

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI UTILIZANDO UN TOUCH PANEL
KTP600 PN Y EL PLC S7-1200 PARA EL CONTROL Y MONITOREO
DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO**

POR:

ALBARRACÍN PALMA LISETH DANIELA

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 la Srta. **ALBARRACÍN PALMA LISETH DANIELA**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

SR. Ing. Marco Pilatasig
DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Mayo del 2013

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a DIOS, por darme la vida a través de mis adorados PADRES y regalarme una maravillosa familia quienes me dieron una carrera para mi futuro y creyeron en mí, aunque hemos tenido momentos difíciles siempre han estado apoyándome y me han ayudado a salir 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 parte de mi vida, y porque el orgullo que sienten por mí, fue una motivación de ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mi hermana Adriana, quien me acompañó en silencio con una comprensión a prueba de todo.

A mis tíos Noemí y Marco por estar siempre dispuestos ayudarme, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A mis hermanos y mis sobrinos: para que este logro que hoy compartimos les sirva de ejemplo para seguir adelante sin importar los tropiezos que puedan tener en la vida.

A una personita importante en mi vida, que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante para cumplir otra etapa en mi vida, mil gracias.

A mis amigos: muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo en donde he vivido momentos de mucha felicidad y también tristeza gracias por ser mis amigos y siempre los voy a tener presente.

A mis ingenieros por confiar en mí, Pablito Pilatasig y Marco Pilatasig gracias por haberme tenido la paciencia necesaria, agradezco por haber tenido ingenieros tan buenas personas como lo son ustedes nunca cambien.

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.

Albarracín Palma Liseth Daniela

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de grado primeramente me gustaría agradecer a Dios por bendecirme cada día para alcanzar esta meta y haberme ayudado hacer realidad este sueño anhelado.

A mi director de tesis, Ing. Marco Pilatasig por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia y su paciencia ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial al Ing. Pablito Pilatasig por su enseñanza y más que todo por su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me gustaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en todos los momentos de mi vida. Algunas están en este momento conmigo y otras en mi memoria y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí y por todo lo que me han brindado.

Albarracín Palma Liseth Daniela

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE FOTOS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII

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. PANTALLAS HMI.....	4
2.1.1. Introducción.....	4
2.1.2. Clasificación	5
2.1.3. Características HMI	6
2.1.4. Aspectos destacables de las HMI KTP600 PN mono basic	6
a. Componentes del KTP600 PN mono Basic.....	7

2.1.5.	Diseño robusto y que ahorra espacio	8
2.1.6.	Funcionalidades	8
2.1.7.	Pantalla y gráficos	8
2.1.8.	Teclas de función	9
2.2.	Controlador lógico programable.....	9
2.2.1.	Introducción	9
2.2.2.	Definición.....	9
2.2.3.	Características destacadas de PLC	10
2.2.4.	Ventajas de PLC.....	10
2.3.	Clasificación de PLC siemens serie simatic.....	11
2.4.	PLC siemens S7-1200.....	11
2.4.1.	Capacidad de expansión de la CPU.....	12
2.4.2.	Diseño escalable y flexible	13
a.	Señales integradas, módulos de señales y módulos de comunicación	13
b.	Módulos de señales.....	14
c.	Señales integradas.....	14
d.	Módulos de comunicación	15
e.	Memoria.....	15
2.4.3.	Comunicación industrial	15
a.	Comunicación con otros controladores y equipos HMI.....	15
b.	PROFINET: El estándar abierto de industrial ETHERNET.....	16
2.4.4.	Funciones tecnológicas integradas	16
a.	Entradas de alta velocidad para funciones de contaje y medición	17
b.	Salidas de alta velocidad.....	17
c.	Control PID	17
d.	Panel de mando de ejes para la puesta en marcha de accionamientos	17
e.	Funcionalidad PID para lazos de regulación	18
2.5.	Software STEP 7 Basic.....	18
2.5.1.	Beneficios	19
2.5.2.	Gama de aplicación.....	20
2.5.3.	Funciones.....	20
2.5.4.	Programación del controlador.....	21

2.5.5.	Visualización.....	21
2.5.6.	Integración.....	22
2.5.7.	Online y diagnóstico	22
2.6.	Motores asíncronos trifásicos.....	23
2.6.1.	Introducción.....	23
2.6.2.	Partes del motor	24
a.	Estator	25
b.	Rotor.....	25
c.	Carcasa	27
2.6.3.	Construcción y clasificación.....	28
a.	Motores de “Jaula de ardilla”	28
b.	Motores de “Rotor bobinado”.....	29
2.6.4.	Conexionado del motor	29
2.6.5.	Curvas características	30
2.6.6.	Arranque del motor.....	30
a.	Arranque mediante resistencias	30
b.	Arranque mediante autotransformador.....	31
c.	Arranque mediante conexión de resistencias en el rotor.....	31
d.	Arranque estrella-triángulo	31
e.	Arranque mediante variador de frecuencia.....	32
2.7.	Variador de frecuencia siemens G110.....	33
2.7.1.	Terminales del Variador de frecuencia.....	34
2.8.	PID (Proporcional integral derivativo).....	36
2.8.1.	Funcionamiento	37
2.8.2.	Control Proporcional.....	38
2.8.3.	Control Integral.....	40
2.8.4.	Control Derivativo	41
2.8.5.	Significado de las constantes	42
2.8.6.	Usos	43
2.8.7.	Ajuste de parámetros del PID.....	43
2.8.8.	Ajuste manual.....	44
2.8.9.	Métodos de lazo abierto	45
2.8.10.	Métodos de lazo cerrado	45

