

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PARA EL  
CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO”**

**POR:**

**ZUMBA ALVAREZ WILSON ABRAHAN**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención  
del Título de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**2013**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **ZUMBA ALVAREZ WILSON ABRAHAN**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**.

---

**SR. Ing. Marco Pilatasig**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, Agosto del 2013

## **DEDICATORIA**

Todo esfuerzo trae consigo una recompensa, es por ello que dedico este trabajo de graduación a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

A mis hermanos por estar conmigo y apoyarme siempre, ya que jamás han dejado de demostrarme su amor y confianza para llegar a cumplir una meta más en mi vida. Convirtiéndose así en un pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

**Zumba Alvarez Wilson Abrahan**

## **AGRADECIMIENTO**

Definitivamente este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me brindaron su ayuda; siempre resultará difícil agradecer a todos aquellos que de una u otra manera me acompañaron en el transcurso de la realización de mi trabajo de grado.

Por tanto, quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí. Pero de una manera especial expreso mi sincero agradecimiento al Ing. Pablo Pilatasig y al Ing. Marco Pilatasig, por haberme brindado sus conocimientos y apoyo incondicional, siendo así el aporte fundamental en el desarrollo de mi proyecto y formación profesional.

A mis padres, Sr. Nelson Zumba y Sra. Gloria Alvarez por hacer de mí una mejor persona a través de su ejemplo de honestidad y entereza por lo que siempre han sido una guía a lo largo de mi vida.

**Zumba Alvarez Wilson Abrahan**



## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV

### CAPÍTULO I

#### TEMA

1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	1
1.3. OBJETIVOS .....	2
1.3.1. GENERAL .....	2
1.3.2. ESPECÍFICOS .....	2
1.4. ALCANCE .....	2

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. VARIADORES DE FRECUENCIA.....	3
2.1.1. Introducción .....	3
2.1.2. MICROMASTER 440 .....	3
2.1.3. Características Principales .....	4
2.1.4. Características de Protección.....	5
2.2. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.....	5
2.2.1. Introducción .....	5
2.2.2. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus Partes. ....	6

2.2.3. Características .....	7
2.2.4. Ventajas .....	7
2.3. ENCODER ROTATORIO .....	8
2.3.1 Introducción .....	8
2.3.2. Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24 .....	8
2.3.3. Características .....	9
2.4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) .....	9
2.4.1. Introducción .....	9
2.4.2. PLC S7-1200 .....	10
2.4.3. Signal Boards .....	11
2.4.4. Módulos de Señales .....	12
2.4.5. PROFINET .....	12
2.4.6. Características destacadas del PLC S7-1200 .....	14
2.4.7. Ventajas de PLC .....	14
2.5. HMI (INTERACCIÓN HUMANO-MÁQUINA) .....	14
2.5.1. Introducción .....	14
2.5.2. TOUCH PANEL KTP600PN Basic .....	15
2.5.3. Funcionalidades .....	15
2.5.4. Pantalla y gráficos .....	15
2.5.5. Teclas de función .....	16
2.5.6. Componentes de la pantalla KTP600 PN Basic .....	16
2.5.7. Modos de Operación .....	17
2.5.7.1. Modo de operación "Offline" .....	17
2.5.7.2. Modo de operación "Online" .....	17
2.5.7.3. Modo de operación "Transfer" .....	17
2.6. SOFTWARE TIA PORTAL V11 .....	17
2.6.1. Beneficios .....	18
2.6.1.1. "Interacción del controlador y la del HMI .....	18
2.6.1.2. Acceso más rápido a través de la vista de portal .....	19
2.6.1.3. Interfaz de usuario intuitiva .....	19
2.6.2. Funciones .....	19
2.6.3. Programación del controlador .....	20
2.6.4. Visualización .....	20
2.6.5. Integración .....	21
2.6.6. Online y diagnóstico .....	21
2.7. CONTADORES RÁPIDOS .....	21

2.8. CONTROL PID .....	22
2.8.1. Introducción .....	22
2.8.2. Definición .....	23
2.8.2.1. Variable de Proceso .....	23
2.8.2.2. Set Point .....	23
2.8.2.3. Error .....	23
2.8.3. Funcionamiento.....	24
2.8.4. Control Proporcional .....	25
2.8.4.1. Características .....	25
2.8.4.2. Error Estacionario .....	25
2.8.5. Control Integral.....	26
2.8.5.1. Características .....	26
2.8.6. Control Derivativo.....	27
2.8.6.1 Características .....	27
2.8.7. Reglas heurísticas de ajuste .....	28
2.8.8. Métodos Experimentales de Ajuste .....	29
2.8.8.1. Método de Ziegler-Nichols en Bucle Abierto.....	29
2.8.8.2. Método de Ziegler-Nichols en Bucle Cerrado .....	29

### CAPÍTULO III

#### DESARROLLO DEL TEMA

3.1. PRELIMINARES .....	31
3.2. Lista de Equipos del Módulo de Velocidad.....	31
3.3. Conexión del Motor Trifásico.....	32
3.3.1 Configuración del Motor Trifásico a 220v .....	32
3.4. Variador de Frecuencia MICROMASTER 440.....	34
3.4.1. Conexión de Fases .....	35
3.4.2. Programa del MICROMASTER 440 .....	36
3.4.3. Parámetros de programación del MICROMASTER 440 .....	37
3.5. Encoder Rotativo Tipo Incremental .....	39
3.6. Instalación del PLC S7-1200.....	43
3.6.1. Creación del proyecto en el software TIA PORTAL.....	45
3.6.2. Programación del S7-1200.....	51

3.6.2.1. Escalamiento.....	61
3.6.2.2. Control PID .....	61
3.6.3. Programación de la Pantalla HMI.....	69
3.7. Pruebas funcionales.....	81
3.7. Gastos Realizados .....	84
3.7.1. Gastos Primarios.....	84
3.7.2. Montaje e Instalación .....	85
3.7.3. Gastos Secundarios.....	85
3.7.3 Gasto Total .....	85

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones .....	87
4.2. Recomendaciones .....	88
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	91

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Conexión de fases.....	35
Tabla 3.2. Función de los botones del MICROMASTER 440 .....	36
Tabla 3.3. Parámetros de programación del variador MICROMASTER 440. ....	37
Tabla 3.4. Especificaciones del Encoder Incremental. ....	40
Tabla 3.5. Bloques de Operación .....	60
Tabla 3.6. Gastos primarios .....	84
Tabla 3.7. Gastos primarios de instalación.....	85
Tabla 3.8. Gastos secundarios.....	85
Tabla 3.9. Gasto total.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. MICROMASTER 440 .....	4
Figura 2.2. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus Partes .....	6
Figura 2.3. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 .....	7
Figura 2.4. Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24.....	9
Figura 2.5. PLC S7-1200 .....	11
Figura 2.6. Signal Boards.....	11
Figura 2.7. Módulo de Señales .....	12
Figura 2.8. Profinet .....	13
Figura 2.9. Puerto Profinet .....	13
Figura 2.10. Componentes del KTP600 PN Basic.....	16
Figura 2.11. TIA PORTAL V11 .....	18
Figura 2.12. Funciones .....	20
Figura 2.13. Esquema de un Control PID.....	24
Figura 2.14. Características .....	25
Figura 2.15. Error Estacionario .....	26
Figura 2.16. Control Integral.....	27
Figura 2.17. Control Derivativo.....	27
Figura 2.18. Reglas heurísticas de ajuste .....	29
Figura 2.19. Método de Ziegler-Nichols .....	29
Figura 2.20. Método de Ziegler-Nichols .....	30
Figura 3.1. Esquemas conexión YY-220v .....	33
Figura 3.2. Acoplar de señal en ISIS Professional .....	43
Figura 3.3. Acoplar de señal en ARES .....	43
Figura 3.4. Vista en 3D de la placa del acoplador de señal.....	44
Figura 3.5. Ejecutar Aplicación.....	45
Figura 3.6. Crear proyecto nuevo.....	46
Figura 3.7. Rellenar información del proyecto .....	46
Figura 3.8. Configurar dispositivo.....	47
Figura 3.9. Agregar dispositivo.....	47
Figura 3.10. Seleccionar CPU.....	48
Figura 3.11. Rellenar información del proyecto .....	48
Figura 3.12. Módulo de salidas analógicas .....	49
Figura 3.13. Propiedades de la CPU .....	49

Figura 3.14. Ventana PLC_1 (CPU 1214C AC/DC/Rly).....	50
Figura 3.15. Dirección IP al S7-1200.....	50
Figura 3.16. Estaciones Accesibles PG/PC.....	51
Figura 3.17. Propiedades.....	51
Figura 3.18. Contador rápido HSC1 .....	52
Figura 3.19. Modificar contador rápido HSC1 .....	52
Figura 3.20. Modificar contador rápido HSC1 .....	53
Figura 3.21. Bloques de Programa.....	53
Figura 3.22. Creación de variables.....	54
Figura 3.23. Agregar variables .....	55
Figura 3.24. Tecnología .....	55
Figura 3.25. Insertar contador rápido .....	56
Figura 3.26. Parámetros .....	56
Figura 3.27. MOVE (copiar valor).....	57
Figura 3.28. MUL (multiplicar) porcentaje.....	57
Figura 3.29. DIV (dividir) porcentaje.....	58
Figura 3.30. CONV (convertir valor) porcentaje .....	58
Figura 3.31. MUL (multiplicar) RPM .....	59
Figura 3.32. DIV (dividir) RPM .....	59
Figura 3.33. CONV (convertir valor) RPM .....	60
Figura 3.34. Escalamiento % porcentaje de velocidad .....	61
Figura 3.35. Escalamiento RPM.....	61
Figura 3.36. Agregar nuevo bloque .....	62
Figura 3.37. Cyclic Interrupt .....	62
Figura 3.38. Agregar Control PID .....	63
Figura 3.39. Parámetros control PID .....	63
Figura 3.40. PID_Compact_1 .....	64
Figura 3.41. Ajustes básicos .....	64
Figura 3.42. Ajustes del valor real .....	65
Figura 3.43. Establecer conexión .....	65
Figura 3.44. Puesta en servicio .....	66
Figura 3.45. Ventana optimización .....	66
Figura 3.46. Sintonización de señal en set point a 30 .....	67
Figura 3.47. Sintonización de señal en set point a 40 .....	67
Figura 3.48. Sintonización de señal en set point a 60 .....	68
Figura 3.49. Sintonización de señal en set point a 70 .....	68

Figura 3.50. Sintonización de señal en set point a 90 .....	69
Figura 3.51. Ingresar SIMATIC HMI .....	69
Figura 3.52. Seleccionar pantalla HMI .....	70
Figura 3.53. Seleccionar la CPU con la que comunica.....	70
Figura 3.54. Propiedades de la pantalla HMI. ....	71
Figura 3.55. Seleccionar pantalla de alarmas .....	71
Figura 3.56. Indicar número de pantallas de usuario.....	72
Figura 3.57. Elegir pantallas de sistema .....	72
Figura 3.58. Seleccionar los botones por defecto.....	73
Figura 3.59. Editar pantallas de usuario .....	73
Figura 3.60. Agregar imagen.....	74
Figura 3.61. Crear gráfico .....	74
Figura 3.62. Imagen .....	75
Figura 3.63. Insertar texto .....	75
Figura 3.64. Insertar texto .....	76
Figura 3.65. Añadir botones .....	76
Figura 3.66. Controlador .....	77
Figura 3.67. Indicador .....	77
Figura 3.68. Visor de curvas .....	78
Figura 3.69. Establecer conexión.....	78
Figura 3.70. Cargar parámetros .....	79
Figura 3.71. Variable SET POINT .....	79
Figura 3.72. Touch Panel - Presentación .....	80
Figura 3.73. Touch Panel - Set Point .....	80

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Motor trifásico .....	32
Foto 2. Conexiones bajo y alto voltaje.....	33
Foto 3. Motor trifásico conexión física-bajo voltaje YY (220v) .....	33
Foto 4. MICROMASTER 440 .....	34
Foto 5. Conexiones físicas del MICROMASTER 440 .....	35
Foto 6. Conexión física de fases .....	35
Foto 7. Terminales puesta en servicio con el panel SDP .....	39
Foto 8. Encoder Incremental acoplado al eje del motor trifásico .....	39
Foto 9. Cableado del Encoder Incremental .....	40
Foto 10. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 10Hz.....	41
Foto 11. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 30Hz.....	42
Foto 12. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 60Hz.....	42
Foto 13. Circuito Acoplador de Señal.....	44
Foto 14. Entrada y Salida del Circuito Acoplador de Señal .....	44
Foto 15. Módulo de Monitoreo y Control de Velocidad .....	81
Foto 16. SET POINT 30 .....	82
Foto 17. SET POINT 40 .....	82
Foto 18. SET POINT 60 .....	83
Foto 19. SET POINT 70 .....	83
Foto 20. SET POINT 90 .....	84



## RESUMEN

El actual proyecto de graduación tiene como finalidad diseñar e implementar un módulo para el control de velocidad de un motor trifásico. Para la realización del módulo se utilizó un encoder E50S8, un motor trifásico y un variador de velocidad MICROMASTER 440.

Además para el control de la velocidad se usó el PLC S7-1200 y una TOUCH PANEL KTP600PN en los cuales se realizó la programación requerida a través de una computadora con la ayuda del Software TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal), para así controlar la velocidad del motor trifásico desde la TOUCH PANEL.

Para el correcto funcionamiento del módulo con respecto a la variación de la velocidad del motor se le adecuó un variador MICROMASTER 440, el mismo que recibe señales de voltaje desde el PLC S7-1200 para controlar la frecuencia mediante un programa realizado en TIA PORTAL.

Conjuntamente al eje del motor está añadido un encoder E50S8; el cual tiene la función de detectar el movimiento angular del motor para luego transformarla en una serie de pulsos digitales y enviar la señal al PLC antes mencionado, para luego en el programa general tener un control PID y monitoreo de la velocidad del motor.

La TOUCH PANEL KTP600PN funciona con 24VDC, por lo cual se implementó una fuente de alimentación fija de voltaje continua, la misma que también está conectada para energizar al equipo de salidas analógicas. Este equipo sirve como visualizador del proyecto, es decir como un HMI (Interfaz Máquina Humano) efectuando iconos de accesos directos para el control de velocidad para el motor.

## **ABSTRACT**

The current graduation project has as purpose to design and to implement an I modulate for the control of speed of a trifasic motor. For the realization of the I modulate you uses an encoder E50S8, a trifasic motor and a variador of speed MICROMASTER 440.

Also for the control of the speed the PLC was used S7-1200 and a TOUCH PANEL KTP600PN in which he/she was carried out the programming required through a computer with the help of the Software TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal), it stops this way to control the speed of the trifasic motor from the TOUCH PANEL.

For the correct operation of the module with regard to the variation of the speed of the motor is adapted a variador MICROMASTER 440, the same one that receives voltage signs from the PLC S7-1200 to control the frequency by means of a program carried out in TIA PORTAL.

Jointly to the axis of the motor this added an encoder E50S8; which has the function of detecting the angular movement of the motor stops then to transform it in a series of digital pulses and to send the sign before to the PLC mentioned, it stops then in the general program to have a control PID of the speed of the motor.

The TOUCH PANEL KTP600PN works with 24VDC, reason why a source of continuous fixed feeding of voltage, the same one was implemented that is also connected to energize to the team of analogical exits. This team serves as visualizador of the project, that is to say as a HMI (Interface Schemes Human) making icons of shortcuts for the control of speed for the motor.

# **CAPÍTULO I**

## **TEMA**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Considerando el avance tecnológico, particularmente para el control de velocidad de motores trifásicos, los cuales son adquiridos para la automatización de procesos. Se ha decidido elaborar un módulo con un variador de frecuencia y encoder incremental, los cuales son ideales para una variedad de aplicaciones, en especial, el control y automatización de procesos; logrando adquirir una fiabilidad en todos los equipos y proporcionando conocimiento científico y tecnológico al desarrollo integral de los estudiantes.

Debido a la incorporación del nuevo PLC S7-1200 y una TOUCH PANEL KTP600PN, al Laboratorio de Instrumentación Virtual, se planteó demostrar sus características y herramientas mediante una aplicación para el control de velocidad de un motor trifásico para el uso de los estudiantes de la carrera de Electrónica para que puedan realizar prácticas relacionadas a la automatización industrial.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El desarrollo de la automatización industrial no solo apoya el mejoramiento de la enseñanza y desarrollo tecnológico, sino que permite adentrarse de manera más profunda en las tecnologías y procesos de control y automatización. Conociendo que el desarrollo de la tecnología avanza a pasos agigantados, surge la necesidad de innovar equipos en el Laboratorio de Instrumentación Virtual. Es por eso que se consideró necesaria la implementación de un módulo para el control de velocidad de un motor trifásico, que será utilizado y del cual serán directamente beneficiados los estudiantes en su formación teórica-práctica. Es decir contribuirá al fortalecimiento de los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas y aplicarlos realizando prácticas, permitiendo a los educandos adquirir destrezas en el manejo de dichos equipos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. GENERAL**

- Implementar un módulo para el control y monitoreo de velocidad de un motor trifásico usando el PLC S7-1200 y la TOUCH PANEL KTP600PN con el fin de mejorar el nivel de conocimientos de los estudiantes de la carrera de Electrónica mención Instrumentación & Aviónica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

#### **1.3.2. ESPECÍFICOS**

- Analizar las especificaciones de la TOUCH PANEL KTP600PN, encoder incremental E50S8 y el motor trifásico 1LA7 a través de la revisión de los manuales técnicos de cada equipo.
- Realizar las conexiones correspondientes entre el motor trifásico, el variador de frecuencia MICROMASTER 440 y el encoder incremental.
- Buscar información referente al PLC S7-1200 que proporcione la información técnica.
- Conectar las salidas del encoder incremental al PLC S7-1200.
- Configurar contadores rápidos en el PLC S7-1200.
- Desarrollar el programa de un control PID que permita el control y monitoreo de velocidad de un motor trifásico.
- Implementar un HMI.
- Realizar las pruebas de funcionamiento para un correcto desempeño del control y monitoreo, establecer conclusiones y recomendaciones correspondientes.

### **1.4. ALCANCE**

Este proyecto está encaminado a la optimización de la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, a su vez esta investigación efectúa la adquisición de nuevos equipos e innovación de tecnología para el desarrollo de prácticas en el Laboratorio de Instrumentación Virtual para la actualización de conocimientos en el área de control de procesos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. VARIADORES DE FRECUENCIA

##### 2.1.1. Introducción

“Los variadores de frecuencia se utilizan en motores trifásicos asíncronos con rotor en cortocircuito. Dicha variación de frecuencia se realiza mediante un sistema electrónico (rectificación y conversión). Un variador de frecuencia es un sistema para el control de velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Este variador de frecuencia a su vez es un caso especial de un variador de velocidad”<sup>1</sup>.

“Son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia. En sí, este regulador de velocidad está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (transistor bipolar de puerta aislada). Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una tensión y frecuencia regulables”<sup>2</sup>.

##### 2.1.2. MICROMASTER 440

“La serie MICROMASTER 440 es una gama de convertidores de frecuencia para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los convertidores utilizan tecnología IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores.

---

<sup>1</sup><http://es.scribd.com/doc/78666034/Ensayo-Variadores-de-Frecuencia>

<sup>2</sup><http://es.scribd.com/doc/56734974/Variadores-de-frecuencia>



Figura 2.1. MICROMASTER 440

Fuente:[http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA\\_11886916\\_HB/MM440\\_OPI\\_span\\_B1.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA_11886916_HB/MM440_OPI_span_B1.pdf)

Elaborado por: Wilson Zumba

### 2.1.3. Características Principales

- Fácil de instalar.
- Puesta en marcha sencilla.
- Diseño robusto en cuanto a CEM.
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones.
- Conexión sencilla de cables.
- Relés de salida.
- 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS.

#### **2.1.4. Características de Protección**

- Protección de sobretensión/mínima tensión.
- Protección de sobret temperatura para el convertidor.
- Protección de defecto a tierra.
- Protección de cortocircuito”<sup>3</sup>.

## **2.2. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

### **2.2.1. Introducción**

“Se caracterizan porque son mecánicamente llanos de construir, lo cual los hace muy robustos y sencillos, apenas requieren mantenimiento y son baratos”<sup>4</sup>.

“Los motores de corriente alterna se basa en el principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si se lo coloca dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse y así produce la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha”<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup>[http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA\\_11886916\\_HB/MM440\\_OPI\\_span\\_B1.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA_11886916_HB/MM440_OPI_span_B1.pdf)

<sup>4</sup><http://wwwapp.etsit.upm.es/departamentos/teat/asignaturas/labingel/motor%20asincron%20trifasico.pdf>

<sup>5</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_alterna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_alterna)

## 2.2.2. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus partes.

Un Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 está formado por:

- “Carcasa.- es la parte externa que puede estar construida en acero, hierro fundido, o cualquier aleación metálica como aluminio o silicio.
- Estator.- es la parte que se fija a la carcasa. Está formada por empilado de chapas magnéticas y sobre ella está alojado el bobinado fijo también denominado bobinado estatórico.
- Rotor.- es parte que gira y sobre la cual se fija el eje de salida del motor. Dispone también de chapas magnéticas y contiene el bobinado móvil denominado bobinado rotórico”<sup>6</sup>.

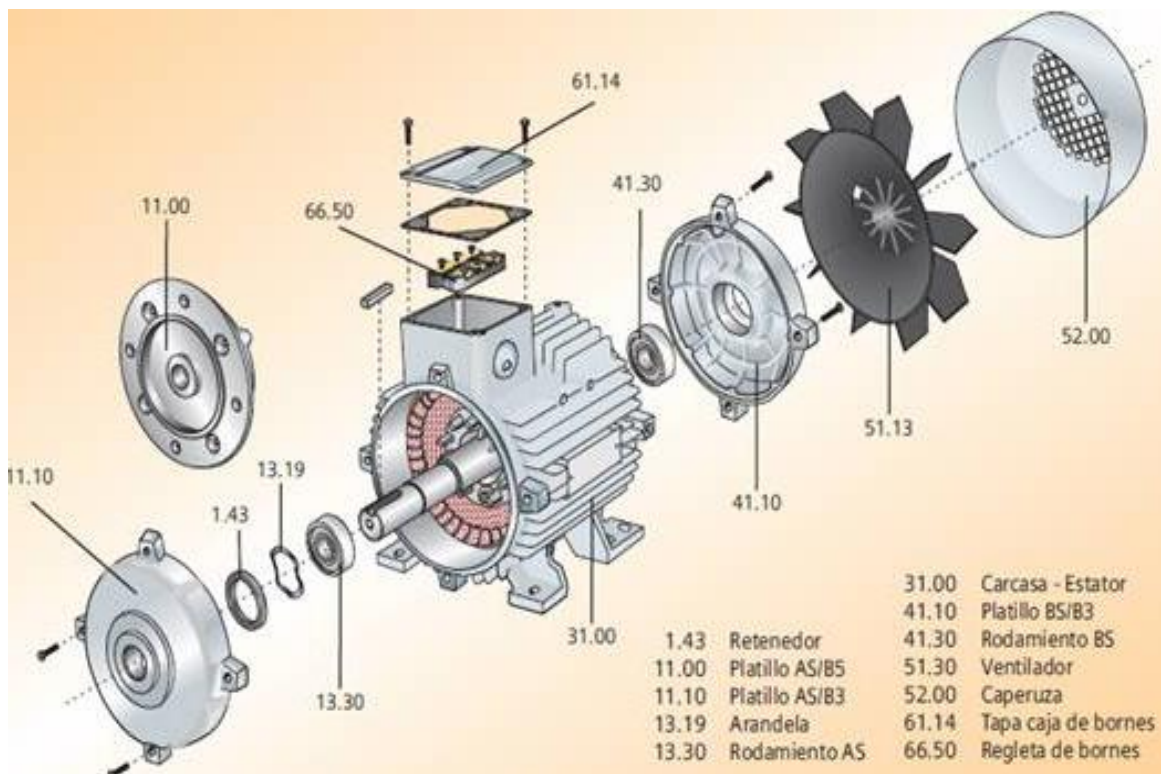


Figura 2.2. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus Partes

Fuente: [http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/medias/PDFS/17.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PDFS/17.pdf)

Elaborado por: Wilson Zumba

<sup>6</sup><http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>



### 2.2.3. Características

- “El diseño de la carcasa aumenta la protección del ventilador contra contactos involuntarios.
- Protegido contra chorros de agua en y contra depósitos de polvo (IP55).
- Como en todos los motores Siemens, el sistema de aislamiento es apto para usarse con variadores de velocidad.
- La línea estándar tiene tensión conmutable 220/440V, 60HZ.
- Todos los motores de la nueva serie 1LA7 disminuyen el nivel de ruido.
- Diseño moderno, versátil y modular.
- Libre de mantenimiento”<sup>7</sup>.

### 2.2.4. Ventajas

- “Construcción simple
- Bajo peso
- Mínimo volumen
- Bajo coste
- Mantenimiento inferior al de cualquier otro tipo de motor eléctrico”<sup>8</sup>.

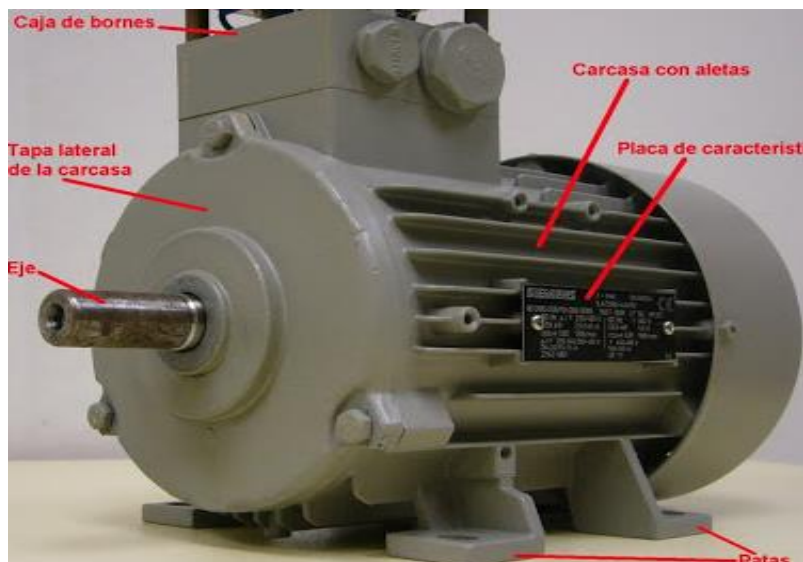


Figura 2.3. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>  
Elaborado por: Wilson Zumba

<sup>7</sup>[http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/medias/PDFS/17.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PDFS/17.pdf)

<sup>8</sup><http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>

## **2.3. ENCODER ROTATORIO**

### **2.3.1 Introducción**

“Es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. El encoder codifica la información del desplazamiento y su dirección, normalmente el mínimo desplazamiento es decodificado a partir de un ciclo completo de un ciclo completo de la señal A o B. En las señales A y B en cuadratura se encuentra codificada la información correspondiente al avance y su dirección, la cual puede ser en sentido de la manecillas del reloj o en sentido contrario”<sup>9</sup>.

“Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos, contadores lógicos programables (PLC), sistemas de control etc. Los encoders pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Actúan como transductores de retroalimentación para el control de la velocidad en motores, como sensores para medición y de corte. Pueden utilizarse tanto en tecnología óptica como magnética”<sup>10</sup>.

### **2.3.2. Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24**

“Mediante la conversión de la rotación del árbol en impulsos electrónicos, los codificadores se utilizan para controlar electrónicamente la posición de un eje de rotación. Pulsos del codificador de salida son contados y evaluados por una unidad de control para determinar la posición y la velocidad de la máquina, que proporciona una excepcional precisión y flexibilidad al controlar el movimiento.

Los mecánicos y electrónicos de alta velocidad de operación asociados con velocidades de codificadores ópticos del sistema y aumentar la precisión, la disminución de los tiempos de ciclo y aumenta la productividad global en el entorno de fabricación”<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup><http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/792/a5.pdf?sequence=5>

<sup>10</sup><http://es.scribd.com/doc/85901493/Encoder>

<sup>11</sup><http://www.newark.com/autonics/e50s8-360-3-t-24/rotary-encoder-incremental-360/dp/22T1223>



Figura 2.4. Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24  
Fuente: <http://octopart.com/e50s8-360-3-t-24-autonics-19758461>  
Elaborado por: Wilson Zumba

### 2.3.3. Características

- “Número de canales o fases de salida: A,B,Z
- Velocidad de rotación máxima: 5.000 RPM
- Tensión de alimentación del sensor: 12V a 24V
- Encoder Resolución: 360 pulsos
- Encoder Incremental
- Diámetro eje 8mm”<sup>12</sup>.

## 2.4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

### 2.4.1. Introducción

“El PLC (Programmable Logic Controller) es un equipo electrónico programable diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial un proceso secuencial. Se produce una reacción a la información recibida por los captadores del sistema automatizado (finales de carrera, sensores, encoders) y se actúa sobre los accionadores de la instalación (motores, electroválvulas, etc).

---

<sup>12</sup><http://octopart.com/e50s8-360-3-t-24-autonics-19758461>

El avance de la automatización ha ido invariablemente unido al avance de los sistemas eléctricos y electrónicos. A medida que se han ido mejorando los sistemas informáticos y reduciendo el tamaño de los componentes electrónicos se han podido construir autómatas con mayor capacidad de control sobre los sistemas, se ha reducido su tamaño y se han aumentado sus posibilidades”<sup>13</sup>.

#### **2.4.2. PLC S7-1200**

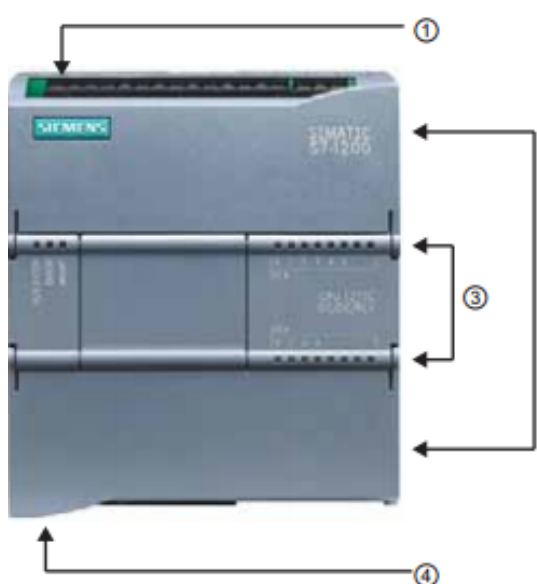
“El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.

Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET.

Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Boards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación.

---

<sup>13</sup>[http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen\\_plc/control.htm](http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/control.htm)



- ① Conector de corriente
- ② Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ② Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ③ LEDs de estado para las E/S integradas
- ④ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. Para más información sobre una CPU en particular, consulte los datos técnicos (Página 319).

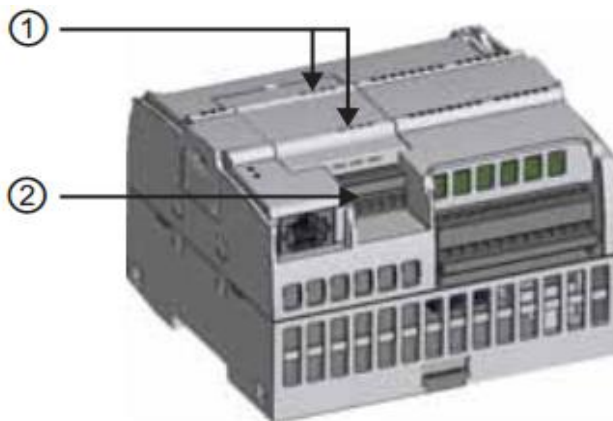
Figura2.5. PLC S7-1200

Fuente:[http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf)

Elaborado por: Wilson Zumba

### 2.4.3. Signal Boards

Una Signal Board (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.



- ① LEDs de estado en la SB
- ② Conector extraíble para el cableado de usuario

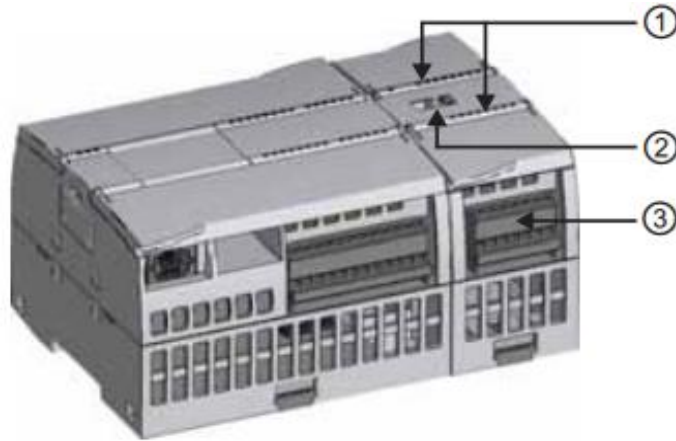
Figura 2.6. Signal Boards

Fuente:[http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf)

Elaborado por: Wilson Zumba

#### 2.4.4. Módulos de Señales

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU.



- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
- ② Conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

Figura 2.7. Módulo de Señales

Fuente: [http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf)

Elaborado por: Wilson Zumba

#### 2.4.5. PROFINET

La CPU S7-1200 incorpora un puerto PROFINET que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP. La CPU S7-1200 puede comunicarse con otras CPU'S S7-1200, programadoras TIA PORTAL V11, dispositivos HMI y dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar. Hay dos formas de comunicación vía PROFINET:

- Conexión directa: La comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.
- Conexión de red: La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (ejemplos: CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens).

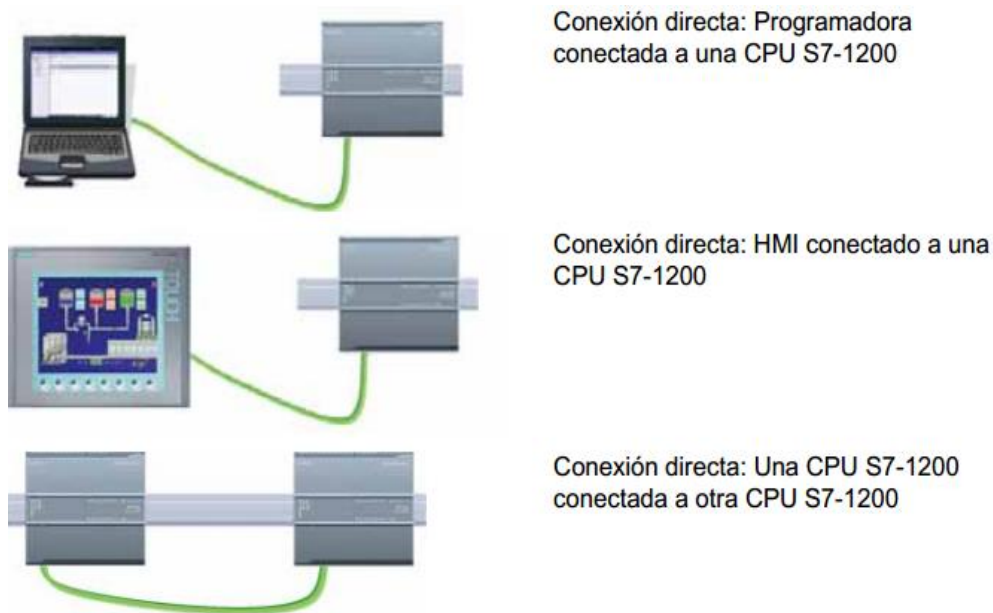


Figura 2.8. Profinet

Fuente:[http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf)  
 Elaborado por: Wilson Zumba

Las interfaces PROFINET establecen las conexiones físicas entre una programadora y una CPU. Puesto que la CPU ofrece la función "auto-crossover", es posible utilizar un cable Ethernet estándar o cruzado ("crossover") para la interfaz<sup>14</sup>.



① Puerto PROFINET

Figura 2.9. PuertoProfinet

Fuente:[http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf)  
 Elaborado por: Wilson Zumba

<sup>14</sup>[http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf)

#### **2.4.6. Características destacadas del PLC S7-1200**

- Tecnología de banda ancha.
- Velocidades de transmisión de hasta 45 Megabits por segundo (Mbps).
- Proceso de instalación sencillo y rápido para el cliente final.
- Enchufe eléctrico; toma única de alimentación, voz y datos.
- Sin necesidad de obras ni cableado adicional.
- Equipo de conexión (Modem PLC).
- Transmisión simultánea de voz y datos.
- Conexión de datos permanente (activa las 24 horas del día).
- Permite seguir prestando el suministro eléctrico sin ningún problema.

#### **2.4.7. Ventajas de PLC**

- Menor cableado.
- Reducción de espacio.
- Facilidad para mantenimiento y puesta a punto.
- Flexibilidad de configuración y programación.
- Reducción de costos<sup>15</sup>.

### **2.5. HMI (INTERACCIÓN HUMANO-MÁQUINA)**

#### **2.5.1. Introducción**

“Las ventajas que se esperan de la comunicación humano-máquina por medio del habla son múltiples. Este modo de relación libera completamente al primero del uso de la vista y de las manos (o sea de la pantalla y del teclado), y le deja libertad de movimientos. Las operaciones de codificación y decodificación quedan reducidas a un mínimo, principalmente cuando se utiliza el lenguaje natural.

---

<sup>15</sup><http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>



En el campo industrial, es muy interesante poder controlar una máquina-herramienta, un robot, o proporcionar datos a un sistema de diseño o producción asistido por ordenador manteniendo las manos y la vista libre, e incluso poder comunicar observaciones durante una inspección o un control de calidad conservando la libertad de movimientos”<sup>16</sup>.

### **2.5.2. TOUCH PANEL KTP600PN Basic**

“Los paneles SIMATIC HMI Basic Panel han sido diseñados para operar a la perfección con el nuevo controlador SIMATIC S7-1200. La gama SIMATIC HMI Basic Panel puede adaptarse a la perfección a las necesidades específicas de visualización: potencia y funcionalidad optimizada, gran variedad de tamaños de pantallas y un montaje sencillo que facilita la ampliación.

### **2.5.3. Funcionalidades**

Todos los modelos de SIMATIC HMI Basic Panel están equipados con todas las funciones básicas necesarias, como sistema de alarmas, administración de recetas, diagramas de curvas y gráficos vectoriales. La herramienta de configuración incluye una librería con numerosos gráficos y otros objetos diversos.

También es posible administrar los usuarios en función de las necesidades de los diferentes sectores, por ejemplo para la autenticación mediante nombre de usuario y contraseña.

### **2.5.4. Pantalla y gráficos**

Los paneles SIMATIC HMI Basic Panel ofrecen una pantalla táctil que proporciona un manejo intuitivo. El uso de pantallas gráficas abre nuevas perspectivas a la visualización: características como los gráficos vectoriales, los diagramas de curvas, barras, textos, mapas de bits y campos de entrada y salida hacen posible una visualización clara y fácil de usar en las pantallas de control. Los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels pueden configurarse fácilmente SIMATIC Win CC Basic, un software integrado hasta el último detalle en el sistema de ingeniería TIA PORTAL V11.

---

<sup>16</sup><http://elies.rediris.es/elies12/cap21.htm>

### 2.5.5. Teclas de función

Además del manejo táctil, los equipos de 4", 6" y 10" están provistos de teclas de función configurables, a las que pueden asignarse funciones de manejo individuales dependiendo de la pantalla seleccionada. Además, estas teclas ofrecen un feedback táctil para una mayor comodidad de uso y seguridad de manejo”<sup>17</sup>.

