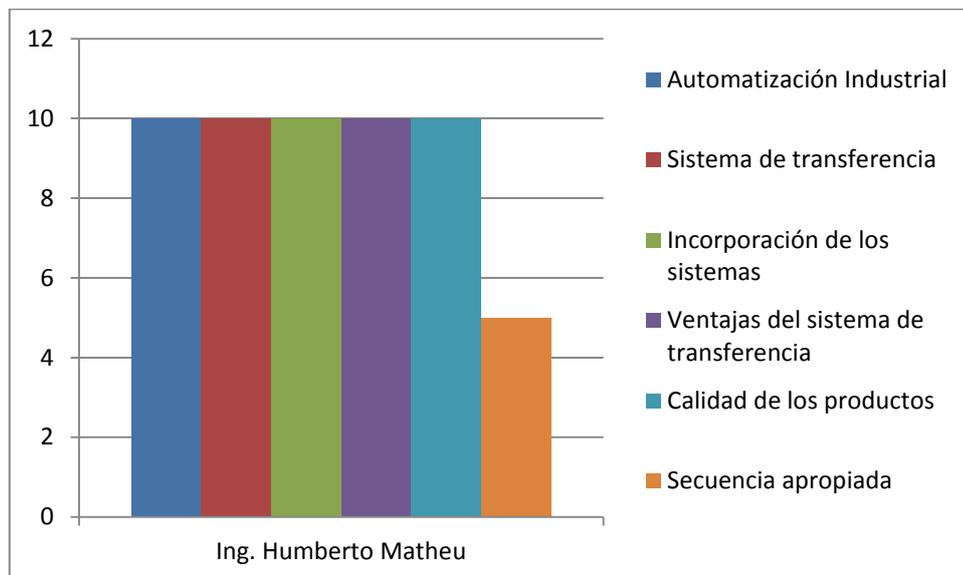


Fig. N° 4.43 Valoración de cada pregunta para los criterios del Ing. Humberto Matheu

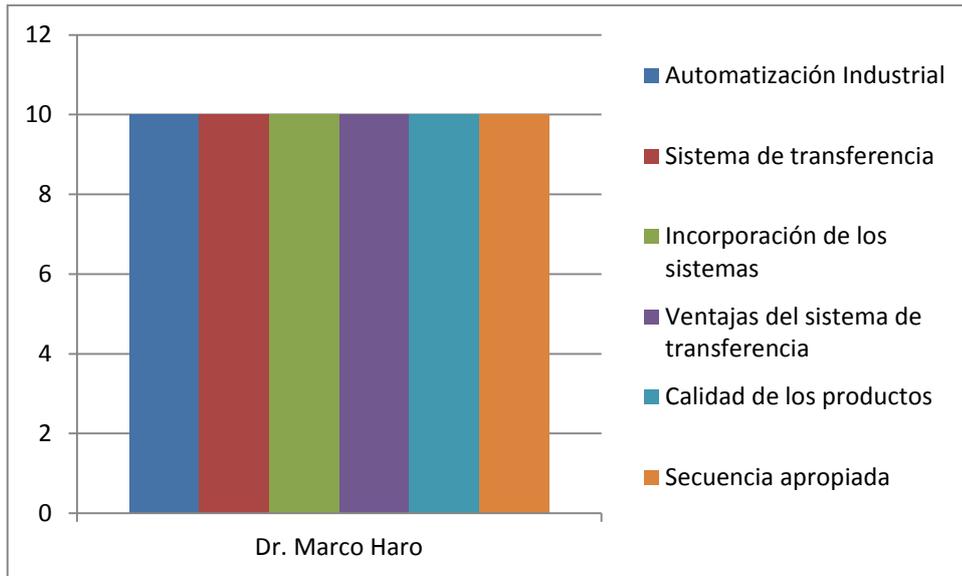


Fig. N° 4.44 Valoración de cada pregunta para los criterios del Dr. Marco Haro

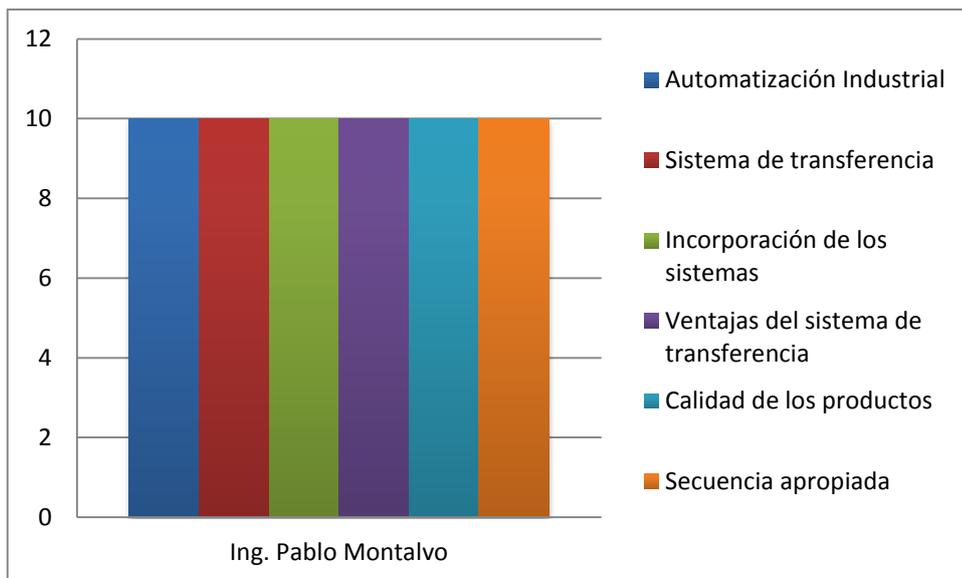


Fig. N° 4.45 Valoración de cada pregunta para los criterios del Ing. Pablo Montalvo

Se puede concluir que la hipótesis planteada en lo que se refiere a la calidad, se cumple ya que el sistema como su nombre lo indica, transfiere los palets con los productos al almacén lugar en el cual se verifican si todos los detalles referentes a la calidad están correctos.

Por lo tanto se puede concluir la negación de la hipótesis planteada ya que no cumple con los parámetros establecidos al inicio de nuestra investigación.

CONCLUSIONES

- ✓ El sistema de Transferencia con la utilización de controladores de bajo costo y con la creación de estaciones de trabajo programables y líneas de flujo flexibles mejora significativamente los procesos dentro de una línea automatizada de producción.
- ✓ El acoplamiento del sistema de transferencia logra efectivizar la producción dentro del sistema de montaje mediante un control automatizado de los productos que llegan al módulo de almacenamiento para su respectiva verificación y continuar a la línea de producción con alta calidad.
- ✓ Lookout permite transferir el control de las tareas entre el usuario y el sistema, de manera que se puede configurar y luego conectar objetos para desarrollar aplicaciones de monitoreo y control. Tomando en cuenta que no requiere de una computadora con muchos recursos e incluye los drivers necesarios para el manejo de dispositivos PLC por ende es importante concluir que esta herramienta nos sirve para controlar que los módulos del sistema de transferencia realicen adecuadamente sus procesos.
- ✓ Después del análisis de la hipótesis propuesta mediante el Juicio de Expertos se ha llegado a la conclusión que el desarrollo de un sistema red industrial Ethernet/IP es una de las más utilizadas ya que brindan varias ventajas de comunicación y velocidad en la transmisión de datos.
- ✓ Para el desarrollo de aplicaciones que abarcan la informática y la mecatrónica se adaptó las fases de la metodología MSF de acuerdo a nuestras necesidades para incluir aspectos que demuestren el trabajo software y procesos de automatización.