2.8.11. Métodos de sintonización de lazo cerrado.....	46
a. Métodos de Ziegler y Nichols	46
2.8.12. Limitaciones de un control PID	47
2.9. Encoder TRD-S100BD.....	48
2.9.1. Características.....	49
2.9.2. Sistema de numeración.....	50
2.9.3. Principio de funcionamiento.....	50

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preliminares.....	52
3.2. Componentes para la implementación del HMI.....	52
3.3. Conexiones del Módulo de control y monitoreo de motor trifásico y el PLC S7-1200.....	53
3.4. Programación del variador de frecuencia.....	56
3.5. Programación para el control y monitoreo del motor trifásico en el Software TIA PORTAL.....	57
3.5.1. Creación del proyecto en el software TIA PORTAL.....	58
3.5.2. Insertar y configurar el controlador	59
3.5.3. Programación del proyecto.....	63
a. Escalamiento	66
b. Añadir el dispositivo HMI al proyecto.....	81
c. Transferencia de la programación al PLC y a la TOUCH PANEL	90
3.6. Pruebas funcionales.....	92
3.7. Gastos realizados.....	97
3.7.1. Costos primarios.....	97
3.7.2. Costos secundarios	97
3.7.3. Costo total.	98

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	99
4.2. Recomendaciones.....	101

GLOSARIO DE TÉRMINOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1.	Terminales del variador de velocidad.....	35
Tabla 2. 2.	Parámetros de Ajuste PID	47
Tabla 3. 1.	Parámetros de programación del variador Siemens G110.....	56
Tabla 3. 2.	Opciones para la programación del variador Siemens G110.....	57
Tabla 3. 3.	Parámetros del contador rápido	69
Tabla 3. 4.	Costos Primarios	97
Tabla 3. 5.	Costos Secundarios	98
Tabla 3. 6.	Costo Total	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1	Componentes del KTP600 PN mono Basic.....	7
Figura 2. 2	Componentes del PLC SIEMENS S7-1200.....	11
Figura 2. 3	E/S y protocolo de comunicación adicionales	12
Figura 2. 4	Módulos de señales.....	12
Figura 2. 5	Señales integradas.....	14
Figura 2. 6	Funciones tecnológicas integradas.....	16
Figura 2. 7	Vista de portal.....	18
Figura 2. 8	Vista de proyecto	19
Figura 2. 9	Datos técnicos de STEP7	23
Figura 2. 10	Motor asíncrono trifásico.....	23
Figura 2. 11	Partes del motor trifásico.....	24
Figura 2. 12	Rotor de Motor asíncrono trifásico	26
Figura 2. 13	Rotor y estator de Motor asíncrono trifásico.....	27
Figura 2. 14	Construcción y clasificación del motor asíncrono trifásico	28
Figura 2. 15	Jaula de ardilla	29
Figura 2. 16	Rotor Bobinado	29
Figura 2. 17	Curvas características.....	30
Figura 2. 18	Arranque por Autotransformador.....	31
Figura 2. 19	Arranque estrella-triángulo	32
Figura 2. 20	Variador de frecuencia	33
Figura 2. 21	Variador de frecuencia G110	34
Figura 2. 22	Terminales del variador de velocidad G110	35
Figura 2. 23	Diagrama en bloques de un control PID.....	37
Figura 2. 24	Control proporcional.....	38
Figura 2. 25	Proporcional integral	40
Figura 2. 26	Proporcional derivativo.....	41
Figura 2. 27	Respuesta Lazo abierto	45
Figura 2. 28	Lazo cerrado	46
Figura 2. 29	Respuesta del sistema Lazo cerrado	46
Figura 2. 30	Encoder óptico incremental.....	48
Figura 2. 31	Encoder óptico incremental.....	49

Figura 2. 32 Encoder normal y encoder tipo hueco.....	49
Figura 2. 33 Sistema de numeración.....	50
Figura 3. 1 Ingreso al programa Step 7.....	58
Figura 3. 2 Vista portal del Step 7.....	59
Figura 3. 3 Configuración del PLC y HMI.....	59
Figura 3. 4 Selección de los dispositivos.....	60
Figura 3. 5 Asignación del PLC.....	60
Figura 3. 6 Puerto Ethernet.....	61
Figura 3. 7 Asignación de la dirección de red.....	61
Figura 3. 8 S7-1200–Módulos de Expansión.....	62
Figura 3. 9 Dispositivos accesibles.....	63
Figura 3. 10 Bloque del programa.....	64
Figura 3. 11 Editor de programa.....	64
Figura 3. 12 Estructura del editor de programas.....	65
Figura 3. 13 Gráficos de cálculos.....	66
Figura 3. 14 Instrucción CTRL_HSC.....	67
Figura 3. 15 Opción de llamada del CTRL_HSC.....	68
Figura 3. 16 CTRL_HSC.....	68
Figura 3. 17 Parámetros del CTRL_HSC.....	69
Figura 3. 18 Catálogo de instrucciones.....	70
Figura 3. 19 Instrucción MOVE.....	71
Figura 3. 20 Ingreso de las instrucciones en la programación.....	72
Figura 3. 21 Instrucción CONV.....	72
Figura 3. 22 Programación del Segmento1.....	73
Figura 3. 23 Instrucciones matemáticas.....	74
Figura 3. 24 Instrucción MUL.....	75
Figura 3. 25 Instrucción DIV.....	75
Figura 3. 26 Instrucción CONVERT.....	75
Figura 3. 27 Programación del segmento 3.....	76
Figura 3. 28 Ventana para agregar nuevo bloque.....	77
Figura 3. 29 Bloque de organización cyclic interrupt.....	77
Figura 3. 30 Instrucciones PID.....	78
Figura 3. 31 Objeto tecnológico.....	78