### 2.5.6. Componentes de la pantalla KTP600 PN Basic

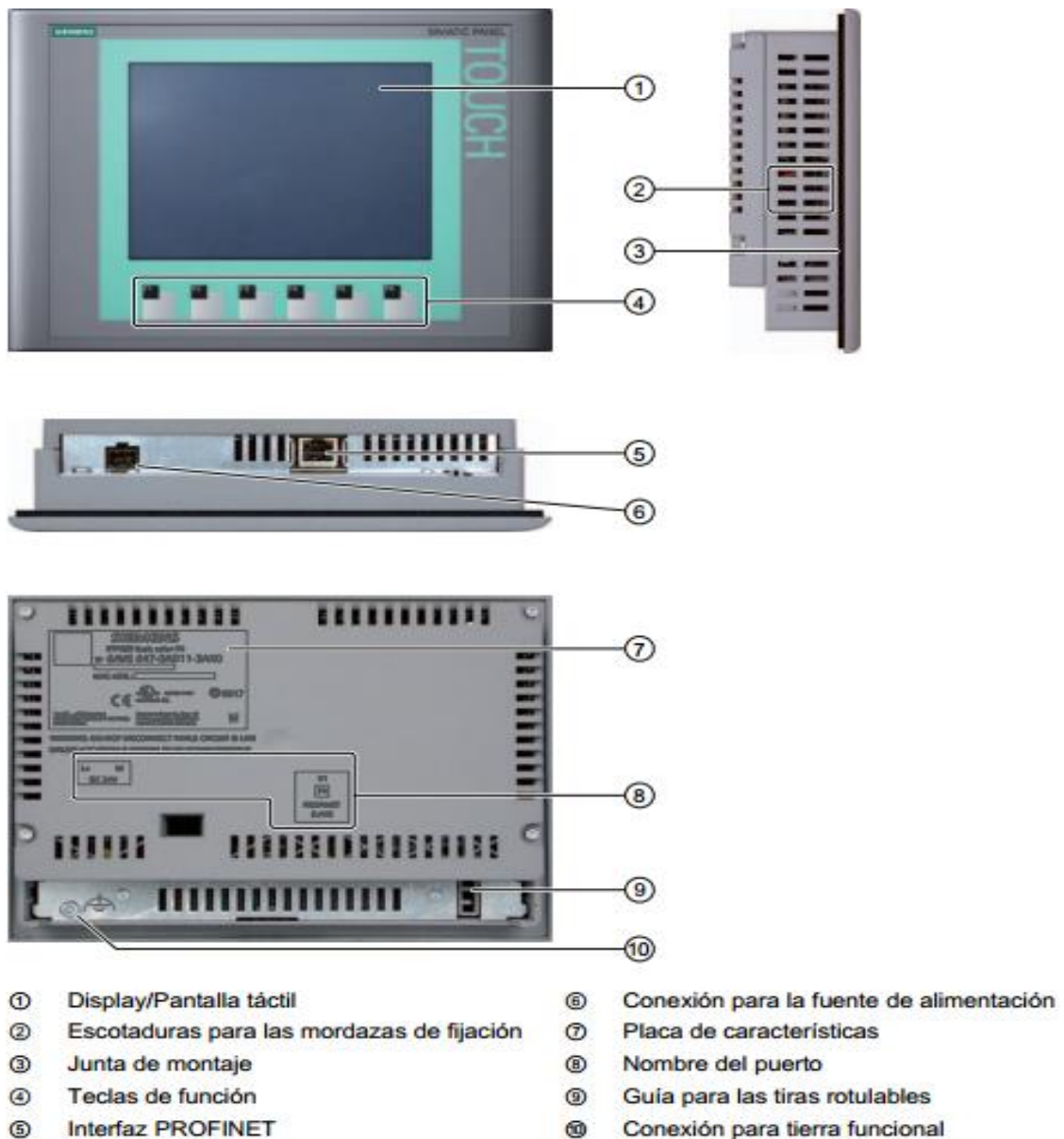


Figura 2.10. Componentes del KTP600 PN Basic  
 Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>  
 Elaborado por: Wilson Zumba

<sup>17</sup><http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>

### **2.5.7. Modos de Operación**

El panel de operador puede adoptar los modos de operación siguientes:

- Offline
- Online
- Transferencia

Los modos de operación "Offline" y "Online" pueden ajustarse tanto en el PC de configuración como en el panel de operador. En el panel de operador, utilice a este efecto un objeto de control en el proyecto.

#### **2.5.7.1. Modo de operación "Offline"**

En este modo de operación no existe comunicación entre el panel de operador y el autómeta. Aunque el panel de operador se puede controlar, no se pueden transferir datos al autómeta ni recibir datos de éste.

#### **2.5.7.2. Modo de operación "Online"**

En este modo de operación existe una conexión de comunicación entre el panel de operador y el autómeta. La instalación puede controlarse desde el panel de operador conforme a la configuración.

#### **2.5.7.3. Modo de operación "Transfer"**

En este modo de operación se puede por ejemplo transferir un proyecto del PC de configuración al panel de operador, o bien crear una copia de seguridad y restaurar datos del panel de operador"<sup>18</sup>.

## **2.6. SOFTWARE TIA PORTAL V11**

“TIA PORTAL V11 es un subconjunto de precio optimizado apto tanto para la ingeniería de SIMATIC S7-1200 Micro Controller como para configurar SIMATIC HMI Basic Panel, puesto que WinCC Basic forma parte del paquete de software”<sup>19</sup>. Usando la experiencia adquirida con los usuarios Siemens ha diseñado el software TIA PORTAL para ser intuitiva y fácil de aprender y fácil de usar.

---

<sup>18</sup><https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Documents/HMI%20KTPs.pdf>

<sup>19</sup><http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7basic-v11/pages/default.aspx#Descripci%c3%b3n>

Destaca funcionalidades inteligentes como:

- Potente sistema de apoyo para todas las tareas de programación
- Optimizado interacción del controlador y de la ingeniería HMI
- Movimiento Integral y funcionalidad Tecnología
- Programación enteramente simbólico
- Interfaz de usuario intuitiva
- Hardware claro y realista.
- Ingreso rápido de usuario con vista al portal
- Concepto de biblioteca universal<sup>20</sup>.

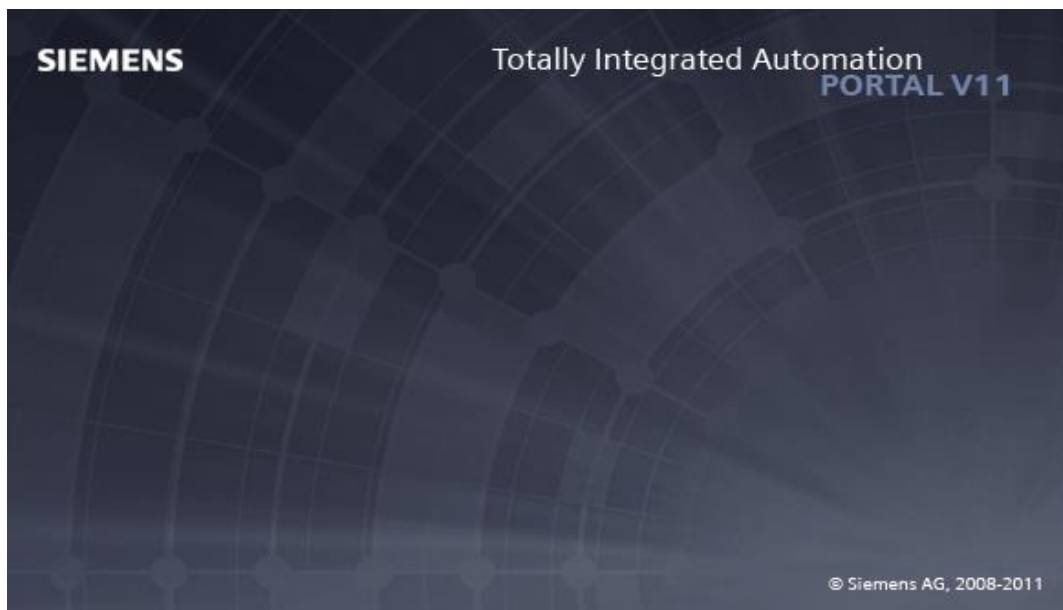


Figura 2.11. TIA PORTAL V11

Fuente:[http://uk.rsonline.com/web/generalDisplay.html?id=siemensindustrial&file=productsUK\\_2&cm\\_sp](http://uk.rsonline.com/web/generalDisplay.html?id=siemensindustrial&file=productsUK_2&cm_sp)

Elaborado por: Wilson Zumba

## 2.6.1. Beneficios

### 2.6.1.1. “Interacción del controlador y la del HMI

- Programación del controlador y configuración de HMI unificada desde un mismo sistema de ingeniería
- Gestión de datos compartida

---

<sup>20</sup>[http://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=siemens-industrial&file=productsUK\\_2&cm\\_sp](http://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=siemens-industrial&file=productsUK_2&cm_sp)

- Entorno de configuración WinCC Basic ya integrado: la aplicación puede contemplarse con SIMATIC HMI Basic Panel sin ningún tipo de discontinuidad.

#### **2.6.1.2. Acceso más rápido a través de la vista de portal**

- Lo que facilita incluso a no expertos resolver rápidamente cualquier tarea planteada.
- Para tareas de mantenimiento, acceso directo más rápido a la vistas online desde la vista de portal; para ello no es preciso cargar previamente un proyecto.

#### **2.6.1.3. Interfaz de usuario intuitiva**

- Tener editores adecuados a las tareas y procesos
- Aplicación de las más actuales técnicas de Windows

#### **2.6.2. Funciones**

- “Configuración de dispositivos y red.
- Clara configuración de las propiedades de la red y los dispositivos desde vistas al efecto del editor.
- Vista de dispositivo
- Representación y configuración foto realistas de los módulos de hardware.
- Portapapeles para módulos; permite almacenar la parametrización de un módulo para pegarle en otro.
- Catálogo; contiene todos los paneles, CPU’S y módulos con sus respectivas versiones de firmware.
- Vista de red
- Clara vista general que incluye todos los dispositivos y componentes de red usados.
- Función Arrastrar y Colocar inteligente para crear conexiones.

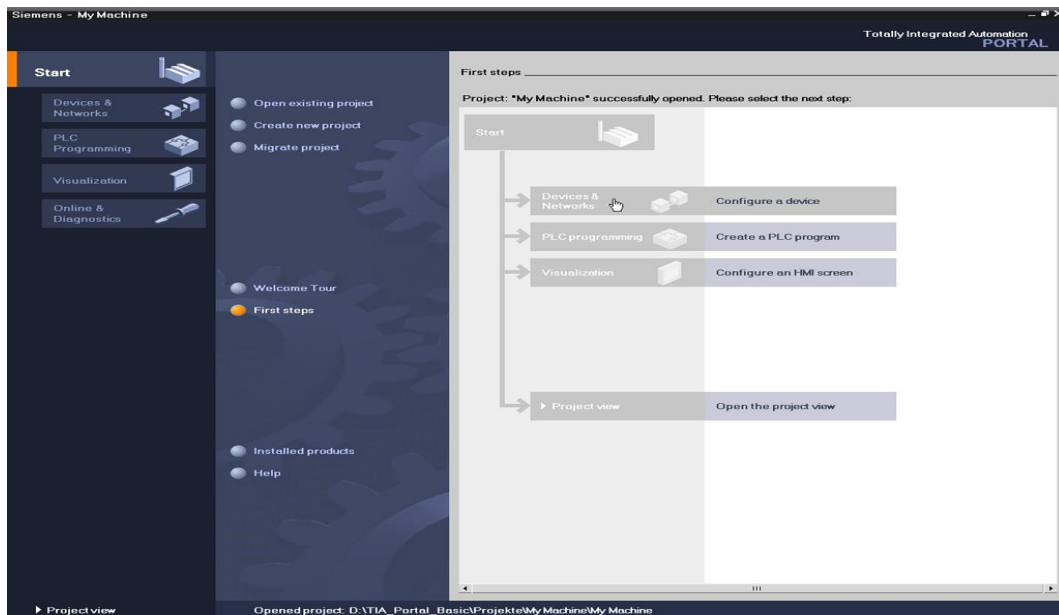


Figura 2.12. Funciones

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>

Elaborado por: Wilson Zumba

### 2.6.3. Programación del controlador

- Potentes editores para programar el S7-1200.
- Extenso catálogo de instrucciones (operaciones).
- Área de favoritos configurable para instrucciones (operaciones) usadas con frecuencia.
- Editor tabular para configurar las interfaces de los bloques.
- Uso simple de instrucciones o segmentos dentro de un proyecto.
- Funciones de control de movimiento y tecnológicas.
- Asistencia para funciones tecnológicas integradas como "Eje de velocidad" y "Eje de posicionamiento".
- Regulador PID con función de autosintonización (Autotune).

### 2.6.4. Visualización

- Potentes editores para configurar las funciones básicas de los paneles de gama Basic.
- Imágenes en pantalla operable de forma táctil o con teclas y gráficos de curvas y vectoriales.
- Alarmas de bit y analógicas.
- Gestión de recetas.

- Multilingüe (hasta cinco idiomas online).
- Librería gráfica con objetos preprogramados.
- Función Arrastrar y Colocar inteligente para configurar eficientemente funciones estándar.

### **2.6.5. Integración**

- Plena programación usando notación simbólica.
- Uso directo en el equipo HMI de las variables del controlador para evitar entradas repetidas.
- Lista de referencias cruzadas para objetos (variables, bloques, etc.) configurables para análisis del proyecto o búsqueda de errores, ambas actividades asistidas por el sistema.
- Generación automática de conexiones cuando las variables del controlador se usan en el panel HMI.
- Librerías globales y locales para poder reusar elementos ya configurados.
- Función Arrastrar y Colocar inteligente para aplicar y conectar datos procedentes de diversos editores.

### **2.6.6. Online y diagnóstico**

- Clara representación de la información de diagnóstico de los módulos.
- Tablas de observación del estado de variables con posibilidad de forzado único o permanente de las mismas.
- Visualización automática con todos los nodos accesibles en la red.
- Comparativa detallada entre el proyecto online y el offline<sup>21</sup>.

## **2.7. CONTADORES RÁPIDOS**

“Un contador es un dispositivo capaz de medir (contar) el número de cambios de nivel en una señal de entrada, activando una señal de salida cuando se alcanza un valor prefijado.

---

<sup>21</sup><http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>

El contador rápido es un módulo de hardware independiente de la CPU, capaz de contar impulsos exteriores de alta frecuencia procedentes de captadores como codificadores incrementales, detectores de proximidad, etc.

El contador cuenta los impulsos de forma asíncrona con el resto del autómata utilizando sus propias entradas libremente filtradas y específicas para esta aplicación.

Es muy frecuente que el contador rápido puede generar una señal de interrupción cuando alcance su valor de preselección, eliminando los errores del desbordamiento comentados.

Esta interrupción obliga al procesador a ejecutar inmediatamente una rutina de atención al contador, lo que asegura la mayor rapidez de respuesta posible<sup>22</sup>.

## **2.8. CONTROL PID**

### **2.8.1. Introducción**

“El Control proporcional - integral - derivativo, mejor conocido por sus siglas PID, es sin duda el tipo de control más utilizado a nivel industrial. Se estima que alrededor del 90 % de los lazos de control en la industria se encuentran regulados por controles PID o en alguna de sus variantes (PI). A este control se lo suele conocer también como control de tres términos debido a su estructura, como se analizará en las siguientes secciones. Este tipo de control procura satisfacer las siguientes características importantes en un lazo de control:

- Error en estado estable: Esto se logra con la parte integral
- Rechazo a perturbaciones: Esto se logra con la parte integral
- Respuesta transitoria: Esto se logra con la parte proporcional y derivativa
- Compensación debido a retardos en la planta: Esto se logra con la parte derivativa.

---

<sup>22</sup><http://www.monografias.com/trabajos58/contadores/contadores.shtml>



Debido a la sencillez en la estructura del controlador, y a la facilidad con la que se puede sintonizar o diseñar estos controladores el control PID es el favorito en la industria. Debido a la gran aceptación de este control, se han desarrollado una infinidad de métodos de sintonización y diseño, haciéndolo posiblemente el control más estudiado”<sup>23</sup>.

### **2.8.2. Definición**

“Es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta, sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral. Además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

Los controladores PID son generalmente usados en el nivel de control más bajo, por debajo de algunos dispositivos de mediano nivel como PLC’S, supervisores, y sistemas de monitoreo. El controlador PID puede ser estructurado de diferentes maneras. Las formas comúnmente usadas son las formas serie y paralelas. En este sentido, se discuten las diferencias entre éstas desde el punto de vista de sus parámetros”<sup>24</sup>.

#### **2.8.2.1. Variable de Proceso**

“La variable medida que se desea estabilizar (controlar) recibe el nombre de variable de proceso y se abrevia PV.

#### **2.8.2.2. Set Point**

El valor prefijado (Set Point, SP) es el valor deseado de la variable de proceso, es el valor el cual el control se debe encargar de mantener la PV.

#### **2.8.2.3. Error**

Se define error como la diferencia entre la variable de proceso PV y el set point SP:  $E = SP - PV$ ”<sup>25</sup>.

---

<sup>23</sup>[http://ciecfie.epn.edu.ec/Material/Dise%C3%B1odeSistemasdeControl/PID/control\\_Leccion20.pdf](http://ciecfie.epn.edu.ec/Material/Dise%C3%B1odeSistemasdeControl/PID/control_Leccion20.pdf)

<sup>24</sup><http://read.pudn.com/downloads161/ebook/732022/PID%20motor%20control/Control.Pid.pdf>

<sup>25</sup>[http://infopl.net/files/documentacion/control\\_procesos/infoPLC\\_net\\_ControlPID.pdf](http://infopl.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_ControlPID.pdf)

### 2.8.3. Funcionamiento

“El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor.

Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz.

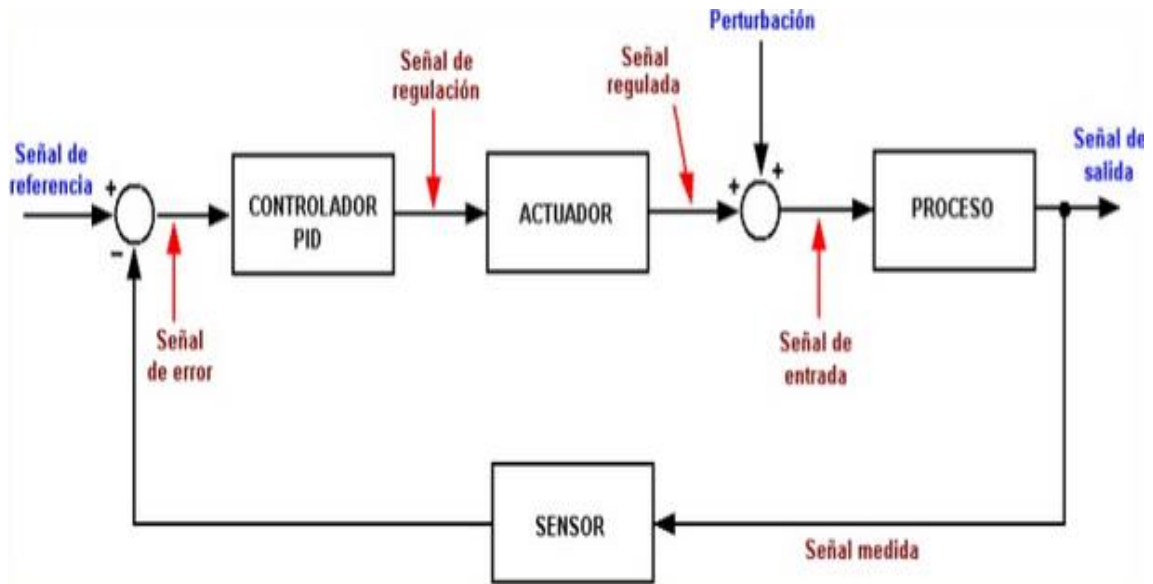


Figura 2.13. Esquema de un Control PID

Fuente: [http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)  
Elaborado por: Wilson Zumba

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada una de las 3 componentes de un controlador PID propiamente tal, para generar las que, sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador.

La señal resultante de la suma de estas 3 señales, se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que usemos. Las tres componentes de un control PID son: acción proporcional, acción integral y acción derivativa.

El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo<sup>26</sup>.

## 2.8.4. Control Proporcional

### 2.8.4.1. Características

- “Simple y fácil de sintonizar (un solo parámetro).
- Puede reducir, pero no eliminar, el error en estado estacionario<sup>27</sup>.

“Una ventaja de esta estrategia de control, es que solo requiere del cálculo de un parámetro (ganancia proporcional  $K_p$ ) y, además, genera una respuesta bastante instantánea. Sin embargo, el controlador proporcional posee una característica indeseable, que se conoce como error en estado estacionario (offset)<sup>28</sup>.

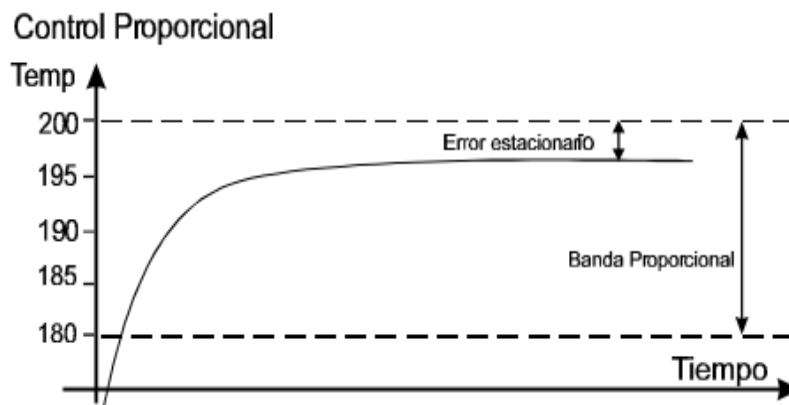


Figura 2.14. Características

Fuente: [http://infoplcn.net/files/documentacion/control\\_procesos/infoPLC\\_net\\_ControlPID.pdf](http://infoplcn.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_ControlPID.pdf)

Elaborado por: Wilson Zumba

### 2.8.4.2. Error Estacionario

“El error en estado estacionario es una medida de la exactitud de un sistema de control para seguir una entrada dada, después de desaparecer la respuesta transitoria<sup>29</sup>.

<sup>26</sup>[http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)

<sup>27</sup><http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/El%20controlador%20PID.pdf>

<sup>28</sup>[http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)

<sup>29</sup><http://gama.fime.uanl.mx/~agarcia/materias/ingco/apclas/06%20-%20ErrorEstacionario.pdf>

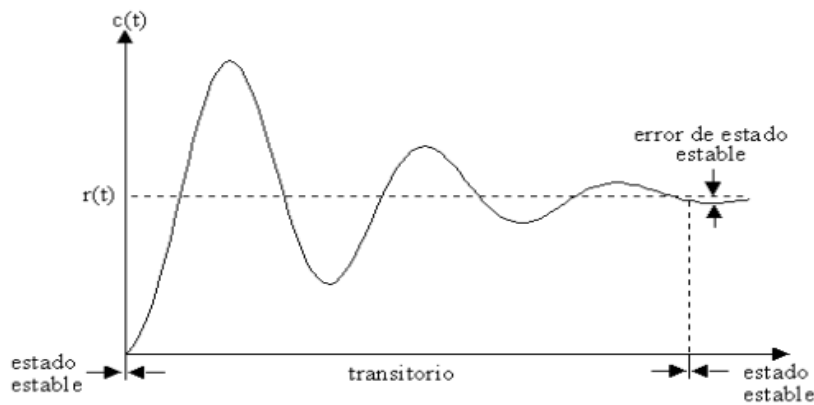


Figura 2.15. Error Estacionario

Fuente: <http://gama.fime.uanl.mx/~agarcia/materias/ingco/apclas/06%20ErrorEstacionario.pdf>

Elaborado por: Wilson Zumba

## 2.8.5. Control Integral

### 2.8.5.1. Características

- “Elimina errores estacionarios.
- Más del 90% de los lazos de control utilizan PI.
- Puede inestabilizar al sistema si  $T_i$  disminuye mucho.
- $T_i$  (constante de tiempo integral).

Proporciona una corrección para compensar las perturbaciones y mantener la variable controlada en el punto de consigna<sup>30</sup>. “Por contra, se obtiene un mayor tiempo de establecimiento, una respuesta más lenta y el periodo de oscilación es mayor que en el caso de la acción proporcional”<sup>31</sup>.

“Esta a su vez elimina el offset, pero se obtiene una mayor desviación del set point. En este tipo de control, la salida  $m(t)$  del controlador, es proporcional a la integral del error  $e(t)$

<sup>30</sup><http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>

<sup>31</sup><http://control-pid.wikispaces.com/>

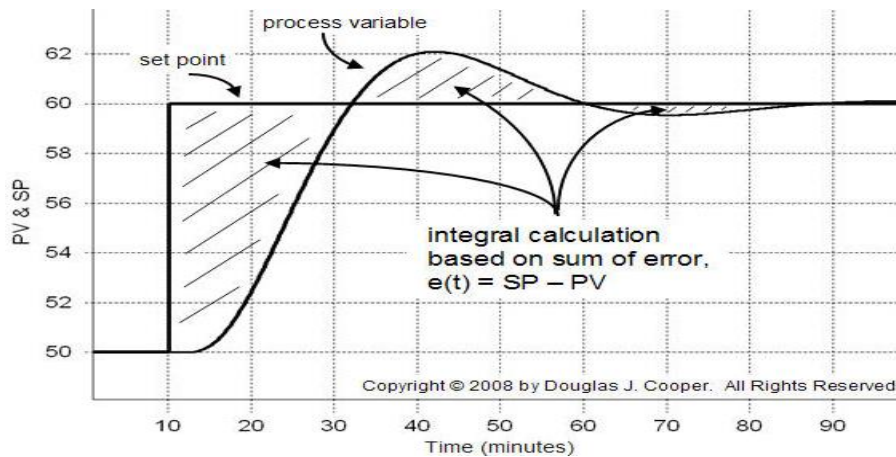


Figura 2.16. Control Integral  
 Fuente: [http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)  
 Elaborado por: Wilson Zumba

## 2.8.6. Control Derivativo

### 2.8.6.1 Características

- “Anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación.
- Acciones P e I son iguales pero diferente valor de la derivada del error.
- Constante de tiempo derivativa ( $T_d$ )
- El tiempo requerido para que la acción proporcional contribuya a la salida del controlador en una cantidad igual a la acción derivativa”<sup>32</sup>.

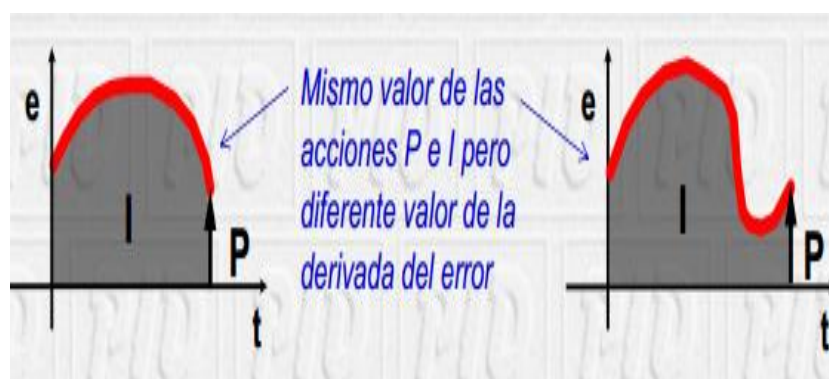


Figura 2.17. Control Derivativo  
 Fuente: <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>  
 Elaborado por: Wilson Zumba

<sup>32</sup><http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>

“Es decir da una respuesta proporcional a la derivada del error (velocidad de cambio de error). Añadiendo esta acción de control a las anteriores, se elimina el exceso de oscilaciones. No elimina el offset. Se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral). En este tipo de control a la salida  $m(t)$  del controlador, es proporcional a la derivada del error  $e(t)$ , o sea:

### **2.8.7.Reglas heurísticas de ajuste**

“Paso 1: Acción Proporcional

- Tiempo integral (TI), a su máximo valor.
- Tiempo derivativo (TD), a su mínimo valor.
- Empezando con ganancia baja se va aumentando hasta obtener las características de respuesta deseadas.

Paso 2: Acción integral

- Reducir el TI hasta anular el error en estado estacionario, aunque la oscilación sea excesiva.
- Disminuir ligeramente la ganancia.
- Repetir hasta obtener las características de respuesta deseadas.

Paso 3: Acción Derivativa

- Mantener ganancia y tiempo integral obtenidos anteriormente.
- Aumentar el TD hasta obtener características similares pero con la respuesta más rápida.
- Aumentar ligeramente la ganancia si fuera necesario”<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup><http://control-pid.wikispaces.com/>

Características	Kp	Ti	Td
Estabilidad	Se reduce	Disminuye	Aumenta
Velocidad	Aumenta	Aumenta	Aumenta
Error estacionario	No eliminado	Eliminado	No eliminado
Área de error	Se reduce	Disminuye hasta cierto punto	Se reduce
Perturbación control	Aumenta bruscamente	Aumenta gradualmente	Aumenta muy bruscamente
Frecuencia lazo	No afecta hasta cierto punto	Disminuye	Aumenta

Figura 2.18. Reglas heurísticas de ajuste

Fuente: <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI/%20controladro%20PID.pdf>

Elaborado por: Wilson Zumba

## 2.8.8. Métodos Experimentales de Ajuste

### 2.8.8.1. Método de Ziegler-Nichols en Bucle Abierto

“En el primer método, la respuesta de la planta a una entrada escalón unitario se obtiene de manera experimental. Si la planta no contiene integradores ni polos dominantes complejos conjugados, la curva de respuesta escalón unitario puede tener forma de S. La curva con forma de S se caracteriza por dos parámetros: el tiempo de retardo  $T_0$  y la constante de tiempo  $T_p$ .

PID	Kp	Ti	Td
Controlador P	$T_p/T_0$	-	-
Controlador PI	$0.9 \cdot T_p/T_0$	$T_0/0.3$	-
Controlador PID	$1.2 \cdot T_p/T_0$	$2 \cdot T_p$	$0.5 \cdot T_0$

Figura 2.19. Método de Ziegler-Nichols

Fuente: <http://control-pid.wikispaces.com/>

Elaborado por: Wilson Zumba

### 2.8.8.2. Método de Ziegler-Nichols en Bucle Cerrado

Primero establecemos  $T_i = \infty$  y  $T_d = 0$ . Sólo la acción de control proporcional, se incrementa  $K_p$  de 0 a un valor crítico  $K_c$  en donde la salida exhiba primero oscilaciones sostenidas. Por tanto, la ganancia crítica  $K_c$  y el periodo  $P$  correspondiente se determinan experimentalmente<sup>34</sup>.

PID	$K_p$	$T_i$	$T_d$
Controlador P	$0.5 * K_c$	-	-
Controlador PI	$0.45 * K_c$	$(1/1.2) * P$	-
Controlador PID	$0.6 * K_c$	$0.5 * P$	$0.125 * P$

Figura 2.20. Método de Ziegler-Nichols

Fuente: <http://control-pid.wikispaces.com/>

Elaborado por: Wilson Zumba

---

<sup>34</sup><http://control-pid.wikispaces.com/>



## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. PRELIMINARES**

En este capítulo se explica de una manera clara y entendible paso a paso el diseño e implementación de un módulo para el control de velocidad de un motor trifásico. El cual contiene un motor trifásico con un acoplamiento en el eje para generar el movimiento angular al encoder, un variador de frecuencia MICROMASTER 440 que sirve para variar la velocidad del motor ya sea esta de forma manual o programable, un encoder rotativo tipo incremental que usa para transformar el movimiento angular en pulsos digitales.

Los pulsos digitales que son adquiridos a las salidas A, B y Z del encoder son recibidos por el PLC S7-1200 en las entradas analógicas, estas señales sirven para el escalamiento en la programación en el software TIA PORTAL. Es decir para determinar los bits que corresponden a la frecuencia mínima y máxima que crea el encoder.

Mediante el software TIA PORTAL se realizó la programación del control y monitoreo de velocidad del motor trifásico a través del PLC S7-1200 y la TOUCH PANEL KTP600PN. Para la ejecución de programación se ha usado los contadores rápidos, los cuales se puede utilizar como entrada para cargar los datos predeterminados para el conteo de los pulsos.

#### **3.2. Lista de Equipos del Módulo de Velocidad**

Los componentes utilizados para el desarrollo del diseño e implementación de un módulo para el control de velocidad de un motor trifásico fueron los siguientes:

- Motor Trifásico 1LA7
- Variador de Frecuencia MICROMASTER 440
- Encoder Rotativo Tipo Incremental E50S8
- TOUCH PANEL KTP600PN
- PLC S7-1200
- CPU
- Fuente de 24VDC

Software utilizado:

- TIA PORTAL
- ISIS Professional
- ARES

### 3.3. Conexión del Motor Trifásico

Para realizar la configuración del motor trifásico debe tomarse en cuenta algunas acciones que le corresponde realizar a la máquina, como posibles fallas que se pueden presentar durante su conexión y conocer debidamente como van las conexiones para trabajar con 220 V o 440 V.



Foto 1. Motor trifásico  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

#### 3.3.1 Configuración del Motor Trifásico a 220 V

La configuración siguiente es la que se va a utilizar en este proyecto, para esto se analizó principalmente la configuración de la placa de especificaciones que viene en el motor para así realizar una conexión debidamente correcta y no tener inconvenientes posteriormente.

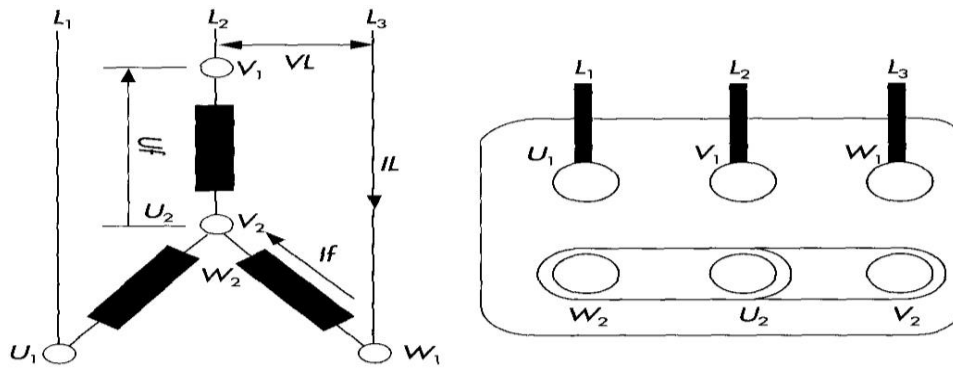


Figura 3.1. Esquemas conexión YY-220v  
Elaborado por: Wilson Zumba

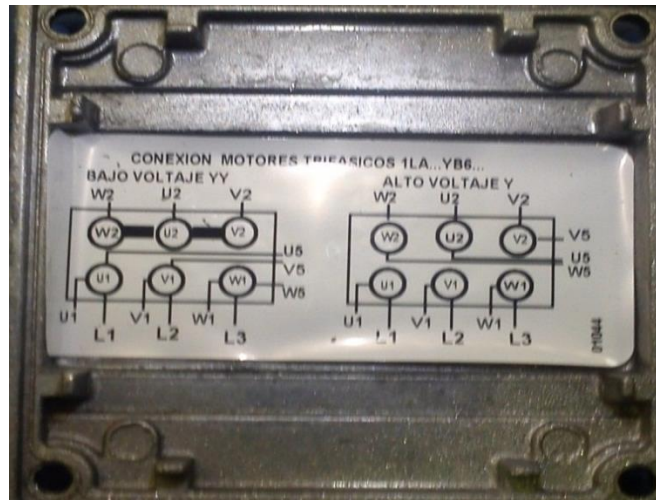


Foto 2. Conexiones bajo y alto voltaje  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

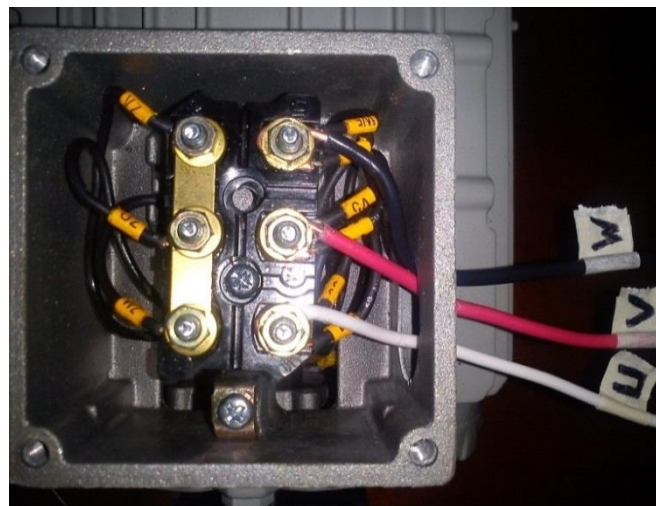


Foto 3. Motor trifásico conexión física-bajo voltaje YY (220v)  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

### 3.4. Variador de Frecuencia MICROMASTER 440

Este dispositivo permite variar la velocidad de un motor trifásico mediante frecuencia según el parámetro que se haya ingresado además brinda protección al motor y es de mucha utilidad ya que su configuración para dicho control es fácilmente de programar. Este equipo se muestra en la Foto 4.

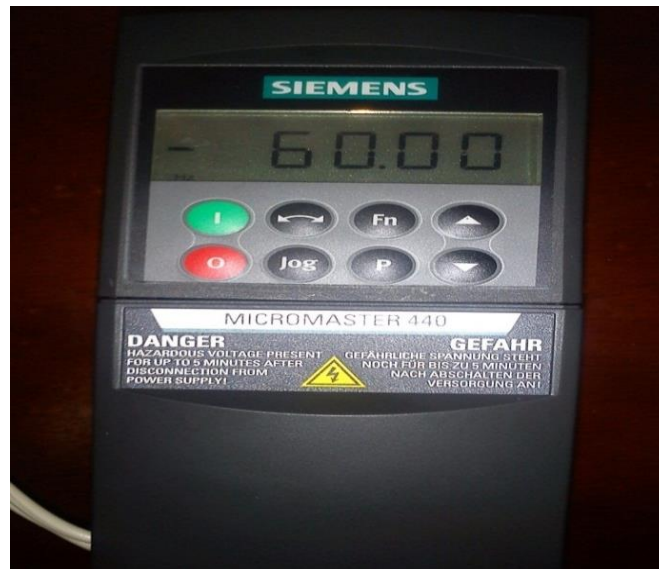


Foto 4. MICROMASTER 440  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

La conexión entre el variador y el motor trifásico, está compuesta por tres cables independientes los mismo que van conectados con el motor según correspondan, esto se lo realizó con las salidas del variador hacia el motor trifásico, tener en cuenta las diferentes fases de salida del motor ya que existen tres tipos las cuales son U, V y W.



Foto 5. Conexiones físicas del MICROMASTER 440  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

### 3.4.1. Conexión de Fases

Tabla 3.1 Conexión de fases

LINEA	LETRA DE FASE	COLOR DE CABLE
L1	U	BLANCO
L2	V	ROJO
L3	W	NEGRO

Elaborado Por: Wilson Zumba.

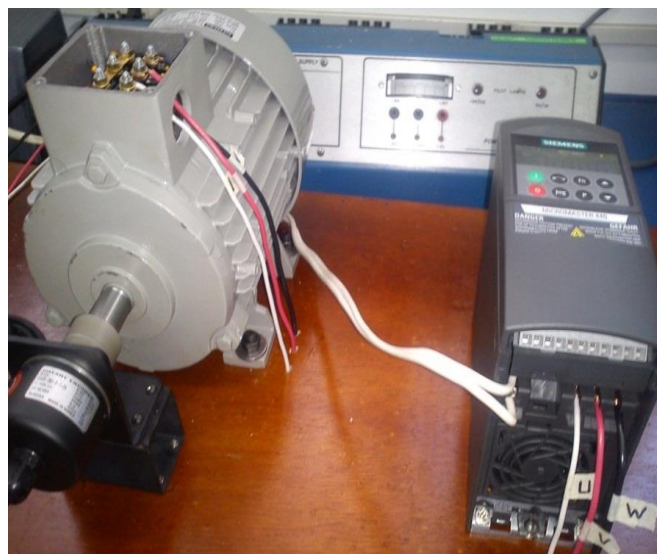


Foto 6. Conexión física de fases  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

### 3.4.2. Programa del MICROMASTER 440

Luego de realizar las respectivas conexiones del variador con el motor trifásico se procedió a programar el MICROMASTER 440 mediante las características del motor adquirido para este proyecto ya que dichos parámetros son necesarios para el control de velocidad del motor trifásico.

Tabla 3.2. Función de los botones del MICROMASTER 440

PANEL/BOTÓN	FUNCIÓN	EFFECTOS
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor
	Parada	Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de desaceleración seleccionada
	Invertir sentido de giro	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor
	Jop motor	Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón
	Funciones	Este botón sirve para visualizar información adicional.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros
	Subir Valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado
	Bajar Valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado

Elaborado Por: Wilson Zumba.

### 3.4.3. Parámetros de programación del MICROMASTER 440

Tabla 3.3. Parámetros de programación del variador MICROMASTER 440.

