



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL**  
**INALÁMBRICO PARA EL COCHE TRANSPORTADOR-40t DE LA**  
**CENTRAL AGOYÁN”**

**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTOR: ADRIÁN ALEXIS CASTELO GRANIZO**

Riobamba - Ecuador

2017

©2017, Adrián Alexis Castelo Granizo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El tribunal del Proyecto de Titulación certifica que: El Proyecto Técnico: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO PARA EL COCHE TRANSPORTADOR-40t DE LA CENTRAL AGOYÁN, de responsabilidad del señor Adrián Alexis Castelo Granizo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Washington Luna E. <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Freddy Chávez V. <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES</b>	.....	.....
Ing. Edwin Altamirano S. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	.....	.....
Dr. Geovanny Vallejo V. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....

Yo, ADRIÁN ALEXIS CASTELO GRANIZO, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la CENTRAL AGOYAN.

.....  
Adrián Alexis Castelo Granizo

## **DEDICATORIA**

A aquellas personas que creyeron en mí en cada etapa de mis estudios y me brindaron aliento en todos los momentos difíciles, a mi familia, a mis compañeros, maestros y amigos por su invaluable apoyo en todo este tiempo.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a toda mi familia que me ha acompañado en mi vida y en especial durante mi carrera logrando así una de las metas que me he propuesto. A mis amigos y maestros que de una forma u otra me han brindado su comprensión y guía en el desarrollo del presente trabajo. Finalmente resta agradecer a CELEC E.P. HIDROAGOYÁN por permitirme realizar el proyecto, y por el incondicional apoyo de todo el personal de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico, por su ayuda a todos ellos mi más sincero agradecimiento.

## TABLA DE CONTENIDO

DERECHOS DE AUTOR.....	-ii-
HOJA DE CERTIFICACIÓN.....	-iii-
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	-iv-
DEDICATORIA.....	-v-
AGRADECIMIENTO.....	-vi-
INDICE DE TABLAS.....	-x-
INDICE DE FIGURAS.....	-xi-
INDICE DE ANEXOS.....	-xiii-
RESUMEN.....	-xiv-
ABSTRACT.....	-xv-
INTRODUCCIÓN.....	-1-
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>1.1 Coche Transportador.....</b>	<b>- 6 -</b>
<i>1.1.1 Movimiento del coche transportador .....</i>	<i>- 7 -</i>
<i>1.1.2 Mando del transportador .....</i>	<i>- 7 -</i>
<i>1.1.3 Datos técnicos del transportador .....</i>	<i>- 8 -</i>
<i>1.1.4 Variador de velocidad del coche transportador.....</i>	<i>- 8 -</i>
<b>1.2 El sistema de control .....</b>	<b>- 10 -</b>
<i>1.2.1 Componentes básicos de un sistema de control .....</i>	<i>- 10 -</i>
<i>1.2.2 Sistemas de control en lazo abierto.....</i>	<i>- 10 -</i>
<i>1.2.3 Sistemas de control en lazo cerrado.....</i>	<i>- 11 -</i>
<b>1.3 Comunicación inalámbricas .....</b>	<b>- 12 -</b>
<i>1.3.1 Ventajas de una comunicación inalámbrica .....</i>	<i>- 13 -</i>
<b>1.4 Redes WLAN .....</b>	<b>- 13 -</b>

<b>1.4.1</b>	<b><i>Ventajas de las redes WLAN</i></b> .....	- 14 -
<b>1.5</b>	<b>La automatización</b> .....	- 14 -
<b>1.5.1</b>	<b><i>Objetivos de la automatización</i></b> .....	- 14 -
<b>1.5.2</b>	<b><i>Ventajas de la automatización</i></b> .....	- 14 -
<b>1.6</b>	<b>Controlador lógico programable o PLC</b> .....	- 15 -
<b>1.6.1</b>	<b><i>Señales de entrada del PLC</i></b> .....	- 16 -
<b>1.6.2</b>	<b><i>Señales de salida del PLC</i></b> .....	- 16 -
<b>1.6.3</b>	<b><i>Ventajas del PLC</i></b> .....	- 16 -
<b>1.6.4</b>	<b><i>Desventajas del PLC</i></b> .....	- 16 -
<b>1.7</b>	<b>Interfaz Hombre-Máquina (HMI)</b> .....	- 17 -
<b>1.7.1</b>	<b><i>Características básicas de un HMI</i></b> .....	- 17 -
<b>1.7.2</b>	<b><i>Ventajas de un HMI</i></b> .....	- 18 -

## **CAPÍTULO II**

<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	- 19 -	
<b>2.1</b>	<b>Diseño del sistema a implementar</b> .....	- 19 -
<b>2.2</b>	<b>Estudio y selección de tecnología a utilizar</b> .....	- 19 -
<b>2.2.1</b>	<b><i>Selección de componentes</i></b> .....	- 20 -
<b>2.2.1.1</b>	<b><i>Panel de operación</i></b> .....	- 20 -
<b>2.2.1.2</b>	<b><i>Estación de carga</i></b> .....	- 23 -
<b>2.2.1.3</b>	<b><i>Fuente de alimentación externa</i></b> .....	- 24 -
<b>2.2.1.4</b>	<b><i>Controlador lógico programable o PLC</i></b> .....	- 25 -
<b>2.2.1.4</b>	<b><i>Fuente de poder</i></b> .....	- 28 -
<b>2.2.1.5</b>	<b><i>Módulos de señales</i></b> .....	- 29 -
<b>2.2.1.6</b>	<b><i>Punto de Acceso (Access Point)</i></b> .....	- 30 -
<b>2.3</b>	<b>Topología del sistema a implementar</b> .....	- 31 -
<b>2.4</b>	<b>Configuración de la red</b> .....	- 32 -
<b>2.4.1</b>	<b><i>Configuración comunicación entre el PLC y el Access Point.</i></b> .....	- 32 -
<b>2.4.2</b>	<b><i>Configuración del Access Point.</i></b> .....	- 33 -
<b>2.5</b>	<b>Diseño del sistema de control inalámbrico</b> .....	- 34 -
<b>2.5.1</b>	<b><i>Circuito del sistema de control anterior</i></b> .....	- 34 -
<b>2.5.2</b>	<b><i>Entradas y salidas del PLC</i></b> .....	- 36 -
<b>2.5.3</b>	<b><i>Diagrama de flujo del sistema de control inalámbrico</i></b> .....	- 37 -
<b>2.6</b>	<b>Programación del PLC</b> .....	- 39 -

<b>2.7</b>	<b>Diseño y configuración del HMI</b> .....	- 42 -
<b>2.7.1</b>	<b><i>Pantalla Principal</i></b> .....	- 43 -
2.7.1.1	<i>Recepción señal inalámbrica</i> .....	- 44 -
2.7.1.2	<i>Carga de batería</i> .....	- 44 -
2.7.1.3	<i>Avisos tablero conectado/desconectado</i> .....	- 44 -
2.7.1.4	<i>Botones ON/OFF/SALIR</i> .....	- 44 -
<b>2.7.2</b>	<b><i>Modo Manual</i></b> .....	- 45 -
<b>2.7.3</b>	<b><i>Modo Automático</i></b> .....	- 49 -
<b>2.7.4</b>	<b><i>Pantalla equipo desenergizado</i></b> .....	- 49 -
<b>2.8</b>	<b>Diseño del circuito del nuevo sistema de control</b> .....	- 50 -
<b>2.9</b>	<b>Implementación del nuevo sistema</b> .....	- 51 -
<b>2.9.1</b>	<b><i>Selección de materiales</i></b> .....	- 52 -
<b>2.9.2</b>	<b><i>Montaje de dispositivos</i></b> .....	- 52 -
2.9.2.1	<i>Montaje del PLC y módulos adicionales</i> .....	- 52 -
2.9.2.2	<i>Montaje del Access Point</i> .....	- 53 -
2.9.2.3	<i>Montaje estación de carga Panel Móvil</i> .....	- 54 -

### **CAPÍTULO III**

<b>MARCO DE RESULTADOS</b> .....	- 55 -
----------------------------------	--------

<b>3.1</b>	<b>Operación del Transportador</b> .....	- 55 -
3.1.1	<i>Pruebas de funcionalidad</i> .....	- 55 -
3.1.2	<i>Pruebas de operatividad</i> .....	- 57 -
<b>3.2</b>	<b>Encuesta al personal de operación</b> .....	- 57 -

<b>CONCLUSIONES</b> .....	- 60 -
---------------------------	--------

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	- 61 -
------------------------------	--------

### **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Funciones de cada pulsador de la botonera.....	-8-
<b>Tabla 2-1:</b> Datos técnicos del Transportador.....	-8-
<b>Tabla 3-1:</b> Datos técnicos del Variador de velocidad. ....	-9-
<b>Tabla 1-2:</b> Datos técnicos del Mobile Panel 277 IWLAN.....	-21-
<b>Tabla 2-2:</b> Datos técnicos de la estación de carga del Panel Móvil.....	-23-
<b>Tabla 3-2:</b> Datos técnicos Fuente de alimentación externa. ....	-24-
<b>Tabla 4-2:</b> Datos técnicos SIMATIC S7-1200 1212C DC/DC/RLY.....	-25-
<b>Tabla 5-2:</b> Datos técnicos fuente de poder PM1207.....	-28-
<b>Tabla 6-2:</b> Datos técnicos del SCALANCE W786-1 RJ45.....	-31-
<b>Tabla 7-2:</b> Variables de entrada PLC.....	-36-
<b>Tabla 8-2:</b> Variables de salida PLC.....	-37-
<b>Tabla 1-3:</b> Frecuencias asignadas a cada velocidad.....	-55-
<b>Tabla 2-3:</b> Tiempos obtenidos por ciclo de trabajo. ....	-56-

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Coche Transportador.....	-6-
<b>Figura 2-1:</b> Carrete de alimentación del Transportador.....	-7-
<b>Figura 3-1:</b> Botonera del Transportador.....	-7-
<b>Figura 4-1:</b> Variador de velocidad del Transportador.....	-9-
<b>Figura 5-1:</b> Sistema de control.....	-10-
<b>Figura 6-1:</b> Sistema de control lazo abierto.....	-11-
<b>Figura 7-1:</b> Sistema de control lazo cerrado.....	-11-
<b>Figura 8-1:</b> Ejemplo de comunicación inalámbrica.....	-13-
<b>Figura 9-1:</b> Autómatas programables.....	-15-
<b>Figura 10-1:</b> Modelos de HMI.....	-17-
<b>Figura 1-2:</b> Mobile Panel 277 IWLAN.....	-20-
<b>Figura 2-2:</b> Alcance del panel móvil.....	-22-
<b>Figura 3-2:</b> Emisión del panel en el sentido del eje y.....	-22-
<b>Figura 4-2:</b> Emisión del panel en el sentido del eje z: .....	-22-
<b>Figura 5-2:</b> Estación de carga.....	-23-
<b>Figura 6-2:</b> Adaptador de alimentación.....	-24-
<b>Figura 7-2:</b> Estructura básica S7-1200.....	-27-
<b>Figura 8-2:</b> Cableado del CPU 1212C.....	-27-
<b>Figura 9-2:</b> Fuente de poder PM1207.....	-28-
<b>Figura 10-2:</b> Módulo E/S para el CPU 1212C.....	-29-
<b>Figura 11-2:</b> SCALANCE W786-1 RJ45.....	-30-
<b>Figura 12-2:</b> Topología del sistema a implementar.....	-32-
<b>Figura 13-2:</b> Asignación de dirección IP.....	-32-
<b>Figura 14-2:</b> Configuración SCALANCE W786-1 modo de operación.....	-33-
<b>Figura 15-2:</b> Configuración SCALANCE W786-1 parámetros generales.....	-33-
<b>Figura 16-2:</b> Configuración SCALANCE W786-1 habilitación de la red.....	-34-
<b>Figura 17-2:</b> Circuito de control anterior.....	-35-
<b>Figura 18-2:</b> Circuito sirena y luces de advertencia.....	-35-
<b>Figura 19-2:</b> Diagrama de flujo general.....	-37-
<b>Figura 20-2:</b> Diagrama de flujo modo MANUAL.....	-38-
<b>Figura 21-2:</b> Diagrama de flujo modo AUTOMATICO.....	-39-
<b>Figura 22-2:</b> Instalación TIA PORTAL.....	-40-
<b>Figura 23-2:</b> Configuración de dispositivos TIA PORTAL.....	-40-

<b>Figura 24-2:</b> Declaración de variables TIA PORTAL. ....	-41-
<b>Figura 25-2:</b> Primeros segmentos de programación.....	-41-
<b>Figura 26-2:</b> Enclavamientos en modo MANUAL. ....	-42-
<b>Figura 27-2:</b> Software de programación.....	-42-
<b>Figura 28-2:</b> Pantalla Principal del HMI. ....	-43-
<b>Figura 29-2:</b> Pantalla Modo Manual. ....	-45-
<b>Figura 30-2:</b> Pantalla Modo Manual-Botones primarios.....	-46-
<b>Figura 31-2:</b> Pantalla Modo Manual-Transportador en movimiento.....	-47-
<b>Figura 32-2:</b> Pantalla Modo Automático.....	-49-
<b>Figura 33-2:</b> Pantalla tablero desenergizado.....	-50-
<b>Figura 34-2:</b> Plano eléctrico E/S del PLC.....	-50-
<b>Figura 35-2:</b> Plano de control definitivo.....	-51-
<b>Figura 36-2:</b> Disposición anterior del tablero.....	-51-
<b>Figura 37-2:</b> Equipos montados dentro del tablero.....	-53-
<b>Figura 38-2:</b> Selector LOCAL/REMOTO.....	-53-
<b>Figura 39-2:</b> Access Point montado en el chasis del Transportador.....	-54-
<b>Figura 40-2:</b> Estación de carga Panel Móvil.....	-54-
<b>Figura 1-3:</b> Gráfico comparativo de los sistemas. ....	-56-
<b>Figura 2-3:</b> Evaluación de la seguridad del nuevo sistema.....	-57-
<b>Figura 3-3:</b> Evaluación de la interfaz.....	-58-
<b>Figura 4-3:</b> Opinión sobre la expansión de sistema. ....	-58-
<b>Figura 5-3:</b> Sistema de control preferido en la operación del coche. ....	-59-

## **INDICE DE ANEXOS**

**Anexo A.** Tabla de variables del PLC.

**Anexo B.** Tabla de variables del HMI.

**Anexo C.** Bloque de programación ladder del PLC.

**Anexo D.** Fotos del Transportador en funcionamiento.

**Anexo E.** Manual de operación del coche Transportador.

**Anexo F.** Encuestas realizadas al personal de operación del Transportador.

**Anexo G.** Certificado de la empresa.

**Anexo H.** Manuales de dispositivos y software.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue diseñar e implementar un Sistema de Control Inalámbrico para el Coche Transportador de la Central Agoyán, para lo cual previamente se estudiaron las características y funcionamiento originales del coche. Al iniciar el desarrollo del proyecto se diseñó la topología de red adecuada para el nuevo sistema de control, posteriormente se seleccionaron los elementos electrónicos necesarios para implementar dicha topología teniendo el controlador lógico programable (PLC) S7-1200, el Access Point SCALANCE W786-1 y la interfaz hombre-máquina (HMI) inalámbrica IWLAN 277 como principales dispositivos dentro del sistema. Se procedió a la configuración de estos dispositivos logrando comunicarlos entre sí. A continuación, se diseñó el control inalámbrico necesario para poder reducir tiempos de trabajo en el proceso de transportación y alertar al operador sobre posibles fallos en el sistema. Con la ayuda del software TIA PORTAL se desarrollaron el bloque de programación para el PLC y las diferentes pantallas para la interfaz inalámbrica para posteriormente proceder con la implementación definitiva del nuevo sistema de control. Finalmente se realizaron las pruebas correspondientes para comparar el desempeño de los sistemas antiguo y nuevo bajo el parámetro de tiempos de trabajo, obteniéndose como resultado que con el nuevo sistema de control se consigue un ahorro de tiempo significativo en el proceso de transportación. Del proyecto realizado se concluye que el Sistema de Control Inalámbrico facilita la tarea de operación del Transportador ya que brinda mayor control y supervisión del proceso. Se recomienda la implementación de un sistema similar para el Puente Grúa de Casa de Máquinas de esta forma se puede crear un control integral para el sistema de Izaje de Casa de Máquinas.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA ELECTRÓNICA>, <SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO>, <COCHE TRANSPORTADOR>, <CENTRAL AGOYÁN>, <TIA PORTAL (SOFTWARE)>

## **ABSTRACT**

The objective of the present titling work was to design and implement a Wireless Control System for the conveyor car of the Agoyán Power Station, for which the original characteristics and functioning of the car were previously studied. At the beginning of the development of the project, the network topology was designed for the new control system. Afterwards, the electronic elements needed to implement the topology were selected, having the S7-1200 programmable logic controller (PLC), the SCALANCE W786-1 Access Point and the IWLAN 277 Wireless Human Machine Interface (HMI) as the main devices within the system. We proceeded to configure these devices and managed to communicate with each other. Next, the necessary wireless control was designed to reduce working time in the transportation process and alert the operator to possible system failures. With the help of the TIA PORTAL software, the programming block for the PLC and the different screens for the wireless interface were developed, and then the definitive implementation of the new control system was carried out. Finally, the corresponding tests were performed to compare the performance of the old and new systems under the parameter of working times, obtaining as a result that the new control system achieves a significant time saving in the transportation process. The project concluded that the Wireless Control System facilitates the operation of the conveyor as it provides greater control and supervision of the process. It is recommended the implementation of a similar system for the Bridge House Crane in this way can create an integral control for the hoisting system of House of Machines.

**KEYWORDS:** TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE, AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGY, WIRELESS CONTROL SYSTEM, CAR TRANSPORTER, HYDROELECTRIC PLANT, TIA PORTAL (SOFTWARE).

## INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes fundamentales dentro de las aplicaciones industriales de la Central Agoyán perteneciente a la UNIDAD DE NEGOCIO HIDROAGOYAN constituye el coche Transportador tipo exterior, usado en las instalaciones de Casa de Máquinas para la carga y movilización de diferentes partes constitutivas de las unidades generadoras.

Dos motores trifásicos acompañados de un variador de frecuencia son los componentes principales dentro del funcionamiento del Transportador, el cual está gobernado por un conmutador conectado directamente a su estructura.

Dentro de la búsqueda de modernización y mejoramiento del proceso antes descrito, se desea incluir características tales como: robustez ante ambientes hostiles, (ruido, altas temperaturas, humedad, etc.); monitoreo en tiempo real de las variables y visualización del estado del proceso a través de una interfaz gráfica portable (HMI). Con la implementación de un sistema inalámbrico mediante un autómatas programable o PLC cumple con las exigencias de trabajo y seguridad, con un óptimo control y supervisión del proceso.