Figura 3. 32 Instrucción PID_Compact.....	79
Figura 3. 33 Editor de configuración para PID_Compact (ajustes básicos)	79
Figura 3. 34 Editor de la escala de entrada del control PID	80
Figura 3. 35 Editor de configuración avanzada	80
Figura 3. 36 Pantalla de sintonización del control PID	81
Figura 3. 37 Pantalla de ajuste de control PID	81
Figura 3. 38 Agregar nuevo dispositivo al programa.....	82
Figura 3. 39 Parámetro de Conexiones PLC y HMI	83
Figura 3. 40 Parámetro screen layout	83
Figura 3. 41 Parámetro de alarmas.....	83
Figura 3. 42 Parámetro de screen.....	84
Figura 3. 43 Parámetro de Systems screens	84
Figura 3. 44 Parámetro de Buttons	84
Figura 3. 45 Pantalla HMI predeterminada.....	85
Figura 3. 46 Elemento Set point con su respectivo tag	86
Figura 3. 47 Elemento de % de velocidad con su respectivo tag	87
Figura 3. 48 Elemento de VELOCIDAD EN RPM con su respectivo tag.....	88
Figura 3. 49 Control visor de curvas con su respectivo tag.....	89
Figura 3. 50 Diseño de la pantalla.....	89
Figura 3. 51 Transferir el programa.....	90
Figura 3. 52 Ventana de aceptación	90
Figura 3. 53 Asignación de dirección IP	91
Figura 3. 54 Acceso online a la pantalla.....	91
Figura 3. 55 Transferencia del programa a la pantalla HMI	92
Figura 3. 56 Señal oscilatoria con set point de 10.....	93
Figura 3. 57 Señal estable con set point de 10	93
Figura 3. 58 Señal osciladora con set point de 50	94
Figura 3. 59 Señal estable con set point de 50	94
Figura 3. 60 Pantalla HMI con set point de 10 en forma física	95
Figura 3. 61 Pantalla HMI con set point de 30 en forma física	95
Figura 3. 62 Pantalla HMI con set point de 50 en forma física	96
Figura 3. 63 Pantalla HMI con set point de 90 en forma física	96

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 3. 1 Módulo de control y monitoreo de motor trifásico.....	54
Foto 3. 2 Conexiones del proyecto.....	54
Foto 3. 3 Diseño circuito acoplador de señal	55
Foto 3. 4 Conexiones finales del proyecto	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A GUÍA DE LABORATORIO DE CONTROL DE PROCESOS

ANEXO B CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

ANEXO C DATOS TÉCNICOS DE LA CPU 1214C

ANEXO D POSIBLES ERRORES QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LA
ELABORACIÓN DEL PROYECTO.

ANEXO E PROGRAMACIÓN IMPLEMENTADA EN EL PLC

ANEXO F PRESENTACIÓN DEL HMI

RESUMEN

El presente trabajo de graduación tiene como finalidad realizar un HMI para el control y monitoreo de un motor trifásico, con la ayuda de un TOUCH PANEL KTP600 PN y el PLC S7-1200, para esto se utilizó un módulo que contiene un motor trifásico para el control de la velocidad, a través del PLC y la TOUCH PANEL que son programadas a través de una computadora con la ayuda del Software TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal), para controlar y monitorear la velocidad del motor trifásico desde la pantalla HMI.

Debido a que el PLC S7- 1200 no contiene salidas analógicas se utilizó un módulo de salidas analógicas, las cuales se utilizarán para hacer la conexión a la señal variable del motor.

La TOUCH PANEL KTP600PN funciona con 24VDC, por lo cual se implementó una fuente de alimentación fija de voltaje continuo, la misma que también energiza al equipo de salidas analógicas.

Mediante el software TIA PORTAL se procedió a realizar la programación para el correcto funcionamiento del PLC S7-1200, como de la TOUCH PANEL y así hacer el diseño, para controlar la velocidad del motor trifásico desde la TOUCH PANEL KTP600PN.

TIA PORTAL cuenta con varias instrucciones que se utilizó para realizar la programación.

El motor trifásico necesita de un variador de velocidad ya que este sirve para regular la frecuencia del voltaje y así lograr modificar su velocidad.

ABSTRACT

The graduation present work aims to make a HMI for monitoring and control of a three phase motor, with the help of a TOUCH PANEL PN KTP600 and S7-1200 PLC, for this we used a module containing a three phase motor for speed control through PLC and TOUCH PANEL that are programmed through a computer with the help of Software PORTAL TIA (Totally Integrated Automation Portal), to control and monitor the speed of the AC motor from the HMI screen.

Because the S7-1200 PLC has no analog outputs used an analog output module, which is used to make the connection to the motor variable signal.

TOUCH PANEL the 24VDC KTP600PN runs, thus implemented a fixed power supply voltage continuously, the same equipment also energizes the analog outputs.

By TIA PORTAL software proceeded to make programming for the proper functioning of the S7-1200 PLC, and the TOUCH PANEL and so do the design, to control AC motor speed from the TOUCH PANEL KTP600PN.

TIA PORTAL has several instructions used for programming.

The phase motor needs a speed as this serves to regulate the voltage frequency and achieve change its speed.