OPCIONES DE SELECCIÓN	OPCIÓN	OPCIONES DE SELECCIÓN	OPCIÓN
<b>P0010 Comenzar puesta en servicio</b> 0= Listo para MARCHA 1= Puesta en servicio rápida 2= Ajuste de fábrica	<b>0</b>	<b>P0700 Selección de la fuente de comandos (on / off reverse)</b> 0= Ajuste de fábrica 1= Panel BOP 2= Bornes/ entradas digitales	<b>2</b>
<b>P0100 Funcionamiento para Europa/ Norteamérica</b> 0= Potencia KW; f por defecto 50 Hz 1= Potencia hp; f por defecto 60 Hz 2= Potencia KW; f por defecto 60 Hz	<b>1</b>	<b>P1000 Selección de la consigna de frecuencia</b> 0= Sin consigna de frecuencia 1= Consigna frecuencia desde BOP 2= Consigna Analógica	<b>2</b>
<b>P0304 Tensión nominal del motor</b> 10v - 2000v Tensión nominal del motor de la placa de características	<b>220v</b>	<b>P1080 Frecuencia mínima del motor</b> Ajuste la frecuencia mínima del motor (0-650Hz), a la que girara el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derechas como a izquierdas	<b>0</b>
<b>P0305 Corriente nominal del motor</b> 0 – 2 x corriente nominal del convertidor (A) Corriente nominal del motor (A) tomada de la placa de características	<b>3.50</b>	<b>P1082 Frecuencia máxima del motor</b> Ajuste la frecuencia máxima del motor (0-650Hz), a la que girara el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derechas como a izquierdas	<b>60</b>



<p><b>P0307 Potencia nominal del motor 0kW - 2000 kW</b> Potencia nominal del motor (kW) de la placa de características</p>	<p><b>1</b></p>	<p><b>P1120 Tiempos de aceleración 0 s – 650 s</b> Tiempo que tarda el motor para acelerar desde el estado de reposo hasta la frecuencia máxima del motor</p>	<p><b>5</b></p>
<p><b>P0310 Frecuencia nominal del motor 12Hz – 650Hz</b> Frecuencia nominal del motor (Hz) de la placa de características</p>	<p><b>60</b></p>	<p><b>P1121 Tiempos de desaceleración 0 s – 650 s</b> Tiempo que tarda el motor para desacelerar desde la máxima frecuencia del motor hasta el estado de reposo</p>	<p><b>5</b></p>
<p><b>P0311 Velocidad nominal del motor 0- 40000 1/min</b> Velocidad nominal del motor (rpm) de la placa de características</p>	<p><b>1660</b></p>	<p><b>P3900 Fin de la puesta en servicio rápida</b> <b>0=</b> Finaliza la puesta en servicio rápida basándose en los ajustes actuales <b>1=</b> Finaliza la puesta en servicio rápida basándose en los ajustes de fabrica <b>2=</b> Finaliza de puesta en servicio rápida basándose (con cálculo del motor y reseteo) <b>3=</b> Finaliza la puesta en servicio rápida basándose (con cálculo del motor sin reseteo)</p>	<p><b>1</b></p>

Elaborado Por: Wilson Zumba





Foto 7. Terminal puesta en servicio con el panel SDP  
Elaborado por: Wilson Zumba

### 3.5. Encoder Rotativo Tipo Incremental

En este caso para el proyecto se utilizó un encoder rotativo tipo incremental E50S8 incremental el cual proporciona normalmente formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí  $90^\circ$ . La precisión de un encoder incremental depende de los factores mecánicos y eléctricos, el error introducido por la electrónica de lectura o también imprecisiones de tipo óptico. Al motor trifásico se le realizó un acople de plástico entre el eje principal y el encoder incremental para que gire de acuerdo a lo que desee el usuario, puede ser en sentido horario o anti horario.

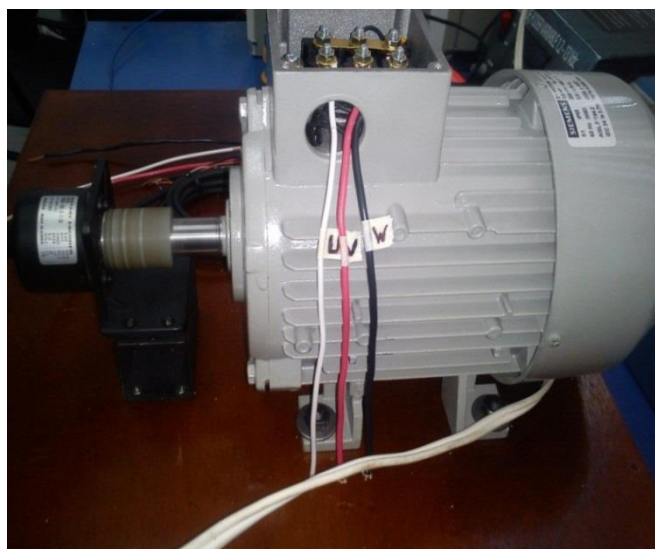


Foto 8. Encoder Incremental acoplado al eje del motor trifásico  
Elaborado por: Wilson Zumba

El encoder incremental **E50S8-1024-3-T-24** posee las siguientes características según las hojas técnicas adjuntas en el anexo F:

- **E50S8** - cuerpo Ø 50mm, eje Ø 8mm
- **1024** - 1024 ppv (pasos por vuelta)
- **3** - 2 canales (A y B) y pulso índice (Z)
- **T** - salida totem pole, conexión con cable, protección IP50 (protección contra el agua).
- **24** - alimentación 12/24 Vdc.

Las especificaciones del cableado del encoder tipo incremental E50S8 consta de:

Tabla 3.4. Especificaciones del Encoder Incremental.

CABLEADO DEL ENCODER	COLOR DE CABLE	CARACTERÍSTICAS
CANAL A	NEGRO	DETERMINA N° DE PULSOS
CANAL B	BLANCO	DETERMINA N° DE PULSOS
CANAL Z	TOMATE	SEÑAL PARA FIJA LA POSICION CERO
ALIMENTACIÓN	CAFÉ	12V A 24V ±5%
GND	AZUL	TIERRA DEL ENCODER

Elaborado Por: Wilson Zumba.



Foto 9. Cableado del Encoder Incremental  
Elaborado por: Wilson Zumba

Para la realizar pruebas y comprobar la frecuencia de salida del encoder incremental se realizó los siguientes ítems:

- Conectar el encoder incremental a una fuente de alimentación de 12V.
- Programar el MICROMASTER 440 en la opción BOP para manipular manualmente la frecuencia del motor.
- Conectar una punta de osciloscopio a la salida del encoder para verificar la forma de onda y la frecuencia de salida.
- Realizar pruebas a diferentes valores de frecuencia desde 10Hz hasta 60Hz que es el límite de frecuencia del variador de velocidad con el fin de adquirir datos para el escalamiento en el control PID a realizarse posteriormente.

Para lo cual a continuación se detalla de forma gráfica cada una de las variaciones de señal y como se observa en el osciloscopio.

Primera prueba del motor trifásico y el encoder incremental con una señal de frecuencia de 10Hz.

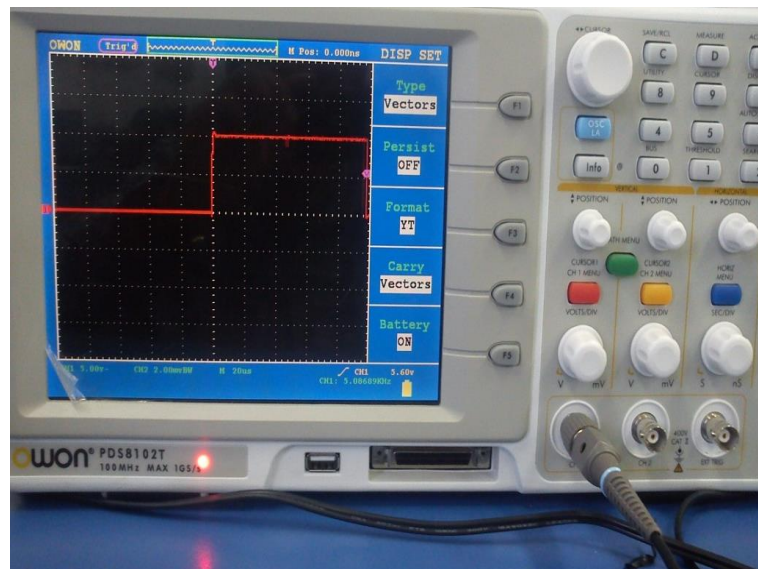


Foto 10. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 10Hz  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

Segunda prueba del motor trifásico y el encoder incremental con una señal de frecuencia de 30Hz.

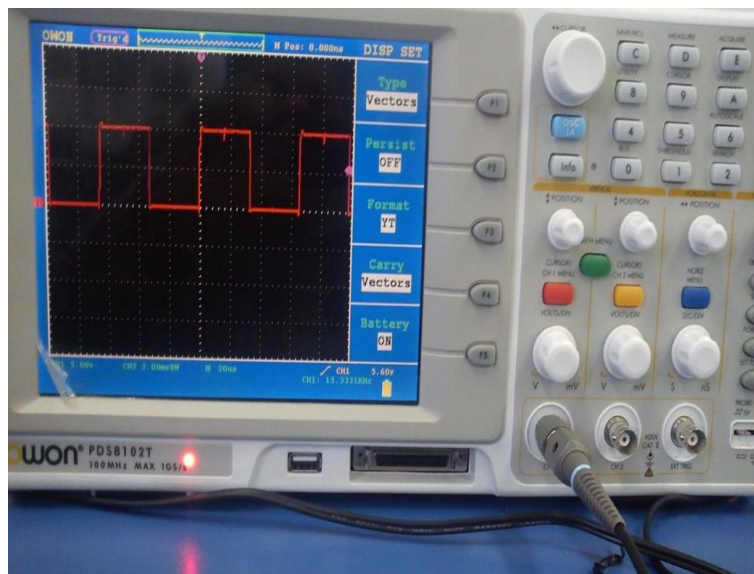


Foto 11. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 30Hz  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

Tercera prueba del motor trifásico y el encoder incremental con una señal de frecuencia de 60Hz.

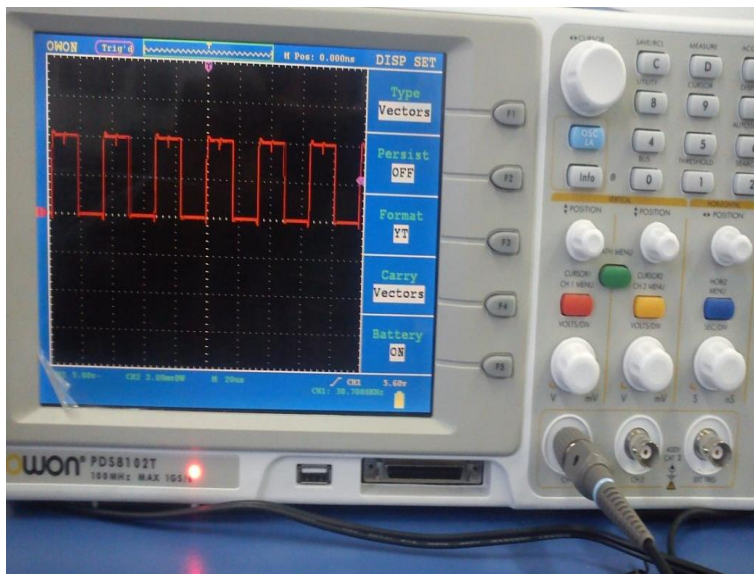


Foto 12. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 60Hz  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

Al realizar estas pruebas de la señal del encoder incremental, se logró obtener la comunicación entre la señal de pulsos generada con la entrada digital del PLC S7-1200 para su respectiva programación del control PID. Esta señal de pulsos sirve para que haya un control y monitoreo correcto para el motor trifásico.

### 3.6.Instalación del PLC S7-1200

Una vez comprobado y luego de realizar las pruebas necesarias en el osciloscopio se verificó la señal de salida que proporciona el encoder incremental, se procede a configurar el PLC S7-1200 de la siguiente manera. Para efectuar las conexiones entre las salidas del encoder y el PLC S7-1200 se realizó un acoplador de señal con un optotransistor 4N25A y una resistencia de 1KΩ.

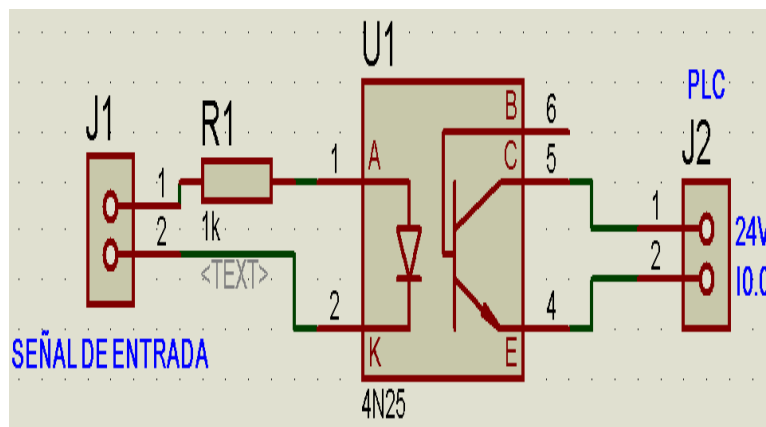


Figura 3.2. Acoplar de señal en ISIS Professional  
Elaborado por: Wilson Zumba

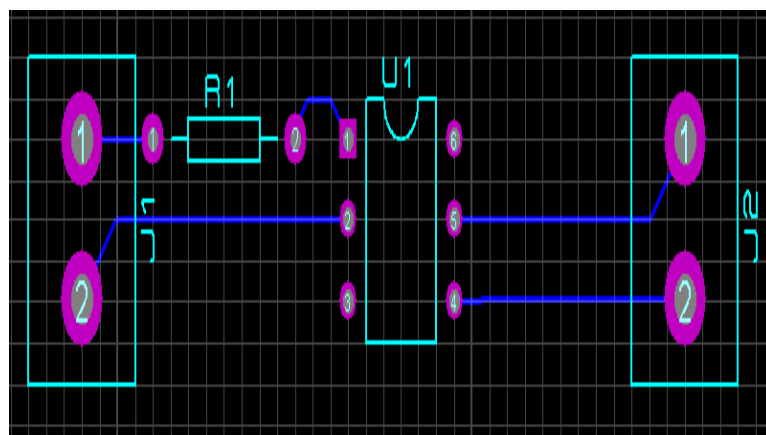


Figura 3.3. Acoplar de señal en ARES  
Elaborado por: Wilson Zumba



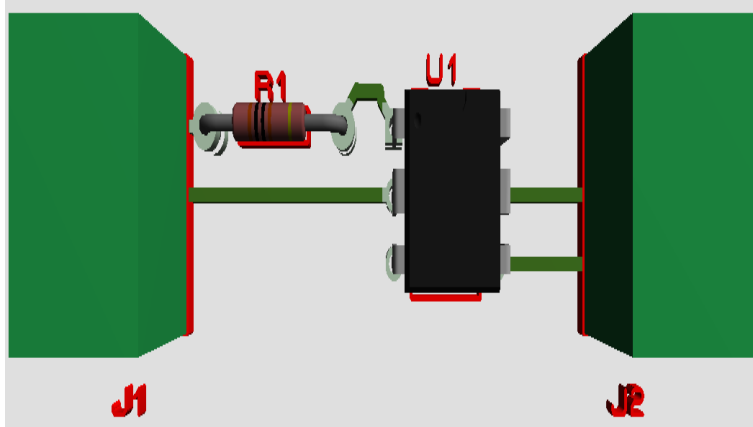


Figura 3.4. Vista en 3D de la placa del acoplador de señal  
Elaborado por: Wilson Zumba



Foto 13. Circuito Acoplador de Señal  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

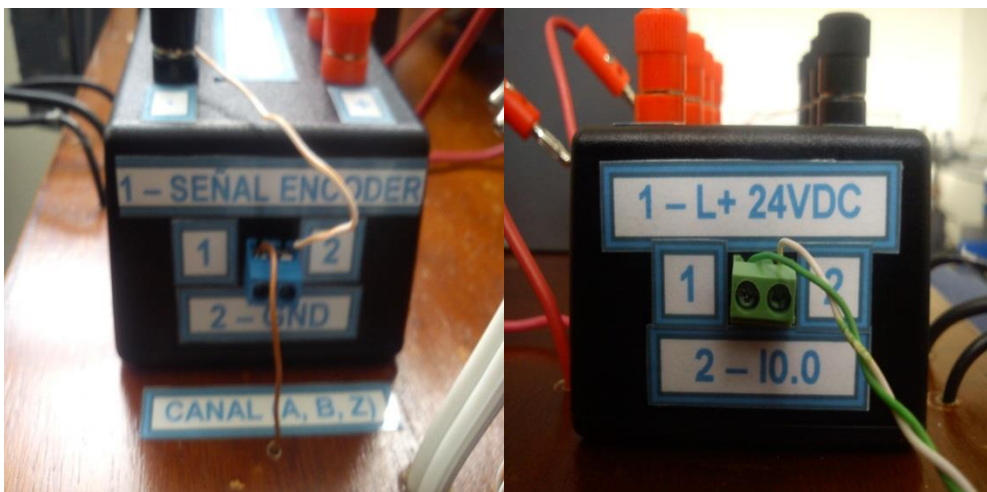


Foto 14. Entrada y Salida del Circuito Acoplador de Señal  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

Primero se instala todo el contenido del software TIA PORTAL, el programa consta con muchas aplicaciones las cuales ayudarán para la parte del control de velocidad del proyecto.

### 3.6.1. Creación del proyecto en el software TIA PORTAL

El control PID es una aplicación que pretende ser una guía para aprender paso a paso el entorno de programación del S7-1200. El TIA PORTAL V11 es la herramienta con la que va a configurar y programar el S7-1200 y la pantalla BASIC PANEL HMI. Todo bajo un mismo entorno de forma rápida y sencilla. Los siguientes pasos muestran cómo crear un proyecto:

- ÍTEM1: “Abrir aplicación” ejecutar la aplicación del TIA PORTAL V11.

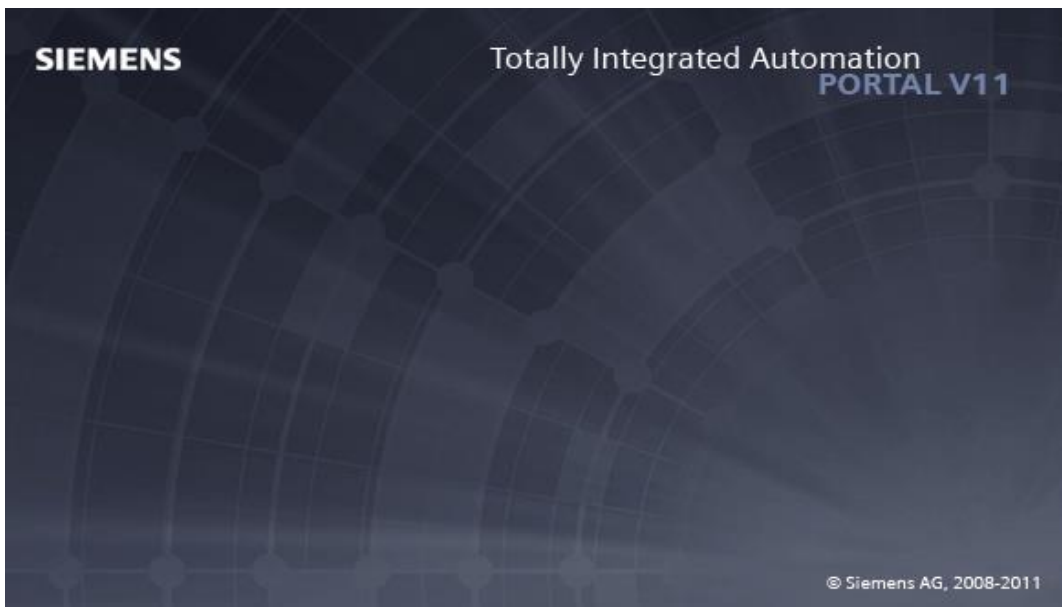


Figura 3.5. Ejecutar Aplicación  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 2: “Crear el proyecto nuevo” iniciar un proyecto desde cero, por lo que seleccionaremos “crear proyecto”.

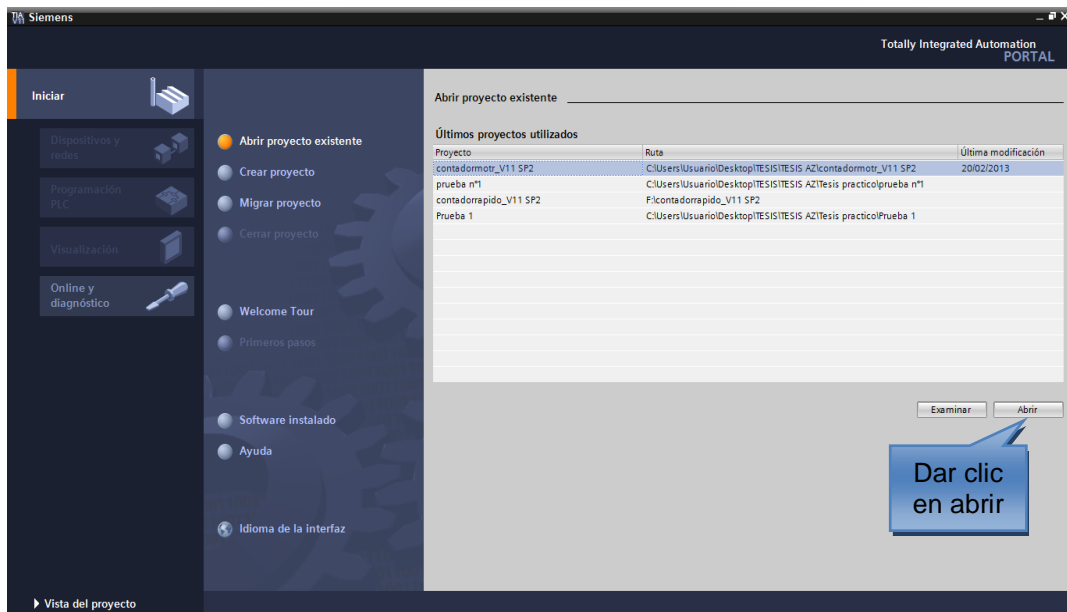


Figura 3.6. Crear proyecto nuevo

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 3: “Información del proyecto” al seleccionar esta opción se llenará el nombre del proyecto, autor, etc... y dar clic en el botón “crear”.

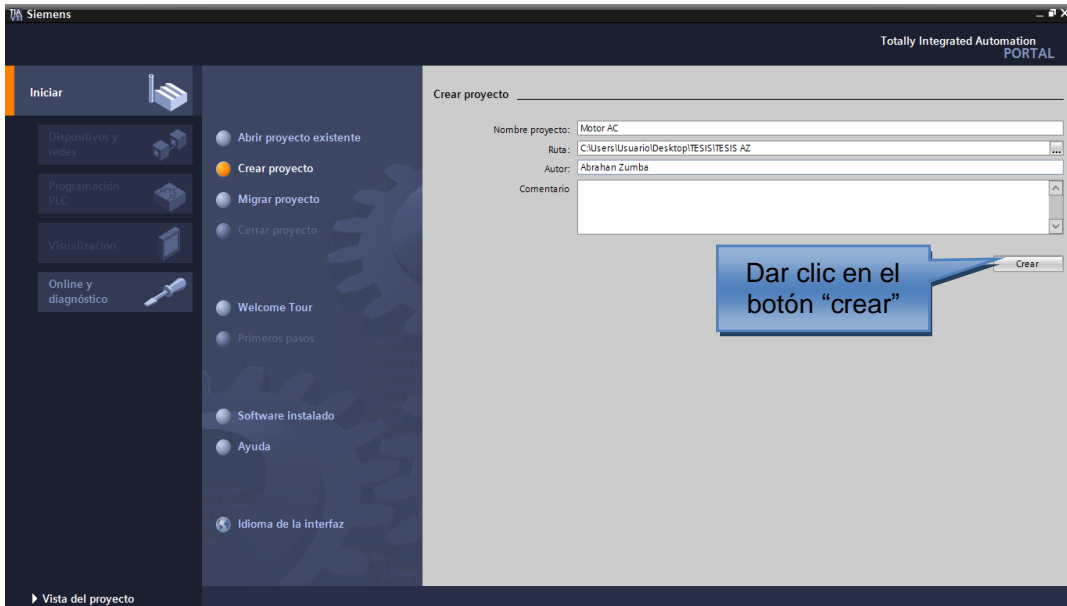


Figura 3.7. Rellenar información del proyecto

Elaborado por: Wilson Zumba



- ÍTEM 4: “Primeros pasos” al dar clic en crear aparece la “Vista Portal”. En la cual hay las siguientes opciones: a) “configurar un dispositivo”, b) “escribir programa PLC”, c) “configurar una imagen HMI”. Empezar por lo básico, configurando el literal “a”.

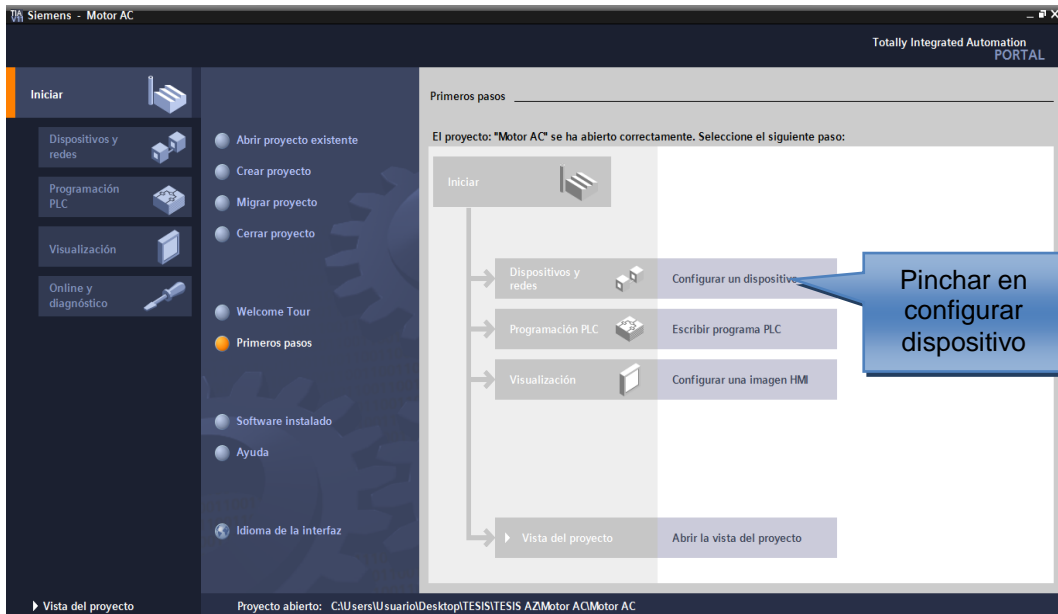


Figura 3.8. Configurar dispositivo  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 5: “Seleccionar CPU” pinchar en la opción “agregar dispositivo”. Comenzar por el dispositivo PLC y en la ventana “agregar dispositivo” elegir el PLC S7-1200 y le dar clic en “agregar”.

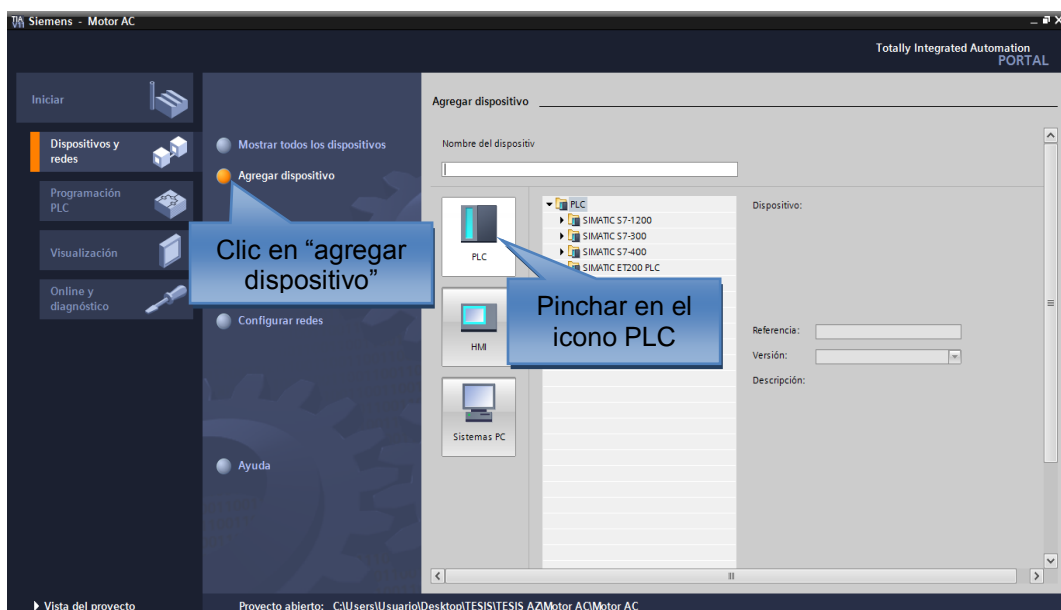


Figura 3.9. Agregar dispositivo  
Elaborado por: Wilson Zumba

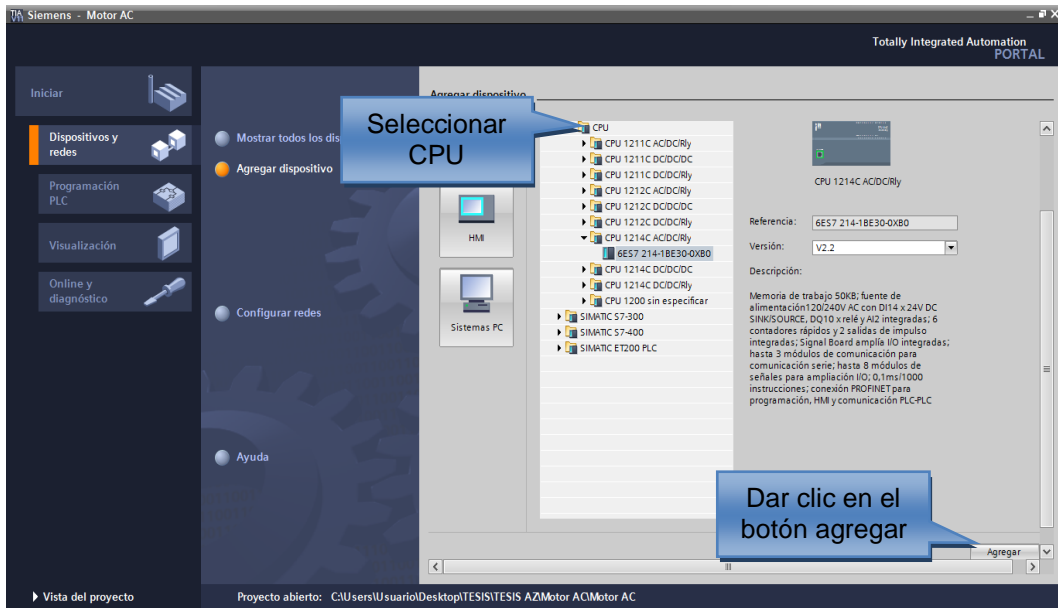


Figura 3.10. Seleccionar CPU  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 6: “Configuración del hardware” aparece la ventana de configuración del equipo. Ingresar los equipos que se posea físicamente.

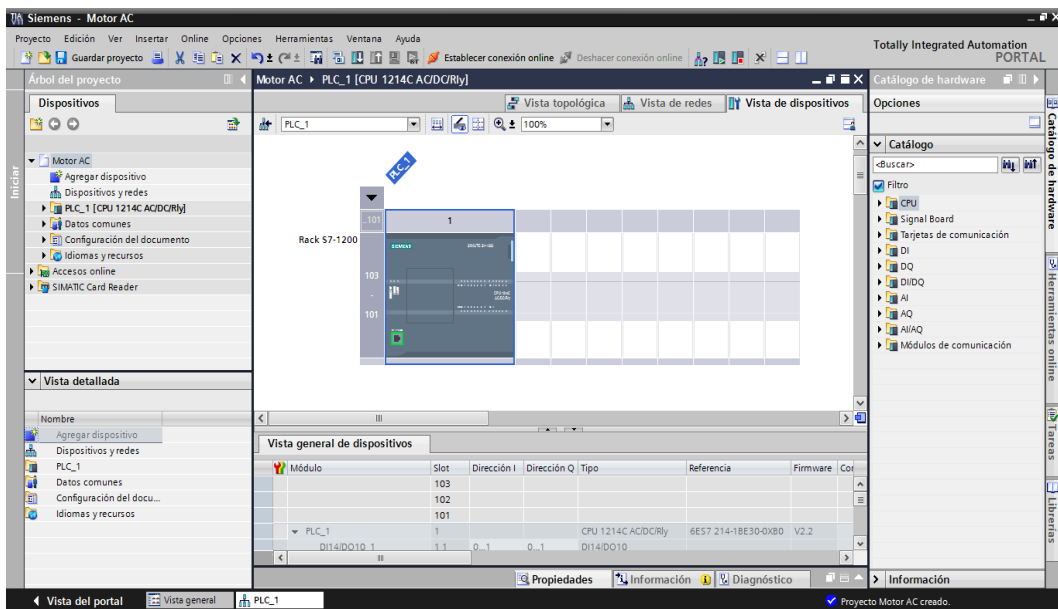


Figura 3.11. Rellenar información del proyecto  
Elaborado por: Wilson Zumba

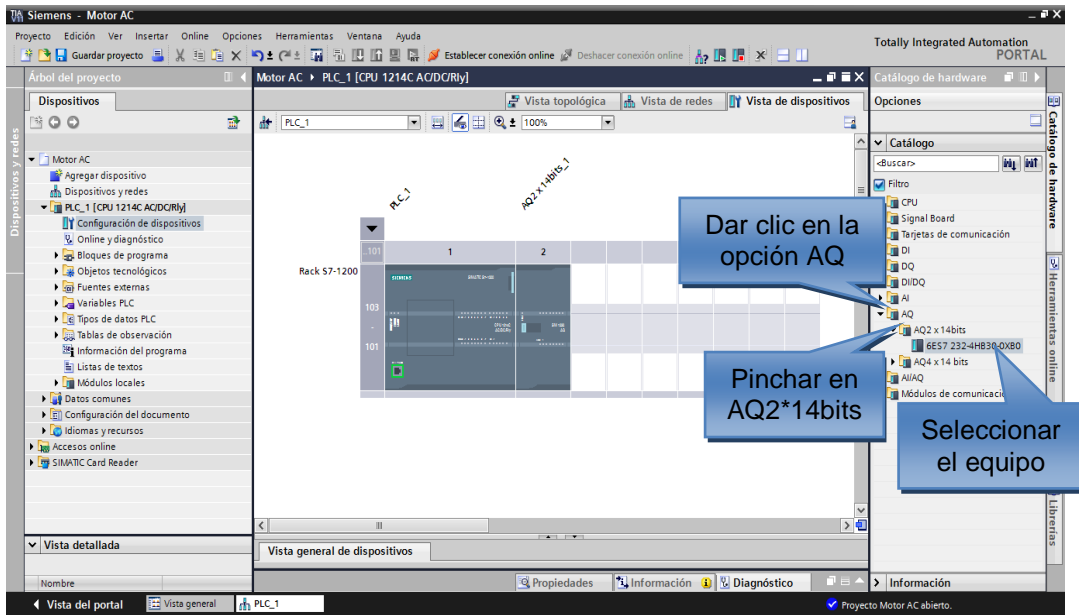


Figura 3.12. Módulo de salidas analógicas  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 7: “Dirección IP” en el PLC dar clic derecho y seleccionar la opción propiedades. En la ventana propiedades pinchar la opción PROFINET interfaz, luego en protocolo IP para dar la dirección IP correspondiente al PLC.

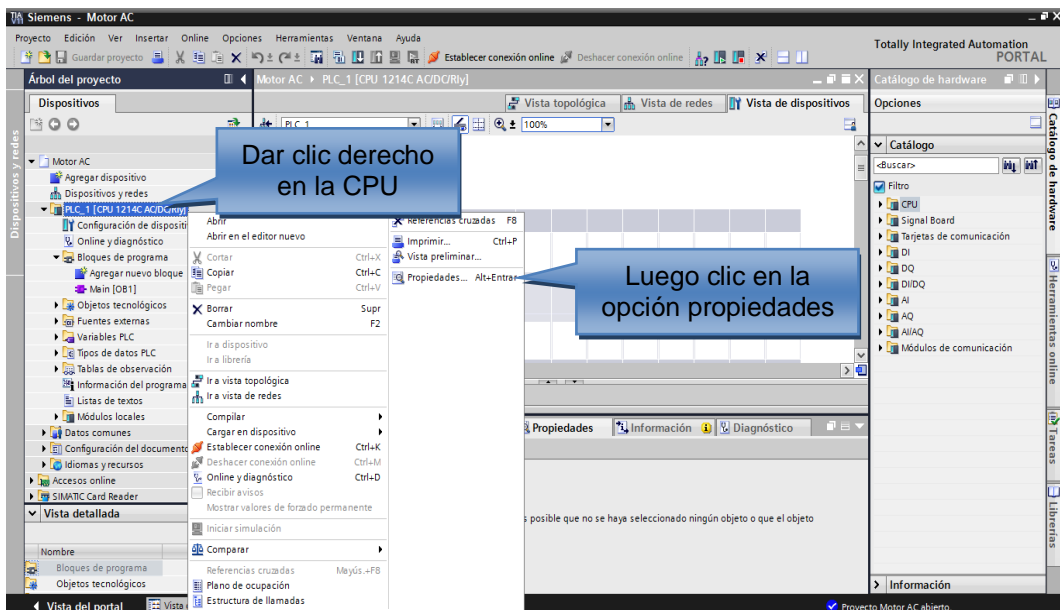


Figura 3.13. Propiedades de la CPU  
Elaborado por: Wilson Zumba

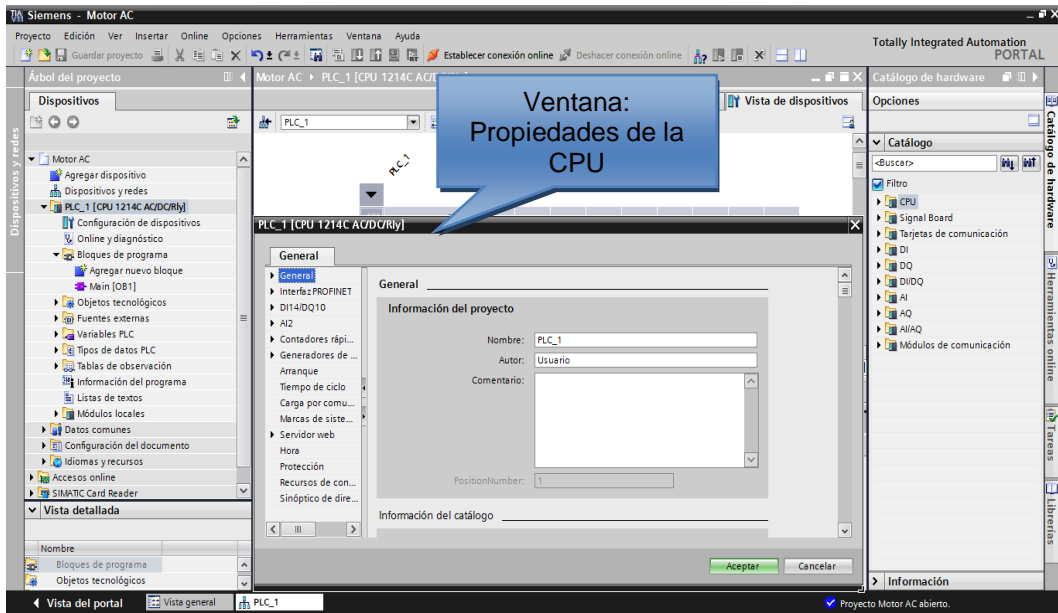


Figura 3.14. Ventana PLC\_1 (CPU 1214C AC/DC/Rly)

Elaborado por: Wilson Zumba

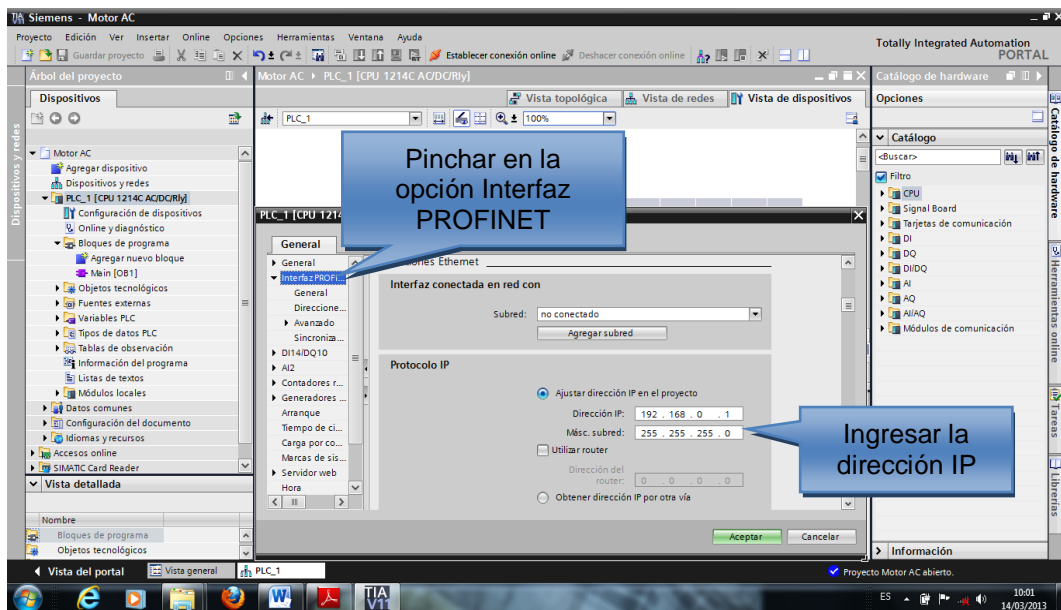


Figura 3.15. Dirección IP al S7-1200

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 8: “Conexión Online” en este caso dar clic en establecer conexión online y seleccionar siempre el interface correcto del PG/PC, la tarjeta de Ethernet que se esté utilizando (detecta automáticamente).

