



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO A DISTANCIA EN PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON ROBOT INDUSTRIAL KAWASAKI RS003 POR MEDIO DE LA RED GSM EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

**CEVALLOS RODRIGUEZ HORTENCIO DELFÍN  
GUALACIO PADILLA JOSÉ LUIS**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

Previa a la obtención del Título de:

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2017-07-06

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**CEVALLOS RODRIGUEZ HORTENCIO DELFÍN**

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO A DISTANCIA EN PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON ROBOT INDUSTRIAL KAWASAKI RS003 POR MEDIO DE LA RED GSM EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Ángel Alberto Silva Conde  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2017-07-06

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**GUALACIO PADILLA JOSÉ LUIS**

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO A DISTANCIA EN PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON ROBOT INDUSTRIAL KAWASAKI RS003 POR MEDIO DE LA RED GSM EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Ángel Alberto Silva Conde  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CEVALLOS RODRIGUEZ HORTENCIO DELFÍN

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO A DISTANCIA EN PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON ROBOT INDUSTRIAL KAWASAKI RS003 POR MEDIO DE LA RED GSM EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-06

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Ángel Alberto Silva Conde <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Homero Almendariz Puente  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** GUALACIO PADILLA JOSÉ LUIS

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO A DISTANCIA EN PROCESOS DE ENSAMBLAJE CON ROBOT INDUSTRIAL KAWASAKI RS003 POR MEDIO DE LA RED GSM EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-06

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Ángel Alberto Silva Conde <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Homero Almendariz Puente  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Cevallos Rodriguez Hortencio Delfín**

---

**Gualacio Padilla José Luis**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo y esta meta cumplida a mi madre Isabel Rodríguez quien ha sido mi combustible y promotora para seguir adelante ahora siempre además de brindarme su apoyo de dos maneras como madre y padre y por haber confiado en mí, a mis hermanos y hermanas: Rosario, Ángel, Sandra, María y Daniel Cevallos quienes han sido mi pilar para poder lograr esta meta personas quienes han estado junto a mí y con quienes voy a contar siempre su apoyo y por confiar en mí y a mi novia Tamara Armijos por haber confiado en mí y su apoyo a la vez. Por ustedes va esto porque son importantes para mí y yo de igual manera para ustedes.

**Hortencio Delfín Cevallos Rodríguez**

Dedico mi trabajo primero que nada a Dios por haber sido mi guía durante mi carrera estudiantil, por haberme dado la valentía y constancia de cumplir cada una de mis metas y gracias a ellas cumplir con mis propósitos.

A mis padres José Gualacio y Petrona Padilla por todo el apoyo brindado, por el enorme sacrificio que han hecho para que hoy en día sea un profesional por sus enseñanzas y valores los cuales han sido fundamentales para realizarme como profesional y a mi familia que día a día me han brindado sus consejos los cuales me han servido de gran ayuda.

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece. Filipenses 4:13

**José Luis Gualacio Padilla**

## **AGRADECIMIENTOS**

Me permito agradecerle a las siguientes personas en especial a una mujer muy importante en mi vida mi madre Isabel Rodríguez que sin su apoyo único de madre de haber inculcado los buenos valores y fuerzas para que siga por el camino del bien y culmine esta meta y el presente trabajo, a mi hermano Daniel Cevallos quien estado junto todos estos años como politécnicos, como un hermano y un amigo en esta vida de estudiante y por su ayuda incomparable para poder culminar con éxito el presente trabajo, a mi compañero y amigo José Gualacio por permitirme ser su compañero de tesis y con quien se realizó con éxito el presente trabajo y por su amistad de igual manera a los docentes de la Facultad de Mecánica Ing. Ángel Silva e Ing. Pablo Montalvo por su ayuda catedrática como director y asesor respectivamente y se logre con éxito el presente trabajo de titulación.

**Hortencio Delfín Cevallos Rodríguez**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme abierto las puertas de su gloriosa Institución, a la Escuela de Ingeniería Industrial por haberme permitido formarme como profesional y a cada uno de los docentes quienes a lo largo del camino me inculcaron conocimientos los cuales fueron fundamentales para mi vida profesional.

A mi Director de tesis Ing. Ángel Silva y al Ing. Pablo Montalvo asesor de tesis, por su apoyo incondicional durante el trayecto de mi trabajo de titulación.

**José Luis Gualacio Padilla**

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación .....	1
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.4 Definición del Tema .....	3
<b>2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO</b>	
2.1 Procesos de ensamblaje .....	4
2.1.1 <i>Tipos de procesos.</i> .....	4
2.1.2 <i>Tipos de uniones de ensamblajes.</i> .....	7
2.2 Robot industrial .....	7
2.2.1 <i>Grados de libertad (GDL).</i> .....	8
2.2.2 <i>Configuraciones morfológicas de los robots industriales.</i> .....	8
2.2.3 <i>Sistemas y elementos de seguridad.</i> .....	9
2.2.4 <i>Kawasaki RS003N.</i> .....	10
2.3 Automatización industrial.....	12
2.3.1 <i>Pirámide de la automatización industrial.</i> .....	12
2.4 Control y monitoreo de procesos industriales .....	13
2.4.1 <i>Elementos de control y monitoreo.</i> .....	14
2.4.2 <i>Sistemas de control.</i> .....	14
2.5 PLC.....	14
2.5.1 <i>Estructura básica de un PLC.</i> .....	15
2.5.2 <i>Aplicaciones.</i> .....	16
2.5.3 <i>Siemens SIMATIC S7-1200.</i> .....	17
2.5.4 <i>Siemens SIMATIC S7-1500.</i> .....	17
2.6 Comunicación PROFINET .....	18
2.6.1 <i>PROFINET I/O.</i> .....	19

2.7	Red GSM .....	20
2.7.1	<i>Arquitectura del GSM.</i> .....	20
2.8	SIMATIC NET CP 1242-7 .....	21
2.8.1	<i>Envío y recepción de SMS.</i> .....	22
2.8.2	<i>Bloques de Programas de telecontrol.</i> .....	23
2.9	Pantalla HMI.....	26
2.9.1	<i>SIMATIC HMI Basic panel.</i> .....	26
2.10	Variador de velocidad G110.....	27
2.11	Sistemas de bandas transportadoras .....	28
2.11.1	<i>Funcionamiento de las bandas transportadoras.</i> .....	28
2.11.2	<i>Aplicaciones de las bandas transportadoras.</i> .....	28
2.11.3	<i>Tipos de bandas transportadoras.</i> .....	29
2.11.4	<i>Ventajas:</i> .....	29
2.11.5	<i>Desventajas:</i> .....	29
2.12	Válvula solenoide .....	29
2.12.1	<i>Válvula solenoide monoestable 5/2.</i> .....	30
2.13	Sensores fotoeléctricos .....	30
2.13.1	<i>Principios de funcionamiento de un sensor fotoeléctrico.</i> .....	31
2.13.2	<i>Distancia nominal de detección.</i> .....	31
2.13.3	<i>Distancia efectiva de detección.</i> .....	31
2.14	Sensores capacitivos. ....	31
2.14.1	<i>Ventajas:</i> .....	31
2.14.2	<i>Desventajas:</i> .....	32
2.15	Elementos de seguridad .....	32
2.15.1	<i>Parada de emergencia.</i> .....	32
2.15.2	<i>Torre de señalización de proceso</i> .....	33
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO A DISTANCIA</b>	
3.1	Descripción general .....	34
3.1.1	<i>Descripción del proceso de ensamblaje.</i> .....	34
3.1.2	<i>Automatización del proceso de ensamblaje.</i> .....	36
3.2	Diseño del sistema de control y monitoreo .....	38
3.2.1	<i>Selección de los controladores.</i> .....	38

3.2.2	<i>Control de las bandas transportadora.</i>	38
3.2.3	<i>Control del robot.</i>	39
3.2.4	<i>Selección de pantalla HMI.</i>	41
3.2.5	<i>Control y monitoreo GSM del proceso.</i>	41
3.2.6	<i>Selección de indicador de proceso.</i>	42
3.3	Montaje del sistema de control y monitoreo.	43
3.4	Programación del sistema de control	48
3.4.1	<i>Dispositivos en el programa.</i>	48
3.4.2	<i>Configuración red GSM.</i>	51
3.4.3	<i>Configuración red PROFINET.</i>	53
3.4.4	<i>Programación del PLC S7 1200.</i>	54
3.4.5	<i>Programación del PLC S7 1500.</i>	56
3.4.6	<i>Programación HMI.</i>	61
3.4.7	<i>Configuración de variador de velocidad.</i>	63
3.5	Pruebas y puesta en marcha del sistema de control y monitoreo	64
<b>4.</b>	<b>GUÍA DE OPERACIÓN Y GUÍA DE PRACTICA DE LABORATORIO</b>	
4.1	Manual de operación	67
4.2	Guía de prácticas de laboratorio	69
4.2.1	<i>Practica de control de robot industrial Kawasaki RS003N</i>	69
4.2.2	<i>Practica de control de señales de entrada y salida del sistema de ensamblaje</i>	71
4.2.3	<i>Practica de control de y monitoreo a distancia de un proceso de ensamblaje por medio de la red GSM.</i>	73
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO DE COSTOS</b>	
5.1	Costo de inversión	76
5.2	Costos directos	76
5.2.1	<i>Costos de elementos eléctricos</i>	76
5.2.2	<i>Costos de elementos mecánicos</i>	76
5.2.3	<i>Costos operativos</i>	77
5.3	Gastos varios	77
5.4	Resumen de costos y gastos	77

**6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones..... 78

6.2 Recomendaciones ..... 79

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Especificación de variador G110 .....	28
Tabla 2. Indicaciones de la baliza de proceso .....	42
Tabla 3. Características de torre de señalización.....	42
Tabla 4. Bases de Datos de SMS.....	53
Tabla 5. Características del motoreductor .....	63
Tabla 6. Parámetros ingresados al variador.....	64
Tabla 7. Costos de elementos eléctricos.....	76
Tabla 8. Costos de elementos mecánicos .....	76
Tabla 9. Costos operativos .....	77
Tabla 10. Gastos varios .....	77
Tabla 11. Resumen de costos .....	77

## LISTAS DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Línea de ensamblaje de Ford Motor Company .....	4
Figura 2. Proceso intermitente.....	5
Figura 3. Proceso por lote.....	5
Figura 4. Proceso por talleres .....	6
Figura 5. Proceso en masa .....	6
Figura 6. Proceso continuo .....	6
Figura 7. GDL de un robot .....	7
Figura 8. Configuraciones de robots industriales .....	8
Figura 9. Cortina fotoeléctrica.....	9
Figura 10. Sellado y dispensación .....	10
Figura 11. Kawasaki RS003N .....	11
Figura 12. Dimensiones Kawasaki RS003N .....	11
Figura 13. Pirámide de automatización .....	13
Figura 14. PLC SIEMENS SINATIC S7 1200 .....	17
Figura 15. PLC SIEMENS SINATIC S7 1500 .....	18
Figura 16. Red PROFINET .....	19
Figura 17. Arquitectura de la red GSM .....	20
Figura 18. CP 1242-7 .....	22
Figura 19. Envío de SMS de una estación S7-1200 .....	22
Figura 20. Bloque TC_CON.....	23
Figura 21. TC_DISCON.....	24
Figura 22. TC_SEND .....	24
Figura 23. TC_RECV .....	25
Figura 24. Pantallas HMI .....	26
Figura 25. Pantallas HMI SIEMENS .....	26
Figura 26. BOP de variador G110.....	27
Figura 27. Variador de Siemens G110 .....	27
Figura 28. Válvula solenoide.....	30
Figura 29. Sensor fotoeléctrico.....	30

Figura 30. Botón de emergencia.....	32
Figura 31. Torre de señalización de proceso .....	33
Figura 32. Banda transportadora .....	34
Figura 33. Diagrama del proceso de ensamble.....	35
Figura 34. Ensamble explotado .....	36
Figura 35. Diagrama del proceso automatizado .....	37
Figura 36. Diagrama de conexión del motor .....	38
Figura 37. Diagrama de conexión de los cilindros y sensores .....	39
Figura 38. Primera actividad robot.....	40
Figura 39. Segunda actividad robot.....	40
Figura 40. Tercera actividad robot .....	41
Figura 41. Diagrama de conexión de la baliza de proceso .....	42
Figura 42. Tablero .....	43
Figura 43. Panel de control.....	43
Figura 44. Canaletas del tablero de control .....	44
Figura 45. Montaje de protecciones .....	44
Figura 46. Montaje del variador de frecuencias .....	45
Figura 47. Instalación del PLC S7-1500 y sus módulos .....	45
Figura 48. Instalación del PLC S7-1200 y sus módulos .....	46
Figura 49. Montaje de la pantalla HMI y botón de emergencia.....	46
Figura 50. Montaje de la antena GSM.....	47
Figura 51. Tablero de control .....	47
Figura 52. Planta de ensamblaje .....	48
Figura 53. PLC S7 1200 en TIA Portal .....	49
Figura 54. PLC S7 1500 en TIA Portal .....	49
Figura 55. HMI en TIA Portal.....	50
Figura 56. Conexión en red de dispositivos .....	50
Figura 57. Propiedades CP 1242-7 .....	51
Figura 58. Base de datos de usuarios móviles.....	52
Figura 59. Envío de SMS .....	52
Figura 60. Recepción de SMS .....	53
Figura 61. PROFINET S7-1200 .....	54
Figura 62. PROFINET S7-1500.....	54
Figura 63. Segmento comunicación GSM.....	55

Figura 64. Segmento control variador .....	56
Figura 65. Segmento inicio ensamblado .....	57
Figura 66. Segmento proceso 1 .....	57
Figura 67. Segmento proceso 2 .....	58
Figura 68. Segmento proceso 3 .....	59
Figura 69. Segmento control motor.....	59
Figura 70. Segmento control proceso .....	60
Figura 71. Segmento baliza seguridad.....	61
Figura 72. Imagen raíz.....	62
Figura 73. Imagen control robot.....	62
Figura 74. Imagen 2.....	63
Figura 75. Envío de orden de ensamble .....	64
Figura 76. Confirmación de finalización de proceso.....	65
Figura 77. Notificación de emergencia .....	65
Figura 78. Inicio de operador .....	66

## LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE
GSM	SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MOVILES
GDL	GRADOS DE LIBERTAD
CPU	UNIDAD CENTRAL DE PROCESO
MS	MOBILE STATION
BSS	ESTACION DE SUBSISTEMA BASE
NSS	SUBSISTEMA DE RED
OMC	OPERATION AND MAINTENANCE CENTER
SIM	MODULO DE IDENTIDAD DEL SUBSCRIPTOR
IMSI	IDENTIFICACION INTERNACIONAL DE SUBSCRIPTOR MOVIL
IMEI	IDENTIFICACION INTERNACIONAL DEL EQUIPO MOVIL
BTS	ESTACION BASE TRANSEPTORA
BSC	CONTROLADOR DE ESTACION BASE
NS	SUBSISTEMA DE RED
MSC	SUBSISTEMA DE CONMUTACIÓN MÓVIL
HLR	REGISTRO DE LOCALIZACIÓN DE SUBSCRIPTORES
VLR	REGISTRO DE LOCACIÓN DE VISITANTES
AuC	CENTRO DE AUTENTIFICACION
EIR	CENTRO DE INDENTIDA DE EQUIPOS
OMC	CENTRO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
GPRS	SERVICIO DE TRANSMICION DE DATOS ORIENTADOS A PAQUETES
SMS	SERVICIO DE MENSAJES CORTOS
ID	REFERENCA A LA CONEXIÓN CORRESPONDIENTE
IGBT	INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR
IMS	SISTEMA MECATRONICO INDUSTRIAL
HMI	INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA
PIN	NUMERO DE IDENTIFICACION PERSONAL

## **LISTA DE ANEXOS**

- A Especificaciones Kawasaki RS003N
- B Especificaciones SIMATIC PLC S7 1200
- C Especificaciones SIMATIC PLC S7 1200
- D Especificaciones SINAMICS G110
- E Especificaciones SIMATIC NET S7-1242-7 GPRS
- F Ficha técnica del módulo de ensamblaje
- G Guías de mantenimiento
- H Diagramas de neumático
- I Diagramas de control y potencia
- J Fotos del sistema de ensamblaje

## RESUMEN

El objetivo de esta propuesta tecnológica es implementar un sistema de control y monitoreo a distancia en proceso de ensamblaje con robot industrial Kawasaki RS003N por medio de una red GSM en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de Mecánica. El laboratorio de automatización Industrial de la Facultad de Mecánica, dispone de un sistema de banda transportadoras de un IMS (Sistema Mecatrónico Industrial) en conjunto con una pieza de ensamble de capacitación y de un Robot Kawasaki RS003N, es en este sistema donde realizan prácticas los estudiantes, la comunicación inalámbrica GSM se logró implementar gracias a un módulo de comunicación CP 1242-7, a partir de este se puede enviar y recibir los SMS de control y monitoreo del ensamblaje, para que el ensamblaje inicie se debe enviar un mensaje con el número de piezas requeridas, cuando el tablero recepte el SMS, activará una alarma sonora y luminosa que advertirá el inicio de un nuevo proceso, al finalizar este, el tablero enviará otro mensaje indicando la finalización del proceso, se debe responder con un mensaje de confirmación que permitirá el envío de nuevas órdenes, si en la planta de proceso se acciona el botón de emergencia, el usuario móvil recibirá un mensaje con el texto “Parada de emergencia”, este deberá responder con otro SMS con la instrucción “C0” para desprogramar el proceso. El robot realiza el proceso de ensamblaje mediante comunicación GSM sin ninguna dificultad mientras se observa en la pantalla HMI KTP600 simular las señales de salida, así se verifica en tiempo real si el robot está funcionando correctamente. Se describió un manual de operación que facilite al estudiante u operario el uso del sistema de control y monitoreo, dando a conocer el correcto uso del sistema de control y monitoreo planteado. Si durante el proceso de ensamblaje no se recibe notificaciones, se recomienda verificar que el chip del módulo GSM del tablero de control cuente con saldo disponible para que permita enviar notificaciones del estado del proceso, además es aconsejable revisar que el número introducido para receptar las notificaciones sea el correcto.

**Palabras clave:** controlador lógico programable (PLC), interfaz hombre máquina (HMI), automatización totalmente integrada (TIA), mensajes de servicio corto (SMS), sistema mecatrónico industrial (IMS), voltaje de corriente continua (VCC), voltaje de corriente directa (VCD), sistema global de comunicaciones móviles (GSM), unidad central de procesos (CPU), centros de operación y mantenimiento (OMC).

## ABSTRACT

The objective of this technological proposal is to implement a system of control and remote monitoring in the process of assembly with industrial robot Kawasaki RS003N by means of a GSM network in the laboratory of industrial automation on the Faculty of Mechanics. The industrial automation laboratory on the Faculty of Mechanics has a conveyor belts system of an IMS (Industrial Mechatronic System) in conjunction with a training assembly part and a Kawasaki RS003N robot. Students, GSM wireless communication was implemented thanks to a communication module CP1242-7, from this can send and receive the SMS control and monitoring of the assembly to start sending a message with the number of required parts, when the board receives the SMS, it will activate a sound and luminous alarm that will warn the beginning of a new process, at the end of this, the board will send another message indicating the completion of the process, it must respond with a confirmation message that will allow the sending new orders, if the process plant is operated the emergency button, the mobile user will receive a message with the text "Emergency stop", it must reply with another SMS with "CO" instruction to deprogram the process. The robot performs the assembly process via GSM communication without any difficulty while observing on the HMI KTP600 screen simulate the output signals, so it is verified in real time if the robot is working properly. An operation manual was described that facilitates to the student or operator the use of the system of control and monitoring, giving to know the correct use of the system of control and monitoring raised. If no notifications are received during the assembly process, it is recommended to verify that the chip of the GSM module of the control board has available balance to allow to send notifications of the status of the process, in addition it is advisable to check that the number entered to receive notifications Be the correct one.

**Keywords:** PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC). MAN MACHINE INTERFACE (HMI). FULLY INTEGRATED AUTOMATION (TIA). SHORT SERVICE MESSAGES (SMS). INDUSTRIAL MECHATRONIC SYSTEM (IMS). DC VOLTAGE (VCC). DIRECT CURRENT VOLTAGE (VDC). GLOBAL MOBILE COMMUNICATIONS SYSTEM (GSM). CENTRAL PROCESSING UNIT (CPU). OPERATION AND MAINTENANCE CENTERS (WTO).

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

Desde hace algunos años atrás la robótica ha pasado de ser una ficción, propio de la imaginación de algunos autores literarios, a una realidad imprescindible en el actual mercado productivo.

Tras los primeros albores, tímidos y de incierto futuro, la robótica experimentó entre las décadas de los setenta y ochenta un notable auge, llegando en los noventa a lo que por muchos ha sido considerado su mayoría de edad, caracterizada por una estabilización de la demanda y una aceptación y reconocimiento pleno en la industria.

Además, desde el nacimiento de las redes telefónicas celulares, el desarrollo de las telecomunicaciones ha venido dando pasos agigantados, modernizándose e innovándose continuamente a la par de los dispositivos que permiten que las comunicaciones se produzcan casi instantáneamente.

La formación del profesional de la ingeniería, tanto en sus ramas de automatización como de mecánica o incluso generalista, no ha podido dejar de lado esta realidad incluyendo a la robótica, ya que posee un reconocido carácter interdisciplinario, participando en ella diferentes disciplinas básicas y tecnologías tales como la teoría de control, la mecánica, la electrónica, el álgebra y la informática, entre otras.

