



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL
SECUENCIAL DEL PROCESO DE DESCORCHADO DE
BOTELLAS.”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA Y
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

JASMANY MICHAEL BARBA SÁNCHEZ

LISSETH DEL ROCIO NIETO HUACON

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinito amor, guiarme en el camino del bien y brindarme la sabiduría para encarar las adversidades que se presentan en la vida.

A mi madre Zoila Sánchez, por ser incondicional en todo momento y educarme con tanto amor. A mi hermano Bolívar por su amor y responsabilidad, pieza fundamental en mi educación.

A mi esposa Narcisa Pasmay e hijos Guadalupe y Santiago, por ser la inspiración de mi vida, el aliento de mi existencia. Gracias por comprender los esfuerzos realizados a lo largo de mi carrera, siendo siempre el soporte que endereza y llena de regocijo el trayecto de mi vida.

Al PhD. Douglas Plaza, por toda la confianza y apoyo en el transcurso de este proyecto, agradeciéndole por su excelente trabajo como profesor, donde la excelencia se ve reflejada en su trabajo en pro de la educación de calidad.

Jasmany Michael Barba Sánchez

Agradezco a Dios por ser el faro que guía mi ser, mi esperanza, mi fuerza, la inspiración para cada paso que doy, sé que nunca me vas a abandonar porque soy tu hija amada.

A mi madre, por ser el ejemplo de mujer fuerte y valerosa que es capaz de luchar por sus ideales y metas en la vida, por amarme tanto y enseñarme que juntas con la ayuda de Dios podemos superar todas las adversidades de la vida.

Al PhD. Douglas Plaza por ese voto de confianza en la elaboración de este proyecto integrador, gracias por su excelente guía como profesor y amigo, su apoyo incondicional me permitió culminar esta etapa tan importante en mi vida.

Lisseth del Rocío Nieto Huacón

DEDICATORIA

A mi Dios, todo poderoso, por sus bendiciones, ya que sin él nada hubiera sido posible, por llenar de amor y salud a mis seres queridos. A mi Virgencita María por su amor incondicional, por ser esa luz que está en todo momento llenándome de paz.

A mis hijos, que sin ellos nada sería igual, por el tiempo que no les dedique, y que será fructíferamente recompensado con mi esfuerzo y desempeño como padre y profesional. A mi amada esposa, por su paciencia y apoyo incondicional, por su amor sincero, este proyecto lo logramos en equipo con la hermosa familia que Dios nos ha otorgado.

A mis amigos con los que compartí estos últimos años, compartiendo éxitos, tristezas y derrotas, a esos excelentes profesores con los que tuve el privilegio de ser su alumno y a mi querida ESPOL por acogerme todo este tiempo.

Jasmany Michael Barba Sánchez

Este proyecto se lo dedico a Dios por concebir todo lo bueno que habita en mi ser. Por ser el aliento y confort de mi vida entera, en especial en aquellos momentos de mayor angustia y aflicción, siempre demostrándome que está conmigo.

A mi madre que ha dado todo de sí para forjar junto conmigo este trayecto, siendo la fuerza que me ha sostenido en todos los momentos de mi vida, gracias por no renunciar a mí; a toda mi familia por ayudarme a alcanzar esta meta, son mi mayor inspiración, la esperanza viva de que juntos podremos crecer más.

A mis amigos que me permitieron conocer y disfrutar de una verdadera amistad, por aquellos momentos vividos entre alegrías, angustias y tristezas que nos hicieron crecer más y querernos como hermanos.

A mis profesores, gracias por la paciencia, tiempo y entrega para transmitir su sabiduría en el proceso de mi formación profesional.

Lisseth del Rocío Nieto Huacón

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
PhD. Douglas Antonio Plaza Guingla

PROFESOR EVALUADOR

.....
M.Sc. Janeth Carolina Godoy Ortega

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me(nos) corresponde exclusivamente; y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Jasmany Michael Barba Sánchez

.....
Lisseth del Rocío Nieto Huacón

RESUMEN

Procesos industriales que vinculen el uso de robots como medio para la automatización y control de los mismos, es un camino sumamente amplio y sin retorno que ha marcado un gran impacto en la industria en general, dado a las grandes innovaciones que han permitido la interdisciplinariedad de las diferentes áreas de la automatización, control industrial y robótica industrial de manera excepcional.

La Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC), posee el laboratorio de Control de Procesos Industrial, en el que se adquirió la planta IPA26 de Lucas Nülle, la cual permite el control de los procesos de mezcla, llenado, envasado y descorchado de botellas con la ayuda de un brazo robótico, por lo cual es una gran herramienta didáctica para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización y FIEC en general.

El presente proyecto consiste en la automatización del proceso de descorchado de tapas de botellas, diseño e implementación del tablero de control, junto con el modelado 3D de la planta Lucas Nülle IMS 11, del laboratorio de Control de Procesos Industriales.

En el capítulo 1, se muestran los objetivos generales y específicos, así como el planteamiento del problema y solución propuesta.

En el capítulo 2, se describen las herramientas y técnicas a ser utilizadas en el desarrollo del proyecto integrador.

En el capítulo 3, se realiza una exposición de las estrategias y procedimientos realizados para la solución del problema planteados en el capítulo 1.

En el capítulo 4, se realiza un análisis comparativo respecto a la situación de la planta IMS11 antes y después del control secuencial del mismo, así como el análisis y muestra de los resultados obtenidos.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| TRIBUNAL DE EVALUACIÓN | v |
| DECLARACIÓN EXPRESA | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| ÍNDICE GENERAL | viii |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1 Planteamiento del Problema. | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 2 |
| 1.2.1 Objetivo General..... | 2 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos: | 2 |
| 1.3 Justificación | 2 |
| 1.4 Alcance | 3 |
| CAPÍTULO 2..... | 4 |
| 2. ESTADO DEL ARTE..... | 4 |
| 2.1 Antecedentes..... | 4 |
| 2.2 Marco Teórico | 5 |
| 2.2.1 Descripción del sistema | 5 |
| 2.2.2 Brazo Robótico Industrial..... | 6 |
| 2.2.3 Interfaces de comunicación Robot Kawasaki RS03N | 8 |
| 2.2.4 Modos de control del Robot Kawasaki RS03N..... | 9 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| 2.2.5 | Planta IPA5 | 9 |
| 2.2.6 | Sensor Magnético LM9675 | 10 |
| 2.2.7 | Sensor Capacitivo LM9678 | 10 |
| 2.2.8 | Cinta Transportadora Lucas-Nülle | 11 |
| 2.2.9 | Esclavo PROFIBUS DP Lucas-Nülle | 12 |
| 2.2.10 | PLC S7-300 Siemens | 13 |
| 2.2.11 | Softwares de desarrollo | 14 |
| 2.2.12 | Lenguajes de programación | 16 |
| CAPÍTULO 3..... | | 20 |
| 3. | METODOLOGÍA DE TRABAJO. | 20 |
| 3.1 | Planteamiento del proceso..... | 20 |
| 3.1.1 | Inicialización de proceso..... | 23 |
| 3.1.2 | Loop de descorchado | 26 |
| 3.1.3 | Finalización del proceso | 30 |
| 3.2 | Programación del PLC S7-300..... | 32 |
| 3.2.1 | Bloque de Funciones “FB” | 33 |
| 3.2.2 | Bloque de Instrucciones “FB”..... | 34 |
| 3.2.3 | Bloque de Datos “BD” | 35 |
| 3.2.4 | Bloque de Organización “OB” | 36 |
| 3.3 | Coordenadas del Robot Kawasaki | 37 |
| 3.4 | Desarrollo del programa del Robot..... | 38 |
| 3.4.1 | Comunicación PLC S7-300..... | 39 |
| 3.4.2 | Manejo de señales I/O | 40 |
| 3.4.3 | Secuencia manejo de botellas | 41 |

| | | |
|--------------------------------------|--|----|
| 3.5 | Diseño 3D de la planta IMS11..... | 42 |
| 3.6 | Diseño del tablero didáctico de control..... | 43 |
| 3.7 | Diseño del Scada del Proceso | 44 |
| CAPÍTULO 4..... | | 46 |
| 4. | RESULTADOS..... | 46 |
| 4.1 | Análisis comparativo | 46 |
| 4.1.1 | Comunicación de dispositivos..... | 46 |
| 4.1.2 | Control Secuencial | 47 |
| 4.1.3 | Scada del proceso..... | 51 |
| 4.1.4 | Tablero de control..... | 52 |
| 4.2 | Problemáticas y Soluciones | 53 |
| 4.2.1 | Brazo robótico | 53 |
| 4.2.2 | Comunicación Esclavo Profibus DP..... | 56 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 57 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 58 |
| ANEXOS | | 60 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 2.1: PLANTA IMS 11 | 6 |
| FIGURA 2.2: PLANTA LUCAS-NÜLLE IMS11 | 6 |
| FIGURA 2.3: BRAZO ROBÓTICO RS03N KAWASAKI. [2] | 7 |
| FIGURA 2.4: RANGO DE ESPACIO DE TRABAJO [2] | 7 |
| FIGURA 2.5: ESTACIÓN DE DESCORCHADO IPA 5. | 9 |
| FIGURA 2.6: SENSOR MAGNÉTICO..... | 10 |
| FIGURA 2.7: SENSOR CAPACITIVO..... | 11 |
| FIGURA 2.8: CINTA TRANSPORTADORA 180° [5] | 11 |
| FIGURA 2.9: SEGMENTO DE CINTA TRANSPORTADORA DOBLE DE 24V. [6] | 12 |
| FIGURA 2.10: PROFIBUS DP SLAVE. [7]..... | 13 |
| FIGURA 2.11: PLC S7-300 SIEMENS..... | 14 |
| FIGURA 2.12: MODELO BÁSICO GRAFCET. | 18 |
| FIGURA 3.1: ÁREA DE TRABAJO DEL IMS 11. | 20 |
| FIGURA 3.2: ÁREA DE TRABAJO DEL IPA5. | 21 |
| FIGURA 3.3: VARIABLES DE PLC, CÓDIGO ORIGINAL DE LA PLANTA IPA26. | 22 |
| FIGURA 3.4: TRANSICIÓN A ETAPA 1..... | 23 |
| FIGURA 3.5: SENSOR CILINDRO DE ELEVACIÓN “B3” (PISTÓN RETRAÍDO). | 24 |
| FIGURA 3.6: SENSOR CILINDRO DE AGARRE “B5” (PISTÓN RETRAÍDO). | 24 |
| FIGURA 3.7: TRANSICIÓN A ETAPA 2..... | 25 |
| FIGURA 3.8: SENSORES DE POSICIÓN (CAPACITIVO Y MAGNÉTICO). | 25 |
| FIGURA 3.9: TRANSICIÓN A ETAPA 3..... | 26 |
| FIGURA 3.10: TRANSICIÓN A ETAPA 4..... | 26 |
| FIGURA 3.11: TRANSICIÓN A ETAPA 5..... | 27 |
| FIGURA 3.12: TRANSICIÓN A ETAPA 6..... | 28 |
| FIGURA 3.13: CONDICIONES DE TRANSICIÓN DEL LOOP. | 28 |
| FIGURA 3.14: CONDICIONES DE TRANSICIÓN DEL LOOP. | 29 |
| FIGURA 3.15: INTERACCIÓN DE VARIABLES ENTRE EL PLC Y ROBOT..... | 30 |
| FIGURA 3.16: TRANSICIÓN A ETAPA 11..... | 31 |
| FIGURA 3.17: TRANSICIONES FINALES DEL PROCESO. | 31 |
| FIGURA 3.18: VARIABLES DEL PLC. | 32 |
| FIGURA 3.19: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN ETAPA 1..... | 33 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 3.20: PROPIEDADES DEL BLOQUE DE FUNCIONES..... | 34 |
| FIGURA 3.21: EJECUCIÓN DE INSTRUCCIÓN EN ETAPA 6. | 35 |
| FIGURA 3.22: EJECUCIÓN DE INSTRUCCIÓN EN ETAPA 6. | 36 |
| FIGURA 3.23: EJECUCIÓN DE INSTRUCCIÓN EN ETAPA 6. | 37 |
| FIGURA 3.24: PUNTO DE INSERCIÓN DE BOTELLA AL DESCORCHADOR. | 37 |
| FIGURA 3.25: COORDENADAS PARA EL PUNTO DE INSERCIÓN DE BOTELLA. | 38 |
| FIGURA 3.26: ETAPAS BÁSICAS DEL PROGRAMA DEL CONTROLADOR. | 38 |
| FIGURA 3.27: CASO FALLA JT4 “COMMAND VALUE FOR JT XX SUDDENLY CHANGED.” | 39 |
| FIGURA 3.28: CONFIGURACIÓN “NETCONF”. | 39 |
| FIGURA 3.29: BRAZO ROBÓTICO EN POSICIÓN “HOME”. | 40 |
| FIGURA 3.30: DECLARACIÓN DE SEÑALES INTERNAS Y DE SALIDA ROBOT..... | 40 |
| FIGURA 3.31: SECUENCIA PROCESO DE DESCORCHADO. | 41 |
| FIGURA 3.32: CÓDIGO, PASOS 1-3 DEL PROCESO DE DESCORCHADO. | 42 |
| FIGURA 3.33: MODELADO 3D DE LAS DIFERENTES PIEZAS DE LA PLANTA IMS11..... | 42 |
| FIGURA 3.34: TOMA DE DIMENSIONES DE LA IMS11 PARA MODELADO 3D..... | 43 |
| FIGURA 3.35: DESMONTAJE DEL TABLERO ORIGINAL..... | 43 |
| FIGURA 3.36: PLACAS ELECTRÓNICAS DE INTERFACE I/O Y DE COMUNICACIÓN..... | 44 |
| FIGURA 3.37: SECUENCIA DE PROCESOS AUTOMATIZADOS..... | 45 |
| FIGURA 4.1: PRUEBA DE COMUNICACIÓN DE DISPOSITIVOS..... | 47 |
| FIGURA 4.2: MONITORIZACIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO MODO ONLINE..... | 48 |
| FIGURA 4.3: MONITORIZACIÓN DE SALIDAS DEL PROCESO MODO ONLINE..... | 49 |
| FIGURA 4.4: POSICIÓN DE AGARRE DEL PROCESO, TEMPORIZADO. | 49 |
| FIGURA 4.5: POSICIÓN DE AGARRE DEL PROCESO, POSICIÓN DE PARADA. | 50 |
| FIGURA 4.6: MAIN PRINCIPAL DEL PROGRAMA. | 50 |
| FIGURA 4.7: SCADA DEL PROCESO DE DESCORCHADO. | 51 |
| FIGURA 4.8: TABLERO DE CONTROL. | 53 |
| FIGURA 4.9: COLISIÓN ENTRE DEL BRAZO ROBÓTICO POR PUNTOS INADECUADOS | 54 |
| FIGURA 4.10: DESVIACIÓN DEL PUNTO FINAL..... | 55 |

CAPÍTULO 1

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se desarrollará la delimitación del problema concerniente a la inutilización de la planta Lucas-Nülle IMS 11, así como la necesidad de automatizar esta planta, con el fin de independizar el proceso de descorchado del IPA26, utilizar y potencializar el uso de esta herramienta de aprendizaje en el laboratorio de Control de Procesos Industriales.

1.1 Planteamiento del Problema.

La manufactura industrial ha ido cambiando con el pasar de los años, dejando a un lado la intervención del hombre en la línea de producción de ciertos procesos, donde involucran largas horas de trabajo y al mismo tiempo un esfuerzo aun mayor para los operarios. La producción de todo tipo de cosas como; frutas hasta grandes maquinarias ha aumentado, y la necesidad de agilizar los procesos, lleva a las industrias a adquirir nueva tecnología, y una de ella es la utilización de robots, lo que conlleva que las empresas contraten personal capacitado.

El laboratorio de control de procesos industriales ha adquirido plantas industriales para fines didácticos de la empresa Lucas-Nülle, en las cuales los estudiantes pueden realizar prácticas de laboratorio emulando un proceso industrial real, los cuales son; proceso de mezcla, llenado y sellado de botellas de manera automática. Sin embargo, la planta Lucas-Nülle IMS 11 no ha sido utilizada en prácticas de laboratorio por los estudiantes, evitando consigo un efectivo uso de los recursos de laboratorio en pro del aprendizaje de sus estudiantes limitándose a prácticas solo con la unidad IPA2.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General

Automatizar la Planta Lucas-Nülle IMS 11 para optimizar el proceso de descorchado utilizando un PLC S7-300.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Implementar un modelo 3D de la Planta con 3D CAD design software.
- Diseñar un tablero para montar el controlador y periféricos.
- Desarrollar un manual de prácticas para el control de la planta IMS11.

1.3 Justificación

La implementación de nuevas e innovadoras aplicaciones en el área de automatización industrial, y el uso de robots industriales para desempeñar funciones antes ejecutadas manualmente; evita a los operarios realizar funciones repetitivas y conlleva a la optimización del recurso humano de la empresa.

Es por esto, que el laboratorio de control de procesos industriales cuenta con el subsistema Lucas-Nülle IMS 11 (Manipulación y Descorchado de botellas); con el fin de proceder con su automatización y desarrollar nuevas aplicaciones utilizando el Robot Kawasaki RS03N con fines didácticos, para reforzar conceptualizaciones adquiridas en los cursos de automatización industrial y control de procesos industriales.

Además, los estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización estarán en la capacidad de realizar prácticas enfocadas a procesos reales utilizados en el sector industrial; y así complementar la formación profesional de los futuros ingenieros.

En base a este inconveniente se propone automatizar el proceso descorchado de botellas realizado por el sub sistema Lucas-Nülle IMS 11, ampliando así las áreas de conocimiento que se respaldan durante las diferentes posibles prácticas de laboratorio a realizar en esta planta, beneficiando consigo a los

estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización de la ESPOL.

El uso de los diferentes recursos del laboratorio de control de procesos industriales debe ser óptimo para potenciar el proceso de aprendizaje de los estudiantes que tomen la materia, a través de prácticas de laboratorio que simule un verdadero ambiente industrial como en nuestro caso la automatización del proceso de descorchado de botellas a través de la planta Lucas-Nülle IMS 11.

1.4 Alcance

Para este proyecto se realizará una evaluación del estado actual del proceso de descorchado de tapas de botellas compuesto por el Brazo Robot Kawasaki RS03N, la Banda Transportadora y la Máquina de Descorchado; para lo cual se procederá a la revisión de hardware (entradas y salidas de la planta Nülle IMS 11) y Software que utiliza actualmente la planta; seguido de la automatización del proceso de descorchado utilizando un controlador externo (PLC S7-300) a la planta actual. Una vez realizada la automatización del proceso de descorchado de tapas de botellas se desarrollará el diseño e implementación del tablero de control para el proceso antes mencionado, junto con el diseño en 3D de la planta Lucas-Nülle IMS 11, para tener una mejor visualización de la planta automatizada. Finalmente, para fines didácticos se elaborará un manual de máximo tres prácticas para el laboratorio de Control de Procesos Industriales usando la planta Lucas-Nülle IMS 11.

CAPÍTULO 2

2. ESTADO DEL ARTE.

En el presente capítulo se describirá conceptos de automatización industrial junto con la comunicación y programación del robot RS03N Kawasaki utilizado para la manipulación del proceso de descorchado de botellas en la planta Lucas-Nülle IMS11.

2.1 Antecedentes.

El laboratorio de Control de Procesos Industriales cuenta con la planta IPA26 de Lucas-Nülle, la cual está compuesta por varias estaciones (mezcla, almacenamiento intermedio, embotellado, almacenamiento final y descorchado), de las cuales solo se utiliza la estación de mezcla para las prácticas de laboratorio.

La planta IMS 11 (estación de descorchado) es una relevante herramienta didáctica de aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización de la ESPOL, dado que brinda la mejor representación de un proceso funcional ejecutado por un brazo robótico. Esta planta dada a su característica multidisciplinaria puede ser utilizada activamente en la materia de Control de Procesos Industriales (Brazo robótico, PLC S7-300, IPA5).

Actualmente la Planta Lucas-Nülle IMS 11 es usada parcialmente en la materia de Introducción a la Robótica Industrial, ya que sólo se utiliza el brazo robótico para ciertas prácticas. El IPA5 (módulo descorchador de botellas) no es utilizado en las diferentes prácticas de laboratorio de ambas materias, por lo que no se aprovecha todas las funcionalidades que este puede ofrecer en su totalidad.

Para mejor uso de la Planta Lucas-Nülle IMS 11 es necesaria su automatización para así potenciar la funcionalidad de todos los elementos que componen esta planta tales como: sensores, actuadores, PLC, relays, etcétera,

a través de este proceso específico se verán aplicadas en conjunto muchos de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera tales como control de procesos industriales, instrumentación industrial y automatización industrial.

2.2 Marco Teórico

A continuación, se procede a describir la planta de trabajo IMS11, así como los programas y lenguajes de programación requeridos para la realización del proyecto.

2.2.1 Descripción del sistema

El laboratorio de control de procesos cuenta con la planta IPA26, la cual está conformada por los subsistemas IPA2 (Estación de mezcla), IMS10 (Estación de almacenamiento intermedio), IPA3 (Estación de llenado), IPA4 (Estación de sellado), IMS8 (Estación de almacenamiento final) y IMS11 (Estación de descorchado). El proceso completo comprende una línea de envasado de líquidos, desde la mezcla hasta el descorchado de las botellas; el control se lo realiza por medio del PLC S7-300 y la visualización del proceso por medio del HMI, ambos de Siemens.

El sistema IMS11 está conformado por la planta IPA5; la cual se encarga del proceso de descorchado de las botellas, mediante la comunicación PROFIBUS DP entre la planta, tarjeta esclavo Profibus DP de Lucas-Nülle y el PLC S7-300. El brazo robótico es el encargado del traslado de los sixpack hacia el IPA5, así mismo para la manipulación de cada botella y así realizar el respectivo descorchado de cada una; se debe cargar el programa escrito en lenguaje AS al controlador del robot, en el cual se especifica la comunicación y comandos para la ejecución de movimientos pertinentes al proceso. Las señales de los sensores y actuadores de la planta IMS11 (Figura 2.1.) son procesadas por PLC S7-300 mediante el control secuencial de las etapas del proceso desarrollado en lenguaje de bloque a partir del diagrama lógico utilizado en Grafcet.



Figura 2.1: Planta IMS 11

A continuación, se muestra el diagrama del proceso de automatización de la planta Lucas-Nülle IMS11 (Figura 2.2). En la ilustración se observa la secuencia de interacción entre los componentes del sistema (se conforma un lazo cerrado dado a la constante interacción entre las entradas y salidas del IPA5 y brazo robótico, y el PLC S7-300).

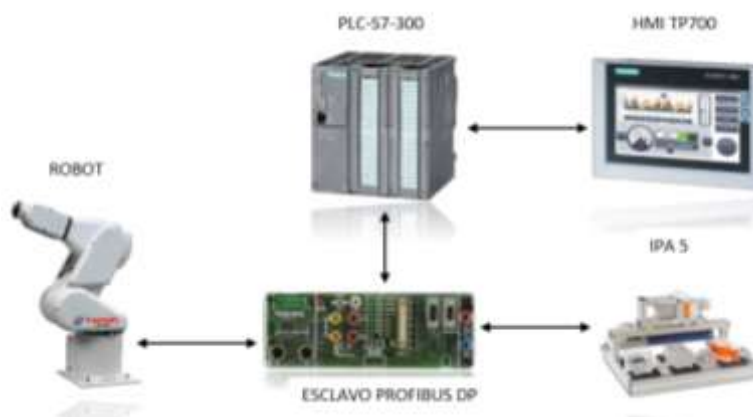


Figura 2.2: Planta Lucas-Nülle IMS11

2.2.2 Brazo Robótico Industrial

El brazo robótico utilizado para este proyecto pertenece a la familia de robots de propósito general del fabricante Kawasaki, el cual se muestra en la Figura 2.3. Este brazo robótico industrial, serie R, se caracteriza por tener 6 grados de libertad, ser del tipo antropomórfico, y realizar tareas de manipulación tipo pick and place, soldadura, inspección, entre otras. [1]



Figura 2.3: Brazo robótico RS03N KAWASAKI. [2]

El brazo robótico RS003N del Fabricante, es ampliamente usado en la industria dado su amplio espacio de trabajo útil Figura 2.4.

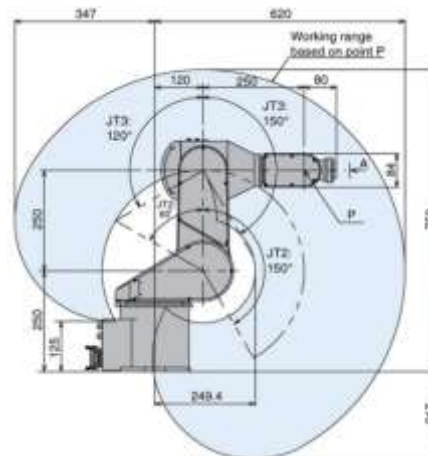


Figura 2.4: Rango de espacio de trabajo [2]

El RS003N posee las siguientes especificaciones, ver Tabla 1 y Tabla 2:

| Tipo | Articulado |
|----------------------------------|---------------------|
| Grados de Libertad | 6 ejes |
| Carga máxima | 3Kg |
| Máximo alcance horizontal | 620 mm |
| Máximo alcance vertical | 967 mm |
| Repetibilidad | $\pm 0.02\text{mm}$ |
| Máxima velocidad | 6,000 mm/s |

Tabla 1: Datos técnicos RS003N

| Descripción espacio de trabajo | | |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Eje | Rango de movimiento [grados] | Máxima Velocidad [grados/s] |
| JT1 | ±160° | 360°/s |
| JT2 | ±150° | 250°/s |
| JT3 | ±120° | 225°/s |
| JT4 | ±360° | 540°/s |
| JT5 | ±135° | 225°/s |
| JT6 | ±360° | 540°/s |

Tabla 2: Descripción espacio de trabajo RS003N

2.2.3 Interfaces de comunicación Robot Kawasaki RS03N

En cuanto a la comunicación remota para la recepción de comandos desde el PC, es posible vía conexión Ethernet, ya sea la comunicación vía TCP/IP o UDP, bajo el interfaz de comunicación RS232.

El sistema AS cuenta con un conjunto de comandos basados en la interfaz de socket en la comunicación TCP/IP para el intercambio de datos entre el controlador del robot y otros dispositivos.

Dado los dos tipos de comandos de comunicación, cabe recalcar que en la comunicación UDP, los datos no son reenviados después de un error, la velocidad es su característica predominante que la fiabilidad de la entrega de los mismos. Para el caso de la comunicación TCP, los datos son reenviados de manera automática cuando ocurre errores, es usada para cuando la certeza de comunicación es lo más importante.

Dadas las características principales de ambos protocolos de comunicación, y las del proceso, la comunicación TCP es la usada para el intercambio de información entre PC y el controlador del brazo robótico, ya que la pérdida de datos en el mismo podría causar malas maniobras del brazo robótico provocando así desperfectos en el proceso de descorchado de las botellas, daños de bienes materiales, riesgos para los usuarios que manipulan el IMS11 en general. [3]

2.2.4 Modos de control del Robot Kawasaki RS03N

El brazo robótico puede ser manejado de dos maneras, las cuales pueden ser modo Teaching o Automatic Playback.

- **Teaching mode:** Se caracteriza por el manejo de los movimientos del robot de manera manual por medio del uso del Teach pendant; provee las teclas esenciales para el manejo del robot en modo teaching y así como la edición de datos mediante la interacción con una interfaz gráfica que maneja diferentes tipos de datos del robot. A través de este modo no solo se puede manipular el movimiento del brazo robótico sino también la maniobra con los diferentes equipos periféricos para realizar la operación requerida. [4]
- **Automatic Playback:** En este modo un programa escrito es ejecutado de manera automática, el robot realiza los diferentes movimientos y manipulación de los elementos periféricos en concordancia con las operaciones requeridas en las líneas del programa.

2.2.5 Planta IPA5

La planta IPA 5 (Industrial process automation), la función específica de esta estación, es de realizar el descorchado de las botellas, que previamente fueron transportadas por el brazo robótico desde la cinta transportadora de la línea de producción. En la siguiente imagen podemos apreciar los componentes que posee la estación de descorchado.



Figura 2.5: Estación de descorchado IPA 5.

Esta estación posee varios pistones de una sola vía (reposición por resorte), el brazo robótico coloca el sixpack (las 6 botellas) en el sujetador de botellas. Posterior a esto, el robot coloca cada botella en el descorchador que está conformado de dos pistones; el pistón de elevación y el pistón de agarre. El PLC comanda los accionamientos dependiendo de la señal enviada por el robot. Los sensores y actuadores están conectados a una tarjeta de conexión donde se tienen conector tipo bornera y conector DB-25 (dos conectores), éste última toma las señales tanto del robot como de la tarjeta esclavo PROFIBUS DP.

2.2.6 Sensor Magnético LM9675

Este dispositivo es muy utilizado en sistemas donde se necesita saber la posición de objetos que son transportados mediante cintas transportadoras, ya que envía una señal binaria (1 o 0) dependiendo si está presente o no algún objeto metálico.



Figura 2.6: Sensor Magnético.

El sensor es conectado directamente al esclavo PROFIBUS DP, este se encargará de comunicar la señal del sensor con el PLC. La alimentación de este dispositivo es de 24 Vdc ideal para aplicaciones industriales y compatibles a las entradas del PLC utilizado para este proyecto.

2.2.7 Sensor Capacitivo LM9678

Sensor capacitivo para detectar si una pieza de trabajo está presente en el soporte de pieza de trabajo. El soporte permite la fijación rápida y sencilla de la cinta transportadora IMS. Línea de conexión del sensor está equipado con un conector M12 para conectar el sensor

directamente al sistema IMS, con una alimentación de 24 Vdc también puede conectarse directamente con el PLC.



Figura 2.7: Sensor Capacitivo

Este dispositivo es utilizado para verificar presencia del sixpack sobre el pallet, ya que el controlador deberá verificar que exista pallet y sixpack al mismo tiempo para proceder al descorchado. Este sensor se encuentra ubicado en la cinta transportadora de 180°.

2.2.8 Cinta Transportadora Lucas-Nülle

Segmento de cinta con placa giratoria para la conexión de sistemas parciales y para el montaje de sistemas mecatrónicos de mayor complejidad, al igual que de sistemas continuos. El accionamiento de la curva se realiza a través del acoplamiento a una cinta transportadora provista de un dispositivo de propulsión y puede efectuarse en ambas direcciones. [5]



Figura 2.8: Cinta transportadora 180° [5]

La cinta transportadora está compuesta por dos secciones la cinta transportadora de 180° como se muestra en la Figura 2.8, y la de línea recta como se muestra en la Figura 2.9. La cinta se mueve en dos direcciones y con dos velocidades, esto dependerá de la configuración

que se realice en la tarjeta esclavo Profibus DP, ya que se puede tener un control de la cinta tanto manual como un control externo.



Figura 2.9: Segmento de cinta transportadora doble de 24V. [6]

La cinta de longitud recta, cuenta con algunas características, que posibilita una maniobra bastante fácil tanto al programar como al ser operado manualmente, a continuación, se lista las más relevantes:

- Motor reductor, 24 V CC.
- Módulo PWM para accionamiento de la cinta a velocidad variable.
- Ajuste continuo de velocidad por medio de potenciómetro o entrada analógica de 0 V a 10 V.
- Servicio manual por medio de interruptor para marcha a izquierda y derecha.
- 2 sensores inductivos de posición final.
- 2 interfaces M12 para actuadores y sensores adicionales.
- Alimentación externa de tensión a través de casquillos de seguridad de 4 mm o de conector hueco.
- Conector SUB-D de sistema, de 9 polos, para conexión de contactares, microcontrolador Logo o PLC.
- Disco incremental para detección de posición y medición de velocidad por medio de sensor óptico.

2.2.9 Esclavo PROFIBUS DP Lucas-Nülle

Esta tarjeta permite la comunicación entre el IPA 5, Brazo Robótico y PLC-S7-300. El protocolo Profibus DP es bastante utilizado en las industrias ya que su característica permite una comunicación flexible y

segura. En la Figura 2.10, se aprecia los componentes que posee esta tarjeta desarrollada por el fabricante Lucas-Nülle.



Figura 2.10: PROFIBUS DP Slave. [7]

El esclavo PROFIBUS DP también es el encargado de controlar la cinta transportadora donde desde el PLC se puede modificar la dirección y cambio de velocidad del motor.

A continuación, se listan las características más relevantes de esta tarjeta:

- Direccionamiento: 16 entradas y salidas digitales.
- Conexión del PROFIBUS DP: Casquillo DSUB de 9 polos.
- Direcciones ajustables por medio de conmutador giratorio.
- Velocidad de transmisión de hasta un máximo de 6 Mbit/s.
- Archivo GSD para integración del software de control (por ejemplo, STEP7).
- Casquillo DSUB de 25 polos para la conexión de una estación IMS.
- Corriente de salida: 500 mA (corriente total: 1 A).
- Control con velocidad variable de la cinta transportadora por medio de PROFIBUS.

2.2.10 PLC S7-300 Siemens

El controlador principal utilizado en este proyecto es el S7-300 de Siemens, este PLC de gama alta posee características bastante fuertes con respecto a otros controladores que se comercializan en el medio industrial. La mayoría de las industrias a nivel mundial cuenta por lo

menos con un S7-300 en sus instalaciones, ya que cuenta con varios protocolos de comunicación y una fiabilidad de nivel alto.



Figura 2.11: PLC S7-300 Siemens.

Los controladores universales SIMATIC S7-300 ahorran espacio en la instalación y presenta un diseño modular. Una amplia gama de módulos puede ser utilizada para ampliar el sistema central o para crear estructuras descentralizadas de acuerdo con la tarea a realizar, y facilita una acción rentable de piezas de repuesto. SIMATIC es conocido por la continuidad y la calidad. Los protocolos de comunicación con los que cuenta este equipo son: Profibus DP, MPI, Profinet y Ethernet. [8]

Unas de las características de este controlador es su fácil adaptación a trabajos donde se necesite trabajar con múltiples señales tanto de sensores como de actuadores; 24 entradas digitales, 16 salidas digitales, 5 entradas análogas y 2 salidas análogas. Su funcionamiento es a 24 Vdc. Cuenta con interfaz de adaptación de módulos externos tales como “modulo Word”, “módulo de comunicación” y “módulos I/O adicionales”.

2.2.11 Softwares de desarrollo

En el mercado existen variedad de fabricantes de tecnología industrial como lo son Siemens, Rockwell Automation, General Electric, etc. Cada uno de estos posee softwares embebidos como lo es TIA PORTAL, RSlogix 5000 y Proficy GE, respectivamente. Actualmente Siemens es uno de los más utilizados para procesos de automatización.

El brazo robótico cuenta con su propio software de desarrollo, el KRterm Kawasaki permite programar, cargar y verificar programas previamente editados. Las extensiones de los programas deben estar en formato de texto como es “.log” o “.as”.

2.2.11.1 TIA Portal

Totally Integrated Automation Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Convince por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento. [9]

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación.

La versión de software que se utilizará es la V13 SP1, ya que el controlador que se utiliza para este proyecto es el PLC S7-300, con una versión de Firmware 3.3, por lo que es necesario utilizar esta versión para el desarrollo de la programación.

2.2.11.2 KRterm

Este software es una interface entre el operador y el brazo robótico, el KRterm es utilizado para programación, carga de archivos y verificación de códigos. Desde este terminal se envían las instrucciones hacia al controlador interno del robot.

Para este proyecto se crea un archivo de texto con extensión “.as”, que es el archivo que se genera al programar en

lenguaje AS propio del robot, también se puede editar las instrucciones y programas desde extensiones “.txt”. [4]

2.2.11.3 SolidWorks

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D con el que se puede crear geometría 3D usando sólidos paramétricos, la aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller. SolidWorks diseña de forma que va dejando un historial de operaciones para que puedas hacer referencia a ellas en cualquier momento.

Este software tiene soluciones para industrias de plásticos, lámina delgada, eléctrica, simulación y análisis por elementos finitos, el programa incluye un módulo inteligente de detección de errores de diseño y módulos para diseño sustentable. Como herramienta de diseño 3D es fácil de usar, acompaña al ingeniero mecánico y el diseñador industrial en su desempeño diario. [10]

Dadas las ventajas que posee este software, se utilizará en este proyecto para realizar el modelado 3D de la planta IMS 11, con el fin de crear un ambiente mucho más didáctico a los estudiantes que deseen realizar sus prácticas en el laboratorio de control de procesos industriales.

2.2.12 Lenguajes de programación

En el ámbito de la programación de controladores tales como PLCs de diferentes marcas se tiene una variedad de lenguajes de programación tales como: IL (Lista de Instrucciones); es un tipo de lenguaje ensamblador, se suele aplicar para pequeñas aplicaciones dada a su complejidad, ST (Texto Estructurado); lenguaje de alto nivel, usado para aplicaciones que requieren manejo de cálculos para el manejo del proceso, FBD (Diagrama de Bloques de funciones); es un lenguaje gráfico, los programas son bloques cableados entre sí con su script

oculto del programador, LD (Diagrama Ladder); denominado como lógica escalera, es el lenguaje más usado dado a su facilidad para el cambio de un sistema de control realizado mediante relés de un PLC, SFC (Diagrama de secuencia funcional); denominado como GRAFCET, es usado ampliamente para describir el comportamiento secuencial de un proceso.

Dado la naturaleza del comportamiento del proceso a automatizar, las múltiples etapas de transición, se considera el lenguaje GRAFCET como el ideal para la implementación de la programación de nuestro PLC S7-300, dado a la facilidad que este brinda en cuanto al manejo de las etapas de transición de un sistema complejo de una manera más sencilla [11].

En cuanto al brazo robótico, este posee su propio lenguaje de programación, denominado AS, el cual es usado para controladores de la serie E de robots Kawasaki.