El diseño del nuevo sistema de control se lleva a cabo tomando en cuenta las señales disponibles en el variador de velocidad del coche, las cuales son llevadas como señales de entrada hacia el PLC, el autómatas gobierna en todo momento el proceso de acuerdo a sus entradas e instrucciones proporcionadas a través del Panel Móvil o HMI inalámbrico. El PLC está conectado vía Ethernet con el Access Point el cual se enlaza a través de una red WLAN con la interfaz inalámbrica.

Para la implementación del nuevo sistema se utilizan varios rieles para el anclaje tanto del PLC con sus módulos adicionales, así como también relés auxiliares y borneras.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Se puede mejorar el proceso al implementar un sistema de control inalámbrico?

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible monitorear en tiempo real las variables que gobiernan el proceso mediante el nuevo sistema de control?

¿Se puede reducir tiempos de ejecución mediante el nuevo sistema de control en el proceso?

¿Se puede alertar al operador ante posibles fallos en el proceso?

¿Se puede expandir el área de trabajo del operador mediante el nuevo sistema de control?

## **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Tomando en cuenta las funciones que desempeña el coche Transportador dentro de la Central Agoyán se considera conveniente realizar una actualización a su sistema de control.

Para lograr este cometido es necesario el uso de tecnología inalámbrica como principal medio de comunicación, además de utilizar un autómatas programable dentro del proceso, estos dos elementos nos ayudan a tener monitoreo, detección fallos y posibilidad de realizar tareas programadas, además el tener una comunicación emisor/receptor sin un medio de propagación físico provee ventajas como libre transitabilidad y posibilidad de expansión de dispositivos en un futuro.

Uno de los propósitos de un sistema de control inalámbrico se pueden encontrar la remotización y automatización para lo cual es indispensable el uso de un dispositivo HMI acorde al sistema de control inalámbrico en el cual se podrá tomar decisiones en tiempo real aumentando la sensibilidad del sistema ante determinados eventos.

Resumiendo lo mencionado anteriormente es necesario implementar una comunicación inalámbrica PLC/HMI a través de un punto de acceso, en donde el autómatas programable será el encargado de la toma de decisiones de acuerdo a las variables de interés y requerimientos programados logrando así controlar y monitorear el proceso desde la interfaz HMI.

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

La realización de este proyecto se justifica teniendo en cuenta que, la implementación de un sistema de control de este tipo permitirá maniobrar el Transportador a través de un mando inalámbrico, brindando al operador mayor movilidad y libertad al realizar la tarea de vigilancia de cada movimiento realizado por el coche.

Se podrá tener una visualización en tiempo real de parámetros como la velocidad y posición del coche Transportador a través del panel HMI, así como alertar al operador de posibles fallas dentro del sistema.

Este sistema permitirá tener control en el cambio de velocidad del coche en las etapas de frenado, arranque y posicionamiento, realizando una supervisión del proceso que actualmente no dispone.

Además garantizará la seguridad del operador al momento de realizar su tarea de supervisión, puesto que su posición de trabajo no estará ligada al área de carga y descarga del coche Transportador.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

- Diseñar e implementar un sistema de control inalámbrico para el coche Transportador-40t de la CENTRAL AGOYAN

### **Objetivos específicos:**

- Estudiar el funcionamiento, características y estado actual del coche Transportador.
- Seleccionar los dispositivos que presenten las prestaciones necesarias para mejorar el proceso al monitorear en tiempo real las variables de interés.
- Diseñar la topología de red adecuada para el nuevo sistema de control utilizando el HMI, el PLC y el punto de acceso.
- Diseñar el control inalámbrico necesario para alertar al operador sobre posibles fallos en el proceso y reducir tiempos de ejecución al modificar parámetros del variador.
- Implementar el nuevo sistema de control para automatizar el proceso de transportación.
- Realizar la comparación entre los dos sistemas de control, anterior y nuevo para comparar tiempos de trabajo del proceso.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

A continuación se realiza una breve revisión de los sistemas requeridos para desarrollar el presente trabajo de titulación entre los cuales tenemos el Coche Transportador y su estado actual, sistema de control, comunicación inalámbrica, automatización, conceptos básicos de autómatas programables e interfaz humano máquina.

#### 1.1 Coche Transportador

El Coche Transportador es una máquina tipo exterior empleada para la carga y movilización de las diferentes piezas que conforman las dos unidades generadoras ubicadas dentro de Casa de Máquinas de la Central Agoyán. Está construido de piezas soldadas de acero y se desplaza sobre dos rieles. Como se muestra en la figura 1-1.

El equipo para el avance del Transportador está instalado en la estructura del mismo, los dos motores están acoplados a la caja de transmisión la cual se encuentra conectada vía engranajes a dos de las cuatro ruedas.



**Figura 1-1:** Coche Transportador

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

El Coche Transportador funciona con un mando alámbrico, además utiliza un cable en carrete para proveer la alimentación eléctrica del transportador como se muestra en la figura 2-1.



**Figura 2-1:** Carrete de alimentación del Transportador

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

### ***1.1.1 Movimiento del coche transportador***

El transportador realiza un movimiento de traslación longitudinal en una sola dirección hacia adelante y hacia atrás, desplazándose siempre sobre los rieles donde está ubicado, cubriendo una trayectoria de 30 m aproximadamente.

### ***1.1.2 Mando del transportador***

Para maniobrar el coche transportador se utiliza una botonera que se encuentra conectada a través de un cable de aproximadamente 5 m como se muestra en la figura 3-1. Este mando consta de 5 botones.



**Figura 3-1:** Botonera del Transportador

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

El operador debe estar siempre próximo al transportador en la medida que permita la longitud del cable. Los botones que conforman este mando son: ON, OFF, F, B, BZ, y su funcionalidad se detalla en la tabla 1-1:

**Tabla 1-1:** Funciones de cada pulsador de la botonera

<b>BOTÓN</b>	<b>FUNCIÓN</b>
ON	Energizar sistema de control
OFF	Desenergizar sistema de control
F	Marcha adelante
B	Marcha atrás
BZ	Sirena

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Manual Transportador, 1984

### **1.1.3 Datos técnicos del transportador**

Los datos técnicos del Coche Transportador-40t se muestran en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Datos técnicos del Transportador

<b>TRANSPORTADOR-40t</b>	
Tipo	Transportador tipo exterior
Carga nominal	40t
Alimentación	480 V – 3 fases – 60 Hz
Velocidad nominal	15 m/min
Tipo de freno	Freno magnético
Potencia motores	2 x 1,5 KW
Velocidad síncrona	85 rpm

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Manual Transportador, 1984

### **1.1.4 Variador de velocidad del coche transportador**

El variador de velocidad que controla los motores del coche transportador es el MITSUBISHI FR-A540 que se utilizó como parte del nuevo sistema de control a implementar como se muestra en la figura 4-1.



**Figura 4-1:** Variador de velocidad del Transportador

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

En la tabla 3-1 se pueden observar algunos datos generales de la gama del variador MITSUBISHI FR-A540.

**Tabla 3-1:** Datos técnicos del Variador de velocidad.

<b>Manual Mitsubishi FR-A540</b>	
Potencia nominal del motor	3.7 kW
<b>Salida</b>	
Potencia de salida(kVA)	6.9
Intensidad nominal(A)	9
Capacidad de sobrecarga	150% 60s, 200% 0.5s
Tensión	Trifásica 380V a 480V 50Hz/60Hz
<b>Entrada</b>	
Voltaje, frecuencia	Trifásica. 380V a 480V 50Hz/60Hz
Fluctuación de voltaje permitida	323V a 528V 50Hz/60Hz
Fluctuación de frecuencia permitida	±5%

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Fuente: Manual Mitsubishi FR-A540, 2014

## 1.2 El sistema de control

Un sistema de control se puede definir como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida como se muestra en la figura 5-1. (X Alvarez Brotons, 2004).

Entre los propósitos de un sistema de control se tienen:

- Constante supervisión de las variables controladas.
- Posibilidad de establecer parámetros que rijan el sistema.
- Presentación de información de forma organizada y entendible.
- Simplificación de maniobra para operadores.



**Figura 5-1:** Sistema de control

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

### 1.2.1 Componentes básicos de un sistema de control

Entre los componentes básicos de un sistema de control se tienen:

- a) **Captador:** Detecta una magnitud física y la lleva al sistema de control.
- b) **Controlador:** Recibe las señales de los captadores y toma una decisión.
- c) **Actuador:** Elemento final de control como motores, válvulas o bombas.

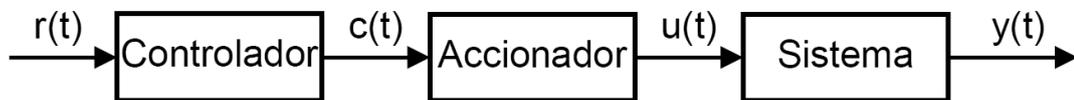
En términos generales si la entrada del sistema de control cambia por algún motivo, la salida del mismo sistema debe responder acorde al nuevo valor de la entrada.

### 1.2.2 Sistemas de control en lazo abierto

Son sistemas que carecen de realimentación, en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control producida por una señal de entrada como se muestra en la figura 6-1. El comportamiento de un sistema de lazo abierto es comandado íntegramente por la señal de entrada o set point lo que impide que puedan ser utilizados en procesos críticos como controles de nivel, sistemas presurizados o similares. (Katsuhiko Ogata, 2003, p.7).

Para implementar este tipo de sistemas es necesario conocer la relación entre la señal de entrada y la señal de salida y por lo general necesitan de supervisión y atención extra por parte de un usuario (operador). Como se indica en a figura 6-1 el bloque controlador recibe una señal de entrada y comanda el accionador el cual interactúa con el bloque del sistema para producir la salida deseada.

Un ejemplo de sistema de lazo abierto es una lavadora en la cual el remojo, el lavado y el centrifugado operan con una base de tiempo. La máquina no toma en cuenta la señal de salida que es la limpieza de la ropa (Katsuhiko Ogata, 2003, p.7).



**Figura 6-1:** Sistema de control lazo abierto

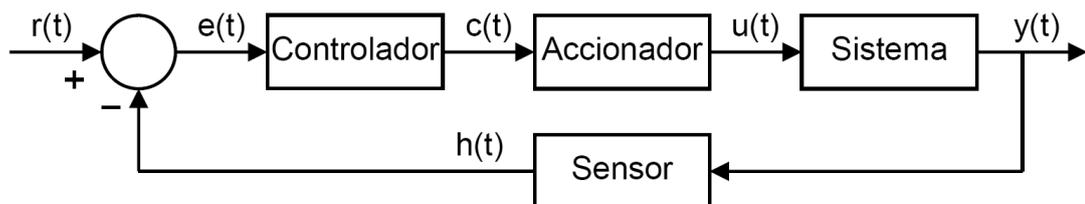
Fuente: <http://www.picuinno.com/es/arduprog/control-auto.html>, 2017

### 1.2.3 *Sistemas de control en lazo cerrado*

Conocido también como sistema de control con realimentación, es un sistema que presenta uno o más bucles de realimentación entre su salida y su entrada, esto quiere decir que algunos valores de salida son retornados para ser comparados con los valores de referencia, como se puede observar en la figura 7-1.

El valor resultante de la comparación es utilizado como recurso de control para reducir el error existente y mantener en un valor deseado la salida del sistema.

Los sistemas de lazo cerrado son más complejos en su estructura y funcionamiento que un sistema de lazo abierto.



**Figura 7-1:** Sistema de control lazo cerrado

Fuente: <http://www.picuinno.com/es/arduprog/control-auto.html>, 2017

Las características principales de un sistema de control de lazo cerrado son:

- Reduce errores automáticamente al ajustar la salida al valor de referencia.
- Mejora la estabilidad del sistema.
- Incrementa o reduce la sensibilidad del sistema.
- Logra un rendimiento fiable del sistema de control.
- Incrementa la robustez ante perturbaciones externas en el proceso.

Un ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado constituye una heladera eléctrica familiar, el usuario que la utiliza establece un punto de temperatura interna al accionar un regulador manualmente y este valor actúa como temperatura de referencia.

Al poner en marcha la heladera el sistema de control gobierna el mecanismo de frío para lograr un valor de temperatura lo más cercano posible al valor preestablecido, todo este proceso se realiza automáticamente sin necesidad de intervención humana (Cecilio Angulo Bahón, Cristóbal Raya Giner, 2004).

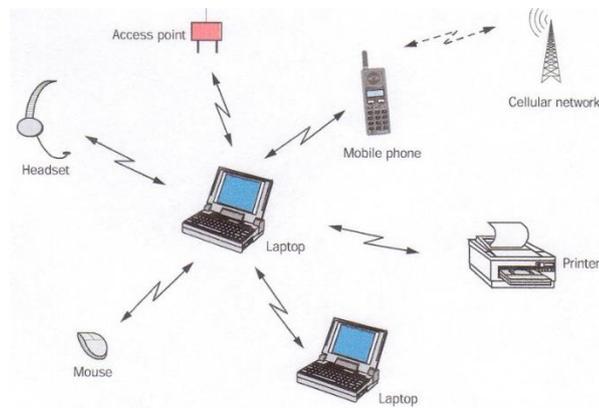
### **1.3 Comunicación inalámbrica**

En los últimos tiempos se ha observado una gran propagación de las redes de tipo inalámbrica por diferentes motivos como: alta flexibilidad en las redes, necesidad de movilidad y constante conectividad a internet.

La implementación de redes de tipo inalámbricas ofrece varias opciones así como diferentes ventajas para cumplir con las exigencias descritas anteriormente por lo cual las actuales redes inalámbricas son consecuencia de varios años de investigación sobre el tema. La comunicación de forma inalámbrica se utiliza en ambiente donde la computadora o controlador de un proceso no tiene una ubicación estática.

Una comunicación sin cables o inalámbrica es aquella en la que no existe medio de propagación físico entre el emisor y el receptor, si no que se encuentra unida a través de ondas electromagnéticas que viajan en el espacio. En consecuencia solo se encuentran componentes físicos en las estaciones de emisión y recepción, los que pueden ser antenas, puntos de acceso, celulares, computadores, paneles, entre otros.

La transmisión de la información se realiza a través de ondas electromagnéticas que transportan los datos entre los puntos de la red como se muestra en la figura 8-1



**Figura 8-1:** Ejemplo de comunicación inalámbrica

Fuente: <http://www.alsitel.com/tecnico/bluetooth/quees.htm>, 2017

### **1.3.1 Ventajas de una comunicación inalámbrica**

Las ventajas que presenta la implementación de una comunicación inalámbrica son:

- Ausencia de cables en conexiones lo que evita posibles enredos o molestias al transitar la zona de trabajo.
- Ahorro en la instalación.
- Libertad en el movimiento de los nodos conectados lo que en una red alámbrica causaría grandes problemas.
- Se puede acoplar tecnología inalámbrica a una red alámbrica para convertirla en una red mixta.

## **1.4 Redes WLAN**

Una red inalámbrica de área local (WLAN) es aquella en la que una serie de dispositivos (PCs, estaciones de trabajo, impresoras, servidores, laptop, etc.) se comunican entre sí mediante emisiones radioeléctricas que se propagan a través del aire, sin necesidad de tendido de cable. Se distinguen distintas tecnologías inalámbricas en función de área de cobertura de la red, de esta manera la tecnología WLAN es aquella con área de cobertura en entorno local.

Las redes inalámbricas de área local son un sistema de comunicación de datos flexible, muy utilizado como alternativa a la red LAN cableada o como una extensión de ésta. (Izaskun Pellejero, Fernando Andreu, Amaia Lesta, 2006, pág 3).

### **1.4.1 Ventajas de las redes WLAN**

Como principales ventajas de una red WLAN se tienen:

- Movilidad y mayor productividad.
- Flexibilidad al permitir llegar donde el cable no puede.
- Escalabilidad pudiéndose ampliar o mejorar con facilidad una red existente.
- Facilidad de instalación al evitar obras para tirar cable por muros, suelos y techos.  
(Izaskun Pellejero, Fernando Andreu, Amaia Lesta, 2006, pág 4).

## **1.5 La automatización**

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la *automática* como un conjunto de métodos y procedimientos que pueden sustituir a un operario tanto en tareas físicas o mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la *automatización* como la aplicación de la *automática* al control de procesos industriales (Ponsa Asensio, Pere, Ramón Vilanova, 2005).

### **1.5.1 Objetivos de la automatización**

Dentro de los principales objetivos de la automatización podemos encontrar:

- Eliminar tareas que para el ser humano puedan resultar peligrosas, indeseables o repetitivas.
- Mejorar los sistemas de seguridad, tanto del ser humano como de la propia máquina o sistema a controlar.
- Obtener mayor rendimiento y calidad de las tareas realizadas.
- Ser flexible ante una producción cada vez más cambiante.

(Raül Solbes i Monzó, 2014, p.7).

### **1.5.2 Ventajas de la automatización**

Existen numerosas ventajas como pueden ser:

- Asegurar el funcionamiento y repetibilidad de maniobras y operaciones.
- Reducir el número de averías y si se producen, repararlas lo más rápido posible.

- Mejorar el nivel de seguridad del operador.
- Facilitar la gestión y planificación de la producción.

(Raül Solbes i Monzó, 2014, p.7).

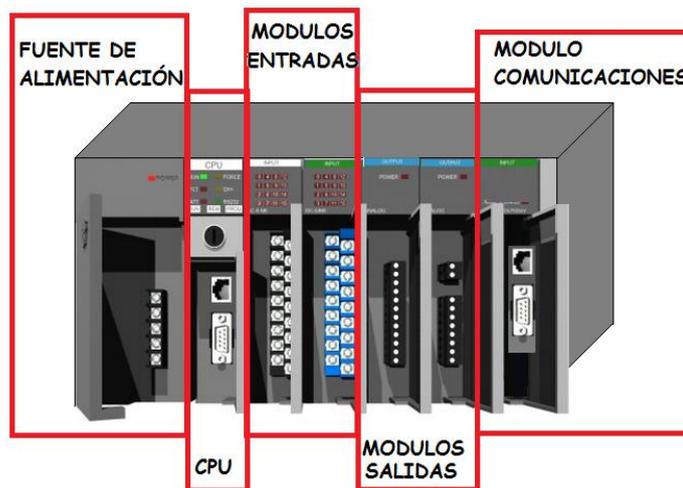
## 1.6 Controlador lógico programable o PLC

Dentro de la industria se pueden encontrar varios sistemas de control implementados con lógica cableada la cual utiliza relés y contactores, este tipo de control demanda que el operador del mismo tenga conocimientos avanzados acerca del proceso para poder supervisarlos.

Todos estos antecedentes dieron paso para la implementación de un nuevo tipo de controlador que sea de fácil programación para el personal a cargo.