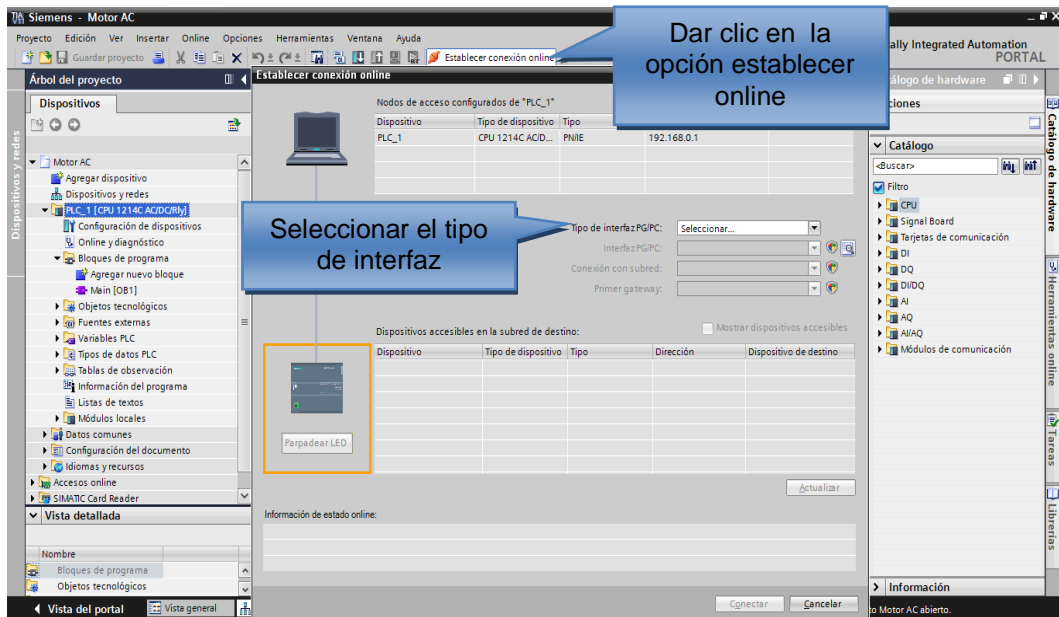


Figura 3.16. Estaciones Accesibles PG/PC  
Elaborado por: Wilson Zumba

### 3.6.2. Programación del S7-1200

- ÍTEM 9: “Propiedades” en el árbol del proyecto dar clic derecho en la carpeta PLC\_1 y elegir la opción propiedades.

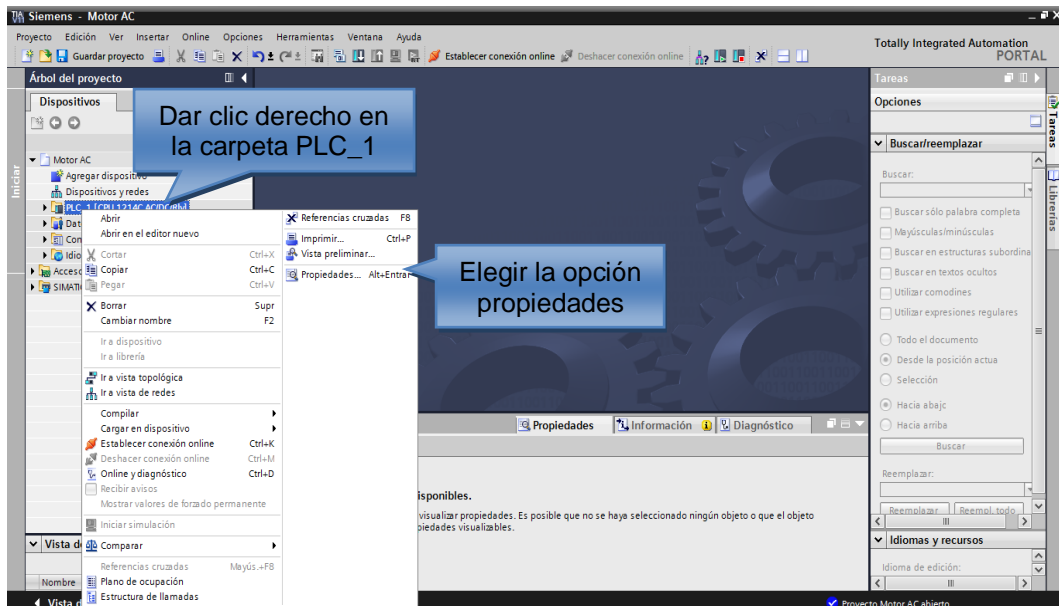


Figura 3.17. Propiedades  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 10: “Contadores Rápidos HSC” pinchar la opción contadores en la ventana de propiedades y optar la opción contador rápido HSC1.

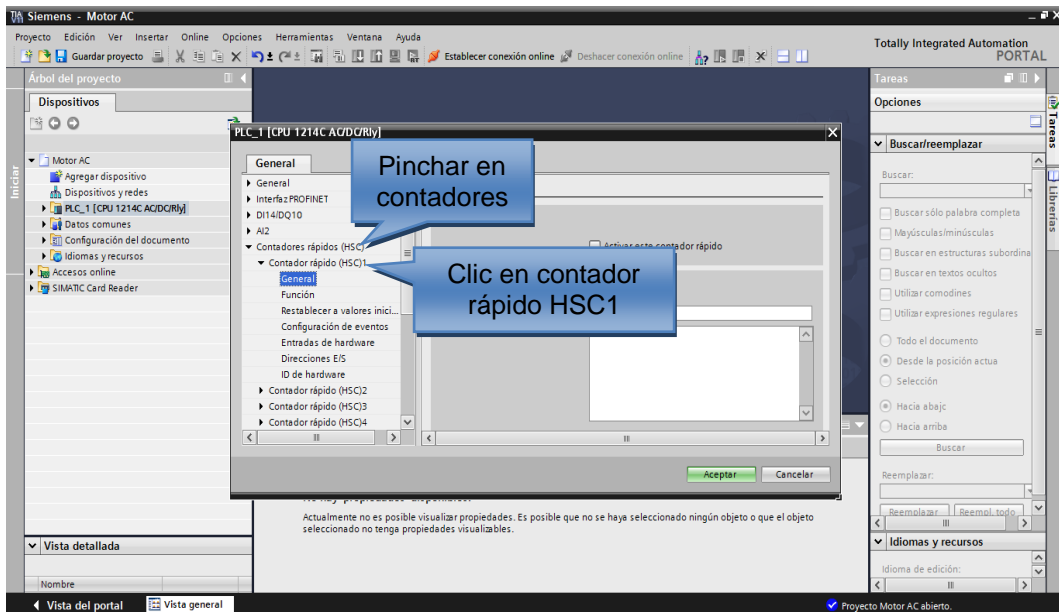


Figura 3.18. Contador rápido HSC1

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 11: “Modificar Contador Rápido HSC1” modificar el contador. Primero activar este contador rápido, segundo elegir el modo de contaje (frecuencia) y dar clic en aceptar para la creación previa del contador rápido.

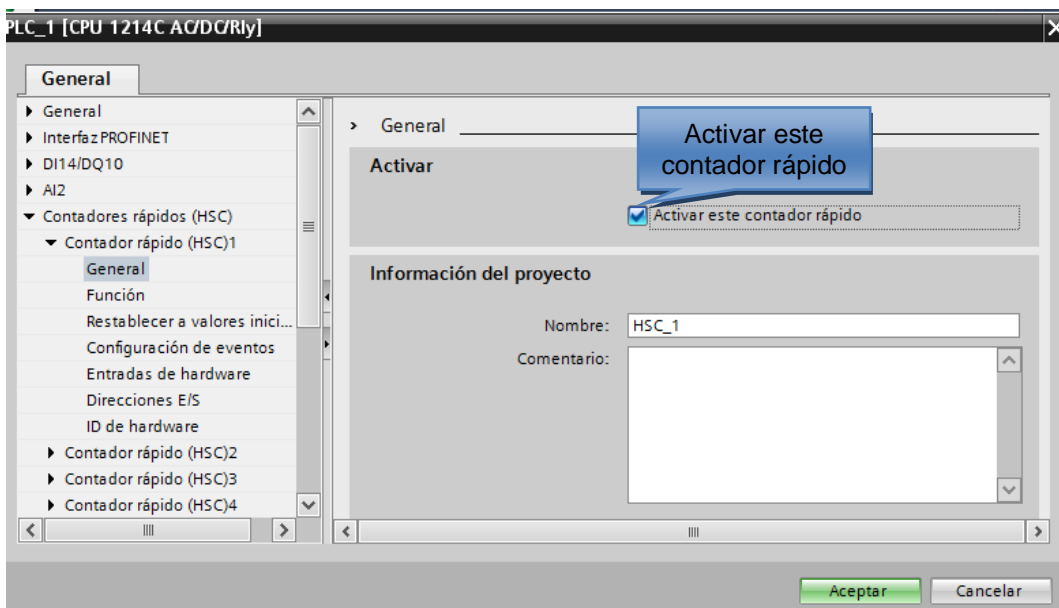


Figura 3.19. Modificar contador rápido HSC1

Elaborado por: Wilson Zumba

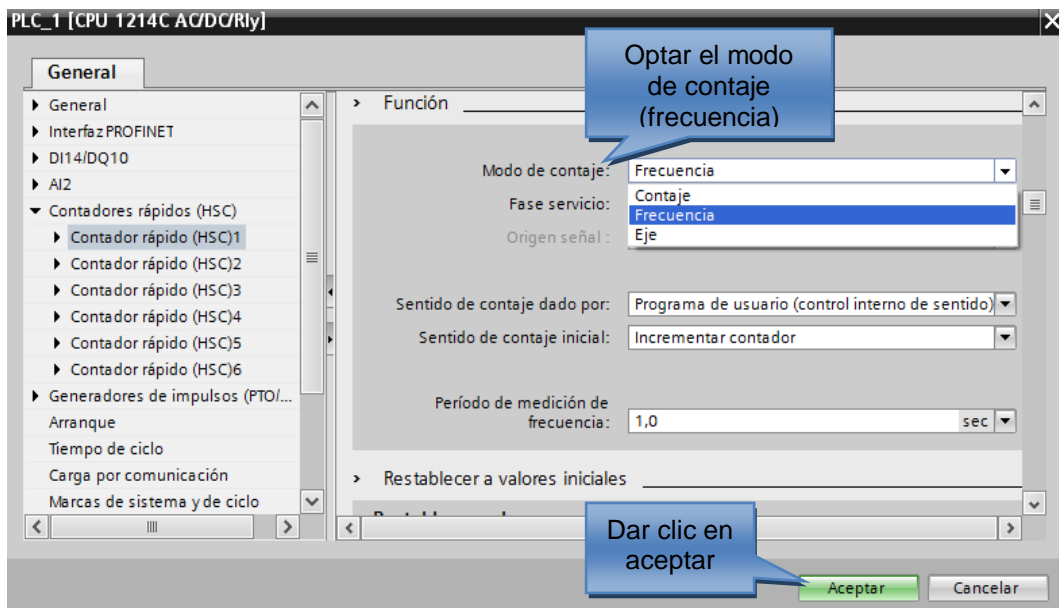


Figura 3.20. Modificar contador rápido HSC1  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 12: “Editor de Bloques” en el árbol del proyecto dentro de nuestro equipo en la carpeta de bloques de programa. Dentro de esta carpeta hay creado un bloque por defecto que es el Main [OB1]. Pinchar dos veces sobre este para editarlo.

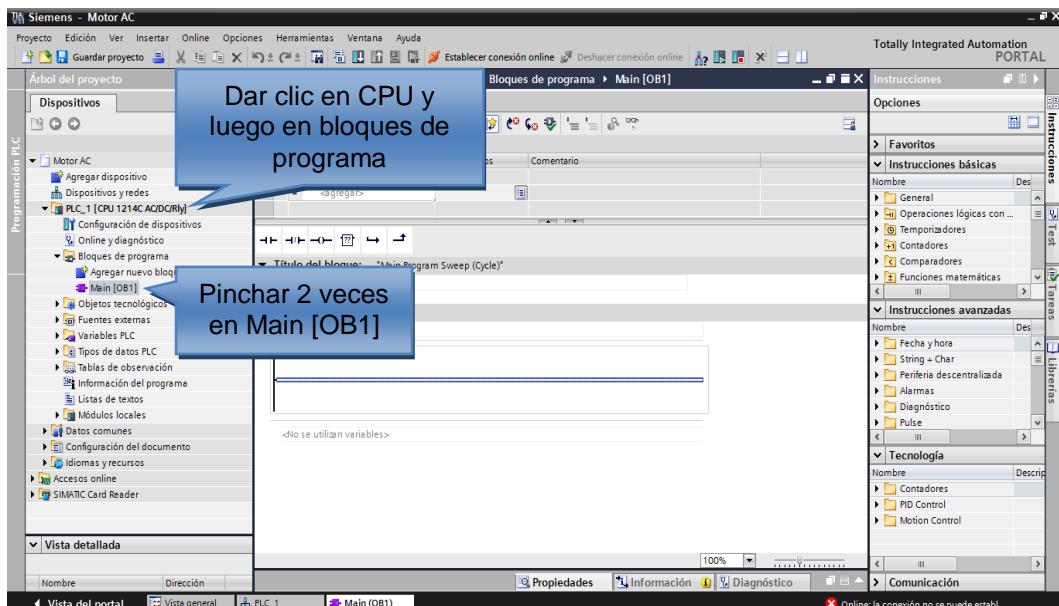


Figura 3.21. Bloques de Programa  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 13: “Creación de variables” en el árbol del proyecto dar clic en la carpeta variables PLC para seleccionar el icono tabla de variables estándar y agregar las siguientes variables: %ID1000 como el nombre de dato y %QW96 para activar la salida del módulo de salidas analógicas.

**NOTA:** Las variables %ID1000 y %QW96 son para activar funciones específicas propias del programa TIA PORTAL (por defecto).

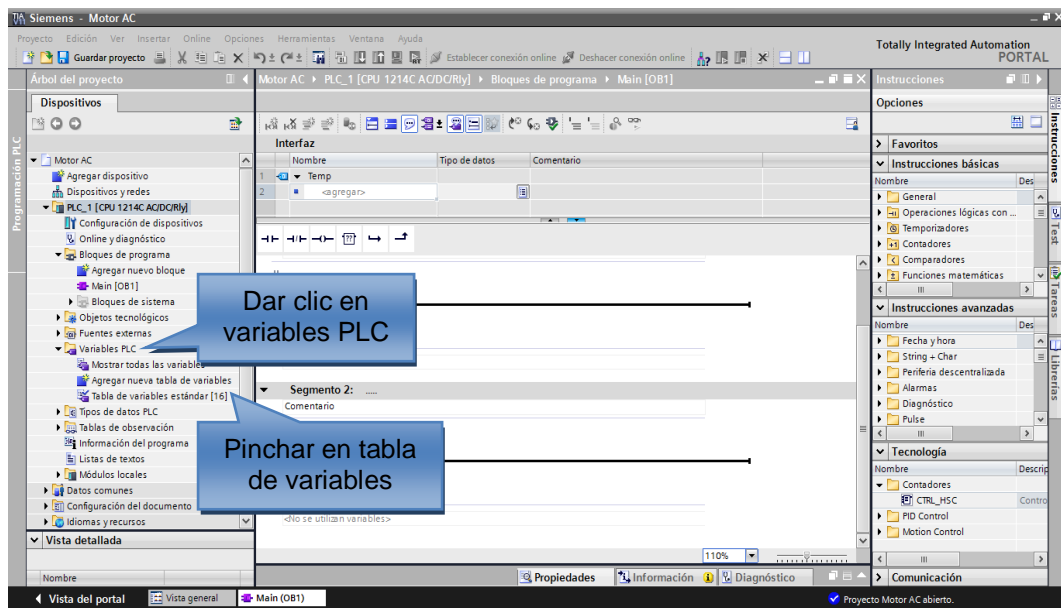


Figura 3.22. Creación de variables  
Elaborado por: Wilson Zumba



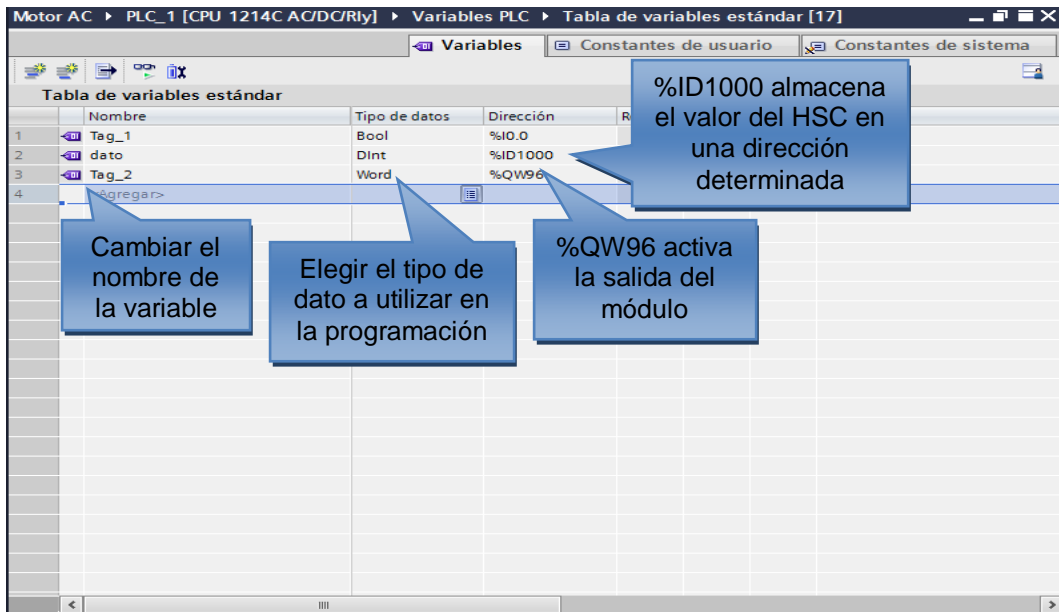


Figura 3.23. Agregar variables

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 14: “Tecnología” en la ventana instrucciones seleccionar la opción tecnología y dar clic en CTRL\_HSC para agregar contadores.

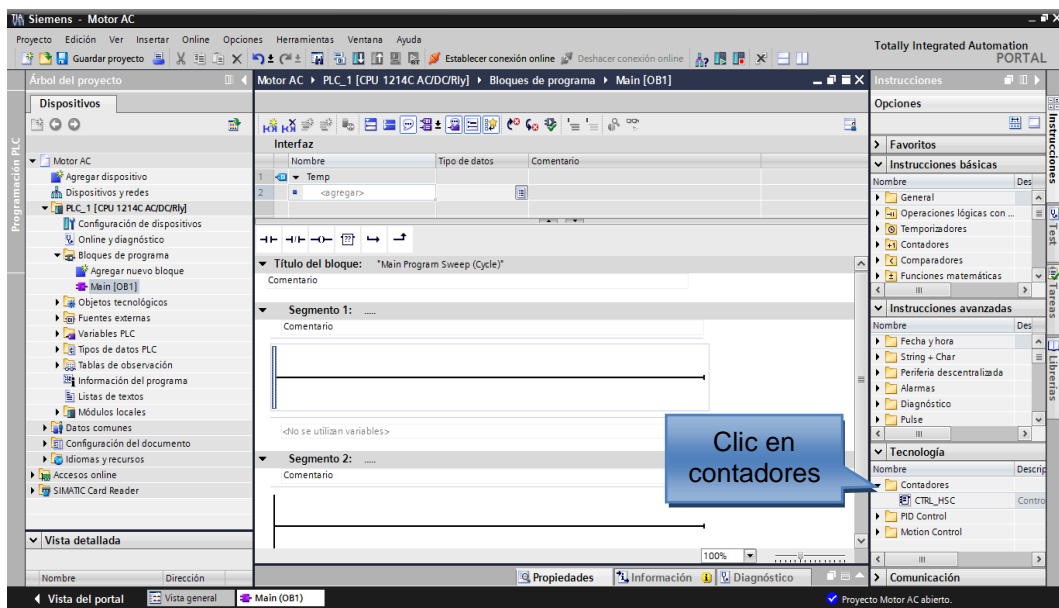


Figura 3.24. Tecnología

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 15: “Insertar Contador Rápido” dar clic en CTRL\_HSC para agregar contadores y modificar sus parámetros para la programación.

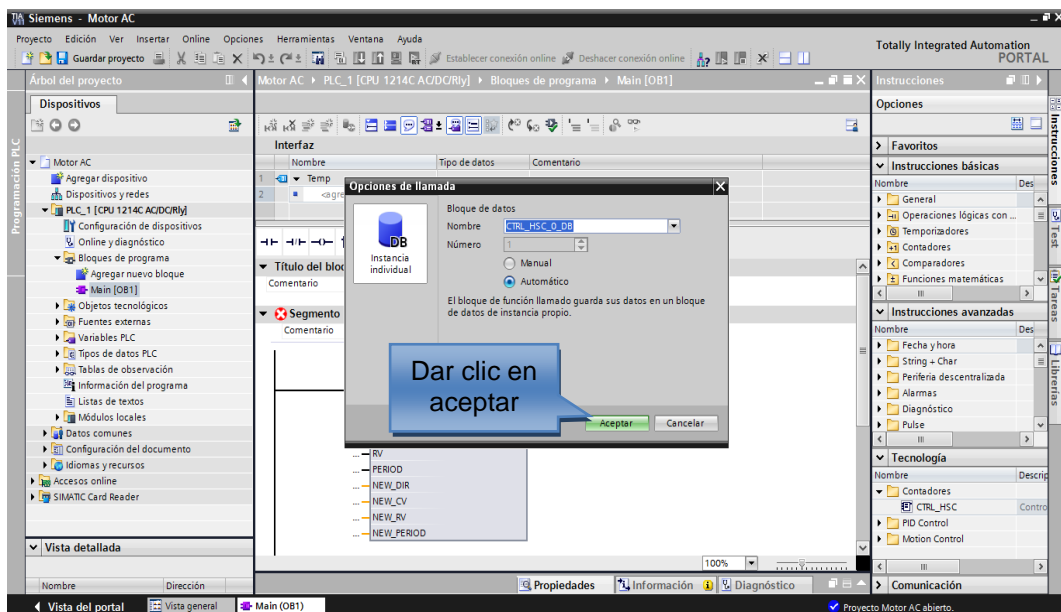


Figura 3.25. Insertar contador rápido  
Elaborado por: Wilson Zumba

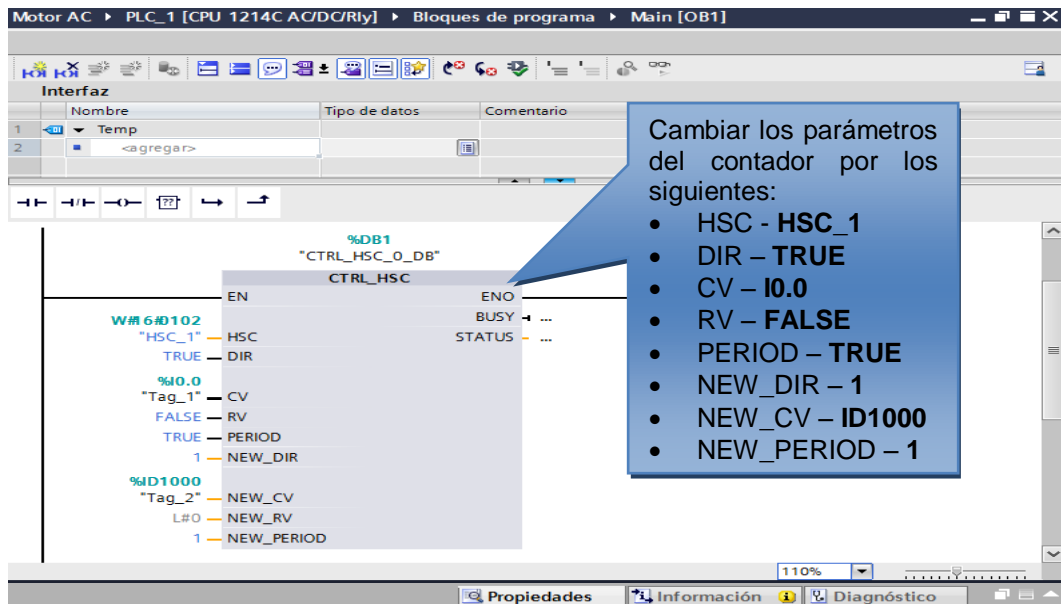


Figura 3.26. Parámetros  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 16: “Copiar valor” en el catálogo instrucciones básicas elegir la carpeta transferencia la opción “MOVE”.

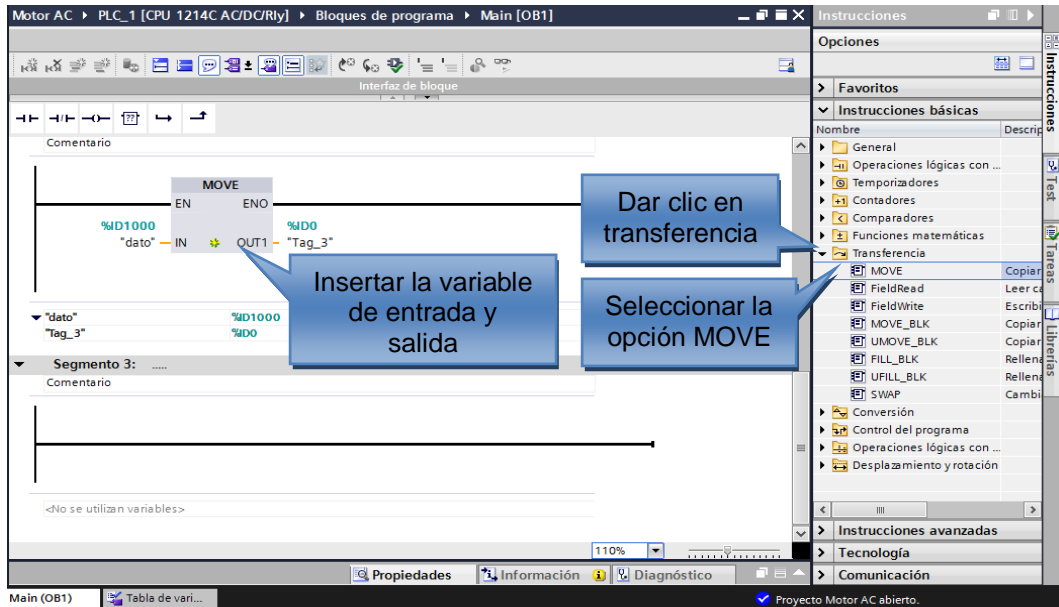


Figura 3.27. MOVE(copiar valor)

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 17: “Multiplicar” en el catálogo instrucciones básicas elegir la carpeta funciones matemáticas la opción “MUL”.

**NOTA:** Esta programación se utilizara para el escalamiento del porcentaje de la velocidad del motor trifásico.

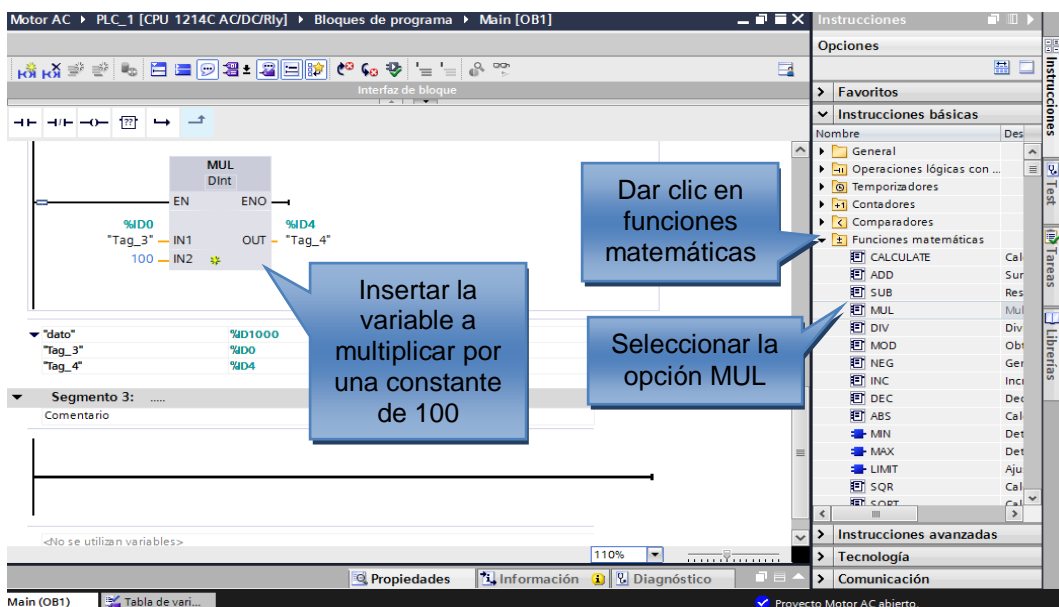


Figura 3.28. MUL (multiplicar)porcentaje

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 18: “Dividir” en el catálogo instrucciones básicas elegir la carpeta funciones matemáticas la opción “DIV”.

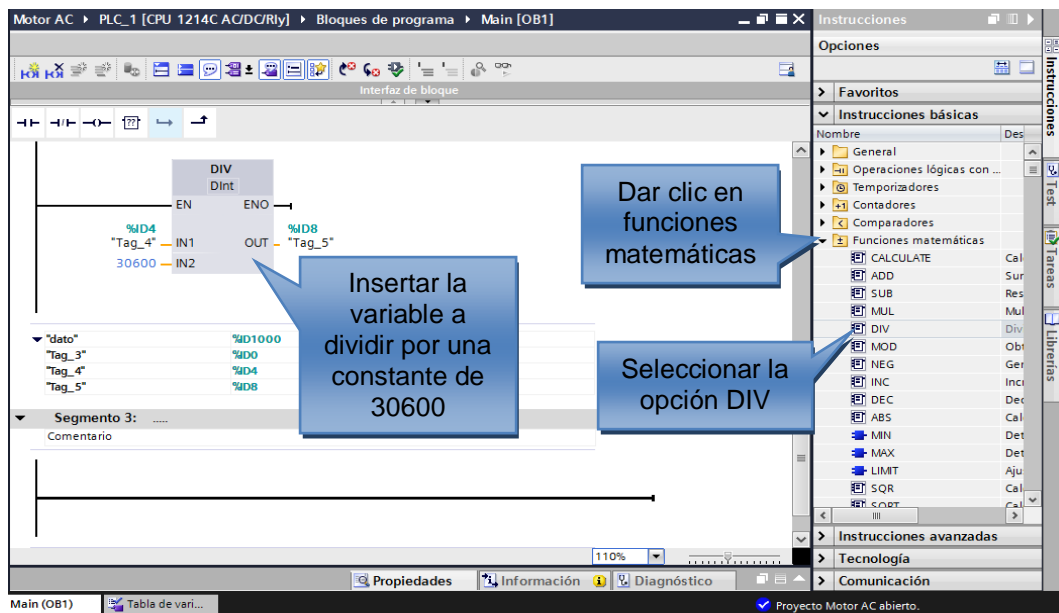


Figura 3.29. DIV (dividir) porcentaje  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 19: “Convertir valor” en el catálogo instrucciones básicas elegir la carpeta conversión la opción “CONV”.

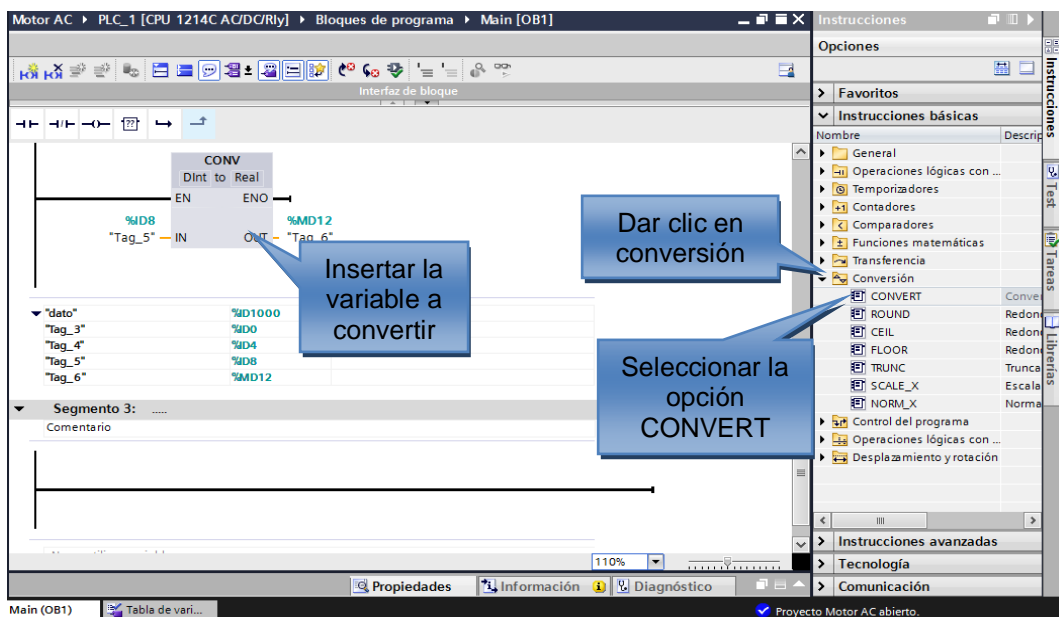


Figura 3.30. CONV (convertir valor) porcentaje  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 20: “Multiplicar” en el catálogo instrucciones básicas elegir la carpeta funciones matemáticas la opción “MUL”.
- NOTA:** Esta programación se utilizara para el escalamiento de las RPM del motor trifásico.

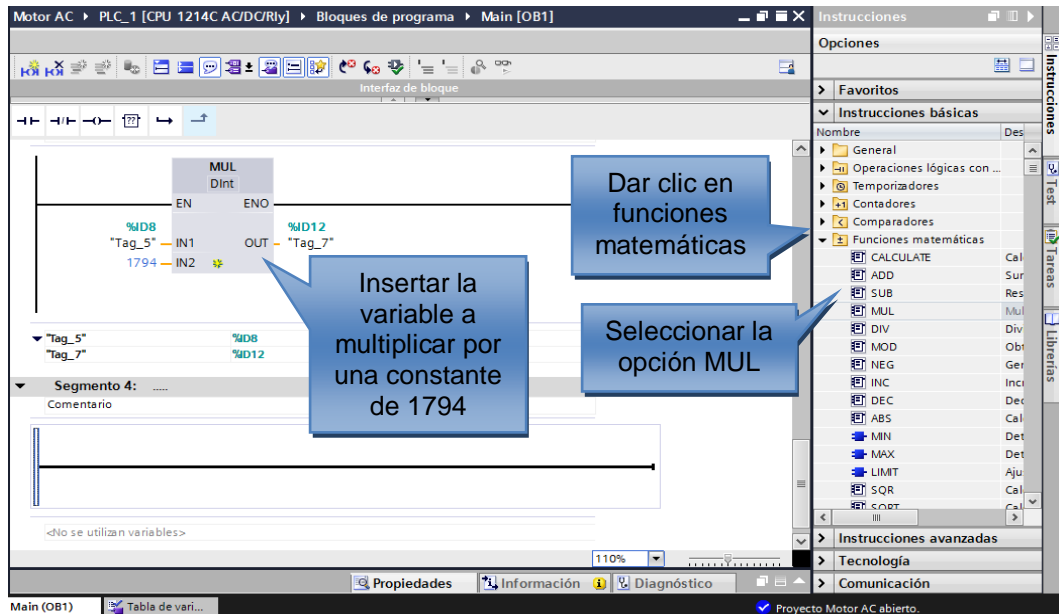


Figura 3.31. MUL (multiplicar) RPM  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 21: “Dividir” en el catálogo instrucciones básicas elegir la carpeta funciones matemáticas la opción “DIV”.

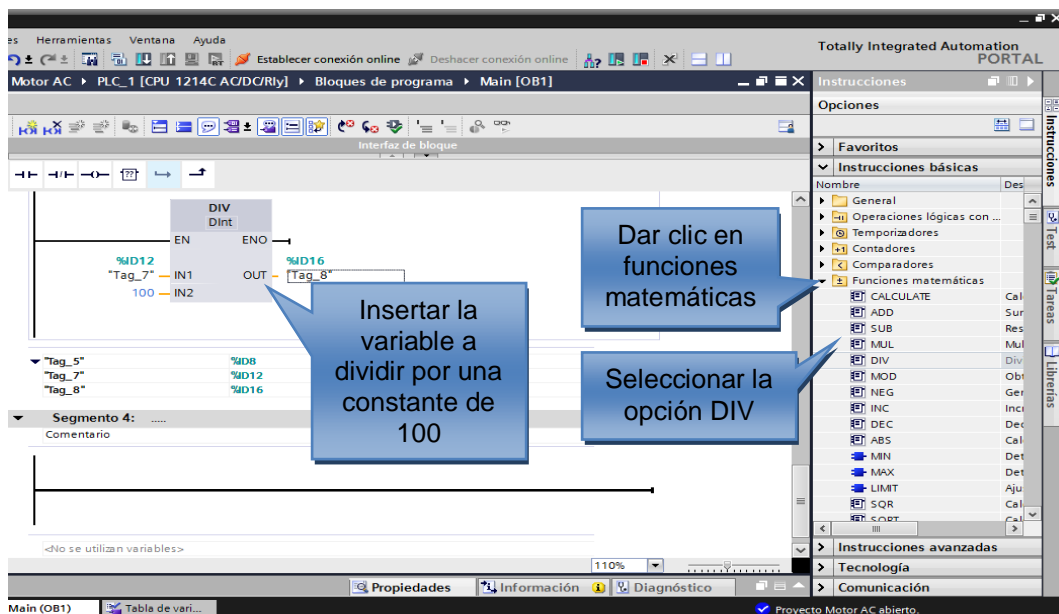


Figura 3.32. DIV (dividir) RPM  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 22: “Convertir valor” en el catálogo instrucciones básicas elegir la carpeta conversión la opción “CONV”.