### 1.2 Justificación

*Justificación practica:* Se procederá a verificar el funcionamiento del brazo robótico, adaptando las funcionalidades del PLC, realizando la respectiva programación en un entorno ladder. El control de la programación estará relacionado conjuntamente con la configuración del módulo de comunicación GSM, éste recibirá órdenes enviadas a través del servicio de mensajería de la red, para que el robot ejecute labores o trabajos previamente programados.

*Justificación Teórica:* La utilización de robots representa una parte importante en algunos sectores productivos en nuestro país. La posibilidad de realizar innovaciones orientadas a la manipulación de robots de forma remota, es el principal propósito de este proyecto que tiene como objetivo implementar un sistema de control y monitoreo a distancia en procesos de ensamblaje con robot industrial Kawasaki RS003 por medio de la red GSM.

Esta implementación ayudara significativamente a la manipulación del robot a distancia, ya que la utilización de las redes de telecomunicación GSM cubre la mayor parte de regiones dentro del país. Además, la utilización de dispositivos como PLC permitirá que la ejecución de algoritmos de programación sea confiable en todos los aspectos de la maniobra anteriormente mencionada.

Actualmente resulta difícil que alguno de los sectores productivos, como la industria automotriz, pueda prescindir del uso de un robot. Hablar de automatización para esta industria nos hace pensar en sumas considerables de dinero para invertir en su implementación, pero considerando los altos volúmenes de producción, los precios que tiene la automatización son relativamente altos al inicio, debido al cambio del hombre (mano de obra) por la atomización. Sin embargo, los beneficios de este cambio es la reducción de los costos de operación, teniendo en cuenta que los recursos como la mano de obra seria indispensable solamente para el control y monitoreo del mismo.

*Justificación Metodológica:* En los momentos actuales, lograr el desarrollo de la industria ecuatoriana, hace que se deba generar un cambio de mentalidad para sustituir los procesos manuales por sistemas automatizados, que por consiguiente garantizaran la maximización de la producción, mejoramiento de la calidad, reducción de impactos ambientales, generación de utilidades en la industria, contribuyendo así con el cambio de la matriz productiva del país.

El diseño e implementación de procesos cada vez más automatizados, es lo que ha permitido a la industria, fabricar cantidades considerables de productos a precios competitivos, sin descuidar su calidad y seguridad.

## **1.3 Objetivos**

### *1.3.1 Objetivo General*

Implementar un sistema de control y monitoreo a distancia en proceso de ensamblaje con robot industrial Kawasaki RS003N por medio de la red GSM en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de Mecánica.

### *1.3.2 Objetivos Específicos*

- Examinar el estado del arte correspondiente a los desarrollos tecnológicos en el área de control y monitoreo a distancia.
- Diseñar el sistema de control y monitoreo por medio de la red GSM.
- Seleccionar los equipos, elementos y materiales necesarios para la adaptación del sistema de control y monitoreo en procesos de ensamblaje.
- Realizar pruebas de evaluación del sistema implementado para comprobar el correcto funcionamiento de control y monitoreo de la producción de ensamblaje.

## **1.4 Definición del Tema**

La necesidad imperante de realizar mejoras continuas al brazo robótico, hicieron que conjuntamente con la tecnología de un controlador lógico programable y las redes de comunicación GSM se implementen de manera que se pueda evitar la presencia humana para la manipulación directa del brazo robótico. Además, es importante recalcar que la tecnología de última generación proporciona la oportunidad de controlar procesos de forma remota, ayudando al mejoramiento en diferentes aplicaciones de la industria en general.

## CAPITULO II

### 2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

#### 2.1 Procesos de ensamblaje

Los procesos de ensamblaje cumplen con la función de unir dos o más piezas intercambiables en forma secuencial entre sí, para al final de esto formar subconjuntos o conjuntos de productos, la unión de las partes se puede realizar de diferentes maneras, soldaduras, adhesivos, tornillos, remaches, etc.

Los procesos de ensamble poseen problemas de tiempos de ciclo, bloqueos, grandes cantidades de material en proceso, privaciones, etc. Por lo que hoy en día ha sido necesario la implementación de las nuevas tecnologías que se han desarrollado en la actualidad, las cuales permiten el aumento de la productividad que estos poseen. (HERNANDEZ ANDRADE, 2007)

Según (MAURY RAMÍREZ, 2009), el proceso de ensamble es uno de los aspectos básicos de la ingeniería pues las piezas básicas siempre se integran formando piezas más complejas, sea esta de forma manual o automática, determinando que tipo de unión se requerirá para el producto requerido.

Figura 1. Línea de ensamblaje de Ford Motor Company



Fuente: <https://goo.gl/2vK4g9>

2.1.1 *Tipos de procesos.* Los diferentes tipos de procesos están en función a los requerimientos del cliente, tipo de producto y tipo de distribución.

2.1.1.1 *Proceso intermitente*. Este proceso se caracteriza por trabajar bajo pedido según los requerimientos del cliente que satisfagan las necesidades del cliente, debido a que este proceso es difícil de controlar y planificar su costo es alto y su volumen de producción es bajo por ejemplo la construcción de aviones, barcos, etc. (SIPPER, y otros, 1998)

Figura 2. Proceso intermitente



Fuente: <https://goo.gl/>

2.1.1.2 *Proceso por lote*. Este proceso es utilizado para trabajar a cantidades limitadas de una clase de producto, esta cantidad o lote se la calcula en función a la demanda dentro un periodo determinado, su aplicación en la industria se presenta en la producción de cerámica, textiles, juguetes, etc. (SIPPER, y otros, 1998)

Figura 3. Proceso por lote



Fuente: <https://goo.gl/myNMBw>

2.1.1.3 *Proceso por talleres*. Este proceso es adaptable a las exigencias del cliente su volumen de productos es menor por ejemplo reparación de electrodomésticos. (SIPPER, y otros, 1998)

Figura 4. Proceso por talleres



Fuente: <https://goo.gl/HJiubE>

2.1.1.4 *Proceso en masa*. Dentro de este proceso las maquinarias y puestos de trabajo y se sitúan una a continuación de otra. (SIPPER, y otros, 1998)

Figura 5. Proceso en masa



Fuente: <https://goo.gl/BQQWNZ>

2.1.1.5 *Proceso continuo*. En este proceso el producto pasa por una serie de operaciones de forma continua para tener un producto terminado, su requerimiento de automatización es alto por las exigencias del proceso ya que en serie no se requiere paro en el proceso. (SIPPER, y otros, 1998)

Figura 6. Proceso continuo



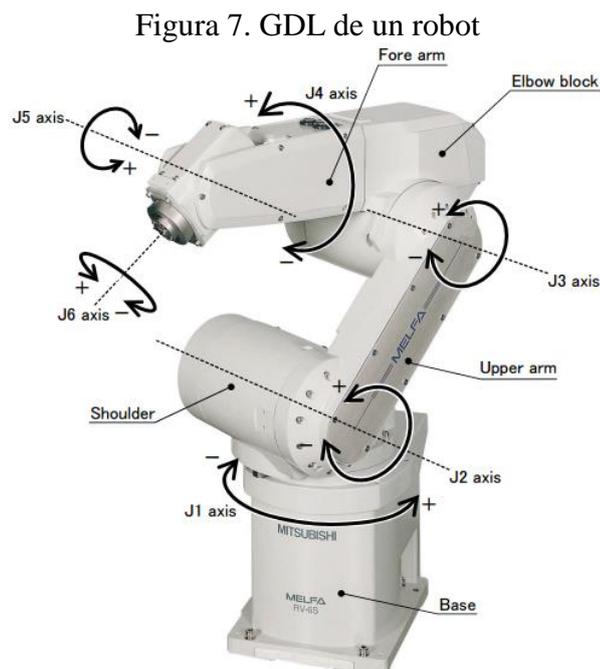
Fuente: <https://goo.gl/mCSQqt>

2.1.2 *Tipos de uniones de ensamblajes.* (GROOVER, 1997) Los tipos de uniones de ensamble se clasifican según su duración que estas tendrán.

- *Uniones permanentes.* Este tipo de uniones son difíciles de desmontar, ejemplo de estas son las que se realizan con soldadura, remaches y ajustes muy forzados.
- *Uniones semipermanentes.* Son uniones que cuentan con la posibilidad de ser desmontadas, estas uniones son principalmente de tipo roscadas.
- *Uniones desmontables.* Son uniones que se tienen que ser desmontable para su mantenimiento o traslado, estas utilizan elementos como: seguros elásticos, chavetas, elementos roscados y pasadores.

## 2.2 Robot industrial

Se considera robot industrial a todo tipo de manipulador reprogramable multifuncional que es diseñado con el fin de realizar tareas repetitivas, por lo general, dentro de una industria con el fin de mejorar los tiempos de producción. Estos robots están diseñados con distintas disposiciones, destacándose principalmente el número de GDL (Grados de libertad) y la configuración geométrica que estos posean, actualmente menos de 6 GDL. (TORRÓ LUCH, 2015)



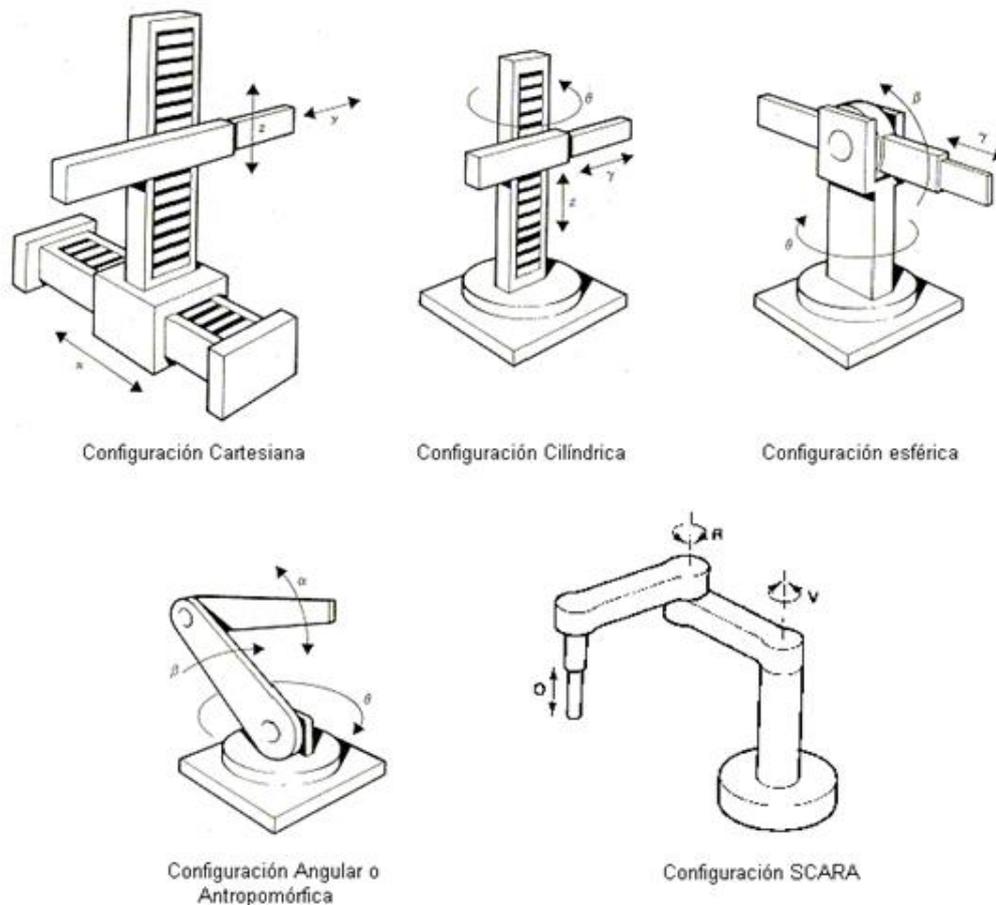
Fuente: <https://goo.gl/wZrdSm>

2.2.1 *Grados de libertad (GDL)*. Los grados de libertad estos definidos por la cantidad de movimientos rotacionales o traslacionales independientes que un manipulador o robot puede realizar. En la industria se ha desarrollado variedad de robots manipuladores que poseen distintos GDL según los requerimientos de la función que este cumpla.

2.2.2 *Configuraciones morfológicas de los robots industriales*. Según la disposición mecánica que estos posean, un robot industrial puede ser:

- Robot cartesiano
- Robot cilíndrico
- Robot esférico o polar
- Robot SCARA
- Robot antropomórfico o angular
- Robot paralelo

Figura 8. Configuraciones de robots industriales



Fuente: <https://goo.gl/o8ZibR>

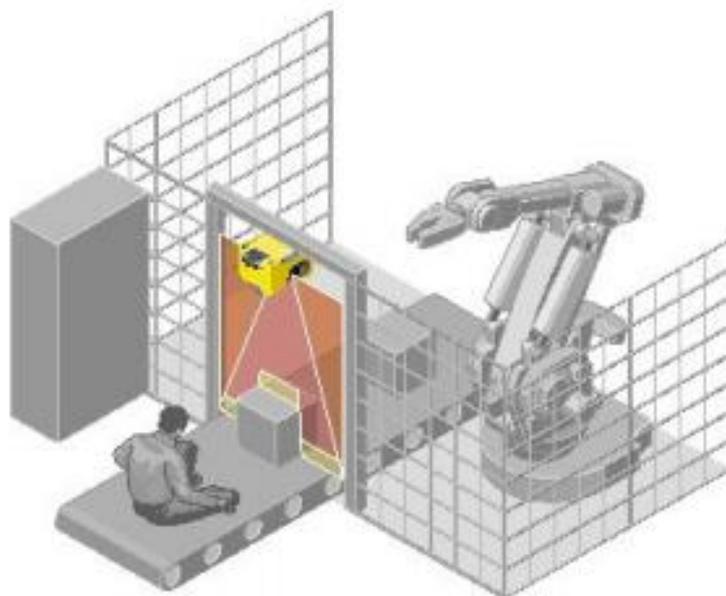
2.2.3 *Sistemas y elementos de seguridad.* En procesos automatizados con robot industrial una de las medidas a tener en cuenta es la seguridad del robot con un objetivo primordial de evitar riesgos durante las diferentes aplicaciones que cumplen estos equipos, los sistemas y elementos de seguridad para el robot tiene dos objetivos principales (CEPEMY ARGON, 2006):

- Reducción o eliminación de riesgos posibles al que puede estar presente el personal durante la verificación de datos, programa y eventualidades que se presenten durante su funcionamiento.
- Evitar que el ingreso al área de trabajo durante el funcionamiento del robot.

Entre los diferentes sistemas y elementos de seguridad diseñados para los robots industriales, tenemos:

- Barrea de materiales
- Torre de señalización
- Cortinas fotoeléctricas
- Laser scanner
- Alfombras sensibles

Figura 9. Cortina fotoeléctrica.



Fuente: <https://goo.gl/Vs9I2G>

2.2.3.1 *Aplicaciones de robot industrial.* El campo de aplicación de un robot industrial se determina bajo la necesidad y requerimientos del cliente o la industria, unas de las aplicaciones más comunes son (REYES CORTES, 2011):

- Fabricas ensambladoras automotrices
- Ensamble de productos electrónicos y mecánicos
- Industria del zapato y vestido
- Desempeño de automóviles
- Pulido y esmerilado de vidrio
- Mantenimiento y reparación de camiones de carga
- Inspección y prueba de calidad de producto
- Procesos de soldadura por arco y punto
- Traslado y pintado de objetos
- Corte de materiales por láser y chorro de agua
- Estibado de cajas
- Atención de maquinas

Figura 10. Sellado y dispensación



<https://goo.gl/2rPZWI>

2.2.4 *Kawasaki RS003N.* Es un robot industrial de alto rendimiento y alta velocidad, de carga pequeñas y medianas, posee un diseño compacto con 6 GDL. Empleados en la manipulación de cargas, dosificaciones y ensamblajes. (KAWASAKI, 2016)

Figura 11. Kawasaki RS003N

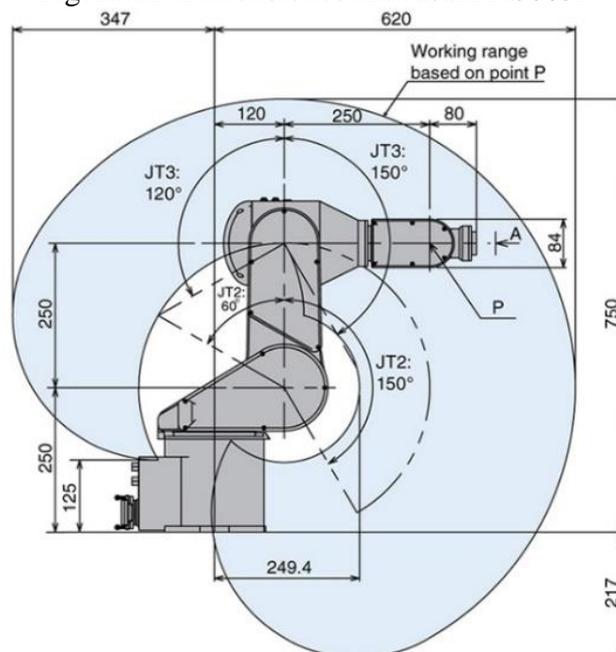


Fuente: <https://goo.gl/yn1Sxh>

2.2.4.1 *Características.* (KAWASAKI, 2016) Así mismo, este robot manipulador cuenta con las siguientes características principales:

- Carga útil de 3 kg
- Alcance horizontal de 620 mm
- Alcance vertical de 967 mm
- Velocidad máxima de 6 000 mm/s

Figura 12. Dimensiones Kawasaki RS003N



Fuente: <https://goo.gl/Z0yiRM>

## 2.3 Automatización industrial.

Se denomina automatización industrial o de la producción a la unión de una serie de técnicas, con el objetivo de maximizar el rendimiento de los procesos industriales de fabricación de un determinado producto, con la finalidad de disminuir en lo posible y sobre todo salvaguardar la integridad del ser humano reemplazándola por un conjunto de tecnologías electrónicas, mecánicas, sistemas de potencia, elementos neumáticos e hidráulicos para llevar a cabo la automatización dentro de la industria. (PEREZ, y otros, 2009)

Dentro de la automatización industrial se debe tener en cuenta todos los conocimientos básicos acerca de cómo es un proceso automatizado en el campo industrial con la finalidad de elevar el rendimiento y que garantice una alta competitividad, tomando en cuenta que no siempre es rentable la implementación de la automatización dentro de la industria debido a su elevado costo tanto de implementación y de mantenimiento a futuro. (PEREZ, y otros, 2009)

2.3.1 *Pirámide de la automatización industrial.* (MICRO AUTOMATION, 2015) La pirámide de automatización nos indica cómo se encuentra estructurado el sistema de un proceso industrial automatizado o los distintos niveles de la industrial, estos niveles son:

- *Nivel de gestión:* es el punto más alto de la pirámide, y es el encargado de realizar el control de la planta, además en este nivel puede realizar el control y monitoreo de la planta.
- *Nivel de supervisión:* es el nivel donde se controlan los distintos elementos que se encuentran en el nivel de control, para realizar el control y monitoreo de los procesos.
- *Nivel de control:* el nivel de control realiza la tarea de controlar los elementos de mando o campo de un proceso. Los elementos control pueden ser: pantalla HMI, módulo de comunicación GSM.
- *Nivel de campo:* aquí se encuentran los elementos neumáticos y potencia.

Figura 13. Pirámide de automatización



Fuente: (MICRO AUTOMATION, 2015)

## 2.4 Control y monitoreo de procesos industriales

Una de las tareas más importantes de la industria es la de monitorear y controlar los procesos realizados en estos mediante la medición de parámetros y variables de las plantas de producción y así poder controlarla mediante la toma de decisiones con respecto a esta, con los avances tecnológicos desarrollados en la actualidad, la mayoría de estos procesos están siendo realizados sin la necesidad de que el operario responsable este en la planta. (MARTIG, y otros, 2004)

Las tareas de los procesos industriales son controladas mediante controladores lógicos, los cuales además permiten modificar los procesos ante nuevos requerimientos de la planta, estos dispositivos permiten el control de motores, actuadores, hasta sistemas inalámbricos. Estos permiten desarrollar algoritmos de control de confianza y eficaces en los cuales se consideran todas las posibilidades que puede presentar el sistema. (QUEZADA QUEZADA, y otros, 2014)

Dentro del campo de la automatización encontramos los elementos de control y los sistemas de control.

2.4.1 *Elementos de control y monitoreo.* Estos elementos realizan la tarea de controlar y monitorear al proceso mediante el envío de notificaciones y ordenes por parte de un usuario a través de una red de comunicación (red GSM), para permitir la interacción de estos elementos unos con otros están los protocolos estos son Profinet, Profibus, Setc, etc. (MICRO AUTOMATION, 2015)

Para realizar la tarea de control y monitoreo se encuentran los siguientes elementos:

- PLC's
- Pantalla HMI
- Variador de frecuencia
- Sensores
- Robot industrial

2.4.2 *Sistemas de control.* Un sistema de control es un conjunto de dispositivos, los cuales tienen como misión administrar, ordenar y en muchos de los casos dirigir procesos o comportamiento de otros sistemas, con la finalidad de obviar falencias dentro del campo laboral obteniendo resultados óptimos que beneficien cualquier tipo de proceso automatizado o de cualquier índole. (PEREZ, y otros, 2009)

- Sistema de supervisión control y adquisición de datos (SCADA): un programa SCADA es aquel que permite la comunicación del usuario al proceso a través de equipos HMI, con la finalidad de facilitar la adquisición de datos generados de un proceso por medio de equipos de campo (sensores y controladores).
- Sistemas de Control Distribuido (DCS): es un sistema formado por elementos físicos(hardware) y de programas (software).