Un PLC se define como un dispositivo electrónico de control con un cableado interno (hardware) independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software) que contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre señales de entrada y salida al proceso, cableadas directamente en los bornes del autómatas (Josep Balcells, José Luis Romeral, José Luis Romeral Martínez, 1997).

En la figura 9-1 se puede apreciar un PLC con sus partes principales:



**Figura 9-1:** Autómatas programables

Fuente: [www.southernplcs.com](http://www.southernplcs.com), 2017

Al combinar este autómatas con un software adecuado se puede obtener un control y automatización íntegros y si la complejidad o extensión de un proceso lo requiere se tiene la

opción de comunicar el PLC con otros controladores e interfaces gráficas (HMI) a través de diferentes protocolos de comunicación.

### ***1.6.1 Señales de entrada del PLC***

Las señales de entrada pueden venir de dispositivos digitales, como fines de carrera y detectores de proximidad, o analógicos, como sensores de temperatura y elementos de salida en tensión o corriente continuas.

### ***1.6.2 Señales de salida del PLC***

Las señales de salida son órdenes digitales todo o nada o señales analógicas en corriente o tensión, que son enviadas a los elementos actuadores del proceso como relés, contactores, etc.

(Josep Balcells, José Luis Romeral, José Luis Romeral Martínez, 1997).

### ***1.6.3 Ventajas del PLC***

Entre las principales ventajas de un autómata programable se tienen:

- Mayor nivel de automatización y control.
- Posibilidad de introducir rápidamente cambios en la automatización.
- Gestión de alarmas, averías y ayudas en las reparaciones.
- Posibilidad de comunicar la instalación a distancia.

(Raül Solbes i Monzó, 2014, p.139).

### ***1.6.4 Desventajas del PLC***

Algunas de las desventajas dentro del uso del PLC son:

- En determinadas instalaciones puede significar un precio inicial elevado.
- Es necesario tener nociones de electrónica digital y lenguajes de programación.
- Se deben tomar en cuenta aspectos como compatibilidad con otros dispositivos y software de programación para que su operación sea óptima.

(Raül Solbes i Monzó, 2014, p.139).

## 1.7 Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

Dentro de un sistema de control es importante incrementar la precisión en el manejo de las variables que rigen el proceso, de igual manera es necesario tener acceso a información útil en tiempo real. Ante la necesidad de establecer un estándar dentro de cómo monitorear y manejar sistemas de control se creó la industria de los HMI. Algunos modelos de HMI se muestran en la figura 10-1, las interfaces pueden ser de varios tamaños con pantalla táctil o teclas de control, portables o diseñados para colocarlos en tableros de mando.



**Figura 10-1:** Modelos de HMI

Fuente: <http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/hmi/>, 2017

Con estos antecedentes la instalación de los dispositivos conocidos como HMI se ha masificado en el plano industrial.

HMI es una interfaz que nos permite la interacción entre un humano y una máquina, las cuales varían ampliamente, desde paneles de control para plantas nucleares hasta botones de entrada en un celular. Una interfaz hombre máquina es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos (L. Arenas, A. Castilla y D. Rojas, 2017).

### 1.7.1 Características básicas de un HMI

Los aspectos básicos en que se fundamenta la comunicación hombre máquina son:

- Indicación del estado del proceso
- Tratamiento e indicación de alarmas (buscan informar al operador de una situación anormal)

- Ejecución de acciones de mando (se pueden realizar mediante pulsadores, interruptores, pantallas táctiles, etc.)

### ***1.7.2 Ventajas de un HMI***

- Almacenamiento de los valores en variables del programa para posterior control o análisis.
- Visualización del estado de las variables a través de pantallas animadas o paneles mímicos.
- Interfaz sensible, flexible y robusta controlada por el usuario.
- Diferentes protocolos para comunicación con PLCs.
- Reducción del costo de hardware, ya que un HMI puede reemplazar a cientos de pulsadores, selectores y luces piloto.

(L. Arenas, A. Castilla y D. Rojas, 2017).

Para mayor información sobre los dispositivos a utilizar ver Anexo H.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se presenta un resumen en referencia al diseño y configuración del sistema de control del Coche Transportador tomando en cuenta el hardware y software necesarios, así como los elementos requeridos para su implementación.

#### **2.1 Diseño del sistema a implementar**

Previo a diseñar el nuevo sistema se observó que el sistema anterior no brinda ningún tipo de visualización de las variables del proceso puesto que está limitado a una botonera. Además el mando implementado tiene comunicación alámbrica con el tablero eléctrico del coche.

Para lograr cumplir con los requerimientos del presente proyecto se considera necesario la implementación de un autómata programable que gobierne el proceso, así como la inclusión de un HMI inalámbrico donde el operador tenga total control y supervisión del proceso de transportación.

#### **2.2 Estudio y selección de tecnología a utilizar**

Uno de los pilares fundamentales dentro del proyecto constituye la tecnología y equipos a usar para la comunicación del HMI con el resto del sistema, así como el protocolo a utilizar en dispositivos como el PLC y el Access Point.

Debido al avance tecnológico en las últimas décadas dentro del campo de las comunicaciones inalámbricas se dispone actualmente de diferentes dispositivos electrónicos (transmisores/receptores) que pueden trabajaren con diferentes protocolos como bluetooth, xbee, zigbee, WLAN en ambientes industriales con eficiencia y robustez.

Tomando en cuenta datos previamente obtenidos como la longitud del recorrido que realiza el coche Transportador, y la posibilidad de expansión hacia otros procesos dentro del entorno de trabajo. Se ha optó por la utilización del protocolo WLAN para la implementación del nuevo sistema de control. La utilización de una red WLAN tiene como ventajas un mayor rango de alcance en la red, mayor velocidad en la transferencia de datos y facilidad en conexiones punto a punto.

### 2.2.1 Selección de componentes

Para la selección de componentes requeridos en la implementación del sistema de control inalámbrico del coche Transportador, es necesario recalcar que todos los equipos electrónicos seleccionados pertenecen a la marca SIEMENS S.A. por políticas de la Central Agoyán.

Para la implementación del sistema se consideraron los siguientes dispositivos:

- Panel de Operación.
- Estación de carga.
- Controlador lógico programable o PLC.
- Fuente de poder.
- Módulos de señales.
- Punto de Acceso (Access Point).

#### 2.2.1.1 Panel de operación

Tomando en cuenta el protocolo seleccionado para la comunicación inalámbrica, el Mobile Panel SIMATIC 277 IWLAN V2 ofrece las mejores prestaciones ante las exigencias presentadas. Se muestra en la figura 1-2.

Posee una carcasa resistente con un diseño que protege el dispositivo ante vibraciones y caídas, ideal para utilizarlo en ambientes industriales.



**Figura 1-2:** Mobile Panel 277 IWLAN

**Fuente:** Instrucciones de servicio Mobile Panel 277 IWLAN, 2015

Posee ventajas como extensa memoria de trabajo y alto rendimiento al igual que corto tiempo para puesta en servicio.

En la tabla 1-2 se detallan los datos técnicos del Mobile Panel 277 IWLAN:

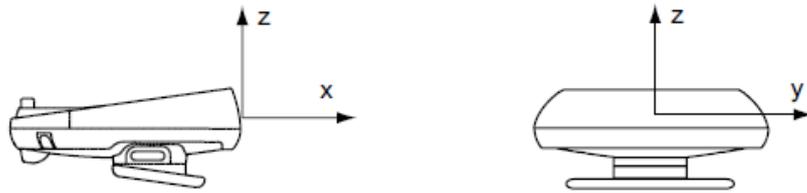
**Tabla 1-2:** Datos técnicos del Mobile Panel 277 IWLAN

<b>Panel de operador</b>	
Peso con batería y sin embalaje	Máx. 2,2 kg
<b>Display</b>	
Tipo	Display LC de color
Área activa del display	151,66mm x 113,74mm (7,5'')
Resolución	640 x 480 puntos de imagen
Colores representables	64000 colores
<b>Unidad de entrada</b>	
Tipo	Táctil, analógica, teclado laminar
Teclas de función	18 con LED
Tecla ON/OFF	1
Volante (opcional)	1 de 50 impulsos por giro
Interruptor de llave (opcional)	1 de 3 posiciones
Tecla luminosa (opcional)	2 LED activables por separado
<b>Memoria</b>	
Memoria de aplicación	6 MB
<b>Puertos</b>	
1 x USB	USB-Host equivale a USB Standard 1.1
1 x WLAN	Para PROFINET WLAN
Altura de caja	Para PROFINET LAN
<b>Tensión de alimentación</b>	
Mediante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Batería</li> <li>• Estación de carga</li> <li>• Alimentador de sobremesa</li> </ul>
<b>Otros datos</b>	
Altura de caída con batería	Máx. 1,2 m
Comunicación por radio con transpondedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de frecuencia</li> <li>• 2400 – 2483 MHz</li> <li>• Ángulo de radiación</li> <li>• Aprox. 83°</li> </ul>

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Instrucciones de servicio Mobile Panel 277 IWLAN, 2015

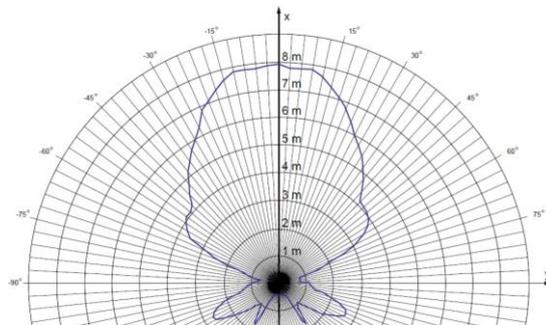
En la figura 2-2, se observa la disposición del sistema de ejes en el panel móvil desde la cual se emite la radiación:



**Figura 2-2:** Alcance del panel móvil

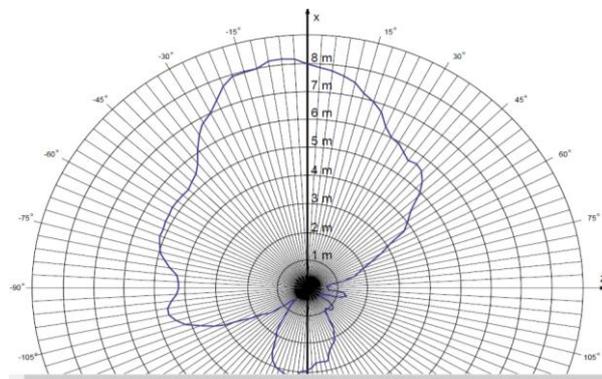
**Fuente:** Instrucciones de servicio Mobile Panel 277 IWLAN, 2015

En las figuras 3-2 y 4-2 se puede observar el alcance de la emisión en metros en función a la desviación angular de la emisión.



**Figura 3-2:** Emisión del panel en el sentido del eje y

**Fuente:** Instrucciones de servicio Mobile Panel 277 IWLAN, 2015



**Figura 4-2:** Emisión del panel en el sentido del eje z:

**Fuente:** Instrucciones de servicio Mobile Panel 277 IWLAN, 2015

Con esta información el operador del panel puede tener una idea clara de a cuánta distancia puede posicionarse para no perder la comunicación con otros dispositivos de una red con lo que se evitan problemas de desconexión.

### 2.2.1.2 Estación de carga

Se utilizó además una estación de carga para deponer y cargar el panel móvil 277 IWLAN con la posibilidad de cargar 2 pilas adicionales como se observa en la figura 5-2.



**Figura 5-2:** Estación de carga

**Fuente:** Instrucciones de servicio Mobile Panel 277 IWLAN, 2015

En la tabla 2-2 se detallan los datos técnicos de la estación de carga:

**Tabla 2-2:** Datos técnicos de la estación de carga del Panel Móvil.

Peso sin embalaje	Aprox. 1,1 kg
Tensión nominal	24 Vdc
Rango admisible	19,2 a 28,8 Vdc
Intensidad de entrada nominal	3,2 A
Potencia de consumo	77 W
Grado de protección	IP65
Temperatura ambiente en servicio	0°C a 40°C
Temperatura de almacenaje	-20°C a 60°C
Máxima humedad relativa en el aire	85%
<b>Dimensiones</b>	
Ancho	208 mm

Alto	333 mm
Profundidad	75
Peso(sin embalaje)	1,1 kg

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Instrucciones de servicio Mobile Panel 277 IWLAN, 2015

### 2.2.1.3 Fuente de alimentación externa

Para la alimentación del Panel Mobile 277 IWLAN V2 se puede usar también la fuente de alimentación externa AC 100/240 V que se muestra en la figura 6-2.



**Figura 6-2:** Adaptador de alimentación

**Fuente:** Datasheet Fuente de alimentación externa, 2015

Las principales características de la fuente de alimentación externa se observan en la tabla 3-2:

**Tabla 3-2:** Datos técnicos Fuente de alimentación externa.

<b>Tensión de alimentación</b>	
Tipo de tensión de la alimentación	100-240 Vac
Valor nominal (DC)	12 V; Lado de salida
<b>Intensidad de entrada</b>	
Consumo (valor nominal)	1,5 A; 50 – 60 Hz
<b>Intensidad de salida</b>	
Por salida	5 A
<b>Potencia</b>	

Potencia de entrada	60 W
<b>Interfaces</b>	
Interfaz lado HMI	Clavija tipo jack 5,5 mm

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Datasheet Fuente de alimentación externa, 2015

#### 2.2.1.4 Controlador lógico programable o PLC

Dentro del desarrollo del proyecto resulta esencial la correcta selección del autómata programable, debido a que este es el encargado de la toma de decisiones dentro del sistema de control.

Se ha optado por el controlador programable SIMATIC S7-1200 ya que es compacto y versátil para aplicaciones industriales, además posee diversas funciones integradas que se pueden acoplar fácilmente a los objetivos que se buscan cumplir en el presente proyecto.

Este modelo de autómata es ideal para sistemas de automatización con tareas sencillas integradas con paneles HMI o redes de comunicación.

Se utilizará el CPU 1212C DC/DC/RLY, el cual tiene incorporado el microprocesador, la fuente de alimentación, circuito de entrada y salida además de una interfaz PROFINET integrada.

El CPU se encarga de vigilar las entradas y modificar las salidas de acuerdo a la lógica de programación utilizando recursos que incluyen contadores, temporizadores, funciones booleanas y matemáticas al igual que comunicación con otros dispositivos. En la tabla 4-2 se enlistan algunos datos técnicos del CPU 1212C:

**Tabla 4-2:** Datos técnicos SIMATIC S7-1200 1212C DC/DC/RLY

<b>Fuente de alimentación</b>	
24 Vdc	Sí
Rango permisible	20,4 – 28,8 V
<b>Entradas Digitales (DI)</b>	
Número de entradas digitales	8 entradas integradas
Canales integrados (DI)	8
<b>Voltaje de entrada</b>	

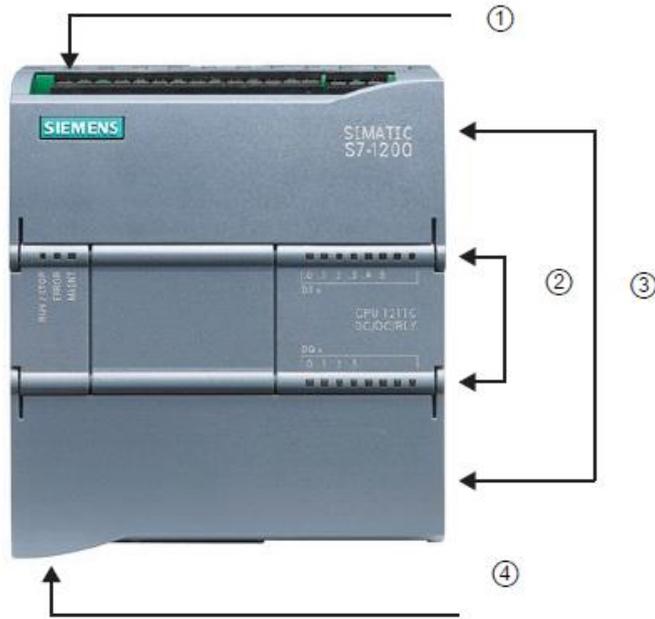
Valor nominal DC	24 V
Para señal "0"	5 Vdc a 1 mA
Para señal "1"	15 Vdc a 2,5 mA
<b>Longitud de cable para DI</b>	
Máx. longitud cable apantallado	500 m; 50 m en funciones tecnológicas
Máx. longitud cable no apantallado	300 m; funciones tecnológicas
<b>Salidas digitales (DO)</b>	
Número de salidas digitales	6 tipo relé
Canales integrados (DO)	6
<b>Longitud de cable para DO</b>	
Máx. longitud cable apantallado	500 m
Máx. longitud cable no apantallado	150 m
<b>Entradas Analógicas (AI)</b>	
Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V
Número de entradas analógicas	2
<b>Longitud de cable para AI</b>	
Máx. longitud cable apantallado	100 m; trenzado y apantallado
<b>Interfaz</b>	
Tipo de interfaz	PROFINET
Física	Ethernet
Aislado	Sí
<b>Dimensiones</b>	
Ancho	90 mm
Alto	100 mm
Profundidad	76 mm
Peso	385 g

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Datasheet S7-1200 CPU 1212C, 2015

El hardware del SIMATIC S7-1200 posee clips para un fácil montaje en un riel DIN de 35 mm y puede ser instalado tanto en una disposición horizontal como vertical.

En el figura 7-2 se detalla la estructura básica del S7-1200.

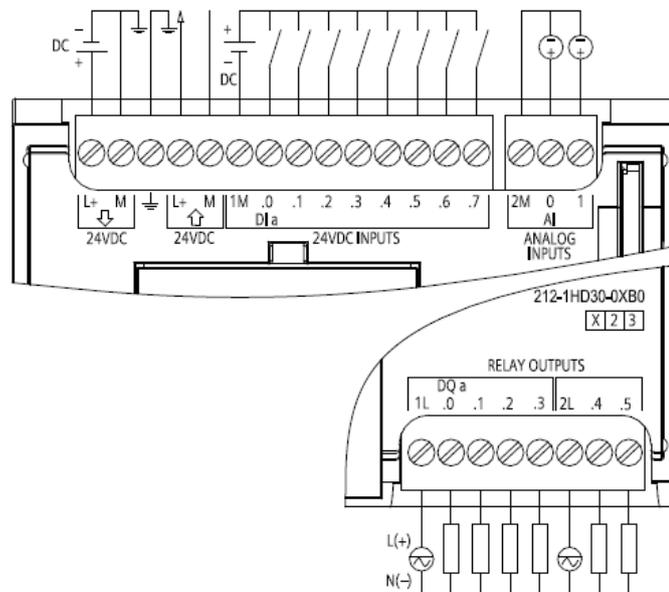


**Figura 7-2:** Estructura básica S7-1200

Fuente: Datasheet S7-1200 CPU 1212C, 2015

- 1) Conector de alimentación.
- 2) Conectores extraíbles para cableado.
- 3) Leds de estado para las E/S integradas.
- 4) Conector PROFINET.