2.2.12.1 Grafcet

El GRAFCET es un modelo de representación gráfica del funcionamiento de un sistema automático. El lenguaje GRAFCET está constituido por elementos gráficos y su dinámica prevé unas reglas de evolución. Básicamente, existen unas etapas que representan los diferentes estados del sistema y unas transiciones que consideran las condiciones necesarias para franquear una etapa y pasar a la siguiente; ambos elementos (etapas y transiciones) están conectados mediante las uniones orientadas; las cuales conectan las etapas a las transiciones y éstas a las etapas. A las etapas se les asocia acciones, que pueden agrupar cualquier tipo de órdenes del automatismo, o provenir de la parte operativa [11].

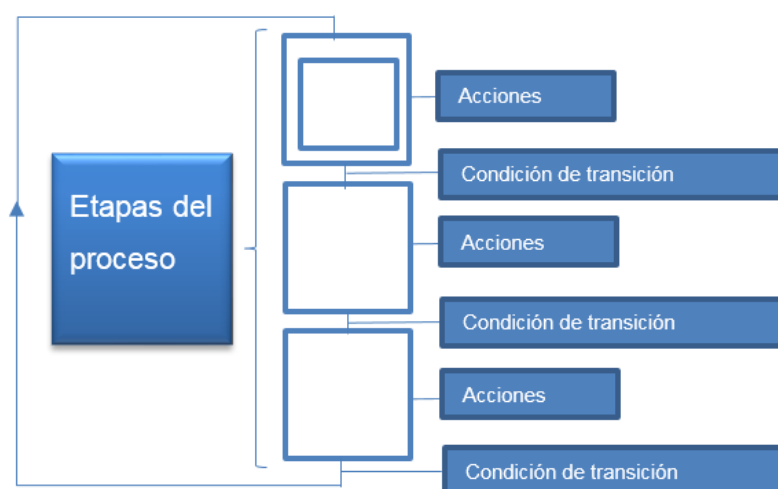


Figura 2.12: Modelo básico GRAFCET.

2.2.12.2 Lenguaje AS

El lenguaje AS es usado ampliamente para la programación básica de controladores de robot de la familia Kawasaki serie E, así como para la comunicación con robots. El sistema AS controla el robot de acuerdo a los comandos enviados por el usuario o programas, este a su vez puede ejecutar diferentes tipos de funciones mientras el programa está corriendo. Muchas de las funciones pueden ser usadas mientras el programa se está ejecutando como: mostrar el status del sistema, definición de variables de posicionamiento, almacenar datos en dispositivos de memoria externos, y escritura/edición de programas. [4]

El lenguaje AS puede ser dividido en dos tipos: comandos de monitor e instrucciones de programa.

- Comandos de monitor: es usado para escribir, editar y ejecutar programas. Son introducidos después de un prompt (>) mostrado en la pantalla, y ejecutados inmediatamente. Muchos

de estos comandos son usados para trabajar como instrucciones de programa.

- Instrucciones de programa: usado para dirigir los movimientos del robot, monitorear o controlar señales externas, etc., en programas. Un programa es un conjunto de instrucciones de programas.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

En este capítulo se detallan los métodos usados para el desarrollo del proyecto, el Scada se diseñó en el software TIA PORTA, utilizando una interface de usuaria "HMI" de siemens.

3.1 Planteamiento del proceso

El control secuencial del proceso, se desarrolla en lenguaje FUP (Bloques). El programa se divide en cuatro secciones, que son; Main, Instrucciones, Condiciones de transición y Bloques de datos. El primer paso para el desarrollo de la programación, es conocer de lleno el proceso actual que realiza la planta y tareas para lo que fue construido, con toda la información recopilada se procede al diseño del diagrama lógico; considerando todos los sensores y actuadores del IMS11, se tiene 9 sensores y 3 actuadores (sin considerar al robot como un actuador). A continuación, se muestra el área de trabajo del IMS11, véase en la figura 3.1.

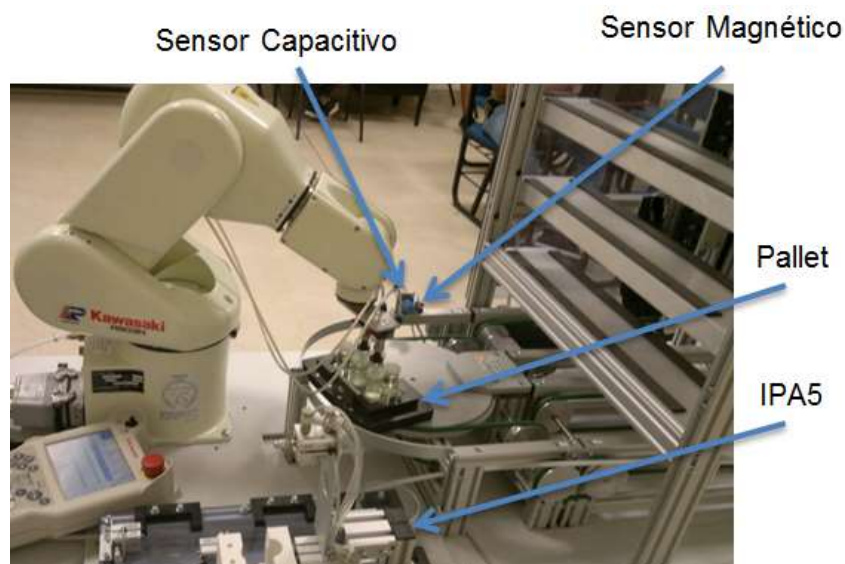


Figura 3.1: Área de trabajo del IMS 11.

El IPA5 consta de 5 sensores, estos tienen la tarea de indicar la posición de los pistones de los cilindros neumáticos (actuadores); los cilindros son accionados por medio de electroválvulas, con un rango de operación de 24V a 5 Bares de presión. A continuación, se muestra el área de trabajo del IPA5, y la ubicación de los sensores y actuadores, véase en la figura 3.2.



Figura 3.2: Área de trabajo del IPA5.

Con todos los elementos ya reconocidos y estudiados sus comportamientos, se procede a establecer los pasos para realizar el proceso de descorchado, En la tabla 3 (Anexo 1), se detallan las condiciones de transición e instrucciones que se verificarán y ejecutarán en cada estado.

Para conocer el proceso original de la planta IMS11, se procedió a realizar ingeniería inversa sobre el código con el que la planta IPA26 (conjunto de las 6 plantas) cuenta. Donde se tiene las diferentes plantas enlazadas con variables, que permiten la secuencia del proceso en su totalidad. Como se desea implementar el control secuencial del proceso de descorchado, se extrajo la sección de código que permite la secuencia del proceso.

Una vez obtenido el código base, y teniendo en cuenta los requerimientos del proceso a implementar, se procede al diseño del control secuencial, utilizando el lenguaje de programación FUP (diagrama de bloques) de TIA Portal.

Para obtener las direcciones de memoria de las variables utilizadas en el PLC, se revisó la tabla de variables del código original, véase en la figura 3.3. Se utiliza todas las variables que tengan relación con el IPA5 y que involucren al robot.

| Variables PLC | | | | | | |
|---------------|---|-----|---------------|------------|-------------------------------------|--|
| | Nombre | | Tipo de datos | Direcci... | | Comentario |
| 28 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_bottle_fixed | ... | Bool | %I10.1 | <input checked="" type="checkbox"/> | Flasche eingespannt |
| 29 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_lift_cylinder retracted | ... | Bool | %I10.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | Hubzylinder eingefahren |
| 30 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_lift_cylinder_extended | ... | Bool | %I10.3 | <input checked="" type="checkbox"/> | Hubzylinder ausgefahren |
| 31 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_sixpack_fixed | ... | Bool | %I10.4 | <input checked="" type="checkbox"/> | Flaschenträger gespannt |
| 32 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_robot_signal5 | ... | Bool | %I10.7 | <input checked="" type="checkbox"/> | Roboter in Grundstellung |
| 33 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_robot_signal6 | ... | Bool | %I11.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | Flasche abgelegt |
| 34 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_robot_signal7 | ... | Bool | %I11.1 | <input checked="" type="checkbox"/> | Alle Flaschen abgelegt |
| 35 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_fix_bottle | ... | Bool | %Q10.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | Flasche einspannen |
| 36 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_extend_lift_cylinder | ... | Bool | %Q10.1 | <input checked="" type="checkbox"/> | Hubzylinder ausfahren |
| 37 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_fix_sixpack | ... | Bool | %Q10.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | Flaschenträger einspannen |
| 38 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_robot_signal1002 | ... | Bool | %Q10.3 | <input checked="" type="checkbox"/> | Sixpack abholen |
| 39 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_robot_signal1003 | ... | Bool | %Q10.4 | <input checked="" type="checkbox"/> | Flasche handeln |
| 40 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_robot_signal1004 | ... | Bool | %Q10.5 | <input checked="" type="checkbox"/> | Deckelbehälter auf das Band legen |
| 41 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_robot_signal1005 | ... | Bool | %Q10.6 | <input checked="" type="checkbox"/> | Deckelbehälter vom Band nehmen |
| 42 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_IL | ... | Bool | %I11.3 | <input checked="" type="checkbox"/> | Band linke Endlage |
| 43 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_IR | ... | Bool | %I11.4 | <input checked="" type="checkbox"/> | Band rechte Endlage |
| 44 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_QR | ... | Bool | %Q11.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | Band vorwärts |
| 45 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_QS | ... | Bool | %Q11.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | Band Schleichfahrt |
| 46 | <input type="checkbox"/> M_IPA5_INIT | ... | Bool | %M11... | <input checked="" type="checkbox"/> | Initialisierung |
| 47 | <input type="checkbox"/> M_IPA5_START | ... | Bool | %M11... | <input checked="" type="checkbox"/> | Start |
| 48 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_pickup_position | ... | Bool | %I11.5 | <input checked="" type="checkbox"/> | Werkstückträger in Abholposition |
| 49 | <input type="checkbox"/> I_IPA5_sixpack_on_carrier | ... | Bool | %I11.6 | <input checked="" type="checkbox"/> | Sixpack auf Werkstückträger |
| 50 | <input type="checkbox"/> M_IPA5_robot_home_position | ... | Bool | %M11... | <input checked="" type="checkbox"/> | Merker Roboter in Grundstellung für Anzei... |
| 51 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_robot_signal1006 | ... | Bool | %Q10.7 | <input checked="" type="checkbox"/> | Sixpack auf das Band stellen |
| 52 | <input type="checkbox"/> M_IPA5_ACK | ... | Bool | %M11... | <input checked="" type="checkbox"/> | Quittierung |
| 53 | <input type="checkbox"/> M_IPA5_no_sixpack | ... | Bool | %M11... | <input checked="" type="checkbox"/> | Merker kein Sixpack auf Werkstückträger f... |
| 54 | <input type="checkbox"/> M_IPA5_two_sixpacks_uncorked | ... | Bool | %M11... | <input checked="" type="checkbox"/> | Merker 2 Sixpacks entkorkt für Anzeige |
| 55 | <input type="checkbox"/> Q_IPA5_QL | ... | Bool | %Q11.1 | <input checked="" type="checkbox"/> | Band rückwärts |
| 56 | <input type="checkbox"/> M_IPA26_BUF_RELEASE | ... | Bool | %M15... | <input checked="" type="checkbox"/> | Merker puffern freigegeben |
| 57 | <input type="checkbox"/> M_IPA26_FILL_RELEASE | ... | Bool | %M15... | <input checked="" type="checkbox"/> | Merker abfüllen freigegeben |
| 58 | <input type="checkbox"/> M_IPA26_rel_sixpack | ... | Bool | %M15... | <input checked="" type="checkbox"/> | Merker Sixpack auf Band bringen |

Figura 3.3: Variables de PLC, código original de la planta IPA26.

Con todas las variables identificadas, se procede al diseño del proceso, partiendo con el diagrama lógico del proceso, donde se deberán identificar las etapas, condiciones de transición e instrucciones. El control secuencial se ha dividido en tres partes; las cuales verifican las condiciones para ejecutar el proceso, repetición del proceso de descorche de las botellas, y finalización del proceso, las cuales se listan a continuación:

- Inicialización del proceso.
- Loop del descorchado.

- Finalización del proceso.

A continuación, se detallarán las tres partes que se han considerado para el desarrollo del proceso.

3.1.1 Inicialización de proceso

El proceso de descorchada cuenta de tres secciones, las cuales son: transportación de botellas, manipulación mediante el brazo robótico y descorchador. Para una explicación más detallada del proceso, nos apoyaremos en un diagrama de flujo, para cada etapa del proceso se detallará las validaciones para estar en cada etapa.

Para dar inicio al programa se consideró un botón virtual (en HMI), el cual da inicio del programa como tal, ya que se deberá de tener un estado de espera del arranque del proceso. En el caso que el programa ya hubiese sido ejecutado volverá a la etapa 1, previo a esto, deberá de transcurrir un tiempo antes de volver a la etapa inicial. Véase la figura 3.4. En el caso de que el botón de inicio no se active, no se ejecutara ninguna acción. Así mismo si no se cumple el tiempo transcurrido, se vuelve a la etapa anterior.

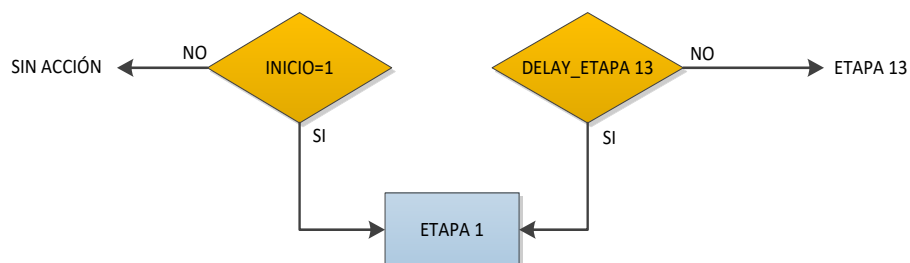


Figura 3.4: Transición a etapa 1.

Para dar el arranque del proceso se creó una variable el cual es activado desde el HMI. Se deberá preguntar por el estado del robot, en el caso que el robot se encuentre en la posición de inicio (posición HOME), los sensores que se deberán tener en cuenta antes de pasar a la etapa 2, son; el sensor que está ubicado en el cilindro de elevación (pistón retraído) y el sensor de agarre de sixpack (pistón retraído), los

estados de los sensores deben ser 1 y 0 lógico respectivamente, véase en la figura 3.5-3.6.



Figura 3.5: Sensor cilindro de elevación "B3" (pistón retraído).



Figura 3.6: Sensor cilindro de agarre "B5" (pistón retraído).

Se utiliza este método de validación de pre-arranque para verificar que no haya ningún sixpack colocado en el lugar de trabajo, así mismo que el cilindro de elevación se encuentre retraído, ya que, si se llegase a ejecutar el proceso, se podría llegar a provocar un accidente en la estación. A continuación, se muestra las condiciones para pasar a la siguiente etapa del proceso.

Una desventaja que se tiene en la planta es que no se tiene retroalimentación de posición del robot por lo que el error de colocación del sixpack es mayor en el caso que se tuviese, el proceso tendría un porcentaje de efectividad en la colocación mayor al 98% que si no lo tuviese.

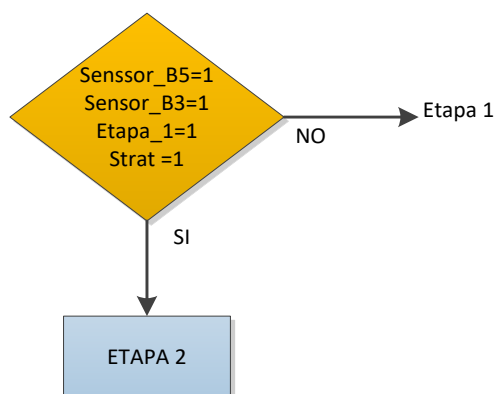


Figura 3.7: Transición a etapa 2.

Para la verificación de que el sixpack se encuentra completo, y sobre el pallet, se utilizan dos sensores, el primero es un sensor magnético; este detecta que el pallet esta sobre la banda transportadora, el segundo es un sensor capacitivo; utilizado para verificar que sobre el pallet se encuentre el sixpack completo. Véase en la figura 3.8, la ubicación de ambos sensores.



Figura 3.8: Sensores de posición (Capacitivo y Magnético).

Las señales binarias que generan estos dos sensores, son utilizadas para validar la presencia de las botellas sobre la banda transportadora, la misma que se detiene su marcha en el momento que los dos sensores se activan, envían una señal de 1 lógico hacia el controlador, para luego ser recogida por el robot y transportada hacia el IPA5. Con las señales ya verificadas se procede a pasar a la siguiente etapa del proceso. Véase en la figura 3.9.

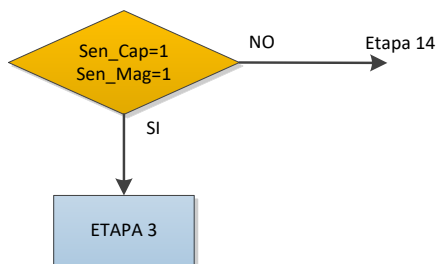


Figura 3.9: Transición a etapa 3.

Con todas las verificaciones de inicialización correctamente validadas, la planta IPA5 ya queda lista para proceder a la interacción con el robot, así mismo, todas las señales que se tienen en la planta, podrán ser visualizadas en el HMI.

3.1.2 Loop de descorchado

Para realizar la secuencia de descorchado continua se procedió a realizar un anidamiento en el proceso con el fin de disminuir la complejidad al momento de realizar la programación. El descorchador deberá de realizar 6 descorches continuos, donde también se realizó validaciones de los sensores y señales enviadas y recibidas por parte del robot; la primera señal es la de ejecutar acción, donde se le ordena al robot que ejecute cierto trabajo, y la señal de culminación de acción donde el robot responde que su trabajo ha culminado con éxito.

En esta parte del proceso se deberá de realizar una serie de consideraciones antes de ingresar al loop, una de ellas es verificar que el robot ya haiga colocado el sixpack en el espacio de trabajo del IPA5, si se cumple esta condición, el proceso pasará a la siguiente etapa, véase en la figura 3.10.

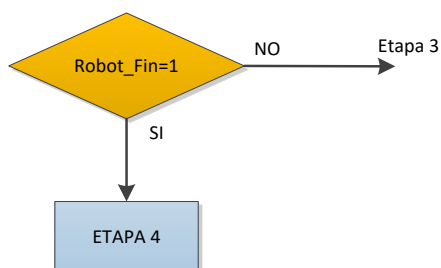


Figura 3.10: Transición a etapa 4.

Un punto muy importante en el desarrollo de cualquier proceso industrial, es la retroalimentación de señales que puedan identificar el estado de los actuadores, por lo que se utiliza el sensor de posición de pistón, que se encuentra en el cilindro de agarre de sixpack. Para lo cual se deberá de cumplir la condición de cilindro extendido para dar paso a la siguiente etapa del proceso, véase en la figura 3.11.

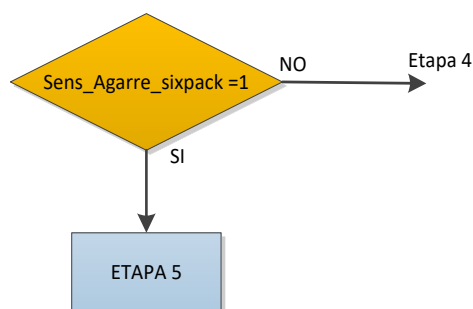


Figura 3.11: Transición a etapa 5.

Con las validaciones previas, el proceso queda listo para realizar el proceso de descorcho cíclico, donde se tendrán que realizar 6 descorches, el robot deberá de colocar las botellas en el descorchador, esta ejecución será posible cuando el controlador principal en este caso el PLC S7-300, envíe la correspondiente señal de acción.

Así mismo cada vez que el robot ejecute la tarea el mismo remite una señal de culminación de tarea, ya que el robot tendrá que realizar varias tareas en el transcurso del loop, y con el fin de no crear variables redundantes en el desarrollo del código de programación, lo más óptimo es trabajar con una sola señal de petición de acción, en este caso la llamaremos Actuar_robot y para las culminaciones de tareas Robot_Fin (véase en la figura 3.10).

La primera condición para entrar en la primera etapa del loop, Robot_Fin, en esta ocasión es la respuesta a la petición de colocar la botella en el descorchador, véase en la figura 3.12.

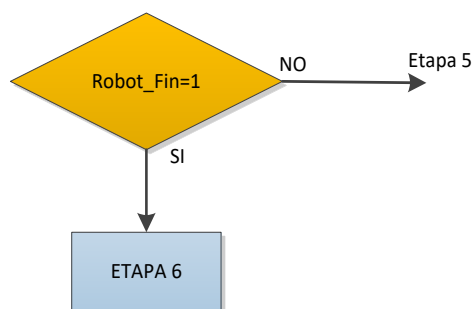


Figura 3.12: Transición a etapa 6.

La secuencia repetitiva está compuesta de 5 etapas, donde se preguntarán por las señales remitidas por el robot y por los sensores de la planta IPA5, así mismo se ejecutarán varias instrucciones en cada estado. A continuación, se muestra la esquematización del laso de repetición “loop”, donde se podrá observar las distintas condiciones para pasar a cada etapa.

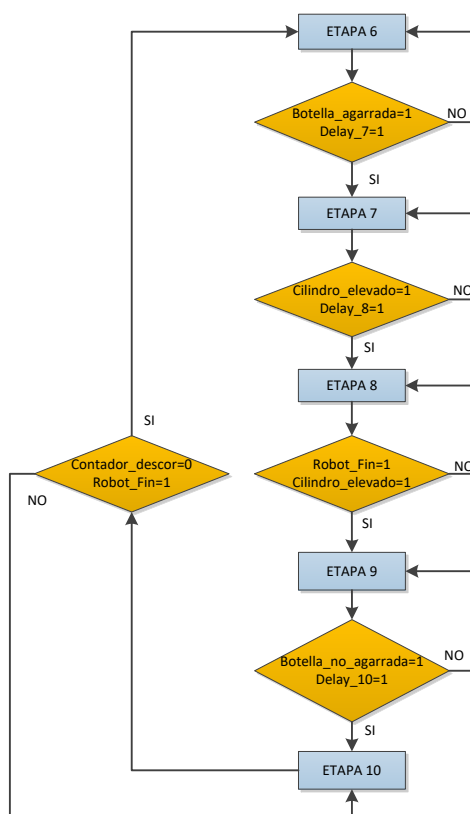


Figura 3.13: Condiciones de transición del loop.

El laso de repetición “loop”, como en todo tipo de programación se la suele utilizar para repetir una serie de acciones, mientras se cumpla cierta condición para mantenerse dentro del laso. Para este proceso el indicador que se utilizará como condición de validación del loop será un contador decremental, ya que se deberá de realizar el descorchado de un sixpack, por lo que el contador tendrá que comenzar en 6, se puede ver en la figura 3.13, que para volver a la etapa 6 se necesita que el contador no haiga terminado de contar, caso contrario deberá salir del laso.

Siguiendo el esquema de la figura 3.13, las botellas son colocadas por el robot en el descorchador, y posteriormente agarradas por el cilindro de agarre de botellas, es recomendable usar un temporizador para garantizar un agarre de la botella de forma segura.

Tomando la recomendación del manual de operación de la planta IPA26, se tendrá que esperar un pequeño instante de tiempo entre actuadores, al momento del descorchado, por lo que se procedió a temporizar los accionamientos. Lo antes dicho puede ser explicado de forma esquematizada, la forma correcta de ejecutar las instrucciones es la siguiente, véase en la figura 3.12.

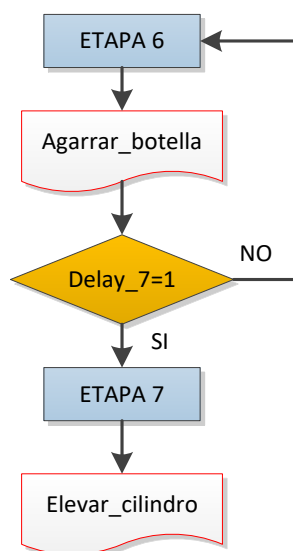


Figura 3.14: Condiciones de transición del loop.

Se debe de tener en cuenta que se está empleando un control secuencia, por lo que el programa que se desarrollará, estará corriendo a una velocidad muy alta (10us), por lo que el uso de temporizadores en este tipo de programación es muy importante. Así mismo se deberá de considerar el tiempo de espera de acción y respuesta del robot, ya que se deberá de tener una debida sincronización.

Tomando como ejemplo la etapa 8 y etapa 9 del esquema que se muestra en la figura 3.11, se detalla cómo será la interacción del robot con el PLC, véase en la figura 3.15.

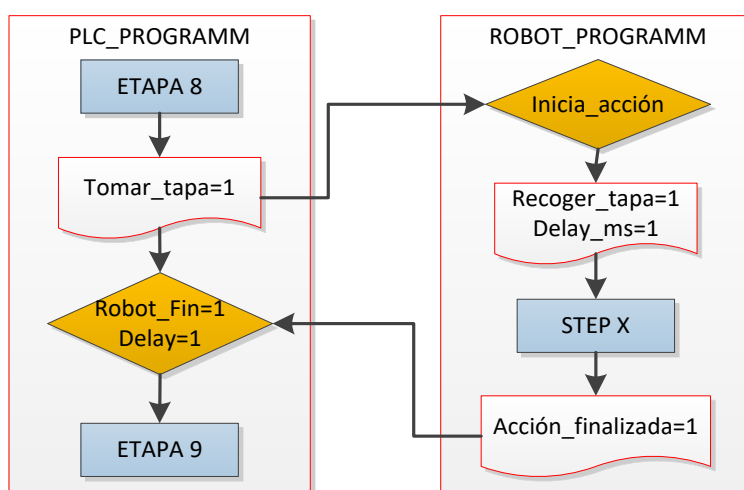


Figura 3.15: Interacción de variables entre el PLC y Robot.

En el proceso de descorchado el robot se encarga de colocar las botellas en el descorchador, tomar la botella, realizar el vaciado del líquido, y ubicación de la botella en el lugar donde fue tomada inicialmente, la secuencia cíclica de descorchado puede revisarse en el Anexo 1.

3.1.3 Finalización del proceso

Las condiciones de validación para dar por culminado el proceso completo, está dado por el estado del contador decremental que se ha empleado, así mismo el robot enviará la señal que culminación de descorchado, esto se da cuando las 6 botellas hayan sido descorchadas

con éxito, con esta validación el programa saldrá del loop, véase en la figura 3.16.

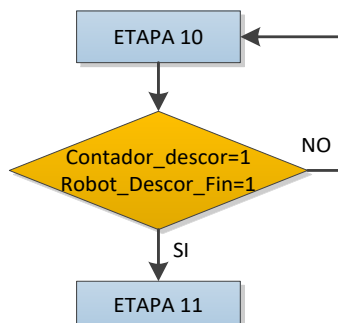


Figura 3.16: Transición a etapa 11.

Una vez culminado el proceso de descorchado el robot coloca nuevamente el sixpack sobre el pallet, en el instante que las botellas son colocadas nuevamente en la banda transportadora, el robot vuelve a su posición inicial, donde se le indica al mismo que envíe una señal al PLC, indicando que está listo para iniciar nuevamente la próxima manipulación.

Con el fin de utilizar un indicador de finalización de proceso se ha utilizado el sensor de posición final, que posee el IPA5, que se encuentra ubicado en la banda transportadora, esta condición es verificada para volver al inicio del proceso, véase en la figura 3.17.

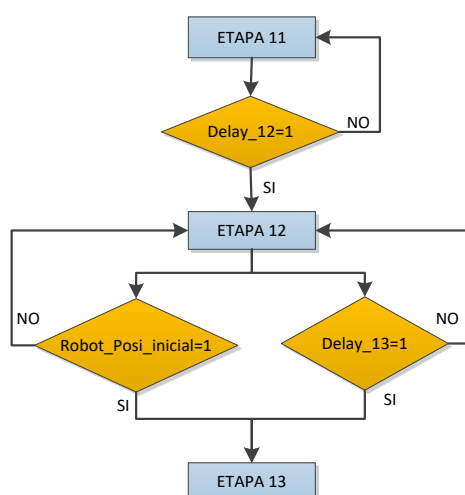


Figura 3.17: Transiciones finales del proceso.

3.2 Programación del PLC S7-300

Como ya se explicó en capítulo 1 y 2, se realizará un control secuencial mediante el lenguaje de programación “Grafcet”, cabe recalcar que se utiliza este método con el fin de simplificar el diagrama lógico, teniendo en cuenta que el desarrollo de la programación se realizará utilizando diagramas de bloques, con lo que se pretende disminuir aún más la complejidad en la programación. Para proceder con la programación se debe tener en cuenta que el lenguaje con que se relaciona Grafcet en TIA portal es el de programación mediante bloques, por lo que se deberá de seleccionar FUP al momento de insertar cualquier bloque de programación.

Con la tabla de variables obtenida de la programación original de la planta IPA26, y luego de ya ser identificadas en el proceso, se procede a asignar los bytes y tipo de dato que le corresponden a cada variable y señal física, algunas de ellas se muestran en la figura 3.18.

| Variables PLC | | | | | | |
|---------------|--------------------------------|---------------|-----------|--|--|---|
| | Nombre ▲ | Tipo de datos | Dirección | | | Comentario |
| 1 | C_IPA5_uncorked_number | Int | %M... | | | Almacena cuantos se han descorchado |
| 2 | I_IPA5_bottle_fixed | Bool | %I0.1 | | | Botella sujeta |
| 3 | I_IPA5_bottle_not_fixed | Bool | %I0.0 | | | Botella no sujeta. |
| 4 | I_IPA5_IL | Bool | %I1.3 | | | Banda dejó posición final. |
| 5 | I_IPA5_IR | Bool | %I1.4 | | | Banda posición de extremo derecho. |
| 6 | I_IPA5_lift_cylinder retracted | Bool | %I0.2 | | | Cilindro de elevación retraído. |
| 7 | I_IPA5_lift_cylinder extended | Bool | %I0.3 | | | Elevación cilindro extendido. |
| 8 | I_IPA5_pickup_position | Bool | %I1.5 | | | Portapiezas en posición de recogida. |
| 9 | I_IPA5_robot_signal5 | Bool | %I0.7 | | | Robot en la posición básica. |
| 10 | I_IPA5_robot_signal6 | Bool | %I1.0 | | | Botella almacena_Tarea Terminada |
| 11 | I_IPA5_robot_signal7 | Bool | %I1.1 | | | Todas las botellas se almacenan. |
| 12 | I_IPA5_robot_signal8 | Bool | %I100.2 | | | Reservorio almacena. |
| 13 | I_IPA5_sixpack_fixed | Bool | %I0.4 | | | Porta-botellas tensa. |
| 14 | I_IPA5_sixpack_on_carrier | Bool | %I1.6 | | | SIXPack en soportes de piezas de trabajo. |
| 15 | M_IPA26_BUF_RELEASE | Bool | %M1.2 | | | Indicador de memoria intermedia en libertad. |
| 16 | M_IPA26_FILL_RELEASE | Bool | %M1.3 | | | Bandera de embotellado en libertad. |
| 17 | M_IPA26_rel_BUF | Bool | %M1.5 | | | Comunicado de búfer bandera. |
| 18 | M_IPA26_rel_sixpack | Bool | %M1.4 | | | Bandera Sixpack traer a la cinta. |
| 19 | M_IPA5_ACK | Bool | %M0.3 | | | reconocimiento. |
| 20 | M_IPA5_INIT | Bool | %M0.0 | | | inicialización |
| 21 | M_IPA5_no_sixpack | Bool | %M0.4 | | | Bandera sin Sixpack en portadores de piez. |
| 22 | M_IPA5_present_bottle | Bool | %M15.3 | | | Indicador de presencia de la botella en el .. |
| 23 | M_IPA5_present_sixpack | Bool | %M15.4 | | | Indicador de presencia de sixpack |
| 24 | M_IPA5_robot_home_position | Bool | %M0.2 | | | Robots de bandera en la posición inicial p.. |
| 25 | M_IPA5_sixpack_uncorked | Bool | %M1.7 | | | Muestra en HMI mensaje de sixpack comp.. |
| 26 | M_IPA5_START | Bool | %M0.1 | | | Comando de inicio |

Figura 3.18: Variables del PLC.

A continuación, se detallan los diferentes ambientes de programación, donde se realizará los segmentos de códigos. Como se detalló en el ítem anterior, el programa estará dividido en cuatro secciones, estas son:

- Bloque de Funciones “FB”.
- Bloque de Instrucciones “FC”.
- Bloque de Datos “BD”.
- Bloque de Organización “OB”.

3.2.1 Bloque de Funciones “FB”

En esta sección se verifica las condiciones de transición para ingresar a cada etapa del proceso, en esta sección se puede dar uso de operadores lógicos, tales como “&, or, >=1, etc.”, así mismos operadores de asignación como “SR, RS, =, etc.”.

Para pasar de la esquematización de las condiciones de transición descritas en el ítem 3.1, tomaremos como ejemplo la transición para estar en la etapa 1, véase la figura 3.4, para ello se utiliza un flip-flop tipo D, que prácticamente es un SR (Set-Reset).

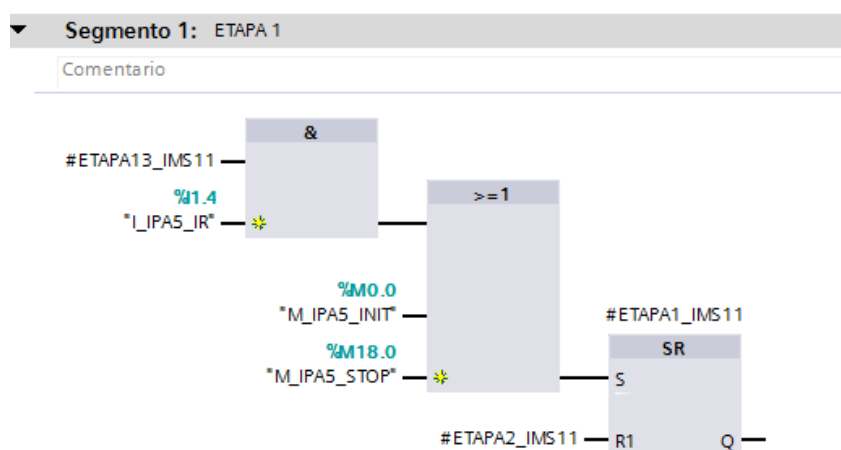


Figura 3.19: Condición de transición etapa 1.

Para poder pasar a la etapa 1, se tendrá que haber habilitado el programa, en este caso se deberá de seleccionar la variable “M_IPA5_INIT”, que previamente fue declarada en la tabla de variable

del PLC. Si el proceso ya fue ejecuta, el programa verificara con el operador “&”, que se encuentre en la etapa 13 y que además el sensor de posición final “I_IPA5_IR” se haya activado, pero si es que ocurre un problema en la ejecución del proceso se podrá dar activar la variable “M_IPA5_STOP”.

En el caso de que él se quiera asegurar que se está escribiendo el código en el lenguaje FUP, se podrá verificar el lenguaje del bloque con tan solo ir a propiedades del bloque donde se está escribiendo las sentencias, véase en la figura 3.20.

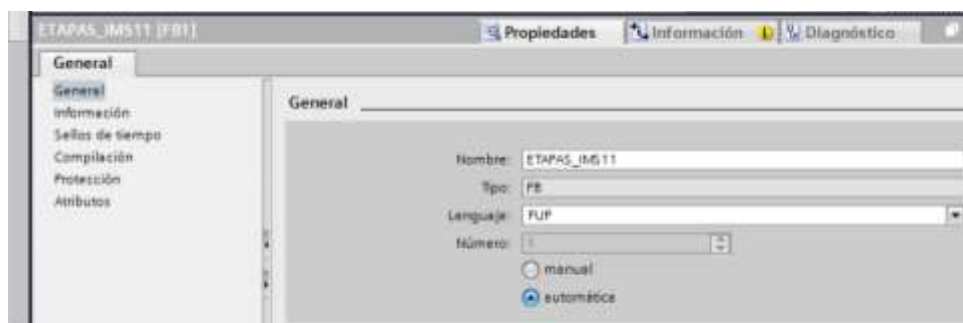


Figura 3.20: Propiedades del bloque de funciones.

En el caso de que haiga sido seleccionado de forma incorrecta con tan solo cambiar el lenguaje en el que se está escribiendo el código, automáticamente cambia el ambiente de programación del bloque donde esté trabajando.

3.2.2 Bloque de Instrucciones “FB”

En esta sección se efectuarán todas las instrucciones, dependiendo de la etapa donde se encuentre el proceso, este bloque verificará la etapa y realizará la acción correspondiente al proceso, así mismo se podrá utilizar temporizadores, contadores, operadores lógicos y operadores de asignación, véase en la figura 3.21.

Para este caso se tomará como ejemplo la etapa 6 descrita en el ítem 3.1.2, en la figura 3.14, donde se enviará a accionar el cilindro de agarre de botella.

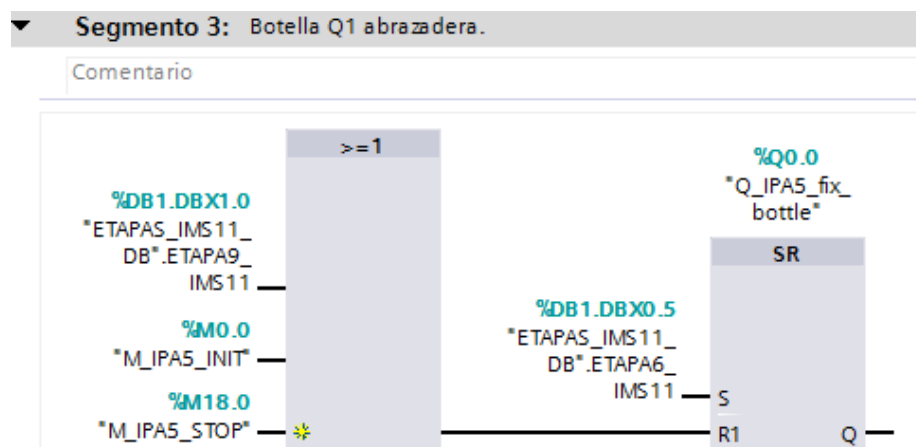


Figura 3.21: Ejecución de instrucción en etapa 6.