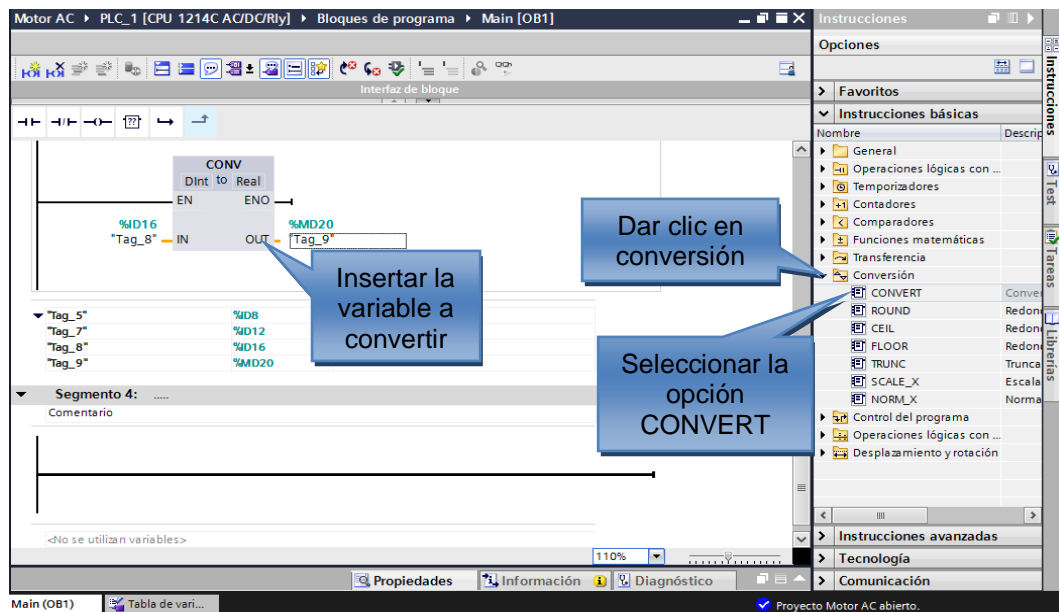


Figura 3.33. CONV (convertir valor) RPM  
Elaborado por: Wilson Zumba

Tabla 3.5. Bloques de Operación

Bloques de operación	Función
<b>MOVE</b>	Transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1. La transferencia se efectúa siempre por orden ascendente de direcciones.
<b>MUL</b>	Permite multiplicar el valor de la entrada IN1 por el valor de la entrada IN2 y devuelve el producto en la salida OUT ( $OUT = IN1 * IN2$ ).
<b>DIV</b>	Permite dividir el valor de la entrada IN1 por el valor de la entrada IN2 y consultar el cociente en la salida OUT ( $OUT = IN1 / IN2$ ).
<b>CONV</b>	Lee el contenido del parámetro IN y lo convierte según los tipos de datos seleccionados en el cuadro de la instrucción. El valor convertido se deposita en la salida OUT.

Elaborado por: Wilson Zumba

### 3.6.2.1. Escalamiento

Para la programación del control de velocidad de un motor trifásico realizar un escalamiento para determinar el porcentaje de la velocidad hasta el 100 % y las RPM que genera el motor trifásico.

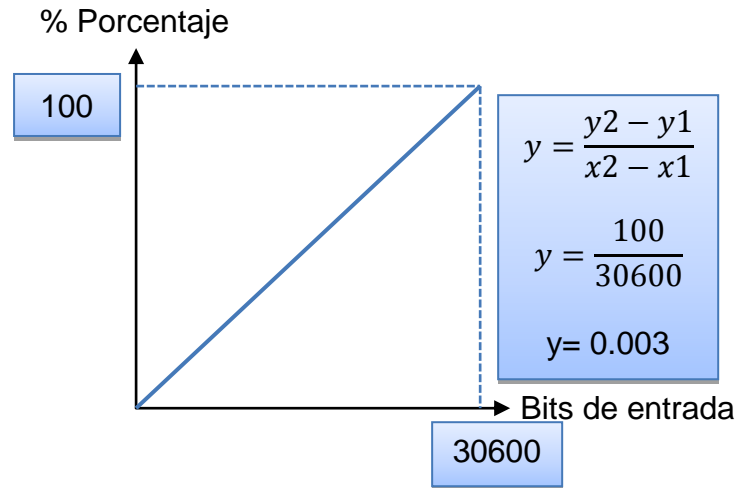


Figura 3.34. Escalamiento % porcentaje de velocidad  
Elaborado por: Wilson Zumba

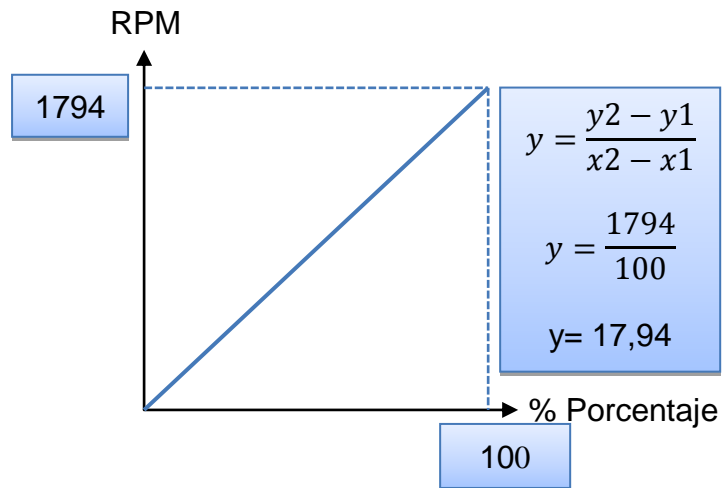


Figura 3.35. Escalamiento RPM  
Elaborado por: Wilson Zumba

### 3.6.2.2. Control PID

- ÍTEM 23: “Agregar nuevo bloque” en el árbol del proyecto seleccionar la carpeta bloques de programa para optar por la opción agregar nuevo bloque. En la ventana creada elegir bloque de organización.

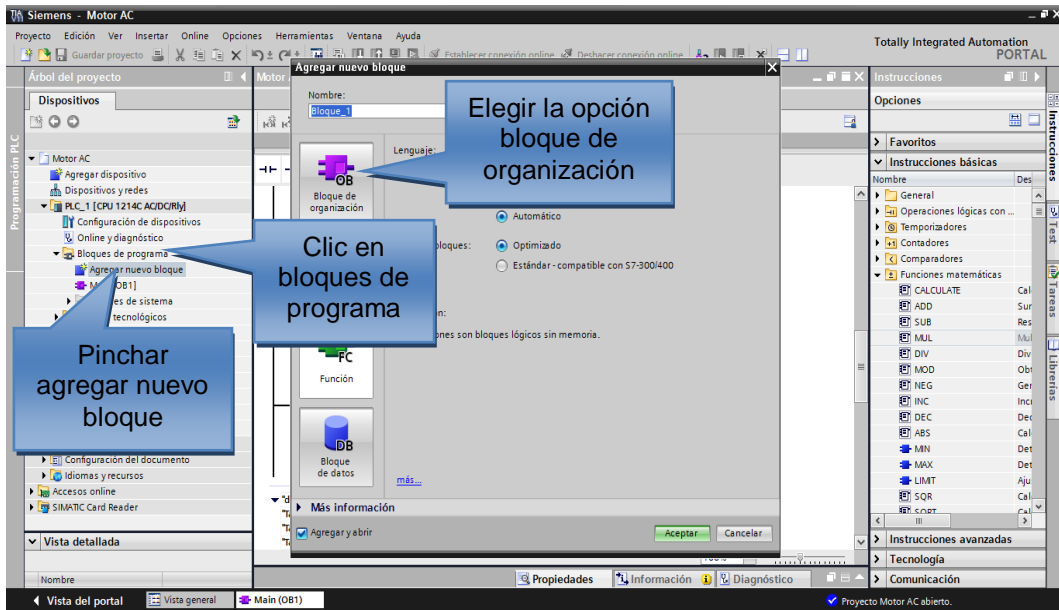


Figura 3.36. Agregar nuevo bloque

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 24: “Agregar Control PID” en agregar nuevo bloque seleccionar Cyclicinterrupt para crear una nueva ventana de programación. En el catálogo instrucciones básicas en la opción tecnología elegir la carpeta PID control. Pinchar en la carpeta Compact PID y escoger el icono PID\_Compact.

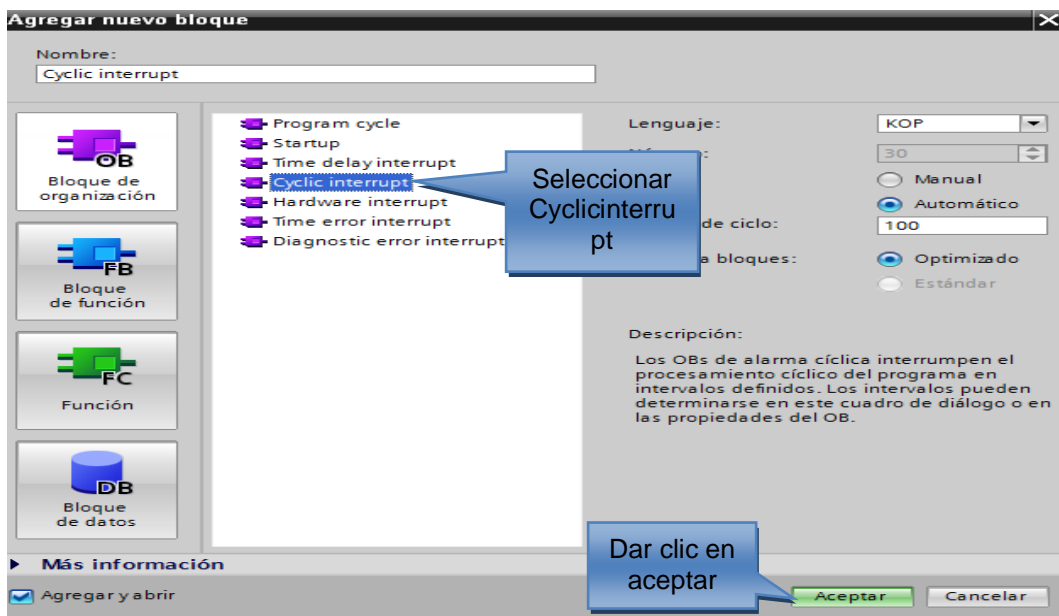


Figura 3.37. CyclicInterrupt

Elaborado por: Wilson Zumba



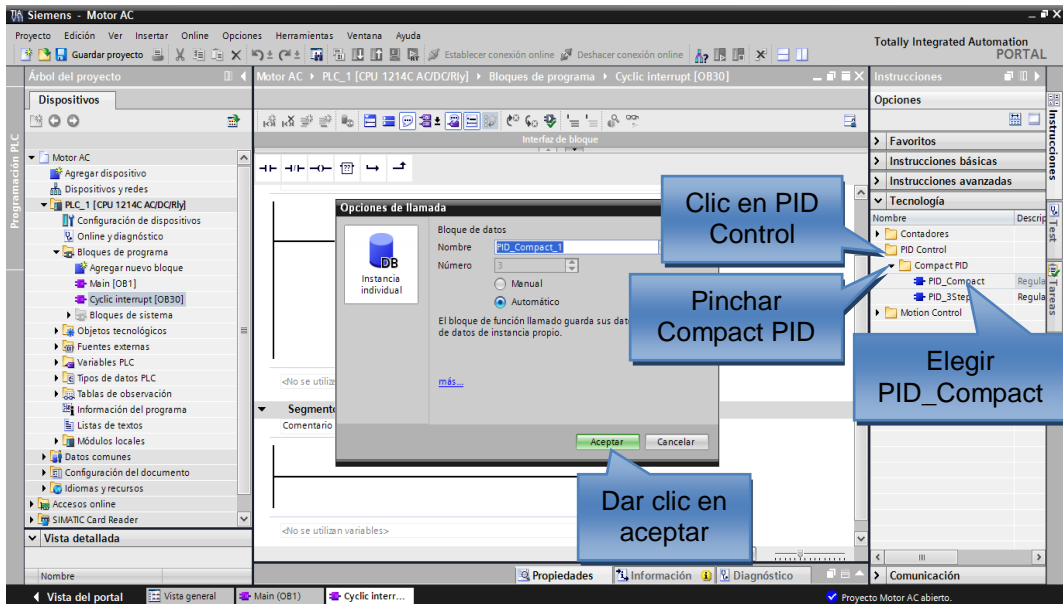


Figura 3.38. Agregar Control PID  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 25: “Parámetros control PID” modificar los parámetros para la programación adecuada de dicho control.

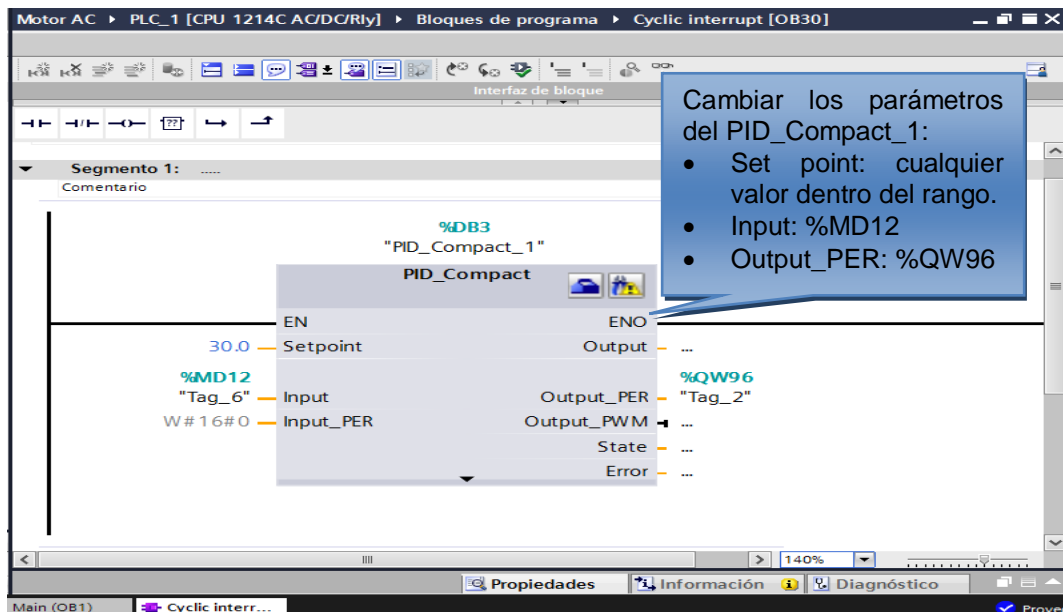


Figura 3.39. Parámetros control PID  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 26: “Configuración del control PID” abrir la ventana de configuración en el bloque de operación PID\_Compact\_1 y cambiar los parámetros de dicho bloque.

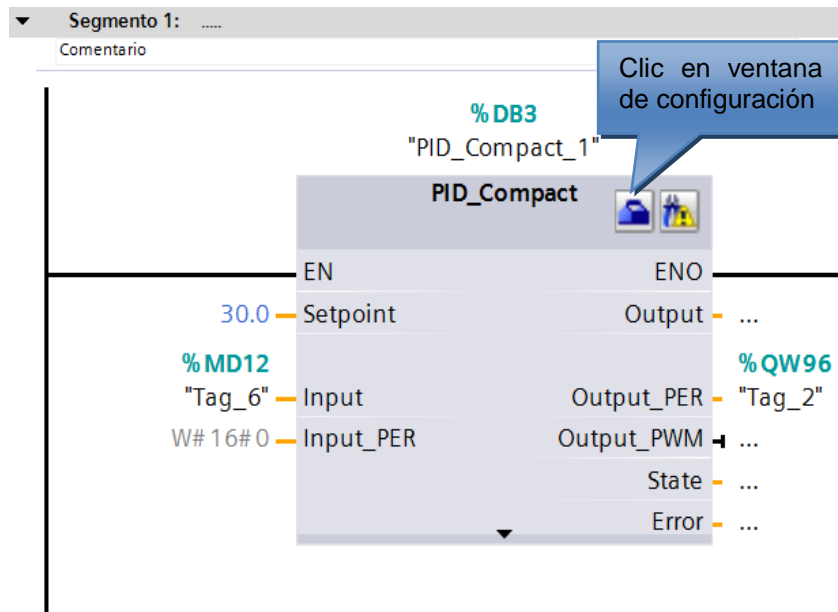


Figura 3.40. PID\_Compact\_1  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 27: “Ajustes” en la opción ajustes básicos modificar el tipo de regulación (revoluciones) y en parámetros de entrada/salida seleccionar input. En ajustes del valor real cambiar el límite superior del valor real (100.0).

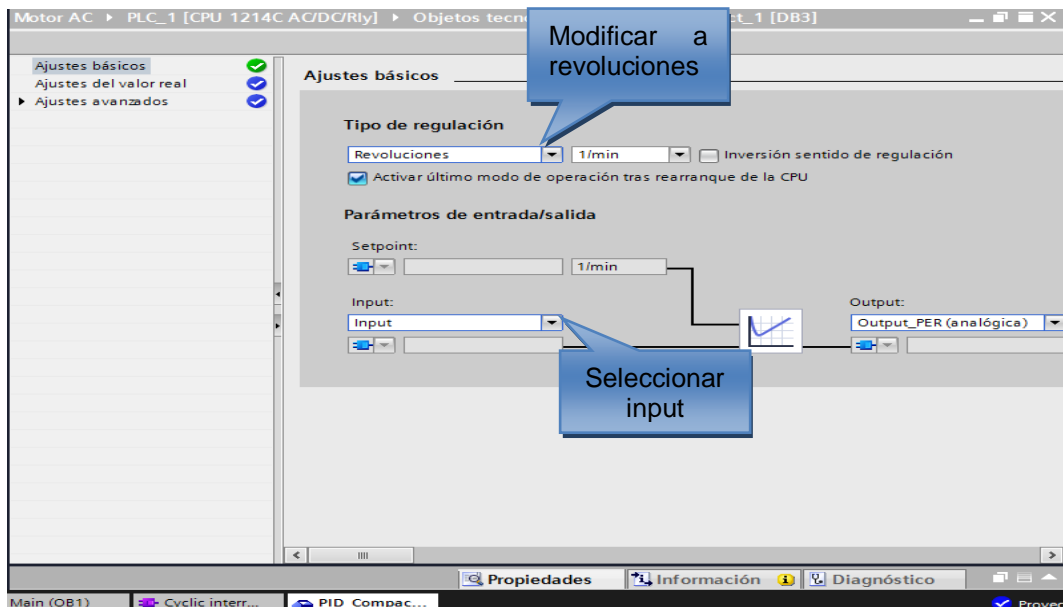


Figura 3.41. Ajustes básicos  
Elaborado por: Wilson Zumba

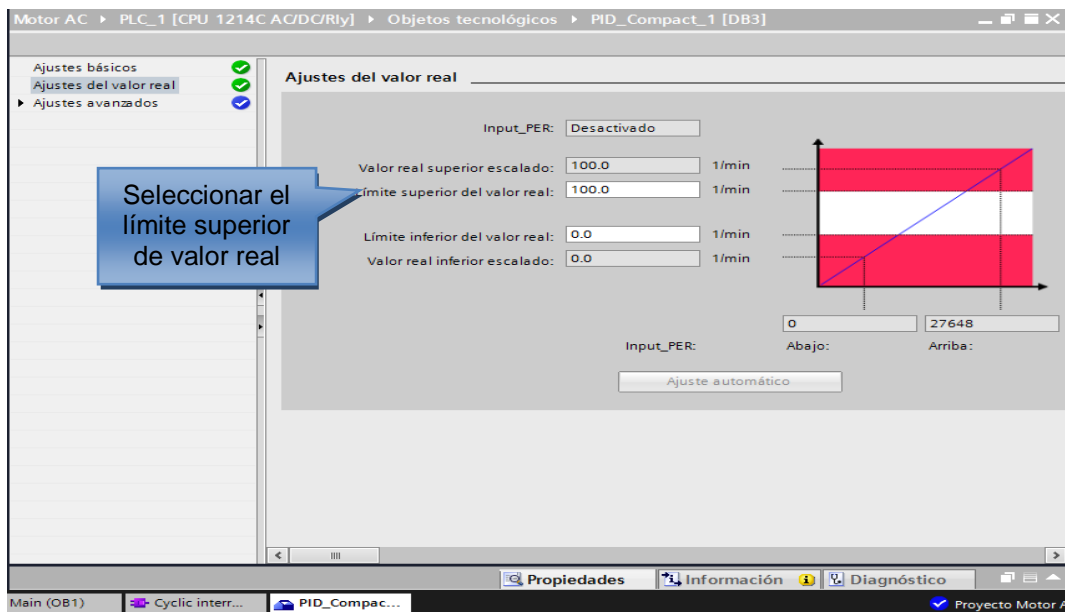


Figura 3.42. Ajustes del valor real  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 28: “Establecer conexión” primero compilar la programación realizada, segundo cargar el programa al PLC y por último establecer conexión para la puesta en servicio.

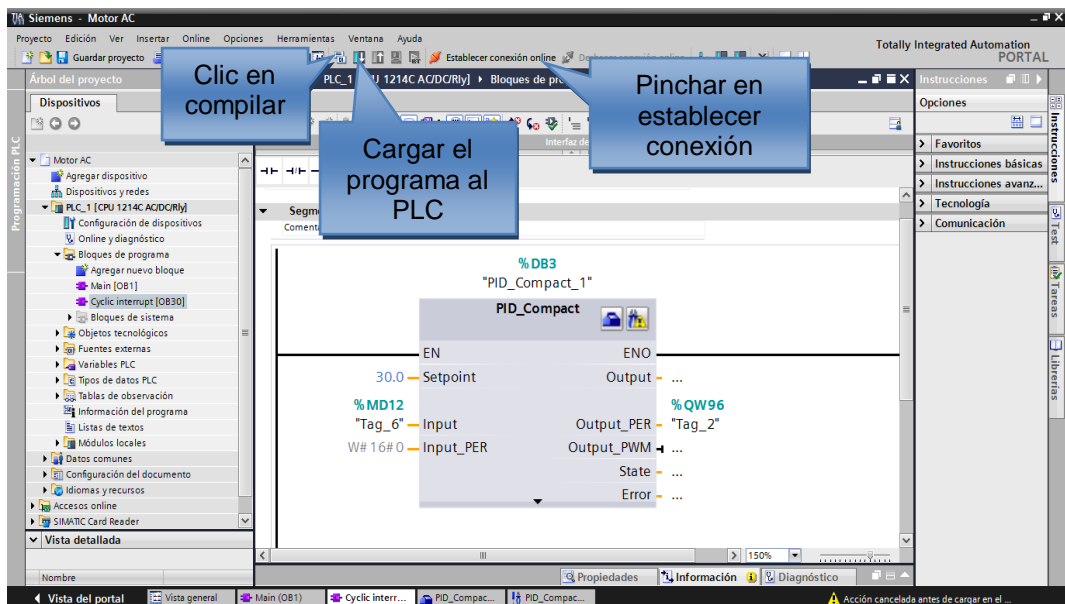


Figura 3.43. Establecer conexión  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 29: “Puesta en servicio” abrir la ventana para la puesta en servicio en el bloque de operación PID\_Compact\_1

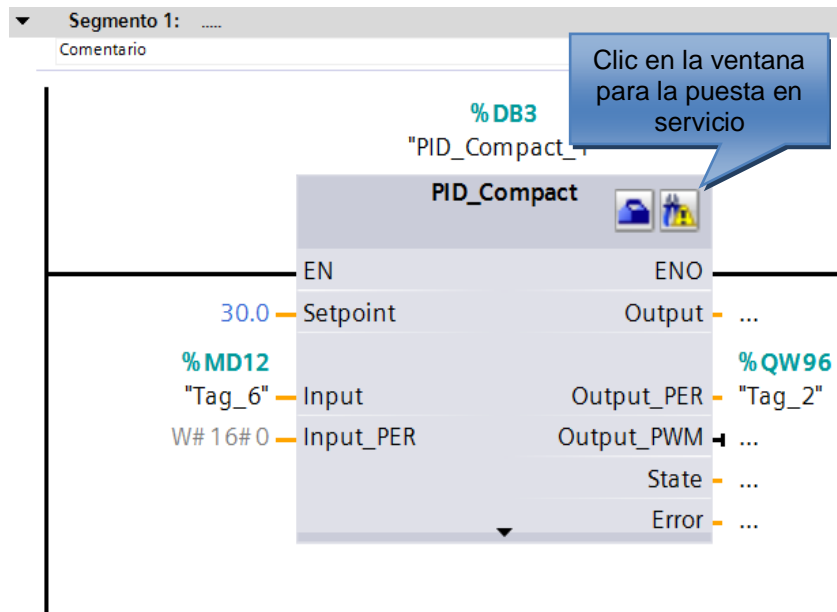


Figura 3.44. Puesta en servicio

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 30: “Sintonización de la señal” en la ventana optimización cambiar modo de optimización por la opción optimización fina. Dar clic en los iconos start para modificar su estado e iniciar la sintonización de la señal.

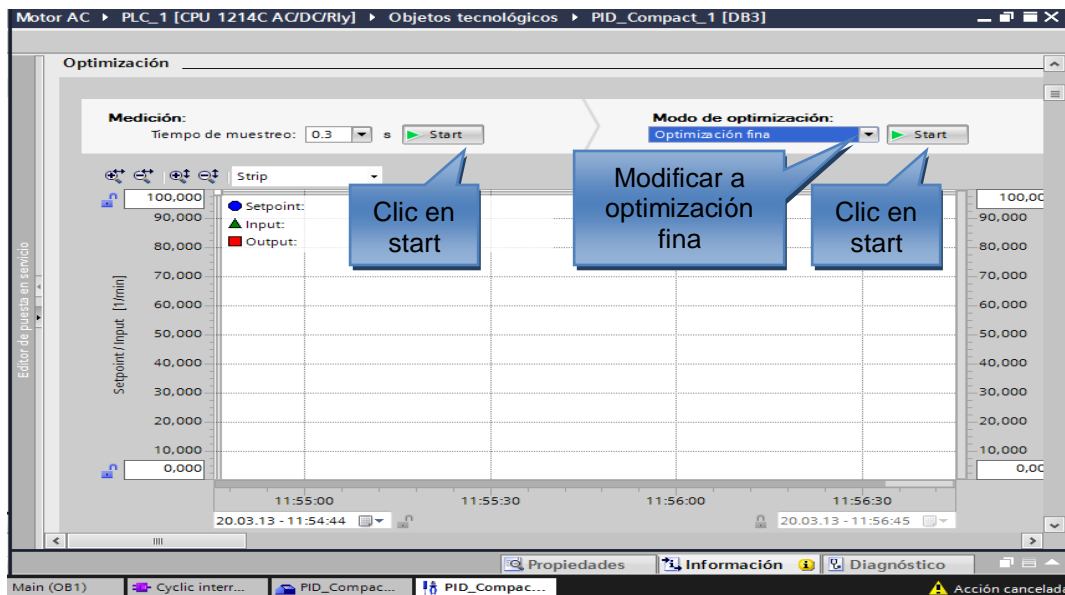


Figura 3.45. Ventana optimización

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 31: “Pruebas de sintonización” en el bloque de operación PID\_Compact\_1 cambiar el valor del set point para comprobar la sintonización de la señal a diferentes valores.

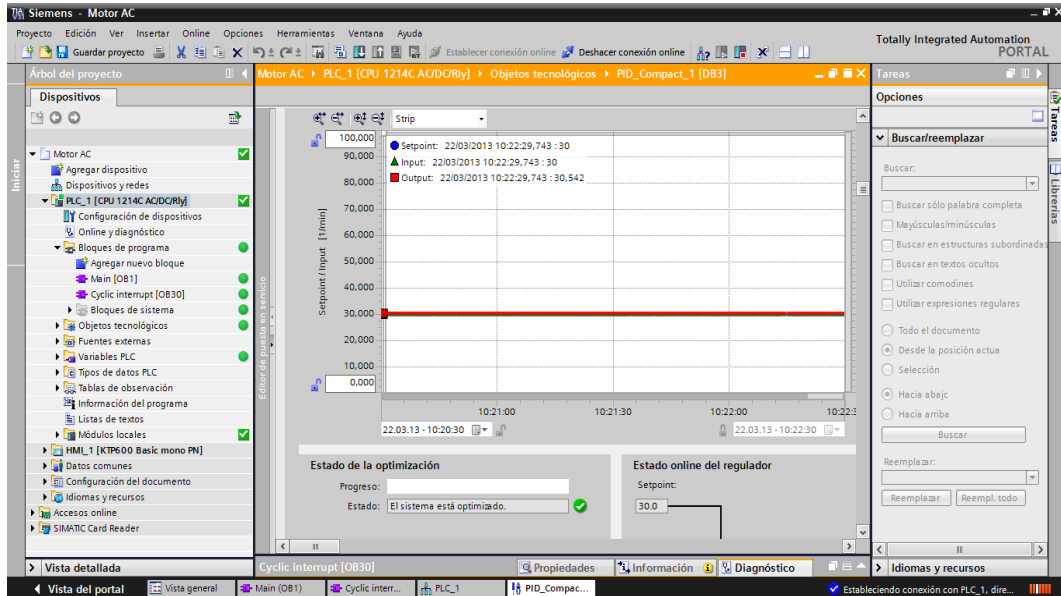


Figura 3.46. Sintonización de señal en set point a 30  
Elaborado por: Wilson Zumba

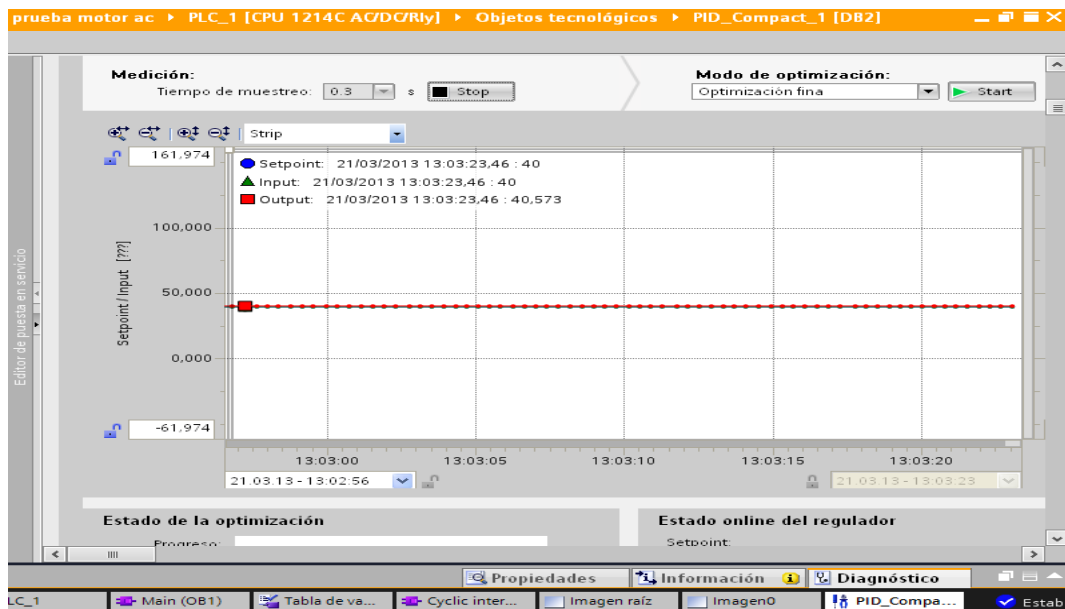


Figura 3.47. Sintonización de señal en set point a 40  
Elaborado por: Wilson Zumba

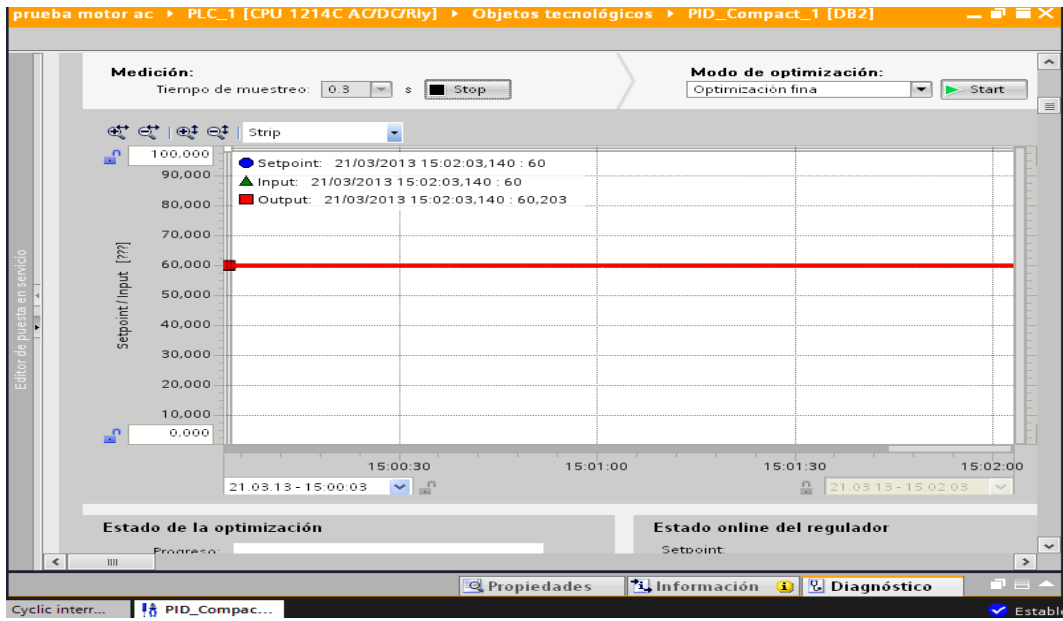


Figura 3.48. Sintonización de señal en set point a 60  
 Elaborado por: Wilson Zumba

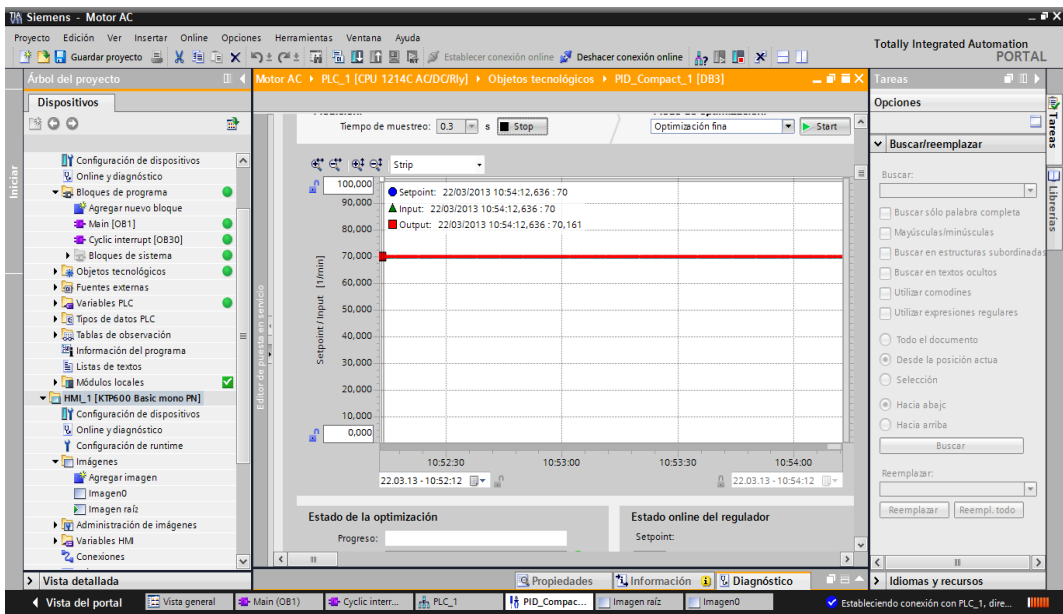


Figura 3.49. Sintonización de señal en set point a 70  
 Elaborado por: Wilson Zumba

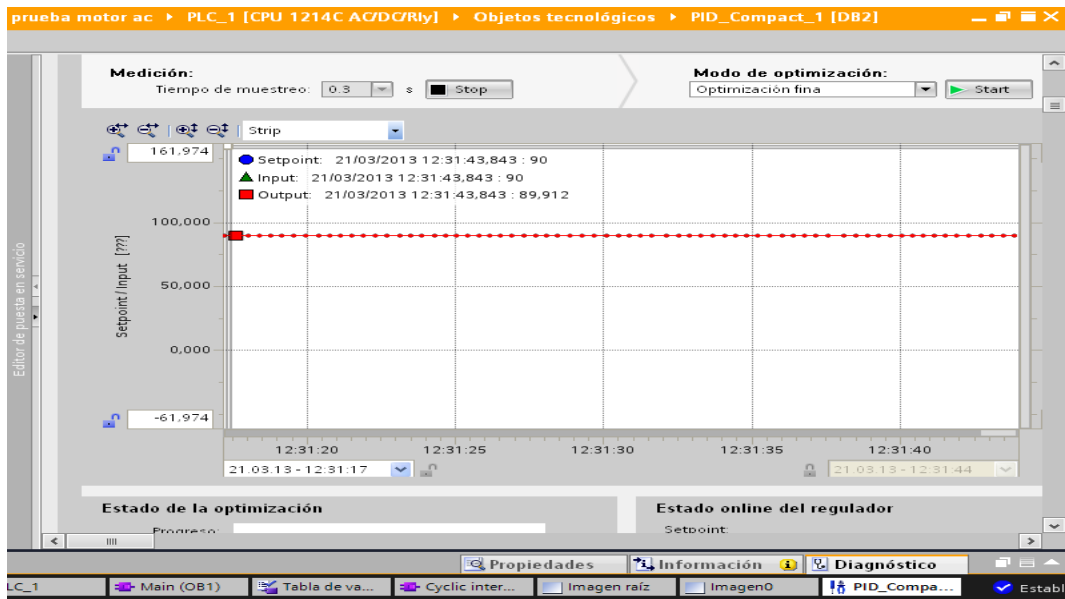


Figura 3.50. Sintonización de señal en set point a 90  
Elaborado por: Wilson Zumba

### 3.6.3. Programación de la Pantalla HMI

El HMI se debe instalar y configurar, para esto se debe seguir los siguientes pasos:

- ÍTEM 32: “Insertar Pantalla” lo que hay que realizar es añadir la pantalla que se posea físicamente. En la ventana del árbol del proyecto dar clic en insertar nuevo equipo y pinchar en aceptar.

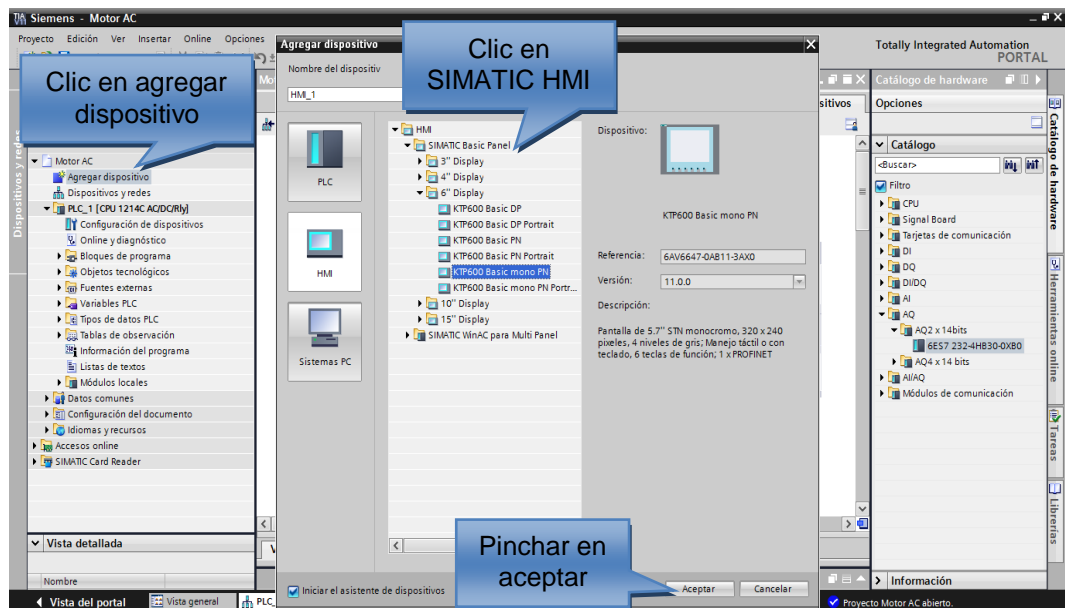


Figura 3.51. Ingresar SIMATIC HMI  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 33: “Configuración de la HMI” seleccionar a que PLC está conectado. Para ello elegir el botón “seleccionar” y luego en siguiente.