En la figura 8-2 se detalla el diagrama de cableado del CPU 1212C DC/DC/relé:



**Figura 8-2:** Cableado del CPU 1212C

Fuente: Datasheet S7-1200 CPU 1212C, 2015

Como se observa en la figura 8-2 los pines de L+ y M cumplen la función de alimentar a las entradas digitales del PLC, en el caso de las salidas cada una debe ser conectada directamente a la bobina del respectivo relé auxiliar a utilizar para que pueda activarse cuando se requiera.

#### 2.2.1.4 Fuente de poder

Es necesario la implementación de una fuente de poder compatible con el modelo de PLC que se va a utilizar, para poder alimentar tanto al CPU así como a los diferentes módulos de expansión que se pueda llegar a necesitar. El equipo seleccionado es el SIMATIC S7-1200 POWER MODULE PM 1207 que se lo puede observar en la figura 9-2.



**Figura 9-2:** Fuente de poder PM1207

**Fuente:** Datasheet Fuente de poder PM1207, 2015

En la tabla 5-2 se detallan los datos técnicos de la fuente de poder:

**Tabla 5-2:** Datos técnicos fuente de poder PM1207

<b>Datos técnicos</b>	
Producto	S7-1200 PM1207
Fuente de alimentación	24V/2,5 <sup>a</sup>
Entrada	AC monofásica
Tensión de Alimentación 1	120 V
Tensión de Alimentación 2	230 V
Frecuencia nominal de red	50...60 Hz
<b>Salida</b>	
Tensión nominal DC	24 V

Tensión de salida ajustable	No
Rango de intensidad	0...2,5 A
Potencia activa entregada	60 W
<b>Rendimiento</b>	
Rendimiento con valores nominales	83%
Pérdidas con valores nominales	12 W
<b>Datos de servicio</b>	
Temperatura ambiente de funcionamiento	0...60°C
Temperatura ambiente en almacenamiento	
<b>Mecánica</b>	
Sistema de conexión	Conexión por tornillo
Anchura de caja	70 mm
Altura de caja	100 mm
Profundidad de la caja	75 mm
Peso aproximado	0,3 kg

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Datasheet Fuente de Alimentación PM1207, 2015

### 2.2.1.5 Módulos de señales

El CPU puede admitir la conexión de módulos de señales adicionales teniendo así la posibilidad de incrementar la cantidad de E/S analógicas o digitales. Estos módulos se enchufan directamente a un CPU logrando así adaptar el autómatas a nuevos requerimientos del proceso sin tener que incrementar físicamente el tamaño del controlador, como se puede observar en la figura 10-2.



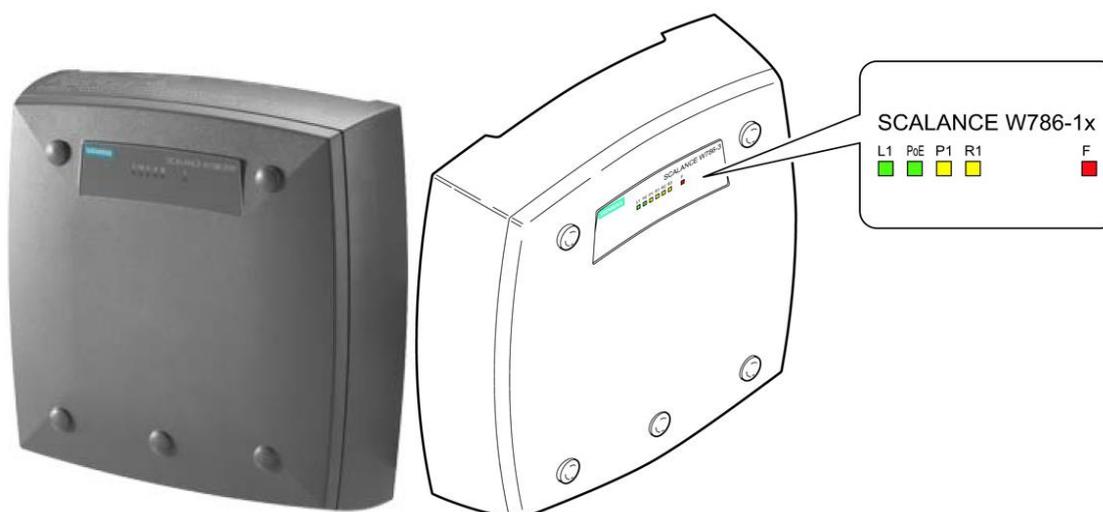
**Figura 10-2:** Módulo E/S para el CPU 1212C

**Fuente:** Datasheet Entradas Digitales SM1221, 2015

### 2.2.1.6 Punto de Acceso (Access Point)

Al utilizar una interfaz de control inalámbrica, es necesaria la implementación de un punto de acceso como medio de comunicación entre la misma y el autómata programable. La utilización de un Access Point permite estructurar una red de transmisión que cubre todo el desarrollo del proceso, lo que permite flexibilidad dentro de la tarea de operación ya que el panel móvil podrá moverse de forma fácil y segura dentro del sistema automatizado.

Para esta tarea ha sido seleccionado el Industrial Wireless LAN W786 Access Point, el cual ofrece seguridad y fiabilidad dentro de la transmisión de datos, el modelo SCALANCE W786-1 RJ45 se utilizará para la construcción de la red inalámbrica utilizando el protocolo IWLAN (Industrial Wireless LAN) pudiendo ser configurado a 2,4 o 5 GHz, el cual se muestra en la figura 11-2.



**Figura 11-2:** SCALANCE W786-1 RJ45

**Fuente:** Datasheet SCALANCE W786-1 RJ45

La funcionalidad de los leds indicadores es la siguiente:

- L1: Indica que el dispositivo está energizado.
- PoE: Se detectó la conexión de un cable Ethernet al equipo.
- P1: Indica transferencia de datos a través del puerto Ethernet.
- R1: La interfaz WLAN está inicializada y lista para la operación.
- F: Error del equipo durante la operación.

A continuación se detallan algunas características del equipo seleccionado:

- Robustez garantizada debido a su caja robusta resistente a golpes, protección contra el polvo y el agua (IP65), resistencia a choques, vibraciones y campos electromagnéticos.
- Resistencia a condensaciones.
- Forma y diseño para uso en exteriores.
- LED's de función para la señalización óptica de fallos y estados dentro del funcionamiento.

En la tabla 6-2 se puede observar los datos técnicos del SCALANCE W786-1 RJ45:

**Tabla 6-2:** Datos técnicos del SCALANCE W786-1 RJ45

<b>Velocidad de transferencia</b>	
Tasa de transferencia	
• Con WLAN/máxima	450 MB/s
• Con Industrial Ethernet	10 MB/s, 1000 MB/s
<b>Interfaces</b>	
Número de conexiones eléctricas	
• Para equipos terminales	1
• Para alimentación	1
• Para alimentación redundante	1
Tipo de conexión eléctrica	
• Para equipos terminales	Conector RJ45
• Para alimentación	Conector de 2 polos (24 Vdc) o
Anchura de caja	70 mm
Altura de caja	100 mm
Profundidad de la caja	75 mm
Peso aproximado	0,3 kg

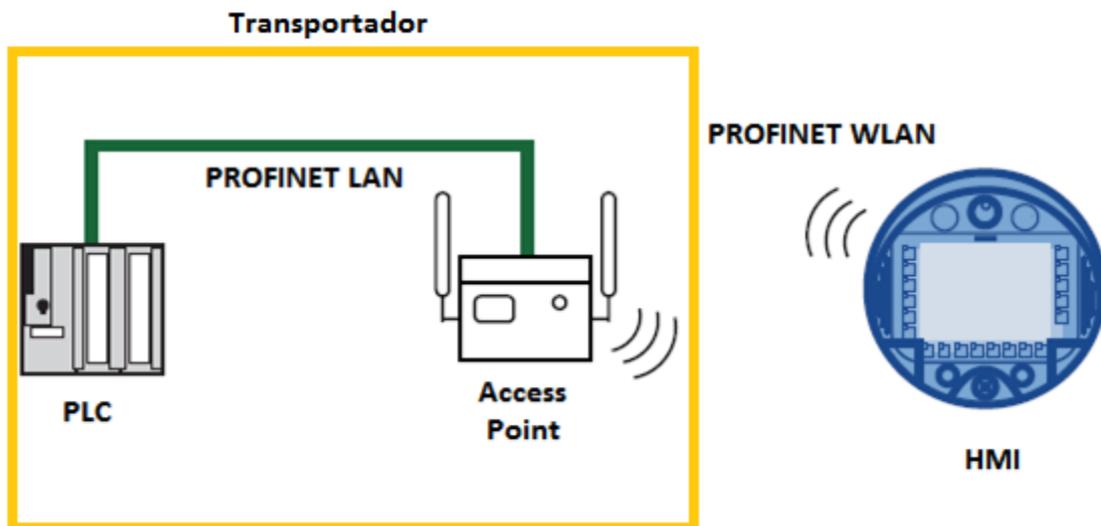
**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

**Fuente:** Data sheet SCALANCE W786-1 RJ45, 2015

### 2.3 Topología del sistema a implementar

En la figura 12-2 se observa la disposición de los diferentes bloques que conforman el sistema y como están comunicados unos con otros.

El sistema se comanda desde un HMI que se comunica inalámbricamente con el Access Point, el cual sirve de enlace entre el PLC y el HMI. A través de las salidas del PLC se controlará el variador y la lógica de contactores para finalmente activar y desactivar los dos motores de acuerdo a los parámetros requeridos.



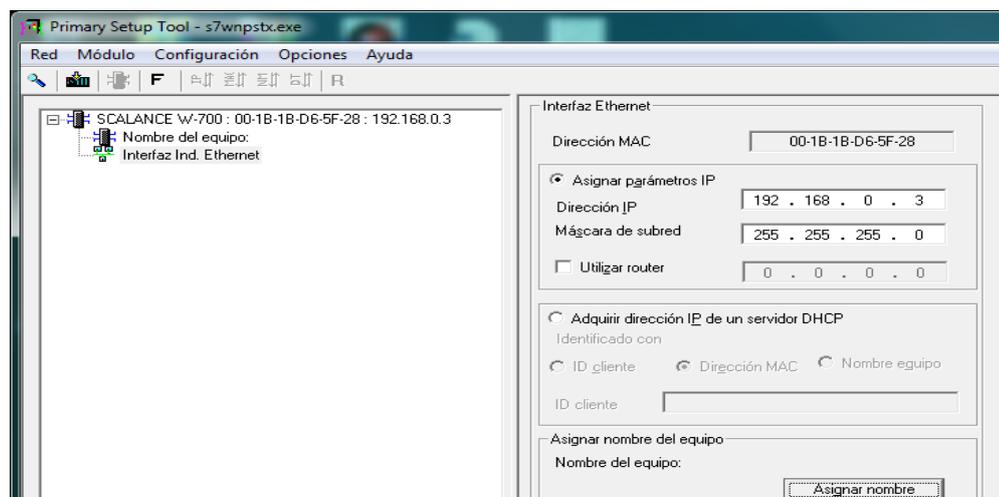
**Figura 12-2:** Topología del sistema a implementar

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

## 2.4 Configuración de la red

De acuerdo a la topología del sistema se configuran una comunicación alámbrica entre PLC y Access Point y una comunicación inalámbrica entre Access Point y HMI.

### 2.4.1 Configuración comunicación entre el PLC y el Access Point.



**Figura 13-2:** Asignación de dirección IP.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

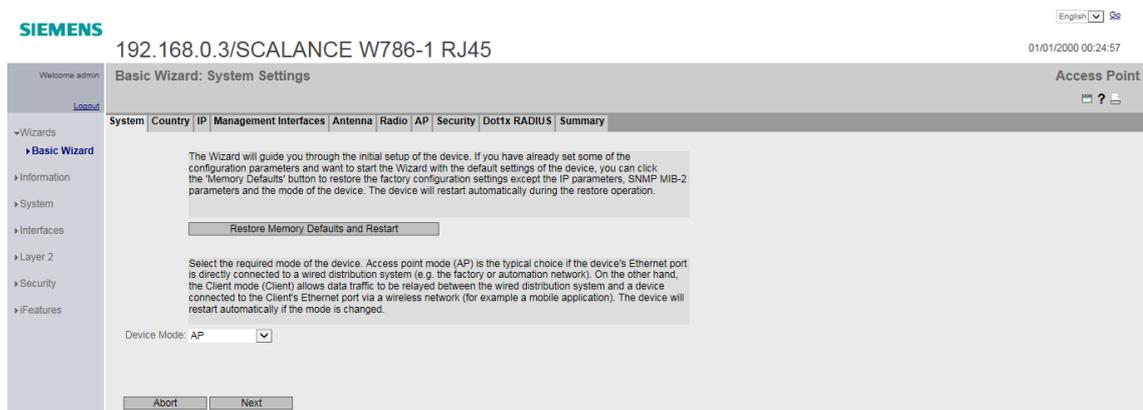
Para la comunicación entre PLC y el Access Point se utilizó como medio físico un cable Ethernet cruzado, las interfaces de red de ambos equipos llevan direcciones IP estáticas, las cuales son asignadas a través del software Primary Setup Tool como se muestra en la figura 13-2.

#### 2.4.2 Configuración del Access Point.

El Punto de Acceso es el dispositivo encargado de enlazar el PLC con el panel inalámbrico, para lograr este objetivo es necesario configurar una red inalámbrica a la cual se unirá el HMI posteriormente.

Para configurar esta red inalámbrica es necesario conectar el dispositivo directamente al computador y a través del navegador predeterminado ingresar a los parámetros del SCALANCE W786-1 y así establecer las opciones adecuadas para la nueva red.

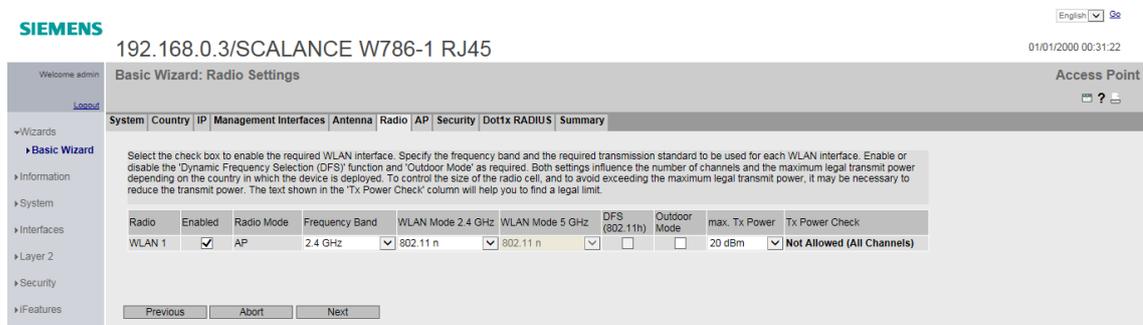
Primero se establece el modo de operación del dispositivo, como se muestran en las figura 14-2.



**Figura 14-2:** Configuración SCALANCE W786-1 modo de operación.

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

Luego se indican algunos parámetros generales como se muestra en la figura 15-2.



**Figura 15-2:** Configuración SCALANCE W786-1 parámetros generales.

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

Finalmente se comprueba que la nueva red esté habilitada como se puede observar en la figura 16-2.

192.168.0.3/AccessPoint

Welcome admin [Logout](#)

Access Point Settings

Basic | **Advanced** | Antennas | Allowed Channels | 802.11n | AP | AP WDS | AP 802.11a/b/g Rates | AP 802.11n Rates

Radio	Channel	Alternative DFS Channel	HT Channel Width [MHz]
WLAN 1	Auto	-	20

Radio Available Channels

WLAN 1	149,153,157,161,165		
--------	---------------------	--	--

Radio	Port	Enabled	SSID	Broadcast SSID	WDS only	WDS ID
WLAN 1	VAP 1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.2	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.3	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.4	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.5	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.6	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.7	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.8	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Warning: The approval process may not be finished in current country for channels denoted by a "\*" character.  
Please check the following website for more detailed information:  
<http://www.siemens.com/wireless-approvals>

**Figura 16-2:** Configuración SCALANCE W786-1 habilitación de la red.

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

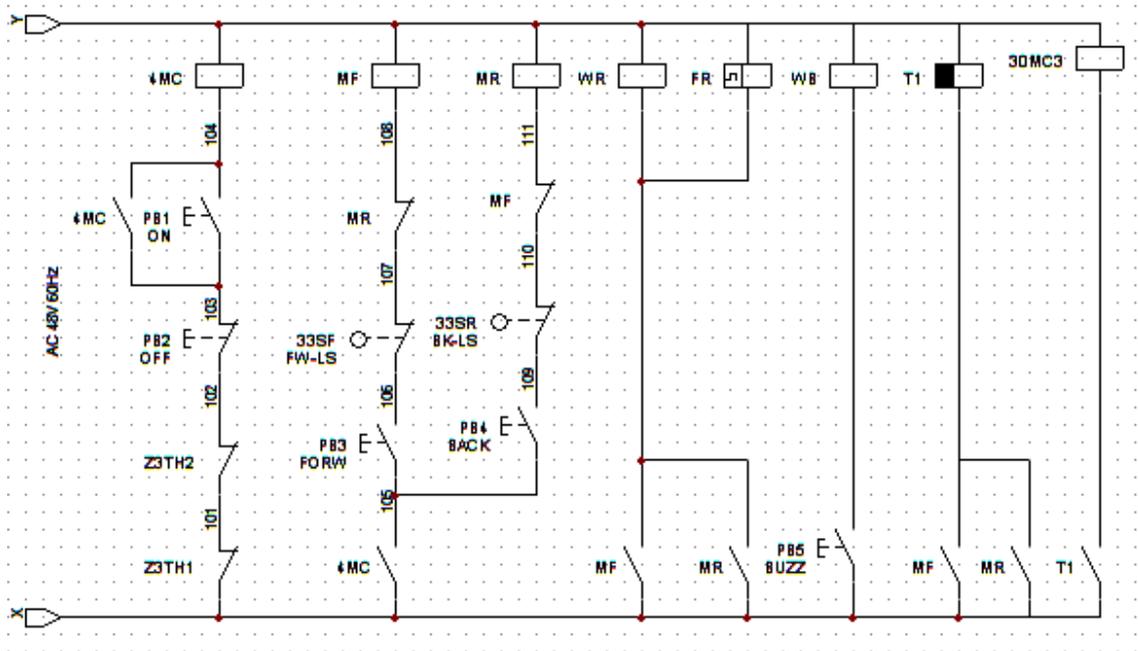
## 2.5 Diseño del sistema de control inalámbrico

Para el sistema de control inalámbrico se tienen dos modos de operación principales:

- **MODO MANUAL:** En este modo el operador elige la dirección y la velocidad con las que el Transportador realizará el desplazamiento.
- **MODO AUTOMÁTICO:** En este modo el operador elige la dirección e instantáneamente el Transportador iniciará el desplazamiento cambiando las velocidades de forma automática de acuerdo a su posición.