CAPÍTULO I

TEMA

1.1. ANTECEDENTES

El desarrollo del presente proyecto de grado se ha realizado después de observar que en el laboratorio de instrumentación virtual hacía falta un módulo de HMI utilizando los equipos, PLC S7-1200 y el TOUCH PANEL KTP600PN para el uso de los estudiantes de la carrera de electrónica para que puedan realizar prácticas relacionadas a la automatización industrial, también ayudar a los docentes con una mejor herramienta de enseñanza con equipos actualizados.

Este proyecto pretende incentivar a docentes y estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, para fomentar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos en los últimos años, también se han realizado diversas actualizaciones entre las cuales se puede enumerar: mejoramiento de instalaciones eléctricas, modernización de los bancos de trabajo y adquisición de varios equipos de tecnología actual para así mejorar el aprendizaje y desarrollo académico de los estudiantes.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente trabajo tiene el propósito de que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico cuente con la implementación de un HMI para el control y monitoreo de velocidad de un motor trifásico el mismo que funciona a través de un TOUCH

PANEL y un PLC S7-1200 el cual ayudará al beneficio de todos los alumnos del Sexto Nivel de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

- ✓ Implementar un HMI mediante un TOUCH PANEL KTP600 PN y el PLC S7-1200 para el control y monitoreo de velocidad de un motor trifásico.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- ✓ Estudiar las características y especificaciones del PLC S7-1200 a través del manual del PLC Siemens para el correcto funcionamiento de los diferentes circuitos de entradas y salidas.
- ✓ Realizar el control PID con el PLC S7-1200 mediante la instrucción tecnológica PID_Compact para obtener el funcionamiento eficaz de la velocidad del motor trifásico.
- ✓ Analizar las características y funcionamiento del motor trifásico a través de la placa característica del motor.
- ✓ Determinar la forma de variar la velocidad de un motor trifásico por medio del variador Siemens G110.
- ✓ Implementar un HMI mediante el PLC y un Touch Panel para controlar y monitorear la velocidad del motor trifásico.
- ✓ Determinar las ventajas que presenta el software TIA PORTAL utilizando las diferentes instrucciones que presenta el mismo, para que la programación se encuentre libre de errores.

1.4. ALCANCE

Con el siguiente proyecto se pretende optimizar la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que se

encuentran cursando la carrera de Electrónica mención instrumentación y aviónica y a todo el personal que hace uso del laboratorio de instrumentación virtual, y así, que el mismo cuente con la nueva tecnología referente a la industria automatizada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Pantallas HMI¹

2.1.1. Introducción

Una HMI (Human Machine Interface), por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

Las HMI se pueden definir como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

Interacción Hombre-Máquina (HMI) o Interacción Hombre-Computadora tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean. Dado que este es un campo muy amplio, han surgido áreas más especializadas, entre las cuales se encuentran:

Diseño de Interacción o de Interfaces de Usuario, Arquitectura de Información y Usabilidad.

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

El Diseño de Interacción se refiere a la creación de la interfaz de usuario y de los procesos de interacción. La Arquitectura de Información apunta a la organización y estructura de la información brindada mediante el software. La Usabilidad se aboca al estudio de las interfaces y aplicaciones con el objeto de hacerlas fáciles de usar, fáciles de recordar, fáciles de aprender y eficientes con bajo coeficiente de error en su uso y que generen satisfacción en el usuario. A su vez, se asemeja a una disciplina ingenieril porque plantea objetivos medibles y métodos rigurosos para alcanzarlos.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorizar y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control, con la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real. Aunque un PLC realiza automáticamente un control preprogramado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual.

Desde fines de la década de los 90, la gran mayoría de los productores de sistemas PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA. Y muchos de ellos utilizan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios, que han permitido masificar este tipo de sistemas y ponerlos al alcance de las pequeñas empresas.

2.1.2. Clasificación

Clasificación de la gama Simatic HMI Basic Paneles

- KTP300 básica mono
- KTP400 básica mono
- KTP600 básica mono
- KTP600 color básico
- KTP1000 color básico
- KTP1500 color básico

2.1.3. Características HMI

- ✓ Hardware estándar para distintas aplicaciones: permite controlar varias aplicaciones según el requerimiento del operador.
- ✓ Posibilidad de modificaciones futuras para el proceso; mediante el software se puede modificar las condiciones de trabajo para la obtención del proceso deseado.
- ✓ Posibilidades de ampliación: se puede reemplazar y añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- ✓ Interconexión y cableado exterior: Es muy baja ya que sustituyen sistemas cableados (elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, leds) por sistemas programables compactos.
- ✓ Tiempo de implantación: es muy corto.
- ✓ Mantenimiento: es más fácil ya que se lo realiza mediante el programa que fue previamente cargado en el proceso que está siendo objeto de control.
- ✓ Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- ✓ Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.
- ✓ Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- ✓ Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

2.1.4. Aspectos destacables de las HMI KTP600 PN mono basic

Los paneles SIMATIC HMI Basic Panels han sido diseñados para operar a la perfección con el nuevo controlador SIMATIC S7-1200. La gama SIMATIC HMI Basic Panels 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.