## 2.5 PLC

PLC o Controlador Lógico Programable, es un equipo digital electrónico que posee una memoria programable que almacena instrucciones que se ejecutan de forma cíclica, estas son programadas mediante el uso de funciones lógicas, secuenciales, contables, temporizadas y aritméticas, estos son mayormente utilizados en la industria, cuentan con un extenso campo de aplicación (MICRO, 2015), ejemplo de esto son:

- Maniobra de maquinas
- Maquinarias de embalajes
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control
- Maniobra de plantas de producción, etc.

En el mercado existe diversas marcas de PLC disponibles, cada una con sus propias características y prestaciones, algunas de estas son:

- Siemens
- SIPRO
- Schneider
- Ibercomp
- ABB
- HITACHI
- Omron, etc.

2.5.1 *Estructura básica de un PLC.* Generalmente consta de cuatro unidades funcionales las cuales son fundamentales:

- Unidad de entrada
- Unidad de salida
- Unidad de memoria
- Unidad lógica

2.5.1.1 *Unidad de entrada.* La unidad de entrada de un controlador lógico programable son aquellos elementos que envían señales o las intercambian con el PLC, en si es generalmente utilizado para tener una condición de diferente tipo tales como: presión, temperatura o posición. Estas señales se ajustan a los niveles lógicos que estos presenten en su respectiva Unidad Lógica entre los dispositivos que se pueden encontrar tenemos los siguientes:

- Sensores ópticos
- Sensores magnéticos

- Sensores inductivos
- Sensores capacitivos
- Termocuplas, etc.

2.5.1.2 *Unidad de salida.* La unidad de salida de un PLC son aquellos elementos que responden a las señales que este recibe los cuales pueden irse modificando de acuerdo a las prescripciones que este requiera. Son señales provenientes de una respectiva unidad lógica entre los dispositivos que podemos hallar tenemos los siguientes:

- Electroválvulas
- Indicadores luminosos
- Indicadores simples de relés
- Contactores, etc.

2.5.1.3 *Unidad Lógica.* Es el elemento más importante de un PLC, en si es un microprocesador la unidad lógica es la encargada de ejecutar todas las instrucciones que estén programadas en la memoria, para de esta manera poner en marcha los diferentes esquemas que se presenten en el control lógico o por lo menos los que se encuentren especificados.

2.5.1.4 *Unidad de Memoria.* Es la encargada de guardar los códigos de mensajes que se especifiquen o también de todas las instrucciones que para ese entonces ejecute la Unidad Lógica dentro de esta memoria el usuario puede haber los cambios adecuados o los más convenientes, usando la unidad de programación.

2.5.2 *Aplicaciones.* El PLC es utilizado en aplicaciones de control debido a su característica de diseño con un campo muy extenso, el cual es muy productivo ya que por medio de su aplicación satisfacen necesidades de diferente índole que estén relacionadas con procesos de señalización, control o maniobras.

Su aplicación es de gran importancia ya que se relaciona con procesos industriales de cualquier tipo, las principales facilidades que ofrece en cuanto a su montaje y almacenamiento de programas en la cual se pueden modificar y corregir resultados de acuerdo al trabajo que se desee realizar, su aplicación se produce en:

- Maniobra de maquinarias: dentro de este campo incluye lo que es la industria plástica, madera, ensamblaje, de acondicionado, tratamientos térmicos, etc.
- Controles de procesos: De secuencia y de regulación.
- Maniobra de instalaciones: En este campo abarca todo lo relacionado con seguridad, almacenamiento y transporte, industria automotriz, etc.
- Plantas químicas y petroquímicas: Control de proceso, tratamientos de aguas residuales, refinado, etc.

2.5.3 *Siemens SIMATIC S7-1200*. Este controlador lógico programable ofrece la flexibilidad de programar tareas que controlen una gran variedad de dispositivos electrónicos. Este incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, además de circuitos de entrada y salida. Este dispositivo permite vigilar el cambio de estados de las variables programadas y ejecutar ordenes establecidas en la misma. (SIEMENS, 2016)

Figura 14. PLC SIEMENS SINATIC S7 1200



Fuente: <https://goo.gl/k5b3eu>

2.5.4 *Siemens SIMATIC S7-1500*. El controlador programable S7 1500 es un diseño innovador el cual está compuesto por dos piezas y medidas adecuadas que son el procesador y su respectiva base las cuales se deslizan y así formar un controlador completo. (SIEMENS, 2016)

Generalmente consta de un rack principal, en el cual se conectan diferentes elementos los cuales son partes fundamentales de un sistema como se detalla a continuación:

- Fuente de alimentación
- Unidad central de proceso (CPU)
- Tarjetas de entradas digitales y analógicas
- Tarjetas de salidas digitales y analógicas
- Entradas y salidas especiales (casos especiales)
- Módulos de comunicación y aplicación

Figura 15. PLC SIEMENS SINATIC S7 1500

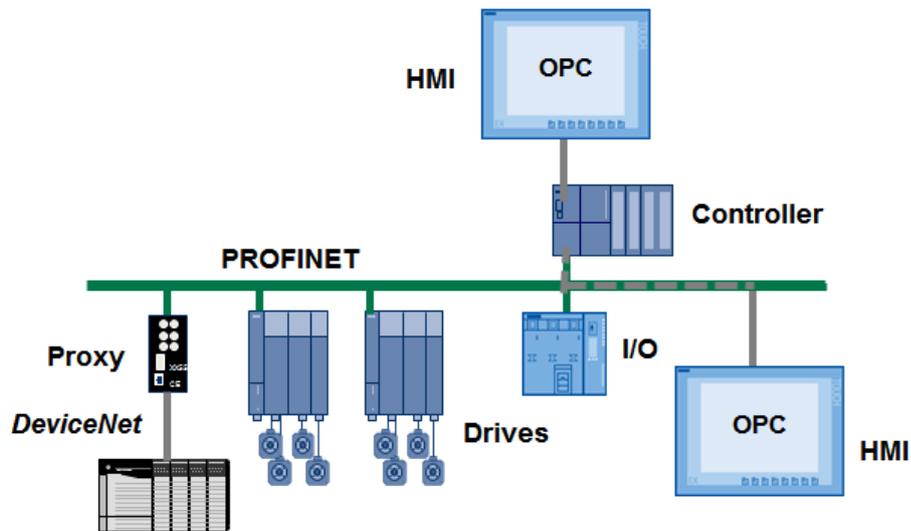


Fuente: <https://goo.gl/umF5VQ>

## 2.6 Comunicación PROFINET

PROFINET es el estándar Ethernet abierto que cumple con las especificaciones establecidas en la IEC 61158 para la automatización industrial. Esta red presta las funcionalidades del ethernet para interconectar varios dispositivos de control además del acceso a internet, para esto se requiere adoptar elementos de intercomunicación como: switches, routers y convertidores. (MONTALVO GARCÍA, y otros, 2011)

Figura 16. Red PROFINET



Fuente: <https://goo.gl/6pdVX6>

PROFINET tiene tres medios físicos de comunicación básicamente:

- Señales eléctricas (Cable Ethernet)
- Señales ópticas
- Señales de ondas electromagnéticas

2.6.1 *PROFINET I/O*. (SARMIENTO, 2016) Es un estándar que integra la tecnología ethernet con las funcionalidades del Profibus. Permite la conmutación de estaciones de trabajo desde diferentes puntos, manteniéndolas interconectadas en tiempo real, teniendo tiempos mínimos de actualización de 1ms. Para esta red se requiere de los elementos (VITERI VERA, 2014):

- Controlador I/O: Es el elemento en donde se controlan los datos de salida y entrada de la red, un ejemplo de esto son los PLC, en donde se programa las ordenes a ejecutarse con los datos transferidos.
- Dispositivo I/O: Son los elementos que muestran o toman datos alrededor de toda la planta, ejemplo de estos son las pantallas HMI, que permite monitorear y he interactuar con la planta.
- Supervisor I/O: Son elementos que permiten la programación, puesta en servicio o mantenimiento de la planta intercomunicada.

PROFINET presenta ventajas como (OROZCO, 2015):

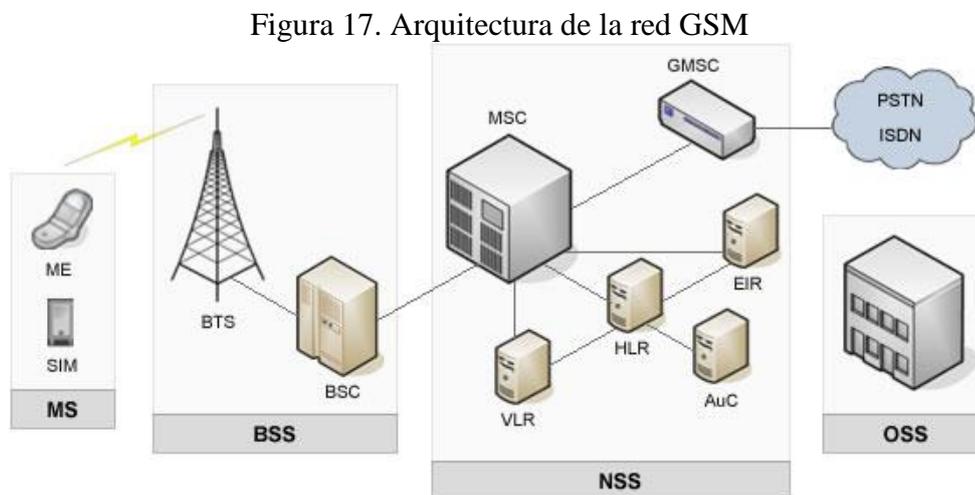
- Arquitecturas escalables.
- Acceso a los dispositivos desde la red.
- Monitoreo y mantenimiento desde cualquier lugar.
- Costos bajo para la implementación de monitoreo de datos.

## 2.7 Red GSM

La red GSM o Sistema Global de Comunicaciones Móviles, en 1982 fue estandarizado por primera vez, siendo en 1991 cuando se convirtió en un estándar internacional, este sistema permite una tasa de transferencia de 9.6 kbps, fue diseñado originalmente para la transición de voz, pero posteriormente se le adiciono un servicio de entrega y recepción de mensajes y un servicio de datos, esta red reemplazo a los sistemas de telefonía celular análoga que existía en los comienzos de los ochenta. (PACHON DE LA CRUZ, 2004)

2.7.1 *Arquitectura del GSM.* Según (VILLASIS PARRA, 2005), una red GSM puede ser dividida en cuatro grupos:

- Estación móvil (MS, Mobile Station)
- Subsistema de estación base (BSS, Base Station Subsystem)
- Subsistema de red (NSS, Network Subsystem)
- Centro de operaciones y mantenimiento (OMC, Operation and Maintenance Center)



Fuente: <https://goo.gl/ErXLDF>

2.7.1.1 *Estación móvil (MS)*. Se define así al equipo físico que es portado por el usuario de la red, siendo este la entrada a la red, este cuenta con un SIM (Modulo de identidad del suscriptor), el cual posee un IMSI (Identificación internacional del suscriptor móvil), además de que cada MS tiene una única IMEI (Identificación Internacional del Equipo Móvil). (VILLASIS PARRA, 2005)

2.7.1.2 *Subsistema de estación base (BSS)*. Este se encuentra formado por la BTS (Estación base transceptora), la cual se encarga de conectar los MS a la red GSM y del BSC (Controlador de estación base), la cual controla los recursos de la red para los móviles. (VILLASIS PARRA, 2005)

2.7.1.3 *Subsistema de red (NS)*. (VILLASIS PARRA, 2005) Se encarga de administrar los suscriptores móviles, su localización e información administrativa, a partir de bases de datos que almacenan la información de cada suscriptor, está comprendida por:

- Subsistema de conmutación móvil (MSC, Mobile Switching Center)
- Registro de localización de suscriptores (HLR, Home Location Register)
- Registro de localización de visitantes (VLR, Visitor Location Register)
- Centro de Autenticación (AuC, Authentication Center)
- Registro de identidad de Equipos (EIR, Equipment Identity Register)

2.7.1.4 *Centro de operación y mantenimiento (OMC)*. Es el encargado de supervisar cada uno de los bloques funcionales del GSM, del control y mantenimiento del MSC, BSC y BTS. (VILLASIS PARRA, 2005)

## **2.8 SIMATIC NET CP 1242-7**

Este es un módulo de telecontrol desarrollado por Siemens, es un procesador de comunicaciones que permite conectar el SIMATIC S7-1200 a la red GSM, permitiendo la comunicación remota entre estaciones móviles y una central, comunicación entre estaciones y una central, y entre estaciones, la comunicación la realiza por medio de:

- Servicio de Transmisión de Datos Orientados a Paquetes (GPRS, General Packet Radio Services)

- Servicio de Mensajes Cortos (SMS, Short Message Service)

Este módulo ha sido diseñado para el uso industrial a nivel mundial, siendo compatible con las bandas: 850, 900, 1 800 y 1900 MHz. (SIEMENS, 2014)

Figura 18. CP 1242-7



Fuente: (SIEMENS, 2014)

2.8.1 *Envío y recepción de SMS.* El CP 1242-7 permite enviar y recibir mensajes de órdenes y diagnósticos a un teléfono móvil o a otras estaciones configuradas con este módulo permitiendo el control y la monitorización del proceso en el que se ha implementado.

Figura 19. Envío de SMS de una estación S7-1200



Fuente: (SIEMENS, 2014)

2.8.2 *Bloques de Programas de telecontrol.* Estos son bloques que permiten la programación de la transmisión de datos de la estación y el usuario, entre estos tenemos:

2.8.2.1 *TC\_CON.* Permiten establecer exactamente una conexión, dependiendo del modo de operación del módulo, para describir la conexión, el bloque utiliza un bloque de datos (DB, Data Base) con una estructura definida por el tipo de datos del sistema (STD, System Data Type). (SIEMENS, 2014)

Los parámetros a configurar son:

*REQ.* cuando recibe un flanco ascendente de señal se inicia la instrucción.

*ID.* Referencia a la conexión correspondiente. La ID se asigna.

*INTERFACE.* Referencia a la interfaz del módulo local.

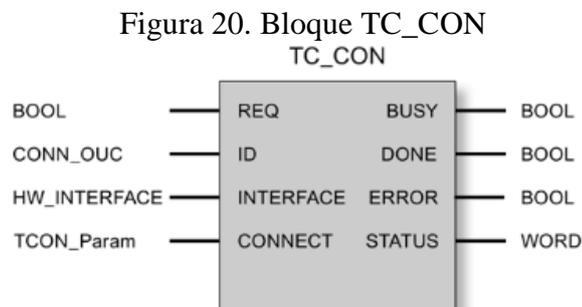
*CONNECT.* Definen el tipo de conexión que el módulo establecerá.

*BUSY.* Indica el estado de la instrucción.

*DONE.* Indica si la instrucción se ha realizado correctamente.

*ERROR.* Indica si existe algún error.

*STATUS.* Indica el estado del bloque.



Fuente: (SIEMENS, 2014)

2.8.2.2 *TC\_DISCON.* Este bloque cuenta con la instrucción de provocar la desconexión que se ha establecido con el bloque TC\_CON, la llamada de esta instrucción finaliza la ejecución de los demás bloques de telecontrol que se llevaron con la misma ID. (SIEMENS, 2014)

Los parámetros a configurar son:

*REQ.* cuando recibe un flanco ascendente de señal se inicia la instrucción.

*ID.* Referencia a la conexión correspondiente.

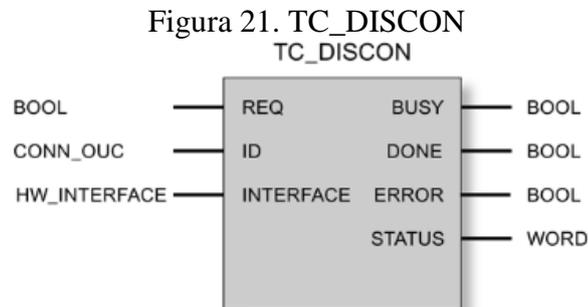
*INTERFACE*. Referencia a la interfaz del módulo local.

*BUSY*. Indica el estado de la instrucción.

*DONE*. Indica si la instrucción se ha realizado correctamente.

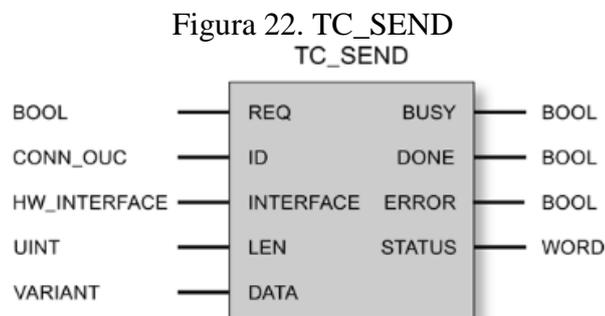
*ERROR*. Indica si existe algún error.

*STATUS*. Indica el estado del bloque.



Fuente: (SIEMENS, 2014)

2.8.2.3 *TC\_SEND*. Esta instrucción permite el envío de datos a través del tipo de conexión programada en la conexión del módulo, si se desea enviar un SMS igual a distintos usuarios o estaciones, se tendrá que establecer una conexión por cada uno de estos. Esta orden enviara un mensaje cada vez que la señal de este bloque pase de 0 a 1. (SIEMENS, 2014)



Fuente: (SIEMENS, 2014)

Los parámetros a configurar son:

*REQ*. cuando recibe un flanco ascendente de señal se inicia la instrucción.

*ID*. Referencia a la conexión correspondiente.

*INTERFACE*. Referencia a la interfaz del módulo local.

*LEN*. Número de bytes de los datos que deben transferirse.

*DATA*. Referencia de dirección al rango de datos que debe transferirse.

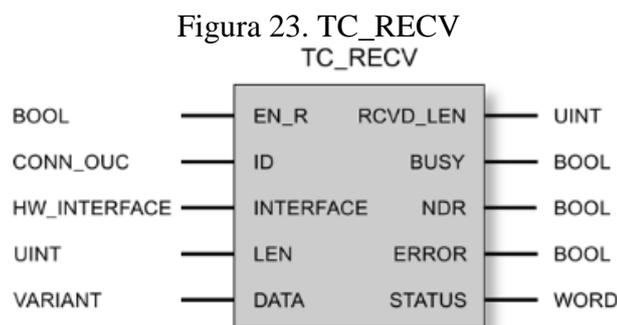
*BUSY*. Indica el estado de la instrucción.

*DONE*. Indica si la instrucción se ha realizado correctamente.

*ERROR*. Indica si existe algún error.

*STATUS*. Indica el estado del bloque.

2.8.2.4 *TC\_RECV*. Esta instrucción permite la recepción de datos a través del tipo de conexión programada, si se desea recibir SMS de distintos usuarios o estaciones, se tendrá que establecer una conexión por cada uno de estos, el tamaño máximo de datos que recibirá el módulo, se indicara en el parámetro *LEN* del bloque, este varía entre 1 y 2048. Los SMS se almacenan en la memoria del módulo y de la SIM, una vez que el bloque *TC\_RECV* los lea, estos se eliminan, si la memoria se encuentra llena, este borrara el mensaje más antiguo. (SIEMENS, 2014)



Fuente: (SIEMENS, 2014)

Los parámetros a configurar son:

*EN\_R*. Permite el bloqueo de la recepción de datos.

*ID*. Referencia a la conexión correspondiente.

*INTERFACE*. Referencia a la interfaz del módulo local.

*LEN*. Número de bytes de los datos que deben transferirse.

*DATA*. Referencia de dirección al rango de datos que debe transferirse.

*RCVD\_LEN*. Numero de bytes de los datos recibidos.

*BUSY*. Indica el estado de la instrucción.

*NDR*. Indica si la instrucción se ha realizado correctamente.

*ERROR*. Indica si existe algún error.

*STATUS*. Indica el estado del bloque.