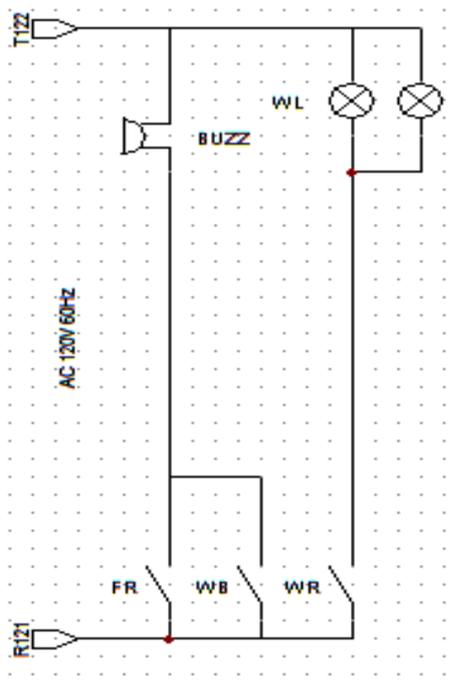
### 2.5.1 Circuito del sistema de control anterior

El sistema de control anterior utiliza lógica cableada en la totalidad de su diseño como se muestran en las figuras 17-2 y 18-2. Cada pulsador del mando principal o botonera activa la bobina correspondiente para poder energizar/desenergizar el tablero de control así como para mover el Transportador y activar la sirena.



**Figura 17-2:** Circuito de control anterior

Fuente: Manual Coche Transportador, 1984



**Figura 18-2:** Circuito sirena y luces de advertencia.

Fuente: Manual Coche Transportador, 1984

Estos circuitos fueron tomados como punto de partida para identificar cuales son las principales entradas del PLC, además de conocer en que parte del circuito intervienen las salidas del autómata

programable del nuevo sistema de control inalámbrico para su posterior enlace con la interfaz inalámbrica.

### 2.5.2 Entradas y salidas del PLC

Primeramente se identificaron las variables de entrada que tiene el sistema las cuales son tomadas de los fines de carrera, variador y contactores del tablero de control. Adicionalmente se consideró necesaria la implementación de un selector para que el operador pueda elegir qué sistema utilizar, entendiéndose como “REMOTO” al operar el Transportador desde el Panel Móvil y como “LOCAL” al operar el Transportador desde la botonera instalada originalmente en el tablero.

Tomando en cuenta este análisis se considera necesario el uso de las siguientes variables de entrada con su respectiva descripción, como se puede observar en la tabla 7-2.

**Tabla 7-2:** Variables de entrada PLC

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
FIN-CARR-AD	Bool	Fin de carrera adelante
FIN-CARR-AT	Bool	Fin de carrera atrás
SIRENA	Bool	Sirena activa
LUCES	Bool	Luces de advertencia activas
VAR-MARCHA	Bool	Variador en marcha
FREC-ALC	Bool	Frecuencia alcanzada
SOBRECARGA	Bool	Alarma sobrecarga
FALLA-ALIM	Bool	Alarma falla de alimentación
ADELANTE	Bool	Transportador hacia adelante
ATRAS	Bool	Transportador hacia atrás
SEL-LOCAL	Bool	Selector en local
V/F	Word	Voltaje en función de la frecuencia del variador

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

A continuación se procede a identificar cuáles son las variables de salida dentro del sistema, variables que cumplirán las mismas funciones que los pulsadores de la botonera alámbrica con la inclusión de tres variables adicionales para poder elegir entre tres velocidades diferentes en el movimiento del Transportador. Cuyo detalle se muestra en la tabla 8-2.

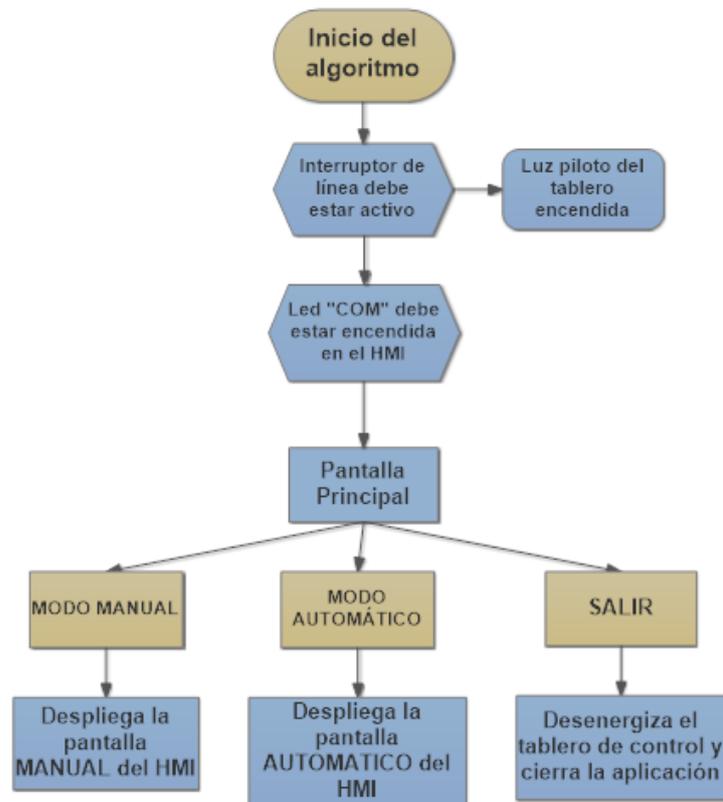
**Tabla 8-2:** Variables de salida PLC

Nombre	Tipo	Descripción
ON	Bool	Energizar tablero
OFF	Bool	Desenergizar tablero
FW	Bool	Marcha hacia adelante
BW	Bool	Marcha hacia atrás
BUZZ	Bool	Activar sirena
VMAX	Bool	Seleccionar velocidad máxima
VMED	Bool	Seleccionar velocidad media
VMIN	Bool	Seleccionar velocidad mínima

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

### 2.5.3 Diagrama de flujo del sistema de control inalámbrico

En el figura 19-2 se muestra de forma general el diagrama de flujo principal para el sistema de control, aquí se muestran las condiciones en las que se desarrolla la operación del Transportador desde la pantalla principal del HMI.

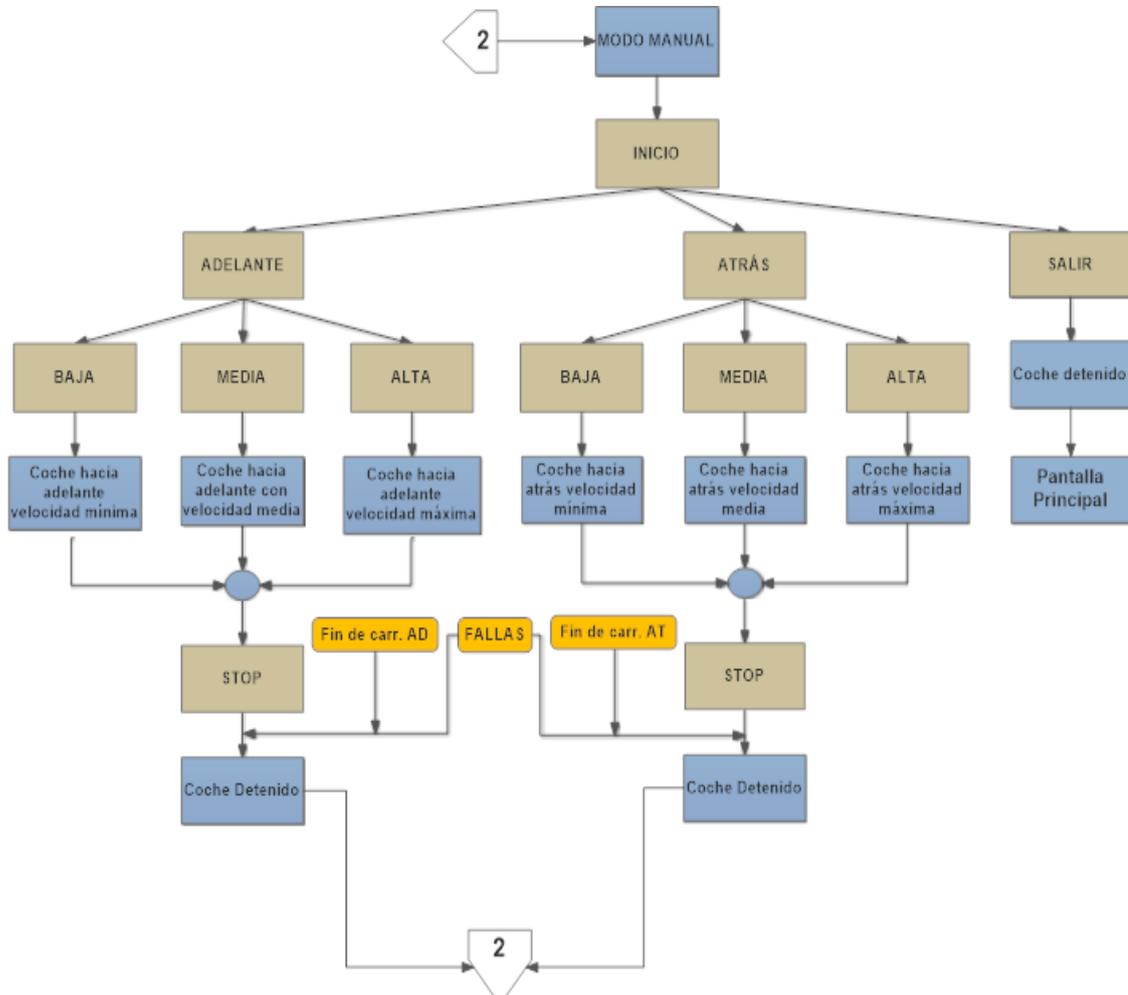


**Figura 19-2:** Diagrama de flujo general.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Si el operador ha escogido la opción “MANUAL” deberá establecer la dirección y velocidad para el movimiento del Transportador.

A continuación en la figura 20-2 se muestra el diagrama de flujo del proceso.

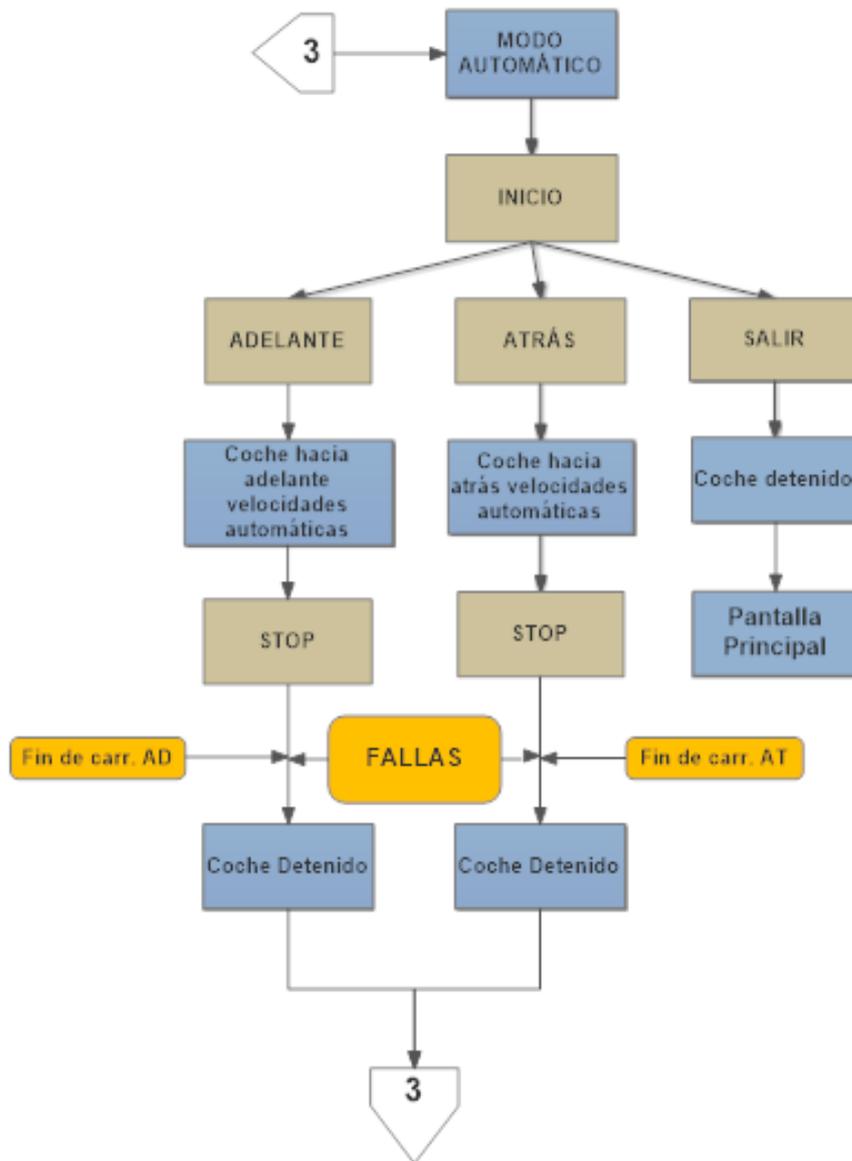


**Figura 20-2:** Diagrama de flujo modo MANUAL

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

Si el operador elige el modo “AUTOMÁTICO” debe escoger la dirección en la cual desea mover al Transportador y las velocidades se cambiarán automáticamente dependiendo de la posición en la que se encuentre.

Este modo de operación presentará las velocidades con las que se desplace el Transportador como señales de aviso al operador y no como comandos que se puedan activar durante el proceso. El diagrama de flujo de este modo se muestra en la figura 21-2.



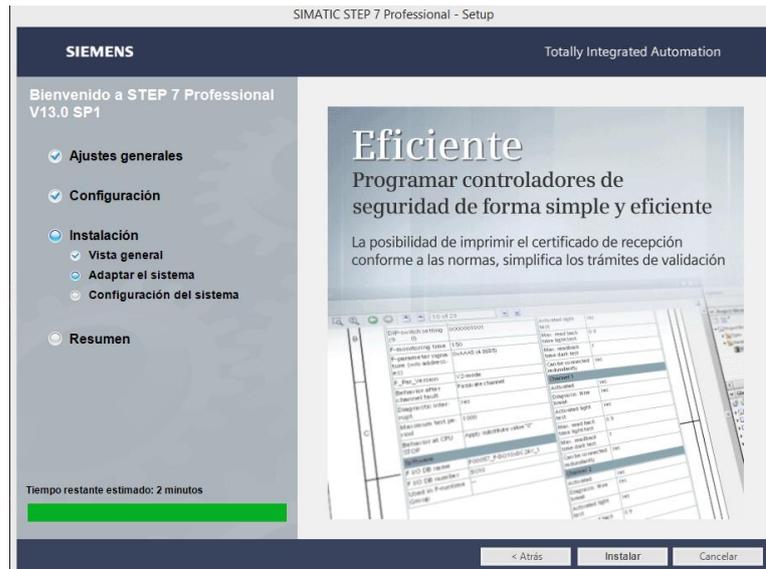
**Figura 21-2:** Diagrama de flujo modo AUTOMATICO

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

## 2.6 Programación del PLC

Una vez levantada toda la información anterior se procedió con la programación del PLC utilizando el software TIA PORTAL V13, como se muestra en la figura 22-2.

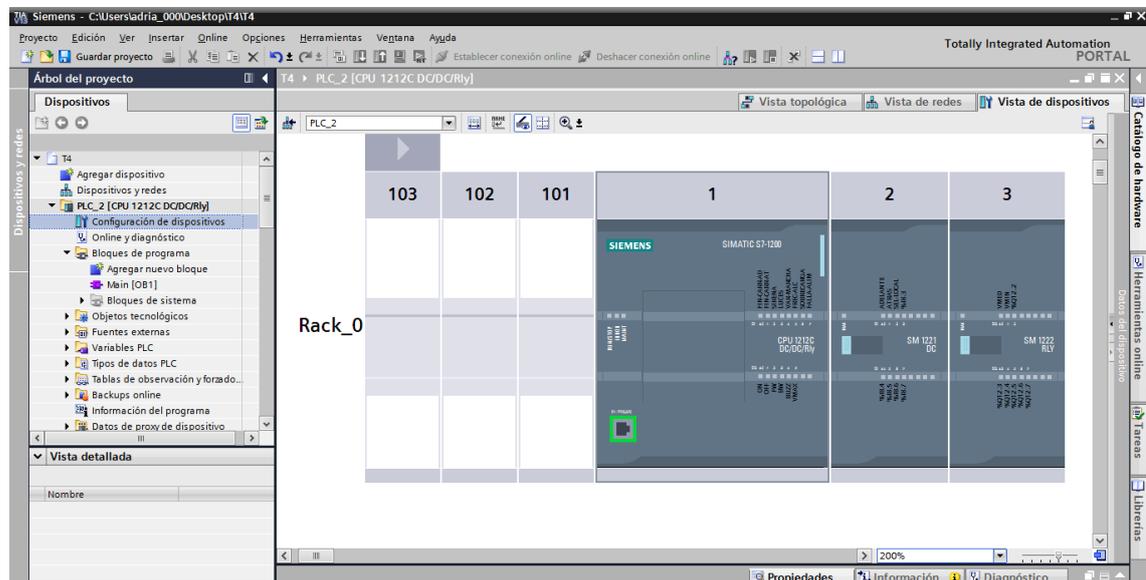
La programación en el autómata permite que el sistema reciba los valores de las variables de entrada y de acuerdo a la lógica de control se realicen los enclavamientos en las variables de salida para que el coche pueda moverse según los comandos que escoja el operador.



**Figura 22-2:** Instalación TIA PORTAL.

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

En el software se cargaron los equipos seleccionados para el nuevo sistema de control, debido a que el CPU 1212C no tiene suficientes entradas y salidas digitales para satisfacer la cantidad de variables requeridas. Se añadieron dos módulos adicionales: el módulo SM 1221 DC para las entradas y el módulo SM 1222 RLY para las salidas, como se puede apreciar en la figura 23-2.