a. Componentes del KTP600 PN mono Basic²

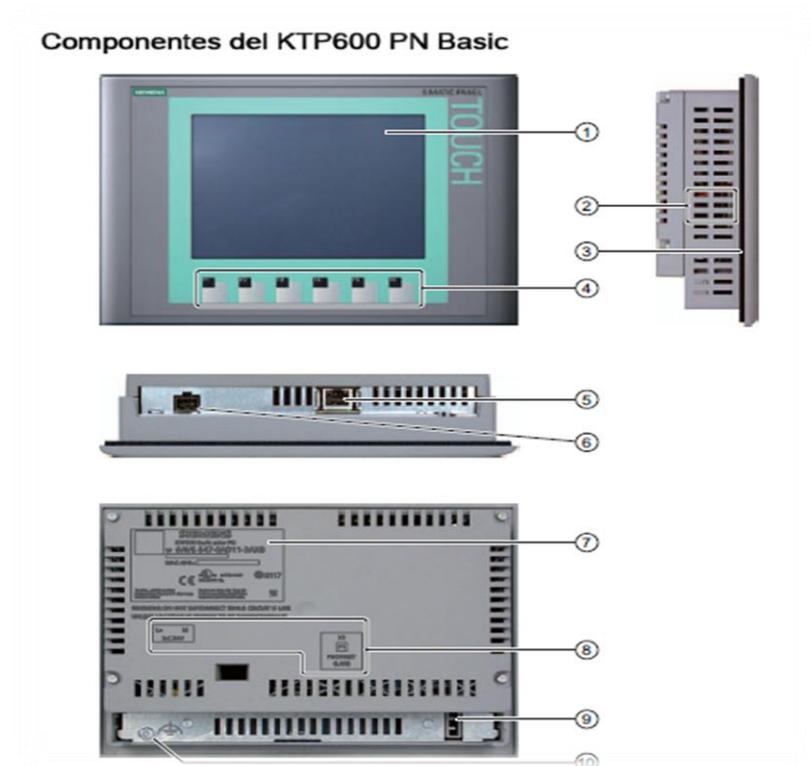


Figura 2. 1 Componentes del KTP600 PN mono Basic

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

1. Display/Pantalla táctil
2. Escotaduras para las mordazas de fijación
3. Junta de montaje
4. Teclas de función
5. Interfaz PROFINET
6. Conexión para la fuente de alimentación
7. Placa de características
8. Nombre del puerto
9. Guía para las tiras rotulables
10. Conexión para tierra funcional

²<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Documents/HMI%20KTPs.pdf>

2.1.5. Diseño robusto y que ahorra espacio³

Al contar con protección IP65, los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels son perfectos para el uso en entornos industriales duros. Su diseño compacto los hace adecuados también para aplicaciones con poco espacio de montaje.

2.1.6. Funcionalidades

Todos los modelos de SIMATIC HMI Basic Panels 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.

2.1.7. Pantalla y gráficos

Todas las series de los paneles SIMATIC HMI 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 SIMATC Win CC Basic, un software integrado hasta el último detalle en el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic.

³<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>

2.1.8. 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.

2.2. Controlador lógico programable

2.2.1. Introducción

El controlador lógico programable (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

En el sistema basado en relés, estos tenían un tiempo de vida limitado y se necesitaba un sistema de mantenimiento muy estricto. El alambrado de muchos relés en un sistema muy grande era muy complicado, si había una falla, la detección del error era muy tediosa y lenta.

2.2.2. Definición

Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones

almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas.

La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.

La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema y la memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.

2.2.3. Características destacadas de PLC

- ✓ 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.

2.2.4. Ventajas de PLC

- ✓ Menor cableado.
- ✓ Reducción de espacio.
- ✓ Facilidad para mantenimiento y puesta a punto.
- ✓ Flexibilidad de configuración y programación.
- ✓ Reducción de costos.

2.3. Clasificación de PLC siemens serie simatic

- ✓ Serie SIMATIC S7-200.
- ✓ Serie SIMATIC S7-300.
- ✓ Serie SIMATIC S7-1200.

2.4. PLC siemens S7-1200

El S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

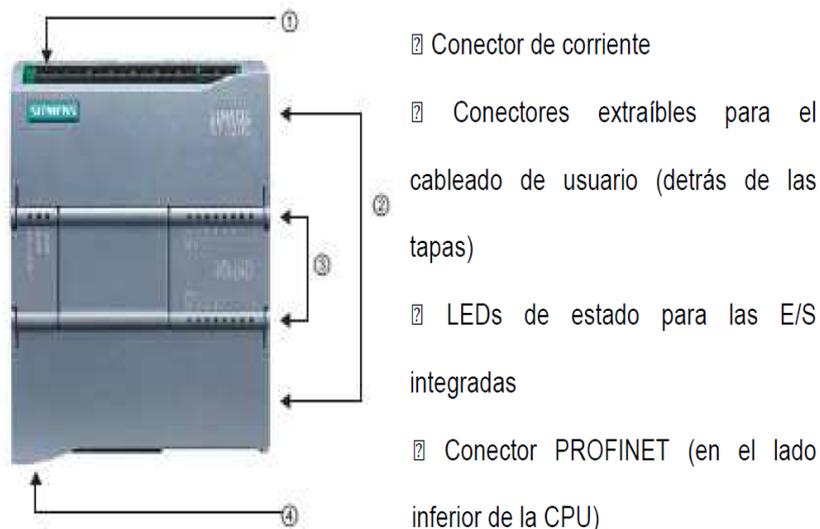


Figura 2. 2 Componentes del PLC SIEMENS S7-1200
Fuente:<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/1329/1/108T0006.pdf>

SIMATIC S7-1200 es el controlador de lazo abierto y lazo cerrado de control de tareas en la fabricación de equipo mecánico y la construcción de la planta. Se combina la automatización máxima y mínimo coste. Debido al diseño modular compacto con un alto rendimiento al mismo tiempo, el SIMATIC S7-1200 es adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de automatización. Su campo de aplicación se extiende desde la sustitución de los relés y contactores hasta tareas complejas de la automatización en las redes y en las estructuras de distribución. El S7-1200 también se abre cada vez más ámbitos en los que la electrónica especial ha sido desarrollada previamente por razones económicas.