## 2.9 Pantalla HMI

Son elementos muy utilizados dentro del ámbito industrial debido a su diseño innovador y sobre todo el rendimiento que este ofrece, tomando en cuenta su eficiencia altamente rentable ofreciendo una comunicación adecuada o más bien completa entre hombre-máquina de manera gráfica intuitiva. (SIEMENS, 2012)

Figura 24. Pantallas HMI



Fuente: <https://goo.gl/jsaZVB>

2.9.1 *SIMATIC HMI Basic panel*. Estos paneles hoy en día ofrecen una amplia visualización de forma estándar, especialmente empleadas en aplicaciones básicas de HMI en el campo industrial automatizado dando como resultado un trabajo adecuado con costos óptimos en si una mezcla perfecta en cuanto a rendimiento y precio se refiere. (SIEMENS, 2012)

Figura 25. Pantallas HMI SIEMENS

Nombre del equipo	Tipo de equipo	Tipo de interfaz	Configurable con	
<b>SIMATIC HMI</b>				
KP300 Basic mono PN	Panel con teclado	Basic Panel PN	WinCC (TIA Portal) a partir de V11	
KP400 Basic color PN			WinCC (TIA Portal) a partir de V11 SP2 Update 2 con HSP Basic 4" color	
KTP400 Basic mono PN	Panel táctil con teclas de función	Basic Panel DP	WinCC flexible y WinCC (TIA Portal) a partir de V11	
KTP400 Basic color PN			WinCC (TIA Portal) a partir de V11 SP2 Update 2 con HSP Basic 4" color	
KTP600 Basic mono PN			WinCC flexible y WinCC (TIA Portal) a partir de V11	
KTP600 Basic color DP			Basic Panel PN	Basic Panel DP
KTP600 Basic color PN				
KTP1000 Basic color DP				
KTP1000 Basic color PN				
TP1500 Basic color PN	Panel táctil	Basic Panel PN		

Fuente: <https://goo.gl/g7ne5O>

## 2.10 Variador de velocidad G110

Estos convertidores están diseñados y adecuados para regular la velocidad de motores trifásicos, los valores se modifican mediante un BOP o mediante una interfaz USS, este tipo de convertidor es robusto están controlados por un microprocesador y utiliza tecnología de última generación IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) estos los hace fiables y versátiles. (SIEMENS, 2016)

Figura 26. BOP de variador G110



Fuente: <https://goo.gl/upOE7F>

Las funciones que lo hacen fiable y versátil su tiempo de respuesta a señales de mando es rápido, los tiempos de aceleración y deceleración son ajustables a redondeo parametrizable, cuenta a su vez con frecuencias fijas y re arranque al vuelo y automático después del corte. (SIEMENS, 2016)

Figura 27. Variador de Siemens G110



Fuente: <https://goo.gl/WMpFwH>

Dentro de la industria las aplicaciones del G110 está presente en procesos para: bombear bombas centrifugas, ventilar, comprimir, mover cintas trasportadoras, procesar molinos mezcladores, agitadores, etc. (SIEMENS, 2016)

Tabla 1. Especificación de variador G110

<b>Tipo</b>	6SL3211-OAB22-2AU1
<b>Potencia del motor</b>	3 HP (2.2 KW)
<b>Corriente de entrada</b>	27.2 <sup>a</sup>
<b>Corriente de salida</b>	11.0A
<b>Entrada/Salida</b>	3 entradas digitales, 1 salida digital y 1 entrada
<b>Factor de potencia y eficiencia</b>	≥95%
<b>Capacidad de sobrecarga</b>	150% de sobrecarga durante 60sg (ciclos de
<b>Funciones de protección</b>	Detecto a tierra, cortocircuito, subtension, sobretensión, protección térmica del motor y variador y vuelco del motor.

Fuente: <https://goo.gl/B2zSeK>

## 2.11 Sistemas de bandas trasportadoras

Hoy en día el uso adecuado de bandas trasportadoras dentro del campo industrial es de gran relevancia para los distintos procesos en las industrias. En los procesos de automatización este tipo de bandas son de gran utilidad ya sean en procesos de ensamblaje o traslado de productos dentro de la industria manufacturera.

Este tipo de bandas están constituidas por una cinta trasportadora la cual está en constante movimiento por medio de unos tambores las cuales se encargan de mantenerla activa durante una determinada actividad.

2.11.1 *Funcionamiento de las bandas trasportadoras.* El funcionamiento de estas bandas depende del tipo de material que se deposite por encima de esta o del proceso que se vaya a realizar el cual es transportado por medio del tambor hacia el respectivo motor el cual se encarga de accionarla, y de esta manera la banda gira de acuerdo a las necesidades o como este programada.

2.11.2 *Aplicaciones de las bandas trasportadoras.* El uso adecuado de este tipo de bandas hoy en día es de gran importancia para realizar el transporte de elementos tales como:

- Traslado de materias como son cereales o minerales.
- Traslado de personas en sitios alejados.
- Procesos de ensamblaje en las grandes industrias.
- Traslado de materiales en distintos tipos de terrenos.

2.11.3 *Tipos de bandas transportadoras.* Existen 3 tipos principales los cuales se detallan a continuación:

- Tornillo:
- Suelo móvil: Este tipo de bandas utilizan por lo general planchas oscilantes, las cuales son indispensables para movilizar el tipo de material.
- Rodillos: utilizan una cantidad adecuada de rodillos móviles, los cuales son empleados para movilizar cajas de diferentes tamaños.

2.11.4 *Ventajas:*

- Adecuadas en la movilización de cargas a una distancia conveniente.
- Permite transportar una gama de elementos en un determinado proceso.
- Cuentan con amplia capacidad al momento de transportar materiales o cargas.

2.11.5 *Desventajas:*

- En usos inadecuados como traslado de personas, resulta inadecuado porque genera gastos debido a que se utiliza energía eléctrica en cantidad.
- En casos de falta de energía eléctrica no se podrá hacer el respectivo funcionamiento.

## **2.12 Válvula solenoide**

Este tipo de válvulas son elementos que se utilizan para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o cerrada entre las vías de salida que dispone, estas pueden tener varias vías, además la válvula dispone de 2 o 3 etapas generalmente. El accionamiento de las etapas se produce por la una corriente eléctrica que actúa en el solenoide de esta lo que permite un accionamiento instantáneo. (IMCOSA, 2013)

La clasificación de las válvulas solenoides se dan por el número de entrada y número de salidas, de acuerdo a lo funcional pueden ser monoestables o biestables; las monoestables se componen de una bobina que al desenergizarse su único solenoide vuelve a su posición inicial y las biestables está compuesta por dos bobinas una para cada posición. (IMCOSA, 2013)

2.12.1 *Válvula solenoide monoestable 5/2*. Una válvula solenoide monoestable 5/2 quiere decir que tiene 5 vías y dos posiciones encendido y apagado esta válvula se encuentra en el grupo de válvulas que trabajan en dos o tres posiciones en el caso de tener tres posiciones una posición es estable y dos son inestables. (IMCOSA, 2013)

Figura 28. Válvula solenoide



Fuente: <https://goo.gl/nq2Ckz>

### 2.13 Sensores fotoeléctricos

Los sensores fotoeléctricos o también conocidos como fotocélula son aquellos elementos electrónicos en los cuales interviene el cambio de intensidad con respecto a la luz que estos emiten. Los cuales necesitan de un adecuado componente emisor el cual genera la intensidad necesaria y también de un componente receptor el cual se encarga de acaparar la luz que genere el componente emisor.

Figura 29. Sensor fotoeléctrico



Fuente: <https://goo.gl/sldoIB>

Un sensor es el encargado de detectar y sobre todo dar señales sobre una condición de cambio que se efectuó durante un proceso, el cual es capaz de medir la distancia o que de una señal precisa para un determinado proceso ya sea este de ensamblaje o de señalética, es muy utilizado en el ámbito industrial en procesos donde es indispensable un monitoreo y control exhaustivo de cualquier proceso a realizar.

2.13.1 *Principios de funcionamiento de un sensor fotoeléctrico.* Por lo general su funcionamiento está basado en que este tipo de sensores generan un haz luminoso por medio de una foto emisor, el cual es encargado de proyectarlo sobre una foto receptor o en si en cualquier elemento reflectante.

2.13.2 *Distancia nominal de detección.* Es muy importante tomar en cuenta la distancia adecuada concorde a la operación o trabajo para el cual haya sido empleado o diseñado el cual debe estar en condiciones normales.

2.13.3 *Distancia efectiva de detección.* Para una correcta detección debe tomarse en cuenta la distancia de detección inicial del sensor el cual viene de fábrica y se la obtiene cuando este en una aplicación instalada de manera adecuada. La distancia en la que oscila es entre la nominal y la detección posible.

## **2.14 Sensores capacitivos.**

Este tipo de sensores son elementos encargados de detectar materiales conductores, específicamente son utilizados en elementos aislantes o materiales no plásticos en este caso tales como plásticos, madera y papel.

Los sensores capacitivos son frecuentemente utilizados en lo que es la detección de procesos ya sea en industrias o en nuestro propio auto para medir el nivel de aceite o nivel de agua de este.

### 2.14.1 *Ventajas:*

- Utilizados para la detección de objetos metálicos y no metálicos.
- Su tiempo de vida útil es prolongado
- Son elementos sólidos y ofrecen seguridad.

### 2.14.2 Desventajas:

- Este tipo de sensores son elementos demasiados sensibles a la humedad.
- La distancia de detección es muy corta.
- Cabe la posibilidad que este tipo de sensores puedan verse afectados por campos electromagnético.

## 2.15 Elementos de seguridad

Las funciones de gran importancia de los elementos de seguridad dentro del campo industrial son componentes fundamentales a la hora de evitar accidentes o eventualidades que se presenten en cualquier proceso, disminuyendo en lo posible a personas, maquinas o procesos en curso.

Estos elementos por lo general son precisos para el respectivo proceso de parada que se realiza en un momento determinado o cuando la situación lo amerite ya sea por danos de maquinaria o errores humanos para lo cual se emplean elementos como (NORMA UNE 1070):

2.15.1 *Parada de emergencia.* Este tipo de dispositivos cumplen una función importante dentro de cualquier proceso industrial, la finalidad de utilizar este tipo de elementos es disminuir situaciones riesgosas en las que pueden afectar al proceso que esté realizando, sino también a la persona que lo está operando, para lo cual se utiliza estos elementos anteriormente mencionados.

Figura 30. Botón de emergencia



Fuente: <https://goo.gl/VeVQ5m>

Este pulsador cumple la función de parada de emergencia, como una exhaustiva medida de seguridad la cual mediante un correcto programa logré neutralizar cualquier situación riesgosa sin la necesidad de que el ser humano actué. Hoy en día este tipo de elementos cuenta con una tecnología amplia, con una eficiencia confiable lo cual permite que se utilicen de diferentes campos laborales, como industrias a gran escala y sobre todo en procesos automatizados. (EUCHNER, 2016)

2.15.2 *Torre de señalización de proceso.* Una torre de señalización es un elemento electrónico de emergencia que indica los diferentes estados de un proceso determinado proporcionando señal de sonido y visualización rojo amarillo y verde, dentro de un proceso estas señales de sonido y visualización son de rojo paro del proceso, amarillo aviso del proceso y verde inicio del proceso.

Su principal aplicación dentro de la industria es para la seguridad en procesos de ensamblaje y procesos tóxicos donde se busca salvaguardar la vida de los operadores y que los procesos no sean interrumpidos por estos. (ABB, 2015)

Figura 31. Torre de señalización de proceso



Fuente: Autores

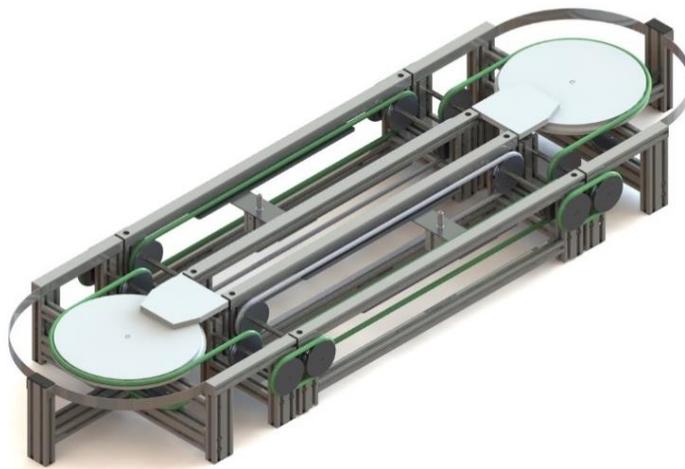
## CAPITULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO A DISTANCIA

#### 3.1 Descripción general

El laboratorio de automatización industrial de la Facultad de Mecánica, dispone de un sistema de banda transportadoras de un IMS (Sistema Mecatrónico Industrial) en conjunto con un conjunto de piezas de ensamble para capacitación de procesos y de un Robot Kawasaki RS003N, los cuales permiten la práctica de procesos de ensamblaje, en este capítulo se presenta el procedimiento que se llevó a cabo para el diseño y construcción del módulo de control y monitoreo a distancia con la utilización de la red GSM.

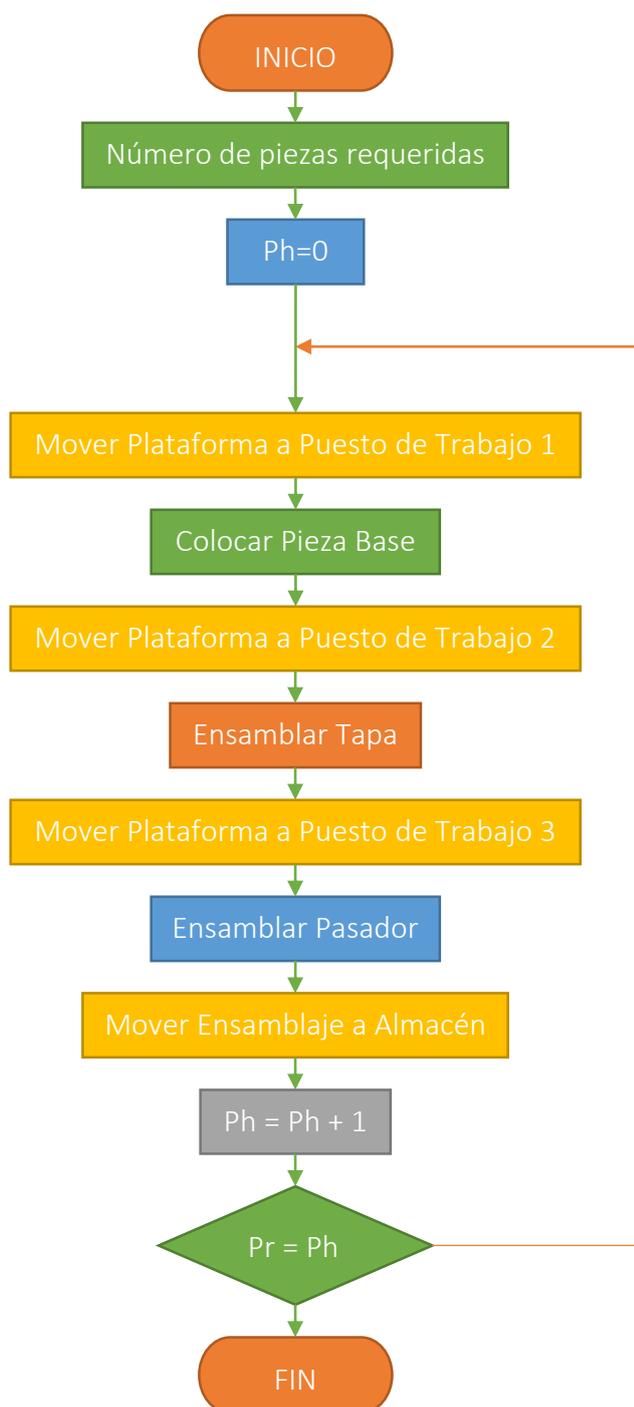
Figura 32. Banda transportadora



Fuente: Autores

3.1.1 *Descripción del proceso de ensamblaje.* El ensamblaje se compone de tres piezas, estas parten de tres puestos de almacenaje distintos, una plataforma móvil se ubica en el primer puesto de trabajo y en esta se coloca la primera pieza, bloque, luego se traslada la plataforma al puesto dos, en donde se coloca la segunda pieza, tapa, posterior a esto la plataforma se traslada al puesto tres, en donde se colocará un pasador que unirá las dos piezas anteriores, a continuación el ensamble es llevado a su almacenaje final, en la figura se muestra el diagrama del proceso descrito.

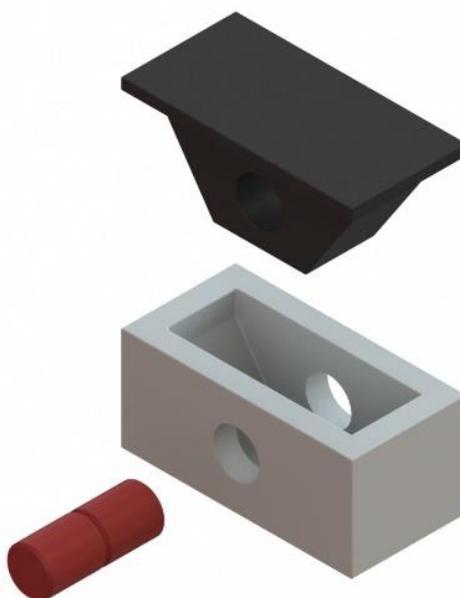
Figura 33. Diagrama del proceso de ensamble



Fuente: Autores

3.1.1.1 *Piezas a ensamblar.* El laboratorio dispone de este conjunto de piezas de ensamble, que permite la capacitación en procesos de ensamble automatizados, éstas son de sencillo montaje y desmontaje mediante un pasador, poseen imanes que permiten una unión rápida, precisa y segura, el conjunto está compuesto por tres piezas: el bloque principal, la tapa y un pasador, en la figura se muestra conjunto explotado de estas.

Figura 34. Ensamble explotado



Fuente: Autores

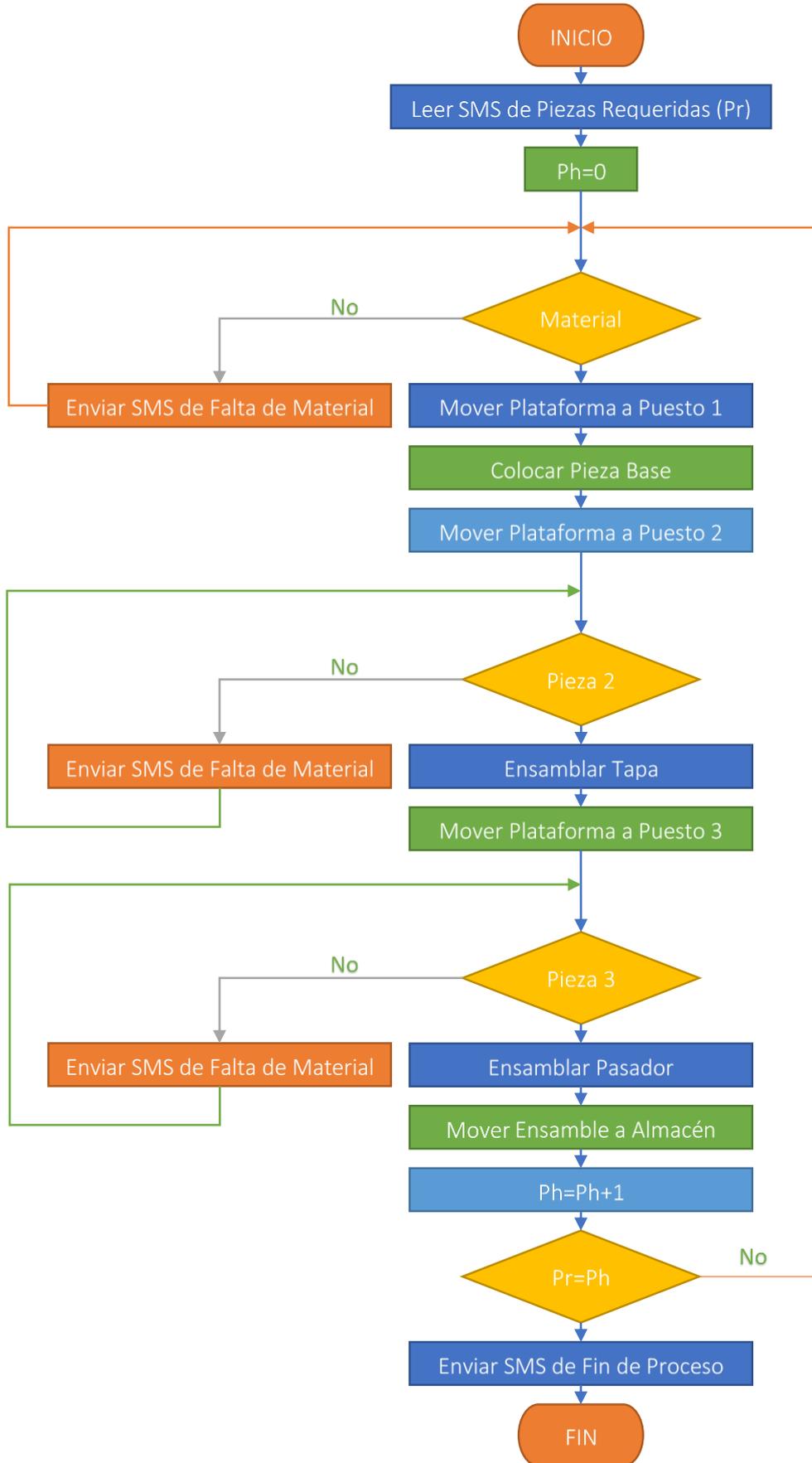
3.1.2 *Automatización del proceso de ensamblaje.* El objetivo principal de este trabajo de titulación es lograr automatizar controlar y monitorear el proceso antes descrito mediante el envío y recepción de mensajes de texto desde uno o varios celulares, hacia el tablero de control del proceso de ensamble, y además debe contar con señales luminosas que indiquen el estado del proceso.

El proceso parte desde él envió de una orden de ensamble con un SMS desde un celular hacia la terminal GSM del tablero de control y que este ejecute el proceso con la ayuda del robot industrial, una vez finalizado el proceso la terminal enviará un SMS que informe al usuario de la finalización del proceso, y el usuario deberá confirmar con otro SMS la finalización del proceso.

En el caso que falte material, se presione el botón de emergencia o se pare el proceso desde el tablero de control, el tablero enviara los respectivos mensajes de información al número telefónico programado.

Además, el tablero contara con un inicio de proceso desde una pantalla que permita controlar el ensamblaje de las piezas. En la figura se muestra el diagrama del proceso automatizado de ensamblaje con el cual se procedió a programar el sistema de control y monitorea a distancia.