**Figura 23-2:** Configuración de dispositivos TIA PORTAL.

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

A continuación se declararon las variables de entrada, salida y variables auxiliares que se usan en el desarrollo del bloque de programación en lenguaje ladder, de esta forma se puede definir la función de cada segmento y se puede identificar las variables que se enlazan a las pantallas de la

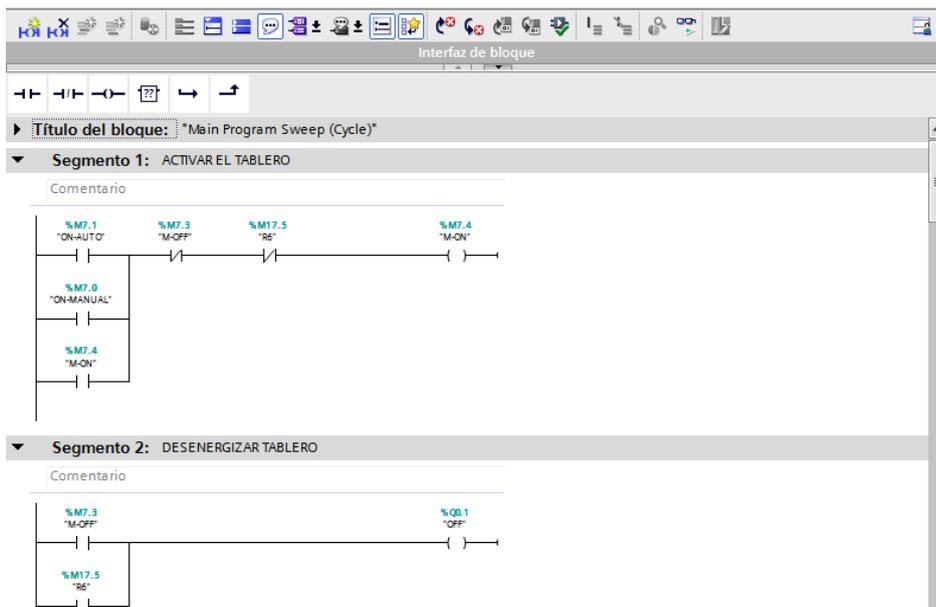
interfaz inalámbrica para la activación de los botones y la visualización de avisos durante el proceso. La declaración de variables se muestra en la figura 24-2.

Nombre	Tabla de variables e..	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Come...
1	FIN-CARR-AD	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	FIN-CARR-AT	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	SIRENA	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	LUCES	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	VAR-MARCHA	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	FREC-ALC	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	SOBRECARGA	Tabla de variables e..	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	FALLA-ALIM	Tabla de variables e..	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	ADELANTE	Tabla de variables e..	Bool	%I8.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	ATRAS	Tabla de variables e..	Bool	%I8.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	SEL-LOCAL	Tabla de variables e..	Bool	%I8.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	VIF	Tabla de variables e..	Word	%IW64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	ON	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	OFF	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	FW	Tabla de variables e..	Real	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	BW	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	BUZZ	Tabla de variables e..	Real	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	VMAX	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	VMED	Tabla de variables e..	Bool	%Q12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	VMIN	Tabla de variables e..	Bool	%Q12.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	RESET	Tabla de variables e..	Bool	%Q12.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	DISTANCIA	Tabla de variables e..	Real	%MD0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	MAUX21	Tabla de variables e..	Bool	%M5.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	MAUX22	Tabla de variables e..	Bool	%M5.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Figura 24-2:** Declaración de variables TIA PORTAL.

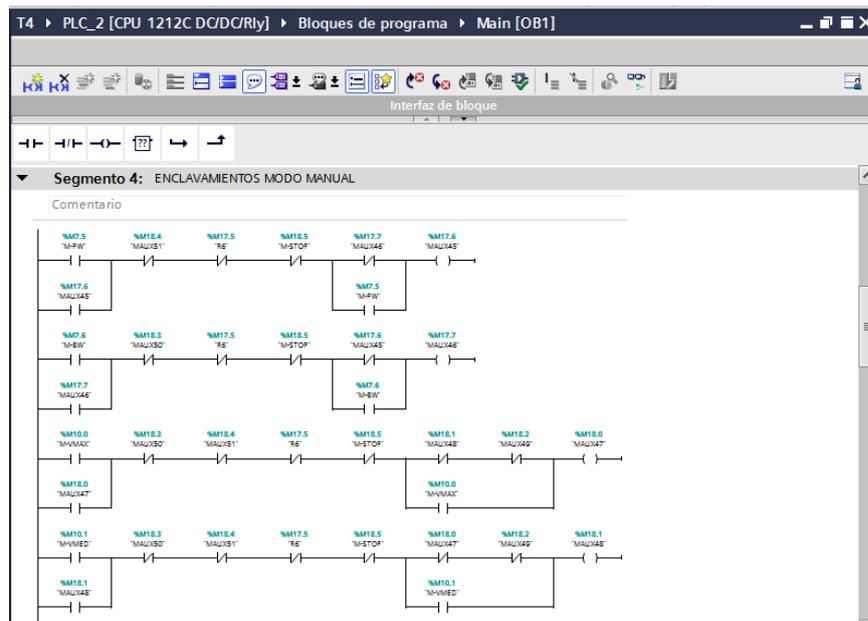
Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Con las variables del PLC asignadas se empezó a programar cada uno de los segmentos del bloque principal Main [OB1] para cumplir las funciones del sistema tales como energizar el tablero de control, realizar los enclavamientos en los modos MANUAL y AUTOMÁTICO, registrar las diferentes entradas y gestionar las salidas de acuerdo al algoritmo de control, entre otros. Algunos segmentos de la programación se muestran en las figuras 25-2 y 26-2.



**Figura 25-2:** Primeros segmentos de programación

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

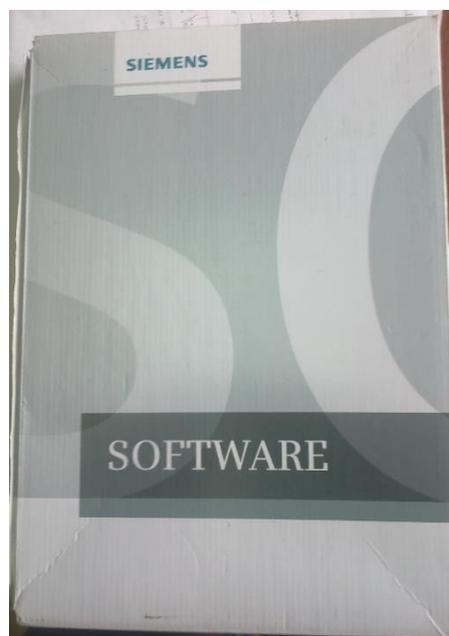


**Figura 26-2:** Enclavamientos en modo MANUAL.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Para mejor comprensión del desarrollo de la programación ver Anexo C, en el cual se detallan los segmentos en lenguaje ladder que conforman el bloque que ejecuta el PLC.

## 2.7 Diseño y configuración del HMI



**Figura 27-2:** Software de programación

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

El principal objetivo de la interfaz hombre-máquina es brindar una alternativa para el control y monitoreo del proceso de transportación, presentando de forma entendible a través de gráficos el estado de las variables que rigen dicho proceso.

Para el desarrollo del HMI se utilizó el software de programación WinCC Advanced V13 SP1 propietario de SIEMENS, el cual incluye la licencia de funcionamiento que fue adquirida por la Unidad de Negocio HIDROAGOYÁN para su respectivo uso dentro de la empresa, la cual se muestra en la figura 27-2.

Para una mejor comprensión de los operadores que manejan el Transportador se ha estructurado la interfaz inalámbrica con las siguientes pantallas:

- Pantalla principal.
- Modo Manual.
- Modo Automático.

### 2.7.1 Pantalla Principal

Como se muestra en la figura 28-2, ésta es la primera pantalla que aparece al correr la aplicación, en la cual se muestran diversos botones y avisos que se detallan a continuación.

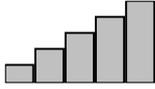


**Figura 28-2:** Pantalla Principal del HMI.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

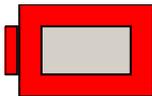
Cabe mencionar que los botones que se inserten en la pantalla táctil también se pueden activar mediante las teclas físicas que posee el Panel Móvil alrededor de la pantalla las mismas que van desde F1 hasta F18. Esta funcionalidad se detalla en las pantallas de modo MANUAL y AUTOMÁTICO.

#### 2.7.1.1 *Recepción señal inalámbrica*



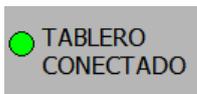
Este ícono ubicado en la parte superior izquierda de la figura 28-2 representa la intensidad de señal con la que se comunican el Panel Móvil y el Punto de Acceso. Es indispensable tener al menos una barra de señal activa para mantener la comunicación disponible, caso contrario no se podrá operar el coche desde la interfaz gráfica. Para garantizar la comunicación inalámbrica se recomienda mantener el Panel en las cercanías del Punto de Acceso.

#### 2.7.1.2 *Carga de batería*

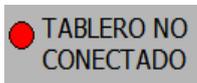


Este ícono ubicado en la parte superior derecha de la figura 28-2 representa la cantidad de carga disponible en la batería del Panel Móvil, si esta es inferior al 20% se mostrará un aviso en la pantalla con lo que se recomienda colocar el Panel o la batería en la Estación de Carga. El tiempo estimado de duración de la batería es de 4 horas en modo Normal y de 15 días en modo Standby.

#### 2.7.1.3 *Avisos tablero conectado/desconectado*



Indica que el tablero de control se encuentra energizado.



Indica que el tablero de control se encuentra desenergizado.

#### 2.7.1.4 *Botones ON/OFF/SALIR*



Al pulsar energiza el tablero de control.

**OFF**

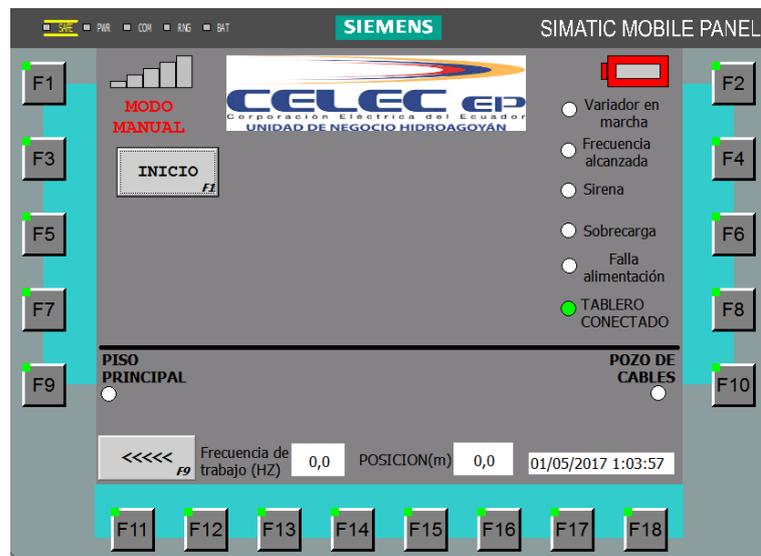
Al pulsar desenergiza el tablero de control.

**SALIR**

Al pulsar desenergiza el tablero de control y cierra la aplicación del HMI.

### 2.7.2 Modo Manual

Al pulsar el botón MANUAL en la Pantalla Principal se despliega la pantalla de operación en Modo Manual, que se observa en la figura 29-2.



**Figura 29-2:** Pantalla Modo Manual.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

A continuación se detalla el significado de los indicadores y la funcionalidad de los botones de la figura 29-2:

Variador en marcha

Variador activado y funcionando correctamente.

Frecuencia alcanzada

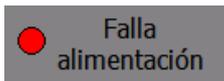
Frecuencia programada de trabajo se alcanzó con éxito.

Sirena

Sirena activada.

Sobrecarga

Alarma de sobrecarga en el variador.



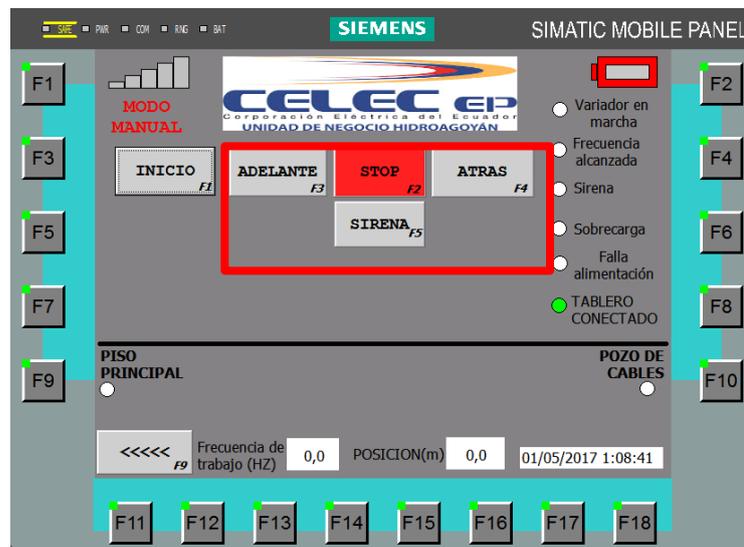
Falla instantánea o permanente de la alimentación de variador.



Al pulsar detiene el Transportador y despliega la Pantalla Principal. También puede activarse pulsando F9.



Al pulsar despliega el bloque de botones mostrados en la figura 30-2: También puede activarse pulsando F1.



**Figura 30-2:** Pantalla Modo Manual-Botones primarios

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Los botones “ADELANTE” Y “ATRAS” habilitan el bloque que comanda las velocidades y define el sentido del movimiento como se indica a continuación:

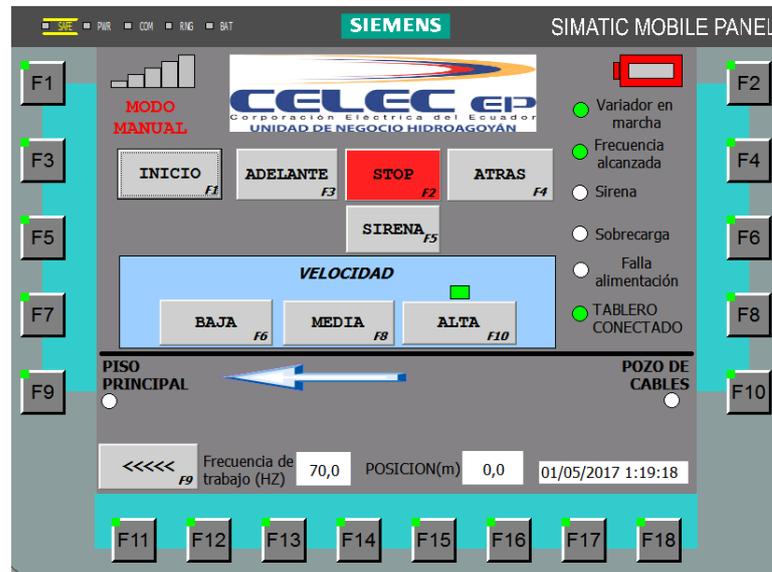


Setea el movimiento del coche desde el pozo de cables hacia el piso principal y despliega el bloque de velocidades. También puede activarse pulsando F3.



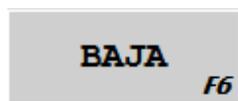
Setea el movimiento del coche desde el piso principal hacia el pozo de cables y despliega el bloque de velocidades. También puede activarse pulsando F4.

A continuación se puede seleccionar una de las tres velocidades disponibles, al pulsar el botón de cualquiera de ellas iniciará el movimiento del Transportador como se muestra en la figura 31-2.



**Figura 31-2:** Pantalla Modo Manual-Transportador en movimiento

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017



**BAJA** *F6* Activa el movimiento del Transportador con velocidad mínima. También puede activarse pulsando F4.



**MEDIA** *F8* Activa el movimiento del Transportador con velocidad media. También puede activarse pulsando F8.



**ALTA** *F10* Activa el movimiento del Transportador con velocidad maxima. También puede activarse pulsando F10.

La flecha indica el sentido elegido y tendrá un parpadeo mientras el movimiento del Transportador se mantenga. Además se tienen los botones de “STOP” Y “SIRENA” los cuales se detallan a continuación:



Modo Manual: Al pulsar detiene el movimiento del Transportador y deshabilita el bloque de velocidades.

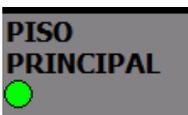
Modo Automático: Al pulsar detiene el movimiento del Transportador.

En ambos modos puede activarse pulsando F2.

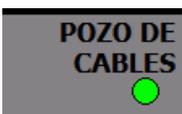


Modo Manual y Automático: Activa la sirena del Transportador mientras esté pulsado. También puede activarse pulsando F5.

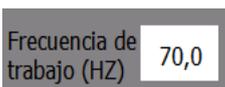
Además se disponen de varios indicadores adicionales de frecuencia, posición y fines de carrera que se encuentran tanto en las pantallas de MANUAL y AUTOMATICO los cuales se explican a continuación:



Indica que se activó el fin de carrera ubicado en el Piso Principal, por lo tanto el Coche se detuvo y esta inhabilitado el movimiento hacia adelante.



Indica que se activó el fin de carrera ubicado en el Pozo de Cables, por lo tanto el Coche se detuvo y esta inhabilitado el movimiento hacia atrás.



Aquí se muestra la frecuencia programada con la que trabaja el variador mientras el Transportador se desplaza, las frecuencias por defecto son 30 Hz, 45 Hz y 70 Hz para las velocidades Baja, Media y Alta respectivamente.

POSICION(m) 20,0

En el recuadro se muestra la posición del Transportador en metros, tomando como punto inicial (0m) el fin de carrera ubicado en el Piso Principal y como punto final el fin de carrera ubicado en el Pozo de Cables (28m aproximadamente).