RECOMENDACIONES

- ✓ Verificar todos los pasos secuenciales que se deben realizar los sistemas automatizados para poder tener una producción lineal con alto grado de calidad.
- ✓ Realizar un estudio previo sobre el área de instalación de los equipos automatizados que se construirán, para que no se afecte en el rendimiento cuando el sistema se encuentre en producción.
- ✓ Se debe tener muy en cuenta que los tiempos de almacenamiento el cual logra que los productos sean verificados y retornados a la línea de producción, sean los más cortos posibles para no afectar al tiempo total.
- ✓ En la fase de desarrollo de la red industrial, es necesario que la IP que se le asigne al PLC tenga una dirección estática ya que si se usan IP's dinámicas se corre el riesgo pérdida en la comunicación con el controlador del proceso en tiempo real.
- ✓ Realizar una verificación de las conexiones eléctricas cuando realicemos un cambio para evitar daños en los equipos, debido a que una mala polaridad quemaría los mismos.
- ✓ Usar materiales diseñados propiamente para ambientes industriales de esta manera se podrá garantizar el eficiente funcionamiento y la durabilidad de los equipos.
- ✓ Es importante leer el manual de usuario para una correcta utilización de los materiales automatizados que se encuentran instalados para realizar una producción efectiva.

RESUMEN

El objetivo de tesis fue diseñar, implementar y programar un sistema de transferencia que se acopla al sistema de montaje en el laboratorio de automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

En este trabajo se utilizó el método deductivo que nos permite obtener información acerca de los sistemas de transferencia, para poder aplicar en esta investigación. La información se recopiló estableciendo como técnicas las siguientes: investigación bibliográfica y encuestas para la recopilación de la información exacta de los sistemas implementados en la Escuela de Ingeniería que se asemejan a nuestro trabajo.

MSF es una metodología que permite la elaboración efectiva de los proyectos, es por ello que se aplicó como base en el desarrollo del sistema logrando un acoplamiento en la automatización industrial por su enfoque al trabajo por roles, donde cada diseñador y programador se le asigna una tarea.

Con la utilización e incorporación de sensores y electroválvulas se logra que el sistema realice una secuencia que permite el traslado del producto de un módulo a otro. Al desarrollar el programa en la herramienta Twido Suite, el sistema de transferencia se comunica mediante cable serial en un extremo y USB en el otro al PLC TWDLCAA24DRF de forma que se comprueba la secuencia que debe realizar.

En conclusión el sistema de transferencia mejora los procesos de producción obteniendo una alta calidad en la elaboración de productos. Los expertos en electroneumática concuerdan en la gran ventaja que los sistemas de transferencia prestan porque permiten el traslado del producto para su respectiva verificación mejorando así la calidad.

Cuando se realiza sistemas automatizados para la producción industrial, es recomendable realizar un estudio completo de los equipos que se utilizarán de forma que se pueda obtener una producción eficiente y con un mejor costo de fabricación.

ABSTRACT

DESIGN, IMPLEMENTATION, AND PROGRAMMEVG OF A TRANSFER SYSTEM TO ATTACH TO THE MOUNTING SYSTEM

Transfer systems allow a correct production because they can verify the quality of the product.

In the laboratory of industrial automation the mounting system requires of a procedure that permits to transfer products from one stage to another of the process, and there is nothing that matches the versatility of transfer systems.

The objectives of the thesis are:

1. To design, implement and schedule a transfer system that fits to the mounting System of automation laboratory of Engineering Systems at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
2. To determine what programming tools are the most useful for the development of transfer modules.

The Deductive method was used to obtain information about the transfer systems, with bibliographic research and surveys for collecting accurate information.

The MSF (Microsoft solution framework. methodology) also was applied because permits the effective formulation of projects where a task is assigned to each designer and programmer.

To develop the program in the Twido tool Suite, the system of transfer communicates through serial cable at one end and a USB ("Universal Serial Bus") on the other to the PLC TWDLCAA24DRF (Programmable logic controller), and in this way the sequence that must be done is verified.

Results show the system of transfer was attached to the mounting systems perfectly getting that industrial production delivers high- quality products.

In conclusion, the transfer system improves the production process obtaining excellence in the development of the products, because they allow the transfer for their respective verification improving in this way the quality.

It is recommended that a complete and preliminary study on the equipment be done to obtain an efficient production, with a better manufacturing cost.

GLOSARIO

APLICACIÓN

Una aplicación TwidoSuite se compone de un programa, datos de configuración, símbolos y documentación.

AUTÓMATA MAESTRO

Autómata Twido configurado para ser el maestro en una red de conexión remota.

AUTÓMATA MODULAR

Tipo de autómata Twido que ofrece una configuración flexible con funciones de ampliación. Compacto es el otro tipo de autómata Twido.

CONSTANTES

Valor configurado que no se puede modificar por el programa que se está ejecutando.

EDITOR DE CONFIGURACIÓN

Ventana especializada de TwidoSuite utilizada para gestionar la configuración de hardware y software.

EDITOR DE LADDER LOGIC

Ventana de TwidoSuite especializada y utilizada para editar un programa Ladder.

GRAFNET

Es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. Representa gráficamente y de forma estructurada el funcionamiento de una operación secuencial. Método analítico que divide cualquier sistema de control secuencial en una serie de pasos a los que se asocian acciones, transiciones y condiciones.

IL

IL son las siglas de lista de instrucciones (Instruction List). Este lenguaje consiste en una serie de instrucciones básicas. Este lenguaje es muy similar al lenguaje ensamblador utilizado en los procesadores de programa. Cada instrucción está compuesta por un código de instrucción y un operando.

LD

LD son las siglas de diagrama de contactos (Ladder Diagram). LD es un lenguaje de programación que representa las instrucciones que deben ejecutarse en forma de diagramas gráficos muy similares a los esquemas eléctricos (contactos, bobinas, etc.).

LOOKOUT

Lookout de National Instruments es una interfaz humano-máquina (HMI) habilitada por Web, fácil de usar, y un sistema de software de control supervisión y de adquisición de datos para aplicaciones exigentes de manufactura y de control de procesos.

NORGREN

Norgren es una empresa global, con años de experiencia coordinando proyectos de envergadura para clientes de todo el mundo. Es un proveedor de soluciones neumáticas óptimas, y rentables. Los productos Norgren son fiables en condiciones extremas. Gozan de reputación a nivel mundial por su calidad y durabilidad - como los cilindros sin vástago LINTRA, la gama STAR de válvulas de corredera, las válvulas de control de procesos Herion y Buschjost, y las gamas EXCELON y Olympian Plus, líderes mundiales de Tratamiento del aire.

PLC

Es un equipo electrónico diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

TWIDOSUITE

Software de desarrollo gráfico de Windows de 32 bits para configurar y programar autómatas Twido.