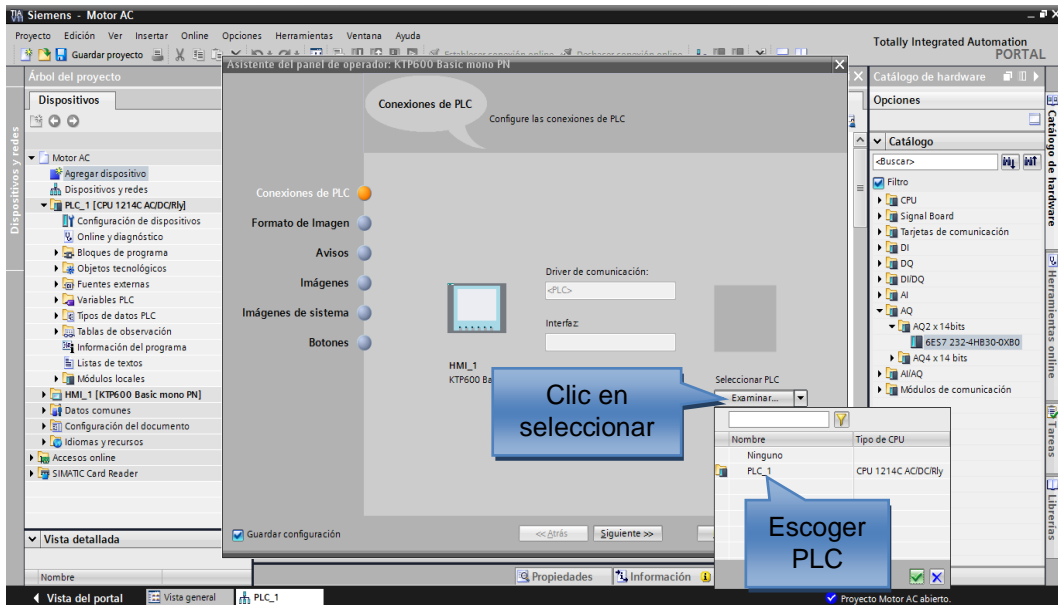


Figura 3.52. Seleccionar pantalla HMI  
Elaborado por: Wilson Zumba

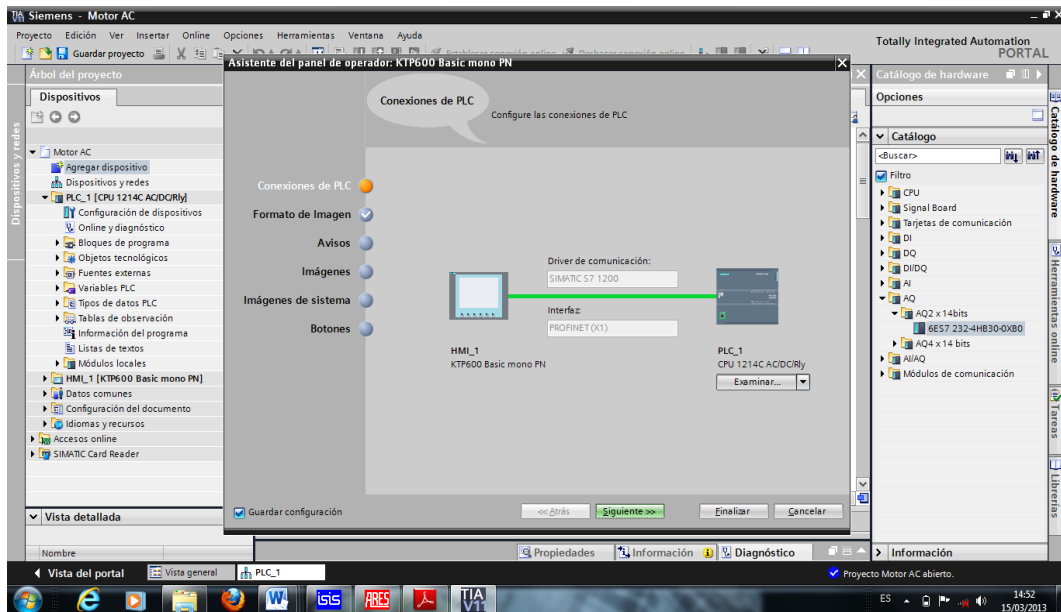


Figura 3.53. Seleccionar la CPU con la que comunica  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 34: “Propiedades de la pantalla” elegir el color de fondo, encabezado, fecha y logo.



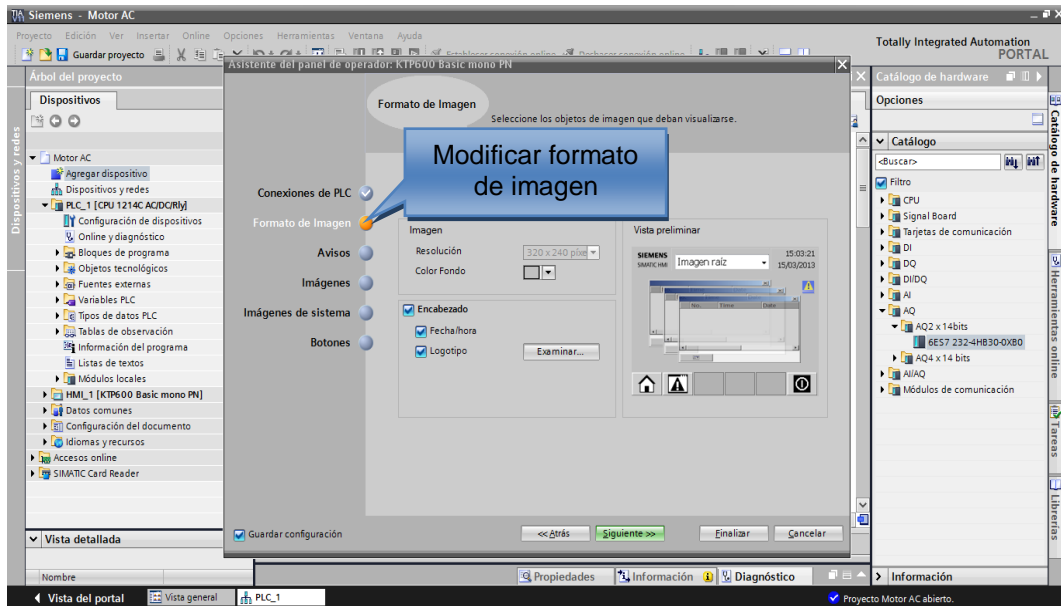


Figura 3.54. Propiedades de la pantalla HMI.

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 35: “Avisos” editar la opción si se requiere que se genere la pantalla de alarmas.

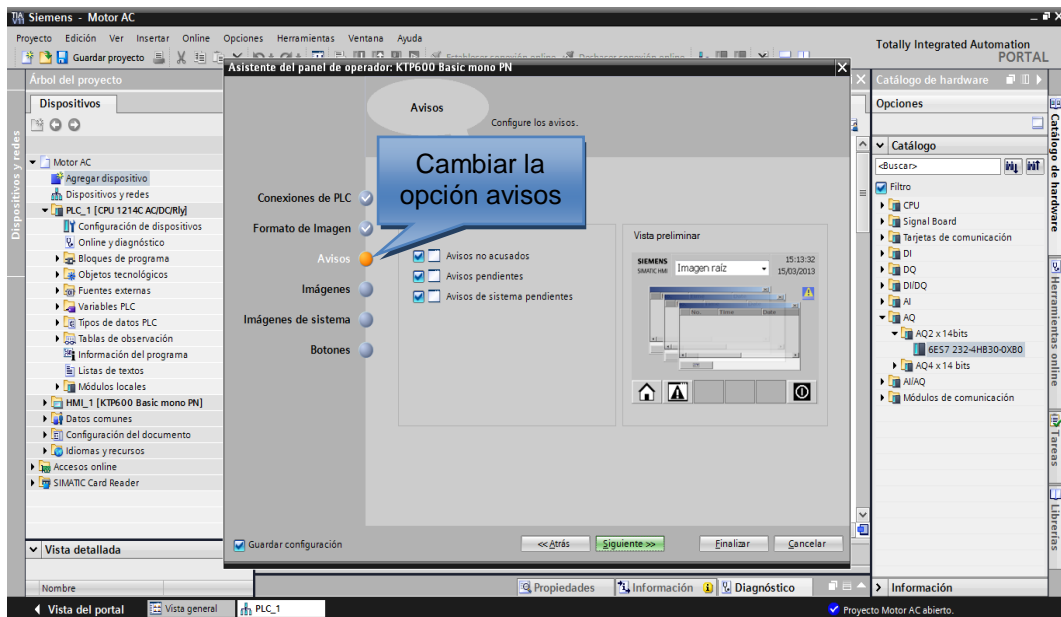


Figura 3.55. Seleccionar pantalla de alarmas

Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 36. “Imágenes” elegir el número de ventanas de usuario que se desee crear.

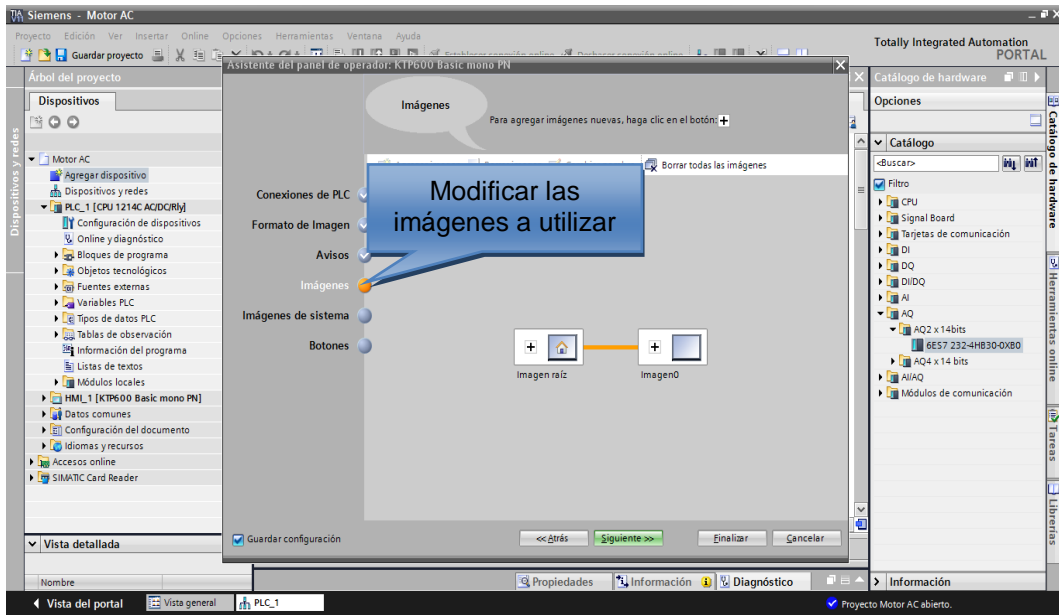


Figura 3.56. Indicar número de pantallas de usuario  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 37: “Imágenes de sistema” en esta ventana elegir que pantallas de sistema se necesita que se cree automáticamente y con qué opciones.

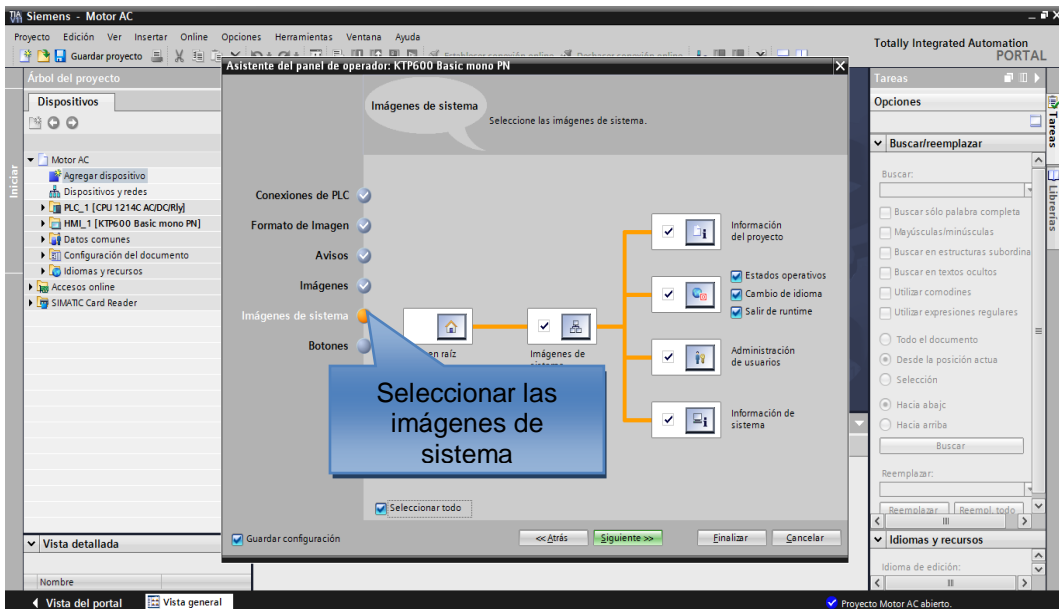


Figura 3.57. Elegir pantallas de sistema  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 38: “Botones” insertar los botones que se requiera que aparezca en la pantalla HMI por defecto. Después dar clic en finalizar para comenzar a editar desde el editor del HMI.

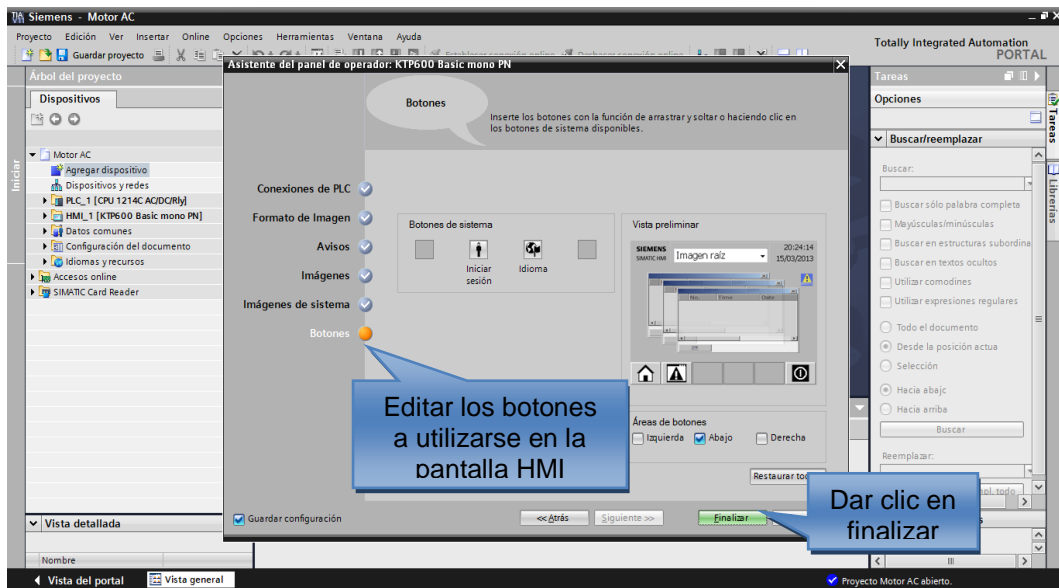


Figura 3.58. Seleccionar los botones por defecto  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 39: “Editar pantallas” una vez finalizado el asistente, para empezar dar clic en el árbol de proyecto y seleccionar la opción “imágenes”. Una vez en la imagen deseada comienzo a editarla insertando objeto de la barra de herramientas arrastrando y soltando.

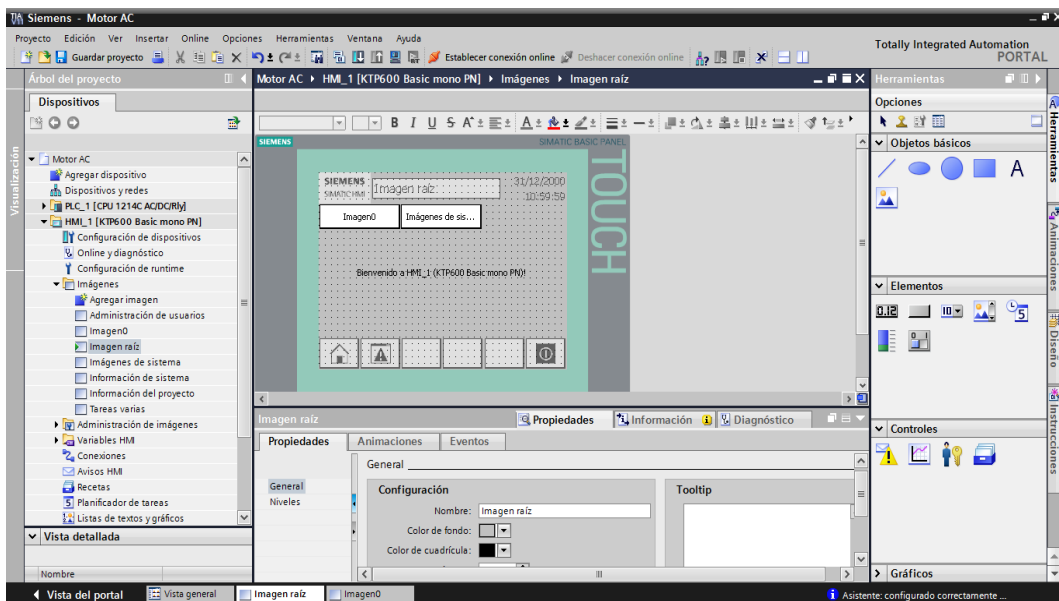


Figura 3.59. Editar pantallas de usuario  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 40: “Agregar imagen” en el catálogo herramientas en la opción objetos básicos seleccionar el icono visor de gráficos y finalmente dar clic en propiedades para definir la imagen a ingresar en la pantalla.

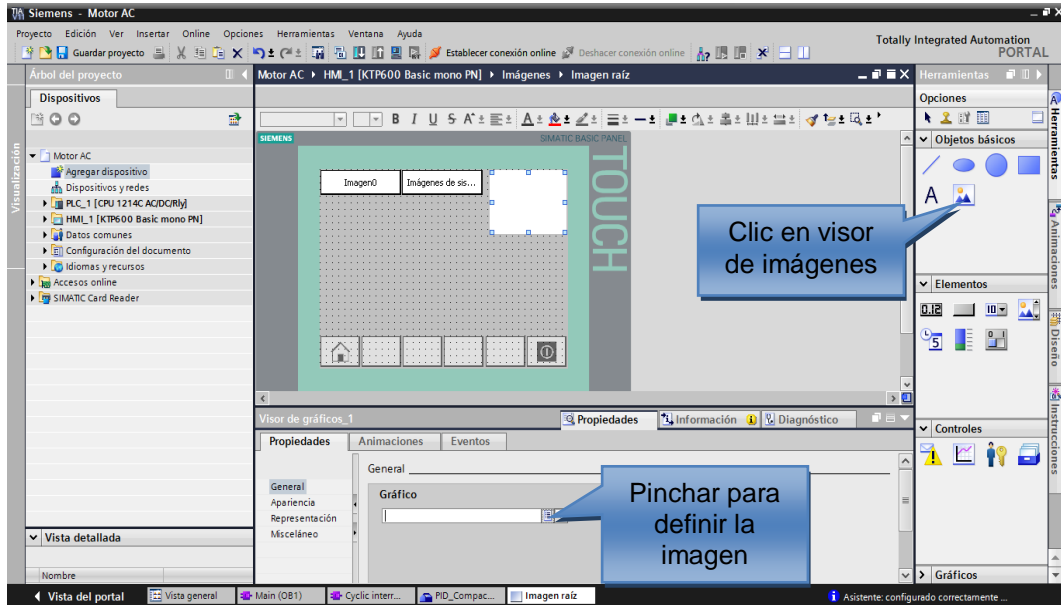


Figura 3.60. Agregar imagen  
Elaborado por: Wilson Zumba

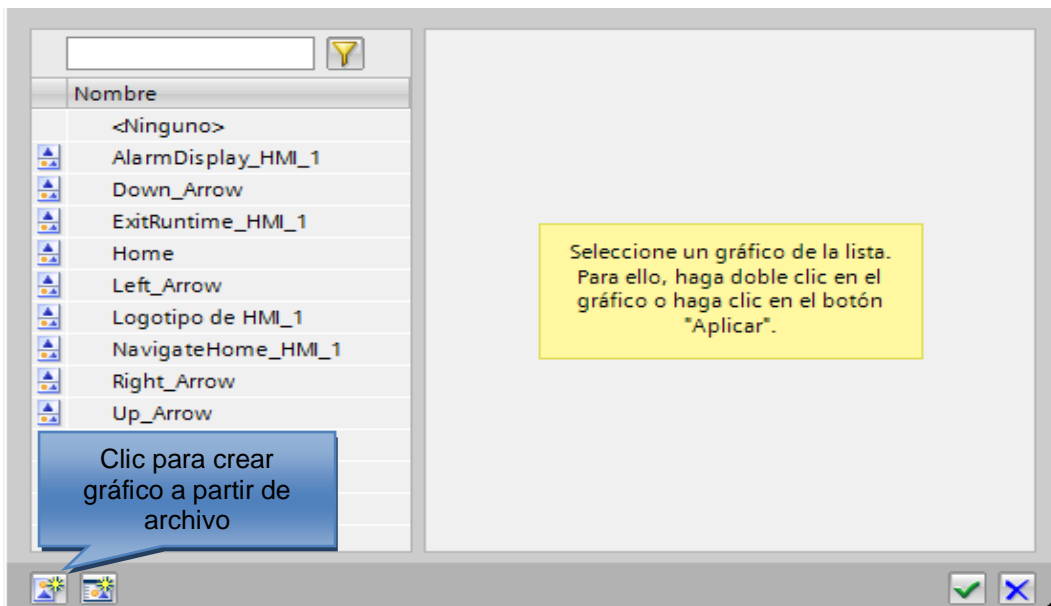


Figura 3.61. Crear gráfico  
Elaborado por: Wilson Zumba

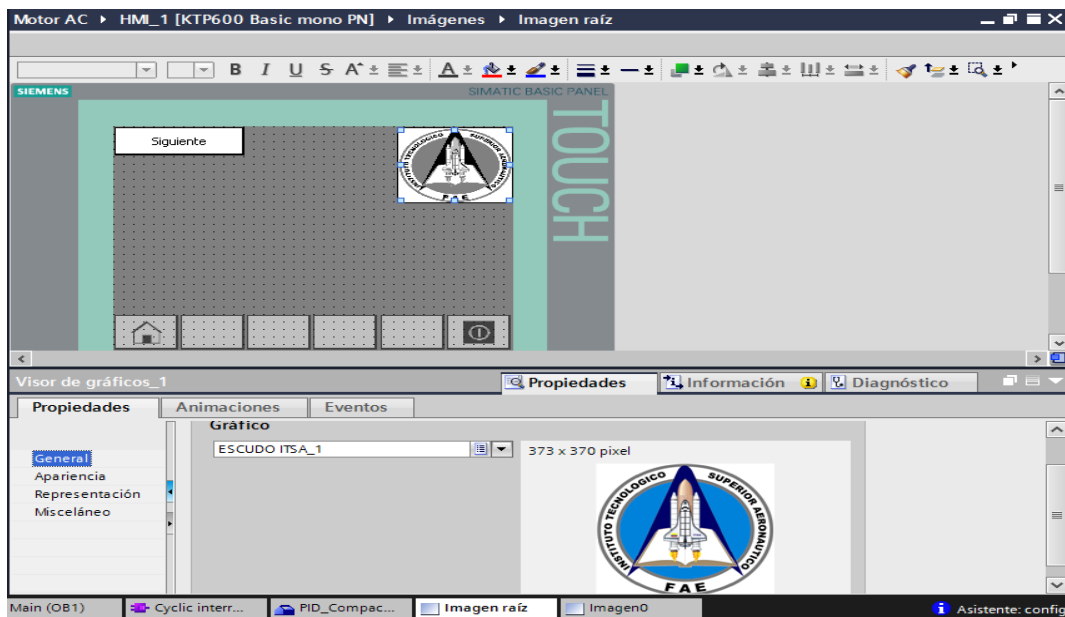


Figura 3.62. Imagen  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 41: “Insertar texto” en el catálogo herramientas en la opción objetos básicos elegir el icono campo de texto y finalmente dar clic en propiedades para modificar los parámetros de texto a ingresar en la pantalla.

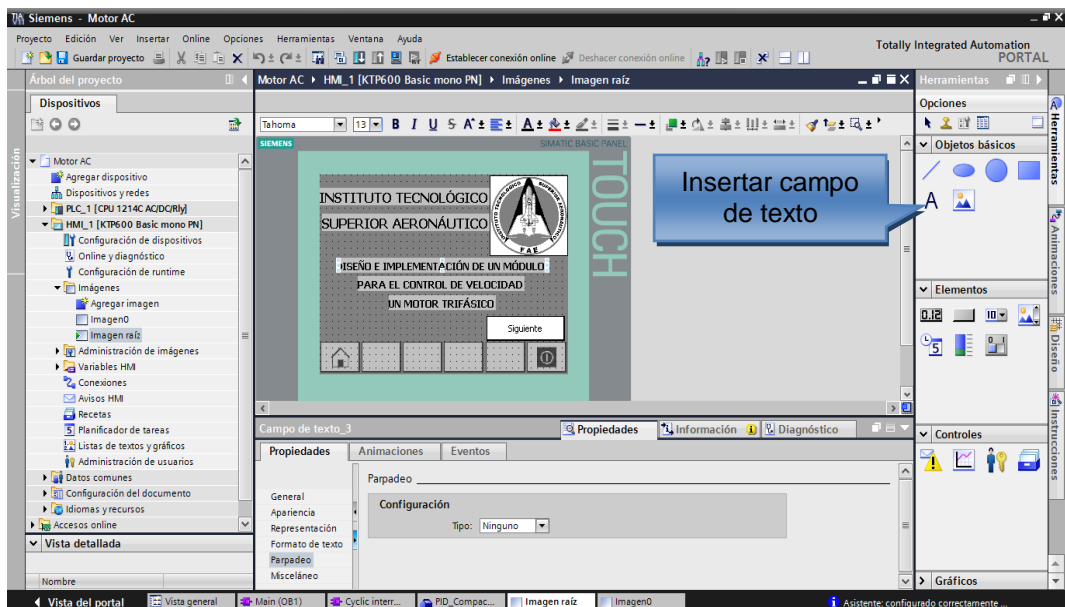


Figura 3.63. Insertar texto  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 42: “Desplegar pantalla” editar el boto 1 con el nombre siguiente y en el campo de texto reformar la opción título a ingresar en la pantalla.

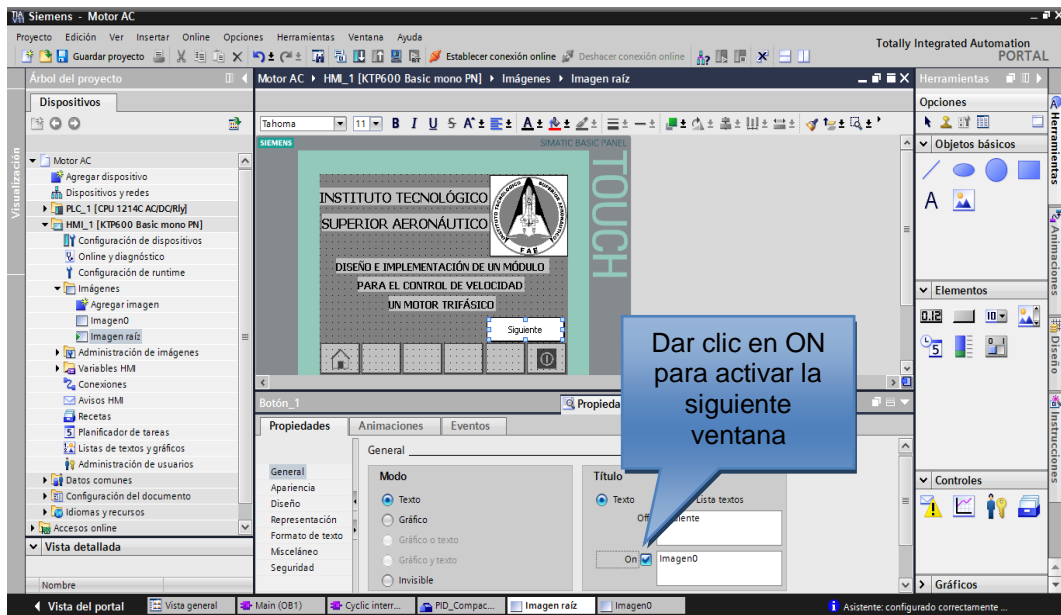


Figura 3.64. Insertar texto  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 43: “Añadir botones” ingresar 3 botones para mostrar el nombre de las variables utilizadas en la programación.

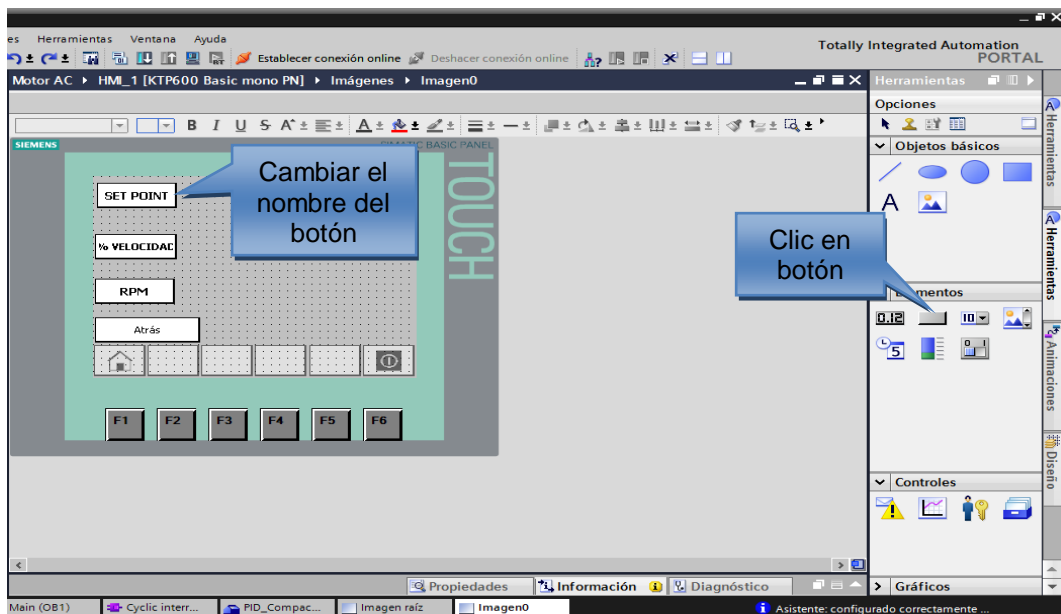


Figura 3.65. Añadir botones  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 44: “Crear controlador” pinchar un campo E/S, en propiedades modificar lo siguiente: integrar la variable de set point, adoptar el tipo a entrada y en formato realizar el cambio a 999.

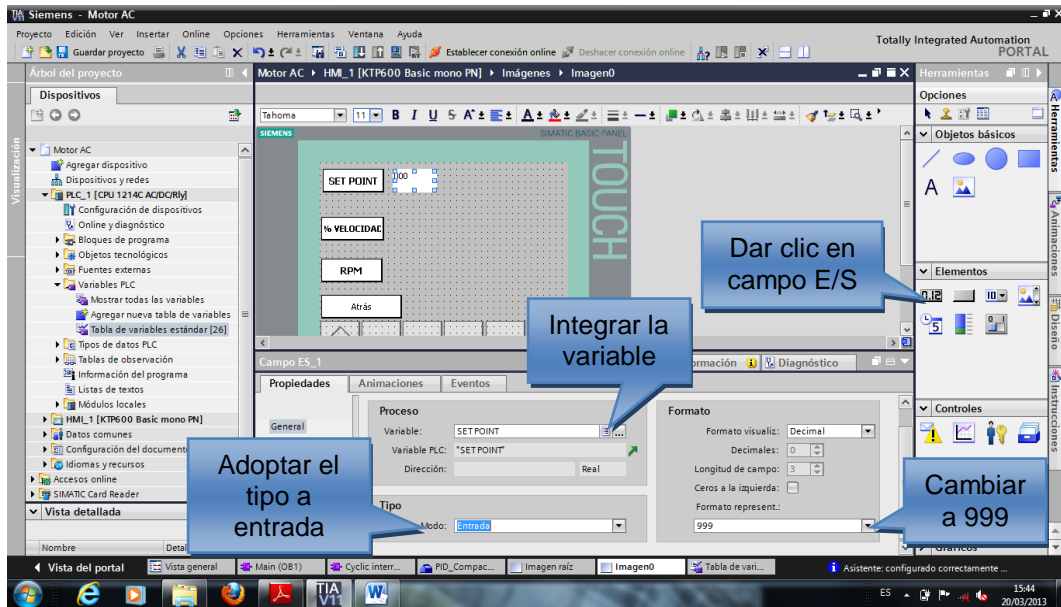


Figura 3.66. Controlador  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 45: “Crear indicador” ingresar un campo E/S, en propiedades modificar lo siguiente: integrar la variable del % de velocidad, adoptar el tipo a salida y en formato realizar el cambio a 999.

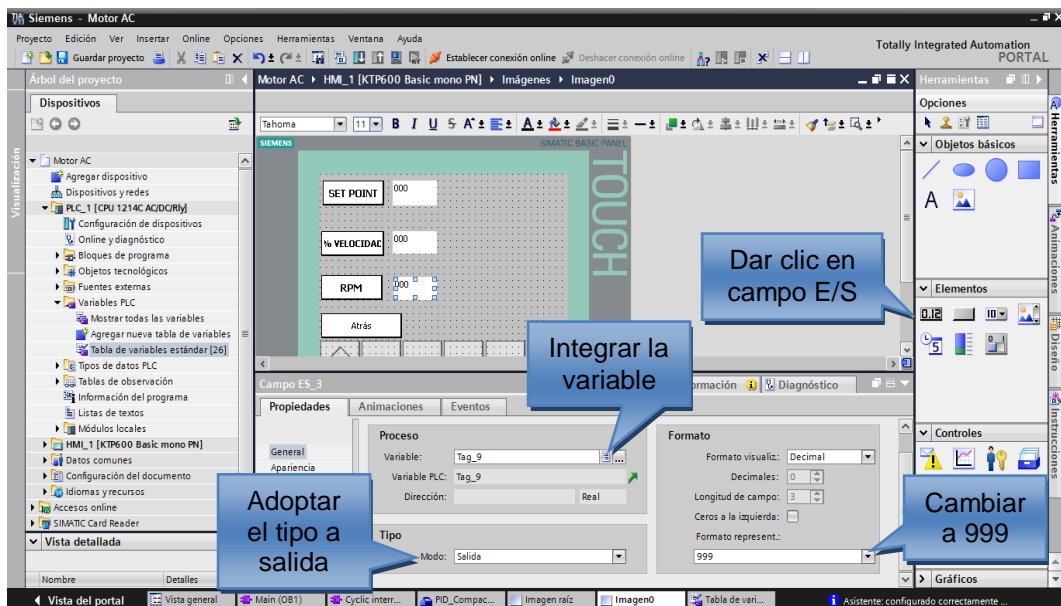


Figura 3.67. Indicador  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 46: “Insertar visor de curvas” dar clic en visor de curvas, en propiedades modificar lo siguiente: ingresar la variable de programación que se utiliza para él % de velocidad.

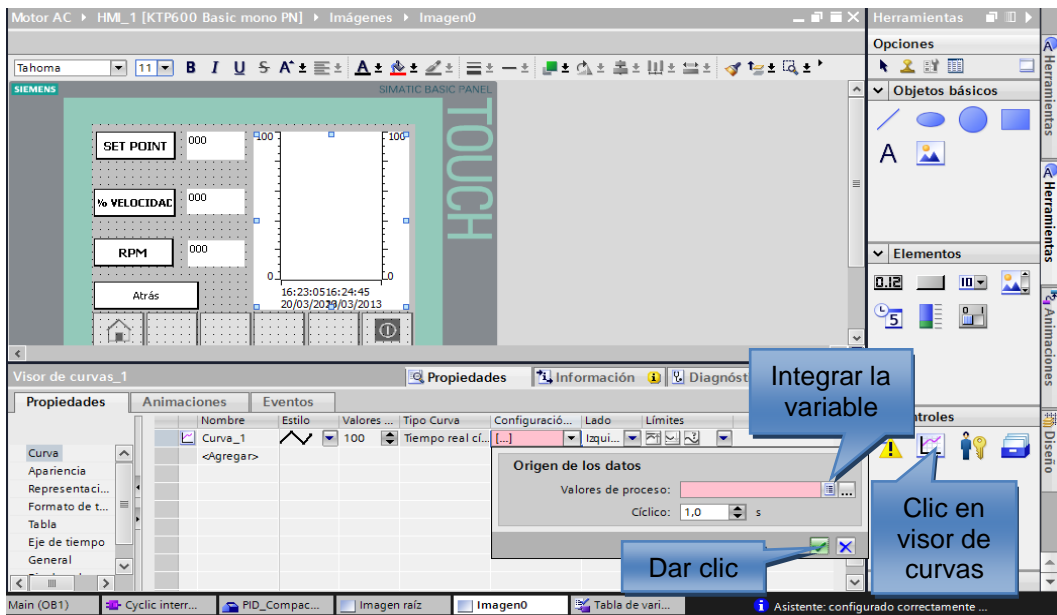


Figura 3.68. Visor de curvas  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 47: “Compilar, cargar y establecer conexión” una vez terminado la programación pinchar el icono compilar, luego dar clic en cargar programa y finalmente para efectuar la sintonización de señal seleccionar establecer conexión para transferir la programación.

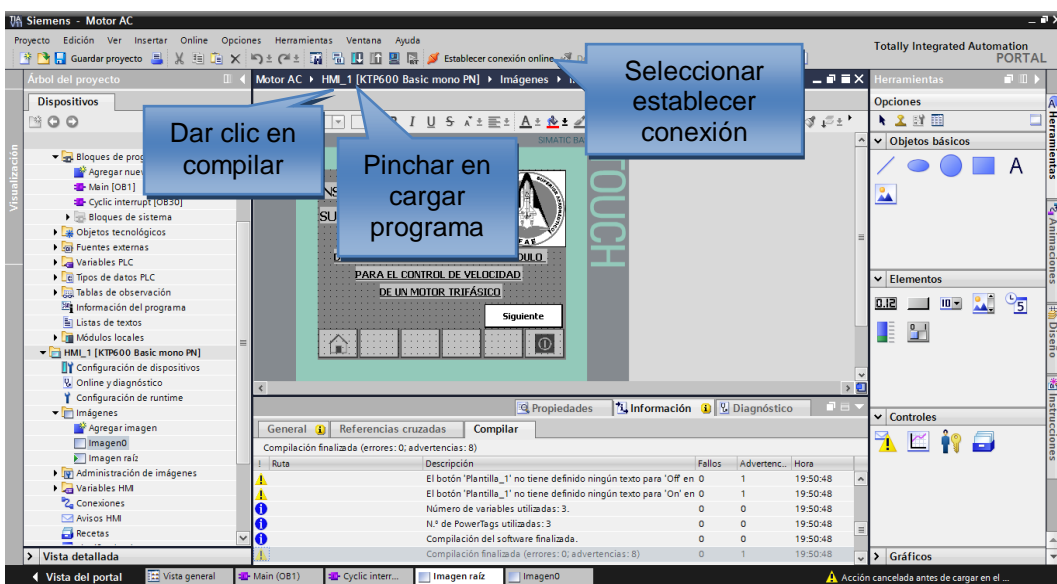


Figura 3.69. Establecer conexión  
Elaborado por: Wilson Zumba



- ÍTEM 48: “Sintonizar señal” una vez sintonizada la señal como lo indica las figuras del ítem 31, dar clic en cargar parámetros para luego ingresar la variable SET POINT en el bloque de operación PID\_COMPACT\_1 para efectuar el control desde la TOUCH PANEL. Nuevamente realizar los pasos del ítem 47.