### 2.7.3 Modo Automático

Al pulsar el botón AUTOMÁTICO en la Pantalla Principal se despliega la pantalla de operación en Modo Automático como se visualiza en la figura 32-2:

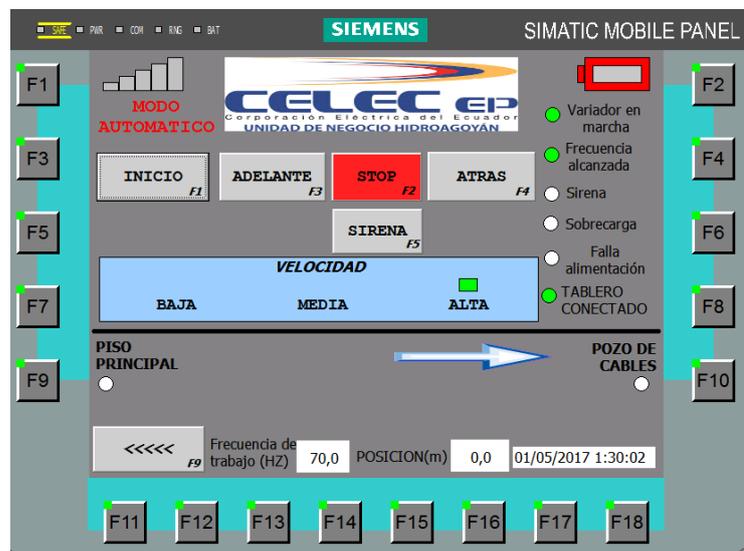


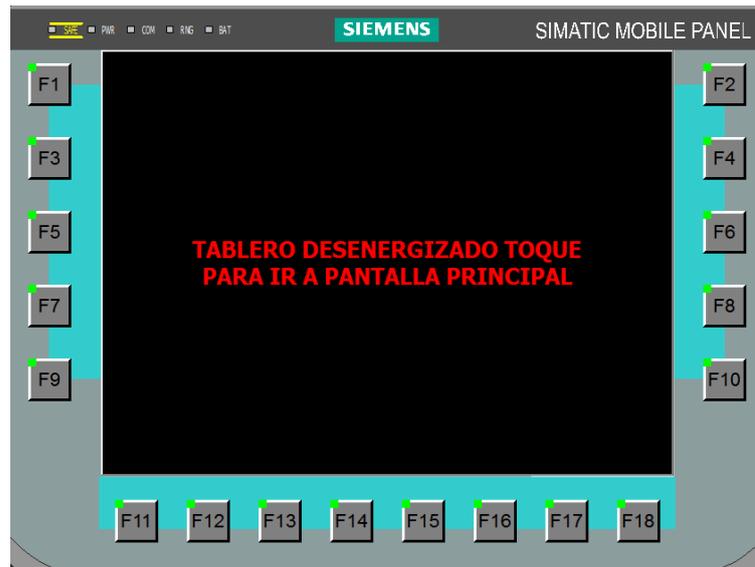
Figura 32-2: Pantalla Modo Automático

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

La pantalla del Modo Automático es similar al Modo Manual, salvo que en este modo no es necesario escoger una velocidad para poner en marcha el Transportador. Al pulsar uno de los dos botones (“ADELANTE”-”ATRAS”) inmediatamente empezará el desplazamiento del Coche, el programa cambiará de forma automática las velocidades de acuerdo a la posición del Transportador hasta ser detenido por el fin de carrera o por el operador.

### 2.7.4 Pantalla equipo desenergizado

La pantalla que se muestra en la figura 33-2 se despliega cuando el tablero de control se ha desenergizado ya sea por el cambio del selector de REMOTO a LOCAL o por algún otro factor externo. En este caso se debe dar clic en cualquier lugar de la pantalla y se visualiza la Pantalla Principal para que continúe utilizando la interfaz.

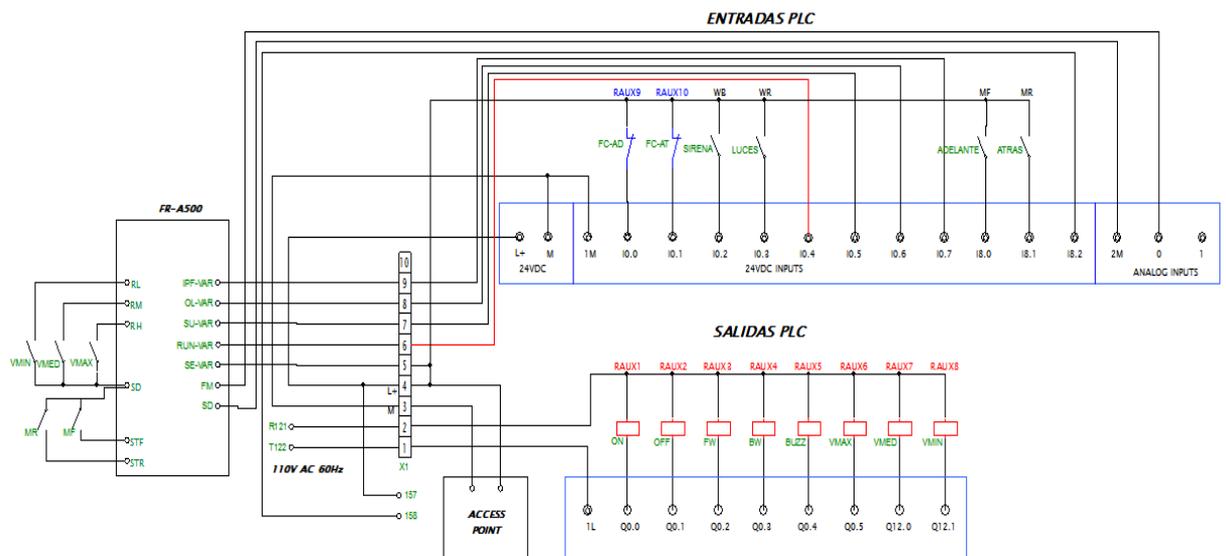


**Figura 33-2:** Pantalla tablero desenergizado

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

## 2.8 Diseño del circuito del nuevo sistema de control.

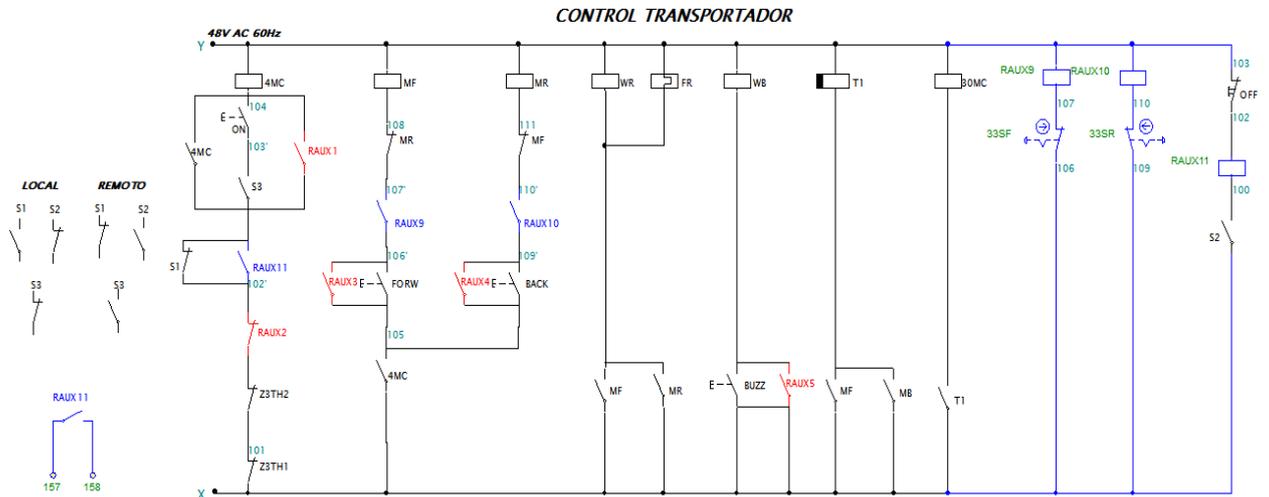
En la figura 34-2 se puede observar el plano de las entradas y salidas del PLC así como la disposición del cableado en la bornera, estas señales son llevadas desde el variador de velocidad o desde los contactores del tablero de control. Cada una de las salidas del PLC activa un relé de 110 Vac para controlar las bobinas en el tablero, las velocidades y el sentido de movimiento en el variador de velocidad todo esto a través de los contactos auxiliares de cada relé.



**Figura 34-2:** Plano eléctrico E/S del PLC

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

El circuito de control original ha sido modificado para integrar los dispositivos del nuevo sistema, se han incluido dentro del diseño las conexiones de los contactos auxiliares de los relés de salida así como los contactos del selector LOCAL/REMOTO, dando como resultado el plano que se muestra a continuación en la figura 34-2.



**Figura 35-2:** Plano del nuevo sistema de control

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

## 2.9 Implementación del nuevo sistema

Para implementación del nuevo sistema fue necesario reubicar los elementos dentro del tablero del Transportador para poder anclar el PLC con sus respectivos módulos de alimentación, entradas y salidas además de los relés auxiliares. En la figura 36-2 se observa el tablero del Transportador previo a la implementación del nuevo sistema.



**Figura 36-2:** Disposición anterior del tablero

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

### **2.9.1 Selección de materiales**

Previo al anclaje y cableado de los dispositivos electrónicos son necesarios varios materiales que son utilizados en la implementación, entre los más importantes se tienen:

- Tornillos.
- Arandelas.
- Pernos.
- Riel DIN.
- Borneras.
- Terminales.
- Tuberías.
- Cables.

Todos estos materiales se encuentran disponibles en las bodegas de Agoyán lo que facilitó el uso de los mismos.

### **2.9.2 Montaje de dispositivos**

Con los materiales listos se inició la implementación de los dispositivos, primero se fijó el PLC en el tablero de control, continuando con el Access Point y finalmente se fijó la estación de carga para el Panel Móvil.

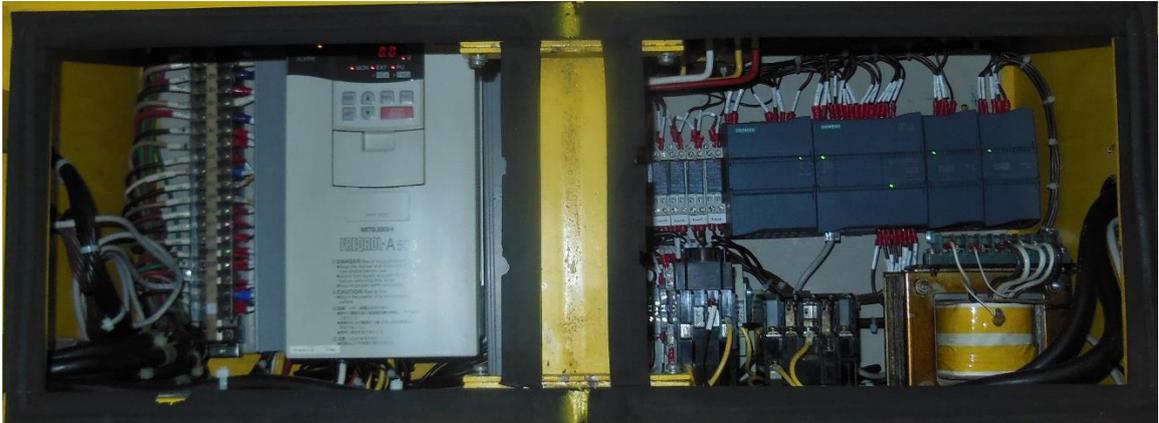
#### **2.9.2.1 Montaje del PLC y módulos adicionales.**

Luego de reorganizar el tablero del Transportador se procedió al anclaje del PLC, módulo de alimentación y módulos de entradas y salidas digitales, también se agregó una bornera para las nuevas conexiones del sistema de control.

El cableado se lo realizó de acuerdo al plano del nuevo sistema de control, usando terminales en todos los cables nuevos y a su vez utilizando una maquilladora para etiquetar el cableado facilitando así la identificación de los puntos dentro del circuito. Esta señalización permite tener un tablero ordenado para que en un futuro sea posible la ubicación sencilla de los cables y equipos cuando se realicen tareas de variación o mantenimiento del tablero.

El cable utilizado es del tipo TW-F de calibre 14 AWG, es de cobre flexible y se usa generalmente para el cableado dentro de tableros de control ya sean comerciales o industriales ya que posee

características como alta resistencia y flexibilidad. En la figura 37-2 se puede observar los equipos montados en el tablero.



**Figura 37-2:** Equipos montados dentro del tablero

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

Uno de los elementos nuevos es el selector LOCAL/REMOTO que se utiliza para elegir el modo de operación del coche Transportador, luego de realizar un análisis se decidió colocarlo en la puerta del tablero de control para facilitar su accionamiento por parte del operador como se puede apreciar en la figura 38-2.



**Figura 38-2:** Selector LOCAL/REMOTO

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

#### 2.9.2.2 Montaje del Access Point.

Parar tener una mejor cobertura dentro de la señal inalámbrica que produce el punto de acceso se decidió anclarlo fuera del tablero de control, específicamente en el chasis del coche y desde este punto se conectó el cable Ethernet hacia el PLC para la comunicación de estos dos equipos.

Como una medida de protección al equipo y para evitar posibles daños en el mismo se instaló una jaula protectora alrededor del punto de acceso como se observa en la figura 39-2.



**Figura 39-2:** Access Point montado en el chasis del Transportador

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

### 2.9.2.3 Montaje estación de carga Panel Móvil.

El panel móvil utiliza una estación de carga donde será depositado cuando no se encuentre en uso, esta estación utiliza una tensión de entrada de 110 Vac la cual es tomada de un tablero de iluminación cercano. Para el anclaje de la estación de carga se utilizó una plancha metálica que está fijada a la pared del piso principal de casa de máquinas como se muestra en las figura 40-2.



**Figura 40-2:** Estación de carga Panel Móvil

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

## CAPÍTULO III

### MARCO DE RESULTADOS

Este capítulo trata sobre las pruebas ejecutadas con el nuevo sistema de control para la elección adecuada de las frecuencias con las que trabaja el variador en cada velocidad en la que se desplaza el Transportador.

Además se realiza la comparación de los resultados al operar el coche Transportador desde el sistema anterior y el nuevo sistema, tomando en cuenta los tiempos de trabajo como la variable a comparar durante los ensayos desarrollados.

#### 3.1 Operación del Transportador

Después de haber culminado la implementación del nuevo sistema de control se procedió a operar el coche Transportador desde la botonera (sistema antiguo) y Panel Móvil (sistema nuevo), para evaluar su funcionalidad y operatividad.

##### 3.1.1 Pruebas de funcionalidad

En primer lugar se realizaron varios ciclos de trabajo manejando el nuevo sistema de control para determinar conjuntamente con el personal de operación cuáles son las frecuencias adecuadas con las que se debe trabajar en las velocidades: Baja, Media y Alta.

Luego de concluidas las pruebas se establecieron las frecuencias para cada velocidad disponible en el sistema, así también se determinaron los valores con los que se realiza el desplazamiento en cada caso, como se muestra en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Frecuencias asignadas a cada velocidad.

Velocidad	Frecuencia de Trabajo(Hz)	Valor en m/s
BAJA	30	0,064
MEDIA	45	0,121
ALTA	70	0,231

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Posteriormente se ejecutaron varios ciclos de trabajo en el sistema anterior como en el nuevo sistema de control, para evaluarlos bajo el parámetro de tiempo de trabajo, obteniéndose los datos mostrados en la tabla 2-3.

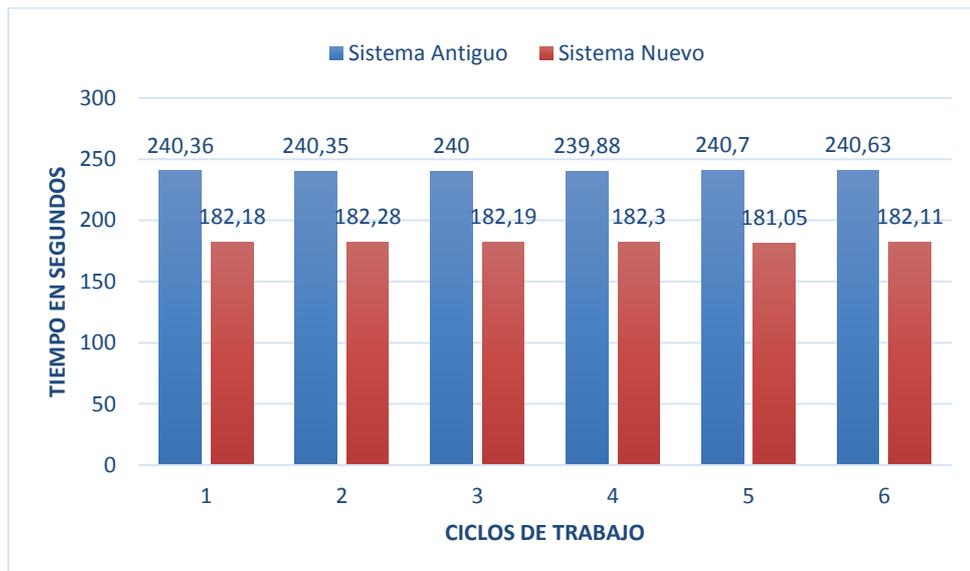
**Tabla 2-3:** Tiempos obtenidos por ciclo de trabajo.

Cantidad de Ciclos	Tiempo de trabajo en segundos		Tiempo de ahorro en segundos	Porcentaje de tiempo de ahorro
	Sistema Antigo	Sistema Nuevo (Automático)		
Ciclo No 1	240,36	182,18	58,18	24,205%
Ciclo No 2	240,35	182,28	58,07	24,161%
Ciclo No 3	240	182,19	57,81	24,088%
Ciclo No 4	239,88	182,30	57,58	24,004%
Ciclo No 5	240,70	181,05	59,65	24,782%
Ciclo No 6	240,63	182,11	58,52	24,319%
<b>Promedio</b>	<b>240,32</b>	<b>182,018</b>	<b>58,302</b>	<b>24,260%</b>

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Cada ciclo de trabajo consistió en cubrir una vez el recorrido que efectúa el coche Transportador para llegar desde el Piso Principal hacia el Pozo de Cables o viceversa.

En la figura 1-3 se puede apreciar gráficamente la comparación de los sistemas en cada prueba realizada, con lo cual se demuestra que con el nuevo sistema de control se obtiene un ahorro de 24,2% que corresponde aproximadamente a 58 segundos en el tiempo de trabajo por cada ciclo.



**Figura 1-3:** Gráfico comparativo de los sistemas.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

### 3.1.2 Pruebas de operatividad

Durante la ejecución de los ciclos de trabajo se determinó un parámetro de tipo cualitativo basado en la observación y experimentación del operador al utilizar y evaluar los dos sistemas de control, este parámetro es el campo de acción del operador.

Al utilizar el sistema antiguo se limita el campo de acción del operador a una sola ubicación con respecto al coche Transportador debido a que al portar el mando alámbrico el operador está obligado a permanecer cercano al coche aun cuando este se encuentre en movimiento.

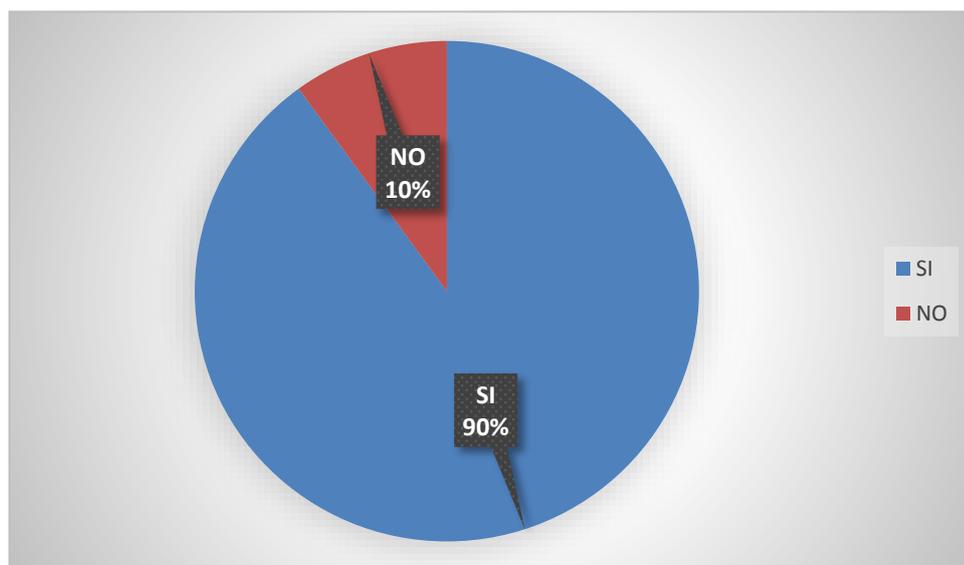
Con el uso del sistema nuevo y la tecnología inalámbrica del HMI se logra brindar al operador un campo de acción con un rango de 360° alrededor del coche Transportador garantizando así mayor seguridad al realizar la tarea de transportación.