WIRESHARK

Antes conocido como Ethereal, es un analizador de protocolos utilizado para realizar análisis y solucionar problemas en redes de comunicaciones, para desarrollo de software y protocolos, y como una herramienta didáctica para educación. Cuenta con todas las características estándar de un analizador de protocolos.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS WEB RELACIONADAS AL TEMA

Definición de Electrónica

<http://www.monografias.com/trabajos5/electro/electro.shtml>

Definición de neumática:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tica>

<http://es.scribd.com/doc/4196749/Electroneumatica>

http://www.unicilindros.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=6:cilindros-hidraulicos&catid=3:boletin-tecnico&Itemid=7

http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm

<http://uk.rs-online.com/web/4444432.html#header>

<http://pdf.directindustry.es/pdf/norgren/cilindros-redondos/Show/14694-134916-12.html>

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~41001719/electricos/3fp2/t3fp2h.html>

<http://www.pcontrol.com.mx/upload/ACTUADORES%20NEUMATICOS.pdf>

SISTEMAS DE CONTROL

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control

Sensores:

http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm

http://www.rolcar.com.mx/Tecno%20Tips/Sensor%20Hall/sensor_hall.asp

<http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS>

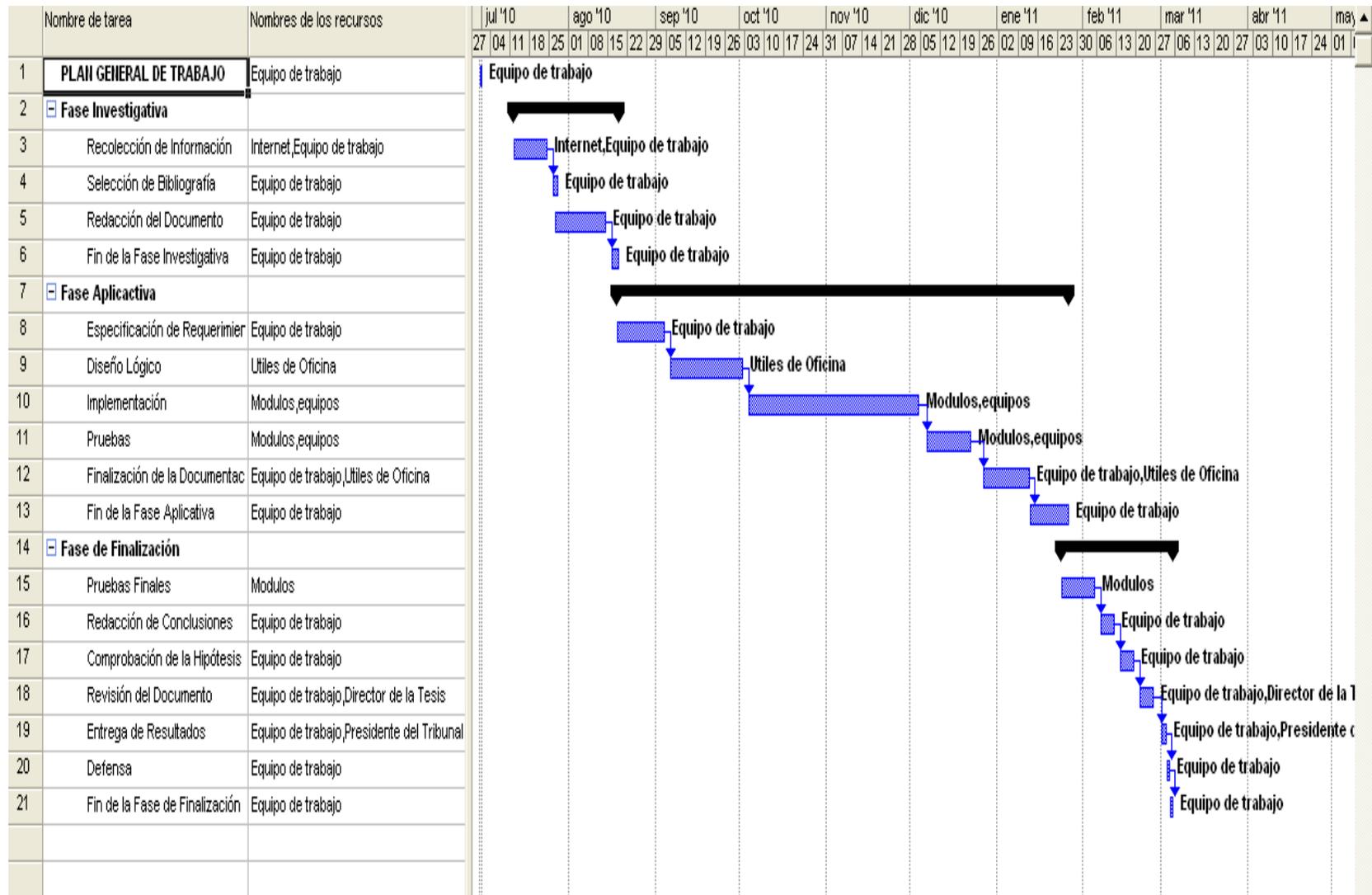
<http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeValvulasDeControl>

GONZALEZ, M. Implementación de un sistema de control neumático inalámbrico didáctico en el Laboratorio de Automatización de la EIS. Tesis Ing. Sistemas. Riobamba, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. 2010. 109p.

ANEXOS

ANEXO 1

Cronograma



ANEXO 2

Encuestas



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Objetivo: La presente encuesta tiene como objetivo la comprobación de la hipótesis de la tesis titulada “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA PARA ACOPLAR AL SISTEMA DE MONTAJE CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA EIS**”.

Nombre:

Dr. Marco Antonio Haro Medina

Profesión (es):

Actualmente desempeñándome como Doctor en automatización industrial

Experiencia docente:

1. ¿Cuál es su criterio sobre la automatización industrial?

Es necesario para garantizar la calidad, seguridad y continuidad de los procesos industriales.

2. ¿Cuál es su criterio sobre la importancia de los Sistemas de transferencia en la industria?

La importancia radica en la posibilidad de reducir los tiempos y las distancias mejorando la productividad.

3. ¿Cree usted que mediante la incorporación de un sistema de transferencia al sistema de montaje se mejorará la producción y por qué?

Se mejora la producción por cuanto un sistema de transferencia bien planificado reducirá los tiempos.

4. ¿Cuál cree usted que es una ventaja del uso de un sistema de transferencia dentro de procesos industriales?

Reducción de costos de producción.

Aumento de la producción.

Garantía de la calidad y seguridad.

5. ¿Considera usted que el sistema de transferencia permitirá obtener productos de calidad y por qué?

El sistema automatizado permitirá cumplir con los estándares de calidad.

6. ¿Cuál cree usted que serían las dificultades técnicas que se pueden encontrar en el diseño e implementación de un sistema de transferencia?

Con el desarrollo tecnológico actual no existen dificultades que no puedan ser solventadas para la implementación.

7. ¿Cree usted que el sistema de transferencia permite una secuencia de producción lineal adecuada?

Una de las posibilidades del sistema es la secuencia de producción lineal.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Objetivo: La presente encuesta tiene como objetivo la comprobación de la hipótesis de la tesis titulada “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA PARA ACOPLAR AL SISTEMA DE MONTAJE CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA EIS**”.

Nombre:

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo

Profesión (es):

Tecnólogo Mecánico, Ingeniero Electromecánico, Ingeniero Industrial

Experiencia docente:

1. ¿Cuál es su criterio sobre la automatización industrial?