Figura 35. Diagrama del proceso automatizado



Fuente: Autores

## 3.2 Diseño del sistema de control y monitoreo

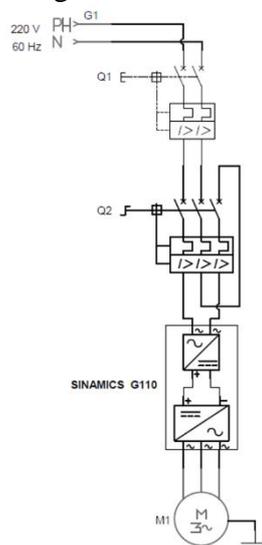
3.2.1 *Selección de los controladores.* Para el sistema de control y monitoreo del proceso se requirió de un PLC, que controle las señales de entrada de las rampas de material y la plataforma móvil, además de que controle las señales para que el robot ejecute sus rutinas, y a su vez reciba las señales de este, controlara la activación de válvulas solenoides que controlan los cilindros de los puestos de trabajo de ensamble.

Para esto se seleccionó un PLS S7-1500 con sus respectivos módulos de entrada y salidas digitales, a los cuales se conectó los elementos antes seleccionados, en la figura se muestra el diagrama de conexión.

Para el control de las bandas transportadoras se seleccionó un PLC S7-1200, el cual dispone de un módulo de salidas analógicas con el cual se controlará un variador de frecuencias que activa el motor de las bandas, además este PLC dispone de un módulo que nos permitió la comunicación GSM el CP 1242-7.

3.2.2 *Control de las bandas transportadora.* Las bandas transportadoras son animadas mediante un motoreductor, este es controlado por un variador, para el funcionamiento el variador debe recibir señales del PLC S7-1200, además el tablero tiene las respectivas protecciones para el sistema, incorporando en este un guardamotor y un relé térmico, en la figura 28 se muestra el diagrama eléctrico de conexión del motoreductor.

Figura 36. Diagrama de conexión del motor



Fuente: Autores

Para el control de velocidad y giro, se seleccionó un variador de frecuencias de SIEMENS G110, este variador dispone de entradas que son compatibles con el PLC, además de ser un controlador robusto para aplicaciones en la industria.

Además, en el sistema de bandas transportadoras están montados tres cilindros neumáticos que controlaran la ubicación de la plataforma, estos son accionados cíclicamente por las válvulas solenoides controladas por el PLC S7-1500.

Figura 37. Diagrama de conexión de los cilindros y sensores



Fuente: Autores

3.2.3 *Control del robot.* EL Robot Kawasaki fue programado para que ejecute el ensamble total del conjunto, partiendo desde el transporte de la primera pieza a la plataforma hasta el transporte del ensamble final al almacén de este, para esto se el robot necesita de tres señales digitales de entrada, que actúan como órdenes para ejecutar cada parte del proceso, a su vez este emite tres señales digitales de salida cuando acaba cada operación ejecutada.

Las tres actividades programadas que ejecuta el robot son:

- Recibir una señal para llevar bloque principal de rampa uno hacia la plataforma en el puesto de trabajo uno, al dejar la pieza emitir una señal que indica el fin de la actividad.

Figura 38. Primera actividad robot



Fuente: Autores

- Recibir una señal programada para llevar la tapa de la rampa dos hacia la plataforma en el puesto de trabajo dos, al acoplarla el robot emite una señal que indica el fin de la actividad.

Figura 39. Segunda actividad robot



Fuente: Autores

- Recibir una señal programada para llevar el pasador de la rampa tres hacia la plataforma en el puesto de trabajo tres y acoplar este, a continuación, llevar el ensamblaje final al almacenamiento, al finalizar esta actividad el robot emite una tercera señal que indicara el fin de esta actividad.

Figura 40. Tercera actividad robot



Fuente: Autores

Cabe mencionar que las señales digitales de entradas y salidas del robot están comunicadas al PLC S7-1500 en distintas entradas y salidas de este.

3.2.4 *Selección de pantalla HMI.* Para permitir el control del proceso desde el tablero de control, se seleccionó una pantalla HMI KTP600, la que permitirá la interacción directa desde el proceso, esta pantalla permite controlar, activar y apagar el proceso en curso, así como también permitirá dar órdenes al robot y simular las señales que emite este, también dispone de botones táctiles que permitirá activar y desactivar los componentes de la banda transportadora.

3.2.5 *Control y monitoreo GSM del proceso.* El módulo de comunicación CP 1242-7, es el principal componente para la comunicación del proceso con la red GSM, a partir de este se puede enviar y recibir los SMS de control y monitoreo del ensamblaje.

Para que el proceso de ensamble inicie, se debe enviar un mensaje con el número de piezas requeridas, cuando el tablero recpte el SMS, activara una alarma sonora y luminosa que advierte el inicio de un nuevo proceso, el sistema ensamblara las piezas requeridas por el usuario y al finalizar la orden, el tablero enviara otro mensaje indicando la finalización del proceso, con lo cual se deberá responder con un mensaje de confirmación que permitirá el envío de nuevas órdenes.

El tablero también dispone de un inicio y paro de proceso desde pantalla del tablero, si se activa el proceso desde este, la terminal GSM enviará un SMS que informe al usuario móvil el inicio de este, cuando el proceso sea detenido desde la pantalla, la terminal también enviará un mensaje de información, al igual si se presiona el botón de emergencia, el usuario será notificado de esta.

3.2.6 *Selección de indicador de proceso.* Debido a que el sistema se activara de manera remota, se seleccionó una baliza de proceso luminosa de tres colores con alarma, la cual indicara mediante la activación de cada una de las lámparas el estado del proceso, esto es de mucha utilidad para indicar al operador que se encuentre en planta el inicio de una operación, que el proceso esta desactivado o esta iniciada, en la tabla se muestra las indicaciones que dará la baliza.

Tabla 2. Indicaciones de la baliza de proceso

Indicación	Señal
Alerta de inicio de proceso	Lámpara amarilla y Alarma
Proceso en curso	Lámpara verde
Proceso finalizado	Lámpara roja
Emergencia	Lámpara roja y alarma
Falta de material	Lámpara amarilla

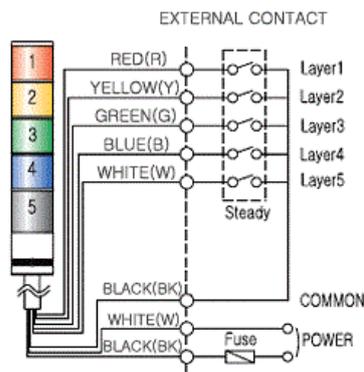
Fuente: Autores

Tabla 3. Características de torre de señalización

Referencia	Alimentación	Colores	Sonido	Dimensiones
LTA-205WJ-3/110	100V AC	Rojo amarillo verde	Si	342mmx52mm

Fuente: Autores

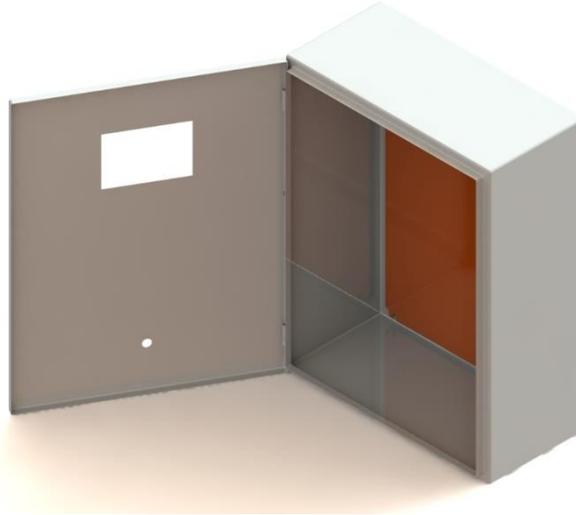
Figura 41. Diagrama de conexión de la baliza de proceso



Fuente: <https://goo.gl/WJnnTH>

**3.3 Montaje del sistema de control y monitoreo.** Una vez terminado el diseño del tablero de control, se procedió al montaje del tablero con la ayuda de los diagramas de conexión. Además de los componentes, también se seleccionó un tablero de 60x80x30cm, en el que irán montados todo el sistema de control y monitoreo.

Figura 42. Tablero



Fuente: Autores

Primero se definió las medidas de separación de los componentes, esto se realizó colocando los componentes en el tablero, de esta forma se determinó dónde irán ubicados los rieles de cables y los rieles de montaje de los elementos de control y protección.

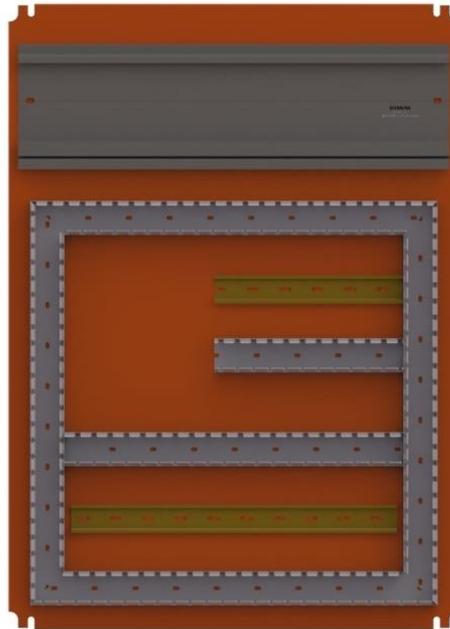
Figura 43. Panel de control



Fuente: Autores

A continuación, se taladro e instalo las canaletas en las que irán almacenados los cables de control y potencia, así como los rieles en donde se montarán los dispositivos de control.

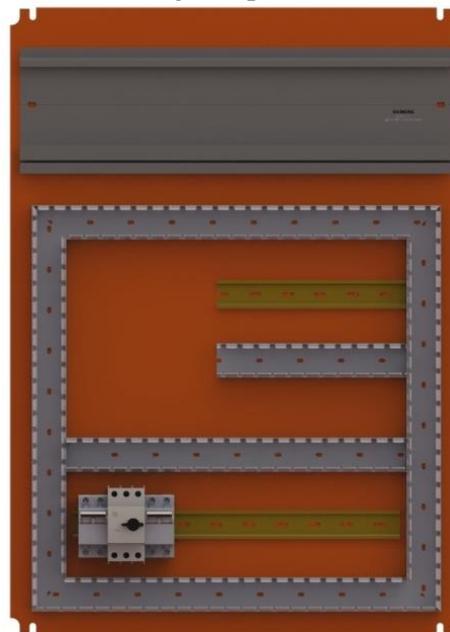
Figura 44. Canaletas del tablero de control



Fuente: Autores

Se montó los disyuntores y el guardamotor, los cuales protegerán la integridad del sistema.

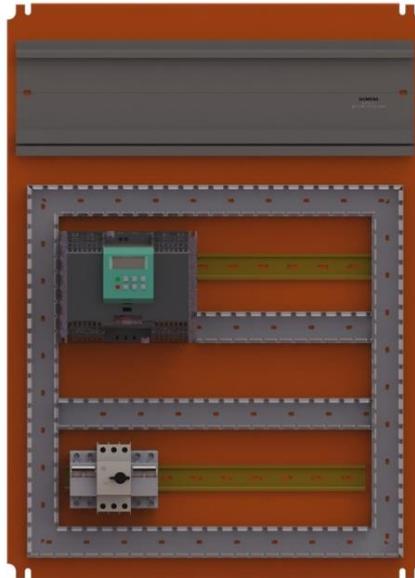
Figura 45. Montaje de protecciones



Fuente: Autores

Se instaló el variador de frecuencia G110 y se cableo con el motor y las respectivas protecciones de este.

Figura 46. Montaje del variador de frecuencias



Fuente: Autores

Se incorporó el PLC S7-1500 en conjunto con su fuente y módulos de salidas y entradas digitales.

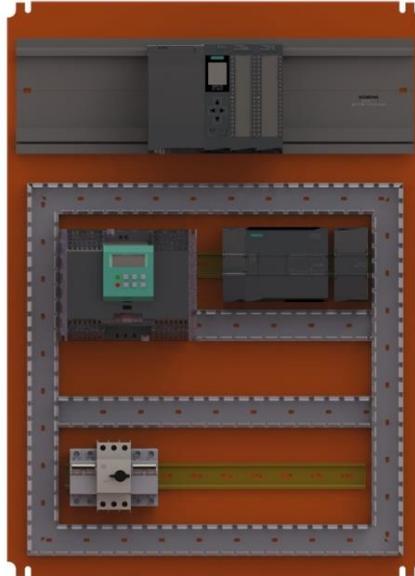
Figura 47. Instalación del PLC S7-1500 y sus módulos



Fuente: Autores

Luego se hizo el montaje del PLC S7-1200, con este también se instaló el módulo de conexión GSM y el Switch CSM-1277.

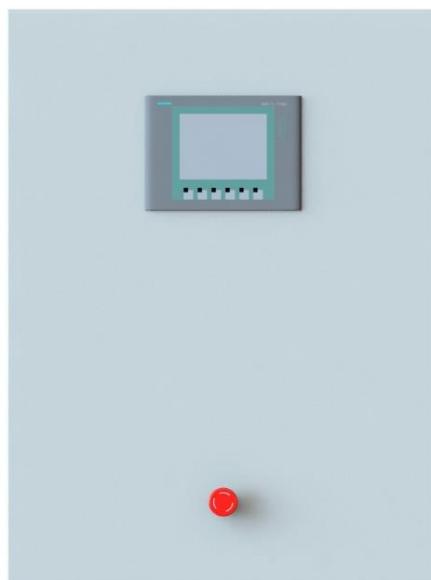
Figura 48. Instalación del PLC S7-1200 y sus módulos



Fuente: Autores

En la tapa de la caja de control se perforo he instalo la pantalla HMI, además de esto se instaló el botón de emergencia del sistema.

Figura 49. Montaje de la pantalla HMI y botón de emergencia



Fuente: Autores

Además, se realizó el montaje de la antena para el módulo GSM, para lo cual se taladro tres agujeros en la parte lateral derecha del tablero.

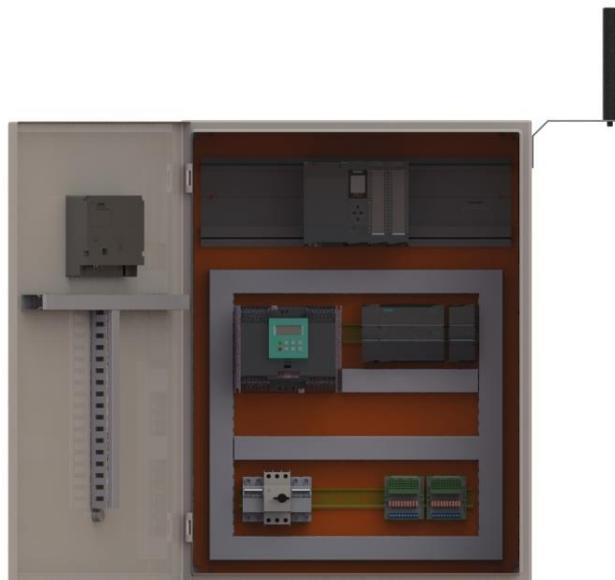
Figura 50. Montaje de la antena GSM



Fuente: Autores

Como parte final se tapan las canaletas y se aseguran los componentes de la caja de control.

Figura 51. Tablero de control



Fuente: Autores

Para la protección y seguridad del sistema de ensamblaje y de los usuarios , se instaló una torre de señalización con la que se darán las señales del estado del proceso de ensamblaje.

Figura 52. Planta de ensamblaje



Fuente: Autores

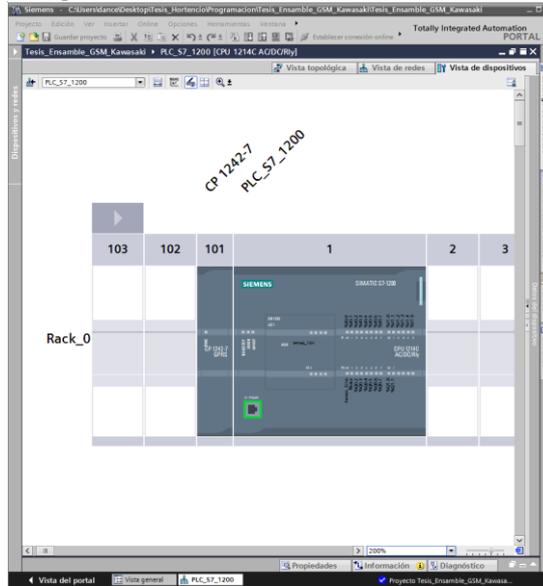
### **3.4 Programación del sistema de control**

La programación se realizó en el software TIA Portal, este permite trabajar con los controladores seleccionados, para esto se requirió que los dispositivos estén comunicados con la computadora mediante un cable Ethernet.

3.4.1 *Dispositivos en el programa.* En el tablero de control los dispositivos se encuentran intercomunicados mediante el Switch CSM 1277, lo que permitió reconocer cada dispositivo en el software mediante una sola conexión.

Primeramente, se creó un nuevo programa y se agregó el PLC S7 1200 sin especificar, para luego reconocer el dispositivo con su respectivo módulo de comunicación GSM. En la figura se muestra el dispositivo reconocido por el portal.

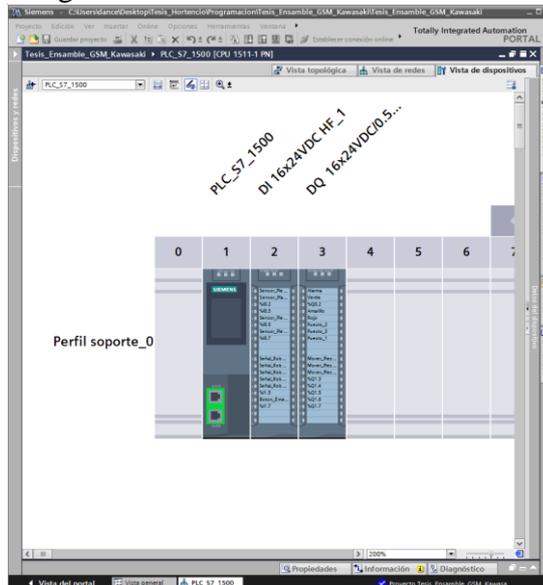
Figura 53. PLC S7 1200 en TIA Portal



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la figura, el software detecto automáticamente el módulo GSM CP 1242-7, luego de esto se agregó el PLC S7 1500, para esto se seleccionó del software el dispositivo PLC S7 1500 sin especificar, para que al igual que en el caso anterior este fuera determinado por el portal.

Figura 54. PLC S7 1500 en TIA Portal

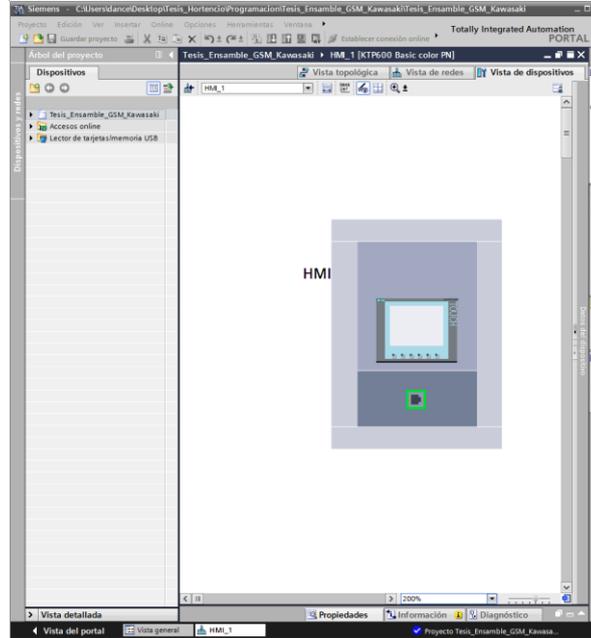


Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la figura anterior, el portal reconoce a su vez los módulos de entradas y salidas analógicas que se encuentran acoplados al controlador.

Además de los controladores se agregó la pantalla HMI KTP600, para esto se requiere conocer la serie del dispositivo, en este caso es 6AV6 647-0AD11-3AX0.

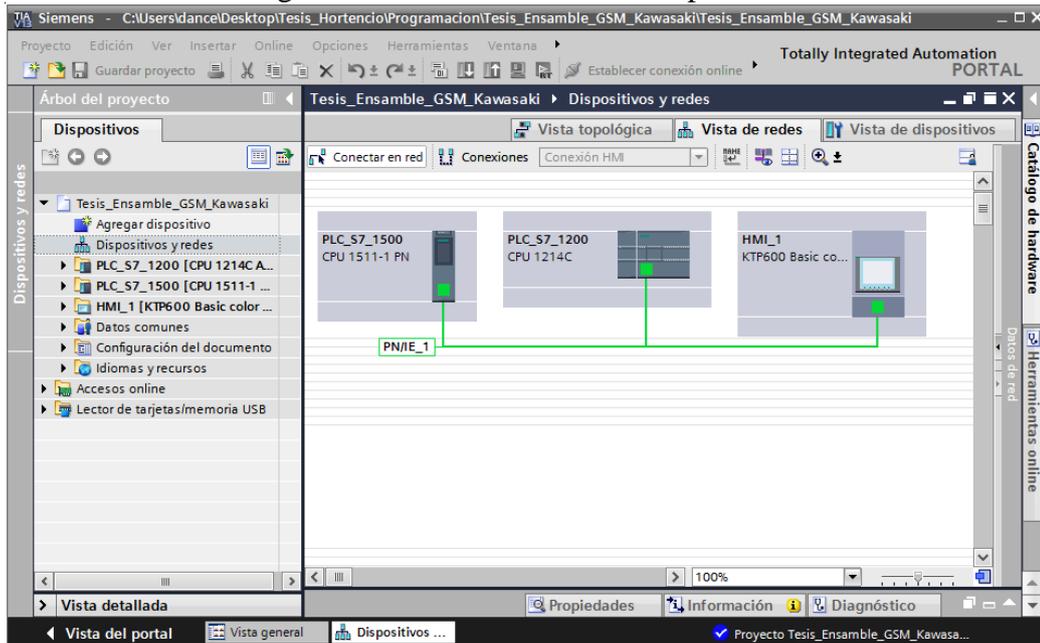
Figura 55. HMI en TIA Portal



Fuente: Autores

Para los dispositivos agregados se estableció la conexión a una red común como se observa en la figura.