- ✓ Estructura Interna y externa.
- ✓ Diseño escalable y flexible.
- ✓ Comunicación industrial.
- ✓ Funciones tecnológicas integradas.

2.4.1. Capacidad de expansión de la CPU

La familia S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación.

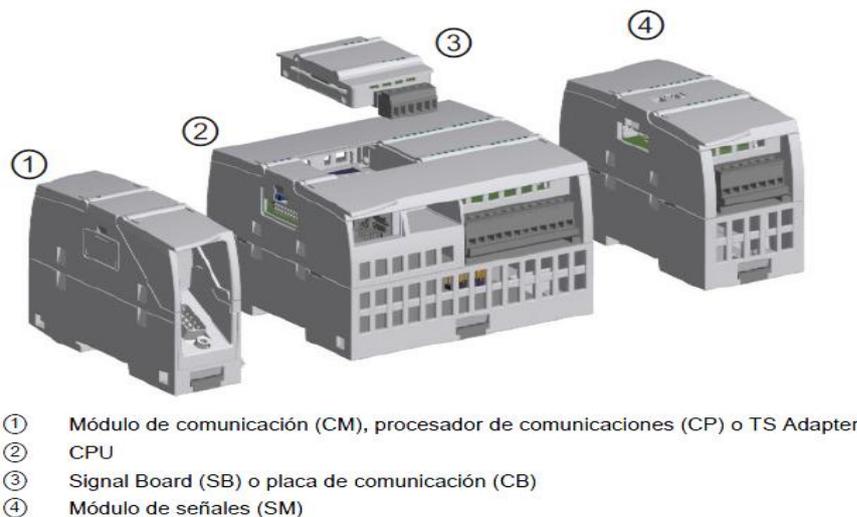


Figura 2. 3 E/S y protocolo de comunicación adicionales

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

2.4.2. Diseño escalable y flexible

La familia de controladores SIMATIC S7-1200 ha sido diseñada para otorgar la máxima flexibilidad en la configuración de máquinas individuales. Así podrá combinar libremente los elementos de su solución de control de la manera más conveniente, y cuando necesite ampliar el sistema, podrá hacerlo de manera rápida y sencilla.

a. Señales integradas, módulos de señales y módulos de comunicación

El sistema SIMATIC S7-1200 incluye tres modelos de CPU con potencia escalonada: CPU 1211C, CPU 1212C y CPU 1214C. Todas ellas pueden ampliarse en función de las necesidades de la máquina.

A cada CPU puede añadirse un Módulo de Señales Integradas para ampliar el número E/S digitales o lógicas sin necesidad de aumentar el tamaño físico del controlador. A la derecha de la CPU pueden colocarse los Módulos de Señales que se requieran para aumentar la capacidad de E/S digitales o analógicas. A la CPU 1212C pueden añadirse dos Módulos de Señales y, a la CPU 1214C, ocho. Finalmente, todas las CPU SIMATIC S7-1200 pueden equiparse hasta con tres Módulos de Comunicación a la izquierda del controlador, lo que permite una comunicación serie punto a punto.

Con un Módulo de Señales Integradas adicional, podrá aumentar el número de E/S digitales o analógicas de su controlador sin necesidad de aumentar físicamente su tamaño.

b. Módulos de señales



Figura 2. 4 Módulos de señales

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

Las mayores CPU admiten la conexión de hasta ocho Módulos de Señales, ampliando así las posibilidades de utilizar E/S digitales o analógicas adicionales.

c. Señales integradas



Figura 2. 5 Señales integradas

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

Un Módulo de Señales Integradas puede enchufarse directamente a una CPU. De este modo pueden adaptarse individualmente las CPU, añadiendo E/S digitales o analógicas sin tener que aumentar físicamente el tamaño del controlador. El diseño modular de SIMATIC S7-1200 garantiza que siempre se podrá modificar el controlador para adaptarlo perfectamente a cualquier necesidad.

d. Módulos de comunicación

Toda CPU SIMATIC S7-1200 puede ampliarse hasta con 3 Módulos de Comunicación. Los Módulos de Comunicación RS485 y RS232 son aptos para conexiones punto a punto en serie, basadas en caracteres.

Esta comunicación se programa y configura con sencillas instrucciones, o bien con las funciones de librerías para protocolo maestro y esclavo USS Drive y Modbus RTU, que están incluidas en el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic.

e. Memoria

Permite seleccionar el tamaño de la memoria de programa y la de datos hasta 50 KB de memoria de trabajo en el controlador, con libre configuración del tamaño de memoria de programa y de datos de usuario, pueden definirse hasta 2048 Bytes como remanentes.

El usuario puede designar memoria de datos o de marcas como remanentes ante un corte de alimentación.