En la actualidad la gran cantidad de industrias tienen procesos automatizados, mejorando de manera notable la productividad de las mismas.

2. ¿Cuál es su criterio sobre la importancia de los Sistemas de transferencia en la industria?

Un sistema de transferencia tiene importancia en la disminución de tiempos de producción y en la mejora de la calidad.

- 3. ¿Cree usted que mediante la incorporación de un sistema de transferencia al sistema de montaje se mejorará la producción y por qué?**

Si, como lo dije anteriormente disminuyendo el tiempo y mejorando la productividad, disminuye costos y aumenta demanda.

- 4. ¿Cuál cree usted que es una ventaja del uso de un sistema de transferencia dentro de procesos industriales?**

Los tiempos de producción y la calidad.

- 5. ¿Considera usted que el sistema de transferencia permitirá obtener productos de calidad y por qué?**

Si

- 6. ¿Cuál cree usted qué serían las dificultades técnicas que se pueden encontrar en el diseño e implementación de un sistema de transferencia?**

La adquisición de equipos y el montaje de los mismos.

- 7. ¿Cree usted que el sistema de transferencia permite una secuencia de producción lineal adecuada?**

Si, y se puede realizar de una manera flexible y adecuar a diferentes condiciones del proceso.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Objetivo: La presente encuesta tiene como objetivo la comprobación de la hipótesis de la tesis titulada “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA PARA ACOPLAR AL SISTEMA DE MONTAJE CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA EIS**”.

Nombre:

Ing. Humberto Matheu

Profesión (es):

Ing. Electromecánico

Experiencia docente:

1. ¿Cuál es su criterio sobre la automatización industrial?

Proceso que sustituye procedimientos manuales para ser reemplazados por equipos y máquinas.

2. ¿Cuál es su criterio sobre la importancia de los Sistemas de transferencia en la industria?

Facilita enormemente los procesos de control de productos, creo que su importancia radica en mejorar la calidad y disminuir tiempos.

3. ¿Cree usted Que mediante la incorporación de un sistema de transferencia al sistema de montaje se mejorará la producción y por qué?

Indudablemente que mejora la producción porque con un sistema de transferencia baja costos.

4. ¿Cuál cree usted que es una ventaja del uso de un sistema de transferencia dentro de procesos industriales?

Como mencioné anteriormente, la principal ventaja es mejorar la calidad en procesos industriales, bajar tiempos de producción y por lo tanto baja costos en la producción.

5. ¿Considera usted que el sistema de transferencia permitirá obtener productos de calidad y por qué?

Un objetivo importante un Sistema de transferencia es obtener productos de calidad porque, un proceso automático es más eficiente que un proceso manual.

6. ¿Cuál cree usted qué serían las dificultades técnicas que se pueden encontrar en el diseño e implementación de un sistema de transferencia?

Pienso que uno de las dificultades sería el encontrar equipos y accesorios en el mercado local para la implementación de este sistema.

7. ¿Cree usted que el sistema de transferencia permite una secuencia de producción lineal adecuada?

Un sistema de transferencia permite optimizar la producción lineal si está óptimamente instalado.

ANEXO 3

Manual de

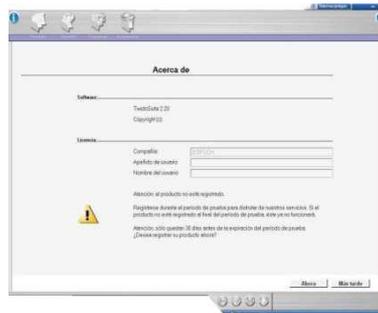
Usuario

1. Software de Programación TwidoSuite

1.1. Registro del TwidoSuite

Una vez descargado, instalado y abierto por primera vez el TwidoSuite, el paso siguiente es proceder a registrar el software. El registro es gratuito y le mantendrá informado de las noticias sobre los productos más recientes, actualizaciones de software y firmware para su controlador Twido. Si no se registra, sólo se dispone de un periodo de prueba de 30 días para este software. Para poder seguir utilizando este software después de que caduque el período de prueba, deberá registrarlo.

a) Para registrar TwidoSuite, abrirlo en Modo programación, cuando aparezca la ventana, hacer clic en Acerca de en la barra de tareas de la parte derecha de la pantalla, y pulse Ahora.



b) Se inicia el Asistente de registro TwidoSuite, pulsar en Solicitar un código de autorización, y pulsar el botón Siguiente.



c) Hay cinco formas de registrarse: por la web, por la web en otra computadora, por el teléfono, por correo electrónico, y por fax. Se abre una ventana de selección método de registro, se escoge Por la web, y pulsar el botón siguiente



d) Se llena el formulario para el registro de TwidoSuite. En información del producto es TwidoSuite con la referencia TWDBTFU10ES. En la información de usuario se escribe los nombres, apellidos, correo electrónico, empresa, dirección, ciudad, código postal, país que son los campos necesarios y a continuación clic en el botón siguiente.

The screenshot shows the "TwidoSuite - Asistente de registro" window with the "Información del producto" and "Informaciones usuario" sections. The product is "TwidoSuite" with reference "TWDBTFU10ES". The user information includes: Nombre: ESPOCH, Apellidos: ESPOCH, Correo electrónico: www.rosero.espoch.edu.ec, Empresa: ESPOCH, Dirección 1: Avda. Panamericana Sur, Km 11/2, Ciudad: Píobamba, Código postal: 6993, Provincia: Chimborazo, País: Ecuador. The phone and fax fields are empty. The window also includes a language selection bar at the top and a "Siguiente" button at the bottom.

e) Se muestra una ventana de confirmación de registro en línea del TwidoSuite



1.2. Abrir TwidoSuite

a) Al abrir por primera vez el TwidoSuite, para ello clic en el icono que se ha generado en el escritorio o buscar en  todos los programas como Schneider Electric en TwidoSuite y TwidoSuite.

Se abrirá la pantalla inicial de TwidoSuite, aparecen tres opciones principales:

- **Modo Programación:** Modo estándar para la creación de una aplicación.
- **Modo Vigilancia:** Este modo nos permite conectarse a un autómata en modo vigilancia, donde podrá comprobar su funcionamiento sin necesidad de sincronizar su aplicación con la que hay cargada en la memoria del autómata.
- **Actualización de autómatas:** Es un programa que indica todos los pasos necesarios para actualizar el **Firmware** Executive del controlador programable Twido.

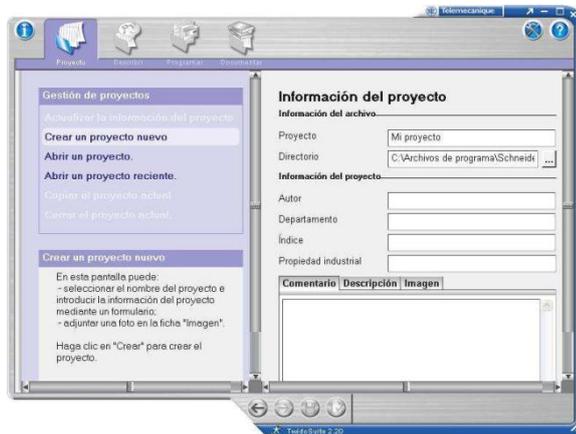


En la pantalla de inicial del TwidoSuite, además de los tres modos principales podemos seleccionar uno de los dos idiomas que hemos seleccionado en la instalación español, que aparece en la parte inferior izquierda de la ventana inicial.