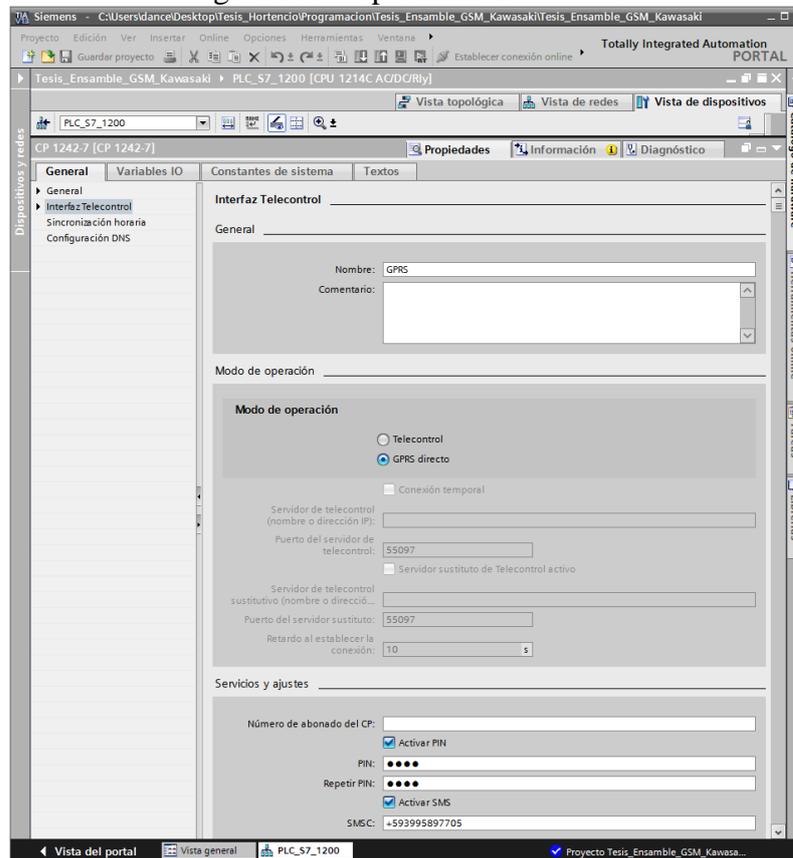
Figura 56. Conexión en red de dispositivos



Fuente: Autores

3.4.2 *Configuración red GSM.* Para permitir la comunicación GSM entre los usuarios a distancia y el sistema de control y monitoreo del proceso de ensamblaje, se configuró los parámetros necesarios que permitan la intercomunicación de este con uno o varios dispositivos móviles.

Figura 57. Propiedades CP 1242-7

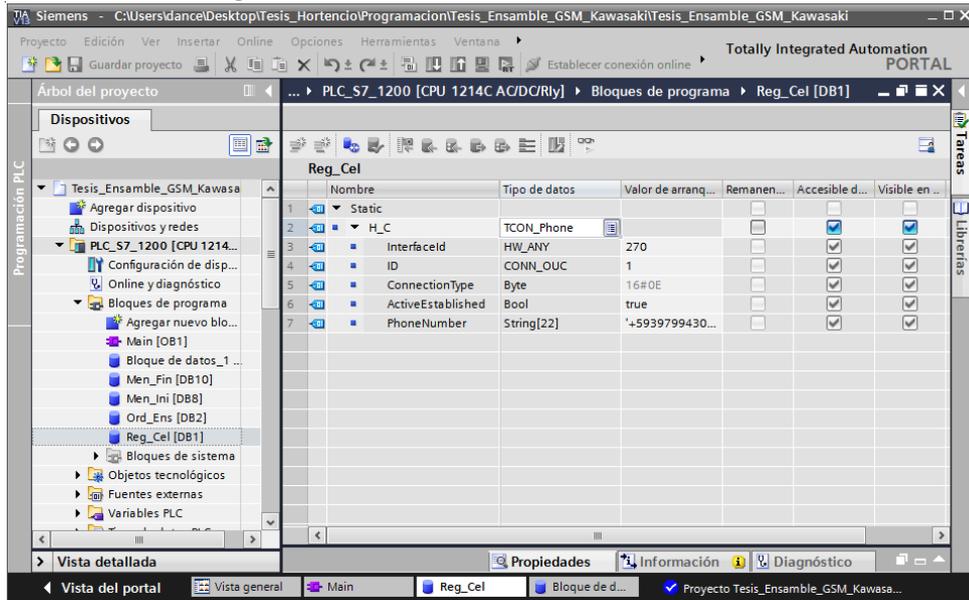


Fuente: Autores

El módulo GSM fue configurado para que funcione en un modo de GPRS directo, el cual permite el envío y recepción de SMS, además se requirió de establecer un PIN (Número de Identificación Personal) de seguridad, el número de centro de mensajería de la telefónica, en este caso movistar y finalmente se establece los abonados a los cuales el módulo se podrá comunicar para el envío y recepción de información.

3.4.2.1 *Configuración de TCON.* En este bloque se estableció los parámetros para conectar el módulo GSM con el teléfono móvil del operador, para esto se creó un bloque de datos en los cuales se encuentre registrado el número del abonado, si se requiere configurar más usuarios móviles, se debe configurar bloques individuales para cada uno.

Figura 58. Base de datos de usuarios móviles

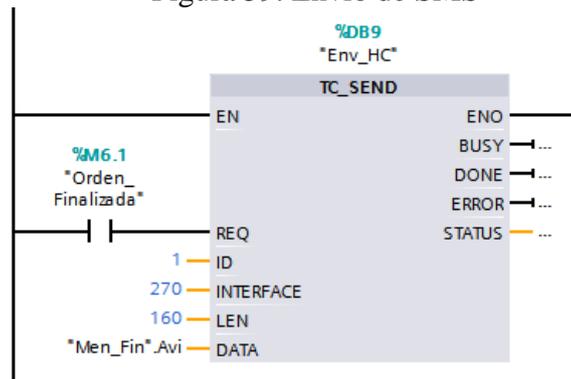


Fuente: Autores

3.4.2.2 *Configuración de TSEND*. En este bloque de programación, se establece el mensaje que se enviara al dispositivo móvil configurado, para esto se requirió configurar las bases de datos en las cuales se almacenen los SMS que se enviaran para cada evento programado.

La figura 51, muestra cómo se configuro este bloque de programación.

Figura 59. Envío de SMS

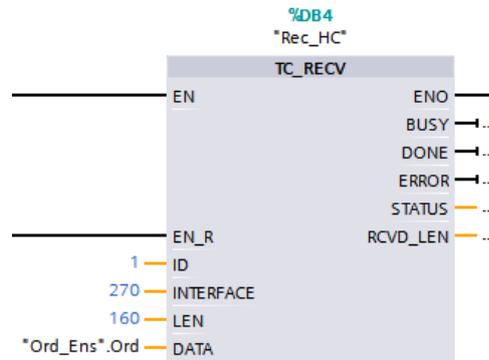


Fuente: Autores

3.4.2.3 . *Configuración de TRECVC*. Este bloque de programación, se establece para recibir las ordenes de trabajo del dispositivo móvil configurado, para esto se configuró una base de datos en la que se almacenen el SMS de la orden de ensamblaje requerida.

La figura 51, muestra cómo se configuro este bloque de programación.

Figura 60. Recepción de SMS



Fuente: Autores

3.4.2.4 *Base de datos de SMS*. En estas bases de datos se almacenan el contenido de los SMS que se enviaran y reciben durante el proceso de ensamblaje, en la tabla 4 se muestran las bases de datos configuradas para los SMS.

Tabla 4. Bases de Datos de SMS

Bases de datos	Tipo de dato	Contenido	Tipo de SMS
Men_Fin	String	Proceso Finalizado	Envío
Men_Ini	String	Proceso Iniciado	Envío
Ord_Ens	Char	‘ ’	Recepción
Sin_Mat	String	Falta de Material	Envío
Par_Eme	String	Parada de Emergencia	Envío

Fuente: Autores

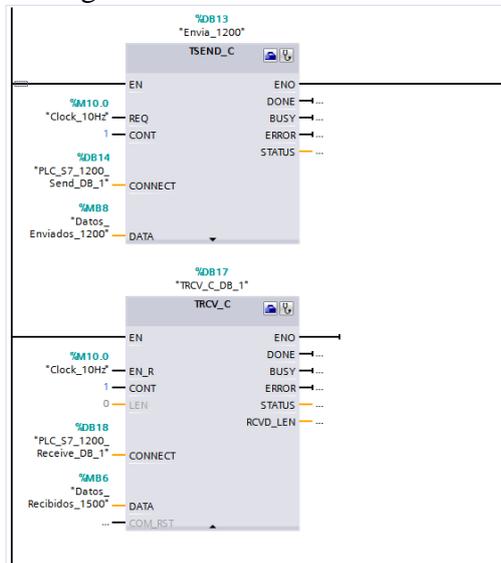
3.4.3 *Configuración red PROFINET*. Para la programación del sistema se requirió configurar el envío y recepción de datos a través de la red PROFINET, para esto se requirió crear los bloques de datos respectivos para:

- Enviar datos desde el PLC S7-1200 y que el PLC S7-1500 reciba.
- Enviar datos desde el PLC S7-1500 y que el PLC S7-1200 reciba.

Para esto se requirió que en cada controlador se cree memorias reservadas para enviar y recibir datos de manera continua durante el proceso, de esta manera el PLC S7 1200 tiene dos variables una de Datos Enviados, y otra de Datos Recibidos, esto se repite de igual forma en el PLC S7 1500.

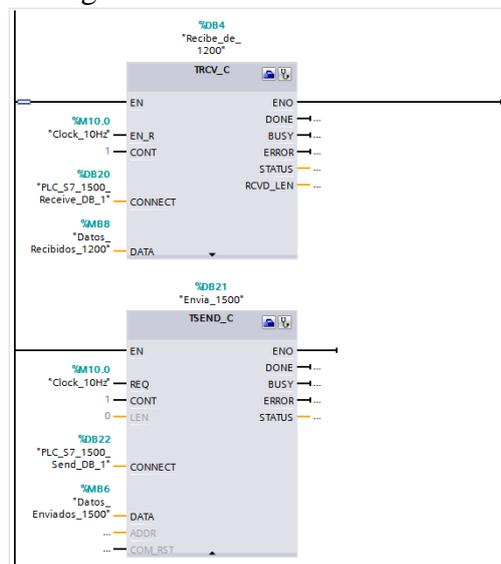
En las figuras se observa los bloques de programación que permiten la transmisión de datos entre los controladores.

Figura 61. PROFINET S7-1200



Fuente: Autores

Figura 62. PROFINET S7-1500



Fuente: Autores

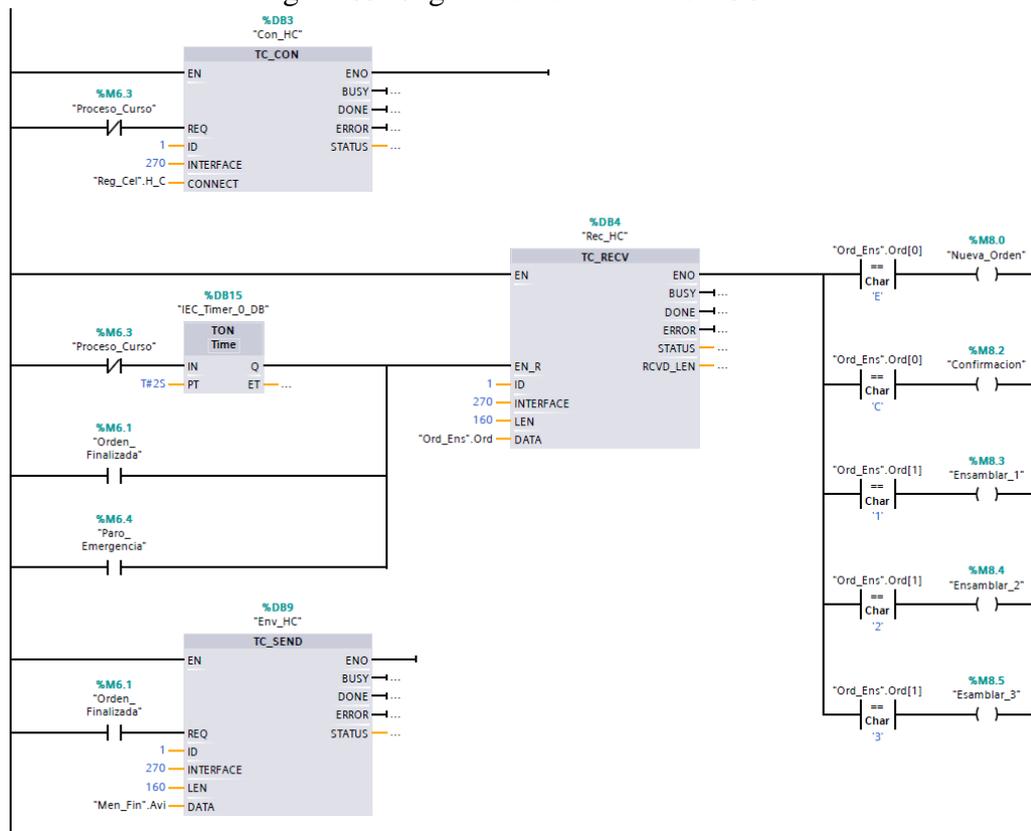
3.4.4 Programación del PLC S7 1200. Este controlador fue programado para cuatro funciones principales.

- Enviar y recibir mensajes de texto
- Reconocer las órdenes dadas por el operador GSM

- Transferencia de datos por medio de red PROFINET
- Controlar el variador de frecuencias

3.4.4.1 *Comunicación GSM*. En este segmento se encuentran las instrucciones para recibir y enviar SMS, en esta sección se detecta el número de ensamblados requeridos y se envía mensajes del estado de proceso de ensamblado. En la figura se muestra el segmento del programa.

Figura 63. Segmento comunicación GSM

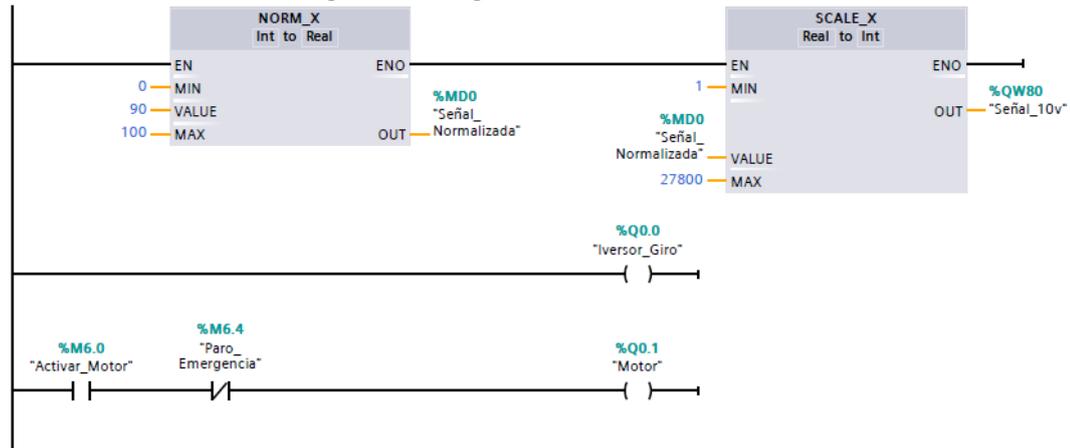


Fuente: Autores

3.4.4.2 *Comunicación PROFINET*. En este segmento se encuentran los bloques de transmisión de datos mediante la red PROFINET, esta parte del programa permite enviar al PLC S7-1500 la cantidad de ensamblados requeridos y recibe del mismo indicaciones de: cuando el proceso finalizo, falta de material y paradas de emergencia.

3.4.4.3 *Control de variador*. En este segmento de la programación, se configuro una salida analógica de 10V para enlazarse con el variador, además de controlar la activación y desactivación del motor que permite el desplazamiento de la plataforma transportadora.

Figura 64. Segmento control variador



Fuente: Autores

3.4.5 Programación del PLC S7 1500. Al igual que el controlador anterior este fue programado para cumplir con seis funciones específicas:

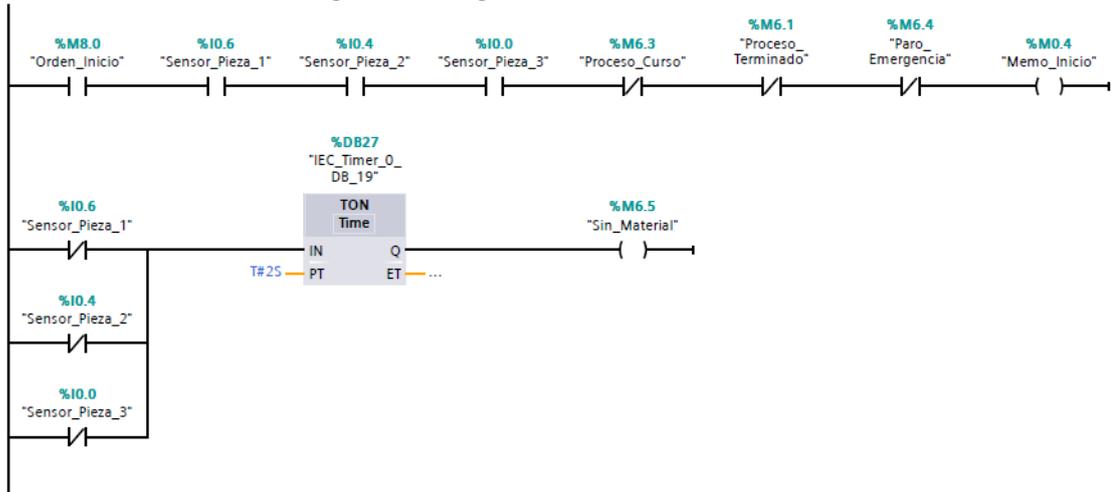
- Transferencia de datos por medio de red PROFINET
- Control del inicio de ensamblado
- Control de los tres procesos de acoples del ensamble
- Contar los ensambles realizados
- Controlar la activación de las bandas transportadoras
- Control de la baliza de proceso

3.4.5.1 Comunicación PROFINET. En este segmento se encuentra los bloques de transmisión de datos mediante la red PROFINET, esta parte del programa permite recibir del PLC S7-1200 la cantidad de ensambles requeridos y envía al mismo indicaciones de: cuando el proceso finalizo, falta de material y paradas de emergencia.

3.4.5.2 Inicio de ensamblado. En esta sección se programó las condiciones necesarias para que el proceso inicie, esto previniendo que:

- No exista un proceso en curso
- No falte material
- El proceso no haya terminado
- No exista un paro de emergencia

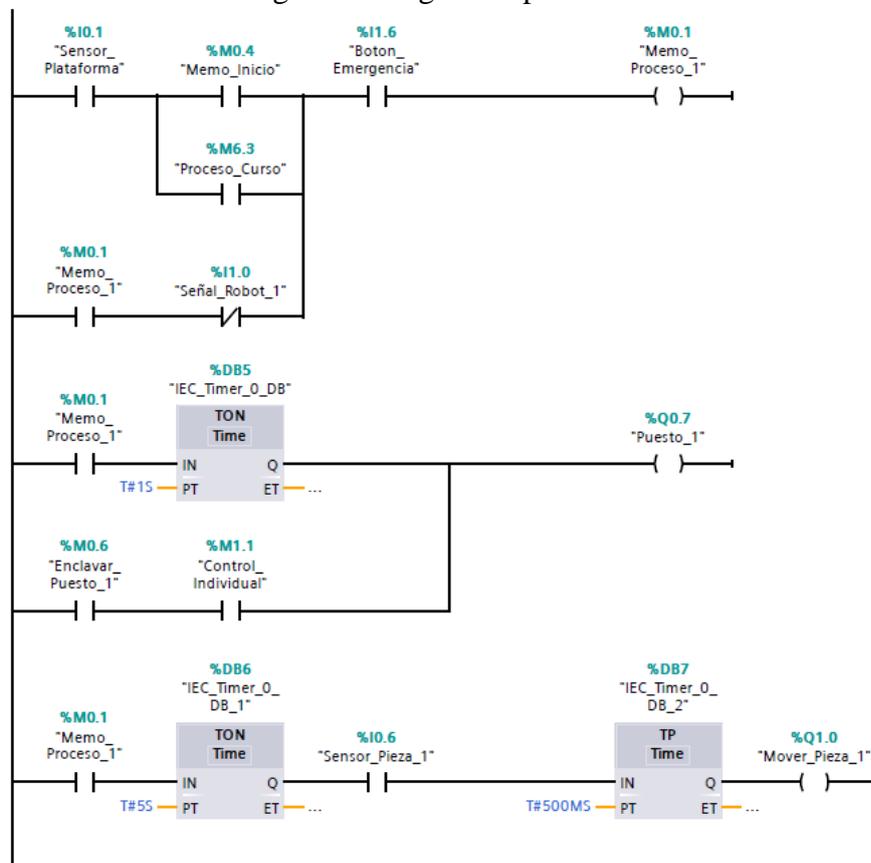
Figura 65. Segmento inicio ensablado



Fuente: Autores

3.4.5.3 *Proceso 1*. En este segmento se programó el primer procedimiento requerido para el ensamble, en el cual se envía señales para activar el motor, activar el cilindro del primer puesto de trabajo, a su vez enviar una orden al robot para realizar su primera actividad.