En este caso se está utilizando un SR (Set-Reset), para enclavar el valor de salida de la variable, este tipo de operador tiene prioridad al Reset “R1”, por lo que para deshabilitar el valor de salida (cambiar el valor de 1 a 0 lógico), se deberá de activar cualquiera de las tres variables que se encuentran como entrada en el operador “>=1”, que prácticamente funciona como un “or”.

3.2.3 Bloque de Datos “BD”

Los bloques de datos se crean para enlazar las variables creadas en los bloques de funciones para luego ser convertidas en globales, en este caso se utiliza dos bloques de funciones, lo que significa que para ambas funciones se deberán de crear los bloques de datos.

En el caso de las variables que se designan en el bloque de función principal del proyecto “ETAPAS_IMS11”, sus variables son las etapas que cuando se esté corriendo el proceso, estas irán cambiando su valor lógico, por lo que son declaradas como booleanas y estáticas, véase en la figura 3.22.

| ETAPAS_IMS11_DB | | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Nombre | Tipo de datos | Offset | Valor ... | Remanen... | Visible en ... |
| 1 | Input | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Output | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 | InOut | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Static | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 | ETAPA1_IMS11 | Bool | 0.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 | ETAPA2_IMS11 | Bool | 0.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7 | ETAPA3_IMS11 | Bool | 0.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | ETAPA4_IMS11 | Bool | 0.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9 | ETAPA5_IMS11 | Bool | 0.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10 | ETAPA6_IMS11 | Bool | 0.5 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11 | ETAPA7_IMS11 | Bool | 0.6 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12 | ETAPA8_IMS11 | Bool | 0.7 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13 | ETAPA9_IMS11 | Bool | 1.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | ETAPA10_IMS11 | Bool | 1.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 15 | ETAPA11_IMS11 | Bool | 1.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 16 | ETAPA12_IMS11 | Bool | 1.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 17 | ETAPA13_IMS11 | Bool | 1.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 18 | ETAPA14_IMS11 | Bool | 1.5 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 19 | ETAPA7_1_IMS11 | Bool | 1.6 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 20 | ETAPA_AUX1 | Bool | 1.7 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21 | ETAPA_AUX2 | Bool | 2.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 22 | ETAPA_AUX | Bool | 2.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Figura 3.22: Ejecución de instrucción en etapa 6.

3.2.4 Bloque de Organización “OB”

En esta sección se llamarán a los bloques de funciones con su respectivo bloque de datos, correctamente elanzados, a los bloques de instrucciones y cualquier función que se necesite crear, por ejemplo; si se desea crear un bloque en lenguaje de lista de instrucciones, donde se calcule un Setpoint.

Para insertar los bloques en los bloques de organización solo basta con colocar el nombre del bloque que se desea ejecutar en el programa principal, en este caso no se harán validaciones para ingresar a los bloques de condiciones de transición o de instrucciones por lo que se dejara las habilitaciones habilitadas por defecto, véase en la figura 3.23.

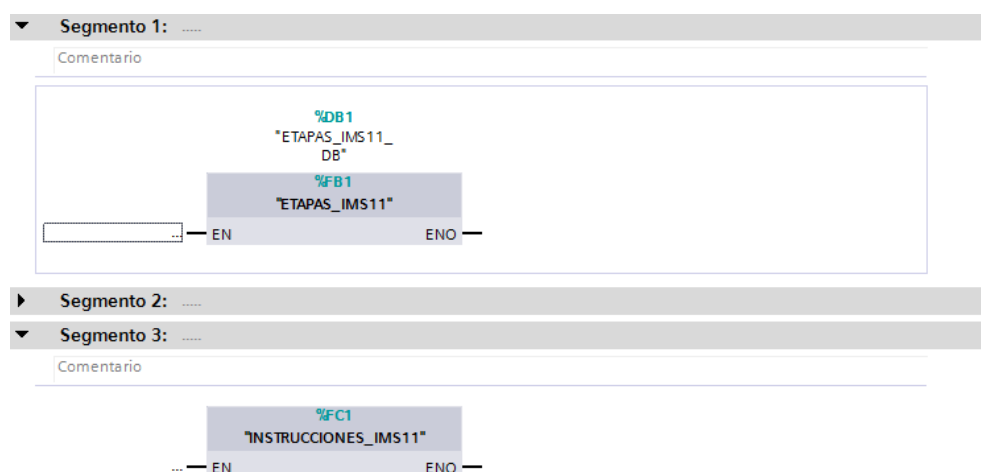


Figura 3.23: Ejecución de instrucción en etapa 6.

3.3 Coordenadas del Robot Kawasaki

Con el fin de poder hallar los puntos que describen las trayectorias requeridas para el movimiento del brazo robótico en pro de la ejecución del proceso de manipulación de las botellas para su descorchado, se utilizó el TEACH PENDANT con el fin de llegar manualmente a todas las posiciones requeridas, una vez alcanzado cada punto, a través de la función "Axis Monitor", se pudieron captar las diferentes coordenadas (X,Y,Z,A,O,T) por punto, los cuales sirvieron posteriormente para la programación de la secuencia del controlador del Robot, como es el caso que se presente a continuación, véase en las figuras 3.24 y 3.25.



Figura 3.24: Punto de inserción de botella al descorchador.

| | X : | Y : | Z : |
|--|---------|---------|--------|
| | 440,837 | | |
| | | 30,336 | |
| | | | 10,521 |
| | 98,330 | | |
| | | 177,837 | |
| | | | -3,025 |

Figura 3.25: Coordenadas para el punto de inserción de botella.

3.4 Desarrollo del programa del Robot

Para desarrollar del programa que controla el proceso descorchado de botellas, se utilizó el Lenguaje AS Manual con el fin de obtener nociones básicas de programación del controlador del brazo robótico. Se puede describir el desarrollo del programa en tres etapas básicas: comunicación PLC S7-300, manejo de señales de entrada y salida PLC S7-300/Brazo robótico, secuencia etapas manipulación de botellas.



Figura 3.26: Etapas básicas del programa del controlador.

Se utilizó el Script que vino por defecto del fabricante Lucas-Nülle referente al proceso de descorchado de botellas como base fundamental para el desarrollo del propio, en el cual se modificaron ciertos puntos finales respecto a la trayectoria de manipulación de las diferentes botellas, especialmente aquellos que vinculaban el traslado individual de las botellas al IPA5 y viceversa, dado que se presentaron errores en la ejecución de la trayectoria hacia ciertos puntos ocasionando consigo severas fallas.

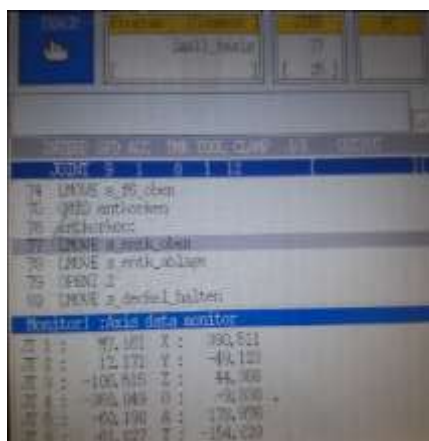


Figura 3.27: Caso falla JT4 “Command value for Jt XX suddenly changed.”

3.4.1 Comunicación PLC S7-300

Para la comunicación entre el brazo robótico y el PLC S7-300 se necesitó realizar una conexión maestro - esclavo, mediante el comando “NETCONF” se especificaron una serie de parámetros como: la dirección IP del Robot, máscara de subred, dirección IP del PLC S7-300, dirección IP del DNS server, concerniente a la configuración del puerto uno del robot, de la misma manera se configuró el puerto dos haciendo uso de “NETCONF2”.



Figura 3.28: Configuración “NETCONF”.

3.4.2 Manejo de señales I/O

El manejo de señales de entrada y salida al controlador del robot es de vital importancia para llevar a cabo la interacción entre el brazo robótico con el PLC S7-300, por lo que en el inicio del programa se instanciaron las diferentes señales que iban a formar parte del Script final.

Las mismas que estaban vinculadas con funciones fundamentales dentro del proceso de descorchado como: colocación del brazo robótico en posición "Home" (Figura 3.), manipulación del sixpack y traslado al IPA5, así como las diferentes señales confirmación de la ejecución de las diferentes instrucciones (Figura 3.).



Figura 3.29: Brazo robótico en posición "Home".



Figura 3.30: Declaración de señales internas y de salida robot.

3.4.3 Secuencia manejo de botellas

La secuencia de manejo de las botellas se la realizó de tal manera que cada botella poseía un conjunto de coordenadas que describían las diferentes posiciones a las que el brazo robótico tenía que acceder para su traslado unitario desde la porta sixpack al descorchador, para luego verter su contenido en un reservorio cilíndrico.

Se optó por realizarlo de esta manera por la simplicidad del proceso y dado que en este caso se posee 6 botellas en total, si se hubiese tenido que manipular un mayor número de botellas esta tarea se complicaría mucho y se tendría que optimizar el método de manipulación de las botellas de manera unitaria.

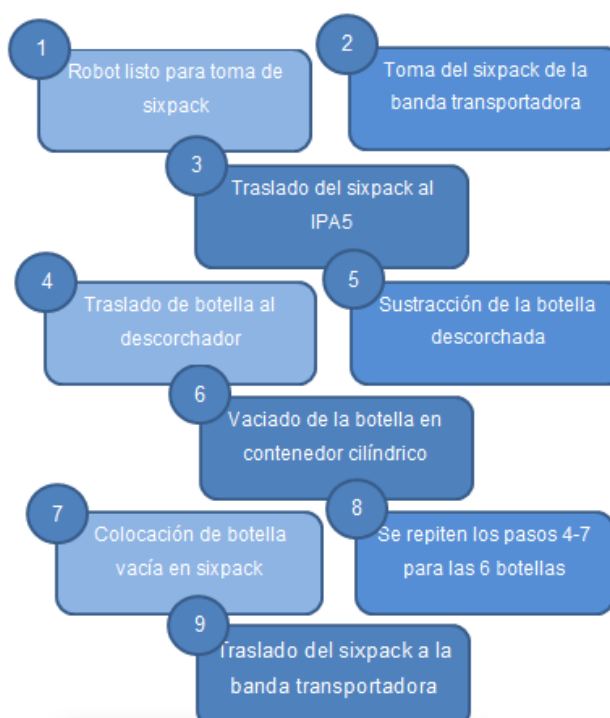


Figura 3.31: Secuencia proceso de descorchado.

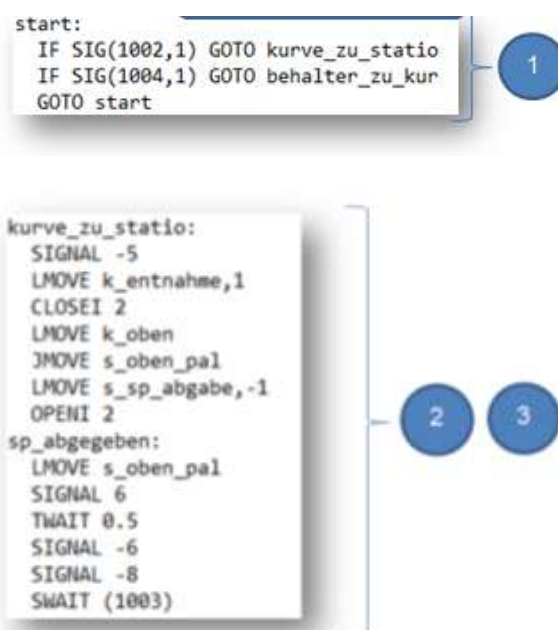


Figura 3.32: Código, pasos 1-3 del proceso de descorchado.

3.5 Diseño 3D de la planta IMS11

En el diseño 3D de la IMS 11 se utilizó como herramienta principal el software de diseño mecánico en 3D Solidworks, gracias a su simplicidad y funcionalidad para modelador 3D, en él se simularon las diferentes piezas que componen el brazo robótico, así como del IPA5 (Figura 3.); para ello se tomaron las respectivas dimensiones de cada uno de los elementos que componen el IMS11 usando un flexómetro (Figura 3.), dado que no se poseían esos datos en los diferentes manuales del IPA26.

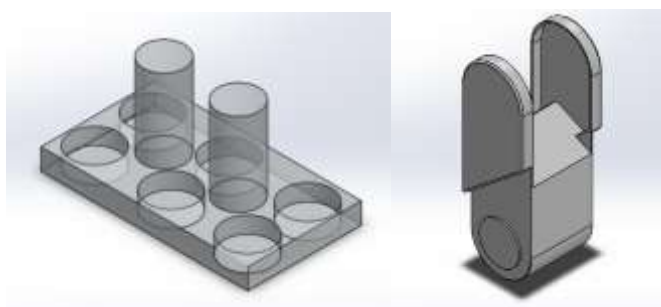
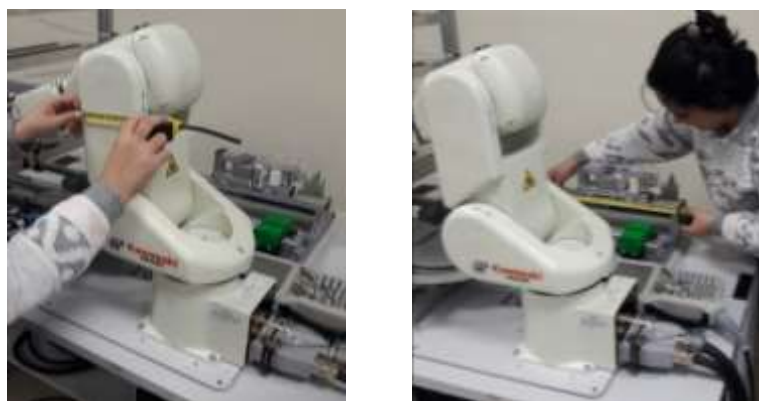


Figura 3.33: Modelado 3D de las diferentes piezas de la planta IMS11.



a) Dimensiones Robot

b) Dimensiones IPA5

Figura 3.34: Toma de dimensiones de la IMS11 para modelado 3D.

3.6 Diseño del tablero didáctico de control

Para construcción del tablero de control, se tomó como referencia el tablero didáctico que posee la planta IPA26. Para tomar como molde el tablero existente, se tuvo que proceder a reconocer el tablero, tanto por fuera como por dentro del mismo, véase en la figura 3.35.

**Figura 3.35: Desmontaje del tablero original.**

Para replicar las tarjetas electrónicas donde se montan los interruptores, borneras e interfaces de comunicación, se tuvo que realizar ingeniería inversa para obtener el esquema de la misma, véase en la figura 4.36.

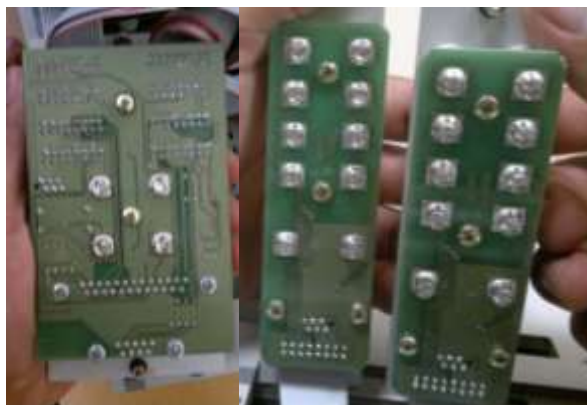


Figura 3.36: Placas electrónicas de interface I/O y de comunicación.

La obtención de los diagramas eléctricos y electrónicos del tablero servirá para realizar el nuevo tablero didáctico, donde ira montado el controlador.

3.7 Diseño del Scada del Proceso

El diseño del Scada, se lo desarrolla en base al proceso que efectúa la planta IMS 11, las señales que se utilizan para enlazar el PLC con el HMI, son todas aquellas que tienen que ver con la planta IPA 5, ya que, en esta es donde se encuentran la mayoría de actuadores y sensores, por lo que se ha dividido en tres secciones; la primera será una visualización general del proceso donde se podrá observar la banda transportadora con sus respectivos sensores, el robot Kawasaki, y la planta IPA 5. La segunda sección se basa en solo visualizar la planta IPA5, con el fin de observar con más detalle los estados de los sensores y actuadores. Y por último la sección de la banda transportadora, en este se podrá observa la posición de los pallets con los sixpack.

Si bien las topologías que sobre las que se sustentan los sistemas Scada se han adecuado a los servicios de los sistemas operativos y protocolos actuales, las funciones de adquisición de datos y supervisión no han variado mucho respecto a las que proponían en sus inicios. [12]

Esquemáticamente, un sistema Scada conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes:



Figura 3.37: Secuencia de procesos automatizados.

En algunas veces se puede realizar un control automático, pero se deberá de tener en cuenta que su implementación en ciertas condiciones no es la más efectiva, ya que, si se trata de hacer enlaces a largas distancias se corre el riesgo de perder información y que el proceso caiga en cualquier momento, esto explica el por qué ahora la industria favorece a los sistemas de control distribuido, y con la ayuda de sistemas Scada hacen que el proceso sea más eficiente y amigable a la misma vez. Con el fin de aprovechar esta ventaja de este tipo de sistemas, se desarrolló el Scada en este proyecto, siguiendo el esquema de la figura 3.37.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el transcurso del proyecto, así mismo la solución de la problemática planteada en el capítulo 1, con el fin de sintetizar el resultado final, se ha dividido en ítems, donde se detallan cada punto descrito en el alcance del proyecto, donde se involucra la comunicación de los diferentes equipos que forman parte de la planta IMS11, el control secuencial y el Scada del proceso, el diseño en 3D de la planta y finalmente la construcción del tablero didáctico de control.

4.1 Análisis comparativo

4.1.1 Comunicación de dispositivos

La comunicación entre los dispositivos involucrados en el proceso, se lo realizo mediante los protocolos; Profibus DP, utilizado para comunicarse con la tarjeta esclavo Profibus y el protocolo Profinet, este se utilizó para comunicar el HMI con el PLC.

La comunicación entre los dispositivos, es la coherencia de los parámetros de conexión, en el caso del protocolo Profinet, parte fundamental es que los dispositivos estén conectados en la misma sub-red, es decir, que ambos compartan los atributos de la red, como por ejemplo la dirección IP y la máscara.

Para hacer uso de la tarjeta esclavo Profibus, se tuvo que agregar el módulo de I/O (entrada-salida), hay que tener en cuenta que este dispositivo no pertenece a la familia de módulos I/O de Siemens, por lo que se tendrá que instalar el Driver del fabricante, en este caso el de Lucas-Nülle. Tomando en consideración que al igual que cualquier otro módulo que se agregue al PLC, este ocupa parte de la memoria del controlador, por lo que se tuvo que tomar las debidas precauciones para designar las direcciones de memoria del esclavo Profibus, con el fin de

no provocar un conflicto de uso de memoria, al momento de compilar el programa.

A continuación, se comprueba la comunicación de los dispositivos, donde se puede visualizar el estado de la conectividad con las diferentes interfaces del proceso. Véase en la figura 4.1.

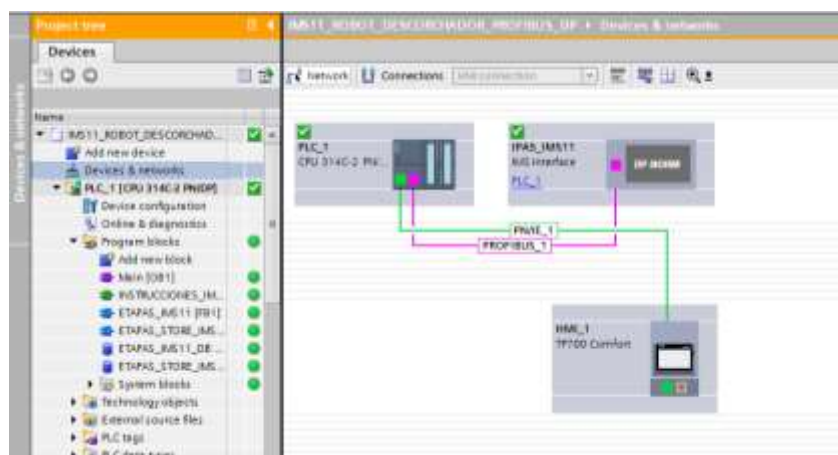


Figura 4.1: Prueba de comunicación de dispositivos.

El HMI, utilizado para el desarrollo del Scada, también posee una interfaz MPI/DP, por lo que también se puede realizar la comunicación por medio de Profibus DP, donde se podría tener solo una red dispositivos con un solo protocolo, pero dado la dinámica de la planta y con el propósito de utilizar todos los recursos que posee el laboratorio como tal, se realiza una comunicación mixta.

4.1.2 Control Secuencial

La planta IPA 26, cuenta con la programación original con la que la planta fue instalada en el año de la adquisición de la misma. La programación está realizada en lenguaje de bloques, la misma que se encuentra totalmente integrada, lo que limitaba el uso individual de las diferentes plantas.

El control secuencial desarrollado para el presente proyecto fue desarrollado en lenguaje de bloques, pero basado en el diagrama lógico de Grafcet. Como se explicó en el capítulo 3, se deberá de seleccionar

el lenguaje FUP, y utilizando la lógica de programación ya explicada anteriormente, se procedió a la prueba de las secuencias del proceso, previo a esto se carga el programa en PLC y en HMI.

A continuación, se presenta el estado del proceso, colocando el programa en modo Online para monitorear el proceso desde la PC. Véase en la figura 4.2.

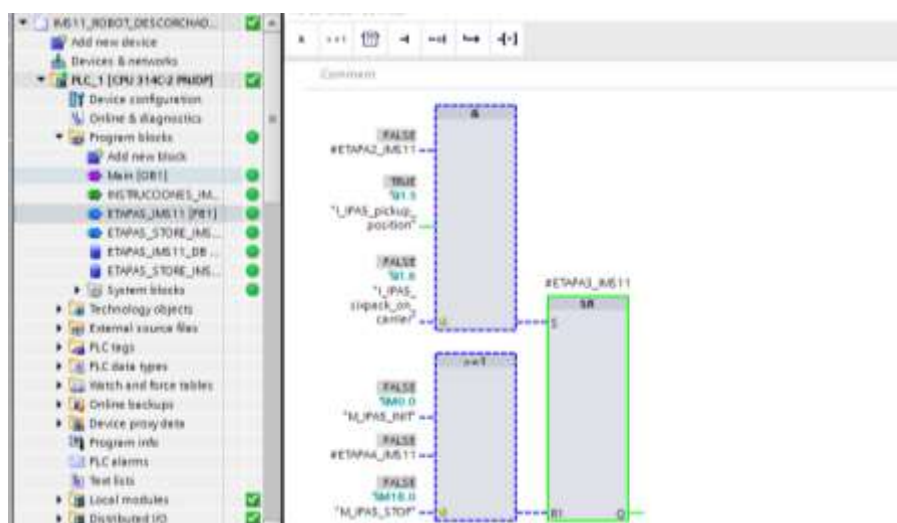


Figura 4.2: Monitorización de las etapas del proceso modo Online.

Para la verificación de salidas que se ejecutan en cada estado, del mismo modo que se realiza la monitorización del estado de las etapas, se tendrá que realizar la conexión en modo Online.

En la figura 4.3, se tiene la salida de la señal de petición de acción del robot, donde el robot deberá de tomar el sixpack para ser trasladado hacia el IPA5, para proceder con el descorchado. Todas las señales de interacción entre el PLC y el robot son digitales por el motivo de que solo se está utilizando una cooperación sensorial de posición y no señales análogas que indiquen niveles o presión, pero en el caso que más adelante se desee implementar un control PI o PID se tendrá que verificar los pines de salidas del robot donde pueda enviar la señal análoga que se necesite.

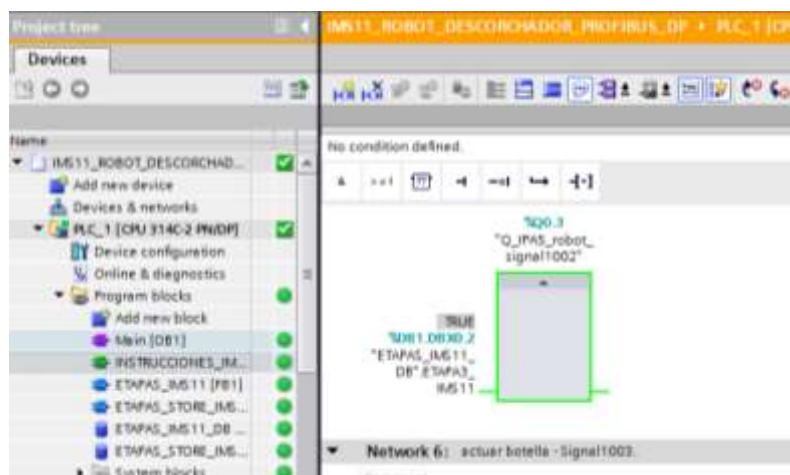


Figura 4.3: Monitorización de salidas del proceso modo Online.

A continuación, se muestra el proceso cuando la señal se activa, véase en la figura 4.3, siempre y cuando este en la etapa 3. Véase en la figura 4.4.



Figura 4.4: Posición de agarre del proceso, temporizado.

La posición en la que se encuentra el robot, véase en la figura 4.4, presentaba ciertas dificultades de coordinación entre el robot y el PLC, ya que la programación inicial para llegar a dicha posición era temporizada, por lo que se optó por utilizar los sensores de posición magnéticos y el sensor capacitivo, que a la misma vez que valida el estado del pallet y la presencia de botellas, permite el paro de la banda al momento que estos sensores se activan, permitiendo una mayor precisión al momento que el robot tome el sixpack. Véase en la figura 4.5.



Figura 4.5: Posición de agarre del proceso, posición de parada.

El “Main” del programa final del proceso consta de los siguientes bloques, los cuales son habilitados al momento que el PLC es energizado, la validación del proceso es realizada dentro del bloque de ETAPAS_IMS11, por lo que no es necesario validar en el Main (véase en el capítulo 3). A continuación, se muestra el Main, en el momento que el proceso se encuentra ejecutando una salida, véase en la figura 4.6.

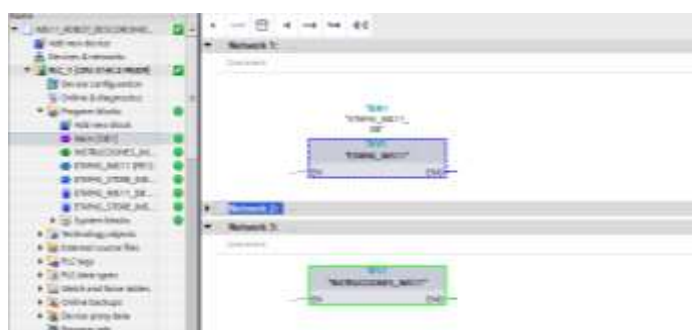


Figura 4.6: Main principal del programa.

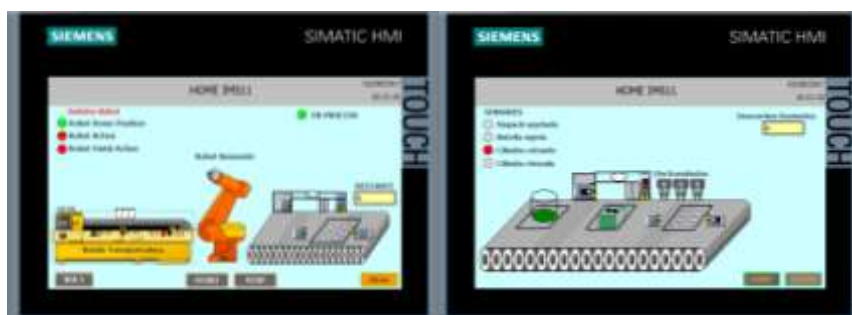
Al realizar un programa individual de la planta, se está aprovechando todos los recursos que brinda la planta, ya que se pueden estudiar los sub-procesos por separado, siendo este un aporte significativo al laboratorio donde los estudiantes podrán ejecutar una tarea dedicada, donde se podrán sacar conclusiones de la integración del proceso de descorchado con la manipulación robótica.

Un punto que hay que recalcar, es que, el programa que se ha desarrollado puede ser modificado con el fin de darle una mayor dinámica al proceso, ya que no solo se puede realizar el proceso de forma física, sino también virtual (simulación). Así mismo, las señales enviadas y receptadas por el robot pueden ser sustituidas por entradas y salidas físicas del PLC, simulando el trabajo del robot, en el caso que el robot no esté dispuesto en el proceso.

4.1.3 Scada del proceso

El sistema Scada que utiliza la planta IPA 26, carece de detalles, ya que solo se puede ingresar ciertos parámetros para el proceso, y como ya se mencionó anteriormente, no se cuenta con procesos individuales, así que, partiendo de esta necesidad, se procedió al desarrollo del Scada de la planta IMS11.

Para realizar el Scada del proceso, se seleccionó las variables y marcas, concernientes al mismo. Para tener un esquema lo más real de la planta se realizó un diseño mediante gráficos, los cuales están enlazados a los Tags de la tabla de variables del PLC. Los sensores y actuadores, se podrán visualizar, donde el operador de la planta pueda observar el estado de dichos dispositivos. Véase en la figura 4.7.



a) IMS11

b) IPA5

Figura 4.7: Scada del proceso de descorchado.

En la figura 4.7 a) se muestra el proceso de descorchado en forma conjunta con todos los elementos que componen la planta IMS11, donde se pueden observar la interacción entre el robot y la planta IPA5.

En la figura 4.7 b) se muestra solamente la planta IPA5, con el fin de visualizar solamente lo que está pasando en la planta, así mismo se tienen indicadores los cuales muestran los estados de las señales que se envían y se reciben del robot.

Se debe de tener en cuenta que el Scada muestra los estados de las señales con un retardo de 100ms, que al ojo humano es casi imperceptible, pero muy importante en el proceso, tomando en cuenta esto se colocó ciertos retardos al momento de pasar de etapa a etapa.

4.1.4 Tablero de control

Para tener una mayor accesibilidad a las diferentes plantas, se tiene que utilizar el tablero didáctico de control que posee la planta originalmente, esto obstaculiza el uso de otra planta ya que solo se puede operar una planta a la vez, por lo que significa una limitación.

El tablero desarrollado en este proyecto, permite usar más de una planta a la vez, donde se aumenta la disponibilidad de los distintos procesos, donde se pueden estudiar de forma dedicada y al mismo tiempo si se desea, utilizando dos PLC, el mismo que puede servir para comunicación de Maestro-Esclavo entre distintas plantas, con lo que se potencializa la planta actual.

El tablero didáctico de control, que se muestra en la figura 4.8, es una réplica bastante aproximada al que trae la planta IPA26, donde se utiliza el mismo esquema de trabajo, el diseño del tablero puede ser adaptado a cualquier controlador (PLC), ya que la disposición de las tarjetas de I/O e interface de comunicación, posee el estándar de conexión (terminal tipo bornera).



Figura 4.8: Tablero de control.

A continuación, se presentan los materiales y elementos usados para la fabricación del tablero, donde se incluirán los precios tanto de los componentes como el de la mano de obra (construcción del gabinete).

4.2 Problemáticas y Soluciones

A lo largo del desarrollo del proceso secuencial del descorchado de botellas se presentaron una serie de inconvenientes relacionados con el brazo robótico.

4.2.1 Brazo robótico

Como se mencionó en capítulo 2, el robot cuenta con un Teach Pendant, el cual permite el control directo de cada una de las articulaciones del robot, a través de este dispositivo de control el robot puede aprender las diferentes poses necesarias para la creación de trayectorias que formen parte del proceso, los mismos que fueron incorporados en el programa con sus respectivas coordenadas (X Y Z O A T). En el modo de aprendizaje fueron captados diferentes puntos del proceso, los cuales al tratar de ejecutarse con los diferentes comandos de control en lenguaje AS del controlador ocasionaron una serie de errores concernientes a: singularidades, colisión (ver figura 4.10) y sobre esfuerzos en juntas; para solucionar este inconveniente se buscó cambiar e introducir poses que conformaran la trayectoria,

haciendo más suave el movimiento del brazo robótico de un punto a otro.



Figura 4.9: Colisión entre del brazo robótico por puntos inadecuados

Durante el proceso puntual de selección de coordenadas para el traslado individual de las botellas hacia el IPA5, se suscitó el inconveniente de que en modo aprendizaje las mismas coordenadas que eran tomadas y programadas en el controlador en lenguaje AS, al ser ejecutadas por el brazo robótico no llegaba al mismo lugar al que fue programado desviándose alrededor 2mm de la original de manera aleatoria en el eje X tal como se muestra en la figura 4.11 , dado a la semejanza con el percance anterior, se decidió cambiar estos puntos, fueron tomados alrededor 6 puntos por cada botella para tratar de llegar a la coordenada que no se desviara al ser ejecutada con el controlador, pero todas fallaron, por lo que la manipulación individual de las botellas aún no es exitosa, las principales causas de este problema pudieran ser por: repetitividad, variación de la referencia por el movimiento de la planta durante el proceso o problemas mecánicos del brazo robótico.

La primera opción fue descartada dado a que la repetitividad, la cual es la capacidad del autómatas para llegar al mismo punto n veces, es de $\pm 0.02\text{mm}$, lo cual dista mucha de la variación principal de 2mm. Respecto a la segunda opción, fue descartada dado que se procuró durante varias corridas mantener fijo el IPA5 durante el proceso, para

evitar así que varíen las referencias tomadas al principio, pero pese a ello la manipulación no fue exitosa. La tercera opción podría ser la más acertada por lo que se tratará de probar esta hipótesis.



Figura 4.10: Desviación del punto final.

El brazo robótico usado para el procedimiento necesita de presión suministrado por un compresor para poder moverse y ejercer la parte de fuerza dentro del proceso; el descuido del nivel de presión afectó la continuidad del proceso de descorchado por lo que se trató de mantener el nivel por encima de $\frac{1}{2}$ bar, para el correcto funcionamiento del brazo.

Otro inconveniente que suscitó fue debido a que el mismo brazo robótico era usado por diferentes grupos de estudiantes, los cuales, en su proceso de aprendizaje, no medían los sobreesfuerzos inducidos en la manipulación del mismo a alta velocidad, acarreando consigo malas prácticas, problemas en cuanto calibración y localización de los demás elementos de la IMS11. Por lo que se procuró verificar los parámetros tales como: base inicial, posición de "HOME", velocidad, etcétera, previo manejo del mismo, para evitar así desviaciones de las poses requeridas en la programación.

4.2.2 Comunicación Esclavo Profibus DP

Unos de los inconvenientes más comunes en un proyecto donde se involucran dispositivos de diferentes fabricantes es la comunicación. La comunicación entre el PLC y la planta se la efectúa por medio de Profibus, en el caso de la IMS 11, posee una sola tarjeta, por lo que el espacio de trabajo se reducía, por lo que se utilizó las 6 tarjetas esclavo.

El inconveniente principal surgió al utilizar el esclavo que pertenece a la planta IMS 8 (Almacenamiento Final), en el transcurso del proyecto no se efectuó la comunicación, por lo que, se la dejó fuera del proceso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La comunicación de dispositivos de control como PLC y controladores como el que posee el Robot Kawasaki permite que los procesos que se ejecuten sobre este tipo de sistemas sean mucho más eficientes, con referencia a otros tipos de robot, donde solo sirven como actuadores y no como controladores. Por lo que al realizar un control secuencial individual para cada planta, en este caso IMS 11, se aprovecha todas las características de la IPA 26. Así mismo el desarrollo de un sistema SCADA, permite que los estudiantes tengan una mejor perspectiva de lo que está ocurriendo en el proceso.

Al automatizar el control de descorchado se logró tener mayor precisión y seguridad al momento de efectuar el descorchado de las botellas. En este caso la planta queda en capacidad de comunicarse con las demás plantas, ya que la programación efectuada, se la realizó con fines didácticas y predispuesto para la integración de otra planta al proceso de descorchado. Así mismo se verificó que los comandos que las acciones que ejecuta el robot, tengan un nivel de seguridad muy alto, también en su precisión al ejecutar instrucciones muy complejas en espacios sumamente reducidos. Adicionalmente el tablero didáctico diseñado e implementado, ayuda a los estudiantes a aprovechar la planta IPA 26, ya que se podrán realizar procesos en paralelos, con el fin de realizar una red esclavo-maestro, que es lo que actualmente en la industria se maneja los procesos.