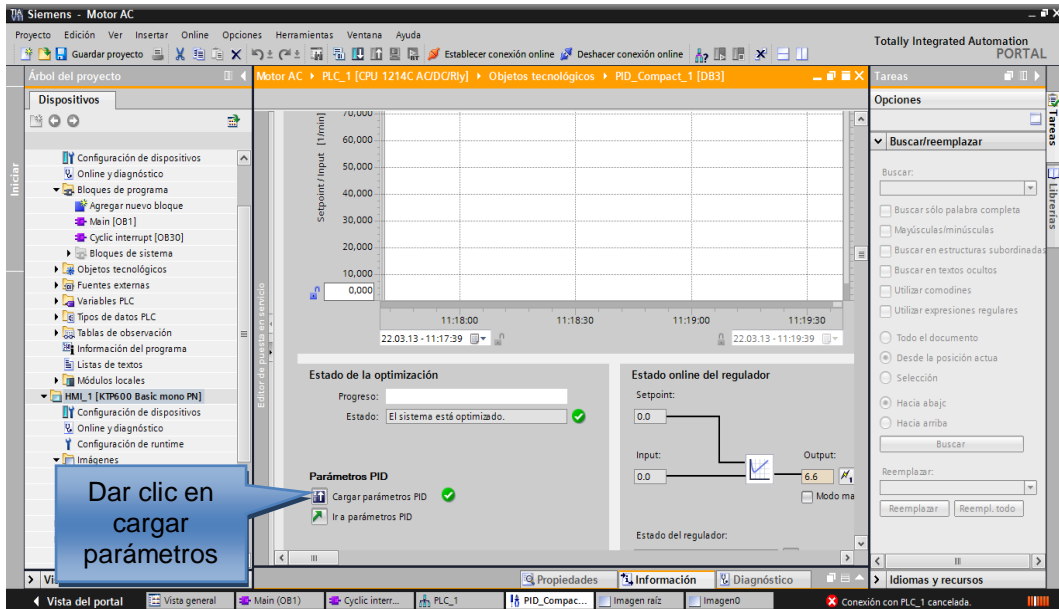


Figura 3.70. Cargar parámetros  
Elaborado por: Wilson Zumba

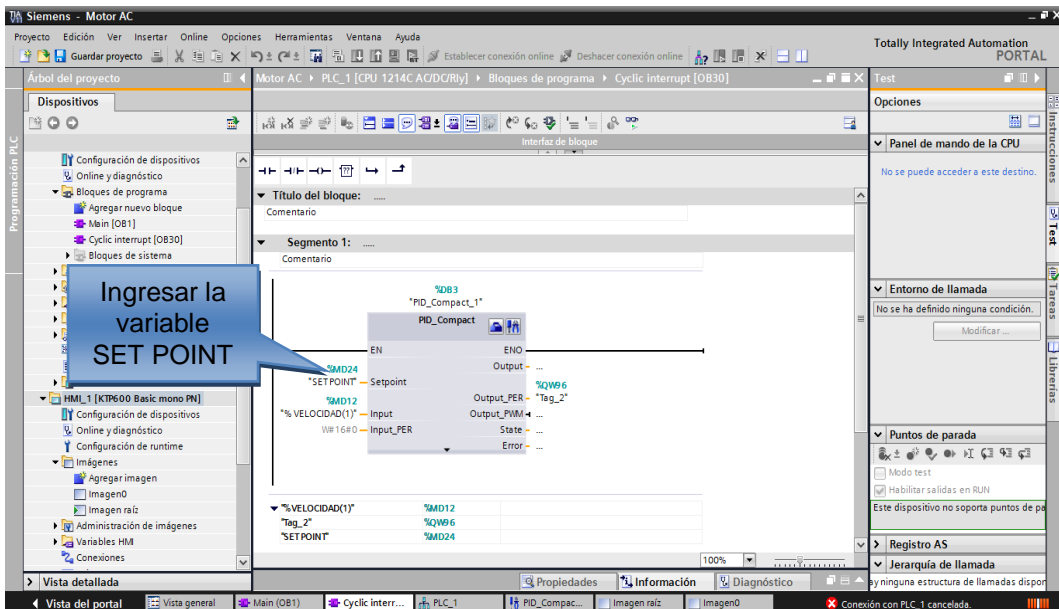


Figura 3.71. Variable SET POINT  
Elaborado por: Wilson Zumba

- ÍTEM 49: “Manipular TOUCH PANEL”, una vez transferido los datos de sintonización de señal manipular desde la pantalla táctil el set point. Además verificar el porcentaje de velocidad y las RPM que genera el motor trifásico.

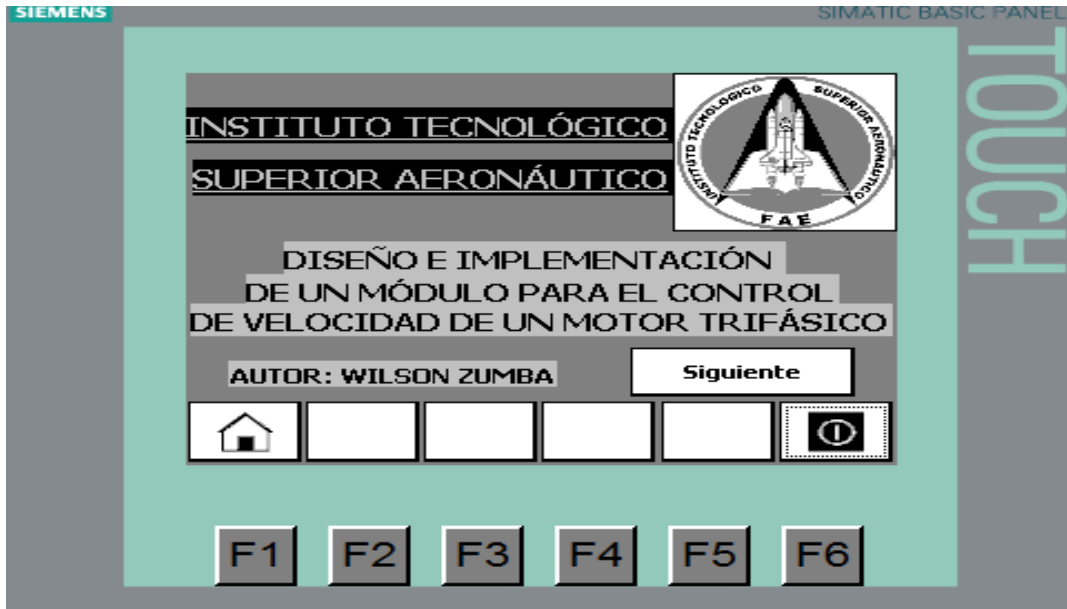


Figura 3.72. Touch Panel-Presentación  
Elaborado por: Wilson Zumba

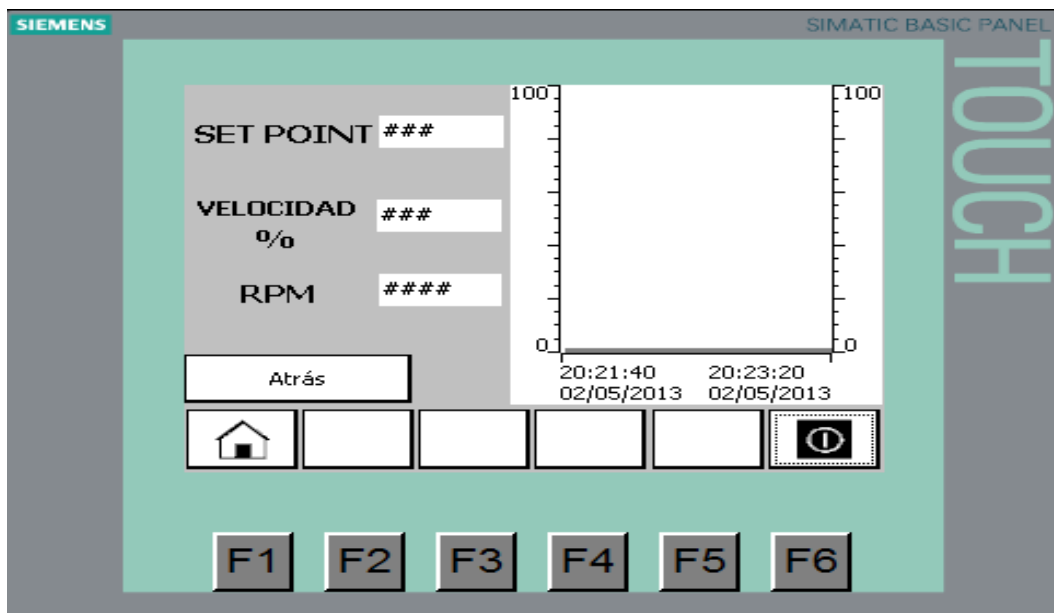


Figura 3.73. Touch Panel-Set Point  
Elaboradopor: Wilson Zumba

### 3.7. Pruebas funcionales

Para la realización de las pruebas se culminó con el diseño del módulo de monitoreo y control de velocidad de un motor trifásico para la adquisición y sintonización de señal del motor.



Foto 15. Módulo de Monitoreo y Control de Velocidad  
Elaborado Por: Wilson Zumba

Al instante que se realizó la adecuación de la señal se determinó que la señal de entrada es la principal para el control y monitoreo del motor trifásico es por eso que se realizó varias pruebas.

Para ésto se tomaron muestras de la señal de entrada a diferentes valores de set point ya que se va ingresar a un rango de 0-100, para que el motor tenga la variación de frecuencia desde 0Hz hasta los 60Hz que es el límite de frecuencia del variador de velocidad.

A continuación se detalla de forma gráfica cada una de las variaciones de señal y cómo se visualiza en la TOUCH PANEL KTP600PN.

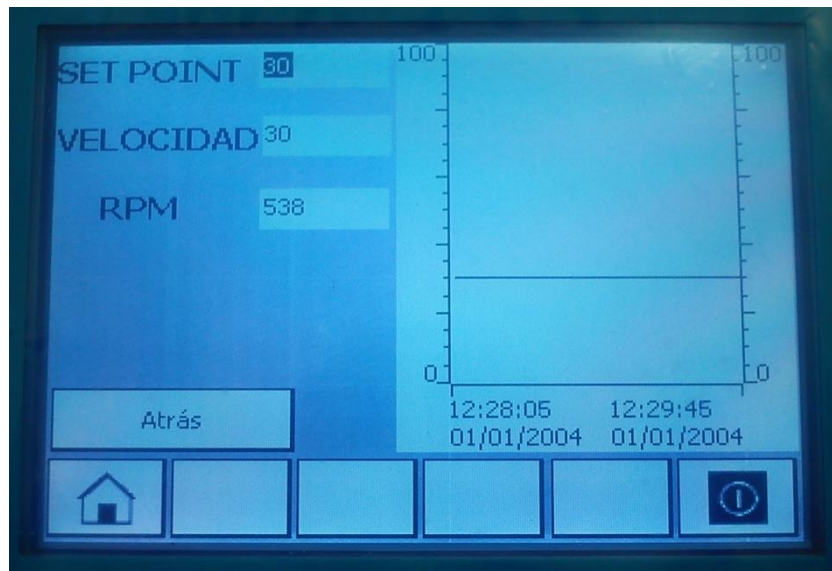


Foto 16. SET POINT 30  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

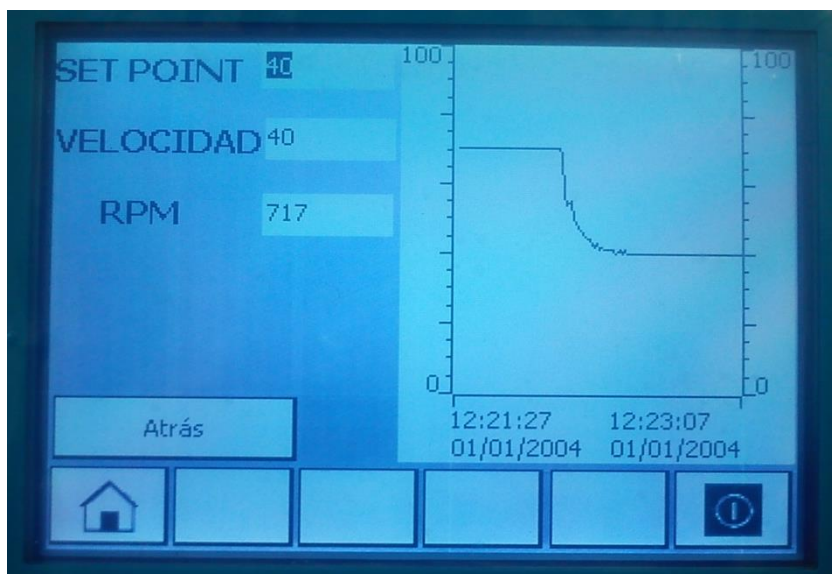


Foto 17. SET POINT 40  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

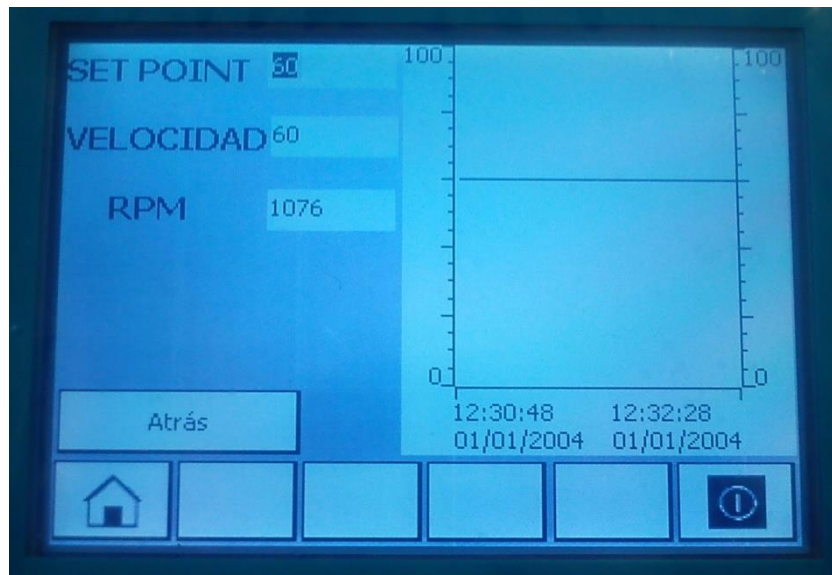


Foto 18. SET POINT 60  
 Elaborado Por: Wilson Zumba.

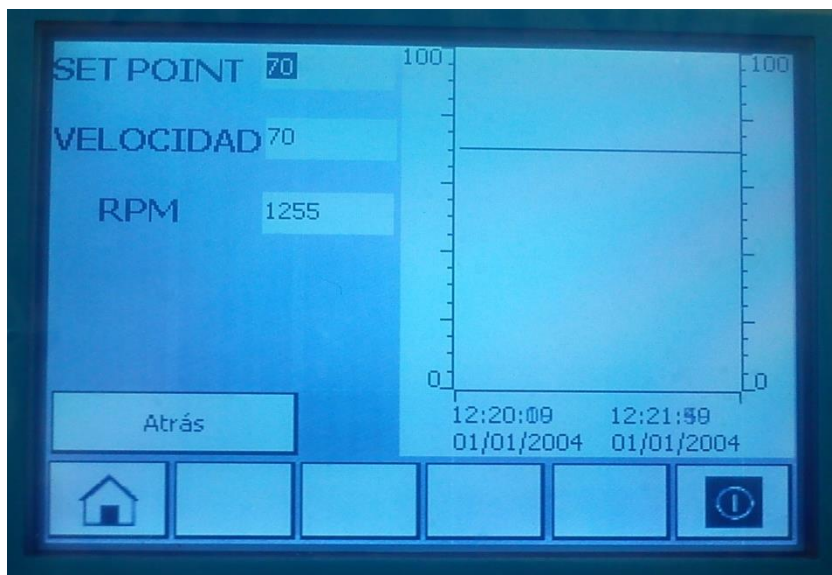


Foto 19. SET POINT 70  
 Elaborado Por: Wilson Zumba.

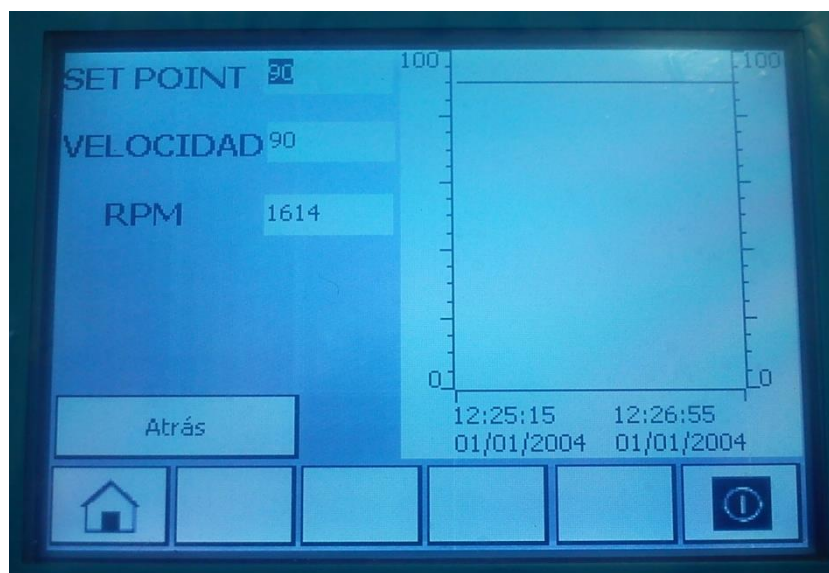


Foto 20. SET POINT 90  
Elaborado Por: Wilson Zumba.

### 3.7. Gastos Realizados

#### 3.7.1. Gastos Primarios

Los costos primarios para el desarrollo del trabajo de grado se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 3.6. Gastos primarios

ELEMENTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
TOUCH PANEL KTP600PN	1	740.00	740.00
Encoder Incremental	1	150.00	150.00
Motor Trifásico	1	120.00	120.00
<b>TOTAL</b>			1.010.60

Elaborado Por: Wilson Zumba.



### 3.7.2. Montaje e Instalación

Tabla 3.7. Gastos primarios de instalación

ELEMENTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alambre N°14	3	0.22	0.66
Alambre N°18	2	0.20	0.40
Cable UTP	6	0.35	2.10
Conectores RJ45	4	0.40	1.60
Jack	2	0.25	0.50
Unión RJ45	1	0.50	0.50
Estructura de madera	1	10.00	10.00
Pintura de la estructura	1	20.00	20.00
Acoplamiento de los equipos a la estructura	1	30.00	30.00
Bornera de 12 terminales	1	2.50	2.50
Placa para acoplar el optotransistor	1	2.50	2.50
Estructura de acrílico	1	40.00	40.00
<b>TOTAL</b>			<b>110,76</b>

Elaborado Por: Wilson Zumba.

### 3.7.3. Gastos Secundarios

Tabla 3.8. Gastos secundarios

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR
Derecho de asesor	1	120.00
Obtención de información de Internet (horas)	25	45.00
Tinta de impresiones	6	42.00
Gastos varios	Varios	40.00
<b>TOTAL</b>		<b>247.00</b>

Elaborado Por: Wilson Zumba

### 3.7.3 Gasto Total

El valor total del presupuesto es igual a la suma de los costos primarios más los costos secundarios.

Tabla 3.9. Gasto total

<b>COSTOS</b>	<b>VALOR</b>
<b>Costo primario</b>	1121.36
<b>Costo secundario</b>	247.00
<b>TOTAL</b>	1368.36

Elaborado Por: Wilson Zumba



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se comprobó que la HMI controla en forma limitada ciertas variables de proceso y establece un interfaz gráfico con el usuario para el control de procesos.
- Se determinó que el uso de un control PID elimina el error residual comprobando la señal sintonizada en tiempo real.
- En la HMI se puede observar la acción que desempeña cada parámetro del controlador PID, de lo que se puede concluir que se cuenta con un verdadero módulo didáctico por su versatilidad.
- El sistema TIA PORTAL V11 es tan flexible como para adaptarse a diferentes situaciones y modificarse según se requiera, además que es un sistema muy amigable tanto para programarse como para la interfaz con el usuario, pues ofrece ventanas e indicadores sencillos.
- El variador permite: disminuir el consumo de energía suministrado ni más ni menos el empuje necesario para que el motor ejecute una función establecida.

## 4.2. Recomendaciones

- Revisar las especificaciones y características de cada equipo para realizar una correcta conexión entre los equipos.
- Para la comunicación de los dispositivos con la PC verificar que las direcciones IP sean las correctas.
- Verificar la correcta alimentación de los componentes que intervienen en la implementación de todos los equipos del módulo para el control de velocidad.
- Se recomienda programar correctamente los parámetros del variador de frecuencia con respecto a la placa del motor para que funcione adecuadamente
- Se recomienda que en el momento de realizar las placas electrónicas se tenga mucho cuidado en la disposición de los pines y que las pistas no se unan para que no se produzcan cortos circuitos o fallas.
- Usar una fuente de 12V a 24V  $\pm 5\%$  para la alimentación del encoder incremental, la TOUCH PANEL y el módulo de salidas analógicas.
- Verificar las conexiones antes de alimentar a los equipos con voltaje.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**AJUSTE.-** Conjunto de acciones a seguir para corregir el error.

**AUTOMATIZACIÓN.-** Ejecución automática de tareas industriales, administrativas o científicas haciendo más ágil y efectivo el trabajo y ayudando al ser humano. Una aplicación sería la ayuda técnica: software o hardware que está especialmente diseñado para ayudar a personas con discapacidad para realizar sus actividades diarias

**BOP.-** Panel de Mando Estándar (Basic Operator Panel).

**DESARROLLO TECNOLÓGICO.-** Es el avance que ha tenido la tecnología a través de los años.

**ENCODER.-** Dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital.

**HMI.-** Interfaz hombre –máquina (Human Machine Interface).

**INTERFAZ.-** Conexión e interacción entre hardware, software y el usuario.

**IMPLEMENTACIÓN.-** Poner en funcionamiento aplicar métodos, medidas para llevar a cabo algo.

**IP55.-** Protección contra el polvo y el agua.

**MICROMASTER.-** Convertidor de frecuencias universal en la técnica de los accionamientos.

**MOTOR ELÉCTRICO.-** Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables.

PLC.- Controlador Lógico Programable.

PID.- Proporcional, integral, derivativo.

PROFINET.- Dispone de una estructura modular, de manera que los usuarios pueden seleccionar las funciones propias en cascada. Se diferencian esencialmente por el tipo de intercambio de datos para cumplir con los requisitos en parte muy alta de velocidad.

SDP.- Panel de estado (Status Display Panel).

SINTONIZACIÓN.- Es la puesta a punto de un instrumento o proceso.

SOFTWARE.- Es conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que permiten ejecutar distintas tareas en una computadora.

TIA PORTAL.- (Totally Integrated Automation Portal).

TCP/IP.- Es un modelo de descripción de protocolos de red. Describe un conjunto de guías generales de diseño e implementación de protocolos de red específicos para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red.

## BIBLIOGRAFÍA

- <http://es.scribd.com/doc/78666034/Ensayo-Variadores-de-Frecuencia>
- <http://es.scribd.com/doc/56734974/Variadores-de-frecuencia>
- [http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA\\_11886916\\_HB/MM440\\_OPI\\_span\\_B1.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA_11886916_HB/MM440_OPI_span_B1.pdf)
- <http://www-app.etsit.upm.es/departamentos/teat/ asignaturas/lab- ingel/motor%20asincrono%20trifasico.pdf>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_alterna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_alterna)
- <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>
- [http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/medias/PDFS/17.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PDFS/17.pdf)
- <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>
- <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/792/a5.pdf?sequence=5>
- <http://es.scribd.com/doc/85901493/Encoder>
- <http://www.newark.com/autonics/e50s8-360-3-t-24/rotary-encoder-incremental-360/dp/22T122>
- <http://octopart.com/e50s8-360-3-t-24-autonics-19758461>
- [http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen\\_plc/control.htm](http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/control.htm)
- [http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/Manual%20de%20sistema%20SIMATIC%20S7-1200%20Ed.2009-11.pdf)
- <http://elies.rediris.es/elies12/cap21.htm>
- <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Documents/HMI%20KTPs.pdf>
- <http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7-basic-v11/pages/default.aspx#Descripci%c3%b3n>
- [http://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=siemens-industrial&file=productsUK\\_2&cm\\_sp](http://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=siemens-industrial&file=productsUK_2&cm_sp)
- [http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/step7\\_s71200/Pages/STEP7BasicparaS7-1200.aspx](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/software/step7_s71200/Pages/STEP7BasicparaS7-1200.aspx)

- <http://dSPACE.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>
- [http://ciecfie.epn.edu.ec/Material/Dise%C3%B1odeSistemasdeControl/PID/control\\_Leccion20.pdf](http://ciecfie.epn.edu.ec/Material/Dise%C3%B1odeSistemasdeControl/PID/control_Leccion20.pdf)
- <http://read.pudn.com/downloads161/ebook/732022/PID%20motor%20control/Control.Pid.pdf>
- [http://infoplcn.net/files/documentacion/control\\_procesos/infoPLC\\_net\\_ControlPID.pdf](http://infoplcn.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_ControlPID.pdf)
- <http://gama.fime.uanl.mx/~agarcia/materias/ingco/apclas/06%20-%20ErrorEstacionario.pdf>
- <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>
- [http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)
- <http://control-pid.wikispaces.com/>

**ANEXOS**

## ANEXO A

### GUÍA DE LABORATORIO DE CONTROL DE PROCESOS

**TEMA:** Diseño e implementación de un módulo para el control de velocidad de un motor trifásico.

#### OBJETIVOS:

- Realizar las conexiones adecuadas del módulo para de control de velocidad de un motortrifásico.
- Efectuar la programación adecuada para el control PID del motor trifásico.
- Determinar las ventajas que presenta la implementación de un HMI en el control de velocidad de un motor trifásico.

#### MATERIALES:

- PLC S7-1200.
- TOUCH PANEL KTP600 PN.
- Software TIA PORTAL V11.
- Módulo para el control de velocidad de un motor trifásico (variador de frecuencia, motor y un encoder incremental).
- Acoplador de señal.
- Cable PROFINET.
- Fuente de 24vcd

#### PROCEDIMIENTO:

1. Conectar los terminales del encoderincremental de la bornera con los terminales del circuito acoplador según la tabla A y el esquema de conexiones(Figura A) a continuación:



Terminales del Encoder Incremental	Terminales del Circuito Acoplador (señal de entrada)
8 – canal A	1 – señal de entrada
9 – canal B	1 – señal de entrada
10 – canal Z	1 – señal de entrada
11 – V+	
12 – GND	2 – GND

Tabla A

**NOTA:** el encoder incremental funciona con una alimentación de **12 V a 24 V ±5%**

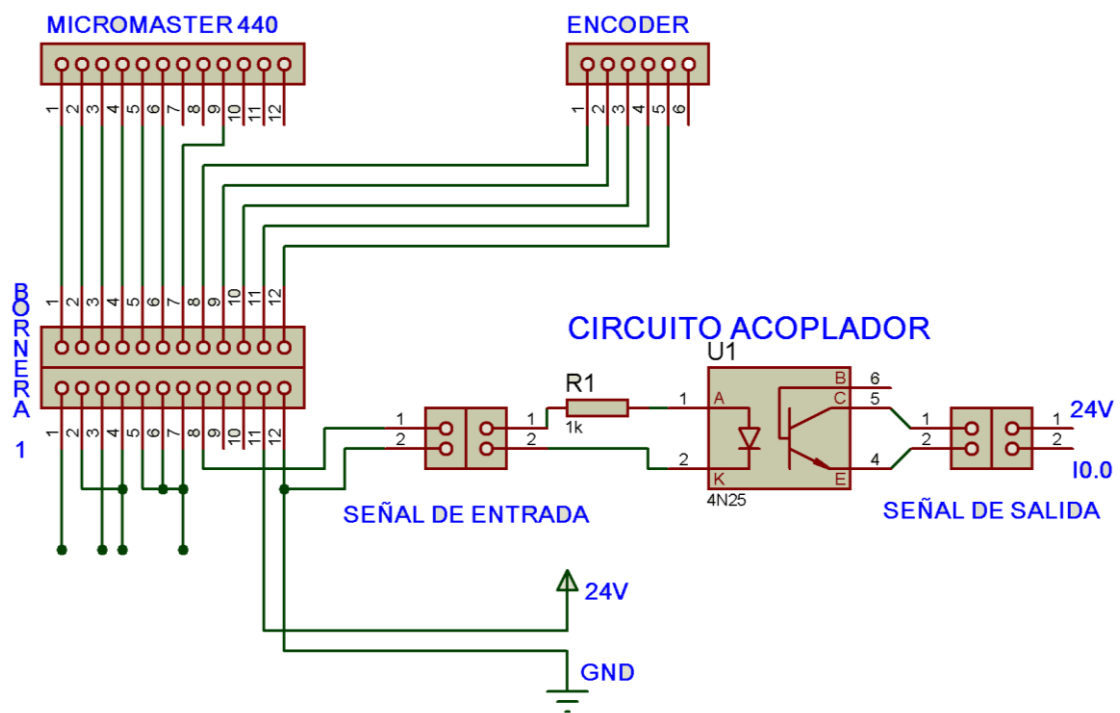


Figura A

- Conectar los terminales del PLC S7-1200 con los terminales del circuito acoplador según la tabla B y el esquema de conexiones (Figura B) a continuación:

Terminales del PLC S7-1200	Terminales del Circuito Acoplador (señal de salida)
L+	1 – 24V
IO.0 – entrada digital	2 – IO.0

Tabla B

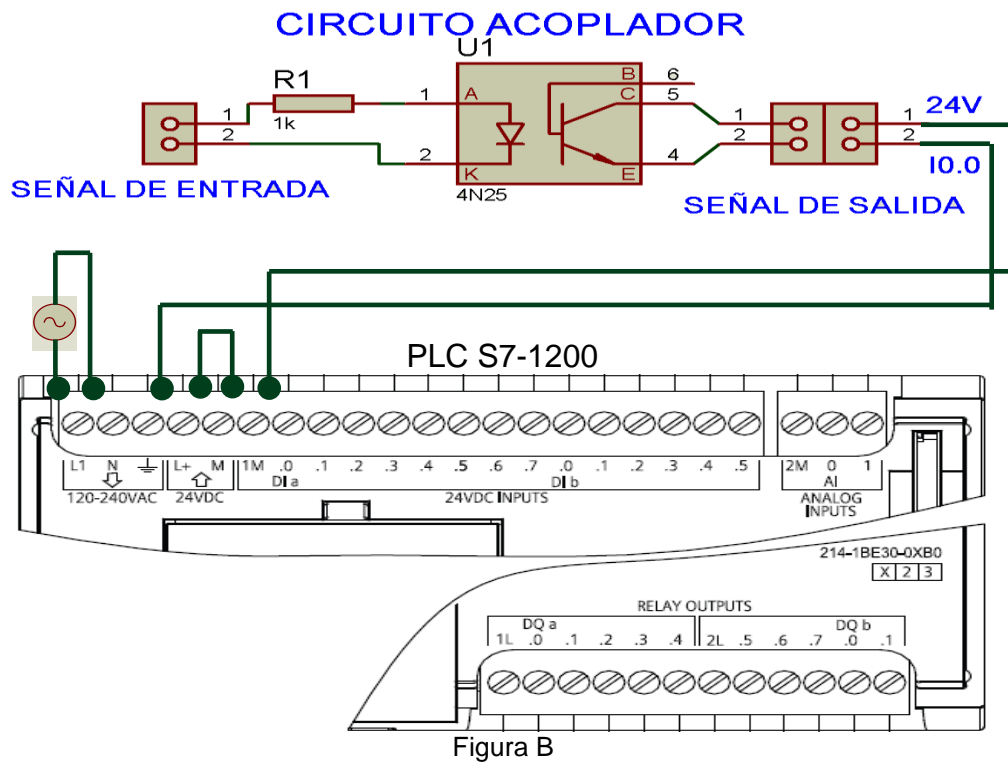


Foto 13. Circuito Acoplador de Señal  
Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

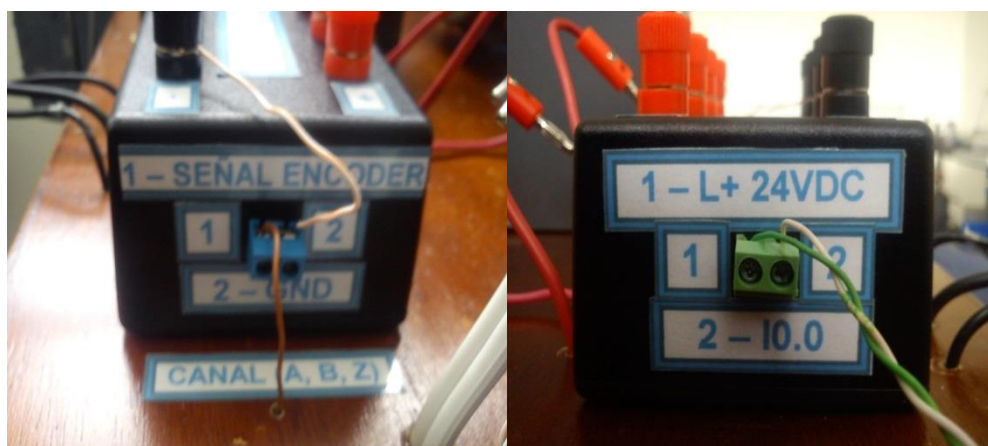


Foto 14. Entrada y Salida del Circuito Acoplador de Señal  
Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

3. Conectar los terminales del Módulo de Salidas Analógicas con los terminales del MICROMASTER 440 de la bornera según la tabla C y el esquema de conexiones (Figura C) a continuación:

Terminales del Módulo de Salidas Analógicas	Terminales del MICROMASTER 440
OM – GND	2 y 4 – fase negativa
O – salida analógica	3 – señal variable

Tabla C

**NOTA:** el módulo de salidas analógicas funciona con una alimentación de **24v**

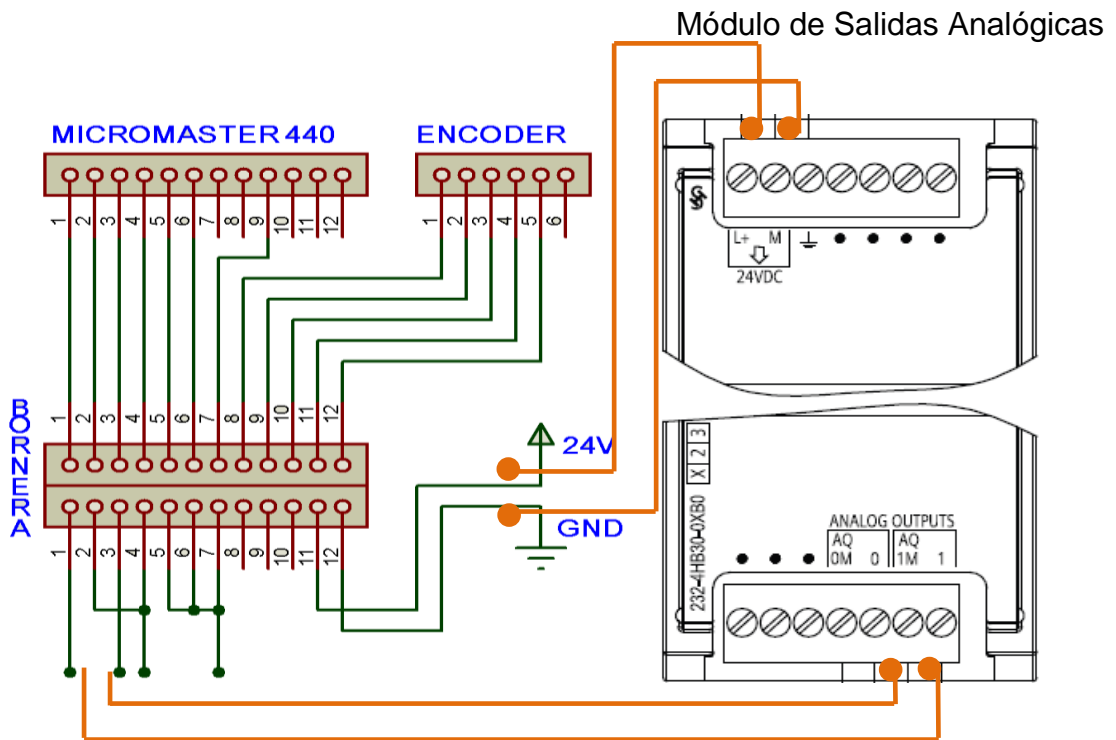


Figura C

BORNES	FUNCIONAMIENTO
1	10 Vcc
2 Y 4	FASE NEGATIVA
3	SEÑAL VARIABLE
5	ON
6	INVERSIÓN DE GIRO
7	24 Vcc
8	CANAL A
9	CANAL B
10	CANAL Z
11	V+ ENCODER (12V a 24V ±5%)
12	GND

Tabla D

- En el programa TIA POTAL realizar la programación del % de velocidad y las RPM mediante un escalamiento, luego crear un control PID para la sintonización de la señal como se muestra en el anexo E.
- Efectuar la programación del controlador, indicador y visor de curvas. Como indica en las figuras 3.63, 3.64, 3.65 y 3.66 Esto se realiza para visualizar las variables del programa en la TOUCH PANEL.

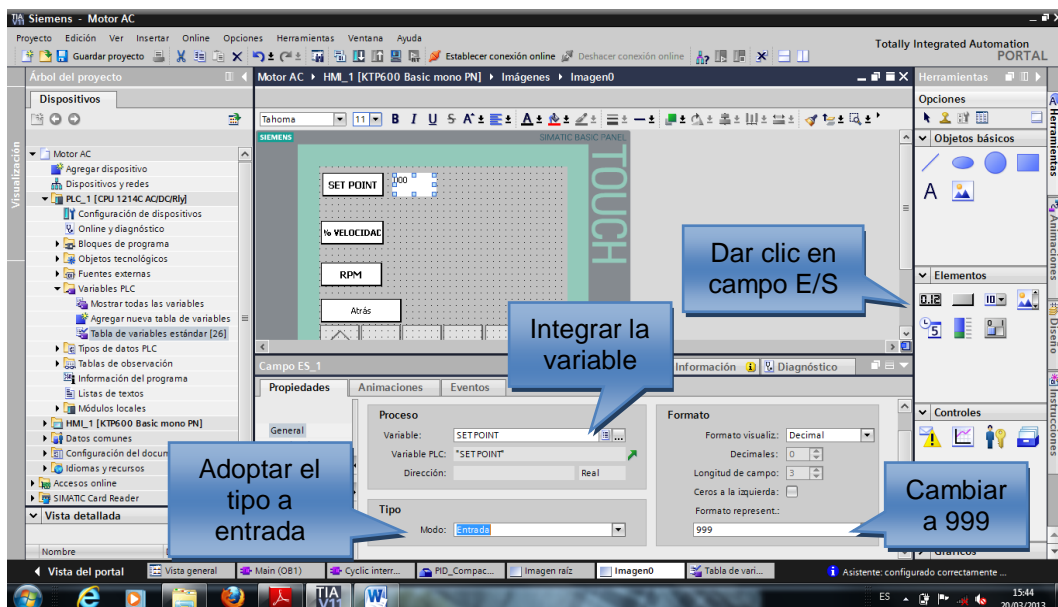


Figura 3.64. Controlador

Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

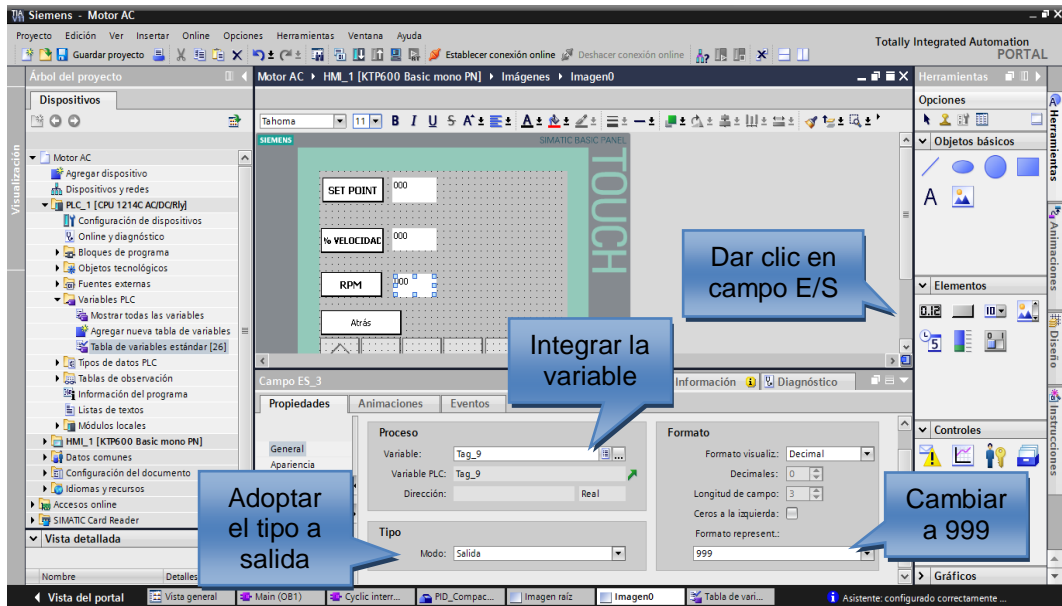


Figura 3.65. Indicador

Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

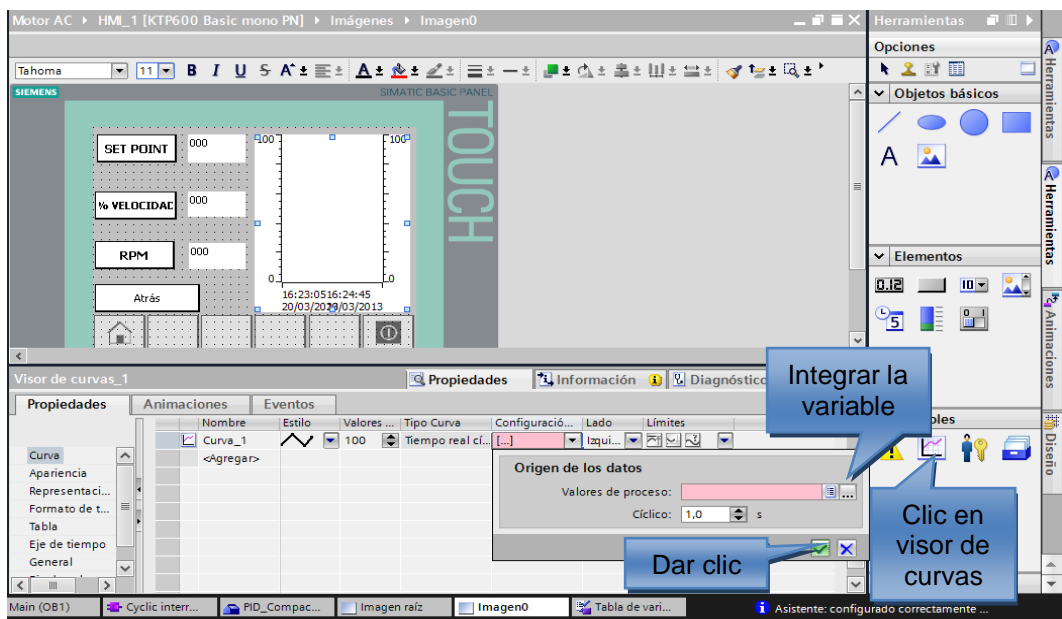


Figura 3.66. Visor de curvas

Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

6. Compilar la programación realizada. Cargar el programa al PLC S7-1200 y a la TOUCH PANEL. Establecer conexión entre los equipos para transferir datos.