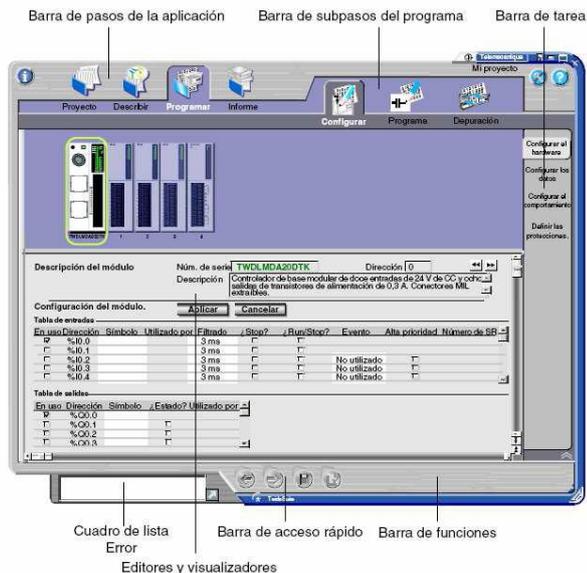
1.3. Creación un nuevo proyecto

a) Seleccionar el “Modo Programación” y aparece el espacio de trabajo de la ventana principal de TwidoSuite, donde se realiza la gestión de proyectos como: crear, abrir, guardar y cerrar un proyecto.

b) Pulsar en “Crear un proyecto nuevo” dentro del marco de acciones de la ventana, acto seguido rellenar los campos de información general de nuestro proyecto, como puede ser: el nombre del proyecto, la ruta donde lo deseamos guardar, el autor, la versión, la compañía.

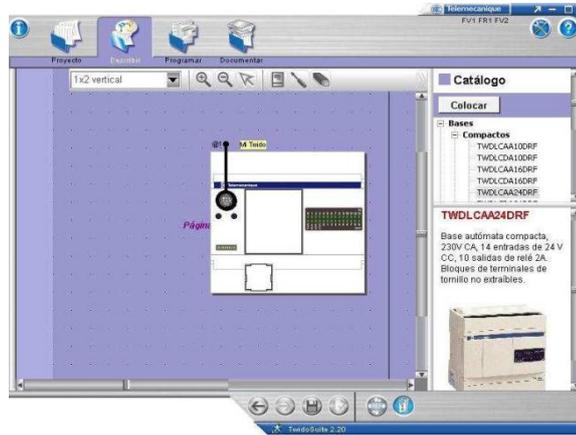


1.4. Navegación por el espacio de trabajo de TwidoSuite

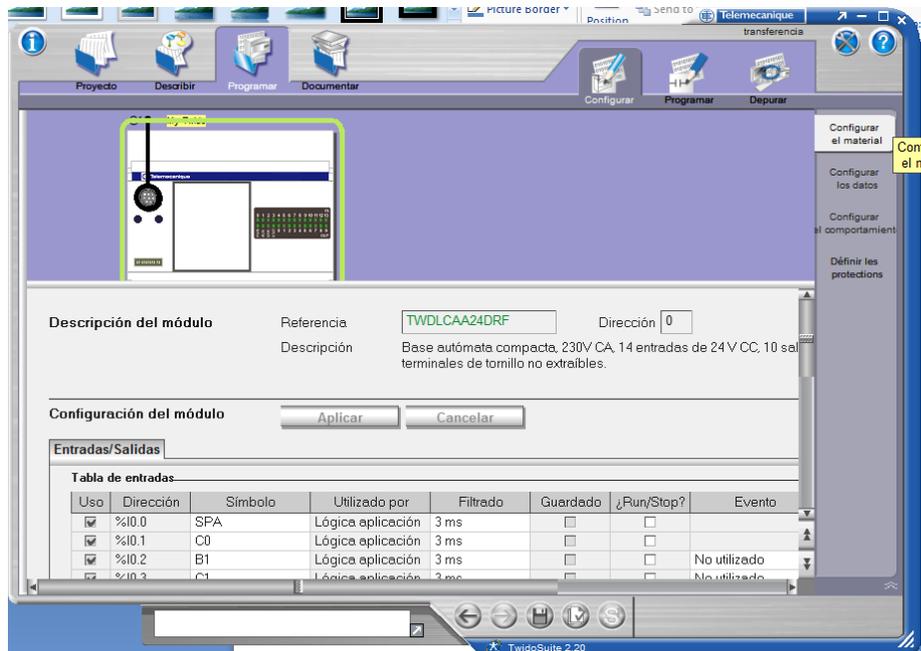


1.5. Configuración de recursos hardware

Se selecciona Describir, en Catálogo Bases Compactas TWDLCAA24DRF.



Seleccione la tarea Programar, Configurar, Configurar el material, para abrir la ventana de configuración de hardware. Llenando la tabla de entradas y la tabla de salidas



6 Configuración de recursos de software

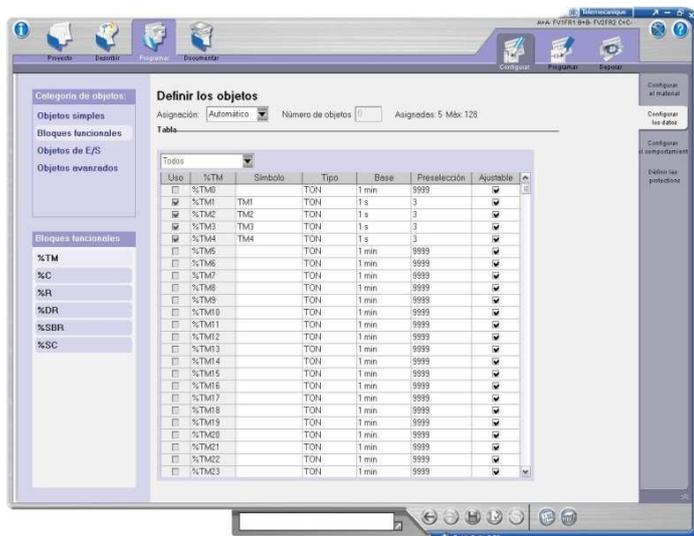
a) Seleccione la tarea Programar, Configurar, Configurar datos para abrir la ventana de configuración de software.

Los recursos de software configurables incluyen:

Objetos simples: bits de memoria (%M), palabras de memoria (%MW, %MD, %MF), constantes (%KW, %KD y %KF).

1.6. Bloques funcionales: temporizador (%TM)

Los focos empleados en el desarrollo del ejercicio son cuatro: FOCO VERDE 1 (FV1), FOCO ROJO 1 (FR1), FOCO VERDE 2 (FV2) y FOCO ROJO 2 (FR2) a los cuales se les asignará un temporizador por cada uno, el mismo que tendrá como base 1 segundo y en modo de preselección 3 segundos los cuales nos ayudarán a la visualización del encendido de cada foco.