Figura 66. Segmento proceso 1



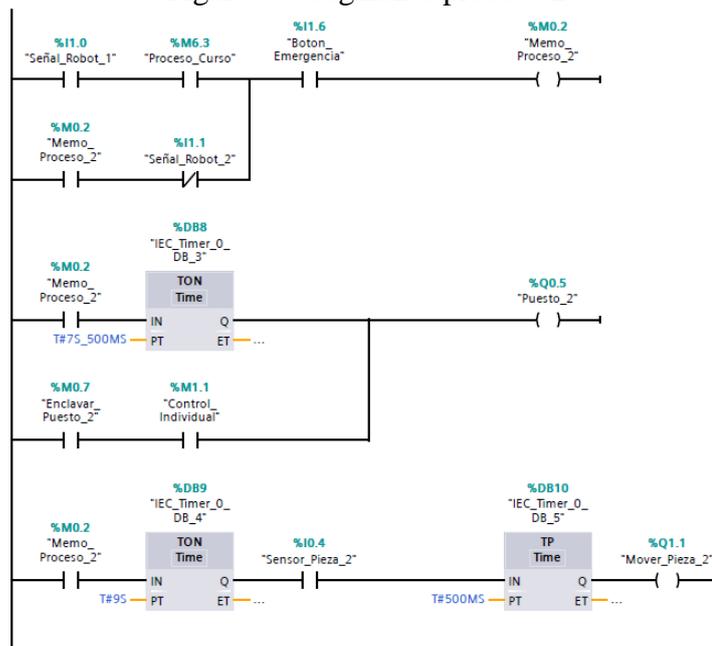
Fuente: Autores

Este proceso se activará cuando el sensor acoplado en las bandas detecté el paso de la banda transportadora, y se desactivará cuando el robot envié la señal de que termino con su primera actividad.

3.4.5.4 *Proceso 2*. Similar al segmento anterior, este contiene la programación para cumplir con el segundo procedimiento de ensamble en el cual el motor se activará, luego de un tiempo determinado el cilindro del puesto dos se activa y a su vez se envía una señal al robot indicándole que realice su segunda actividad en el proceso.

Este proceso se activa con la señal que emite el robot al finalizar la primera actividad de ensamble y se desactivara cuando el robot envié la señal de que termino con su procedimiento requerido en este proceso.

Figura 67. Segmento proceso 2

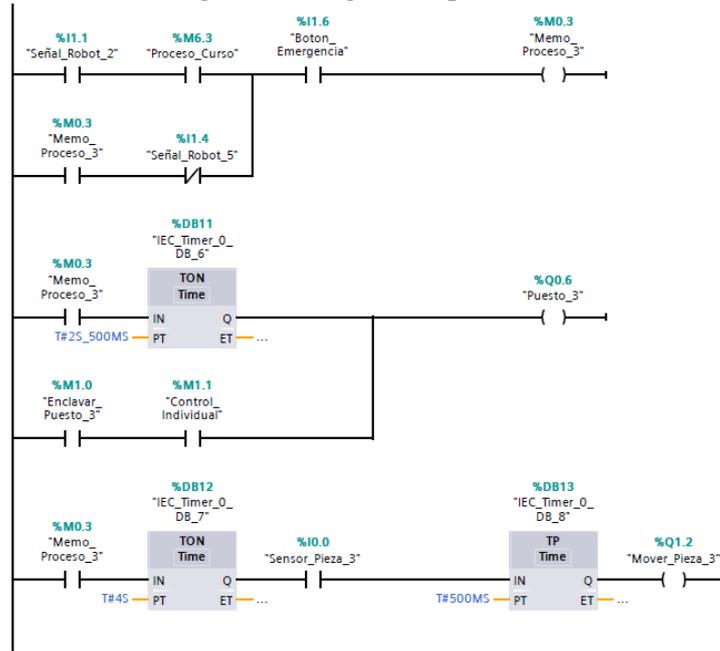


Fuente: Autores

3.4.5.5 *Proceso 3*. En este segmento, se programó las órdenes para finalizar con el ensamble, de esta manera, se activará el motor, se activará el cilindro del tercer puesto de trabajo y a su vez se enviará la orden para que el robot realice su respectiva actividad.

Este proceso se efectuará cuando el robot envié la señal de que termino con el segundo procedimiento de ensamble y finalizará cuan el robot envié la señal de que termino con su última actividad.

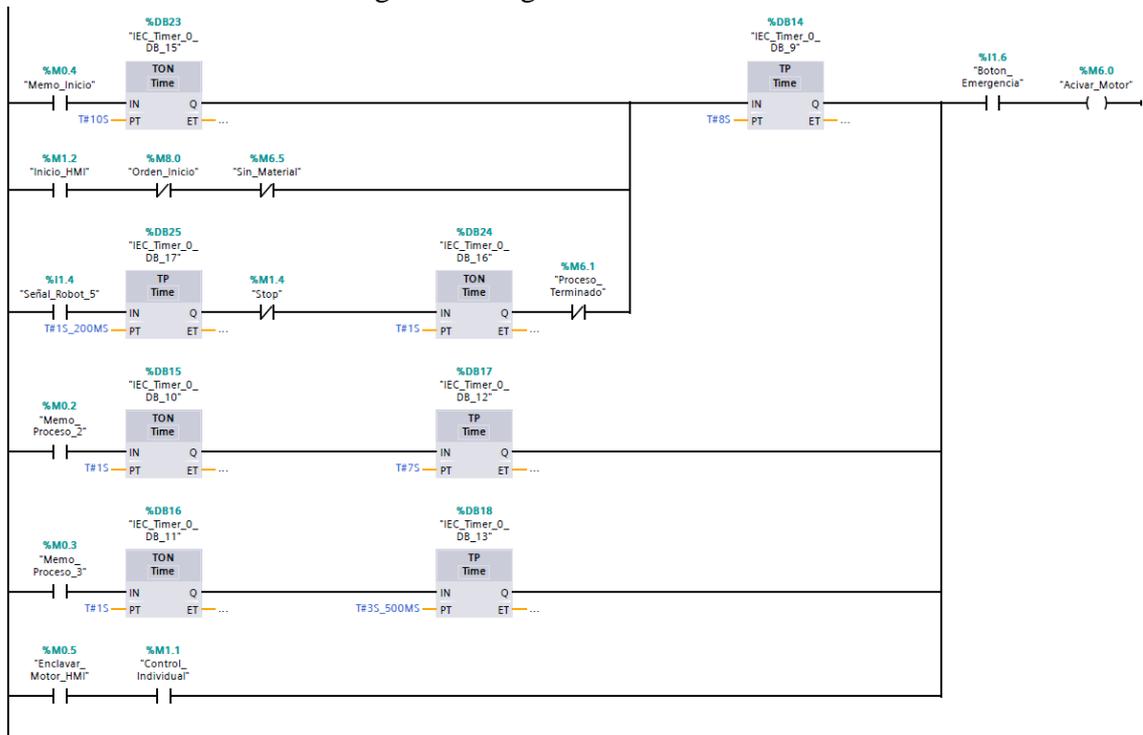
Figura 68. Segmento proceso 3



Fuente: Autores

3.4.5.6 *Control motor*. En este segmento de programación se controla el bit que se envía al PLC S7 1200 para que active el motor, en este segmento se controla la activación para cada procedimiento en el ensamble con sus respectivos intervalos de duración.

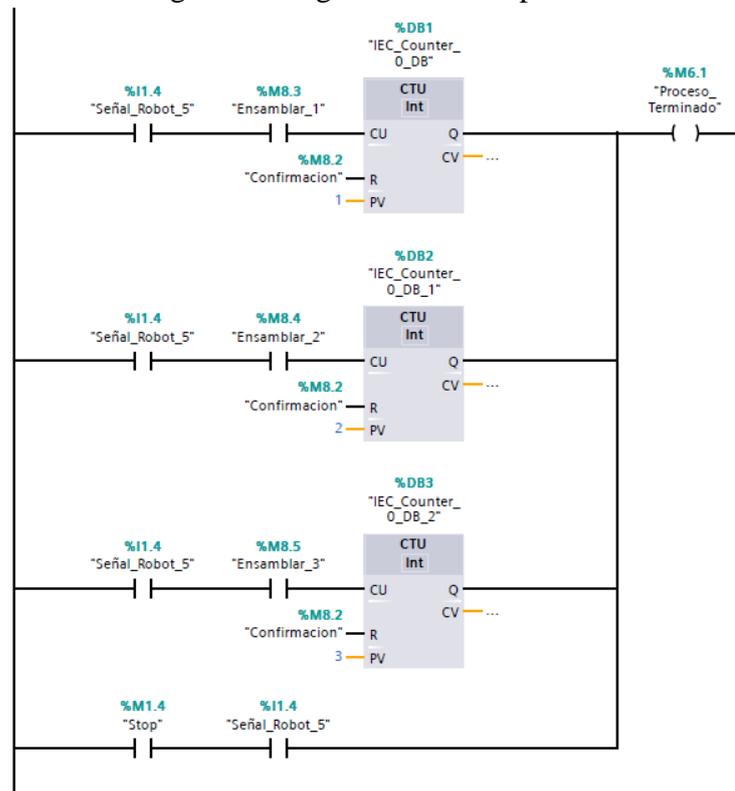
Figura 69. Segmento control motor



Fuente: Autores

3.4.5.7 *Control proceso.* Esta sección controlara la finalización del proceso, para esto se programó contadores que sumaran a su cuenta la pieza que se ensamble y de esta manera activar una señal que indique la finalización del total de ensambles requeridos, además en este segmento se programó el paro del proceso y el botón de emergencia.

Figura 70. Segmento control proceso



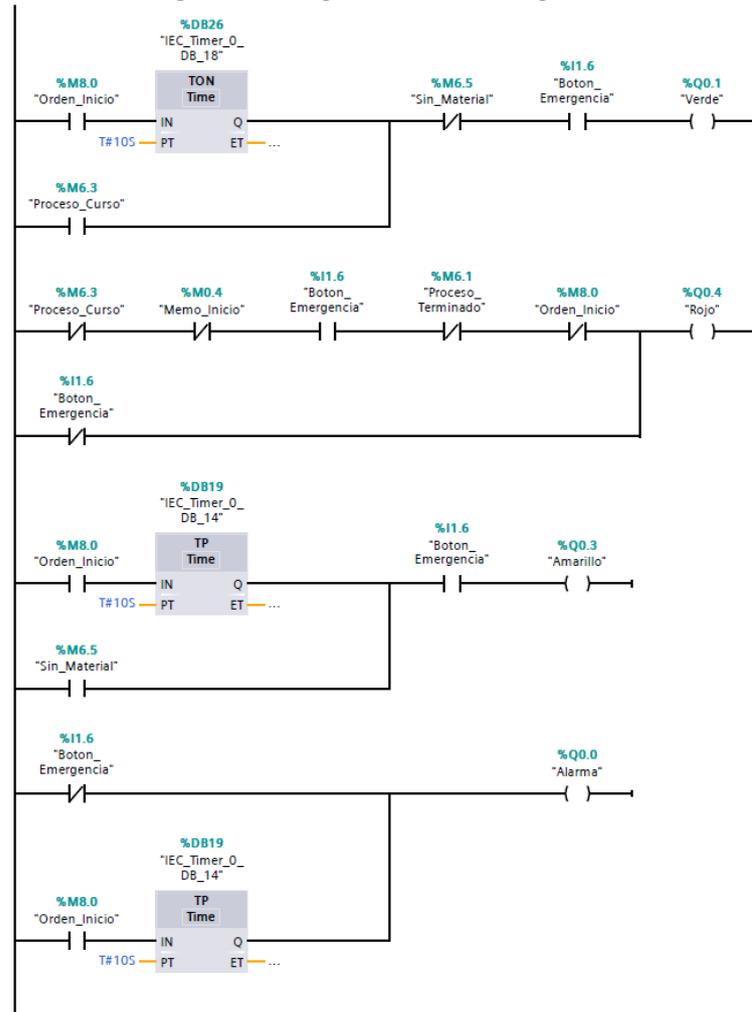
Fuente: Autores

3.4.5.8 *Señalización de seguridad.* En este segmento se estableció la ordenes de encendido de las luces y alarma de la torre de proceso, para esto se consideró 5 eventos del proceso.

- Indicación de nueva orden
- Proceso en curso
- Proceso finalizado
- Falta de material
- Parada de emergencia

En cada uno de estos eventos se encenderá la luz y alarma según las indicaciones mencionadas anteriormente.

Figura 71. Segmento baliza seguridad



Fuente: Autores

3.4.6 *Programación HMI.* Como parte final de la programación del tablero de control y monitoreo, se configuro la HMI incorporada para controlar el proceso de ensamblaje desde esta, es por esto que la misma cuenta con tres imágenes que permiten realizar las distintas funciones de control del sistema.

- Imagen Raíz o Caratula
- Imagen Control de Robot
- Imagen Control Manual-Automático

La primera imagen o imagen raíz, muestra la información del proceso de ensamblaje y permite acceder a las dos imágenes restantes, esta se muestra inicialmente en el tablero de control y monitoreo.

Figura 72. Imagen raíz



Fuente: Autores

La segunda imagen esta enlazada con las señales de entrada y salida del robot, esto permite simular el proceso de ensamble sin la necesidad de que el robot esté en funcionamiento, permitiendo verificar el estado del mismo.

Figura 73. Imagen control robot



Fuente: Autores

La última imagen está programada para controlar los movimientos de la banda y activaciones del cilindro, además esta permite dar un inicio al proceso y que este prosiga hasta que no exista material o el usuario pare el proceso desde esta imagen misma.

Figura 74. Imagen 2



Fuente: Autores

3.4.7 *Configuración de variador de velocidad.* Para controlar la activación y desactivación del motor se configuro el variador de velocidad G110, con la configuración para puesta en servicio rápida que ofrece este dispositivo, de esta manera se configuro el variador con los parámetros que indica el motor en su placa de características, en la tabla 5 se indica estas.

Tabla 5. Características del motoreductor

<b>Fabricante</b>	WEG
<b>Potencia</b>	0.18 kW (0.28 Hp)
<b>Tensión</b>	220V-440V
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Amperaje</b>	1.14A-0.57A
<b>Velocidad</b>	1710 rpm
<b>Factor de reducción</b>	40
<b>Factor de potencia (cos φ)</b>	0.67

Fuente: Autores

Para la puesta en servicio rápida se procedió a ingresar las características del motor en este, en la tabla 6 se muestra los parámetros ingresados en el variador.

Tabla 6. Parámetros ingresados al variador

Parámetro	Valor
P0010 Comenzar la puesta en servicio rápida	1 (Puesta en servicio rápida)
P0100 Funcionamiento para Europa/América	2 (Potencia en kW, f de 60Hz)
P0304 Tensión nominal del motor	220 V
P0305 Corriente nominal del motor	1.14 A
P0307 Potencia nominal del motor	0.18 kW
P0310 Frecuencia nominal del motor	60 Hz
P0311 Velocidad nominal del motor	1710 rpm
P0700 Selección de la fuente de comandos	2 (Bornes/Entradas digitales)
P1000 Selección de la consigna de frecuencia	2 (Consigna analógica)
P1080 Frecuencia mínima del motor	10 Hz
P1082 Frecuencia máxima del motor	55 Hz
P1120 Tiempo de aceleración	2 s
P1121 Tiempo de deceleración	2 s
P3900 Finalizar puesta en servicio rápida	1 (Fin, calculo y reajuste del motor)

Fuente: Autores

### 3.5 Pruebas y puesta en marcha del sistema de control y monitoreo

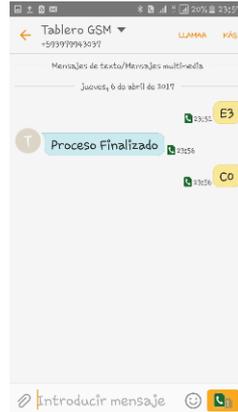
Para enviar una orden en la cual se requiera el ensamble de un cierto número de piezas se debe enviar un SMS con el siguiente contenido: la letra “E” seguido del número de ensambles requeridos, siendo así, si se requiere tres piezas se enviaría “E3”, en la figura se muestra la orden enviada desde un dispositivo móvil registrado.

Figura 75. Envío de orden de ensamble



Fuente: Autores

Figura 76. Confirmación de finalización de proceso

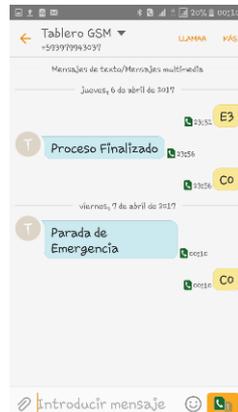


Fuente: Autores

Cuando el proceso de ensamblaje finalice el tablero enviará al usuario móvil un mensaje indicando “Proceso Finalizado”, en este caso el usuario responderá con un SMS de confirmación con el texto “C0”, el cual le permitirá enviar una nueva orden de ensamble.

Si en la planta de proceso se acciona el botón de emergencia, el usuario móvil recibirá un mensaje con el texto “Parada de emergencia”, con lo cual este deberá responder con otro SMS con la instrucción “C0” para desprogramar el proceso.

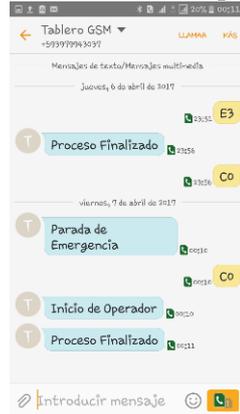
Figura 77. Notificación de emergencia



Fuente: Autores

Además, el tablero notificará al usuario móvil con el SMS “Inicio de Operador” si un operador desde la planta inicia el proceso desde la pantalla HMI, y cuando finalice indicará con la notificación “Proceso Finalizado”.

Figura 78. Inicio de operador



Fuente: Autores

## CAPÍTULO IV

### 4. GUÍA DE OPERACIÓN Y GUÍA DE PRACTICA DE LABORATORIO

#### 4.1 Manual de operación

	<b>GUÍA DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE CONTROL Y MONITOREO DE UN PROCESO DE ENSAMBLAJE CON ROBOT KAWASAKI POR MEDIO DE LA RED GSM</b>		<b>Ficha: 1-1</b>
	<b>ESPOCH-FACULTAD DE MECÁNICA</b>		<b>Versión: 2017</b>
	<b>SECCIÓN: LAB. NEUMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN</b>		
<b>MODULO:</b> Modulo Proceso de Ensamblaje con Robot Kawasaki RS003N		<b>CÓDIGO:</b> FAME-NA-EN01	
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Este módulo nos permite ensamblar un conjunto de tres piezas con robot Kawasaki para su debido control y monitoreo con PLC S7 1500, PLC S7 1200, pantalla HMI KTP 600 PN y módulo de comunicación GSM.			
SEGURIDAD	PROCESO	DESCRIPCIÓN	CONTROL
<p>Durante el conexionado de los distintos componentes que forman parte del tablero de control proceso de control y monitoreo se debe tener un borrador del circuito (circuito de potencia y control) para evitar errores durante las conexiones de los elementos y así no producir un daño o eventualidad durante la puesta en marcha.</p> <p>Antes de la conexión de los elementos tener en cuenta los datos técnicos de cada uno (voltaje, potencia, tiempo de trabajo, etc.)</p> <p>Para el montaje de los elementos y cableado de los mismo evitar golpes y realizar un debido ajuste de los cables en las borneras de cada entrada y salida de cada elemento.</p>		Familiarícese con los controles del equipo.	Es importante que antes de manipular el equipo se conozca el uso correcto del mismo
		Alimentar las fuentes del tablero de control y potencia.	Es importante conocer el voltaje con el que trabaja los elementos de potencia y control.
		Ir a la fuente de alimentación y accionar el interruptor del robot.	Antes de encender el robot se debe observar que no se encuentren elementos con los que pueda chocar.
		Ir al tablero de potencia y control y accionar el interruptor que corresponda al módulo que se va a utilizar	Revisar que cada elemento este energizado por medio de visualización de los leds de cada elemento.