Se comprobó la fiabilidad de los diferentes tipos de protocolos que la planta IMS11 puede manejar, donde el protocolo Profibus DP, es ampliamente usado a niveles de actuados y sensores, a diferencia del protocolo Profinet, el cual se lo suele utilizar para manejo de información en niveles de gestión. Así mismo, se verificó la eficiencia de conectar los dispositivos, empleado conexión Point-to-Point, esta comunicación presenta desventajas con respecto a los dos protocolos antes mencionados, ya sea por las distancias o las condiciones de donde se coloque los instrumentos y dispositivos del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kawasaki Heavy Industries, Ltd. "11. Sample Programs" en el as Language Reference Manual, 2nd ed. Kawasaki heavy Industries, Ltd., 2010, pg. 452, 90209-1022deb.
- [2] Kawasaki Heavy Industries, Ltd. RS003N Robot [Online]. Disponible en <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS003N/>
- [3] Kawasaki Heavy Industries, LTD. "1. Overview of Ethernet-connected TCP/IP Communication" en el Kawasaki Robot Controller E Series TCP/IP Communication Manual, 2nd ed. Kawasaki Heavy Industries, LTD., 2013.
- [4] Kawasaki Heavy Industries, LTD. "1.2 Characteristics of the as system" en el as language reference manual, 2nd ed. Kawasaki Heavy Industries, Ltd., 2010, pg. 2-13, 90209-1022deb.
- [5] Lucas-Nülle. Curva de 180 grados para segmento de cinta transportadora [Online]. Disponible en: <https://www.lucas-nuelle.es/2274/pid/2260/apg/1496/Curva-de-180-gradospara-segmento-de-cinta-transportadora--.htm>
- [6] Lucas-Nülle. Segmento de cinta transportadora doble de 24V [Online]. Disponible en: <https://www.lucas-nuelle.es/2274/pid/2190/apg/1468/Segmento-de-cinta-transportadora-doble-de-24V---.htm>
- [7] Lucas-Nülle. PROFIBUS DP Slave [Online]. Disponible en: <https://www.lucas-nuelle.es/2281/pid/15384/apg/8022/PROFIBUS-DP-Slave-----.htm>
- [8] Siemens AG. SIMATIC S7-300 Proven multiple times! [Online]. Disponible en: <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/pages/default.aspx>
- [9] Siemens AG. TIA PORTAL [Online]. Disponible en: http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Tia-Portal/tia_portal/Pages/TIA-Portal.aspx

[10] 3DCadPortal. SolidWorks [Online]. Disponible en:
<http://www.3dcadportal.com/solid-works.html>

[11] Ing. Patricia Aguilera Martínez, "Programación de PLC'S," Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL, San Nicolás de los Garza, México, 2002.

[12] Luis Corrales, PhD, "Interfaces de Comunicación Industrial", Manual de inducción, Departamentos de Automatización y Control Industrial, EPN, Quito, Ecuador, 2007.

ANEXOS

ANEXO 1. PROGRAMACIÓN PLC S7-300

a) Secuencias e Instrucciones del Proceso

| | |
|--|--|
| Condición de transición de la etapa 2 a etapa 14. | Se verifica que el pallet este presente ("I_IPA5_pickup_position=1") en el punto de inicio y que no se encuentre el sixpack completo ("I_IPA5_sixpack_on_carrier=0"). |
| Instrucción en etapa 14. | Se activa la marca de Ningún sixpack sujetado ("M_IPA5_no_sixpack=1"), esta señal será procesada en el HMI, donde el operador podrá observar que ningún sixpack fue sujetado. |
| Condición de transición de la etapa 13 a etapa 1. | Se verifica el sensor de posición ("I_IPA5_IR=1"), dado que es el indicador de que el sixpack ha sido descorchado por completo. |
| Instrucción en etapa 1. | Se activa una marca que es enviada al HMI, donde se solicita que el robot sea colocado en la posición de inicio ("M_IPA5_robot_home_position=1"). |
| Condición de transición de la etapa 1 a etapa 2. | Para dar inicio del proceso se deberá presionar el botón de START ("M_IPA5_START=1") colocado en el HMI, cuando el robot ya sea colocado en la posición de inicio, el robot envía la señal de Home Position ("I_IPA5_robot_signal5=1"), así mismo se debe verificar que no haiga ningún sixpack sujetado en el IPA5 ("I_IPA5_bottle_not_fixed=0"), que el cilindro de elevación este retraído ("I_IPA5_lift_cylinder_retracted=1"), y que el estado del contador sea igual a 0 ("C_IPA5_sixpacks_uncorked.Q=0"). |
| Instrucción en etapa 2. | Se envía a encender el motor de la banda transportadora ("Q_IPA5_QR=1"), y seleccionando la velocidad baja ("Q_IPA5_QS=1"). |
| Condición de transición de la etapa 2 a etapa 3. | Se verifica que el pallet este presente ("I_IPA5_pickup_position=1") en el punto de inicio y que se encuentre el sixpack completo y en posición ("I_IPA5_sixpack_on_carrier=1"). |
| Instrucción en etapa 3. | Se envía la señal de orden al robot, para que tome el sixpack y lo ubique en el espacio de trabajo del IPA5 ("Q_IPA5_robot_signal1002=1"). |
| Condición de transición | Se espera por la señal de respuesta del robot que |

| | |
|---|---|
| de la etapa 3 a etapa 4. | indica que la tarea que se le ordeno al robot ha sido culminada ("I_IPA5_robot_signal6=1"). |
| Instrucción en etapa 4. | Se procede a activar el cilindro de sujetar sixpack ("Q_IPA5_fix_sixpack=1"), esto con el fin de evitar que las otras botellas se muevan al momento de seleccionar cada una y llevarlas al descorchador. |
| Condición de transición de la etapa 4 a etapa 5. | Esperar el tiempo de retardo para pasar al estado 5 ("T_ETAPA5_IMS11.Q=1"), y verifica que los dos cilindros de agarre de sixpack estén extendidos ("I_IPA5_sixpack_fixed=1"). |
| Instrucción en etapa 5. | Se envía la orden de actuar cada botella ("Q_IPA5_robot_signal1003=1"). |
| Condición de transición de la etapa 5 a etapa 6. | Se espera por la señal de respuesta del robot que indica que la tarea que se le ordeno al robot ha sido culminada ("I_IPA5_robot_signal6=1"). |
| Instrucción en etapa 6. | Se activa el cilindro de agarre de botella para ser descorchada ("Q_IPA5_fix_bottle=1"), el cual cuenta con un sensor de posición de pistón. |
| Condición de transición de la etapa 6 a etapa 7. | Con el bit culminación de conteo para pasar a la etapa 7 ("T_ETAPA7_IMS11.Q=1"), y con la señal del sensor de extendido de cilindro de agarre de botella ("I_IPA5_bottle_fixed=1") se procede a pasar a la etapa 7. |
| Instrucción en etapa 7. | Se envía a activar el cilindro de elevación ("Q_IPA5_extend_lift_cylinder=1"), para proceder al descorchado, quitando la tapa de la botella, mediante la presión que ejerce el pistón al extenderse. |
| Condición de transición de la etapa 7 a etapa 8. | Se verifica que el temporizador para pasar a la etapa 8 haiga culminado el conteo ("T_ETAPA8_IMS11.Q=1"), y que el sensor de cilindro extendido, este activado ("I_IPA5_lift_cylinder_extended=1"). |
| Instrucción en etapa 8. | Se envía la señal de orden de ejecutar una orden ("Q_IPA5_robot_signal1003=1"), en este caso se pide que el robot tome la tapa de la botella descorchada y la lleve al reservorio de tapas. Así mismo de debe tener el cilindro de elevación extendido para facilitar la toma de la tapa ("Q_IPA5_extend_lift_cylinder=1"). |
| Condición de transición de la etapa 8 a etapa 9. | El robot envía la señal de que la tarea ha culminado "I_IPA5_robot_signal6=1", y además verifica que el |

| | |
|---|--|
| | cilindro de elevación siga extendido ("I_IPA5_lift_cylinder_extended=1"). |
| Instrucción en etapa 9. | Ninguna instrucción. |
| Condición de transición de la etapa 9 a etapa 10. | Se verifica que el temporizador para pasar a la etapa 9 haiga culminado el conteo ("T_ETAPA10_IMS11.Q=1"), y que el cilindro de agarre de botella se encuentre retraído ("I_IPA5_bottle_not_fixed=1"). |
| Instrucción en etapa 10. | Se envía la señal de orden de ejecutar una orden ("Q_IPA5_robot_signal1003=1"), en este caso se pide que el robot tome la botella descorchada y la lleve al reservorio de desecho para verter el líquido que contiene cada botella. |
| Condición de transición de la etapa 10 a etapa 6. | Se verifica que el contador decremental no haiga llegado a su mínimo valor ("C_IPA5_sixpack_uncorked.Q=0") y que el robot haiga culminado la tarea de vaciado del líquido de la botella descorchada ("I_IPA5_robot_signal6=1"). |
| Condición de transición de la etapa 10 a etapa 11. | Cuando el ciclo de descorchado del sixpack haiga culminado el robot enviara la señal de botellas descorchadas lista para ser colocadas en la banda nuevamente ("I_IPA5_robot_signal7=1"), así mismo se verifica que el contador haiga alcanzado el 0 yaqué significaría que hizo el descorche del sixpack completamente ("C_IPA5_sixpack_uncorked.Q=1"). |
| Instrucción en etapa 11. | Ninguna instrucción. |
| Condición de transición de la etapa 11 a etapa 12. | Se espera que el contador para pasar a la etapa 12 culmine ("T_ETAPA12_IMS11.Q=1"). |
| Instrucción en etapa 12. | Se le indica al robot que tome el sixpack y lo coloque en la banda transportadora ("Q_IPA5_robot_signal1006=1"). |
| Condición de transición de la etapa 12 a etapa 13. | Se verifica que el robot se coloque en posición home ("I_IPA5_robot_signal5=1") o que el temporizador para pasar a la etapa 13 culmine ("T_ETAPA13_IMS11.Q=1"). |

Tabla 3: Condiciones de transición e instrucciones de etapas.

La primera parte del diagrama lógico realizado, se enfoca en realizar verificaciones de señales, tales como I_IPA5_robot_signal5; esta señal es enviada desde el controlador del robot, que indica que el brazo está en posición "Home" (posición de espera de proceso), normalmente esta señal está en nivel lógico 0. Las señales más importantes en el proceso son las de presencia de pallets y estado de la carga (si las botellas están con líquido sobre el pallet), "I_IPA5_pickup_position" y "I_IPA5_sixpack_on_carrier", correspondientemente.

En base al proceso descrito en la Tabla 1, se procede a desarrollar el diagrama lógico del proceso, véase en la figura 3.1-3.2-3.3.

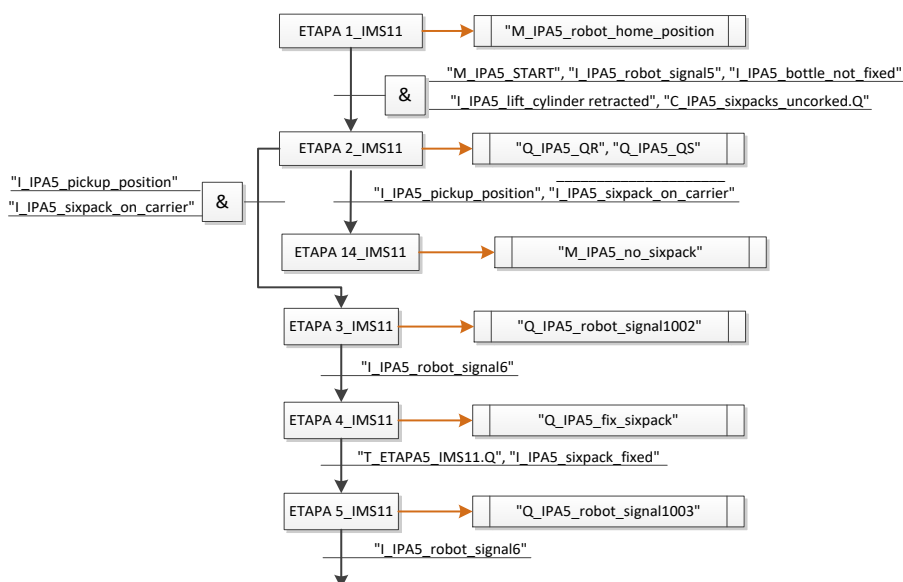


Figura 1: Diagrama Lógico de accesibilidad al proceso.

La primera parte del diagrama lógico realizado, se enfoca en realizar verificaciones de señales, tales como I_IPA5_robot_signal5; esta señal es enviada desde el controlador del robot, que indica que el brazo está en posición "Home" (posición de espera de proceso), normalmente esta señal está en nivel lógico 0. Las señales más importantes en el proceso son las de presencia de pallets y estado de la carga (si las botellas están con líquido sobre el pallet), "I_IPA5_pickup_position" y "I_IPA5_sixpack_on_carrier", correspondientemente.

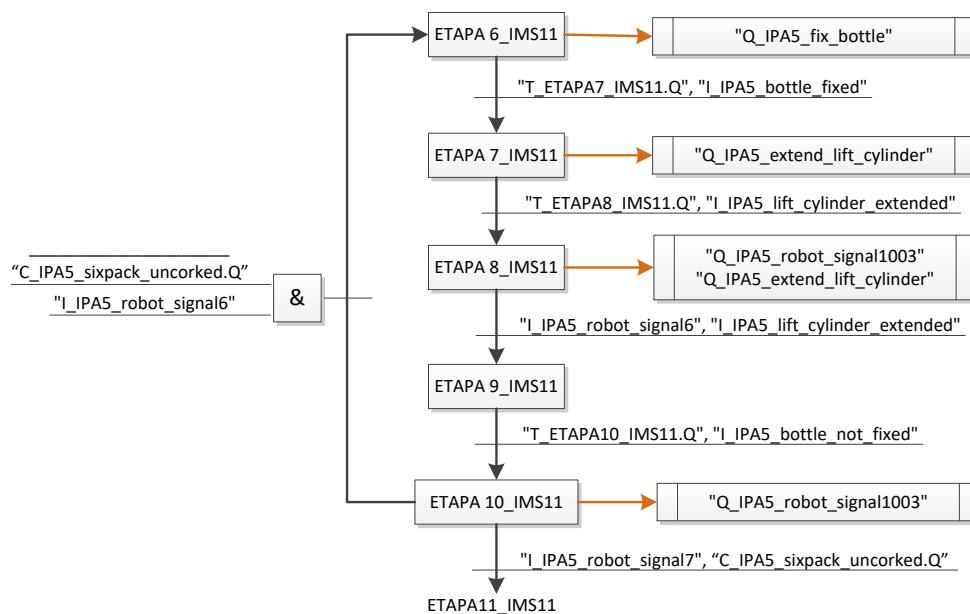


Figura 2: Diagrama Lógico, loop del proceso.

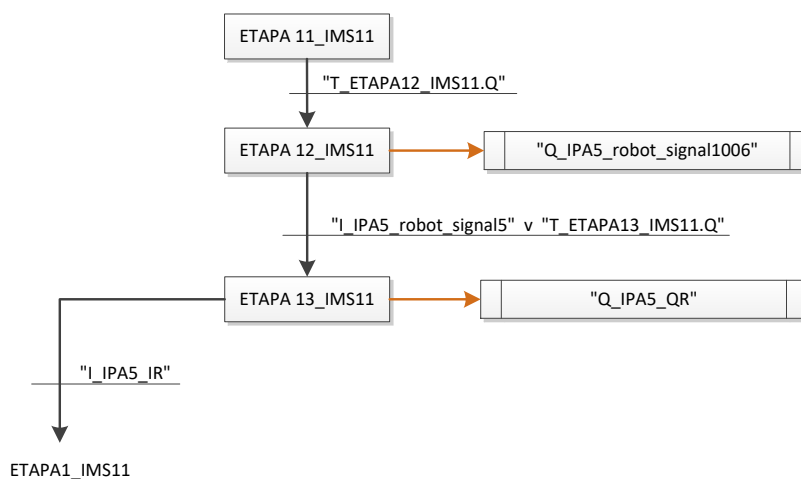
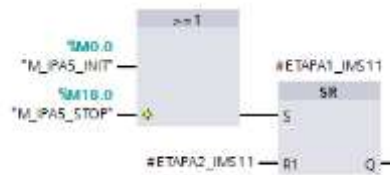


Figura 3: Diagrama Lógico, salida del proceso.

b) Condiciones de Transición.

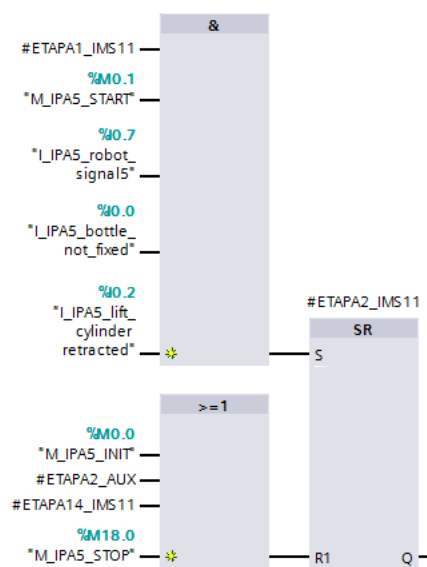
▼ Segmento 1: ETAPA 1

Comentario



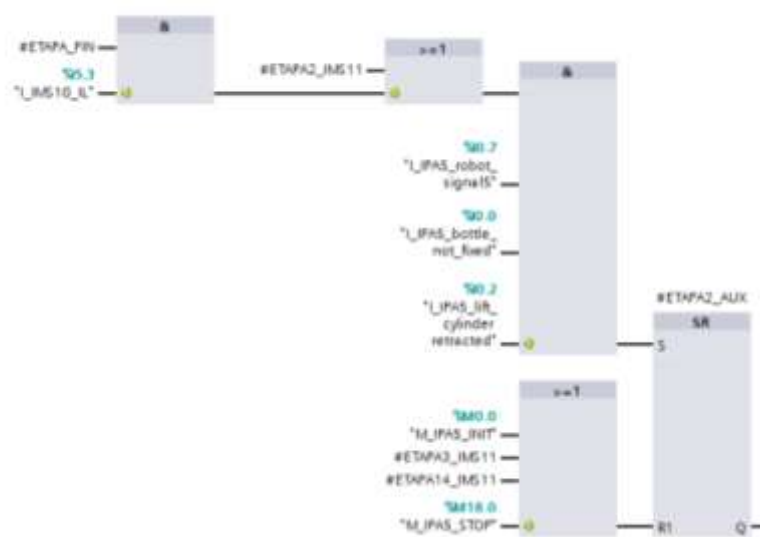
▼ Segmento 2: ETAPA 2

Comentario



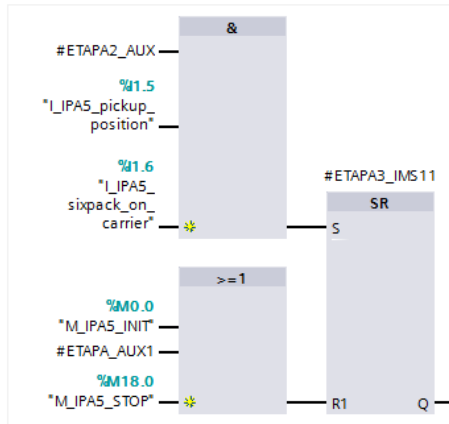
▼ Segmento 3: ETAPA PARA INICIAR O REINICIAR EL PROCESO

Comentario



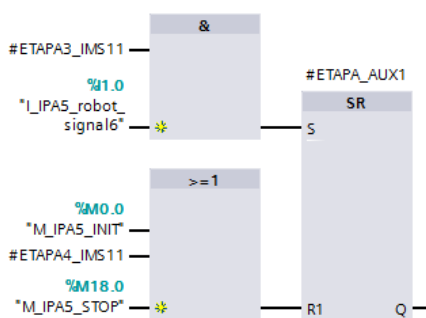
Segmento 4: ETAPA 3

Comentario



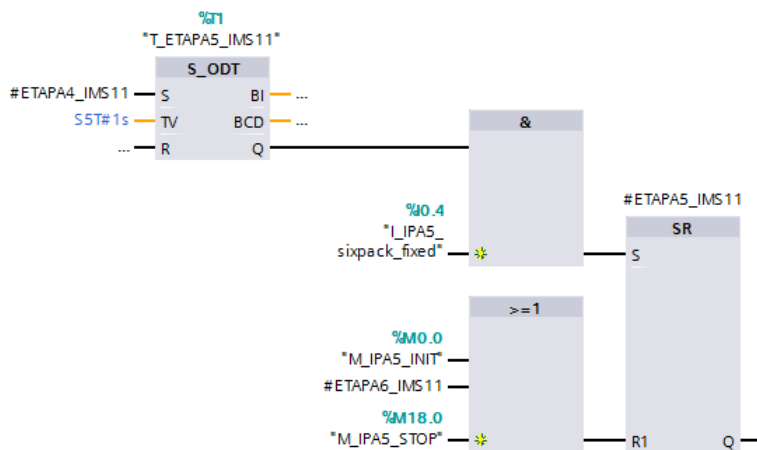
Segmento 5: ETAPA AUX 1

Comentario



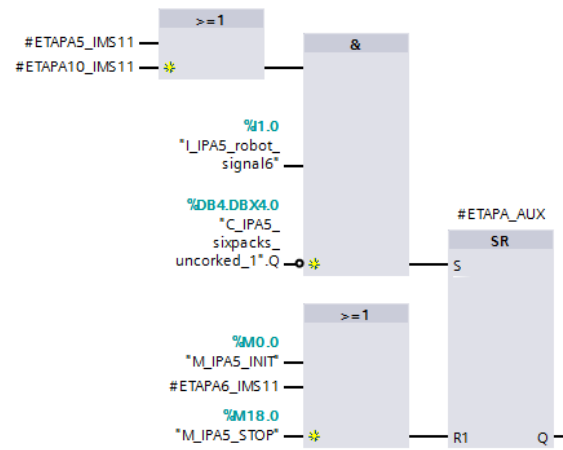
Segmento 6: ETAPA 5

Comentario



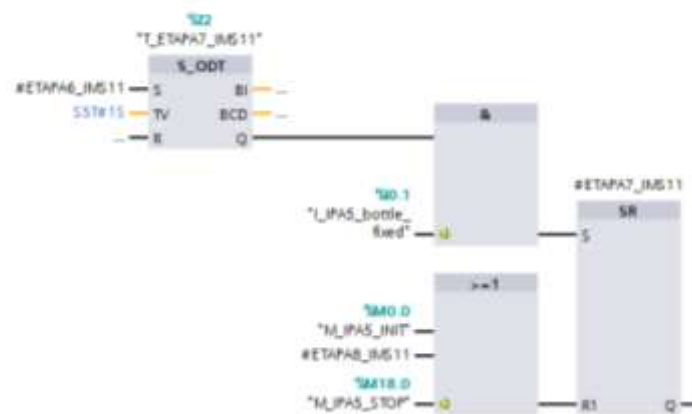
Segmento 7: ETAPA AUX

Comentario



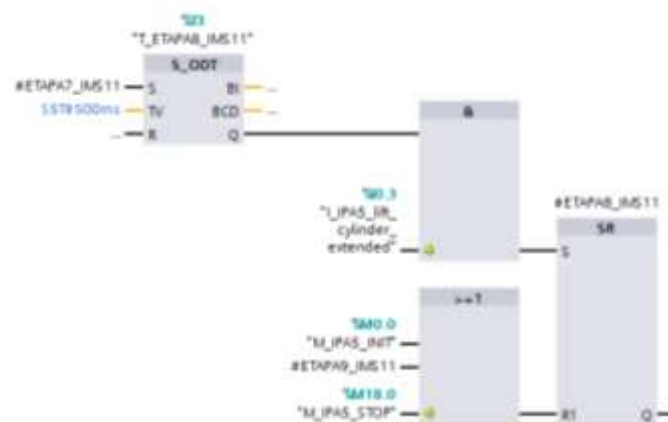
Segmento 8: ETAPA 7

Comentario



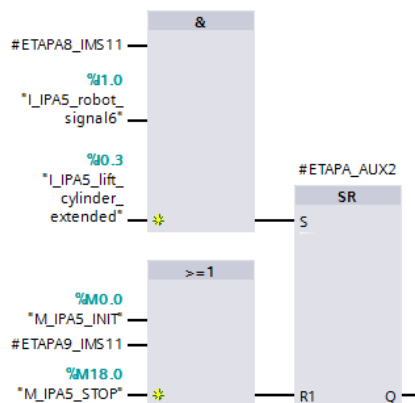
Segmento 9: ETAPA 8

Comentario



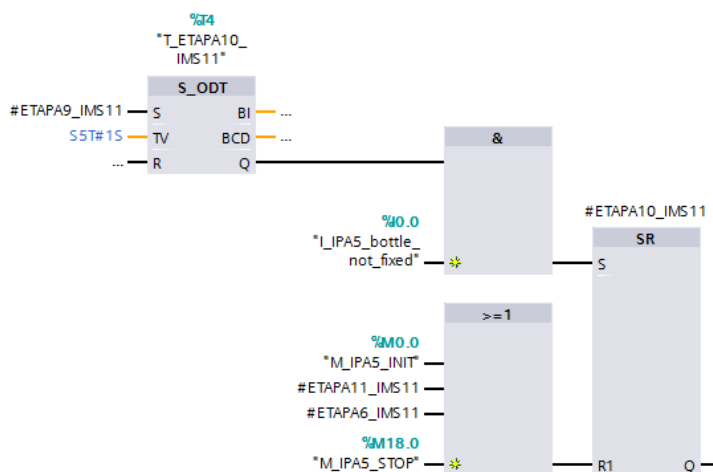
Segmento 10: ETAPA AUX 2

Comentario



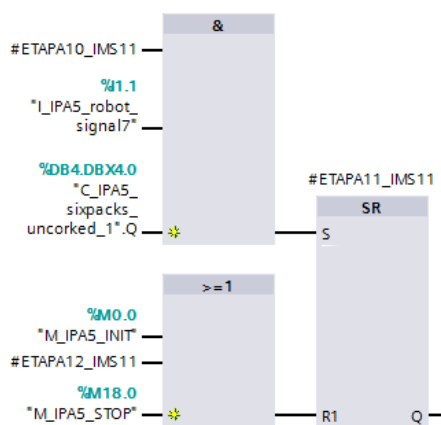
Segmento 11: ETAPA 10

Comentario



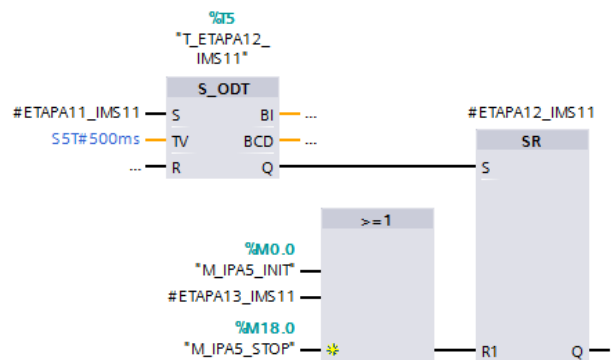
Segmento 12: ETAPA 11

Comentario



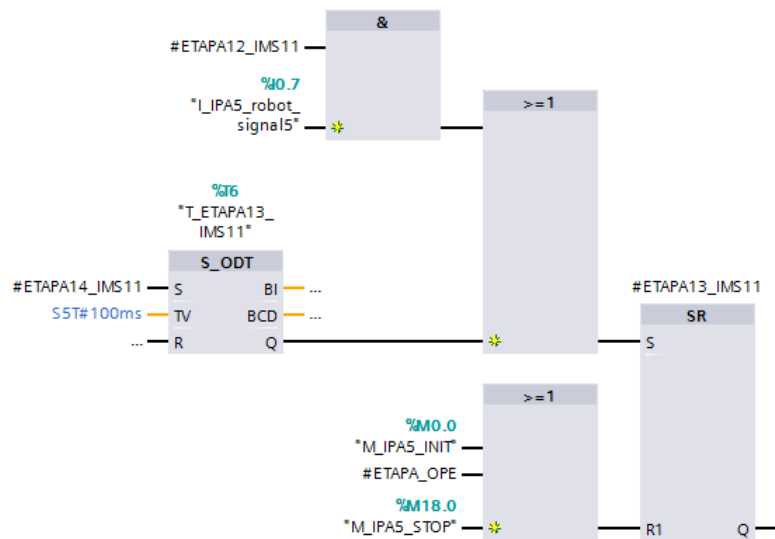
Segmento 13: ETAPA 12

Comentario



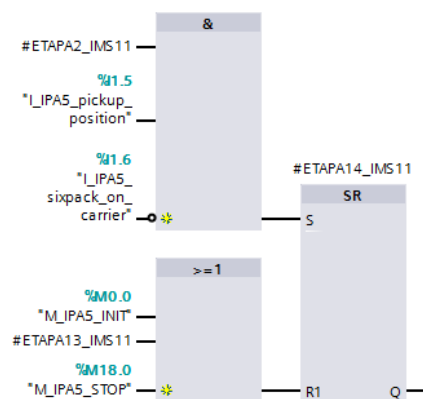
Segmento 14: ETAPA 13

Comentario



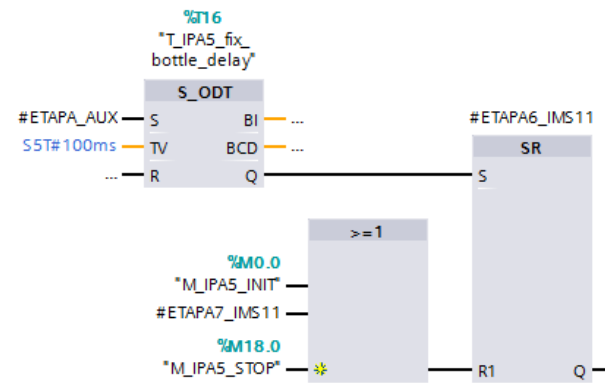
Segmento 15: ETAPA 14

Comentario



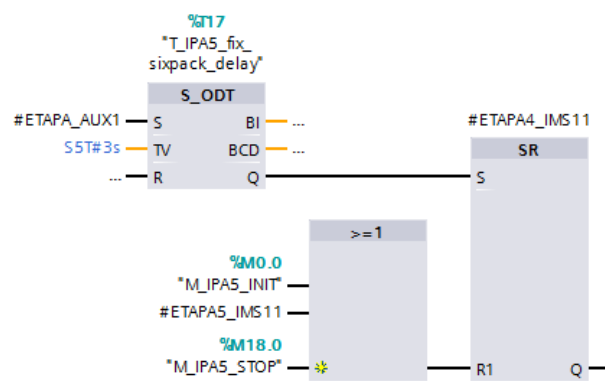
Segmento 16: ETAPA 6

Comentario



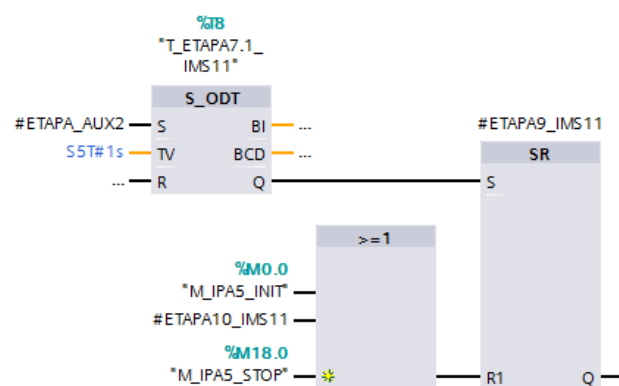
Segmento 17: ETAPA 4

Comentario



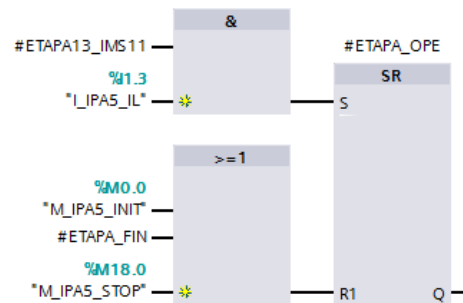
Segmento 18: ETAPA 9

Comentario



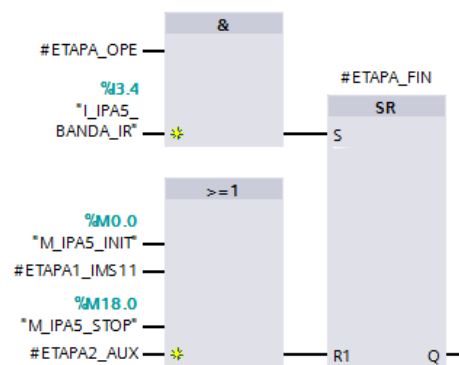
▼ Segmento 19:

Comentario



▼ Segmento 20:

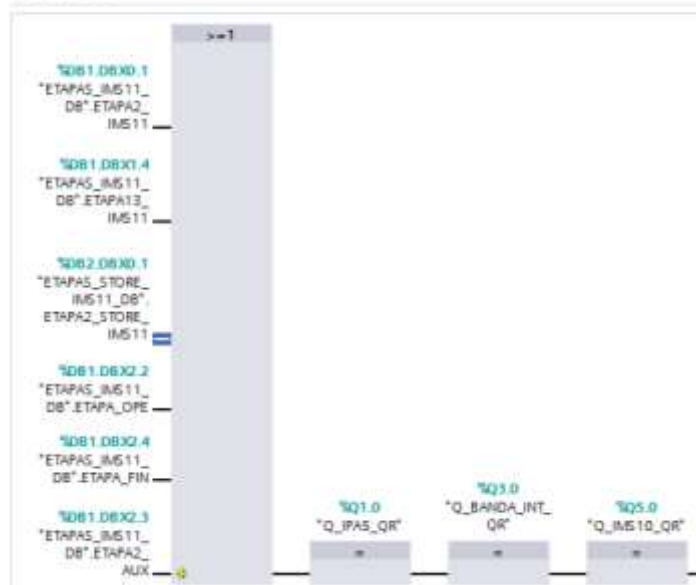
Comentario



c) Instrucciones de salida.

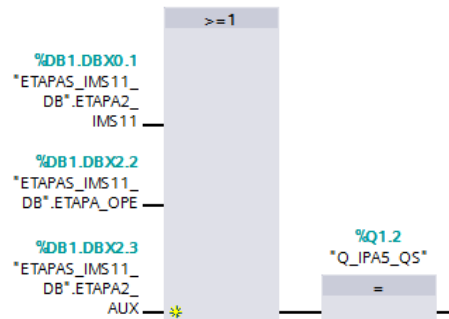
▼ Segmento 1: Banda hacia adelante.

Comentario



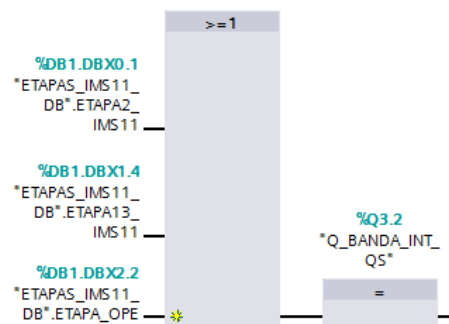
▼ **Segmento 2: Banda de marcha lenta.**

Comentario



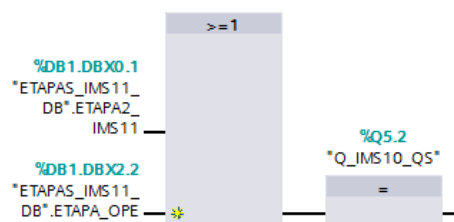
▼ **Segmento 3: Banda INTERMEDIA de marcha lenta .**

Comentario



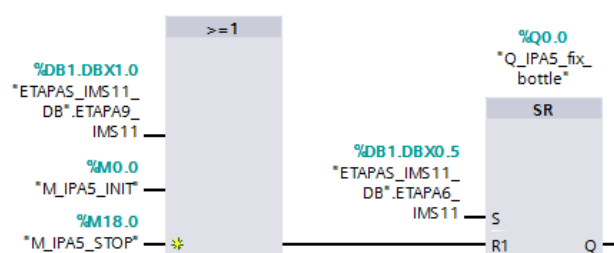
▼ **Segmento 4: Banda lms8 lenta**

Comentario



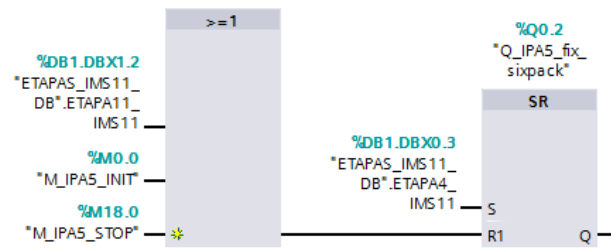
▼ **Segmento 5: Botella Q1 abrazadera.**

Comentario



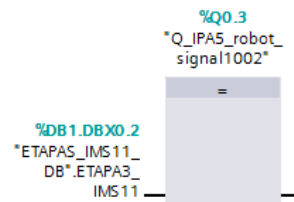
Segmento 6: portabotellas tensión.

Comentario



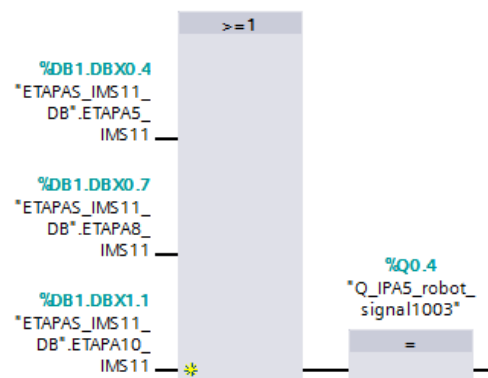
Segmento 7: Sixpack pick - Signal1002.

Comentario



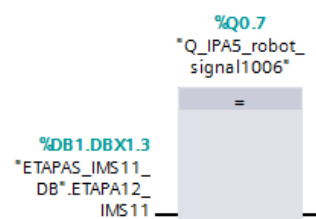
Segmento 8: actuar botella - Signal1003.

Comentario



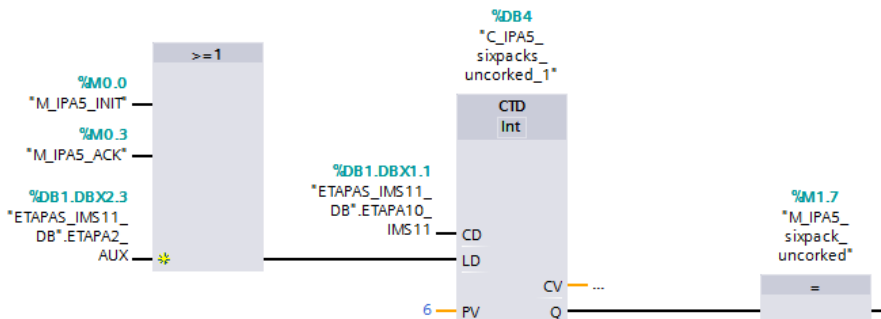
Segmento 9: Sixpack puso en la cinta - Signal1006.