2.4.3. Comunicación industrial

a. Comunicación con otros controladores y equipos HMI

Para hacer posible la comunicación con otros controladores y equipos HMI de SIMATIC, el controlador SIMATIC S7-1200 permite la conexión con varios equipos a través del protocolo de comunicación S7, cuya eficacia es ampliamente reconocida

b. PROFINET: El estándar abierto de industrial ETHERNET

Con estándares bien conocidos de TCP/IP, la interfaz PROFINET integrada puede usarse en SIMATIC S7-1200, tanto para programar como para la comunicación con equipos HMI y otros controladores. En el futuro será posible conectar SIMATIC S7-1200 con equipos de campo distribuidos mediante PROFINET. Además, el controlador podrá funcionar indistintamente como PROFINET I/O Device o como PROFINET I/O Controller. Esto hará posible en el futuro una comunicación unificada desde el nivel de campo hasta el nivel de control. Con esto damos respuesta a una de las necesidades más importantes ahora también en la gama de la automatización compacta.

2.4.4. Funciones tecnológicas integradas



Figura 2. 6 Funciones tecnológicas integradas

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

SIMATIC es desde hace bastantes años, sinónimo de fiabilidad en el mundo de la automatización. Basándonos en la larga experiencia, han integrado en el nuevo controlador las probadas e innovadoras funciones tecnológicas, desde el conteo y la medición al control de velocidad, posición y ciclo, pasando por funciones de control de proceso sencillas.

a. Entradas de alta velocidad para funciones de contaje y medición

El nuevo controlador SIMATIC S7-1200 posee hasta 6 contadores de alta velocidad. Tres entradas de 100 kHz y otras tres de 30 kHz perfectamente integradas para funciones de contaje y medición.

Esto permite la lectura precisa de encoders incrementales, contajes de frecuencia y la captura rápida de eventos de proceso.

b. Salidas de alta velocidad

En el controlador SIMATIC S7-1200 se han integrados 2 salidas de alta velocidad que pueden funcionar como salidas de tren de pulsos (PTO) o como salidas con modulación de ancho de impulsos (PWM). Si se configuran como PTO, ofrecen una secuencia de impulsos con un factor de trabajo del 50 % y hasta 100 kHz, para la regulación controlada de la velocidad y posición de motores paso a paso y servoaccionamientos. La realimentación para las salidas de tren de pulsos proviene internamente de los dos contadores de alta velocidad. Si se configuran como salidas PWM, ofrecen un tiempo de ciclo fijo con punto de operación variable. Esto permite regular la velocidad de un motor, la posición de una válvula o el ciclo de trabajo de un calefactor.

c. Control PID

S7-1200 admite hasta 16 lazos PID el software incorpora un asistente de configuración dispone también de panel autotuning permiten aplicaciones de proceso sencillas con lazo de regulación cerrado.

d. Panel de mando de ejes para la puesta en marcha de accionamientos

El panel de mando de ejes para la puesta en marcha de accionamientos, incluido en el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic, simplifica la puesta en marcha de motores paso a paso y servoaccionamientos. Permite el control,

tanto automático como manual, de un único eje de movimiento, y ofrece información de diagnóstico online.

e. Funcionalidad PID para lazos de regulación

SIMATIC S7-1200 admite hasta 16 lazos de regulación PID para aplicaciones sencillas de control de procesos. Estos lazos de regulación pueden configurarse fácilmente con un objeto tecnológico de regulación PID en el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic.

Además, SIMATIC S7-1200 admite PID Autotuning, para calcular automáticamente valores de ajustes óptimos para las componentes proporcional, integral y derivativa.