<p>Para la programación del robot se recomienda tener cuidado al momento de los movimientos que va a realizar el robot durante el ensamble evitando choques y sobrecargas o sobre esfuerzos, además evitar apoyarse sobre el robot ya que es equipo de mucha precisión y al apoyarse se puede desequilibrar y pueden ocasionarse eventualidades durante el proceso o prácticas.</p> <p>Los almacenes instalados en la mesa de ensamble se debe considerar su ubicación ya que al ser movidos el robot no podrá realizar sus procesos correctamente.</p> <p>Se debe tener cuidado con los equipos durante la realización de prácticas debido a su delicadez, evitando posibles daños y eventualidades durante la puesta en marcha del proceso.</p> <p>Verificar el estado de las conexiones de las diferentes entradas (sensores, paros de emergencia, torre de señalización, PLC, pantalla HMI Y módulo de comunicación revisar su puerto de tarjeta SIM) para evitar daños posibles durante el proceso de ensamble.</p> <p>Revisar que la antena del módulo y tarjeta sim estén correctamente instalados.</p>	<pre> graph TD     A[Familiarizarse con los equipos.] --&gt; B[Energizar la línea del tablero de control.]     B --&gt; C[Energizar la línea del robot industrial]     C --&gt; D[Accionar los disyuntores y guardamotor que energizan a los elementos del tablero de control y potencia]     D --&gt; E[Alimentar la línea de aire comprimido]     E --&gt; F[Colocar piezas en almacenes.]     F --&gt; G[Inicio del proceso con notificación de proceso iniciado.]     G --&gt; H[Proceso en ejecución (ensamble de n piezas)]     H --&gt; I[Procesos terminado (envío de notificación.)] </pre>	Alimentar la línea de aire comprimido.	Revisar y tener en cuenta con que presión va a trabajar el módulo de ensamble.
		Colocar las piezas en los distintos almacenes y también ubicar la plataforma en la línea de ensamble.	Tiene que estar la pieza justamente con la posición inicial o sino el sistema no arranca si no detecta la presencia.
		Se procede a ejecutar el proceso con él envío de un mensaje de texto al módulo.	Es importa que todos los procesos anteriores sean cumplidos para que este módulo pueda ejecutar si proceso sin ningún problema.
		Se ejecuta el proceso activando la torre de señalización.	Durante la ejecución del proceso la torre de señalización las diferentes etapas donde el usuario o estudiante podrá acceder a la línea de ensamble además que indicará la falta de material durante el proceso.
		Se termina el proceso y a su vez se enviará la notificación al usuario de procesos terminado.	Verificar el paro total del módulo, Registre cualquier anomalía presentada en el MODULO durante su operación.

## 4.2 Guía de prácticas de laboratorio

### 4.2.1 Practica de control de robot industrial Kawasaki RS003N



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD: MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

## GUÍA DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

### PRÁCTICA No.1 CONTROL DE SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA PARA MANIPULACION DE ROBOT INDUSTRIAL KAWASAKI RS003N

#### 1. DATOS GENERALES

NOMBRE:

.....  
.....

CODIGO(S):

.....  
.....

GRUPO No.: ....

FECHA DE REALIZACIÓN:

.....

FECHA DE ENTREGA:

.....

#### 2. OBJETIVO

Controlar las señales de entrada y salida para manipular un robot industrial Kawasaki RS003N mediante un PLC S7-1500.

#### 3. INSTRUCCIONES

- Leer los manuales de los componentes del tablero.
- Inspeccionar la integridad del robot y el tablero.

- Detectar las señales de entrada y salida del robot.
- Programar las órdenes para manipular el robot.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

#### **4. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR**

- Observación y reconocimiento del robot y el tablero de control.
- Conectar a las fuentes de energía del robot y el tablero de control.
- Conectarse al PLC S7 1500 con la ayuda de un cable de red Ethernet.
- Crear un nuevo proyecto en el software TIA Portal.
- Reconocer todas las entrada y salidas del robot.
- Programar el proceso de manipulación del robot.
- Realizar simulaciones con señales forzadas en el software.
- Despejar el área de trabajo del robot.
- Realizar pruebas con el robot apagado.
- Realizar pruebas con el robot encendido.

#### **5. RESULTADOS OBTENIDOS**

Se programó el sistema de control que permite manipular el robot mediante el envío de señales para ejecutar ordenes programadas y recibir señales de éste cuando finalice las operaciones establecidas.

#### **6. CONCLUSIONES**

- Se identificó las señales de entrada y salida del robot que permiten su manipulación
- Se elaboró una interfaz desde una pantalla HMI que permite al estudiante el control y monitoreo de las señales del robot.

#### **7. RECOMENDACIONES**

- Se debe realizar mantenimiento preventivo del equipo, dando prioridad al Robot Kawasaki RS003N, evitar posibles fallas durante su funcionamiento.

4.2.2 *Practica de control de señales de entrada y salida del sistema de ensamblaje*



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**FACULTAD: MECÁNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GUÍA DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA No.2 CONTROL DE SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL  
SISTEMA DE ENSAMBLAJE**

**1. DATOS GENERALES**

**NOMBRE:**

.....  
.....

**CODIGO(S):**

.....  
.....

**GRUPO No.:** .....

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

.....

**FECHA DE ENTREGA:**

.....

**2. OBJETIVOS**

Controlar las señales de entrada y salida de un tablero de control y monitoreo para un sistema de ensamblaje con robot Kawasaki RS003N mediante un PLC S7-1200 y PLC S7-1500.

**3. INSTRUCCIONES**

- Leer los manuales de los componentes del tablero.
- Inspeccionar la integridad del tablero, robot y el proceso de ensamblaje.

- Detectar las señales de entrada y salida del tablero.
- Programar el sistema de ensamblaje.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

#### **4. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR**

- Leer los manuales de instrucciones.
- Conectar las fuentes de energía del sistema de ensamblaje, del robot industrial y el tablero de control.
- Conectarse al PLC S7-1500 y PLC S7-1200 con la ayuda de un cable de red Ethernet.
- Crear un nuevo proyecto en el software TIA Portal y agregar los dispositivos de control del tablero.
- Reconocer todas las entrada y salidas del proceso de ensamble.
- Programar el proceso de ensamblado.
- Realizar simulaciones con señales forzadas en el software.
- Despejar el área de trabajo del robot y proceso de ensamblaje.
- Realizar las pruebas con el robot apagado.
- Realizar pruebas de todos los eventos posibles.
- Realizar pruebas con el robot encendido.

#### **5. RESULTADOS OBTENIDOS**

Se obtiene un sistema control que permite el funcionamiento del proceso de ensamblaje acoplado al robot industrial, permitiendo la correcta funcionalidad de estos ante distintos eventos posibles del proceso.

#### **6. CONCLUSIONES**

- Se identificó las señales de entrada y salida del tablero de control que permiten la operación del proceso de ensamblaje en coordinación con el robot Kawasaki RS003N.
- Se elaboró una interfaz desde una pantalla HMI que permite al estudiante el control y monitoreo del proceso de ensamblaje.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar mantenimiento preventivo del equipo, dando prioridad al Robot Kawasaki RS003N y posteriormente a las bandas transportadoras del sistema de ensamblaje, para evitar posibles fallas durante su funcionamiento.

4.2.3 *Practica de control de y monitoreo a distancia de un proceso de ensamblaje por medio de la red GSM.*



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD: MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

## GUÍA DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

### PRÁCTICA No.3 CONTROL Y MONITOREO A DISTANCA DE UN PROCESO DE ENSAMBLAJE POR MEDIO DE LA RED GSM

#### 1. DATOS GENERALES

NOMBRE:

.....  
.....

CODIGO(S):

.....  
.....

GRUPO No.: ....

FECHA DE REALIZACIÓN:

.....

FECHA DE ENTREGA:

.....

#### 2. OBJETIVOS

Controlar y monitorear a distancia un sistema de ensamblaje por medio de la red GSM, mediante el envío y recepción de SMS.

### **3. INSTRUCCIONES**

- Leer los manuales de los componentes del tablero.
- Inspeccionar la integridad del tablero, sistema de ensamblaje y robot industrial.
- Detectar las señales de entrada y salida del tablero de control y monitoreo.
- Programar el sistema de ensamblaje.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

### **4. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR**

- Leer los manuales de instrucciones.
- Conectar las fuentes de energía del sistema de ensamblaje, del robot industrial y el tablero de control.
- Conectarse al PLC S7-1500 y PLC S7-1200 con la ayuda de un cable de red Ethernet.
- Crear un nuevo proyecto en el software TIA Portal y agregar los dispositivos de control del tablero.
- Reconocer todas las entrada y salidas del proceso de ensamble.
- Configurar el módulo GSM para el envío y recepción de SMS.
- Programar el proceso de ensamblado incluyendo un sistema de señalización luminosa y sonora.
- Realizar simulaciones con señales forzadas en el software.
- Despejar el área de trabajo del robot y proceso de ensamblaje.
- Realizar las pruebas con el robot apagado.
- Realizar pruebas de todos los eventos posibles.
- Realizar pruebas con el robot encendido.

### **5. RESULTADOS OBTENIDOS**

Se obtiene un sistema automatizado que permite enviar SMS para controlar el proceso de ensamblaje y recibir notificación del estado del proceso mediante SMS, desde un dispositivo móvil a distancia, además de que este contiene un sistema de señalización luminosa y sonora que alerta a los usuarios del funcionamiento del proceso de ensamblaje.

## **6. CONCLUSIONES**

- Se identificó las señales de entrada y salida que son utilizadas para la programación y comunicación por medio de la red GSM.
- Se realizó el enlace de un usuario para el control y monitoreo del proceso de ensamblaje con ayuda de la comunicación GSM.
- Se realizó la comunicación por medio de la red Profinet para la transferencia de datos desde el PLC 1200 a PLC 1500 y viceversa.
- Se implementó una torre de señalización donde indica los diferentes estados del proceso, cuando el también no cuenta con materia disponible en los almacenes y para precautelar la seguridad del estudiante.
- Se elaboró una interfaz desde una pantalla HMI que permite al estudiante el control del proceso.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda verificar que los números ingresados en el módulo GSM para el envío de notificaciones sean los correctos.
- Tomar en cuenta que la tarjeta sim del módulo GSM cuente con saldo disponible para el envío de notificaciones acerca del proceso, además que la comunicación GSM se puede realizar con usuarios de distintas operadoras.
- Se debe realizar mantenimiento preventivo del equipo, dando prioridad al Robot Kawasaki RS003N, con el fin de evitar posibles fallas durante su funcionamiento.

## CAPITULO V

### 5. ESTUDIO DE COSTOS

#### 5.1 Costo de inversión

El costo de inversión es el capital que se utilizó para la implementación del proyecto, se encuentran los costos directos y gastos varios.

#### 5.2 Costos directos

Dentro de estos se describen los costos por elementos eléctricos y elementos mecánicos.

##### 5.2.1 Costos de elementos eléctricos

Tabla 7. Costos de elementos eléctricos

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio
1	PLC S7-1500	1	800.00
2	Fuente de alimentación estabilizada para S7-1500	1	347.00
3	Modulo IO digital para S7-1500, tipo entrada	1	430.00
4	Modulo IO digital para S7-1500, tipo salida	1	509.00
6	PLC S7-1200	1	700.00
7	Módulo de salida analógica	1	192.00
8	Módulo de Comunicación GPRS para S7-1200	1	992.00
9	Antena ANT 794-4MR de banda cuádruple	1	95.00
11	Switch industrial ethernet no admisible	1	240.00
12	Variador de velocidad	1	486.00
13	Pantalla HMI KTP600	1	1365.00
14	Guardamotor	1	68.98
15	Torre de señalización	1	40.00
<b>Total</b>			<b>6264.98</b>

Fuente: Autores

##### 5.2.2 Costos de elementos mecánicos

Tabla 8. Costos de elementos mecánicos

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio
1	Rampa para pieza 1 (caja)	1	25.00
2	Rampa para pieza 2 (tapa)	1	30.00

Fuente: Autores

Tabla 8. (Continuación) Costos de elementos mecánicos

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio
3	Rampa para pieza 3 (pasador)	1	15.00
4	Tablero de control 80x60x30 cm	1	112.00
5	Perfil de soporte de S7-1500	1	85.00
<b>Total</b>			267.00

Fuente: Autores

### 5.2.3 Costos operativos

Tabla 9. Costos operativos

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio
1	Mano de obra directa	2	1800.00
2	Asesoramiento técnico	1	400.00
<b>Total</b>			2200.00

Fuente: Autores

### 5.3 Gastos varios

Estos costos son los que intervienen indirectamente en el proceso de fabricación.

Tabla 10. Gastos varios

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio
1	Transporte	2	80.00
2	Alimentación	2	100.00
3	Equipos de oficina (computador, hojas, etc.)	1	800.00
4	Herramientas	10	60.00
<b>Total</b>			1040.00

Fuente: Autores

### 5.4 Resumen de costos y gastos

Tabla 11. Resumen de costos

Ítem	Descripción	Precio
1	Costos de elementos eléctricos	6264.98
2	Costos de elementos mecánicos	267.00
3	Costos operativos	2200.00
4	Gastos varios	1040.00
<b>Total</b>		9771.98

Fuente: Autores

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se investigó la bibliografía referente a de los sistemas de control y monitoreo y de las partes involucradas, sintetizando la información necesaria para el desarrollo de la propuesta de este trabajo.

Se seleccionó los elementos necesarios para el control y monitoreo del proceso de ensamble a distancia con red GSM, teniendo en cuenta las características requeridas para un correcto y eficaz funcionamiento del tablero en él proceso.

Se instaló una torre de señalización para indicar los diferentes estados del proceso de ensamblaje con el fin de precautelar la seguridad del operario, esto realizándolo a través de diferentes señales luminosas y sonora.

Se configuro una interfaz desde el tablero de control que permite al operario controlar el proceso directamente desde este en el caso de presentarse eventos que interrumpen el proceso.

Se programó el proceso de ensamblaje de tres piezas que permitirá al operario controlar y monitorear al proceso mediante red GSM configurada, enviando órdenes y receptando notificaciones acerca del estado proceso.

Se realizó pruebas de evaluación de funcionamiento para las distintas situaciones que se pueden presentar durante el proceso, verificando la funcionalidad ante cualquier evento del proceso.

Se describió un manual de operación que facilite al estudiante u operario el uso del sistema de control y monitoreo, dando a conocer el correcto uso del sistema de control y monitoreo planteado.

## **6.2 Recomendaciones**

Si durante el proceso de ensamblaje no se recibe notificaciones, se recomienda verificar que el chip del módulo GSM del tablero de control cuente con saldo disponible para que le permita enviar notificaciones del estado de proceso, además es aconsejable revisar que el número introducido para receptor las notificaciones del proceso sea el correcto.

Se recomienda leer el manual de operación del sistema de control y monitoreo propuesto, para tener un total conocimiento del sistema y realizar una correcta operación de esta.

Se recomienda realizar el respectivo mantenimiento de los sistemas mecánicos y eléctricos que involucran el proceso de ensamblaje, para evitar inconvenientes en el funcionamiento eficaz del mismo.

Se recomienda realizar estudios y prácticas que incluyan las nuevas tecnologías que se desarrollan día a día en el campo de la automatización industrial, en la realización de la presente propuesta tecnológica una de las debilidades que se presentó, fue un bajo conocimiento de los diferentes tipos de comunicaciones que existen, como lo es la red PROFINET y la red GSM, para el monitoreo y control de sistemas industriales automatizados.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABB.** *Balizas y torres de señalización* [En línea]. Una solución para cada campo de señalización. [Consulta: 20 mayo 2017]. Disponible en: <http://new.abb.com/low-voltage/es/productos/pulsanteria-y-senalizacion/torres-de-se%C3%B1ales-y-balizas-de-se%C3%B1ales>

**CCM.** *Estándar GSM (Sistema global de comunicaciones móviles)* [En línea]. [Consulta: 25 septiembre 2016]. Disponible en: <http://es.ccm.net/contents/telefonía-movil-1095120547#681>

**EUCHNER.** *Dispositivo de parada de emergencia* [En línea]. [Consulta: 20 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.euchner.de/es-es/Productos/Dispositivos-de-parada-de-emergencia/Dispositivo-de-parada-de-emergencia-ES>

**GROOVER, Mikell P.** *Fundamentos de manufactura moderna materiales, procesos y sistemas*. Naucalpan de Juárez-México: Pretince Hall, 1997, pp. 1-24.

**HERNÁNDEZ ANDRADE, Luis Alberto.** *Mejoramiento continuo de un proceso de ensamble de circuitos electrónicos mediante la utilización de las técnicas de producción esbelta* [En línea] (tesis). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2007. pp. 12-37. [Consulta: 16 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14725>

**IMCOSA.** *Bobinas para valvulas solenoides* [En línea]. [Consulta: 5 abril 2017]. Disponible en: <http://www.imcosamex.com/?s=valvulas+de+solenoides&button=Buscar>

**KAWASAKI.** *RS003N Robot* [En línea]. [Consulta: 10 octubre 2016]. Disponible en: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS003N/>

**MARTIG, Sergio & CASTRO, Silvia.** *"Interfaces para el monitoreo y control de procesos industriales"*. VI Congreso de Investigadores en Ciencias de la Computación [En línea], 2004, (Argentina), pp. 1-5. [Consulta: 09 octubre 2016]. Disponible en:

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/21370/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/21370/Documento_completo.pdf?sequence=1)

**MAURY RAMÍREZ, Heriberto; et al.** *Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados*. Barranquilla-Colombia: Ediciones Uninorte, 2009, pp. 16-27.

**MICRO AUTOMATION.** *Automatización y control* [En línea]. [Consulta: 10 mayo 2017]. Disponible en: [http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion\\_y\\_control.pdf](http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion_y_control.pdf)

**MICRO AUTOMATION.** *Controlador logico programable (PLC)* [En línea]. [Consulta: 10 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>

**MONTALVO GARCÍA, José Luis; & MOROCHO ROMERO, Wilian Mesías** *Diseño e implementación de un sistema SCADA para control del proceso de un módulo didáctico de montaje FESTO utilizando PLC y una pantalla HMI, caso práctico: en el laboratorio de automatización de la FIE* [En línea] (tesis). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2011. págs. 44-46. [Consulta: 05 octubre 2016]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>

**OROZCO, Fausto Ernesto.** *Diseño e implementación de un prototipo de control y comunicación por internet para reporte de procesos industriales para toma de decisiones a nivel gerencial* [En línea] (tesis). (Maestría) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. Quito, Ecuador. 2015. págs. 55-56. [Consulta: 13 diciembre 2016]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7933/Tesis%20Final%20Fausto%20Orozco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**PACHON DE LA CRUZ, Álvaro.** *"Evolución de los sistemas móviles celulares GSM" Sistemas y Telemática* [En línea], 2004, (Colombia), pp. 13-17. [Consulta: 17 octubre 2016]. Disponible: [http://www.icesi.edu.co/contenido/pdfs/apachon\\_gsm.pdf](http://www.icesi.edu.co/contenido/pdfs/apachon_gsm.pdf)

**PEREZ, Enrique Mandado, et al.** *Automatas Programables y Sistemas de Automatización*. México D.F.-México: Alfaomega, 2009. pp. 281-363.

**QUEZADA QUEZADA, José Carlos; et al.** "*Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable*". *Ingeniería Investigación y Tecnología* [En línea], 2014, (México) 15(1), pp.42-50. [Consulta: 17 abril 2016]. ISSN 1405-7743. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/ingenieria/article/view/45791/41079>

**REYES CORTES, Fernando.** *Robótica: Control de robot manipuladores*. México D.F.-México: Alfaomega, 2011, pp. 12-16.

**SARMIENTO, Diego Javier.** *Implementación de los protocolos de comunicación industrial mediante Simatic S7-1200 para el laboratorio de automatización de la Universidad del Azuay* [En línea] (tesis). (Ingeniería) Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Electrónica. Cuenca, Ecuador. 2016. pp. 43-56. [Consulta: 17 diciembre 2016]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5479/1/11820.pdf>

**SIEMENS.** *Controlador programable S7-1200* [En línea]. [Consulta: 07 mayo 2017]. Disponible en: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatización/simatic/Documentos/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

**SIEMENS.** *S7-1200 Telecontrol, CP 1242-7* [En línea]. [Consulta: 07 mayo 2017]. Disponible en: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/071/55631071/att\\_24244/v1/BA\\_CP-1242-7\\_78\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/071/55631071/att_24244/v1/BA_CP-1242-7_78_es-ES.pdf)

**SIEMENS.** *S7-1500, Sistema de automatización* [En línea]. [Consulta: 07 mayo 2017]. Disponible en: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/792/59191792/att\\_895926/v1/s71500\\_et200mp\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/792/59191792/att_895926/v1/s71500_et200mp_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)

**SIEMENS.** *Paneles de operador, HMI* [En línea]. [Consulta: 07 mayo 2017]. Disponible en: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att\\_25341/v1/hmi\\_basic\\_panels\\_operating\\_instructions\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att_25341/v1/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf)

**SIPPER, Daniel; & BULFIN, Robert L.** *Planeación y control de la producción*. México D.F.-México: McGraw-Hill, 1998, pp. 1-15.

**TORRÓ LUCH, Pablo.** *Robot articulado de 5GDL didáctico diseñado para fabricarse con impresora 3D* [En línea] (tesis).(Ingeniería). Universitat Politècnica de València, Escuela Politécnica Superior D'Alcoi, Valencia, España. 2015. págs. 13-25. [Consulta: 07 diciembre 2016]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54050/TORR%C3%93%20%20Robot%20articulado%20de%205%20GDL%20did%C3%A1ctico%20dise%C3%B1ado%20para%20fabricarse%20con%20impresora%203D..pdf?sequence=1>

**VILLASIS PARRA, Santiago Ricardo.** *Sistema de monitoreo y control remoto utilizando el servicio de texto de la red GSM* [En línea] (tesis).(Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería. Ambato, Ecuador. [Consulta: 11 diciembre 2016]. Disponible en: [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/394/3/Tesis\\_t147ec.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/394/3/Tesis_t147ec.pdf)

**VITERI VERA, Miguel Ángel.** *Instalación y Configuración de una red Profinet y una subred Profibus a un concentrador de señales ET-200M como esclavo y un PLC step 7-300 como maestro* [En línea] (tesis).(Ingeniería) Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Guayaquil, Ecuador. 2014. [Consulta: 11 enero 2017]. Disponible en: <http://docplayer.es/9231465-Ingeniero-electrónico-en-control-y-automatismo.html>