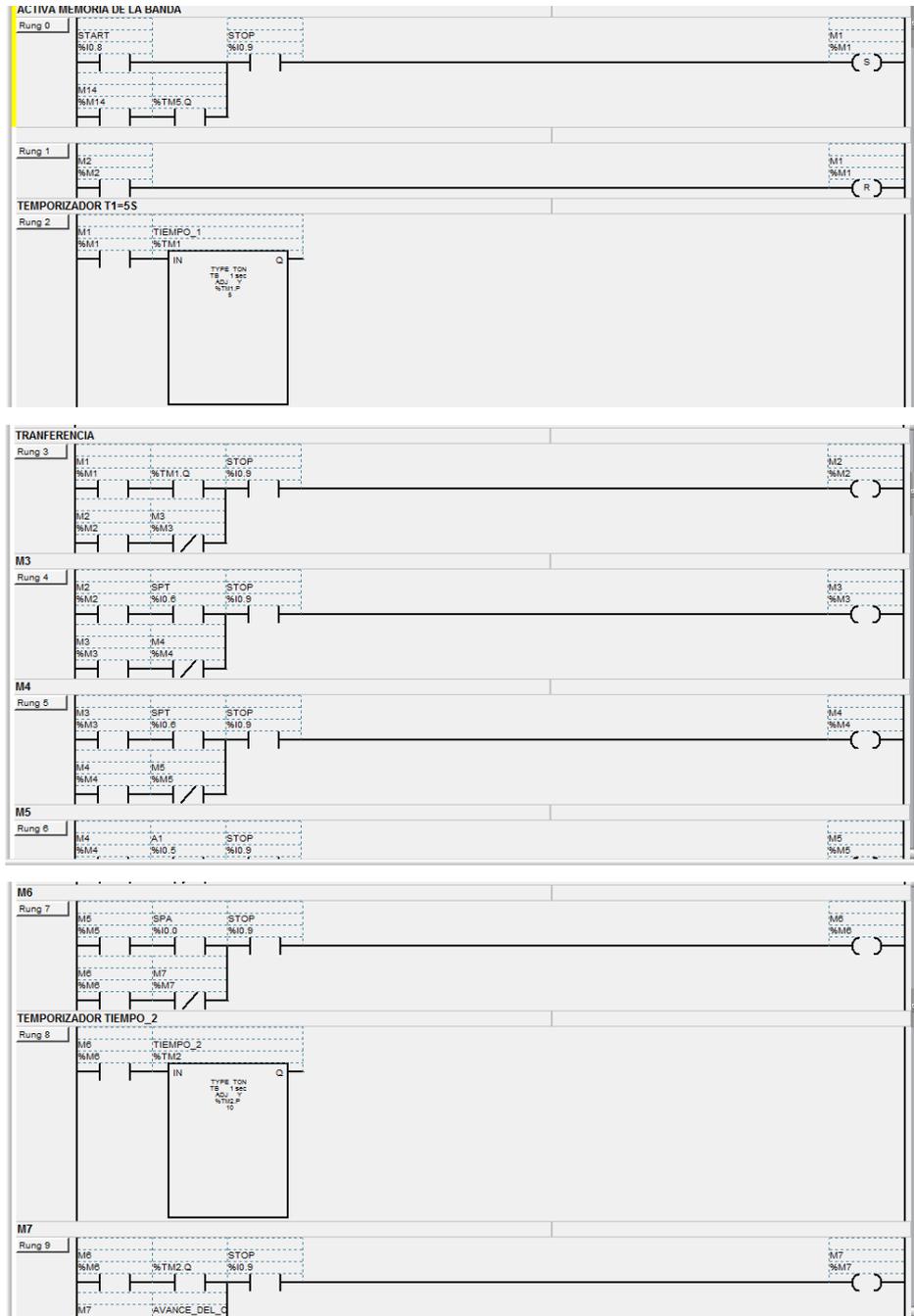
1.7. Escribir el programa

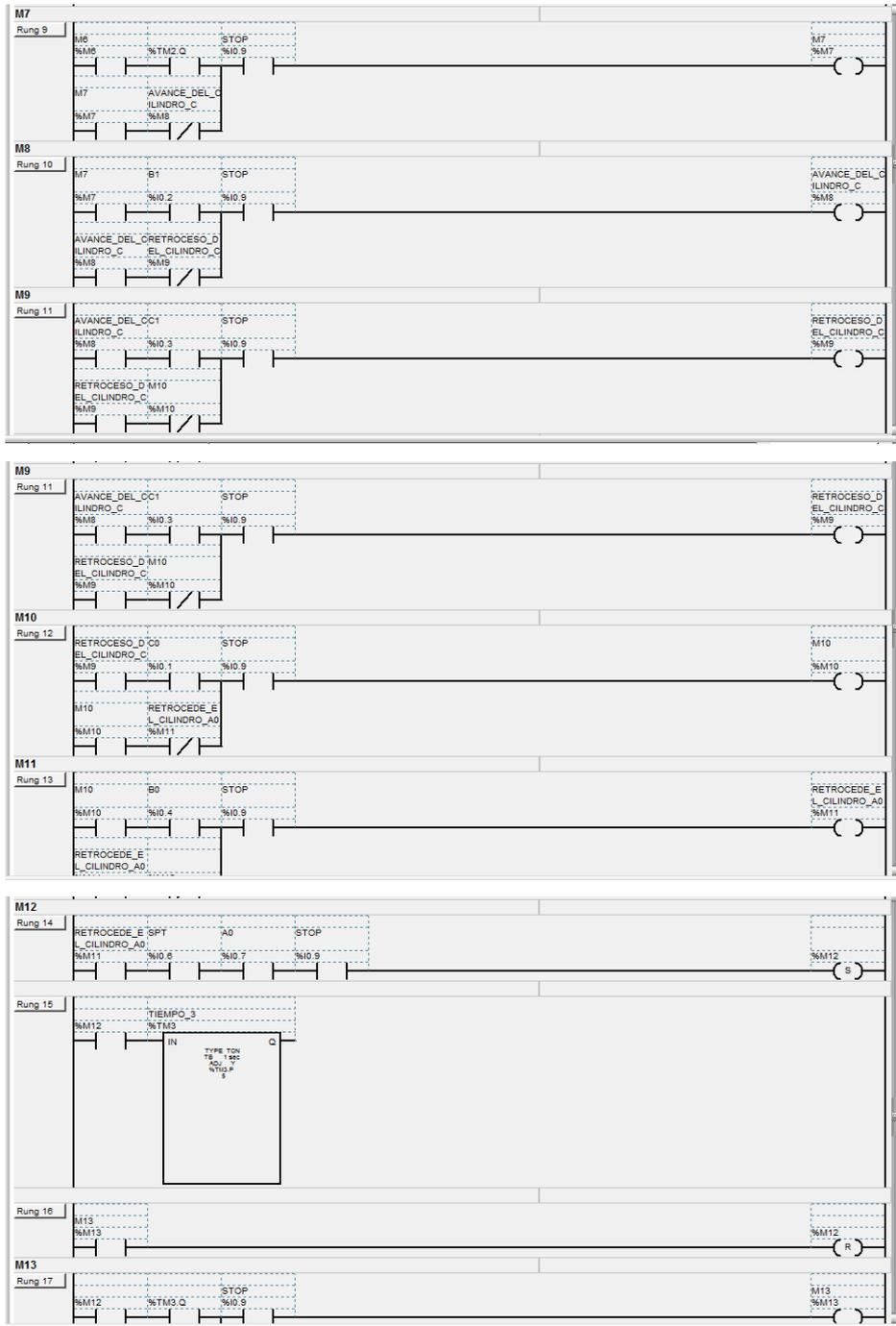
a) Para tener acceso al editor de programa, seleccione Programar, Programar en la barra de pasos TwidoSuite y haga clic en Editar programa en la barra de tareas.