Comentario



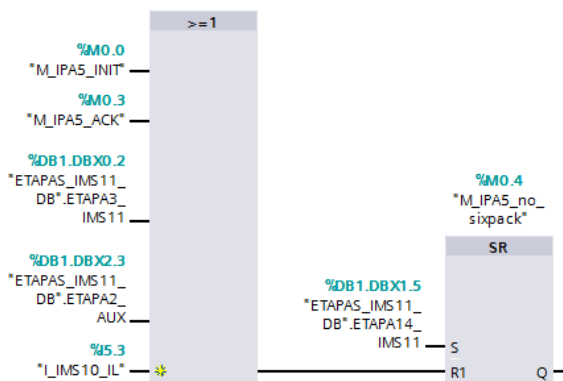
Segmento 10: Control de la cantidad entkorkter paquetes de seis.

Comentario



Segmento 11: no equipado portapiezas pantalla.

Comentario



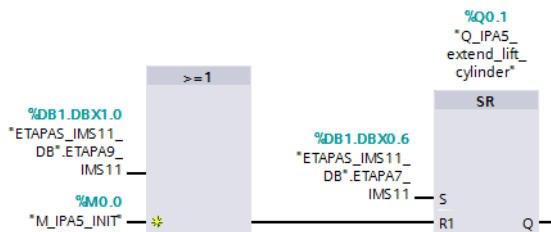
Segmento 12: Pantalla robot no en la posición básica.

Comentario



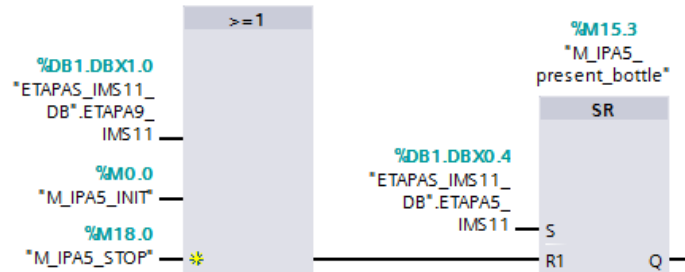
Segmento 13: Cilindro de elevación

Comentario



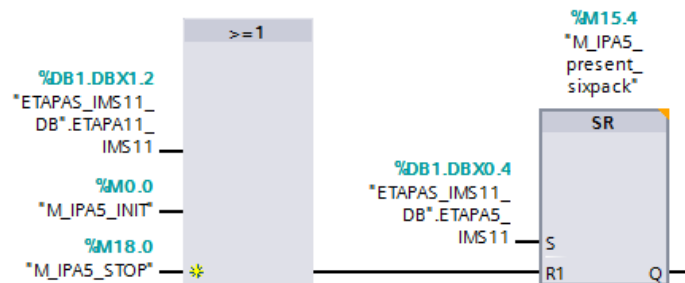
▼ **Segmento 14:** Mensaje en HMI de Botellas presente

Comentario



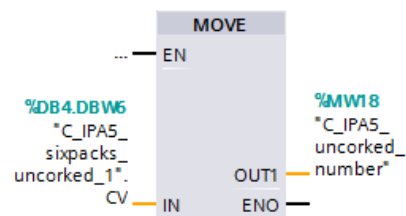
▼ **Segmento 15:** Mensaje en HMI de sixpack presente

Comentario



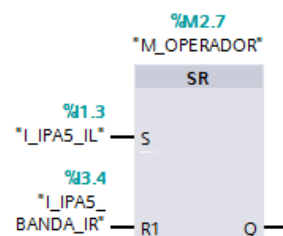
▼ **Segmento 16:** Se copia el valor del contador a una memoria para luego ser presentada en HMI

Comentario



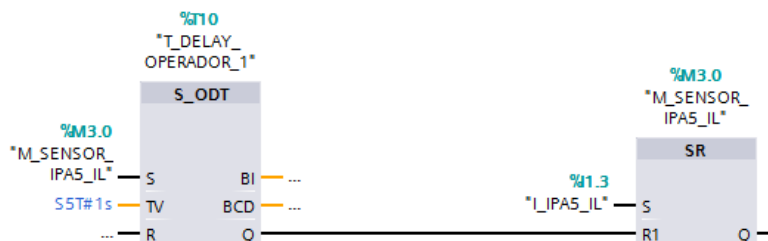
▼ **Segmento 17:** Memoria indicadora de personal en revision en HMI

Comentario



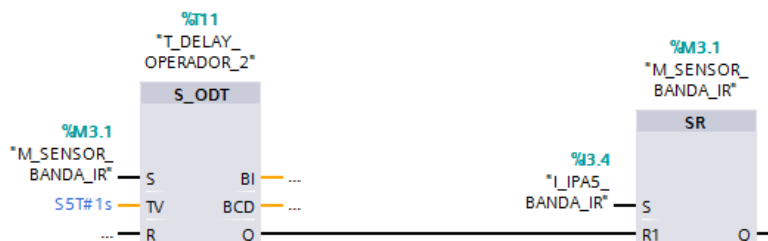
▼ **Segmento 18:** Memoria de retardo para visualización de status de sensores en HMI

Comentario



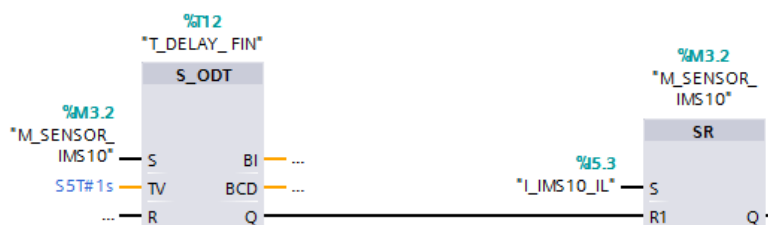
▼ **Segmento 19:** Memoria de retardo para visualización de status de sensores en HMI

Comentario



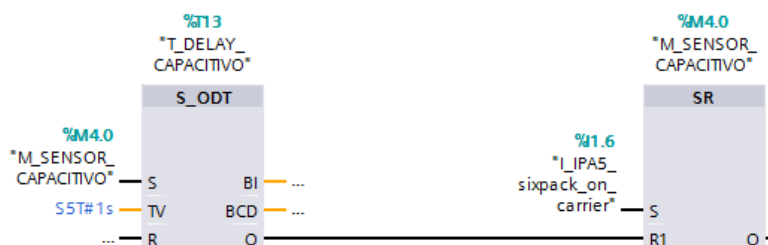
▼ **Segmento 20:** Memoria de retardo para visualización de status de sensores en HMI

Comentario

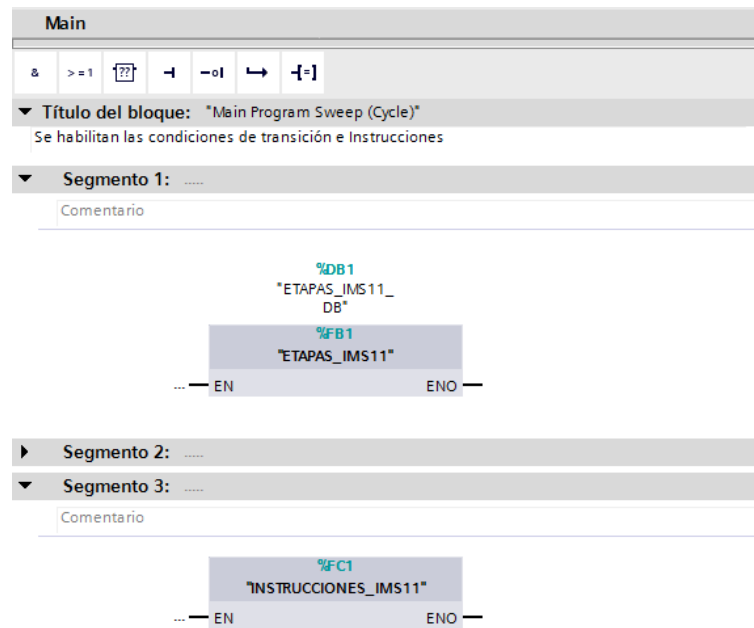


▼ **Segmento 21:** Memoria de retardo para visualización de status de sensores en HMI

Comentario



d) Main (Organización de Funciones).

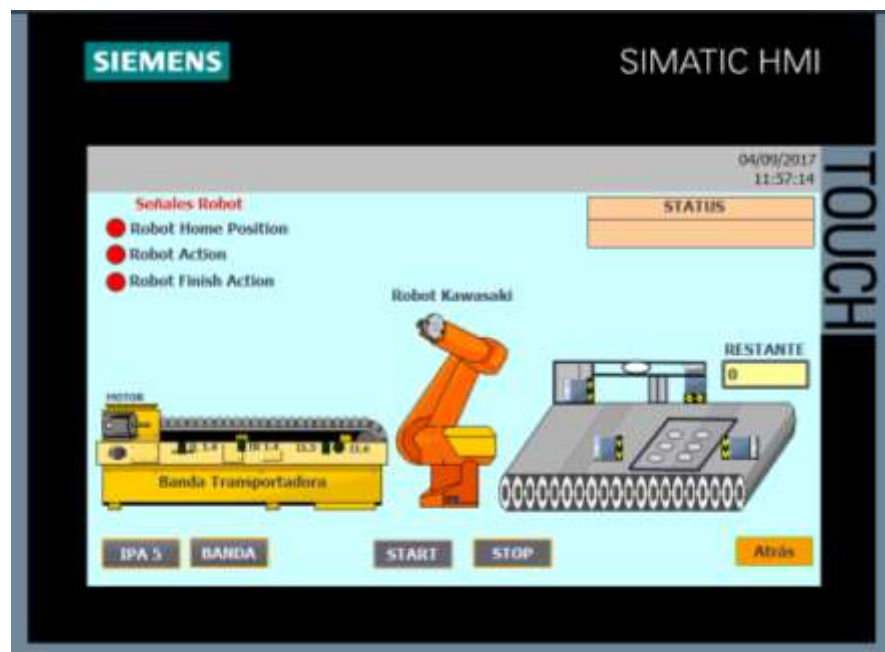


ANEXO 2. PROGRAMACIÓN TP700 HMI

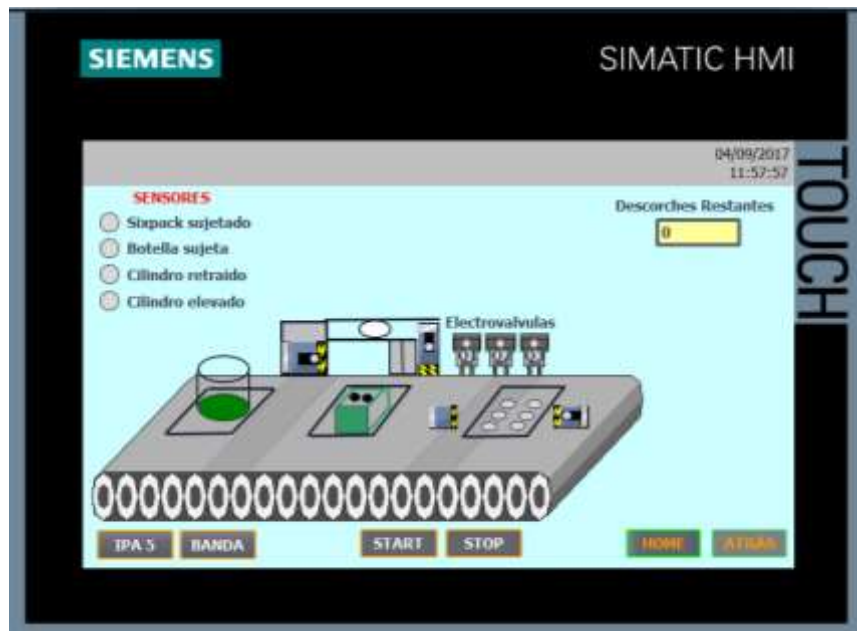
a) Ventana de Inicio



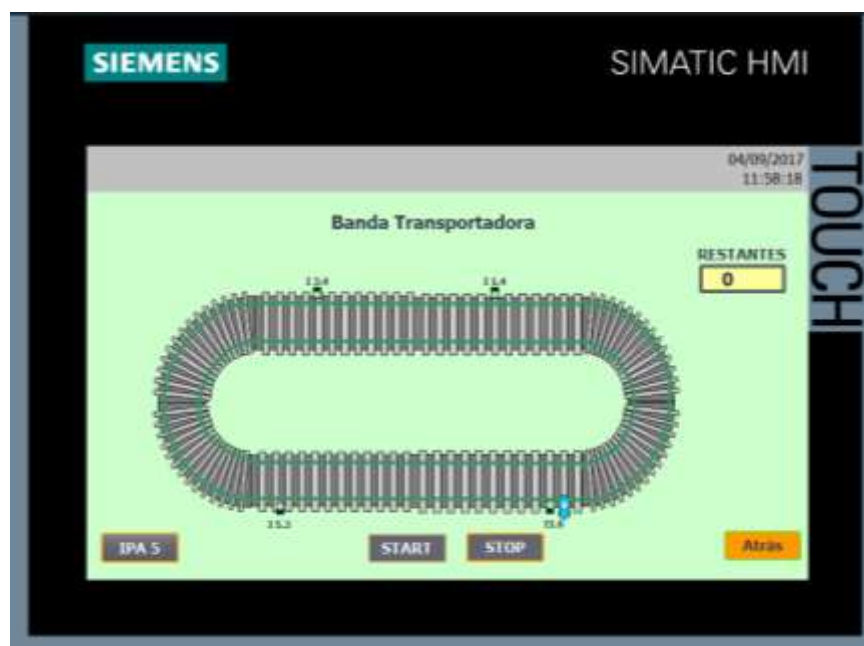
b) Ventana de Proceso IMS 11



c) Ventana de Proceso IPA 5



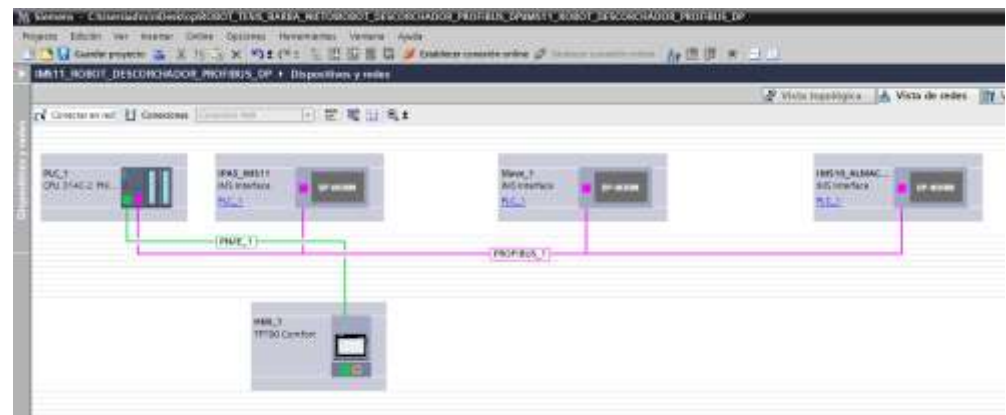
d) Ventana de Proceso Banda



e) Ventana de Información



f) Comunicación de Dispositivos



ANEXO 3. PROGRAMACIÓN ROBOT KAWASAKI

.NETCONF 192.168.47.5,"timesys-",255.255.255.128,192.168.47.1,0.0.0.0,0.0.0.0

.NETCONF2 192.168.47.2,255.255.255.128,0.0.0.0

.PROGRAM ipa26_2017_2() #0

SIGNAL -4

SIGNAL -9

SIGNAL -10

SIGNAL -11

SIGNAL -6

SIGNAL -7

SIGNAL -8

JMOVE k_oben

SIGNAL 5

flaschen = 0

reihen = 0

deckelr = 0

deckell = 0

SPEED 1

start:

IF SIG(X) GOTO kurve_zu_statio

IF SIG(Y) GOTO behalter_zu_kur

GOTO start

kurve_zu_statio:

SIGNAL -5

LMOVE k_entnahme,1

CLOSEI 2

LMOVE k_oben

JMOVE s_oben_pal

LMOVE s_sp_abgabe,-1

OPENI 2

sp_abgegeben:

LMOVE s_oben_pal

ACCURACY 1 ALWAYS

SIGNAL 6

TWAIT 0.5

SIGNAL -6

SIGNAL -8

SWAIT (1003)

flaschenentnahm:

IF flaschen==00 GOTO flasche1

IF flaschen==01 GOTO flasche2

IF flaschen==02 GOTO flasche3

IF flaschen==03 GOTO flasche4

IF flaschen==04 GOTO flasche5

IF flaschen==05 GOTO flasche6

flasche1:

OPENI 2

JMOVE s_f1_oben

SPEED 0.75

JMOVE PREV1

TWAIT 1

CLOSEI 2

SPEED 0.75

JMOVE TOMA1

TWAIT 3

SPEED 0.20

LMOVE s_f1_oben

GOTO entkorken

flasche2:

OPENI 2

JMOVE s_f2_oben

SPEED 0.75

JMOVE PREV2

TWAIT 1

CLOSEI 2
SPEED 0.75
JMOVE TOMA2
TWAIT 3
SPEED 0.20
LMOVE s_f2_oben
GOTO entkorken
flasche3:
OPENI 2
JMOVE s_f3_oben
SPEED 0.75
JMOVE PREV3
TWAIT 1
CLOSEI 2
SPEED 0.75
JMOVE TOMA3
TWAIT 3
SPEED 0.20
LMOVE s_f3_oben
GOTO entkorken
flasche4:
OPENI 2
JMOVE s_f4_oben
SPEED 0.75
JMOVE PREV4
TWAIT 1
CLOSEI 2
SPEED 0.75
JMOVE TOMA4
TWAIT 3
SPEED 0.20
LMOVE s_f4_oben

GOTO entkorken

flasche5:

OPENI 2

JMOVE s_f5_oben

SPEED 0.75

JMOVE PREV5

TWAIT 1

CLOSEI 2

SPEED 0.75

JMOVE TOMA5

TWAIT 3

SPEED 0.20

LMOVE s_f5_oben

GOTO entkorken

flasche6:

OPENI 2

JMOVE s_f6_oben

SPEED 0.75

JMOVE PREV6

TWAIT 1

CLOSEI 2

SPEED 0.75

JMOVE TOMA6

TWAIT 3

SPEED 0.20

LMOVE s_f6_oben

GOTO entkorken

entkorken:

LMOVE MBP_NS_1

JMOVE AUX1

SPEED 0.20

LMOVE SOBRE0


```
LMOVE INSERTAD00
TWAIT 3
OPENI 2
LMOVE RETIRADA
SPEED 1
SIGNAL 6
TWAIT 0.5
SIGNAL -6
SWAIT (1003)
CLOSEI 2
TWAIT 1
LMOVE s_entk_oben
IF reihen==0 GOTO deckel_rechts
IF reihen==1 GOTO deckel_links
deckel_rechts:
LMOVE deckel_rechts
IF deckelr<3 GOTO deckelr1
IF deckelr>2 GOTO deckelr2
deckel_links:
LMOVE deckel_links
IF deckell<3 GOTO deckell1
IF deckell>2 GOTO deckell2
deckelr1:
LMOVE d_rechts_1
OPENI 2
LMOVE deckel_rechts
deckelr = deckelr+1
GOTO flasche_leeren
deckelr2:
LMOVE d_rechts_2
OPENI 2
LMOVE deckel_rechts
```

```
deckelr = deckelr+1
GOTO flasche_leeren
deckell1:
LMOVE d_links_1
OPENI 2
LMOVE deckel_links
deckell = deckell+1
GOTO flasche_leeren
deckell2:
LMOVE d_links_2
OPENI 2
LMOVE deckel_links
deckell = deckell+1
GOTO flasche_leeren
flasche_leeren:
SIGNAL 6
TWAIT 0.5
SIGNAL -6
SWAIT (1003)
JMOVE s_f1_weg1
LMOVE s_f1_weg7
LMOVE s_f1_weg6
LMOVE s_fl_pos
LMOVE s_f1_weg6
CLOSEI 2
TWAIT 1
LMOVE s_fl_pos
LMOVE s_leeren_1
LMOVE s_leeren_2
LMOVE s_leeren_3
LMOVE s_leeren_4
LMOVE s_leeren_3
```

```
LMOVE s_leeren_4
LMOVE s_leeren_2
LMOVE s_leeren_1
LMOVE s_fl_pos
LMOVE s_fl_pos2
IF flaschen==0 GOTO flasche1_weg
IF flaschen==1 GOTO flasche2_weg
IF flaschen==2 GOTO flasche3_weg
IF flaschen==3 GOTO flasche4_weg
IF flaschen==4 GOTO flasche5_weg
IF flaschen==5 GOTO flasche6_weg
flasche1_weg:
JMOVE s_lf1_oben
LMOVE s_lf1_weg
OPENI 2
LMOVE s_lf1_abstand
LMOVE s_lf1_oben
flaschen = flaschen+1
JMOVE s_nachher1
GOTO flaschenentnahm
flasche2_weg:
JMOVE s_lf2_oben
LMOVE s_lf2_weg
OPENI 2
LMOVE s_lf2_abstand
LMOVE s_lf2_oben
flaschen = flaschen+1
JMOVE s_nachher1
GOTO flaschenentnahm
flasche3_weg:
JMOVE s_lf3_oben
LMOVE s_lf3_weg
```

```
OPENI 2
LMOVE s_lfl3_abstand
LMOVE s_lfl3_oben
flaschen = flaschen+1
JMOVE s_nachher1
GOTO flaschenentnahm

flasche4_weg:
JMOVE s_lfl4_oben
LMOVE s_lfl4_weg
OPENI 2
LMOVE s_lfl4_abstand
LMOVE s_lfl4_oben
flaschen = flaschen+1
JMOVE s_nachher1
GOTO flaschenentnahm

flasche5_weg:
JMOVE s_lfl5_oben
LMOVE s_lfl5_weg
OPENI 2
LMOVE s_lfl5_abstand
LMOVE s_lfl5_oben
flaschen = flaschen+1
JMOVE s_nachher1
GOTO flaschenentnahm

flasche6_weg:
JMOVE s_lfl6_oben
LMOVE s_lfl6_weg
OPENI 2
LMOVE s_lfl6_abstand
LMOVE s_lfl6_oben
flaschen = 0
SIGNAL 7
```

```
TWAIT 0.5
SIGNAL -7
SWAIT (1006)
LMOVE s_oben_pal
LMOVE s_sp_abgabe,1
CLOSEI 2
LMOVE s_oben_pal
GOTO ende
ende:
reihen = 0
IF deckelr>3 GOTO zwischenr
IF deckell>3 GOTO zwischenl
GOTO weiter
zwischenr:
deckelr = 0
GOTO ende
zwischenl:
deckell = 0
GOTO ende
weiter:
JMOVE k_oben
LMOVE k_abgabe,-1
OPENI 2
LMOVE k_oben
SIGNAL 5
TWAIT 0.5
SIGNAL -5
GOTO start
behalter_zu_kur:
JMOVE s_behalter_oben
LMOVE s_behalter_nehm,1
CLOSEI 2
```

```
LMOVE s_behalter_oben
JMOVE s_behalter_kurv
LMOVE s_behalter_weg,-1
OPENI 2
LMOVE s_behalter_kurv
SIGNAL 8
TWAIT 0.5
SIGNAL -8
TWAIT 1
SWAIT (1005)
LMOVE s_behalter_weg,1
CLOSEI 2
LMOVE s_behalter_kurv
SIGNAL 5
TWAIT 0.5
SIGNAL -5
JMOVE s_behalter_oben
LMOVE s_behalter_nehm,-1
OPENI 2
LMOVE s_behalter_oben
JMOVE k_oben
GOTO start
SIGNAL -4
SIGNAL -5
SIGNAL -6
SIGNAL -7
SIGNAL -8
.END
.TRANS
d_rechts_2 341.409271 37.957390 -99.189743 14.606290 177.828308 -166.934845
deckel_links 341.223145 195.486649 42.800476 148.693161 179.056824
147.947357
```

deckel_rechts 341.405365 37.959225 13.367092 14.648276 177.828049 -
 166.892258
 k_abgabe 10.636395 368.520172 -1.360092 164.642715 178.623840 -16.458124
 k_entnahme 2.289 381.931 -1.257 152.884 178.484 -28.310
 k_oben 10.667400 368.509369 78.949860 164.796097 178.624908 -16.304131
 s_behalter_kurv 7.978375 369.876617 97.309433 -162.388229 178.726501
 17.413628
 s_behalter_nehm 292.977936 115.224579 -90.803833 107.918861 178.728500
 17.430544
 s_behalter_oben 292.979858 115.224632 90.948326 107.925995 178.727249
 17.433781
 s_behalter_weg 7.971010 369.875366 -0.934585 -162.337479 178.727005
 17.464182
 s_deckel_halten 413.403168 40.767471 11.878584 -48.397968 176.716507 -
 139.738846
 s_entk_ablage 413.407196 38.639709 9.918094 -48.425201 176.712692 -
 139.776505
 s_entk_oben 413.408722 38.637726 80.675201 -48.425758 176.710815 -
 139.772659
 s_f1_oben 375.490723 -106.738960 20.569696 73.951752 178.618088 -105.757462
 s_f1_weg 374.294067 -107.290062 -95.158150 40.473003 177.905945 -139.265350
 s_f1_weg1 368.764 44.035 61.005 -0.572 91.521 92.066
 s_f1_weg6 423.812 43.317 -8.525 -0.572 91.523 92.067
 s_f1_weg7 368.762 44.056 -8.527 -0.557 91.524 92.058
 s_f2_oben 336.800812 -107.140808 20.062450 29.919825 176.160477 -149.817795
 s_f2_weg 334.329681 -107.983604 -94.942947 29.890282 176.160828 -149.849731
 s_f3_oben 297.704071 -106.103210 19.778805 23.445553 175.187363 -156.312439
 s_f3_weg 296.036713 -107.048752 -95.700012 23.463585 175.186050 -156.292374
 s_f4_oben 375.489838 -77.892357 20.564968 73.970543 178.620148 -105.743279
 s_f4_weg 373.345886 -80.804352 -97.017075 71.513794 178.616867 -105.595795
 s_f5_oben 337.459473 -77.905136 20.566406 73.993042 178.620193 -105.717049
 s_f5_weg 339.270508 -80.102600 -96.781769 74.008499 178.616196 -105.694565

s_f6_oben 297.983765 -77.905113 20.565525 73.966187 178.619110 -105.742683
s_f6_weg 302.269775 -80.091316 -95.311150 73.972214 178.618530 -105.739136
s_fl_pos 357.513 43.535 -8.525 -0.552 91.523 92.053
s_fl_pos2 327.999664 41.494781 -2.244815 -1.845286 92.737007 92.577156
s_leeren_1 260.449493 223.292175 -17.872400 25.211233 92.907349 91.209122
s_leeren_2 249.783737 235.151871 -53.821510 27.874950 92.909309 50.553856
s_leeren_3 264.581909 218.370239 -53.821171 24.137436 92.909050 -37.125561
s_leeren_4 269.564697 223.194016 -51.744637 24.157299 91.432472 3.538133
s_lfl1_abstand 378.902710 -120.994461 -99.167557 89.885902 92.734680
92.580307
s_lfl1_oben 378.886108 -109.424683 27.240677 89.899307 92.748970 92.583145
s_lfl1_weg 386.861 -104.646 -96.996 89.885 92.733 92.580 92.580582
s_lfl2_abstand 340.681519 -123.798264 -97.188568 89.889153 92.737877
92.578468
s_lfl2_oben 342.049133 -108.907173 12.269559 89.900764 92.747635 92.583839
s_lfl2_weg 347.751 -104.658 -98.445 89.882 92.734 92.580 92.583382
s_lfl3_abstand 304.884308 -120.468147 -100.259331 89.884392 92.739319
92.575066
s_lfl3_oben 304.861847 -108.896339 1.510338 89.896378 92.742943 92.579491
s_lfl3_weg 310.089 -103.927 -98.443 89.883 92.734 92.581 92.577637
s_lfl4_abstand 371.484314 67.125999 -98.515648 -86.854568 92.738083
92.582176
s_lfl4_oben 371.901550 54.763783 44.270042 -86.862358 92.749779 92.577415
s_lfl4_weg 374.928 57.573 -99.956 -86.850 92.736 92.574 92.575569
s_lfl5_abstand 332.707092 67.120934 -98.510513 -86.850555 92.735626
92.577438
s_lfl5_oben 332.044647 54.740688 44.295200 -86.851433 92.737701 92.578255
s_lfl5_weg 339.433 57.834 -97.060 -86.852 92.736 92.577 92.579559
s_lfl6_abstand 297.439636 67.103722 -98.511719 -86.854271 92.736778
92.576256
s_lfl6_oben 296.302734 55.077053 40.062630 -86.852074 92.737495 92.577583
s_lfl6_weg 299.611 59.252 -99.233 -86.856 92.736 92.578

s_nachher1 342.029877 -108.899170 12.251837 89.916481 92.759338 92.587227
s_oben_pal 290.477905 -30.342598 59.671432 73.765244 178.626160 -16.368090
s_sp_abgabe 294.097 -24.549 -92.132 73.728 178.626 -15.930
mov_desc 412.255 37.946 33.431 -85.297 177.331 -176.615
SOBRE1 276.721 106.321 -32.974 -161.273 178.900 108.724
CERCA1 276.722 106.321 -86.775 -161.239 178.900 108.757
INSERTADO1 276.724 106.318 -92.336 -161.121 178.900 108.866
SOBRE0 421.252 42.956 101.951 -65.820 179.432 -155.814
TAPA0 421.252 42.956 14.134 -65.820 179.432 -155.814
INSERTADO0 423.605 43.718 49.625 -66.363 179.418 -156.366
PREV6 308.521 -77.676 -76.435 73.217 178.630 -106.329
TOMA6 308.513 -77.683 -95.269 73.332 178.637 -106.236
PREV5 344.722 -76.968 -74.266 73.281 178.635 -106.277
TOMA5 344.718 -76.972 -94.544 73.351 178.639 -106.212
PREV4 382.399 -77.679 -73.535 73.201 178.629 -106.351
TOMA4 382.393 -77.690 -93.249 73.249 178.638 -106.310
PREV1 381.944 -104.471 -88.750 73.289 178.636 -106.274
TOMA1 381.941 -104.476 -95.268 73.352 178.642 -106.218
PREV2 344.735 -104.481 -76.435 73.229 178.635 -106.329
TOMA2 344.731 -104.489 -94.543 73.316 178.642 -106.253
PREV3 308.517 -103.763 -76.447 73.153 178.633 -106.419
TOMA3 308.514 -103.769 -93.819 73.326 178.638 -106.241
RETIRADA 420.717 44.390 12.155 -66.194 179.420 -156.191
MBP_NS_1 365.540 -17.771 95.066 66.218 178.026 -65.486
AUX1 427.825 -4.789 95.062 66.223 178.026 -65.476
.END
.REALS
deckell = 0
deckelr = 0
flaschen = 0
reihen = 0
.END

ANEXO 4. PRÁCTICAS DE LABORATORIO



Laboratorio de Control de Procesos Industriales

GUÍA DE PRÁCTICAS

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Jasmany Michael Barba Sánchez

Lisseth Del Rocio Nieto Huacón

Guayaquil - Ecuador

2017

FIGURAS

| | |
|--|-----|
| FIGURA_GP 1 : TARJETA ESCLAVO PROFIBUS DP. | 100 |
| FIGURA_GP 2: CREACIÓN DEL PROYECTO. | 101 |
| FIGURA_GP 3: ELECCIÓN DEL CONTROLADOR PLC S7-300..... | 102 |
| FIGURA_GP 4: CONFIGURACIÓN DE I/O FÍSICAS. | 102 |
| FIGURA_GP 5: AGREGAR ESCLAVO PROFIBUS..... | 103 |
| FIGURA_GP 6: CONEXIÓN DE INTERFAZ ENTRE PLC Y TARJETA PROFIBUS DP. | 104 |
| FIGURA_GP 7: CONFIGURACIÓN DE DIRECCIÓN DE MEMORIA..... | 104 |
| FIGURA_GP 8: CONFIGURACIÓN DE ATRIBUTOS DEL PROTOCOLO PROFIBUS DP. | 105 |
| FIGURA_GP 9: CONFIGURACIÓN DE ATRIBUTOS DEL PROTOCOLO PROFINET..... | 106 |
| FIGURA_GP 10: VISTA DE DISPOSITIVOS Y REDES. | 106 |
| FIGURA_GP 11: DIAGRAMA DEL SISTEMA..... | 108 |
| FIGURA_GP 12: DIAGRAMA LÓGICO DE ACCESIBILIDAD AL PROCESO. | 113 |
| FIGURA_GP 13: DIAGRAMA LÓGICO, LOOP DEL PROCESO..... | 114 |
| FIGURA_GP 14: DIAGRAMA LÓGICO, SALIDA DEL PROCESO. | 114 |
| FIGURA_GP 15: TABLA DE VARIABLES 1. | 115 |
| FIGURA_GP 16: TABLA DE VARIABLES 2. | 116 |
| FIGURA_GP 17: TABLA DE VARIABLES 3. | 116 |
| FIGURA_GP 18: BLOQUES DE PROGRAMAS..... | 118 |
| FIGURA_GP 19: VARIABLES ESTÁTICAS DEL BLOQUE FB. | 119 |
| FIGURA_GP 20: VARIABLES GLOBALES DEL BLOQUE DB. | 120 |
| FIGURA_GP 21: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA INGRESO AL PROGRAMA ETAPA 1. | 120 |
| FIGURA_GP 22: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 2. | 121 |
| FIGURA_GP 23: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 2_AUXILIAR. | 122 |
| FIGURA_GP 24: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 3. | 122 |
| FIGURA_GP 25: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA AUXILIAR 1. | 122 |
| FIGURA_GP 26: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 4. | 123 |
| FIGURA_GP 27: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 5. | 123 |
| FIGURA_GP 28: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA AUXILIAR. | 124 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA_GP 29: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 6. | 124 |
| FIGURA_GP 30: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 7. | 125 |
| FIGURA_GP 31: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 8. | 125 |
| FIGURA_GP 32: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA AUXILIAR 2. | 126 |
| FIGURA_GP 33: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 9. | 126 |
| FIGURA_GP 34: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 10. | 127 |
| FIGURA_GP 35: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 11. | 127 |
| FIGURA_GP 36: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 12. | 127 |
| FIGURA_GP 37: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 13. | 128 |
| FIGURA_GP 38: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 14. | 128 |
| FIGURA_GP 39: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA 14 DESDE ETAPA 2. | 129 |
| FIGURA_GP 40: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA OPERADOR. | 129 |
| FIGURA_GP 41: CONDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA LA ETAPA FIN. | 129 |
| FIGURA_GP 42: ENCENDIDO DE LOS MOTORES DE LAS BANDAS. | 130 |
| FIGURA_GP 43: MARCHA LENTA DE LA BANDA IPA 5. | 131 |
| FIGURA_GP 44: MARCHA LENTA DE LA BANDA ESCLAVO #8. | 131 |
| FIGURA_GP 45: MARCHA LENTA DE LA BANDA ESCLAVO #4. | 131 |
| FIGURA_GP 46: AGARRAR BOTELLA. | 132 |
| FIGURA_GP 47: SUJETAR SIXPACK. | 132 |
| FIGURA_GP 48: TOMAR SIXPACK DESDE HOME POSITION. | 132 |
| FIGURA_GP 49: SEÑAL PARA REALIZAR ACCIÓN ROBOT. | 132 |
| FIGURA_GP 50: LLEVAR SIXPACK A LA BANDA. | 133 |
| FIGURA_GP 51: CONTADOR PARA CONTROL DE DESCORCHADO. | 133 |
| FIGURA_GP 52: SIXPACK VACÍO. | 133 |
| FIGURA_GP 53: ROBOT EN POSICIÓN HOME. | 133 |
| FIGURA_GP 54: CILINDRO DE ELEVACIÓN. | 134 |
| FIGURA_GP 55: PASO DE INT A WORD. | 134 |
| FIGURA_GP 56: BOTELLA PRESENTE EN DESCORCHADOR. | 135 |
| FIGURA_GP 57: SIXPACK PRESENTE EN DESCORCHADOR. | 136 |
| FIGURA_GP 58: FUNCIÓN DE CONDICIONES DE TRANSICIONES. | 136 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA_GP 59: FUNCIÓN DE INSTRUCCIONES DE SALIDA. | 136 |
| FIGURA_GP 60: COMPILACIÓN DEL PROGRAMA. | 137 |
| FIGURA_GP 61: CARGA DEL PROGRAMA. | 137 |
| FIGURA_GP 62: PANEL DEL CONTROL. | 140 |
| FIGURA_GP 63: AJUSTAR INTERFACE PG/PC. | 140 |
| FIGURA_GP 64: PROPIEDADES. | 141 |
| FIGURA_GP 65: SIMATIC PROSAVE. | 142 |
| FIGURA_GP 66. UPDATE. | 142 |
| FIGURA_GP 67: SELECCIÓN DE ARCHIVO DE LA IMAGEN DEL SISTEMA. | 143 |
| FIGURA_GP 68: CONFIGURACIÓN FINAL. | 143 |
| FIGURA_GP 69: CONEXIÓN PC-HMI. | 144 |

INTRODUCCIÓN

Esta guía de practica tiene como objetivo de orientar al estudiante en el área del control de procesos industriales y a la misma vez reforzar las conceptualizaciones aprendidas en asignaturas anteriores como; Automatización e Instrumentación Industrial. El Laboratorio cuenta con la Planta IPA 26, está compuesta por 6 plantas; Estación de Mezcla "IPA 2", Almacenado intermedio "IMS 10", Llenado "IPA 3", Sellado "IPA 4", Almacenado final "IMS 8" Y Descorchado "IMS 11". El presente proyecto se basa en la automatización diferenciada de la planta IMS 11, la cual está compuesta de la planta IPA 5 (Descorchador) y el Robot Kawasaki (Manipulador). Las practicas que se realizaran en esta ocasión es realizar la comunicación entre el PLC, Tarjeta esclavo Profibus DP y la Planta IMS 11, así mismo el control secuencial del proceso de descorchado en modo simulación (sin utilizar el robot) y con el robot como actuador.