Adicionalmente la tecnología implementada permitirá una futura integración del control de todo el sistema de Izaje de Casa de Máquinas en una sola interfaz inalámbrica.

### 3.2 Encuesta al personal de operación

Para finalizar se realizó una encuesta al personal que opera el Coche Transportador para conocer la evaluación sobre el desempeño del nuevo sistema implementado.

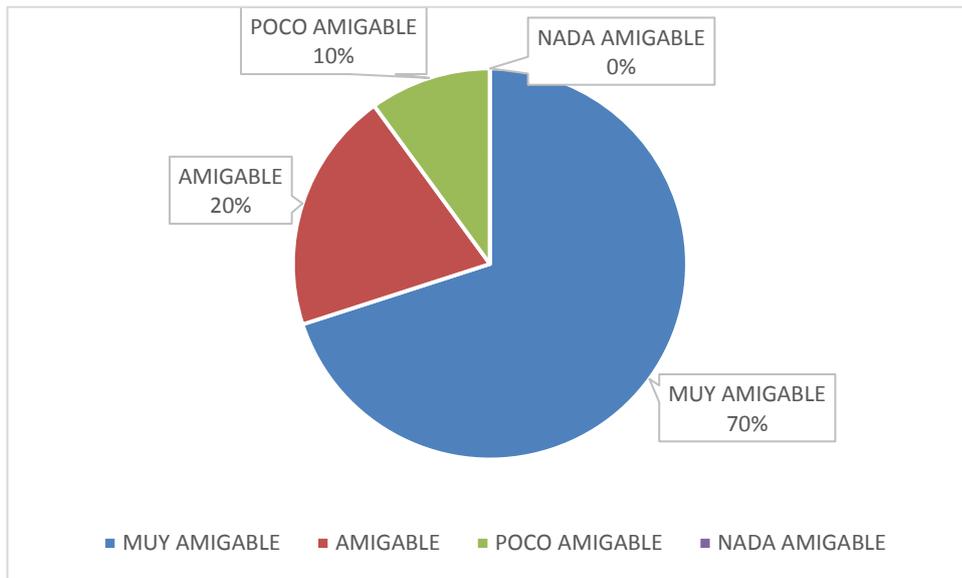
A continuación se detallan los resultados obtenidos en cada cuestionamiento realizado. En la figura 2-3 se observa la respuesta que dio el personal al preguntar si el nuevo sistema de control brinda mayor seguridad al operar el Coche Transportador.



**Figura 2-3:** Evaluación de la seguridad del nuevo sistema.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

En la figura 3-3 se aprecia como describió el personal de operación la interfaz inalámbrica.

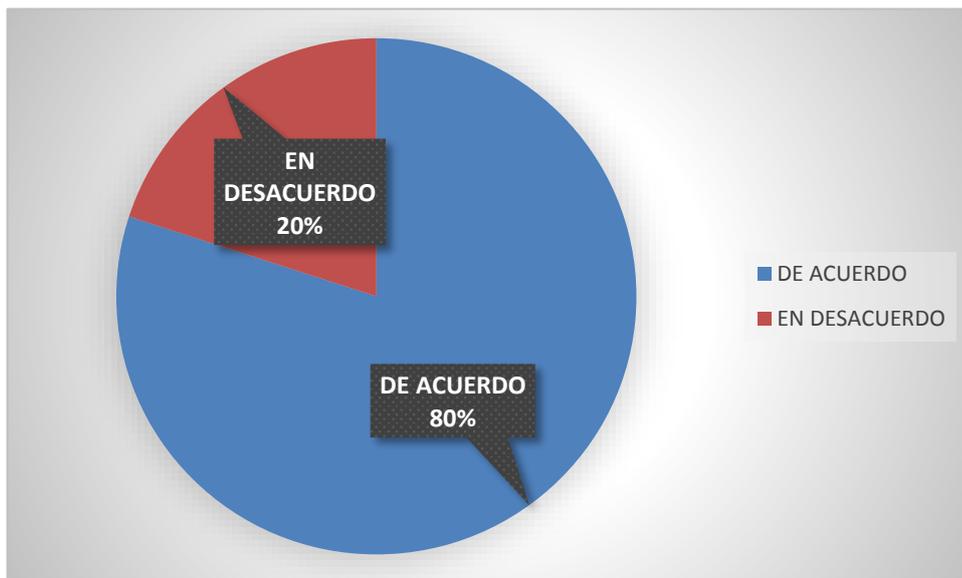


**Figura 3-3:** Evaluación de la interfaz.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

En la figura 3-3 se puede observar que el personal considera en su mayoría como muy amigable a la interfaz implementada para el nuevo sistema de control.

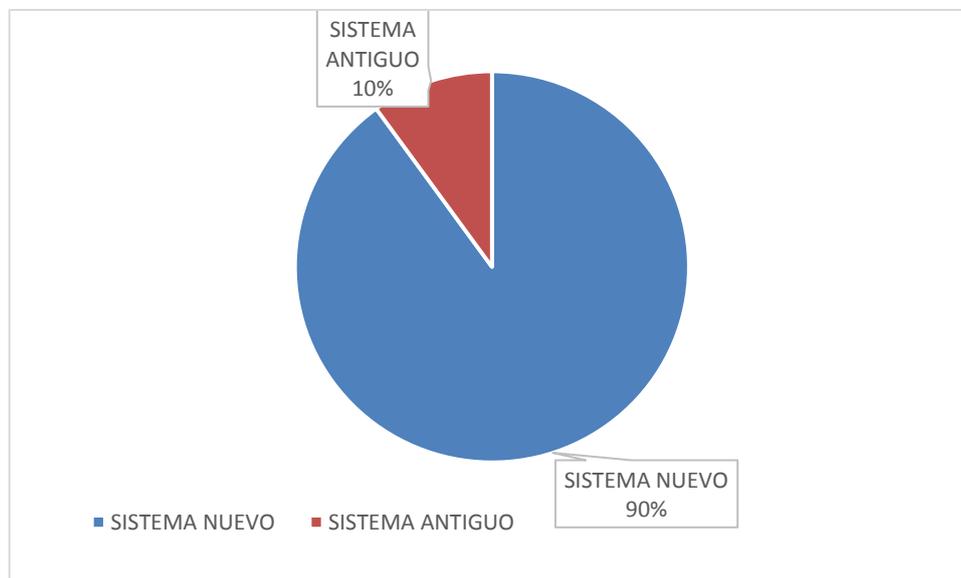
Respecto a estar de acuerdo con la implementación de controles similares en los sistemas de Izaje de Casa de Máquinas para la expansión del sistema, se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 4-3.



**Figura 4-3:** Opinión sobre la expansión de sistema.

Realizado por: Castelo, Adrián, 2017

Para concluir en la figura 5-3 se puede observar la preferencia del personal al elegir uno de los dos sistemas disponibles para la operación del Transportador.



**Figura 5-3:** Sistema de control preferido en la operación del coche.

**Realizado por:** Castelo, Adrián, 2017

Con estos dos últimos cuestionamientos se evidencia la aceptación de la interfaz de control inalámbrico por parte de los operadores así como el deseo de la expansión de la misma en el sistema de Izaje de Casa de Máquinas.

## CONCLUSIONES

- Con la implementación del nuevo sistema de control se facilitó la tarea de operación del coche Transportador mediante la utilización de una interfaz inalámbrica desde la cual el operador posee un mejor control y supervisión del proceso.
- El nuevo sistema de control inalámbrico permite tener al operador un mayor campo de acción dentro del proceso de transportación.
- Debido a que los dispositivos electrónicos utilizados en la topología pertenecen todos a la marca SIEMENS, se pueden configurar de una mejor manera debido a la compatibilidad existente en los dispositivos y así establecer la comunicación entre el PLC, Access Point y HMI.
- Con el PLC utilizado (S7-1200) se tiene garantía de robustez (resistencia a altas temperaturas, humedad, vibraciones y golpes) y seguridad en el proceso, además brinda la posibilidad de ampliar los módulos a utilizar si en un futuro así se requiere.
- El uso del Panel Móvil 277 IWLAN ofrece prestaciones muy útiles dentro de la industria como: el control del proceso a través de una interfaz amigable con el usuario y la posible ampliación hacia otros procesos a través del mismo HMI.
- Mediante el uso de señales de alarma en el HMI, el operador tiene la posibilidad de visualizar algún tipo de falla dentro del proceso y corregirlas en el momento oportuno.
- Del análisis realizado en los tiempos de trabajo del Transportador, del sistema anterior con relación al nuevo sistema implementado se obtuvo un margen de ahorro de 24,2% que equivale a 58 segundos por cada ciclo de trabajo aproximadamente.
- El porcentaje de aceptación del nuevo sistema de operación fue del 90%, lo que demuestra que el sistema implementado cumple con las necesidades de la empresa.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda no desinstalar el sistema de operación anterior (botonera), puesto que puede funcionar como un respaldo temporal para cuando se tenga que realizar tareas de mantenimiento o modificaciones en el sistema inalámbrico.
- Previo a la utilización del HMI inalámbrico se recomienda leer el manual de usuario para un mejor conocimiento de las funciones de cada uno de los elementos presentes en las pantallas de la interfaz.
- Se recomienda la implementación de un sistema de control similar para el Puente Grúa de Casa de Máquinas, para poder controlar estos dos sistemas a través del mismo HMI inalámbrico, creando un control integral para el sistema de Izaje de Casa de Máquinas.
- Se recomienda mantener el Panel Móvil enlazado a la red del Access Point para poder operar el coche Transportador.
- Para eliminar problemas de compatibilidad en el caso de adicionar nuevos dispositivos a la topología de red se recomienda utilizar equipos de la marca SIEMENS.
- Previo a la operación del Transportador es aconsejable revisar el estado la batería del HMI y si esta se encuentra baja colocar el Panel en la estación de carga.
- Para futuros cambios o ampliaciones dentro del sistema de control inalámbrico, se recomienda realizar primero la comunicación entre dispositivos a utilizar previo a la programación de los mismos.

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>A</b>	Amperios
<b>AC</b>	Corriente Alterna
<b>AI</b>	Analog Inputs
<b>AWG</b>	American Wire Gauge
<b>CPU</b>	Central Process Unit
<b>DC</b>	Corriente Directa
<b>DI</b>	Digital Inputs
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>DO</b>	Digital Outputs
<b>E/S</b>	Entradas/Salidas
<b>g</b>	Gramos
<b>GHz</b>	Gigahertz
<b>HMI</b>	Human Machine Interface
<b>Hz</b>	Hertz
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>IWLAN</b>	Industrial Wireless Local Area Network
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>kVA</b>	Kilo Voltio*Amperio
<b>KW</b>	Kilovatios
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LC</b>	Liquid Cristal
<b>LED</b>	Light-emmitting diode
<b>m</b>	Metros
<b>mA</b>	Miliamperios
<b>MB</b>	Megabytes
<b>min</b>	Minutos
<b>mm</b>	Milímetros
<b>PC</b>	Personal Computer
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>RLY</b>	Relay

<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>s</b>	Segundos
<b>TW</b>	Thermoplastic Building Wire
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>V</b>	Voltios
<b>Vac</b>	Voltios Corriente Alterna
<b>Vdc</b>	Voltios Corriente Directa
<b>W</b>	Vatios
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network

## BIBLIOGRAFÍA

[1] **ANDREU, Fernando & PELLEJERO, Izaskun & LESTA, Amaia**, *REDES WLAN Fundamentos y aplicaciones de seguridad [En línea]*. Barcelona, España, 2006. [Consulta: 29 de Septiembre de 2016]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=k3JuVG2D9IMC&pg=PA3&dq=wlan&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiqidqOi7LTAhXKLSYKHXCfMQ6AEIzAA#v=onepage&q=wlan&f=false>

[2] **ANGULO BAHÖN, Cecilio & RAYA GINER, Cristóbal**, *Tecnología de sistemas de control [En línea]*. Barcelona, España, 2004. [Consulta: 05 de Octubre de 2016]. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books?id=Vbd11zVvk\\_QC&pg=PA34&dq=sistemas+de+control+lazo+cerrado&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiGmfKmkIrTAhVMKyYKHbS4CDoQ6AEIJTAC#v=onepage&q=sistemas%20de%20control%20lazo%20cerrado&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=Vbd11zVvk_QC&pg=PA34&dq=sistemas+de+control+lazo+cerrado&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiGmfKmkIrTAhVMKyYKHbS4CDoQ6AEIJTAC#v=onepage&q=sistemas%20de%20control%20lazo%20cerrado&f=false)

[3] **BALCELLS, Josep & ROMERAL, José Luis**, *AUTÓMATAS PROGRAMABLES [En línea]*. Barcelona, España, 1997. [Consulta: 29 de Septiembre de 2016]. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books?id=xfSjADge70C&printsec=frontcover&hl=es&source=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=xfSjADge70C&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

[4] **BOLTON, W.** *Programmable Logic Controllers [En línea]*. Fourth Edition. Elsevier Newnes, Oxford, UK, 2006. [Consulta: 20 de Septiembre de 2016]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=zsyTTGxCIdMC&printsec=frontcover&dq=plc+programming+books&hl=es&sa=X&ei=s7gjVOnaDMq7ggTW9IKgDw#v=onepage&q=plc%20programming%20books&f=false>

[5] **DUSSAILLANT, Jacqueline**, *Consejos al investigador [En línea]*, Santiago de Chile, Chile, 2006. [Consulta: 11 de Enero de 2017]. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books?id=p\\_4mJa85ybEC&printsec=frontcover&dq=libros+para+hacer+una+tesis&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjU0c\\_rpILUAhWdKyYKHV8LDnAQ6AEIKzAB#v=onepage&q=libros%20para%20hacer%20una%20tesis&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=p_4mJa85ybEC&printsec=frontcover&dq=libros+para+hacer+una+tesis&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjU0c_rpILUAhWdKyYKHV8LDnAQ6AEIKzAB#v=onepage&q=libros%20para%20hacer%20una%20tesis&f=false)

[6] **GUERRERO, Vicente & YUSTE, Ramón L. & MARTÍNEZ, Luis**, *Comunicaciones Industriales [En línea]*. Barcelona, España, 2009. [Consulta: 02 de Diciembre de 2016]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=fPCVCoDCa8IC&pg=PT596&dq=iwlan&hl=es-419&sa=X&ei=rieFVJjrE5OPgwTSuITQCg&ved=0CDgQ6AEwAg#v=onepage&q=iwlan&f=false>

[7] **INFOPLC**, *Comunicación entre un PLC S7-1200 y Wincc Advanced*, 2015. [Consulta: 02 de Diciembre de 2016]. Disponible en:

<http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/2329-comunicacion-s7-1200-wincc-advanced>

[8] **OGATA, Katsuhiko**, *Ingeniería de Control Moderna [En línea]*. Cuarta Edición. Madrid, España, 2003. [Consulta: 30 de Julio de 2016]. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books?id=QK148EPC\\_m0C&pg=PA7&dq=sistemas+de+control+lazo+abierto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjW59HEi4rTAhVG1CYKHQa6DeoQ6AEIGDAA#v=onepage&q=sistemas%20de%20control%20lazo%20abierto&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=QK148EPC_m0C&pg=PA7&dq=sistemas+de+control+lazo+abierto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjW59HEi4rTAhVG1CYKHQa6DeoQ6AEIGDAA#v=onepage&q=sistemas%20de%20control%20lazo%20abierto&f=false)

[9] **PERE PONSÁ, Asensio & VILANOVA ARBÓS, Ramón**, *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA [En línea]*. Barcelona, España, 2005. [Consulta: 12 de Febrero de 2017]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=7B2OuLPnQwcC&pg=PA11&dq=automatizacion+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjBkKrrq4zTAhWCOCYKHQBuD7oQ6AEIGDAA#v=onepage&q=automatizacion%20definicion&f=false>

[10] **SOLBES MONZÖ, Raúl**, *Automatismos industriales [En línea]*. Valencia, España, 2014. [Consulta: 16 de Noviembre de 2016]. Disponible en:  
<https://books.google.com.ec/books?id=XrMN6post9UC&pg=PA12&dq=ventajas+automatizacion+industrial&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiNpeXrsYzTAhUG0iYKHSLwAEoQ6AEIJAD#v=onepage&q=ventajas%20automatizacion%20industrial&f=false>

[11] **TSE, DAVID & VISWANATH, PRAMOD**. *Fundamentals of Wireless Communication. [En línea]*. New York, USA, 2005. [Consulta: 01 de Diciembre de 2016]. Disponible en:  
<https://books.google.com.ec/books?id=66XBb5tZX6EC&printsec=frontcover&dq=inalambric+communication&hl=es&sa=X&ei=j8AjVIWZLM6yggTnnIHABg&ved=0CEUQ6AEwBQ#v=onepage&q=inalambric%20communication&f=false>

[12] **VAUGHN, Richard**, *Introducción a la INGENIERÍA INDUSTRIAL [En línea]*. Segunda Edición. Barcelona, España, 1988. [Consulta: 15 de Octubre de 2016]. Disponible en:  
<https://books.google.com.ec/books?id=udFwMwT4xDMC&pg=PA71&dq=automatizacion+industrial&hl=es-419&sa=X&sqi=2&pjif=1&ved=0ahUKEwj0sob4morTAhVIZCYKHfa5A18Q6AEIMjAF#v=onepage&q=automatizacion%20industrial&f=false>

[13] **YVES FISET, Jean**, *Human-Machine Interface Design for Process Control Applications [En línea]*. USA, 2006. [Consulta: 22 de Enero de 2017]. Disponible en:  
[https://books.google.com.ec/books?id=NE\\_TEJBMwi8C&printsec=frontcover&dq=hmi&hl=es&sa=X&ei=4d0kVJe5CYi5ggSO34KoBg&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q=hmi&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=NE_TEJBMwi8C&printsec=frontcover&dq=hmi&hl=es&sa=X&ei=4d0kVJe5CYi5ggSO34KoBg&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q=hmi&f=false)