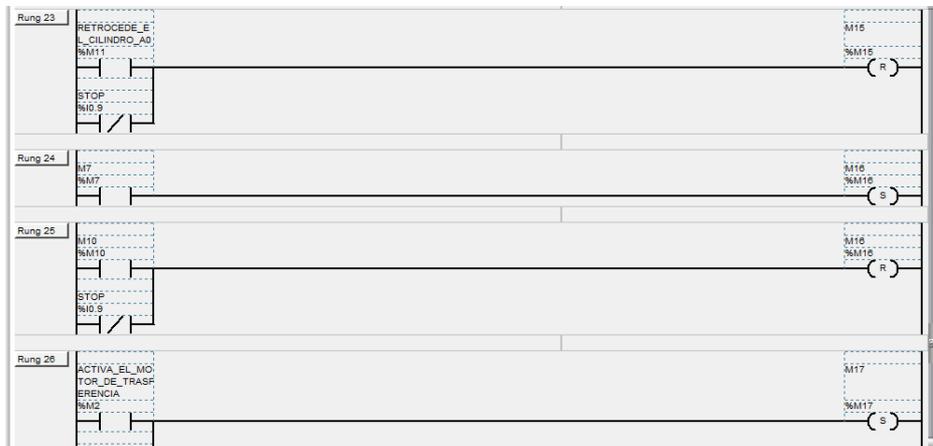
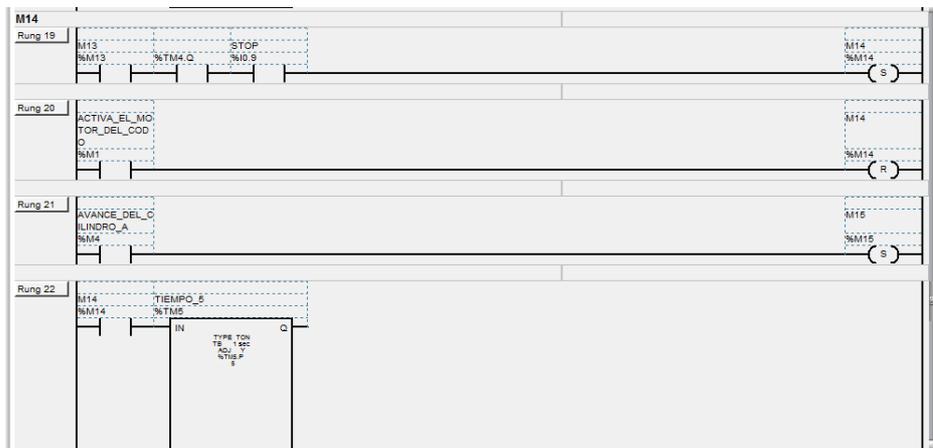
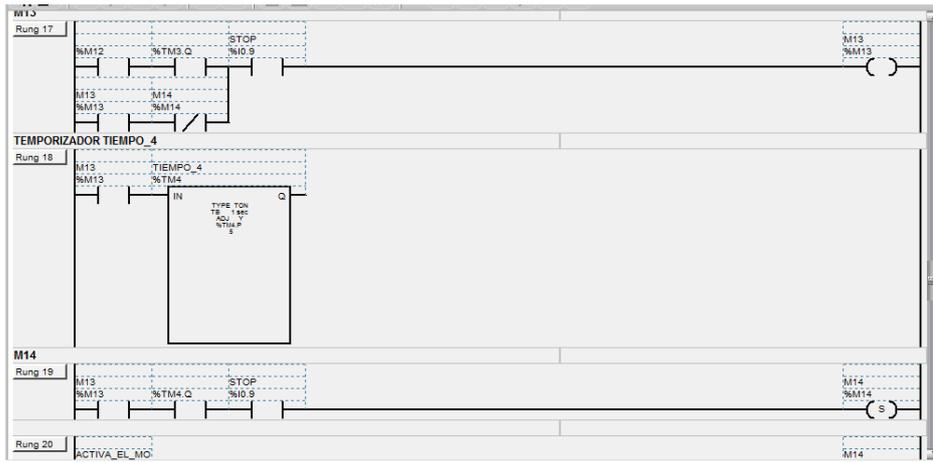
La ventana Edición de programa dispone del Editor de programa y de cinco navegadores y herramientas disponibles en la barra de funciones.

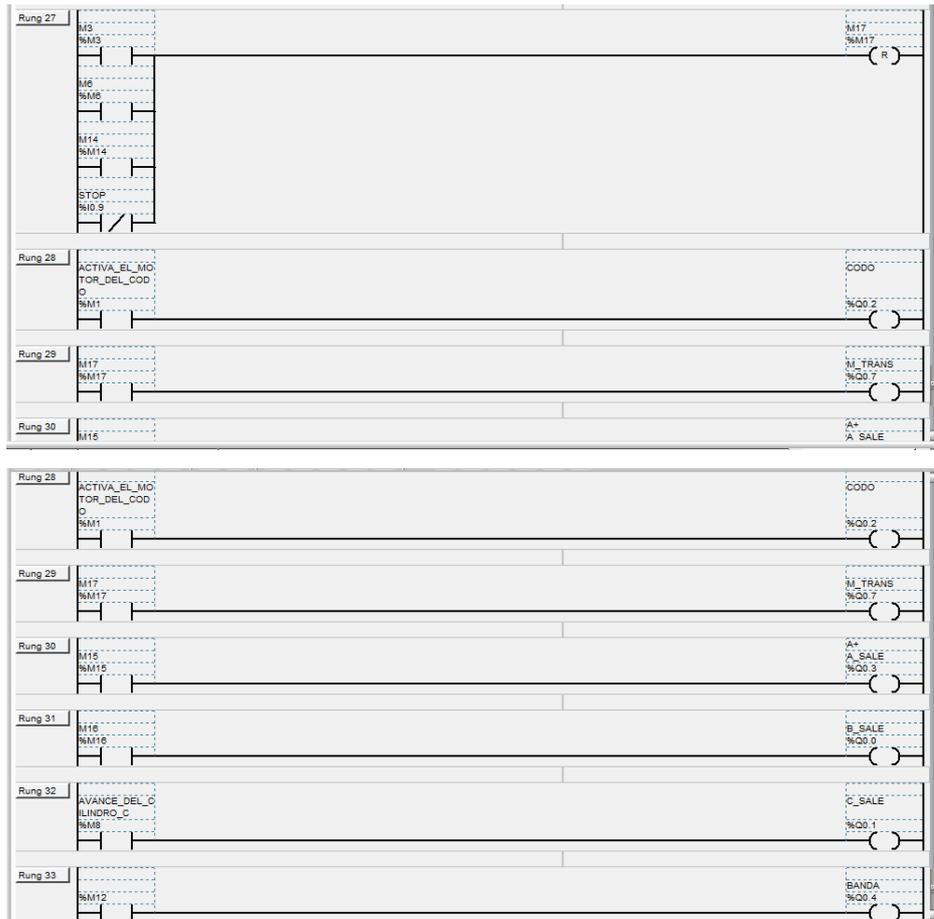
b) El Editor de Ladder Logic es un editor de programas basado en gráficos para ver,

crear y editar programas de Ladder.