PRÁCTICA 1

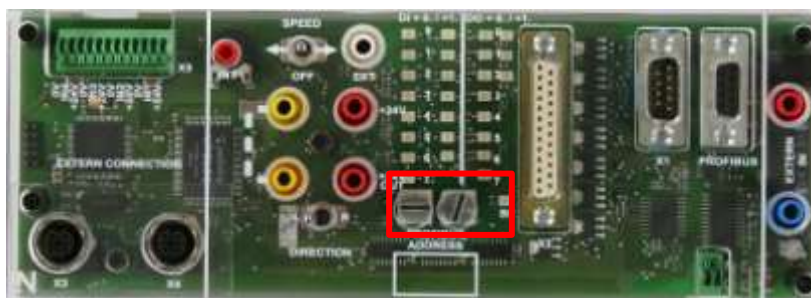
COMUNICACIÓN DE DISPOSITIVOS

1. OBJETIVOS

- Comunicar la planta IMS 11 con el PLC S7-300.
- Reconocimiento de la funcionalidad del esclavo Profibus DP de Lucas Nülle.
- Diferencias entre los módulos I/O del PLC con el esclavo Profibus.
- Configurar los módulos I/O del PLC y Tarjeta esclavo.

2. PROCEDIMIENTO

Para realizar la comunicación entre los dispositivos involucrados en el proceso, se tendrá que conocer acerca de los protocolos que se utilizan en la planta IPA 26. Para la conexión entre PLC y las diferentes plantas se utilizará el protocolo Profibus DP con la interfaz DB-9. Para identificar la dirección del esclavo, se tendrá que observar en los potenciómetros (recuadro color rojo) que se encuentran en la parte inferior central de la tarjeta, el cual posee numeración para designar la dirección que tendrá el esclavo. Véase en la Figura_GP 1.

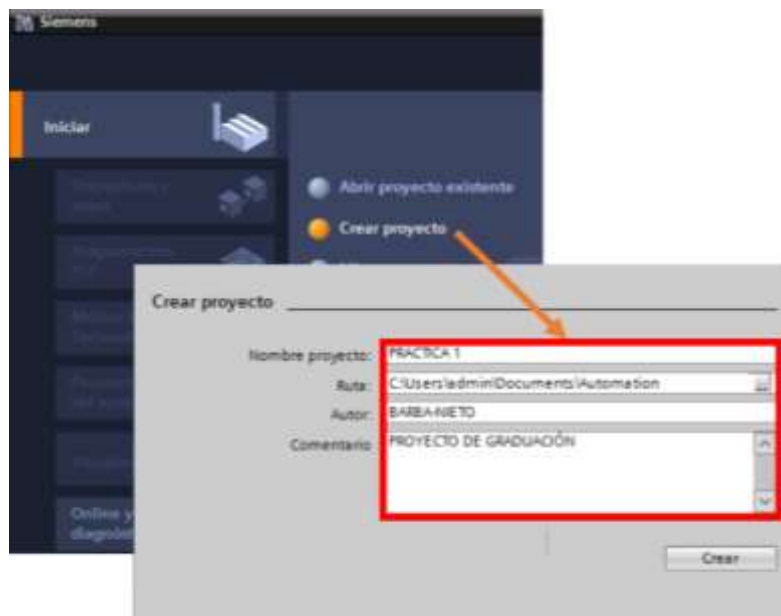


Figura_GP 1 : Tarjeta esclavo Profibus DP.

2.1 Creación del Proyecto.

Para esto debemos abrir TIA PORTAL, y agregar el controlador PLC S7-300, con la CPU "CPU 314C 2PN/DP, verificamos que el controlador este en la versión de firmware 3.3, ya que si no se selecciona se tendrá error al cargar los programas al PLC. A continuación, se explicará la

creación del proyecto, así mismo como agregar la tarjeta esclavo Profibus DP.

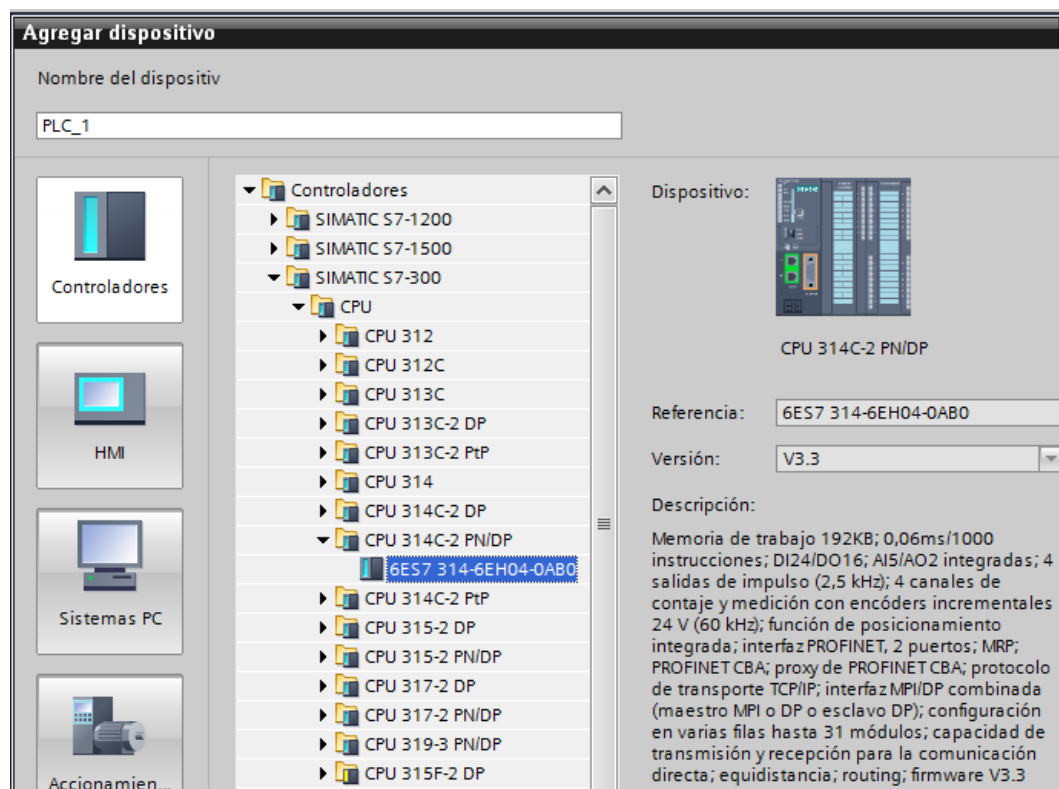


Figura_GP 2: Creación del proyecto.

Para la creación del proyecto deberá llenar los campos que solicita el programa, lo indispensable es el nombre del proyecto y la ruta del archivo. Véase en la Figura_GP 2. Con el proyecto ya creado procedemos a agregar los dispositivos; PLC y la tarjeta esclavo.

El PLC utilizado en esta práctica es el S7-300 de Siemens, este es el controlador propio de la planta, el cual posee un módulo de I/O digital; 24 entradas y 16 salidas digitales, y 5 entradas y 2 salidas analógicas. Los protocolos que posee este controlador son: Profibus DP, MPI y Profinet.

Un aspecto a tener en cuenta es que el PLC y el esclavo Profibus no son del mismo fabricante por lo que se tendrá que agregar la tarjeta como si fuese un módulo más, pero con la diferencia que se instalara de forma automática el Driver GSD, que es desarrollado por LUCAS-NULLE.



Figura_GP 3: Elección del controlador PLC S7-300.

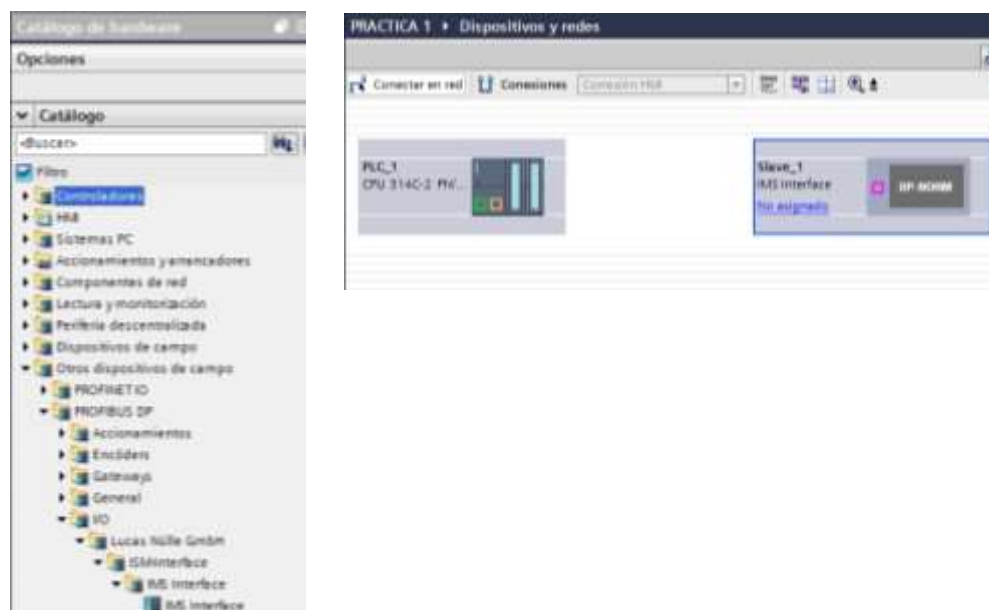
Cabe recalcar que el esclavo Profibus DP, será un módulo más de I/O del PLC, por lo que no deberá tener las mismas direcciones físicas del controlador. Las direcciones de memorias del PLC, se configuran en la siguiente ventana. Véase en la Figura_GP 4.

| Vista general de dispositivos | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------|------|------------|------------|-------------------|---------------------|
| ... | Módulo | Rack | Slot | Direcció.. | Direcció.. | Tipo | Referencia |
| | ▼ PLC_1 | 0 | 1 | | | | |
| | Interfaz MPI/DP_1 | 0 | 2 | | | CPU 314C-2 PN/DP | 6ES7 314-6EH04-0AB0 |
| | ▶ Interfaz PROFINET_1 | 0 | 2 X2 | 2047* | | Interfaz PROFINET | |
| | DI 24/DO 16 | 0 | 2 5 | 100...102 | 100...101 | DI 24/DO 16 | |
| | AI 5/AO 2 | 0 | 2 6 | 103...112 | 102...105 | AI 5/AO 2 | |
| | Contaje_1 | 0 | 2 7 | 816...831 | 816...831 | Contaje | |
| | Posicionamiento_1 | 0 | 2 8 | 832...847 | 832...847 | Posicionamiento | |
| | | 0 | 3 | | | | |

Figura_GP 4: Configuración de I/O físicas.

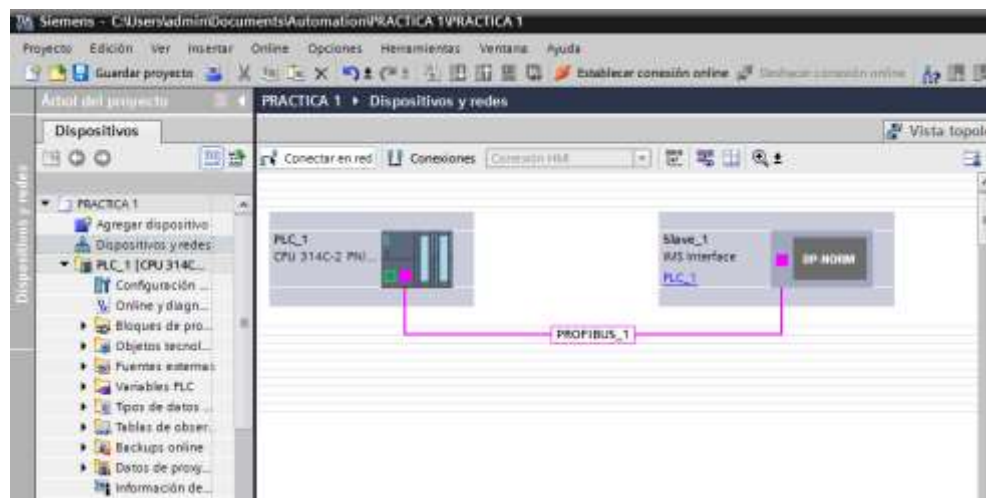
2.2 Configuraciones Esclavo Profibus DP

Para agregar la tarjeta esclavo, se deberá de dirigir al Catálogo de Hardware donde se deberá de elegir Otros dispositivos de campo, y seleccionar la tarjeta Profibus, arrastramos al área de dispositivos y soltamos, véase en la Figura_GP 5.



Figura_GP 5: Agregar esclavo Profibus.

Para realizar la designación de las direcciones de la memoria de la tarjeta Profibus, primero se deberá crear la sub red de comunicación, para este caso solo basta con tomar la interfaz MPI/DP del PLC y conectarlo a la tarjeta en la interfaz Profibus DP. Véase en la Figura_GP 6.



Figura_GP 6: Conexión de interfaz entre PLC y tarjeta Profibus DP.

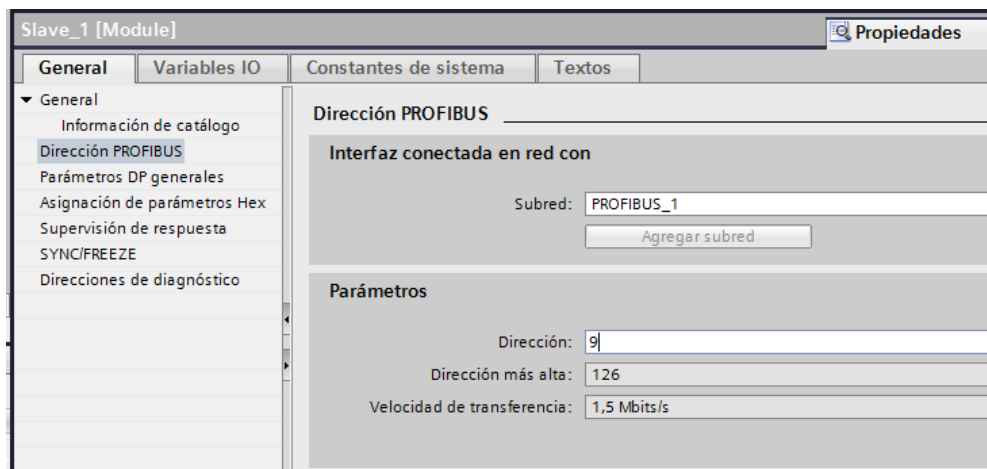
Cuando se tienen las interfaces conectadas, se procede a realizar las configuraciones de la memoria física de la tarjeta esclavo, las cuales no deben coincidir con las direcciones de memorias de los módulos físicos del PLC, véase en la Figura_GP 7.

| Vista general de dispositivos | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|------|------|-------------|-------------|-----------------------|----------|
| ... | Módulo | Rack | Slot | Dirección I | Dirección Q | Tipo | Refer... |
| | Slave_1 | 0 | 0 | 2043* | | IMS Interface | |
| | 2 Byte Out, 2 Byte In_1_1 | 0 | 1 | | 0...1 | 2 Byte Out, 2 Byte In | |
| | 2 Byte Out, 2 Byte In_2_1 | 0 | 2 | 0...1 | | 2 Byte Out, 2 Byte In | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Figura_GP 7: Configuración de dirección de memoria.

2.3 Configuración de Protocolos.

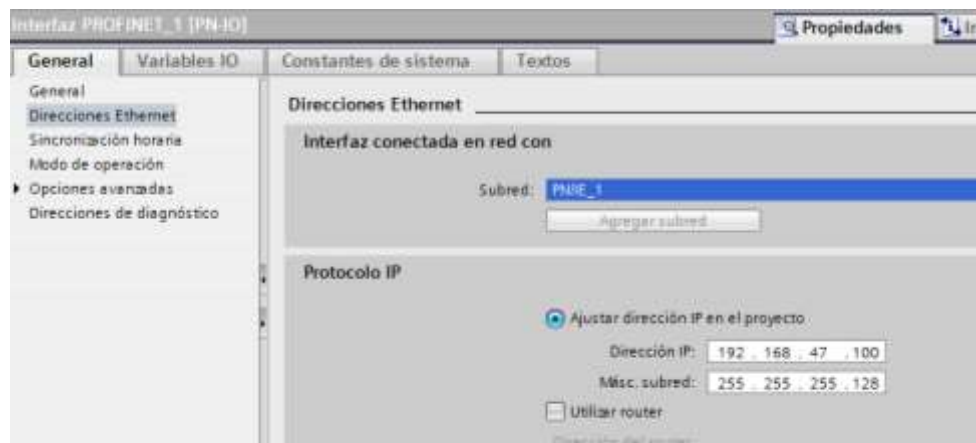
Ahora se deberá de configurar los atributos del protocolo Profibus DP, previo a esto ya se debió de verificar la dirección del esclavo, en este caso se tiene el esclavo 9, véase en la Figura_GP 8.



Figura_GP 8: Configuración de atributos del protocolo Profibus DP.

Así mismo se deberá de configurar el protocolo que el PLC utilizará para realizar la carga de los programas desde el ordenador, teniendo en cuenta que el PLC deberá de estar en la misma red que el ordenador desde donde se programará. El protocolo que se utilizara es el Profinet, este utiliza una interfaz RJ-45, por lo que se podrá utilizar un cable de red normal, pero para procesos sensibles, es recomendable utilizar el cable apropiado, en este caso es de color verde.

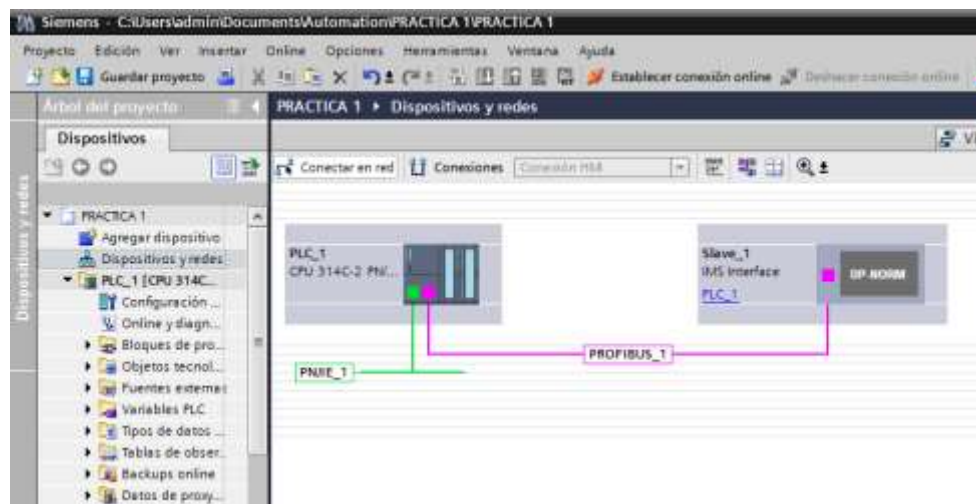
Accedemos al PLC dándole doble click sobre él, así mismo le damos doble click en la interfaz que es de color verde, se desplegará un recuadro donde se configurará la dirección IP del PLC y la máscara de la red, véase en la Figura_GP 9.



Figura_GP 9: Configuración de atributos del protocolo Profinet.

Para agregar la subred donde estará el PLC, procedemos a dar click en Agregar subred, y automáticamente se agregará la subred PN/IE.

Si nos dirigimos a dispositivos y redes, veremos las subredes que se tienen configuradas, en el caso que se utilice el HMI, podrá conectarse a Profinet o a Profibus, con tan solo unir el dispositivo a las subredes que se ha creado Figura_GP 10.



Figura_GP 10: Vista de dispositivos y redes.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

PRÁCTICA 2

CONTROL SECUENCIAL DESCORCHADOR

1. OBJETIVOS

- Desarrollar un diagrama lógico para el control secuencial de la planta IMS11.
- Reconocimiento de las variables del proceso.
- Implementación de los protocolos Profibus DP y Profinet.
- Prueba del Programa desarrollado en TIA PORTAL, basado en el diagrama Lógico realizado.
- Utilizar el lenguaje de programación FUP (bloques).

2. PROCEDIMIENTO

El proceso de descorchado se realiza utilizando la planta IPA 5 (Estación de descorchado), el cual se comunica con el PLC por medio del esclavo Profibus DP. Para realizar el control se deberá de identificar el sistema, para ello se presenta el diagrama de los dispositivos, teniendo en cuenta que las señales que provienen del robot serán reemplazadas por entradas físicas del PLC, véase en la Figura_GP 11.



Figura_GP 11: Diagrama del sistema.

2.1 Descripción del Proceso.

En la siguiente tabla se describe el proceso que se deberá de seguir para proceder a realizar el control secuencial del proceso de descorchado, cuenta con 14 etapas, donde se deberán de cumplir condiciones de transición para ingresar a dichas etapas, así mismo se ejecutarán instrucciones (activación de salidas/memorias). A continuación, se presenta la tabla con la información:

| | |
|--|---|
| Condición de transición de la etapa 2 a etapa 14. | Se verifica que el pallet este presente ("I_IPA5_pickup_position=1") en el punto de inicio y que no se encuentre el sixpack completo ("I_IPA5_sixpack_on_carrier=0"). |
| Instrucción en etapa 14. | Se activa la marca de Ningún sixpack sujetado ("M_IPA5_no_sixpack=1"), esta señal será procesada en el HMI, donde el operador podrá observar que ningún sixpack fue sujetado. |
| Condición de transición de la etapa 13 a etapa 1. | Se verifica el sensor de posición ("I_IPA5_IR=1"), dado que es el indicador de que el sixpack ha sido descorchado por completo. |
| Instrucción en etapa 1. | Se activa una marca que es enviada al HMI, donde se solicita que el robot sea colocado en la posición de inicio ("M_IPA5_robot_home_position=1"). |
| Condición de transición de la etapa 1 a etapa 2. | Para dar inicio del proceso se deberá presionar el botón de START ("M_IPA5_START=1") colocado en el HMI, cuando el robot ya sea colocado en la posición de inicio, el robot envía la señal de Home Position ("I_IPA5_robot_signal5=1") , así mismo se debe verificar que no haiga ningún sixpack sujetado en el IPA5 ("I_IPA5_bottle_not_fixed=0"), que el cilindro de elevación este retraído ("I_IPA5_lift_cylinder_retracted=1"), y que el estado del contador sea igual a 0 ("C_IPA5_sixpacks_uncorked.Q=0"). |
| Instrucción en etapa 2. | Se envía a encender el motor de la banda transportadora ("Q_IPA5_QR=1"), y |

| | |
|---|--|
| | seleccionando la velocidad baja ("Q_IPA5_QS=1"). |
| Condición de transición de la etapa 2 a etapa 3. | Se verifica que el pallet este presente ("I_IPA5_pickup_position=1") en el punto de inicio y que se encuentre el sixpack completo y en posición ("I_IPA5_sixpack_on_carrier=1"). |
| Instrucción en etapa 3. | Se envía la señal de orden al robot, para que tome el sixpack y lo ubique en el espacio de trabajo del IPA5 ("Q_IPA5_robot_signal1002=1"). |
| Condición de transición de la etapa 3 a etapa 4. | Se espera por la señal de respuesta del robot que indica que la tarea que se le ordeno al robot ha sido culminada ("I_IPA5_robot_signal6=1"). |
| Instrucción en etapa 4. | Se procede a activar el cilindro de sujetar sixpack ("Q_IPA5_fix_sixpack=1"), esto con el fin de evitar que las otras botellas se muevan al momento de seleccionar cada una y llevarlas al descorchador. |
| Condición de transición de la etapa 4 a etapa 5. | Esperar el tiempo de retardo para pasar al estado 5 ("T_ETAPA5_IMS11.Q=1"), y verifica que los dos cilindros de agarre de sixpack estén extendidos ("I_IPA5_sixpack_fixed=1"). |
| Instrucción en etapa 5. | Se envía la orden de actuar cada botella ("Q_IPA5_robot_signal1003=1"). |
| Condición de transición de la etapa 5 a etapa 6. | Se espera por la señal de respuesta del robot que indica que la tarea que se le ordeno al robot ha sido culminada ("I_IPA5_robot_signal6=1"). |
| Instrucción en etapa 6. | Se activa el cilindro de agarre de botella para ser descorchada ("Q_IPA5_fix_bottle=1"), el cual cuenta con un sensor de posición de pistón. |
| Condición de transición de la etapa 6 a etapa 7. | Con el bit culminación de conteo para pasar a la etapa 7 ("T_ETAPA7_IMS11.Q=1"), y con la señal del sensor de extendido de cilindro de agarre de botella ("I_IPA5_bottle_fixed=1") se procede a pasar |

| | |
|--|---|
| | a la etapa 7. |
| Instrucción en etapa 7. | Se envía a activar el cilindro de elevación ("Q_IPA5_extend_lift_cylinder=1"), para proceder al descorchado, quitando la tapa de la botella, mediante la presión que ejerce el pistón al extenderse. |
| Condición de transición de la etapa 7 a etapa 8. | Se verifica que el temporizador para pasar a la etapa 8 haiga culminado el conteo ("T_ETAPA8_IMS11.Q=1"), y que el sensor de cilindro extendido, este activado ("I_IPA5_lift_cylinder_extended=1"). |
| Instrucción en etapa 8. | Se envía la señal de orden de ejecutar una orden ("Q_IPA5_robot_signal1003=1"), en este caso se pide que el robot tome la tapa de la botella descorchada y la lleve al reservorio de tapas. Así mismo de debe tener el cilindro de elevación extendido para facilitar la toma de la tapa ("Q_IPA5_extend_lift_cylinder=1"). |
| Condición de transición de la etapa 8 a etapa 9. | El robot envía la señal de que la tarea ha culminado "I_IPA5_robot_signal6=1", y además verifica que el cilindro de elevación siga extendido ("I_IPA5_lift_cylinder_extended=1"). |
| Instrucción en etapa 9. | Ninguna instrucción. |
| Condición de transición de la etapa 9 a etapa 10. | Se verifica que el temporizador para pasar a la etapa 9 haiga culminado el conteo ("T_ETAPA10_IMS11.Q=1"), y que el cilindro de agarre de botella se encuentre retraído ("I_IPA5_bottle_not_fixed=1"). |
| Instrucción en etapa 10. | Se envía la señal de orden de ejecutar una orden ("Q_IPA5_robot_signal1003=1"), en este caso se pide que el robot tome la botella descorchada y la lleve al reservorio de desecho para verter el líquido que contiene cada botella. |
| Condición de transición de la etapa 10 a etapa 6. | Se verifica que el contador decremental no haiga llegado a su mínimo valor ("C_IPA5_sixpack_uncorked.Q=0") y que el robot haiga culminado la tarea de vaciado del |

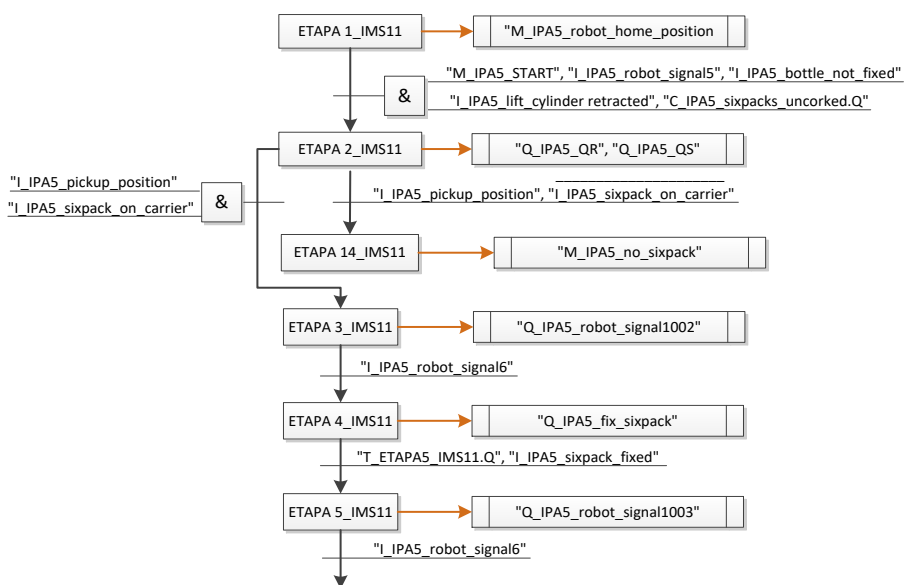
| | |
|---|--|
| | líquido de la botella descorchada ("I_IPA5_robot_signal6=1"). |
| Condición de transición de la etapa 10 a etapa 11. | Cuando el ciclo de descorchado del sixpack haiga culminado el robot enviara la señal de botellas descorchadas lista para ser colocadas en la banda nuevamente ("I_IPA5_robot_signal7=1"), así mismo se verifica que el contador haiga alcanzado el 0 yaqué significaría que hizo el descorche del sixpack completamente ("C_IPA5_sixpack_uncorked.Q=1"). |
| Instrucción en etapa 11. | Ninguna instrucción. |
| Condición de transición de la etapa 11 a etapa 12. | Se espera que el contador para pasar a la etapa 12 culmine ("T_ETAPA12_IMS11.Q=1"). |
| Instrucción en etapa 12. | Se le indica al robot que tome el sixpack y lo coloque en la banda transportadora ("Q_IPA5_robot_signal1006=1"). |
| Condición de transición de la etapa 12 a etapa 13. | Se verifica que el robot se coloque en posición home ("I_IPA5_robot_signal5=1") o que el temporizador para pasar a la etapa 13 culmine ("T_ETAPA13_IMS11.Q=1"). |

Tabla_GP 1: Condiciones de transición e instrucciones.

2.2 Diagrama lógico.

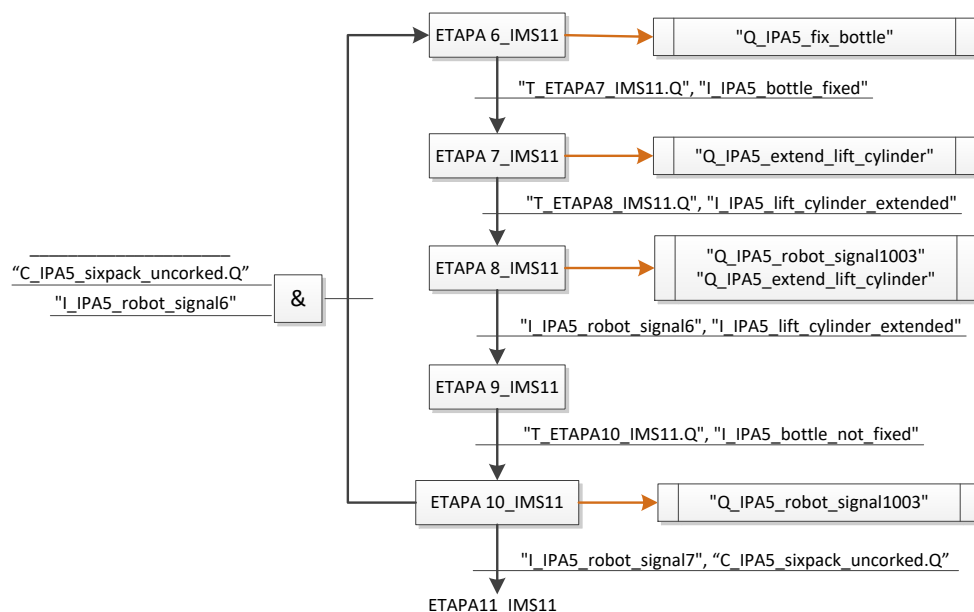
La primera parte del diagrama lógico realizado, se enfoca en realizar verificaciones de señales, tales como I_IPA5_robot_signal5; esta señal en enviada desde el controlador del robot, que indica que el brazo está en posición "Home" (posición de espera de proceso), normalmente esta señal está en nivel lógico 0.

Las señales más importantes en el proceso son las de presencia de pallets y estado de la carga (si las botellas están con líquido sobre el pallet), "I_IPA5_pickup_position" y "I_IPA5_sixpack_on_carrier". En base al proceso descrito en la Tabla 1, se procede a desarrollar el diagrama lógico del proceso, véase en la Figura_GP 12-13-14.

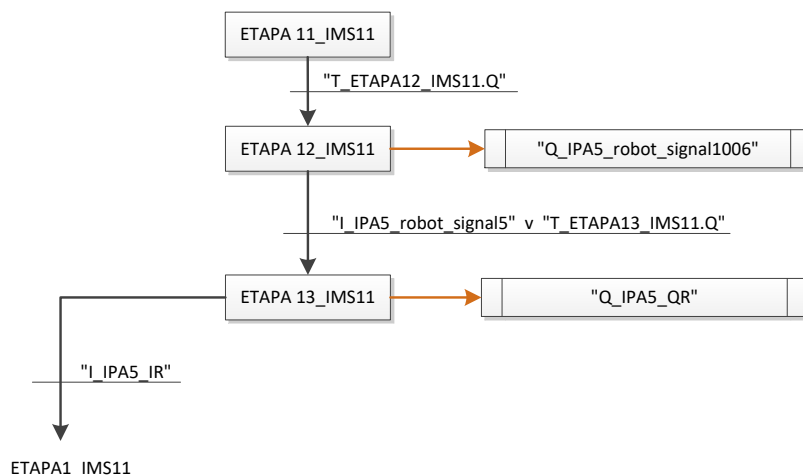


Figura_GP 12: Diagrama Lógico de accesibilidad al proceso.

La primera parte del diagrama lógico realizado, se enfoca en realizar verificaciones de señales, tales como I_IPA5_robot_signal5; esta señal es enviada desde el controlador del robot, que indica que el brazo está en posición "Home" (posición de espera de proceso), normalmente esta señal está en nivel lógico 0. Las señales más importantes en el proceso son las de presencia de pallets y estado de la carga (si las botellas están con líquido sobre el pallet), "I_IPA5_pickup_position" y "I_IPA5_sixpack_on_carrier".



Figura_GP 13: Diagrama Lógico, loop del proceso.



Figura_GP 14: Diagrama Lógico, salida del proceso.

Con el diagrama lógico ya culminado, procedemos a realizar la programación en el software TIA PORTAL, utilizando el lenguaje de bloques, con el proyecto anteriormente creado, agregamos la tabla de

variables que se utilizaran en el proceso, véase en la Figuras_GP 15-16-17.

| Variables PLC | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|-----|------------|-----|-------------------------------------|--|
| | Nombre | ... | Direcci... | ... | ... | Comentario |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_bottle_not_fixed | ... | %I0.0 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Botella no sujeta. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_bottle_fixed | ... | %I0.1 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Botella sujeta |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_lift_cylinder retracted | ... | %I0.2 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Cilindro de elevación retraído. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_lift_cylinder extended | ... | %I0.3 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Elevación cilindro extendido. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_sixpack_fixed | ... | %I0.4 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Porta-botellas tensa. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_robot_signal5 | ... | %I100.7 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Robot en la posición básica. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_robot_signal6 | ... | %I100.0 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Botella almacena_Tarea Terminada |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_robot_signal7 | ... | %I100.1 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Todas las botellas se almacenan. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_fix_bottle | ... | %Q0.0 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Sujetar la botella. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_extend_lift_cylinder | ... | %Q0.1 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Los cilindros de elevación se extienden. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_fix_sixpack | ... | %Q0.2 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Sujetar el soporte de botellas. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_robot_signal1002 | ... | %Q0.3 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Sixpack selección. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_robot_signal1003 | ... | %Q0.4 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | actuar botella. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_robot_signal1004 | ... | %Q0.5 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Colocación recipiente con tapa en la cinta. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_robot_signal1005 | ... | %Q0.6 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | tomar contenedor de la cubierta de la cinta |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_IL | ... | %I1.3 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda dejó posición final. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_IR | ... | %I1.4 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda posición de extremo derecho. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_QR | ... | %Q1.0 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda hacia adelante. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_QS | ... | %Q1.2 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda de marcha lenta. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_INIT | ... | %M0.0 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | inicialización |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_START | ... | %M0.1 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Comenzar. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_pickup_position | ... | %I1.5 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Portapiezas en posición de recogida. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_sixpack_on_carrier | ... | %I1.6 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | SixPack en soportes de piezas de trabajo. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_robot_home_position | ... | %M0.2 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Robots de bandera en la posición inicial p.. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_robot_signal1006 | ... | %Q0.7 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Sixpack puso en la cinta. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_ACK | ... | %M0.3 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | reconocimiento. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_no_sixpack | ... | %M0.4 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Bandera sin Sixpack en portadores de piez |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_two_sixpacks_uncorked | ... | %M0.5 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Marcador 2 paquetes de seis descorcharo.. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IPA5_QL | ... | %Q1.1 | ... | <input checked="" type="checkbox"/> | Cinta hacia atrás. |

Figura_GP 15: Tabla de variables 1.

| | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-----|------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | M_IPA26_BUF_RELEASE | ... | ... | %M1.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Indicador de memoria intermedia en libert. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA26_FILL_RELEASE | ... | ... | %M1.3 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Bandera de embotellado en libertad. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA26_rel_sixpack | ... | ... | %M1.4 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Bandera Sixpack traer a la cinta. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA26_rel_BUF | ... | ... | %M1.5 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Comunicado de búfer bandera. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_robot_signal8 | ... | ... | %I100.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Reservorio almacena. |
| <input type="checkbox"/> | T_ETAPA5_IMS11 | ... | ... | %T1 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo para pasar a la etapa 5 |
| <input type="checkbox"/> | T_ETAPA7_IMS11 | ... | ... | %T2 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo para pasar de la etapa 6 a la etapa |
| <input type="checkbox"/> | T_ETAPA8_IMS11 | ... | ... | %T3 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo para pasar de la etapa 7 a la etapa |
| <input type="checkbox"/> | T_ETAPA10_IMS11 | ... | ... | %T4 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo para pasar de la etapa 9 a la etapa |
| <input type="checkbox"/> | T_ETAPA12_IMS11 | ... | ... | %T5 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo para pasar de la etapa 11 a la etap |
| <input type="checkbox"/> | T_ETAPA13_IMS11 | ... | ... | %T6 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo para pasar de la etapa 14 a la etap |
| <input type="checkbox"/> | M_STOCK_IMS11 | ... | ... | %M1.6 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Indicador en HMI que hay sixpack en stoc... |
| <input type="checkbox"/> | T_IPA5_QR | ... | ... | %T7 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo de la banda |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_sixpack_uncorked | ... | ... | %M1.7 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Muestra en HMI mensaje de sixpack comp.. |
| <input type="checkbox"/> | T_ETAPA7.1_IMS11 | ... | ... | %T8 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | tiempo para pasar de la etapa 7 a la 7.1 |
| <input type="checkbox"/> | Q_IMS8_QR | ... | ... | %Q15.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda Ims8 D |
| <input type="checkbox"/> | Q_IMS8_QS | ... | ... | %Q15.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda Ims8 lenta |
| <input type="checkbox"/> | Q_IMS8_QL | ... | ... | %Q15.1 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda Ims8 I |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_present_bottle | ... | ... | %M15.3 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Indicador de presencia de la botella en el .. |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_present_sixpack | ... | ... | %M15.4 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Indicador de presencia de sixpack |
| <input type="checkbox"/> | T_IPA5_fix_bottle_delay | ... | ... | %T16 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo de retardo para presionar la botelle |
| <input type="checkbox"/> | T_IPA5_fix_sixpack_delay | ... | ... | %T17 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Tiempo de retardo para sujetar sixpack |
| <input type="checkbox"/> | M_IPA5_STOP | ... | ... | %M18.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Paro del proceso |
| <input type="checkbox"/> | C_IPA5_uncorked_number | ... | I... | %MW18 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Almacena cuantos se han descorchado |

Figura_GP 16: Tabla de variables 2.

| | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-----|-----|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Q_BANDA_INT_QR | ... | ... | %Q3.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda Ims8 D |
| <input type="checkbox"/> | Q_BANDA_INT_QS | ... | ... | %Q3.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda Ims8 lenta |
| <input type="checkbox"/> | Q_BANDA_INT_QL | ... | ... | %Q3.1 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda Ims8 I |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_BANDA_IL | ... | ... | %I3.3 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda dejó posición final BANDA. |
| <input type="checkbox"/> | I_IPA5_BANDA_IR | ... | ... | %I3.4 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda posición de extremo derecho BANDA |
| <input type="checkbox"/> | I_IMS10_IL | ... | ... | %I5.3 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SENSOR IMS10 IZQUIERDO |
| <input type="checkbox"/> | I_IMS10_IR | ... | ... | %I5.4 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SENSOR IMS10 DERECHO |
| <input type="checkbox"/> | Q_IMS10_QL | ... | ... | %Q5.1 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Cinta hacia atrás IMS10. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IMS10_QR | ... | ... | %Q5.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda hacia adelante IMS10. |
| <input type="checkbox"/> | Q_IMS10_QS | ... | ... | %Q5.2 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Banda de marcha lenta IMS10. |
| <input type="checkbox"/> | T_DELAY_REINICIO | ... | ... | %T9 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | TIEMPO PARA REINICIAR EL SIGUIENTE PROCES |
| | <Agregar> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |

Figura_GP 17: Tabla de variables 3.