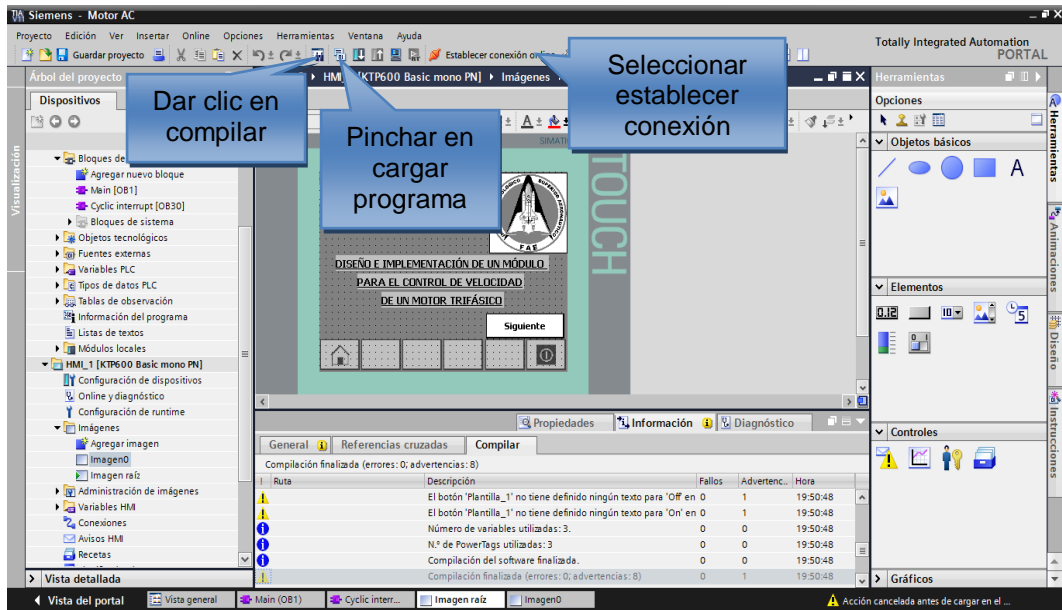


Figura 3.67. Establecer conexión

Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

- Sintonizar la señal desde la PC para cargar los parámetros de sintonización al PLC S7-1200 e introducir la variable SET POINT para el control desde la TOUCH PANEL.

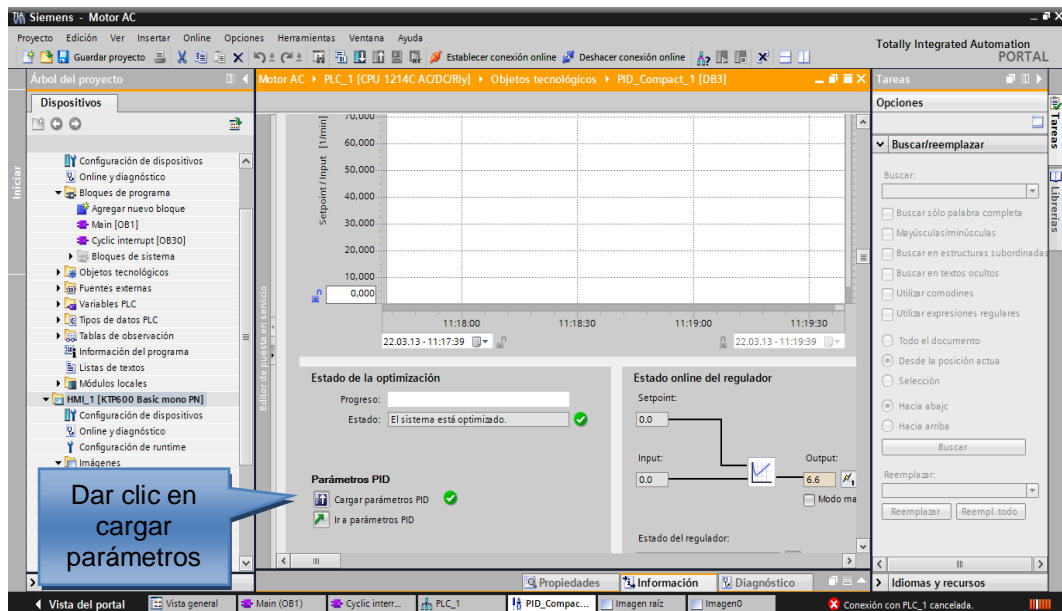


Figura 3.70. Cargar parámetros

Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

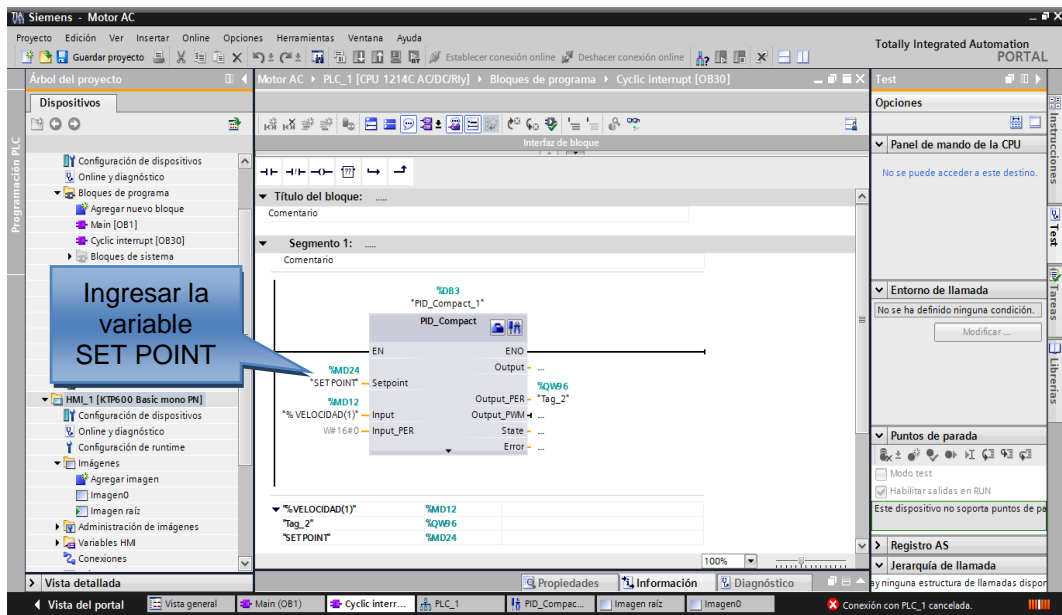


Figura 3.71. Variable SET POINT  
 Fuente: Trabajo de graduación A/C. Wilson Zumba

## 8. Conectar El PLC S7-1200 con la TOUCH PANEL mediante el protocolo PROFINET

Una vez realizado el programa principal de la TOUCH PANEL realizar el control de velocidad del motor ingresando diferentes valores de set point en la pantalla táctil.

Valor de referencia	% de Velocidad	Velocidad en RPM
10		
30		
50		
70		
100		

Finalmente el estudiante analiza los resultados, saca sus propias conclusiones y recomendaciones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

.....  
.....  
.....

CONCLUSIONES:

.....  
.....  
.....

RECOMENDACIONES:




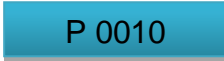







.....  
.....  
.....












## ANEXO B

### CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA


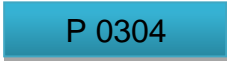






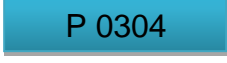
- **Parámetros del panel BOP para la puesta en funcionamiento.**

PRIMER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  para acceder a los parámetros	
Pulsar  hasta que visualice P010	
Pulsar  para acceder al nivel parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor requerido	
Pulsar  para confirmar y guardar.	


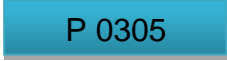




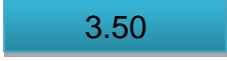

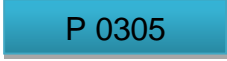
- **Puesta de potencia en hp y frecuencia por defecto de 60Hz.**

SEGUNDO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0100	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	


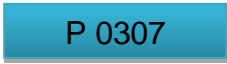







- Puesta del parámetro de la tensión nominal del motor.

TERCER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0304	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 220 V	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	









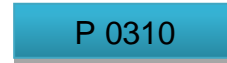
- Puesta del parámetro de la corriente nominal del motor.

CUARTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0305	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	


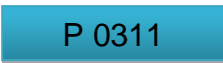




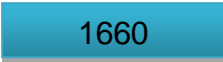

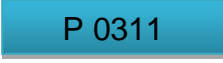
- Puesta del parámetro de la potencia nominal del motor.

QUINTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0307	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	


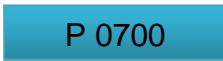






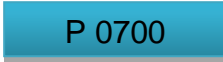
- Puesta del parámetro de la frecuencia nominal del motor.

SEXTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0310	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	










- Puesta del parámetro de la velocidad nominal del motor.

SEPTIMO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0311	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	










- Puesta del parámetro de seleccionar la fuente de órdenes.

OCTAVO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0700	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado bornes/terminales	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	







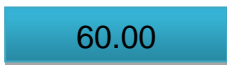


- Puesta del parámetro de selección de consigna de frecuencia.

NOVENO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1000	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado consigna analógica	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	










- Puesta del parámetro de la frecuencia mínima del motor.

DECIMO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1080	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	










- Puesta del parámetro de la frecuencia máxima del motor.

DECIMO PRIMER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1082	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	














- Puesta del parámetro tiempo de aceleración.

DECIMO SEGUNGO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1120	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- Puesta del parámetro tiempo de deceleración.

DECIMO TERCER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1121	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

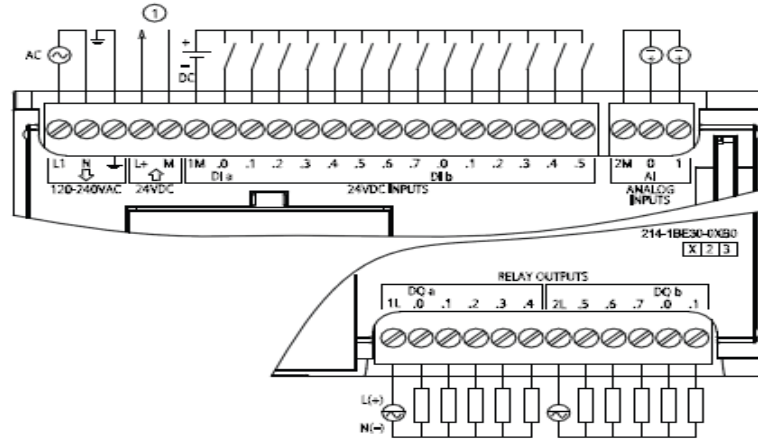
- Parámetro de fin de puesta del servicio.

DECIMO CUARTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P3900	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	
Pulsar  para finalizar la programación	
Pulsar  para confirmar y guardar la programación realizada. Luego aparece la frecuencia mínima del motor que es 0 Hz. Listo para trabajar	

## ANEXO C

### Datos técnicos de la CPU 1214C

#### Diagramas de cableado



① Alimentación de sensores 24 V DC

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 214-1BE30-0XB0	6ES7 214-1HE30-0XB0	6ES7 214-1AE30-0XB0
General			
Dimensiones A x A x P (mm)	110 x 100 x 75		
Peso	475 gramos	435 gramos	415 gramos
Disipación de potencia	14 W	12 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	400 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
Características de la CPU			
Memoria de usuario	50 KB de memoria de trabajo / 2 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	14 entradas/10 salidas		
E/S analógicas integradas	2 entradas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)		
Área de marcas (M)	8192 bytes		
Ampliación con módulos de señales	8 SMs máx.		

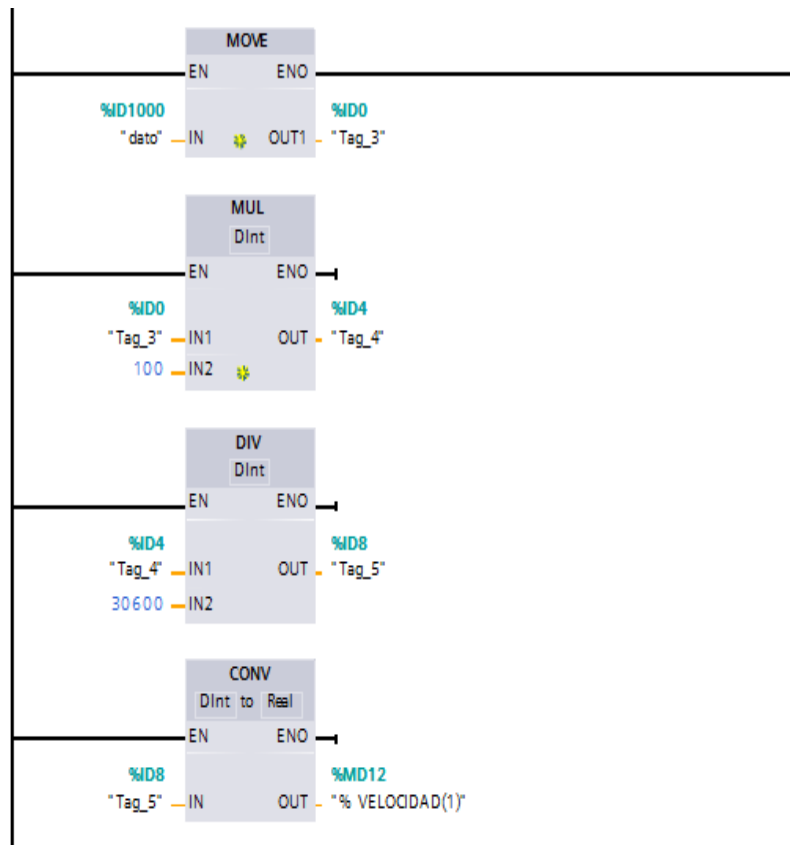
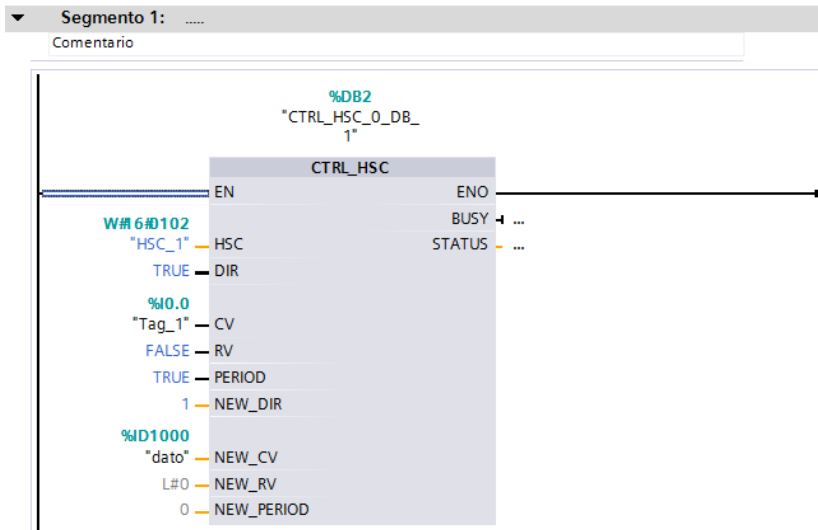


<b>Datos técnicos</b>			
<b>Modelo</b>	<b>CPU 1214C AC/DC/relé</b>	<b>CPU 1214C DC/DC/relé</b>	<b>CPU 1214C DC/DC/DC</b>
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	6 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 3 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 3 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	14		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	12 ascendentes y 12 descendentes (14 y 14 con Signal Board opcional)		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes		
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)		
<b>Rendimiento</b>			
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de transferencia de palabras	12 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
<b>Comunicación</b>			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 para HMI</li> <li>• 1 para la programadora</li> <li>• 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario</li> <li>• 3 para CPU a CPU</li> </ul>		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC		
Tipo de cable	CAT5e apantallado		
<b>Fuente de alimentación</b>			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	100 mA a 120 V AC 50 mA a 240 V AC	500 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	300 mA a 120 V AC 150 mA a 240 V AC	1500 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	

<b>Datos técnicos</b>			
<b>Modelo</b>	<b>CPU 1214C AC/DC/relé</b>	<b>CPU 1214C DC/DC/relé</b>	<b>CPU 1214C DC/DC/DC</b>
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta		
<b>Alimentación de sensores</b>			
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.	
Intensidad de salida nominal (máx.)	400 mA (protegido contra cortocircuito)		
Ruido de rizado máx. (<10 MHz)	< 1 V de pico a pico	Igual a la línea de entrada	
Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)	Sin aislamiento		
<b>Entradas digitales</b>			
Número de entradas	14		
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)		
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal		
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.		
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.		
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA		
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA		
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto		
Grupos de aislamiento	1		
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms (seleccionable en grupos de 4)		
Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.) (señal 1 lógica = 15 a 26 V DC)	Fase simple: 100 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 30 KHz (Ia.6 a Ib.5) Fase en cuadratura: 80 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 20 KHz (Ia.6 a Ib.5)		
Número de entradas ON simultáneamente	14		
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC		
<b>Entradas analógicas</b>			
Número de entradas	2		
Tipo	Tensión (asimétrica)		
Rango	0 a 10 V		
Rango total (palabra de datos)	0 a 27648 (consulte <a href="#">Representación de entradas analógicas para tensión</a> (Página 320))		
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511 (consulte <a href="#">Representación de entradas analógicas para tensión</a> (Página 320))		
Desbordamiento (palabra de datos)	32.512 a 32767 (consulte <a href="#">Representación de entradas analógicas para tensión</a> (Página 320))		
Resolución	10 bits		
Tensión de resistencia al choque máxima	35 V DC		
Alisamiento	Ninguno, débil, medio o fuerte (consulte los tiempos de respuesta de las etapas en <a href="#">Tiempos de respuesta de las entradas analógicas</a> (Página 320))		

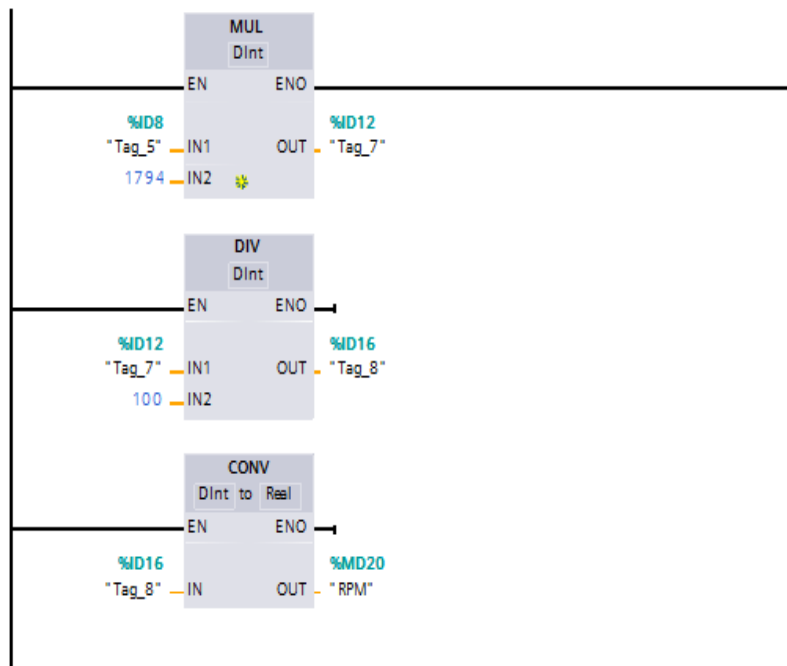
<b>Datos técnicos</b>			
<b>Modelo</b>	<b>CPU 1214C AC/DC/relé</b>	<b>CPU 1214C DC/DC/relé</b>	<b>CPU 1214C DC/DC/DC</b>
Rechazo de interferencias	10, 50 ó 60 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en <a href="#">Tiempos de respuesta de las entradas analógicas</a> (Página 320))		
Impedancia	≥100 KΩ		
Aislamiento (campo a lógica)	Ninguno		
Precisión (25°C / 0 a 55°C)	3,0% / 3,5% de rango máximo		
Rechazo en modo común	40 dB, DC a 60 Hz		
Rango de señales operativo	La tensión de señal más la tensión en modo común debe ser menor que +12 V y mayor que -12 V		
Longitud de cable (metros)	100 trenzado y apantallado		
<b>Salidas digitales</b>			
Número de salidas	10		
Tipo	Relé, contacto seco		Estado sólido - MOSFET
Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC		20,4 a 28,8 V DC
Señal 1 lógica a intensidad máx.	--		20 V DC mín.
Señal 0 lógica con carga de 10 KΩ	--		0,1 V DC máx.
Intensidad (máx.)	2,0 A		0,5 A
Carga de lámparas	30 W DC/200 W AC		5 W
Resistencia en estado ON	Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)		0,6 Ω máx.
Corriente de fuga por salida	--		10 μA máx.
Sobrecorriente momentánea	7 A si están cerrados los contactos		8 A durante máx. 100 ms
Protección contra sobrecargas	No		
Aislamiento (campo a lógica)	1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica)		500 V AC durante 1 minuto
Resistencia de aislamiento	100 MΩ mín. si son nuevas		--
Aislamiento entre contactos abiertos	750 V AC durante 1 minuto		--
Grupos de aislamiento	2		1
Tensión de bloqueo inductiva	--		L+ menos 48 V DC, disipación de 1 W
Retardo de conmutación (Qa.0 a Qa.3)	10 ms máx.		1,0 μs máx., OFF a ON 3,0 μs máx., ON a OFF
Retardo de conmutación (Qa.4 a Qb.1)	10 ms máx.		50 μs máx., OFF a ON 200 μs máx., ON a OFF
Frecuencia de tren de impulsos (Qa.0 y Qa.2)	No recomendado		100 KHz máx., 2 Hz mín.
Vida útil mecánica (sin carga)	10.000.000 ciclos abiertos/cerrados		--
Vida útil de los contactos bajo carga nominal	100.000 ciclos abiertos/cerrados		--
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)		
Número de salidas ON simultáneamente	10		
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 150 no apantallado		

# ANEXO D



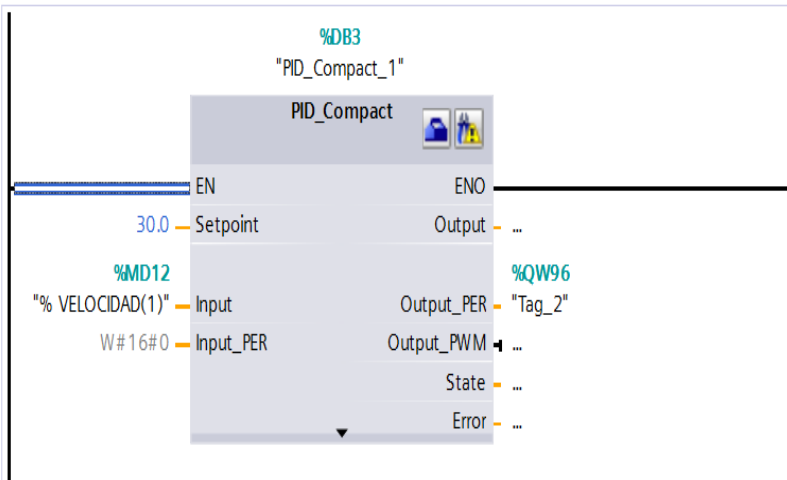
▼ Segmento 3: .....

Comentario



▼ Segmento 1: .....

Comentario



## ANEXO E

Posibles errores que se pueden presentar en la elaboración del proyecto.

EFFECTO/CAUSA	CORRECCIÓN
No existe conexión entre el PLC y la PC	Verifique que el cable de comunicación entre el PLC y la PC se encuentre bien conectado ya que esto es una falla que se puede presentar al momento de la conexión.
No se puede cargar el programa a la TOUCH PANEL	Verifique que la dirección IP sea la correcta para la pantalla táctil.
La señal de salida del encoderno es la correcta existe ruido o vibraciones.	Ajustar los pernos y tuercas de los equipos con la estructura de madera. Para mejorar la señal de salida del encoder implementar un optotransistor, para así eliminar el ruido.
La señal de la sintonización no se ejecuta correctamente por rozamiento del matrimonio entre el motor y el encoder.	Verificar el estado de tornillos y tuercas del encoder. Además revisar el acople entre el motor y el encoder, para eliminar el rozamiento entre los dispositivos.

# E50S Series

## Diameter $\phi$ 50mm Shaft type Incremental Rotary encoder


Line-up

### ■ Features

- 12-24VDC power supply of line driver output (Line-up)
- Suitable for measuring angle, position, revolution, speed, acceleration and distance
- Power supply : 5VDC, 12-24VDC  $\pm$ 5%

### ■ Applications

- Various tooling machinery, packing machine and general industrial machinery etc.

 Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.



### ■ Ordering information (Former name : ENB)


E50S	8	-	5000	-	3	-	N	-	24	-	
Series	Shaft diameter	Pulse/1 Revolution	Output phase	Output	Power supply	Cable					
Diameter $\phi$ 50mm, shaft type	$\phi$ 8mm	Refer to resolution	2:A, B 3:A, $\bar{B}$ , Z 4:A, $\bar{A}$ , B, $\bar{B}$ 6:A, $\bar{A}$ , B, $\bar{B}$ , Z, $\bar{Z}$	T:Totem pole output N:NPN open collector output V:Voltage output L:Line driver output	5 :5VDC $\pm$ 5% 24:12-24VDC $\pm$ 5%	No mark:Normal type C:Cable outgoing connector type(*) CR:Rear side outgoing connector integrated type CS:Side outgoing connector integrated type					

\* Standard: E50S8 - PULSE - 3 - N - 24

\* Cable length: 250mm



## ■ Specifications

Item	Diameter $\phi$ 50mm shaft type of incremental rotary encoder		
Resolution(P/R)	<b>(Note1)</b> *1, *2, *5, 10, 12, 15, 20, 23, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 75, 100, 120, 125, 150, 192, 200, 240, 250, 256, 300, 360, 400, 500, 512, 600, 800, 1000, 1024, 1200, 1500, 1800, 2000, 2048, 2500, 3000, 3600, 5000, 6000, 8000		
Electrical specification	Output phase	A, B, Z phase (Line driver : A, $\bar{A}$ , B, $\bar{B}$ , Z, $\bar{Z}$ phase)	
	Phase difference of output	Phase difference between A and B : $\frac{T}{4} \pm \frac{T}{8}$ (T=1 cycle of A phase)	
	Control output	Totem pole output	• Low $\Rightarrow$ Load current:Max. 30mA, Residual voltage : Max. 0.4VDC • High $\Rightarrow$ Load current:Max. 10mA, Output voltage (Power supply 5VDC):Min. (Power supply-2.0)VDC, Output voltage(Power supply 12-24VDC):Min. (Power supply-3.0)VDC
		NPN open collector output	Load current : Max. 30mA, Residual voltage : Max. 0.4VDC
		Voltage output	Load current : Max. 10mA, Residual voltage : Max. 0.4VDC
		Line driver output	• Low $\Rightarrow$ Load current : Max. 20mA, Residual : Max. 0.5VDC • High $\Rightarrow$ Load current : Max. -20mA, Output voltage(Power supply 5VDC) : Min. 2.5VDC, Output voltage(Power voltage 12-24VDC) : Min. (Power supply-3.0)VDC
	Response time (Rise/Fall)	Totem pole output	Max. 1 $\mu$ s (Cable length : 2m, I sink = 20mA)
		NPN open collector output	
		Voltage output	
		Line driver output	
	Max. Response frequency	300kHz	
	Power supply	• 5VDC $\pm$ 5% (Ripple P-P : Max. 5%) • 12-24VDC $\pm$ 5% (Ripple P-P : Max. 5%)	
	Current consumption	Max. 80mA (disconnection of the load), Line driver output : Max. 50mA (disconnection of the load)	
	Insulation resistance	Min. 100M $\Omega$ (at 500VDC megger between all terminals and case)	
Dielectric strength	750VAC 50/60Hz for 1 minute (Between all terminals and case)		
Connection	Cable outgoing type, 200mm cable outgoing connector type, Connector integrated type (Rear, Side)		
Mechanical specification	Starting torque	Max. 70gf $\cdot$ cm (0.007N $\cdot$ m) <b>(Note2)</b> / Max. 800gf $\cdot$ cm (0.08N $\cdot$ m) <b>(Note3)</b>	
	Moment of inertia	Max. 80g $\cdot$ cm <sup>2</sup> ( $8 \times 10^{-6}$ kg $\cdot$ m <sup>2</sup> ) <b>(Note2)</b> / Max. 400g $\cdot$ cm <sup>2</sup> ( $4 \times 10^{-6}$ kg $\cdot$ m <sup>2</sup> ) <b>(Note3)</b>	
	Shaft loading	Radial : 10kgf, Thrust : 2.5kgf	
	Max. allowable revolution	<b>(Note4)</b> 5000rpm	
Vibration	1.5mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz (for 1 min.) in each of X, Y, Z directions for 2 hours		
Shock	Max. 75G		
Ambient temperature	-10 to 70 $^{\circ}$ C (at non-freezing status), Storage : -25 to 85 $^{\circ}$ C		
Ambient humidity	35 to 85%RH, Storage : 35 to 90%RH		
Protection	Normal type, Cable outgoing connector type: IP50 (IEC standard) <b>(Note5)</b> , Connector integrated type: IP65 (IEC standard)		
Cable	$\phi$ 5mm, 5P, Length : 2m, Shield cable (Line driver output : $\phi$ 5mm, 8P) (AWG 24, Core wire diameter : 0.08mm, No. of core wire : 40, Insulator out diameter : $\phi$ 1mm)		
Accessory	$\phi$ 8mm coupling, bracket		
Approval	Normal type $\Rightarrow$  (Except for line driver output)		
Unit weight	Approx. 275g, Connector integrated type : 180g		

\***(Note1)** '1' pulse is only for A, B phase (Line driver output is for A,  $\bar{A}$ , B,  $\bar{B}$  phase).

\***(Note2)** This value is for normal type, cable outgoing connector type (Protection: IP50).

\***(Note3)** This value is for normal type, cable outgoing connector type (Protection: IP64)/connector integrated type (Protection: IP65)

\***(Note4)** Make sure that max. response revolution should be lower than or equal to max. allowable revolution when selecting the resolution.

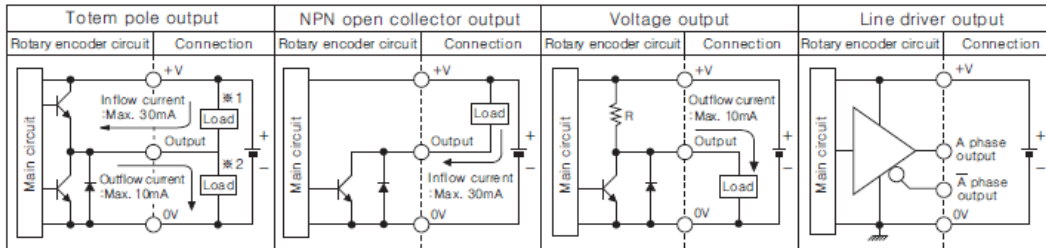
$$\left[ \text{Max. response resolution (rpm)} = \frac{\text{Max. response frequency}}{\text{Resolution}} \times 60 \text{ sec.} \right]$$

\***(Note5)** Normal type, cable outgoing connector type is option as IP64 protection.



# Incremental $\phi$ 50mm Shaft Type

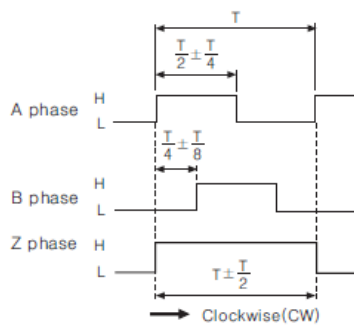
## Control output diagram



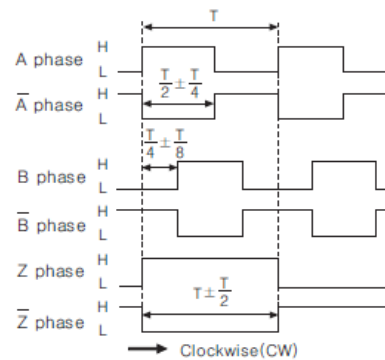
- Totem pole output type can be used for NPN open collector output type (\*1) or Voltage output type (\*2).
- The output circuit of A, B, Z phase are the same. (Line driver output is A,  $\bar{A}$ , B,  $\bar{B}$ , Z,  $\bar{Z}$ )

## Output waveform

- Totem pole output / NPN open collector output / Voltage output
- Line driver output



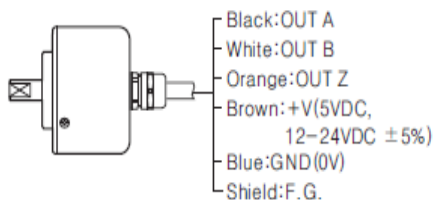
\*CW : Right turn as from the shaft



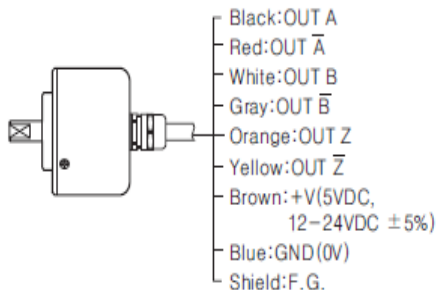
## Connections

### Normal type

- Totem pole output / NPN open collector output / Voltage output



- Line driver output



- \* Unused wires must be insulated.
- \* The shield cable and metal case of encoder must be grounded (F.G.)

### Cable outgoing connector/ Connector integrated type

- Totem pole output / NPN open collector output / Voltage output
- Line driver output



Totem pole output NPN open collector output Voltage output			Line driver output		
Pin No	Function	Cable color	Pin No	Function	Cable color
①	OUT A	Black	①	OUT A	Black
②	OUT B	White	②	OUT $\bar{A}$	Red
③	OUT Z	Orange	③	+V	Brown
④	+V	Brown	④	GND	Blue
⑤	GND	Blue	⑤	OUT B	White
⑥	F.G.	Shield	⑥	OUT $\bar{B}$	Gray
			⑦	OUT Z	Orange
			⑧	OUT $\bar{Z}$	Yellow
			⑨	F.G.	Shield

\*F.G. (Field Ground) : It must be grounded separately.

- (A) Photo electric sensor
- (B) Fiber optic sensor
- (C) Door/Area sensor
- (D) Proximity sensor
- (E) Pressure sensor
- (F) Rotary encoder
- (G) Connector/Socket
- (H) Temp. controller
- (I) SSR/Power controller
- (J) Counter
- (K) Timer
- (L) Panel meter

- Speed/Pulse meter
- (N) Display unit
- (O) Sensor controller
- (P) Switching power supply
- (Q) Stepping motor & Driver & Controller
- (R) Graphic/Logic panel
- (S) Field network device
- (T) Production stop page models & replacement



## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: ZUMBA ALVAREZ WILSON ABRAHAN

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

FECHA DE NACIMIENTO: 20 DE DICIEMBRE DE 1.991

CEDULA DE CIUDADANÍA: 050312868-8

TELÉFONO: (032) 716300/ 0995874215

CORREO ELECTRÓNICO: waza\_1991@yahoo.es

DIRECCIÓN: TOACAZO CENTRO CALLE ATAHUALPA Y ORIENTE



### ESTUDIOS REALIZADOS:

#### Primaria:

- ESCUELA NUESTRA SEÑORA DE POMPEYA

#### Secundaria:

- COLEGIO GENERAL DE POLICÍA JORGE POVEDAZUÑIGA

#### Superior:

- INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO - Egresado

### TÍTULOS OBTENIDOS:

- BACHILLER EN "FÍSICO-MATEMÁTICO"
- TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA
- SUFICIENCIA EN INGLÉS

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES:

- Escuadrón de Mantenimiento Aeronáutico – Ala 11 – Quito.
- DIAF-CEMA

## CURSOS REALIZADOS:

- SUFICIENCIA EN EL IDIOMA INGLES

## EXPERIENCIA LABORAL

- Escuadrón de Mantenimiento Aeronáutico – Ala 11 – Quito.
- DIAF-CEMA

## ACEPTACIÓN DEL USUARIO

Latacunga, Agosto del 2013

Yo, ING PABLO PILATASIG en calidad de encargado del Laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, me permito informar lo siguiente:

El proyecto de graduación elaborado por el Sr. ZUMBA ALVAREZ WILSON ABRAHAN, con el tema: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO", ha sido efectuado de forma satisfactoria en las dependencias de mi cargo y que la misma cuenta con todas las garantías de funcionamiento, por lo cual extendiendo este aval que respalda el trabajo realizado por el mencionado estudiante.

Por tanto me hago cargo de todas las instalaciones realizadas por el Señor estudiante.

Atentamente

---

ING. PABLO PILATASIG  
ENCARGADO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA  
EL AUTOR

---

Zumba Alvarez Wilson Abrahan

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

---

Ing. Pablo Pilatasig Director Carrera de Electrónica Mención Instrumentación &  
Aviónica

Latacunga, Agosto del 2013

## CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Zumba Alvarez Wilson Abrahan, Egresado de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, en el año 2013 con Cédula de Ciudadanía N° 050312868-8, autor del Trabajo de Graduación Diseño e Implementación de un módulo para el control de velocidad de un motor trifásico, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

Zumba Alvarez Wilson Abrahan  
CI. 050312868-8

Latacunga, Agosto del 2013