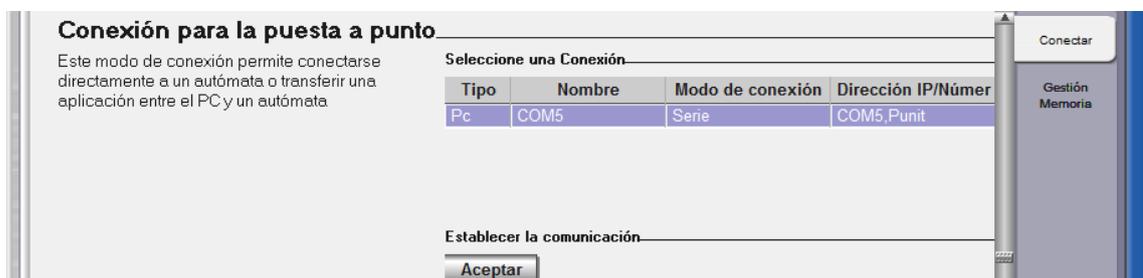


c) Para tener acceso al editor de programa, seleccione Programar, Programar en la barra de pasos TwidoSuite y haga clic en Definir símbolos en la barra de tareas.

En uso	Dirección	Símbolo
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0	SPA
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1	C0
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2	B1
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.3	C1
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.4	B0
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.5	A1
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.6	SPT
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.7	A0
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.8	START
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.9	STOP
<input checked="" type="checkbox"/>	%M1	ACTIVA_EL_MOTOR_
<input checked="" type="checkbox"/>	%M2	ACTIVA_EL_MOTOR_
<input checked="" type="checkbox"/>	%M3	M3
<input checked="" type="checkbox"/>	%M4	AVANCE_DEL_CILIND
<input checked="" type="checkbox"/>	%M5	M5
<input checked="" type="checkbox"/>	%M6	M6
<input checked="" type="checkbox"/>	%M7	M7
<input checked="" type="checkbox"/>	%M8	AVANCE_DEL_CILIND
<input checked="" type="checkbox"/>	%M9	RETROCESO_DEL_CIL
<input checked="" type="checkbox"/>	%M10	M10
<input checked="" type="checkbox"/>	%M11	RETROCEDE_EL_CILI
<input checked="" type="checkbox"/>	%M13	M13
<input checked="" type="checkbox"/>	%M14	M14
<input checked="" type="checkbox"/>	%M15	M15
<input checked="" type="checkbox"/>	%M16	M16
<input checked="" type="checkbox"/>	%M17	M17
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0	B_SALE
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1	C_SALE
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.2	CODO
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.3	A_SALE
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.4	BANDA
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.7	M_TRANS
<input checked="" type="checkbox"/>	%TM1	TIEMPO_1
<input checked="" type="checkbox"/>	%TM2	TIEMPO_2
<input checked="" type="checkbox"/>	%TM3	TIEMPO_3
<input checked="" type="checkbox"/>	%TM4	TIEMPO_4
<input checked="" type="checkbox"/>	%TM5	TIEMPO_5

1.8. Transferencia del programa

a) Clic en Programar, Depurar, Conectar en COM4 y clic en el botón Aceptar. TwidoSuite intenta establecer una conexión con el controlador y realiza comprobaciones de sincronización entre el PC y las aplicaciones del PLC.



b) Se escoge tipo de intercambio que es Transferir PC - Controlador y clic en el botón Aceptar.

1.9. Ejecución del programa en el Twido

a) Cuando haya acabado la transferencia del programa aparecerá una consola de control, que nos dirá el estado del Twido Online.



Esta está formada con tres botones para activar los estados del PLC de modo Online:

Ejecutar, Detener e Inicializar.

b) Clic en Ejecutar, cuando se está ejecutando el autómata, también lo estará haciendo el programa de aplicación. Las entradas del autómata se actualizan y los valores de datos se establecen con arreglo a las instrucciones de la aplicación. Éste es el único estado en el que se actualizan las salidas reales.

2. Lookout de National Instruments

El software Lookout, es el software HMI/SCADA que le permite fácilmente crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos. Con Lookout, el desarrollo de su interface hombre-máquina le toma menos tiempo permitiéndole ahorrar sustancialmente en el costo total de su proyecto.

Arquitectura basada en objetos

Lookout elimina completamente la programación, scripts o compilación separada. Solamente tiene que configurar y conectar objetos para desarrollar aplicaciones de monitoreo y control. La arquitectura basada en objetos le permite más fácilmente desarrollar y mantener sus aplicaciones, reduciendo aún más el costo total de su proyecto.

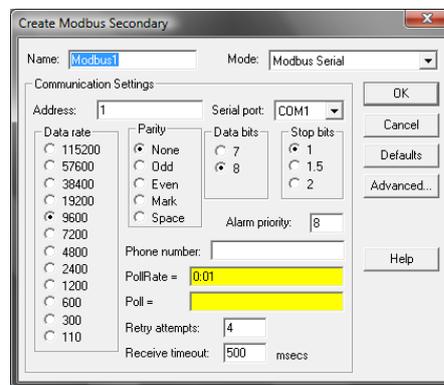
Descripción de la configuración de la comunicación con el PLC

Para la comunicación de nuestro proceso debemos seleccionar nuestro correspondiente tipo de PLC; en este caso el de GENERAL ELECTRIC puesto que Lookout dispone de diferentes manejadores de PLC.

Debemos declarar el modelo y su respectivo protocolo de comunicación (SNP); el cual será mediante una comunicación serial (COM1).

Su respectiva velocidad de transmisión (9600 baudios), su paridad (Impar), bits de parada (1 bit).

Poll Rate= 0:01; donde es el tiempo en el que el PLC nos va a estar muestreando las entradas o las salidas.

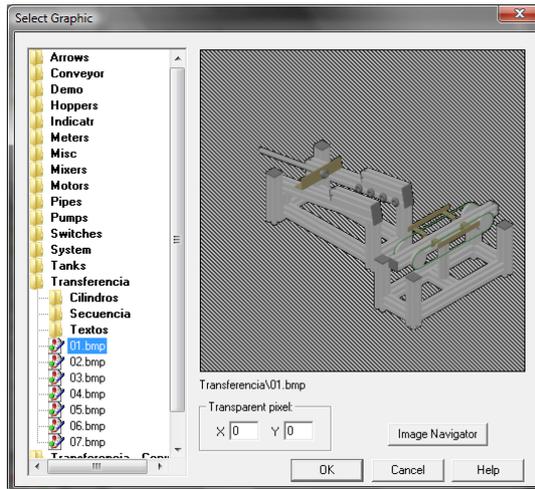


2.1. Inicialización del diseño del sistema

Lo primero que debemos es agregar los objetos que van a indicarnos la secuencia del sistema. Para ello nos dirigimos al menú de Herramientas (Tools) y escogemos



Animator, luego escogemos la imagen que irá como se muestra en la figura siguiente:



2.2. Conexión Twido con lookout 6.2

Para que el objeto Animator tenga comunicación con el PLC debemos dar clic derecho en Visible y nos aparecerá la siguiente ventana donde escogemos Modbus 1 y seleccionamos el rango de 10001-19999, escribimos Modbus1.10002, ya que para el la imagen seleccionada es para la memoria M1 es decir debemos sumar en uno la dirección con relación a la memoria que quiero activar en el programa hecho en twido suite.