Las figuras anteriores representan todas las variables del proceso, las cuales pueden ser modificadas en caso que se desee cambiar las características del proceso. Las variables extras que se pueden apreciar como los T_DELAY, son tiempo de retardos para ciertos estados, estos son colocados ya que es un proceso de alta precisión en donde se requiere ciertos tiempos de retardos para que el robot tenga tiempo de responder a ciertas tareas.

El siguiente paso es la creación de los bloques para el proceso que se desea desarrollar, en este caso se utilizaran los bloques; OB (Bloque de organización), FC (Funciones), FB (Bloque de función) y DB (Bloque de datos).

Para la creación de los bloques se deberá de tener muy en claro las funciones que cumplen cada bloque del programa. A continuación, se describirán las funciones específicas para este programa.

- **Bloque OB:** Aquí se llamarán todas las funciones que se han creado o funciones propias de las librerías del TIA PORTAL.
- **Bloque FC:** En esta sección se realizarán todas las instrucciones como: activar señales digitales o analógicas, como también memorias.
- **Bloque FB:** Aquí se desarrollan las funciones o Macros, con el fin de ejecutar una tarea específica.
- **Bloque DB:** En este bloque se guardan las variables de funciones que se han creado, pasando de ser variables propias de las funciones a variables globales.



Figura_GP 18: Bloques de programas.

2.3 Condiciones de transición.

Comenzaremos con la creación del bloque de funciones FB, aquí se desarrollará las condiciones de transiciones, por lo que se deberá de crear las variables para el caso. Las variables serán estáticas porque solo las necesitamos en el programa y que permanecerá su valor en todo el transcurso del programa.

Para crear el bloque nos dirigimos al **Árbol del Proyecto** → **Bloques de Programa**, nos saldrá una nueva ventana donde elegiremos Bloque de Función, seleccionamos el lenguaje “**FUP**”, colocamos el nombre del bloque y aceptamos, véase en la Figura_GP 18.

Procedemos a crear las variables de la función, en este caso tendremos 21 Etapas, de las cuales 14 son propias del proceso y las restantes son auxiliares, todas con tipo de dato Booleanas y estáticas.

| Nombre | Tipo de datos | Offset | Valor predet. | Visible en... | Valor de s... |
|----------------|---------------|--------|---------------|-------------------------------------|--------------------------|
| inOut | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Static | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA1_IMS11 | Bool | 0.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA2_IMS11 | Bool | 0.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA3_IMS11 | Bool | 0.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA4_IMS11 | Bool | 0.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA5_IMS11 | Bool | 0.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA6_IMS11 | Bool | 0.5 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA7_IMS11 | Bool | 0.6 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA8_IMS11 | Bool | 0.7 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA9_IMS11 | Bool | 1.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA10_IMS11 | Bool | 1.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA11_IMS11 | Bool | 1.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA12_IMS11 | Bool | 1.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA13_IMS11 | Bool | 1.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA14_IMS11 | Bool | 1.5 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA7_1_IMS11 | Bool | 1.6 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA_AUX1 | Bool | 1.7 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA_AUX2 | Bool | 2.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA_AUX | Bool | 2.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA_OPE | Bool | 2.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA_FIN | Bool | 2.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ETAPA2_AUX | Bool | 2.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Temp | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Figura_GP 19: Variables estáticas del bloque FB.

Ahora el estado de las variables del bloque FB, se tendrá que transferir al **Main (OB)**, para poder ser procesadas, por lo que debemos pasar las variables estáticas a variables globales, esto se lo realiza creando el bloque DB (bloque de datos). Para esto se debe agregar otro bloque, **Árbol del Proyecto → Bloques de Programa → Bloque de Datos**, le damos el mismo nombre pero al final del nombre especificamos que es DB. Procedemos a compilar y automáticamente las variables que se crearon en el FB se copian en el DB con el respectivo offset, véase en la Figura_GP 20.

DESCORCHADOR_PROFIBUS_DP_SIMULACION • PLC_1 [CPU 314C-2 PN/DP] • Bloques de programa • E

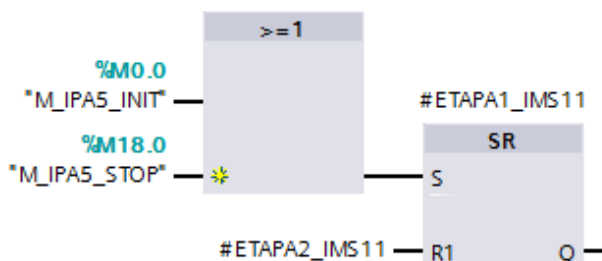
ETAPAS_IMS11_DB

| Nombre | Tipo de datos | Offset | Valor de arranq... | Remanen... | Visible en... | Valor de a... |
|--------|----------------|--------|--------------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Input | | | | | |
| 2 | Output | | | | | |
| 3 | InOut | | | | | |
| 4 | Static | | | | | |
| 5 | ETAPA1_IMS11 | Bool | 0.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 | ETAPA2_IMS11 | Bool | 0.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7 | ETAPA3_IMS11 | Bool | 0.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | ETAPA4_IMS11 | Bool | 0.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9 | ETAPA5_IMS11 | Bool | 0.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10 | ETAPA6_IMS11 | Bool | 0.5 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11 | ETAPA7_IMS11 | Bool | 0.6 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12 | ETAPA8_IMS11 | Bool | 0.7 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13 | ETAPA9_IMS11 | Bool | 1.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | ETAPA10_IMS11 | Bool | 1.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 15 | ETAPA11_IMS11 | Bool | 1.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 16 | ETAPA12_IMS11 | Bool | 1.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 17 | ETAPA13_IMS11 | Bool | 1.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 18 | ETAPA14_IMS11 | Bool | 1.5 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 19 | ETAPA2_1_IMS11 | Bool | 1.6 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 20 | ETAPA_AUX1 | Bool | 1.7 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21 | ETAPA_AUX2 | Bool | 2.0 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 22 | ETAPA_AUX | Bool | 2.1 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 23 | ETAPA_OPE | Bool | 2.2 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 24 | ETAPA_FIN | Bool | 2.3 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 25 | ETAPA2_AUX | Bool | 2.4 | false | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

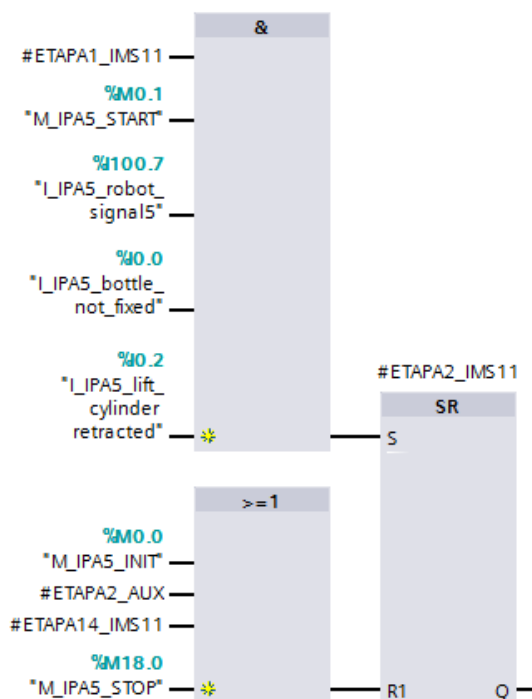
Figura_GP 20: Variables globales del bloque DB.

Procedemos a realizar la programación de las condiciones de transición de las etapas del proceso, comenzaremos desde la etapa 1. Se deberá de crear un botón virtual o un switch como entrada física del PLC como habilitador de las transiciones en este caso **"M_IPA5_INIT"**.

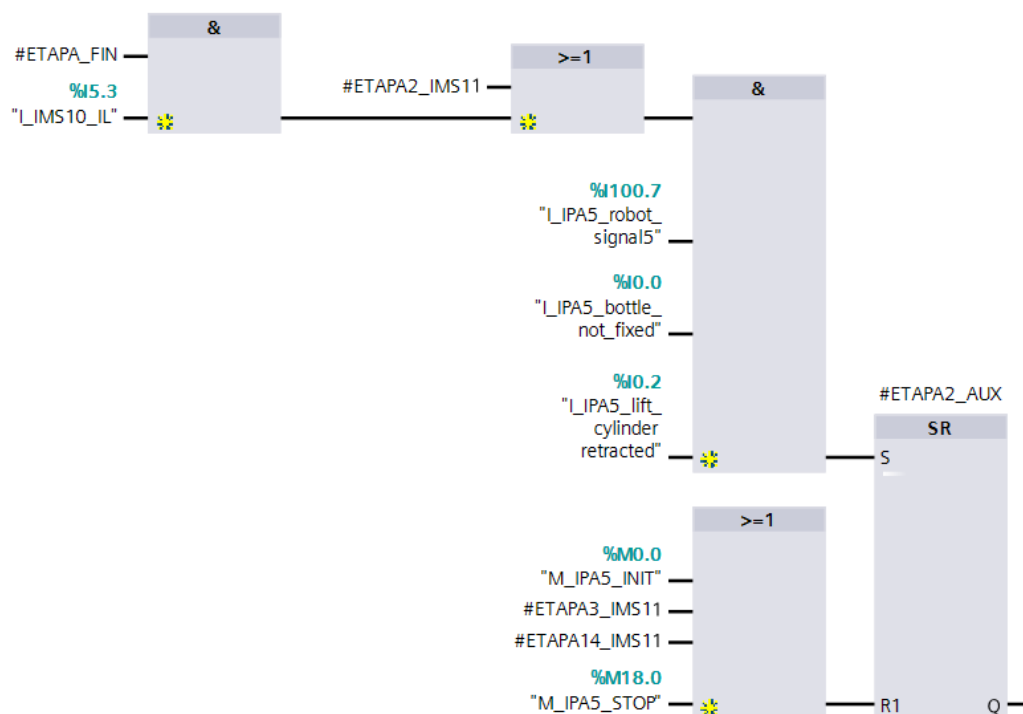
Analice y escriba el siguiente código en el espacio de trabajo del bloque de funciones creado anteriormente, véase en las siguientes figuras.



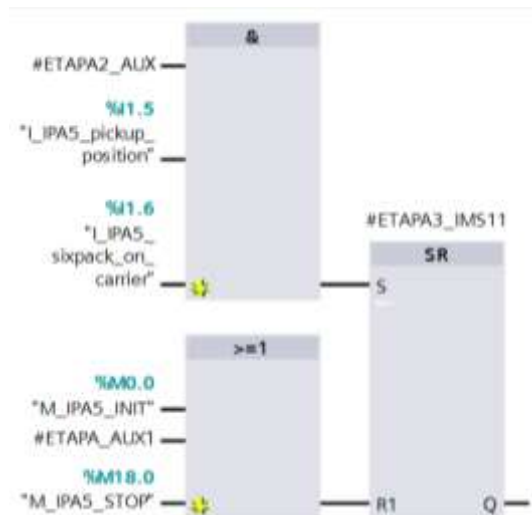
Figura_GP 21: Condición de transición para ingreso al programa etapa 1.



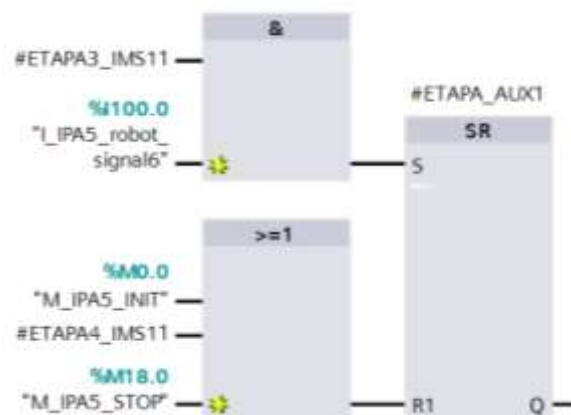
Figura_GP 22: Condición de transición para la etapa 2.



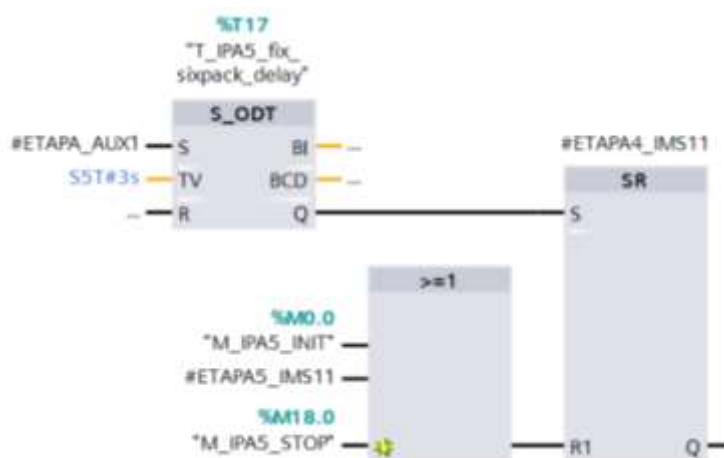
Figura_GP 23: Condición de transición para la etapa 2_auxiliar.



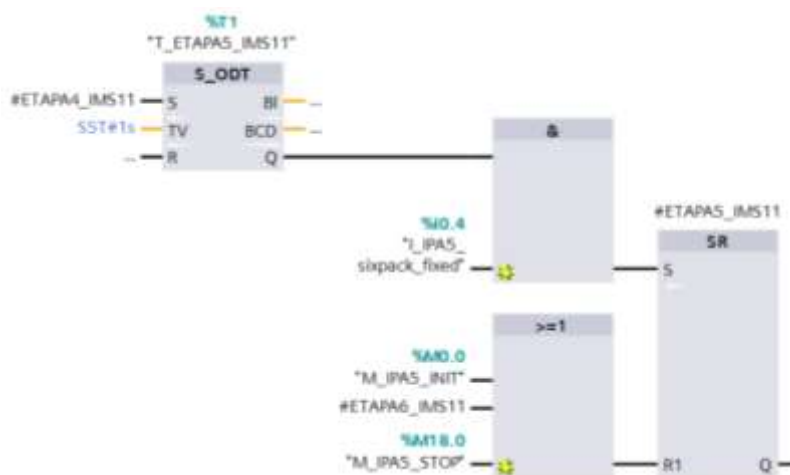
Figura_GP 24: Condición de transición para la etapa 3.



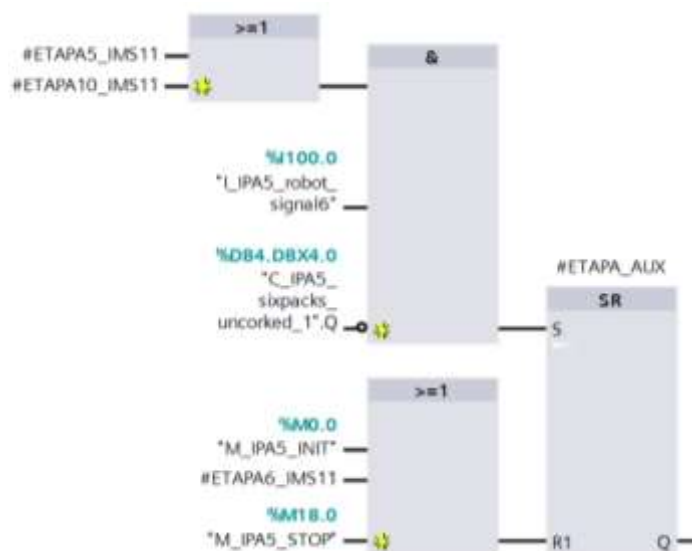
Figura_GP 25: Condición de transición para la etapa auxiliar 1.



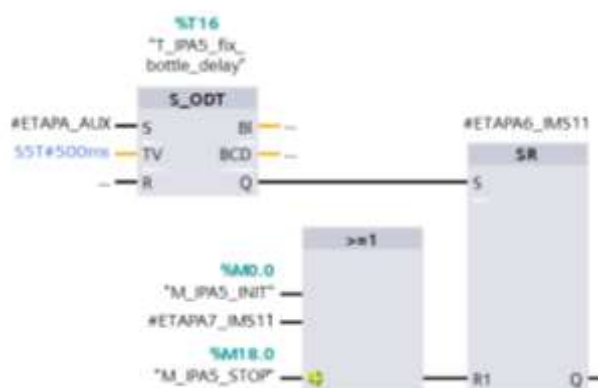
Figura_GP 26: Condición de transición para la etapa 4.



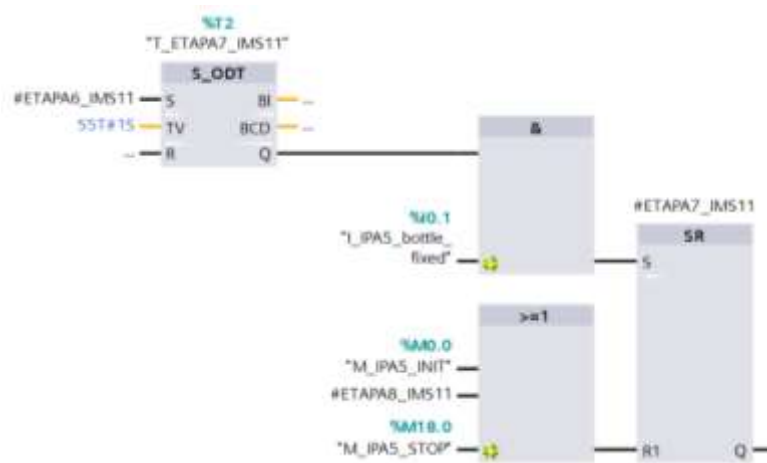
Figura_GP 27: Condición de transición para la etapa 5.



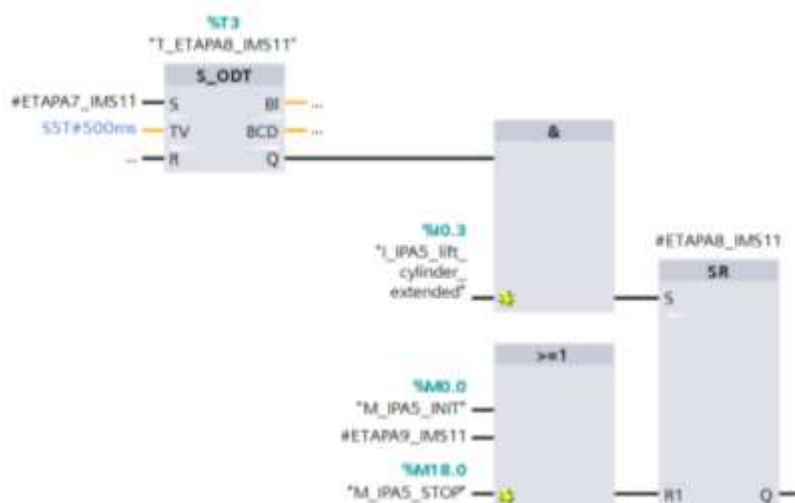
Figura_GP 28: Condición de transición para la etapa Auxiliar.



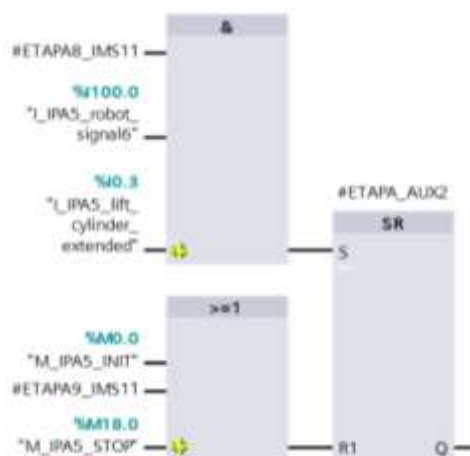
Figura_GP 29: Condición de transición para la etapa 6.



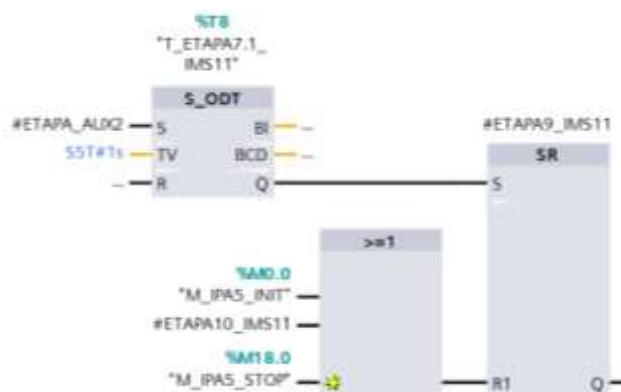
Figura_GP 30: Condición de transición para la etapa 7.



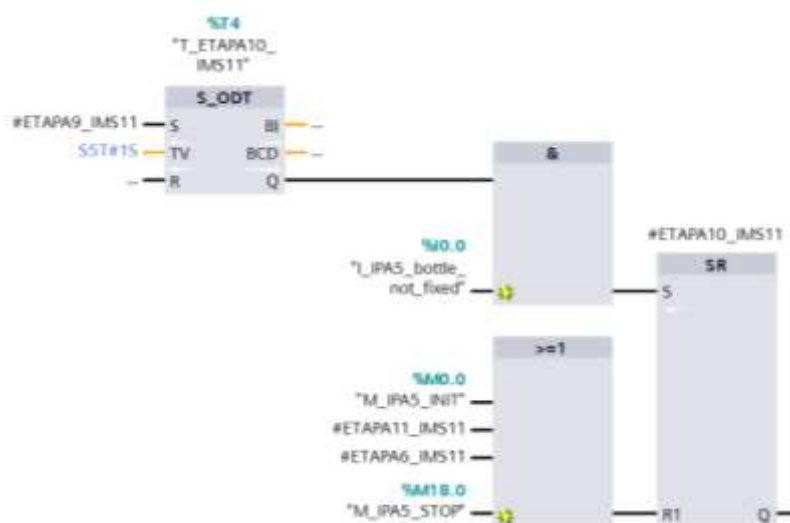
Figura_GP 31: Condición de transición para la etapa 8.



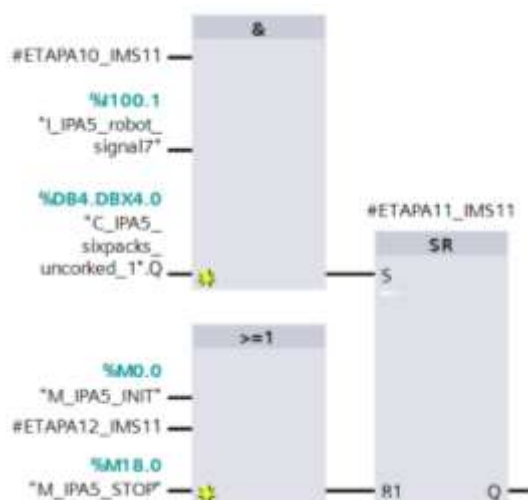
Figura_GP 32: Condición de transición para la etapa auxiliar 2.



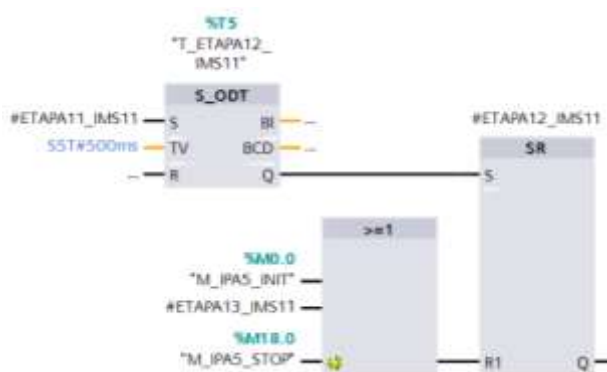
Figura_GP 33: Condición de transición para la etapa 9.



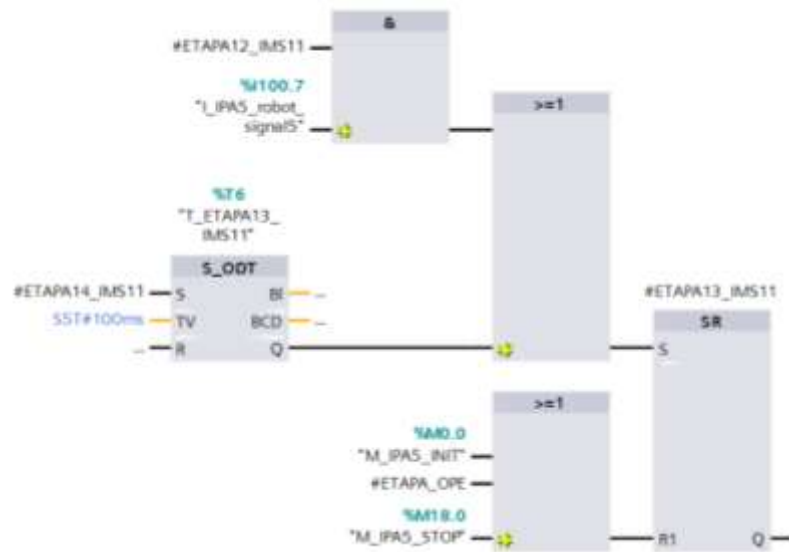
Figura_GP 34: Condición de transición para la etapa 10.



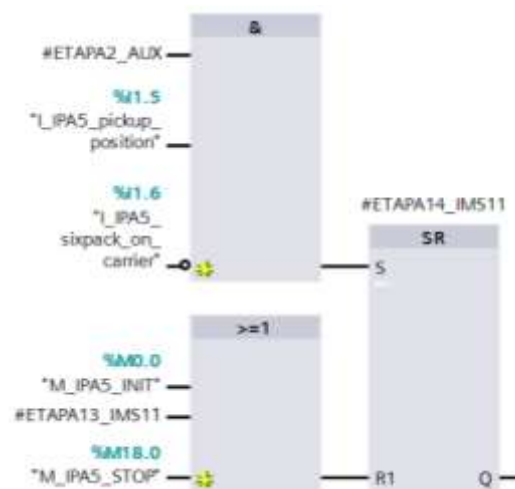
Figura_GP 35: Condición de transición para la etapa 11.



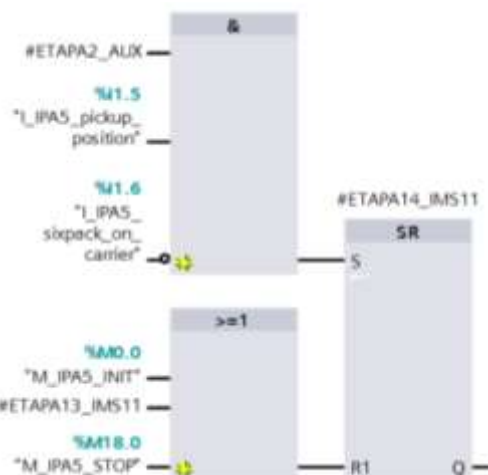
Figura_GP 36: Condición de transición para la etapa 12.



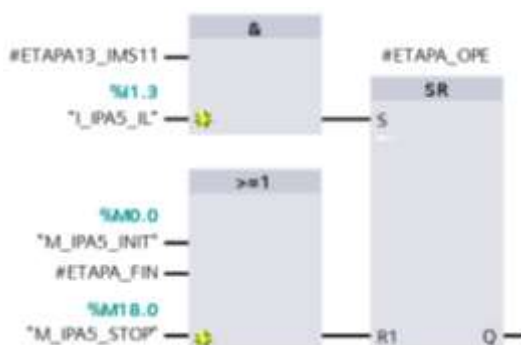
Figura_GP 37: Condición de transición para la etapa 13.



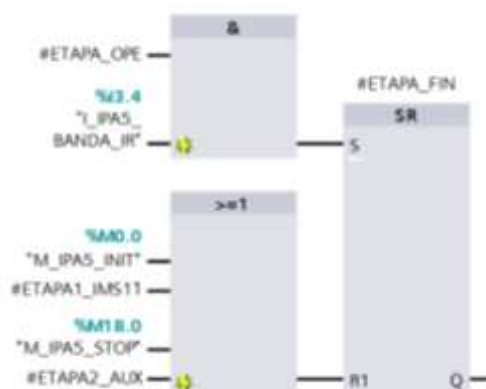
Figura_GP 38: Condición de transición para la etapa 14.



Figura_GP 39: Condición de transición para la etapa 14 desde etapa 2.



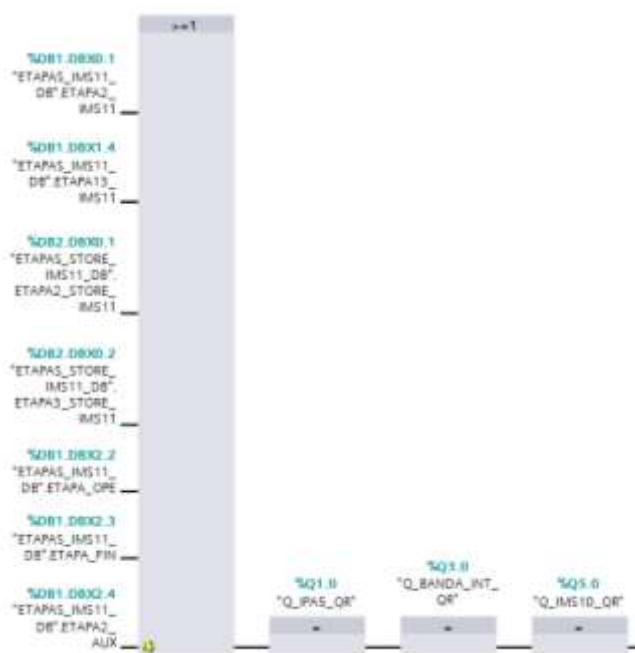
Figura_GP 40: Condición de transición para la etapa operador.



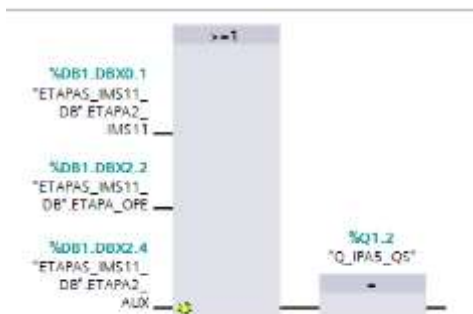
Figura_GP 41: Condición de transición para la etapa fin.

2.4 Instrucciones de salida.

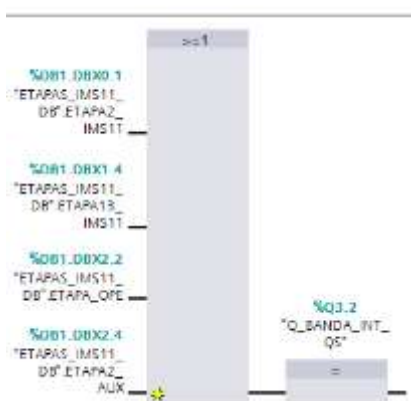
Las instrucciones se lo realizaran en el bloque “**FC**”, la diferencia de este bloque con el bloque “**FB**”, es que permite guardar cambios de estados lógicos de las variables del PLC, ya sean memorias o salidas. Para la ejecución de dichas instrucciones se utilizará las funciones “**=**” igual o “**SR**” set-reset, con el fin de cambiar los valores lógicos de ciertas señales. También daremos usos de contadores en este caso un contador Down, así mismo para poder tener un control por pantalla se tendrá que mostrar en el HMI, el decremento de la variable, por lo que se utiliza la función Move. Los segmentos de código se muestran en las siguientes figuras.



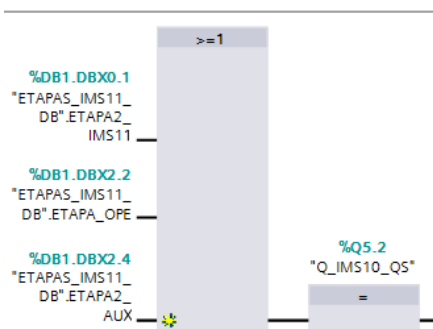
Figura_GP 42: Encendido de los Motores de las bandas.



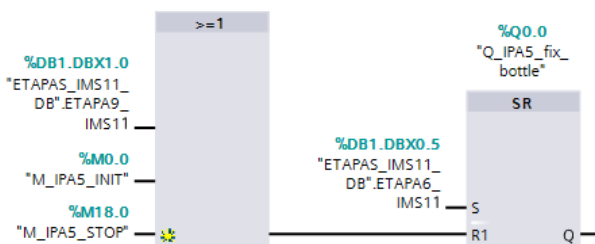
Figura_GP 43: Marcha lenta de la banda IPA 5.



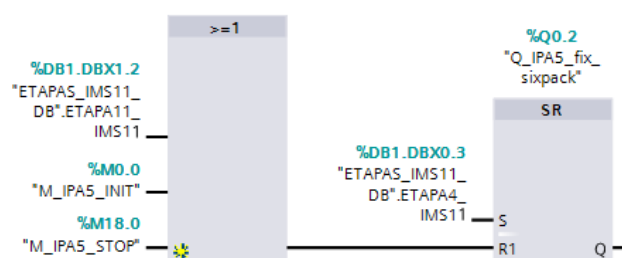
Figura_GP 44: Marcha lenta de la banda esclavo #8.



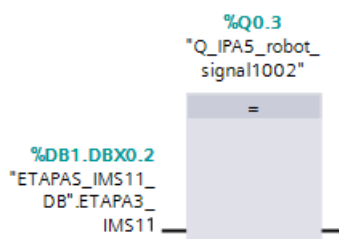
Figura_GP 45: Marcha lenta de la banda esclavo #4.



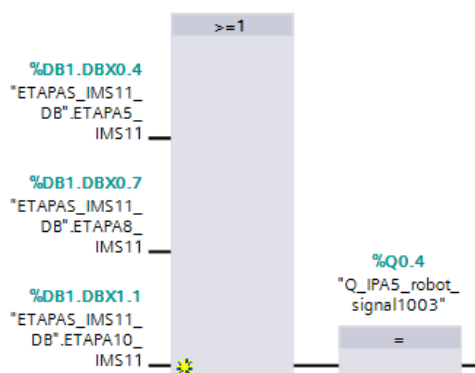
Figura_GP 46: Agarrar botella.



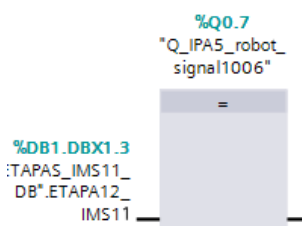
Figura_GP 47: Sujetar sixpack.



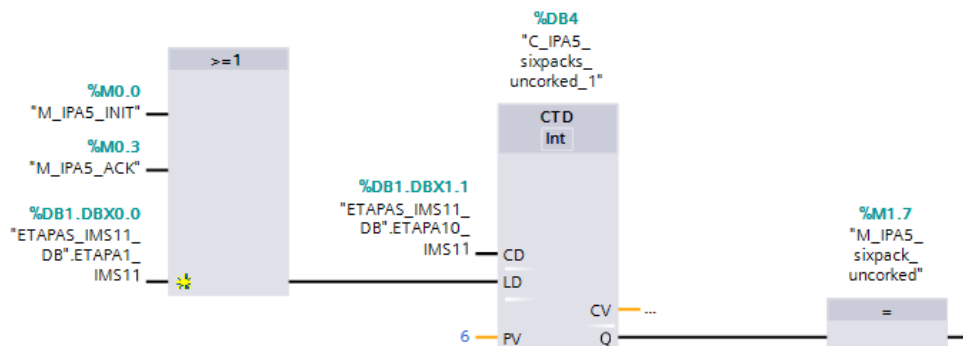
Figura_GP 48: Tomar sixpack desde Home Position.



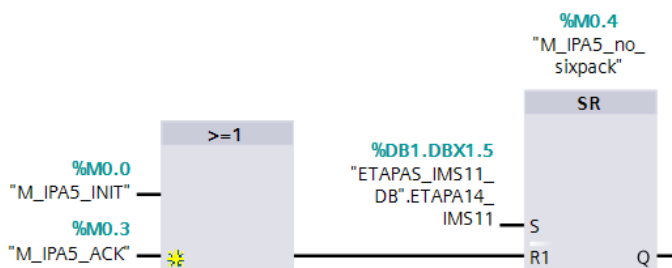
Figura_GP 49: Señal para realizar acción robot.



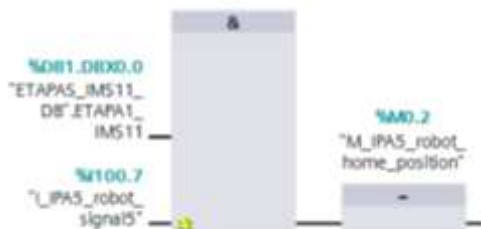
Figura_GP 50: Llevar sixpack a la banda.



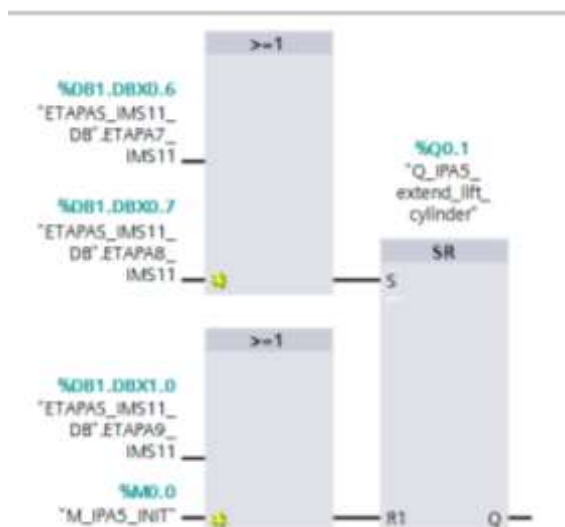
Figura_GP 51: Contador para control de descorchado.



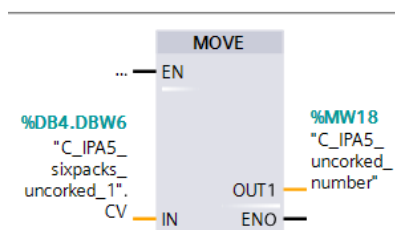
Figura_GP 52: Sixpack vacío.



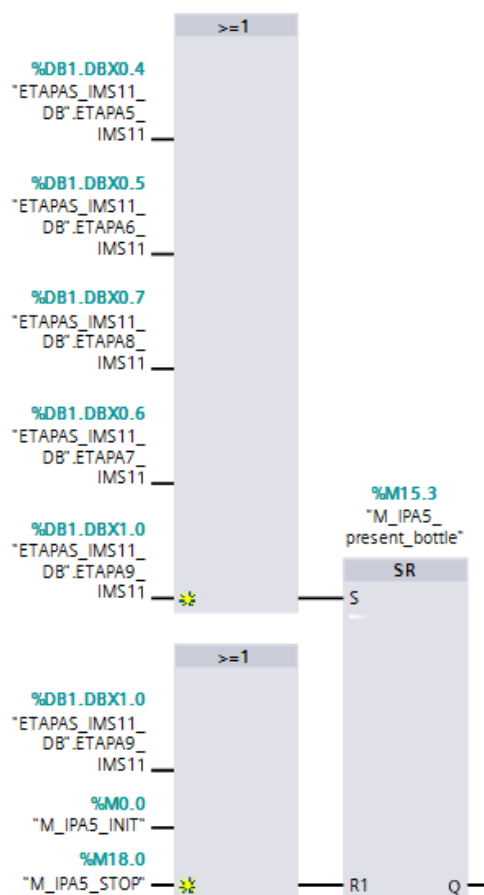
Figura_GP 53: Robot en posición Home.



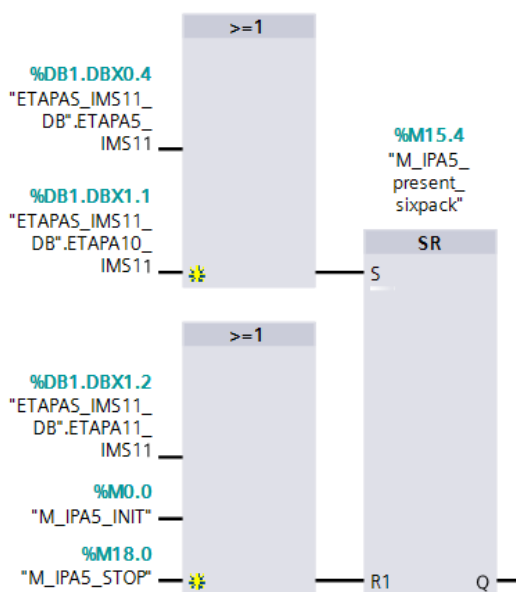
Figura_GP 54: Cilindro de elevación.



Figura_GP 55: Paso de INT a WORD.



Figura_GP 56: Botella presente en descorchador.

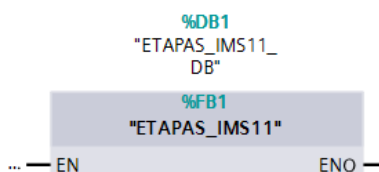


Figura_GP 57: Sixpack presente en descorchador.

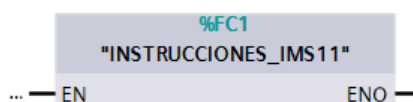
2.5 Main del Programa.

Para proceder a la ejecución debemos llamar las funciones que hemos creado; bloque “**FC**” y “**FB**”, en el momento que se llame a funciones donde se ha utilizado un **bloque de datos “DB”**, se deberá de llamar primeramente el nombre de la función y luego el “**DB**” que le corresponde. En este programa no se necesitarán condiciones de habilitación para ingresar a los bloques de funciones, por lo que solo bastara con llamar a las funciones en el Main. A continuación, se presentarán los bloques que serán llamados al momento de ejecutar el programa.

Para insertar los bloques solo basta con arrastrarlos desde el árbol del programa, hacia el área de trabajo del Main, véase en las siguientes figuras.



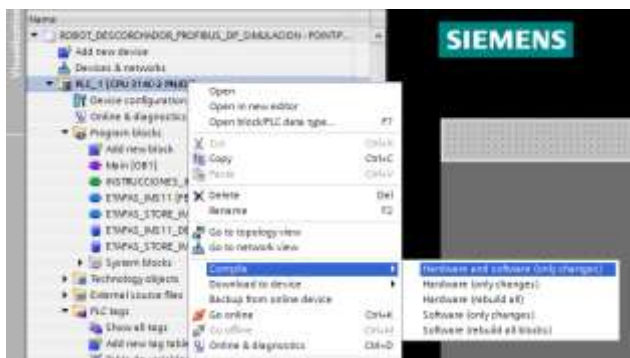
Figura_GP 58: Función de condiciones de transiciones.



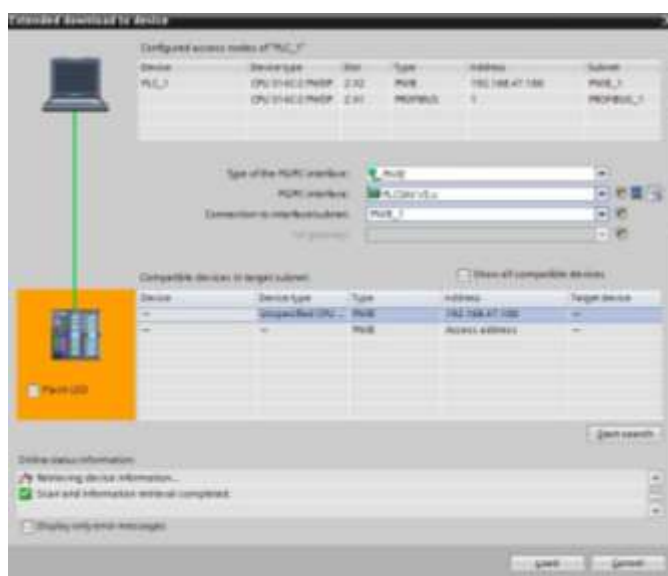
Figura_GP 59: Función de Instrucciones de salida.

2.6 Ejecución del programa.

Proceda a compilar el programa, si no existen Errores ni advertencias procedemos a cargar el programa, véase en la siguiente figura.



Figura_GP 60: compilación del Programa.



Figura_GP 61: Carga del Programa.

La secuencia tiene el siguiente orden:

- Coloque el pallet en la banda.
- Enclave el switch 0.7.
- Presione el Botón Start.
- Presione el switch 0.0.
- Espere 4 segundos.
- Presione 12 veces el switch 0.0, en intervalos de 3 segundos para realizar el descorchado.
- Presione switch 0.1, espere 3 segundos.
- El proceso terminará cuando la banda vuelva a modo lenta.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

PRÁCTICA 3

CARGA DE FIRMWARE A HMI

1. OBJETIVOS

- Aprender las funciones de las distintas interfaces de PG/PG.
- Resolver problemas de conexión y carga de firmware en el HMI.
- Configuraciones para realizar una carga exitosa en el HMI.

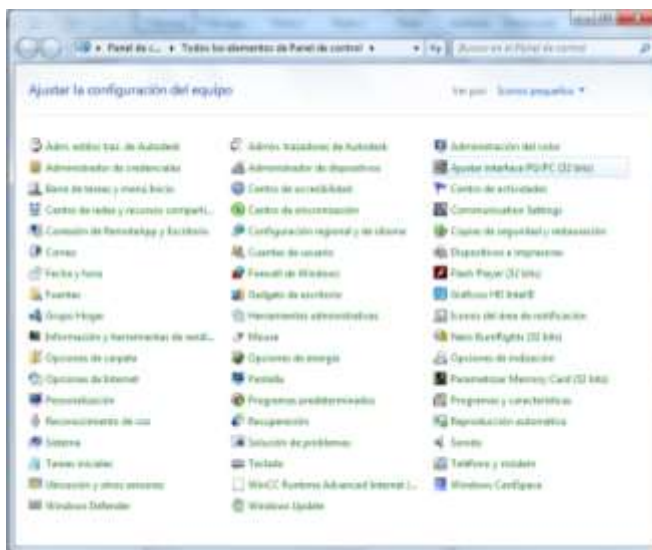
2. PROCEDIMIENTO

Unos de los problemas más comunes al momento de operar un HMI, indiferente del fabricante es la petición de actualización de firmware del dispositivo, y mucho de los casos los operadores no están capacitados para dar dicho mantenimiento.

Por lo general se suele apagar los dispositivos cuando el HMI está en este proceso con el fin de saltarse este importante paso, por lo que el dispositivo en mucho de los casos entra en el modo avión, donde el HMI pide que el sistema operativo se vuelva a carga y que se reestablezca las configuraciones de fábrica. A continuación, se muestran los pasos para realizar el re estabilización del sistema operativo del HMI y cargar la configuración de fábrica.

2.1 Ajustar interface PG/PC

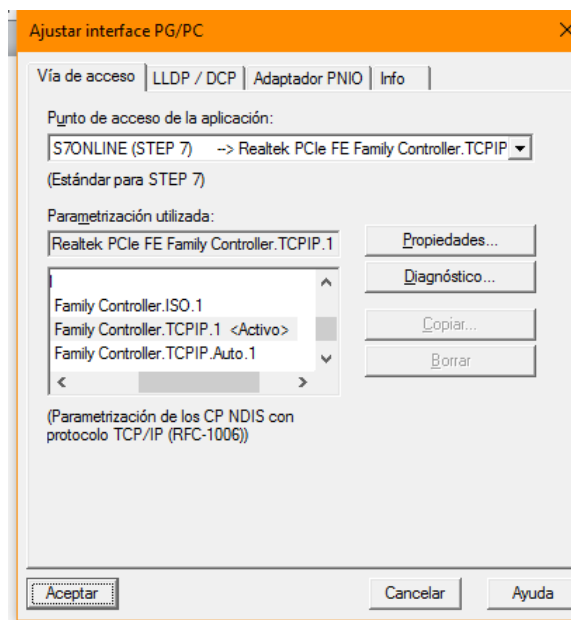
Ingrese al **Panel de control** de Windows, clic en **Ajustar interface PG/PC**, donde aparecerá el asistente de conexión y protocolos.



Figura_GP 62: Panel del control.

2.2 Vía de acceso

En el cuadro de configuraciones, haga clic en la pestaña **de Vía de acceso**, seleccione la tarjeta de red de su computador, con el **protocolo TCP-IP**.



Figura_GP 63: Ajustar interface PG/PC.

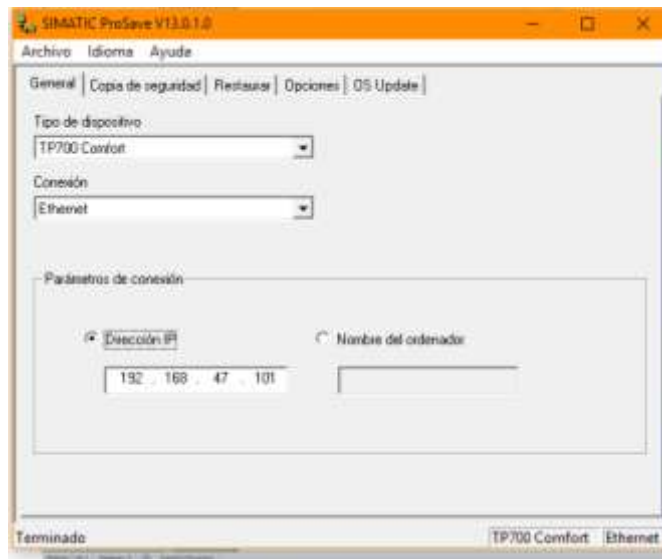
Haga clic en propiedades, y verifique que el Timeout este en 10, y ok.



Figura_GP 64: Propiedades.

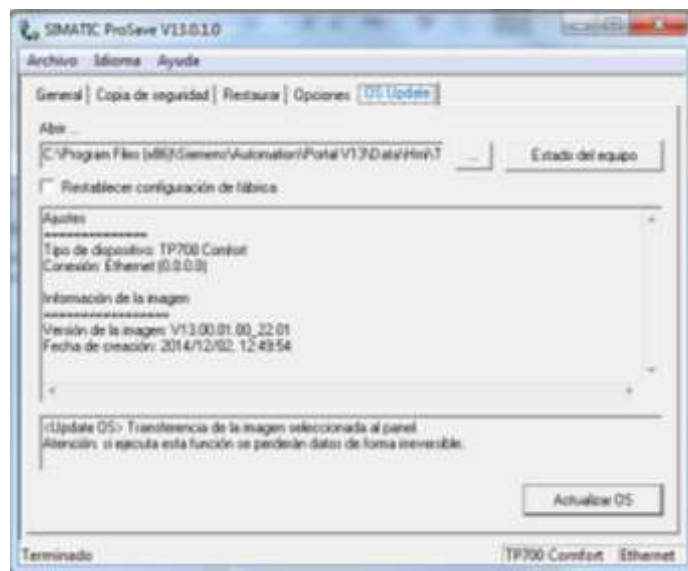
2.3 Simatic ProSave

Busque el asistente **Simatic ProSave**, en el buscador de Windows, y **clic** en el programa. En las configuraciones Generales, seleccione el dispositivo y el tipo de conexión que se desea configurar, en este caso TP700 Comfort y Ethernet. Por último ingrese la dirección IP que tiene el dispositivo.



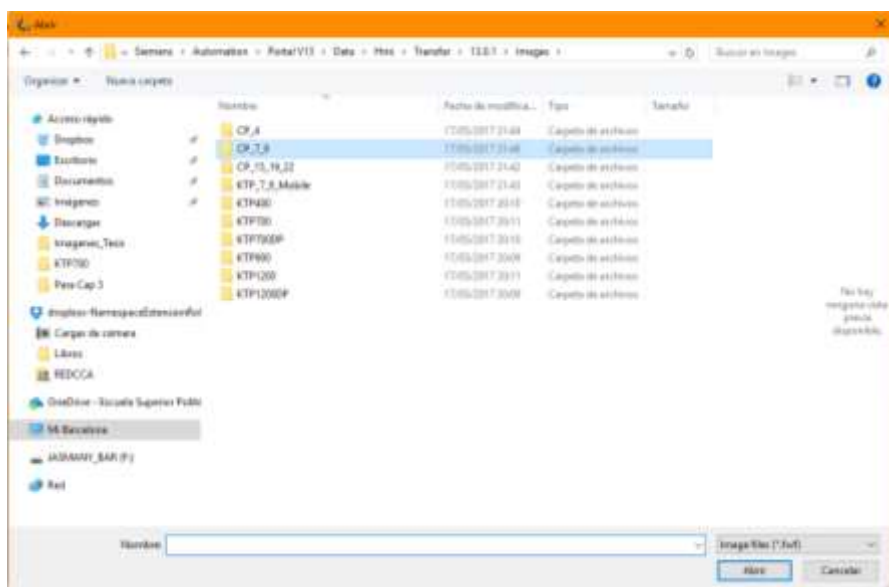
Figura_GP 65: Simatic ProSave.

Seleccionamos la pestaña **Update**, verifique las características del dispositivo y la información del firmware y del sistema operativo.



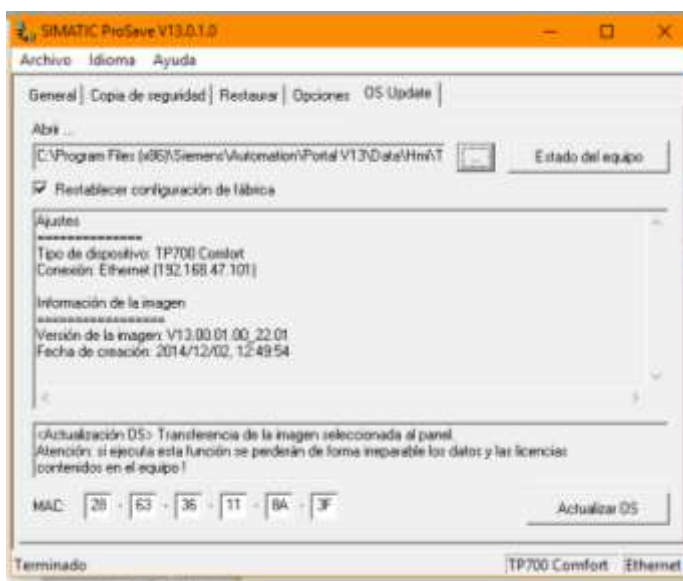
Figura_GP 66.UpDate.

Busque la imagen del sistema correspondiente al dispositivo, y clic en abrir.



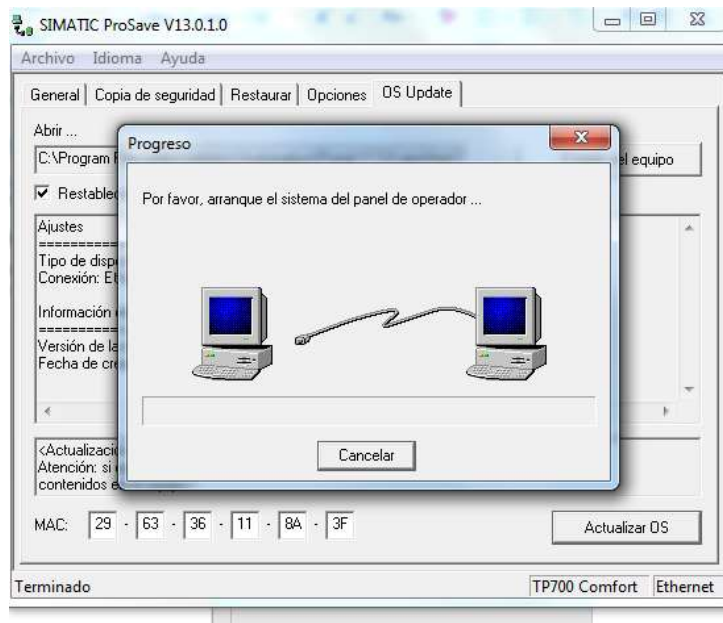
Figura_GP 67: Selección de archivo de la imagen del sistema.

Ya seleccionado la imagen del sistema, seleccione Restablecer configuración de fábrica, y coloque la MAC del dispositivo.



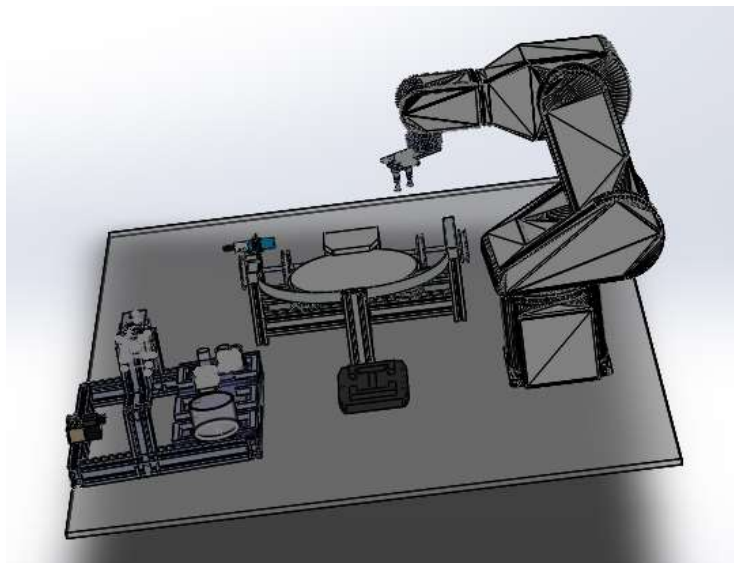
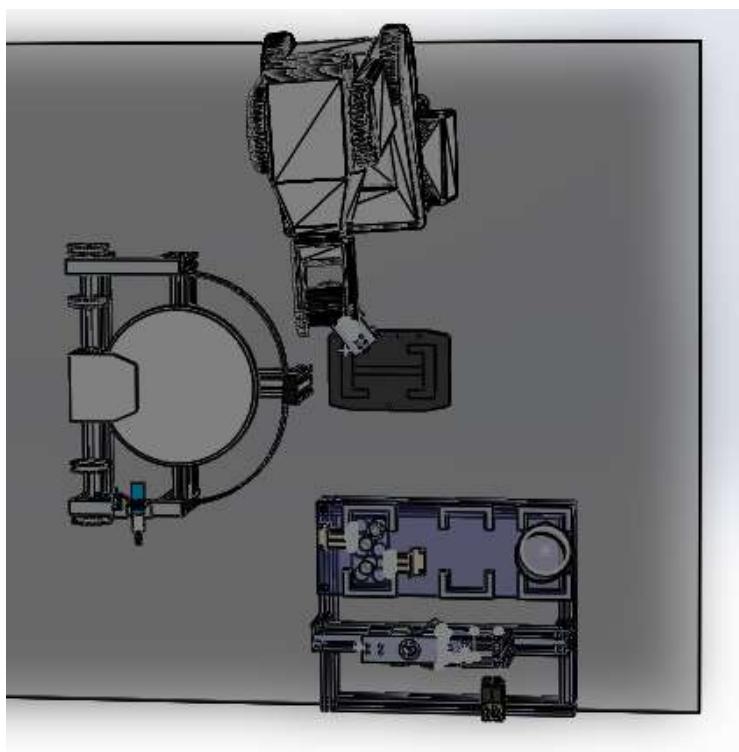
Figura_GP 68: Configuración final.

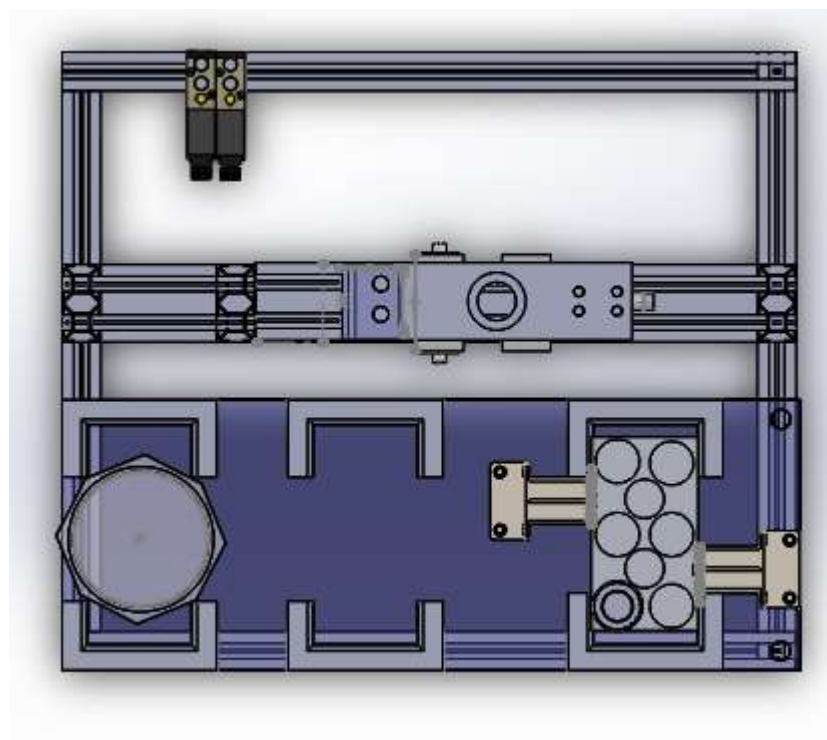
Saldrá el indicador de conectividad, cuando el dispositivo se conecte, en la pantalla del HMI, saldrá un mensaje "**Firmware Transfer**", al terminar la conexión el HMI, presentara la pantalla principal del sistema operativo.



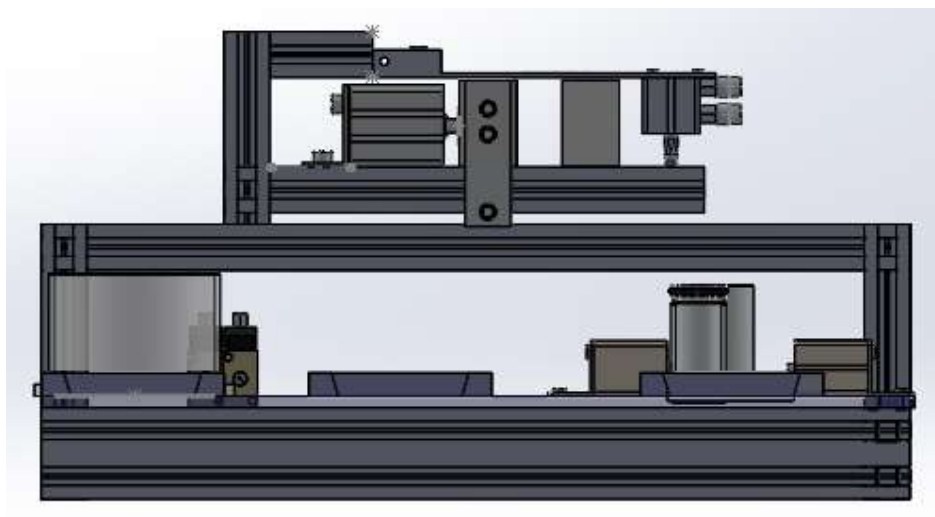
Figura_GP 69: Conexión PC-HMI.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

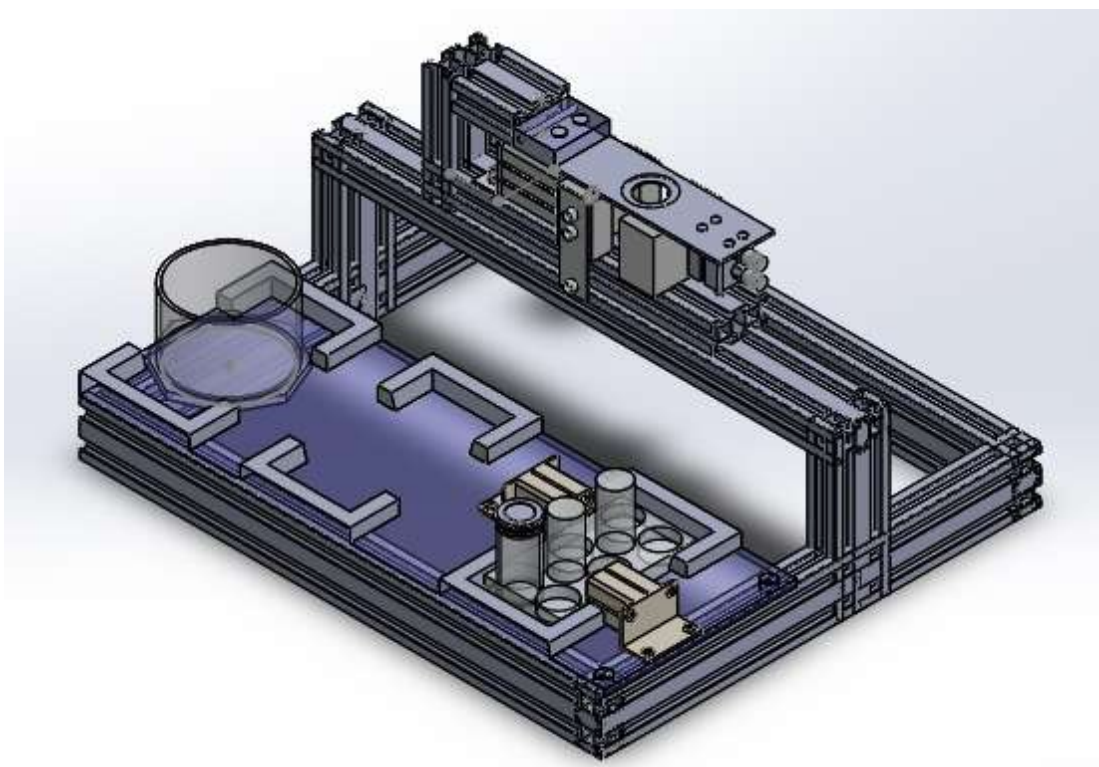
ANEXO 5. MODELADO 3D IMS11**IMS 11 Vista Lateral****IMS 11 Vista Superior**



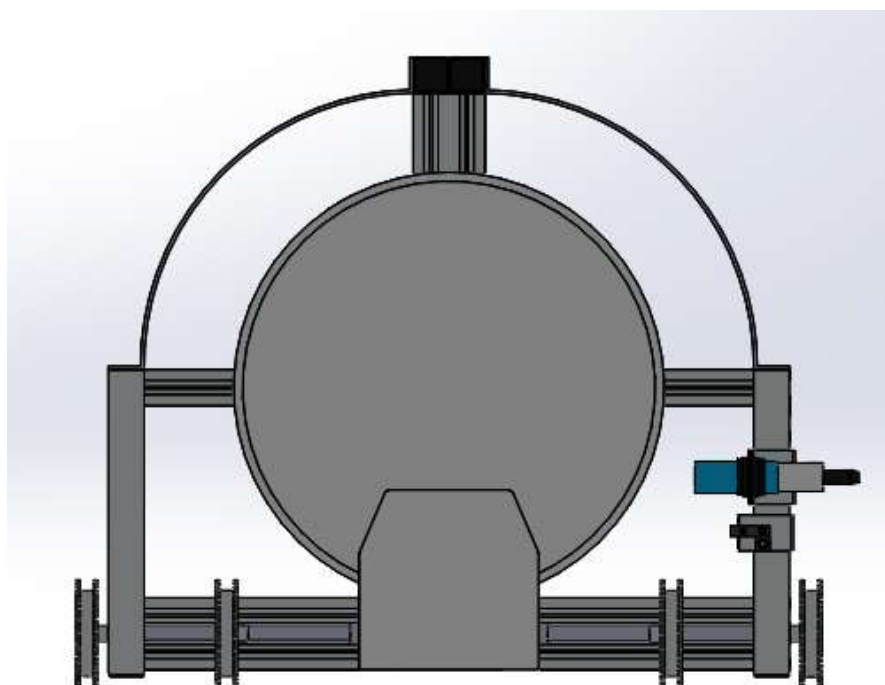
IPA 5 Vista Superior



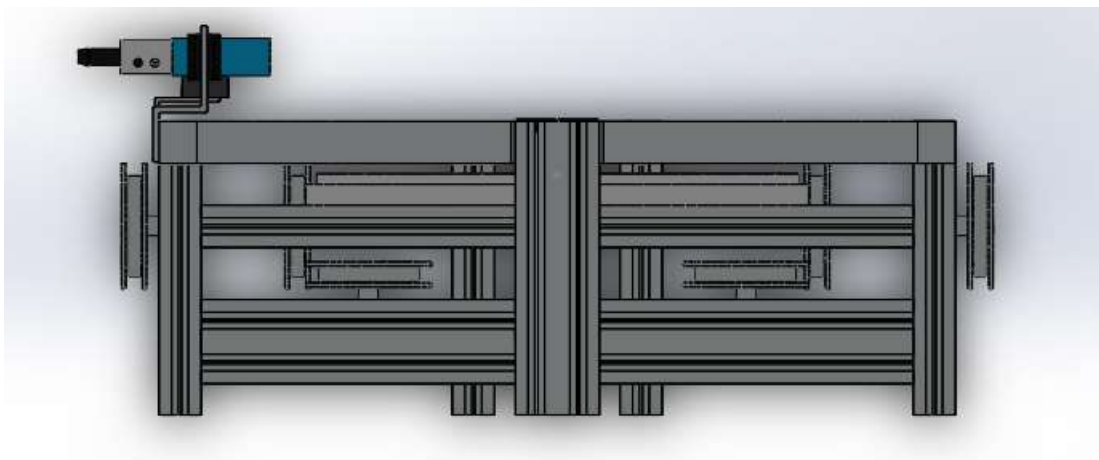
IPA 5 Vista frontal



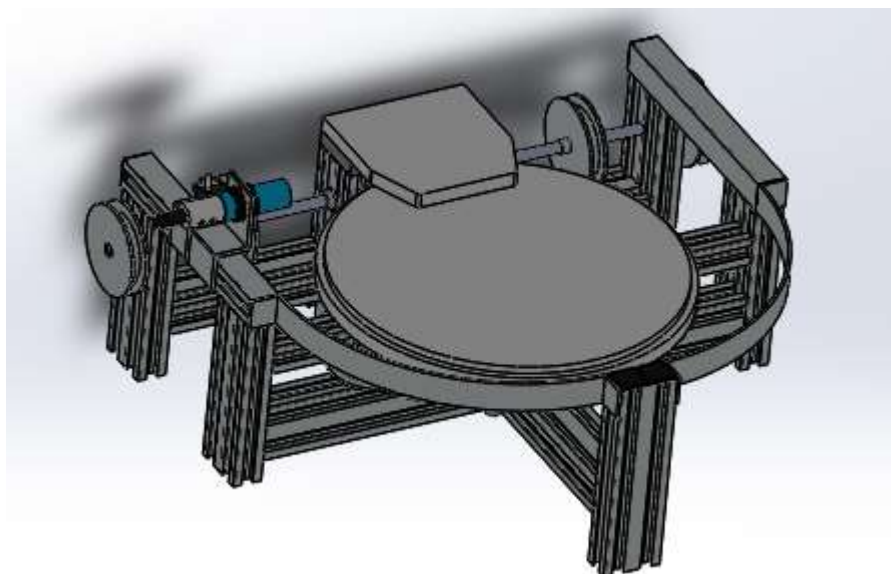
IPA 5 Vista Isométrica



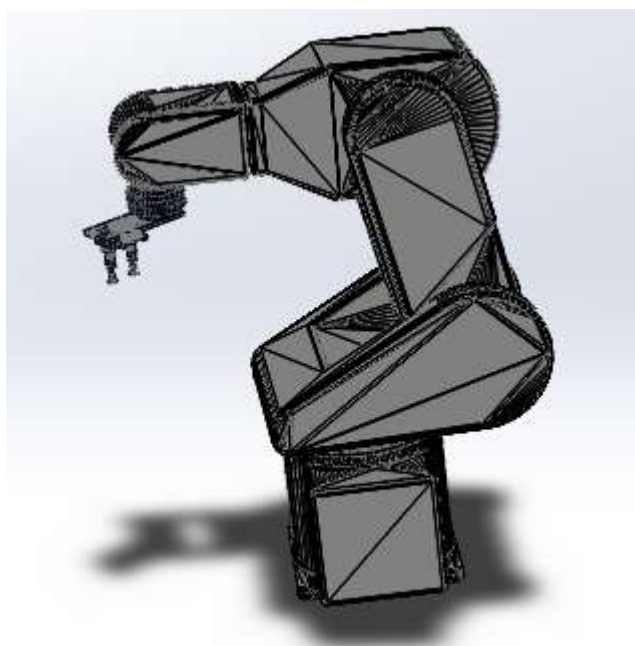
Banda Vista Superior



Banda Vista Frontal



Banda Vista Isométrica



Robot Kawasaki RS03N Vista Isométrica