2.5. Software STEP 7 Basic⁴

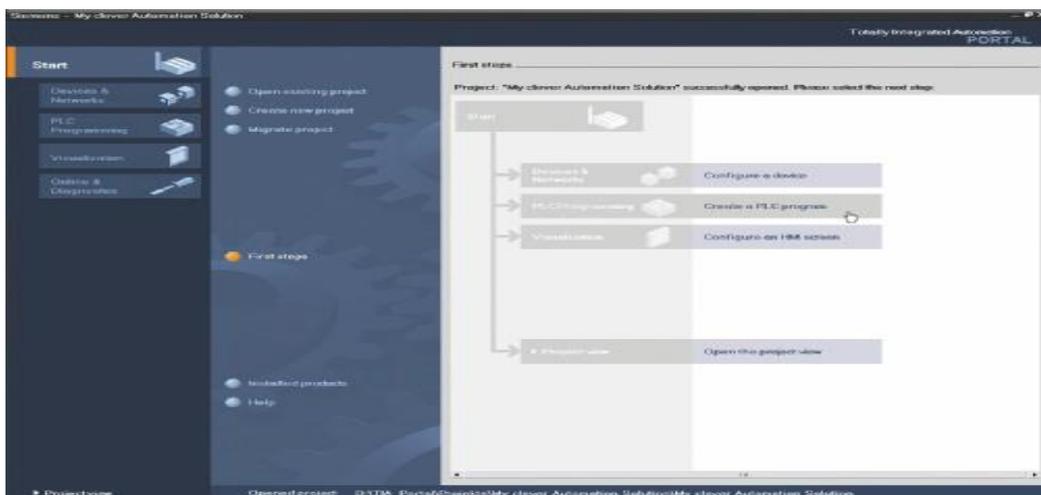


Figura 2. 7 Vista de portal

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

⁴<http://www.siemens.com/panels>

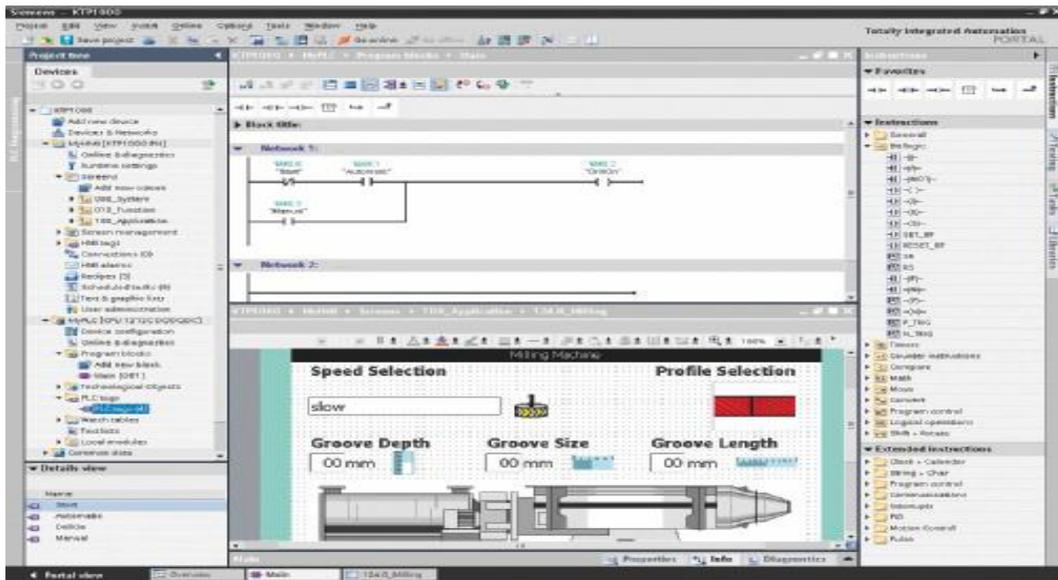


Figura 2. 8 Vista de proyecto

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

El software STEP 7 Basic es el sistema de ingeniería para programarlos SIMATIC S7-1200. El sistema de ingeniería WinCC Basic contenido en el paquete permite además configurar los paneles SIMATIC HMI Basic Panels conectados a S7-1200. De esta forma, STEP 7 Basic cubre todas las fases de un proyecto de automatización:

- ✓ Configuración y parametrización del hardware.
- ✓ Definición de la comunicación.
- ✓ Programación en esquema de contactos (KOP) y diagrama de funciones (FUP).
- ✓ Configuración de la visualización.
- ✓ Pruebas, puesta en marcha y servicio técnico.

2.5.1. Beneficios

- ✓ Óptima interacción de la ingeniería del controlador y la del HMI
- ✓ Eficiente solución de la completa tarea de automatización gracias a:
Programación del controlador y configuración de HMI unificada desde un mismo sistema de ingeniería.
Gestión de datos compartida.

Acceso más rápido a través de la vista de portal

- ✓ La vista de portal simplifica la navegación:

Lo que facilita incluso a no expertos resolver rápida y dirigidamente cualquier tarea planteada.

Para tareas de mantenimiento, acceso directo más rápido a las vistas online desde la vista de portal; para ello no es preciso cargar previamente un proyecto.

Interfaz de usuario intuitiva

- ✓ El uso de STEP 7 Basic es extraordinariamente intuitivo por:
 - Tener editores adecuados a las tareas y procesos.
 - Aplicación de las más actuales técnicas de Windows.

2.5.2. Gama de aplicación

STEP 7 Basic es el sistema de ingeniería para programar soluciones de automatización realizadas con SIMATIC S7-1200. Al tener integrado WinCC Basic, además de la programación del controlador es posible configurar los paneles de gama SIMATIC HMI Basic Panels a él asociados. Esto permite aplicar cómoda y simplemente la completa funcionalidad y potencia de estos sistemas usando una única herramienta.

STEP 7 Basic es aplicable para:

- ✓ Programar la familia de controladores SIMATIC S7-1200: CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C.
- ✓ Configurar los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels basados en PROFINET: KTP400 Basic, KTP600 Basic mono y KTP600 Basic color, KTP1000 Basic, KTP1500 Basic; KTP400 Basic y KTP600 Basic pueden configurarse también para modo retrato.

2.5.3. 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, CPUs 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.

2.5.4. Programación del controlador

- Potentes editores para programar el S7-1200 en KOP y FUP.
- Extenso catálogo de instrucciones (operaciones).
- Área de favoritos configurable para instrucciones (operaciones) usadas con frecuencia.
- Editor tabular para configurar las interfaces de los bloques.
- Reuso 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 auto sintonización (Autotune).

2.5.5. 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.

2.5.6. 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.

2.5.7. 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.

Datos técnicos	
STEP 7 Basic	
Tipo de licencia	Single License
Clase de software	A
Versión actual	V10.5
Sistema de destino	SIMATIC S7-1200
Sistema operativo	Windows XP Professional SP3 (32 bits) Windows Vista Ultimate SP1 (32 bits) Windows Vista Business SP1 (32 bits) Windows Vista Home Premium SP1 (32 bits)
Tamaño de memoria en el PG/PC, mín.	1 Gbyte
Espacio libre en disco duro en el PG/PC	2 Gbyte
Observación	Incluye los lenguajes de programación KOP y FUP conformes con IEC

Figura 2. 9 Datos técnicos de STEP7

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

2.6. Motores asíncronos trifásicos⁵

2.6.1. Introducción



Figura 2. 10 Motor asíncrono trifásico

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

⁵<http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: de jaula de ardilla; bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° .

El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción.

La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor.

La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento.

Una característica importante del motor asíncrono es que la velocidad de trabajo depende de la frecuencia de la red donde se lo conecta. Un motor asíncrono nunca supera esta frecuencia.

2.6.2. Partes del motor

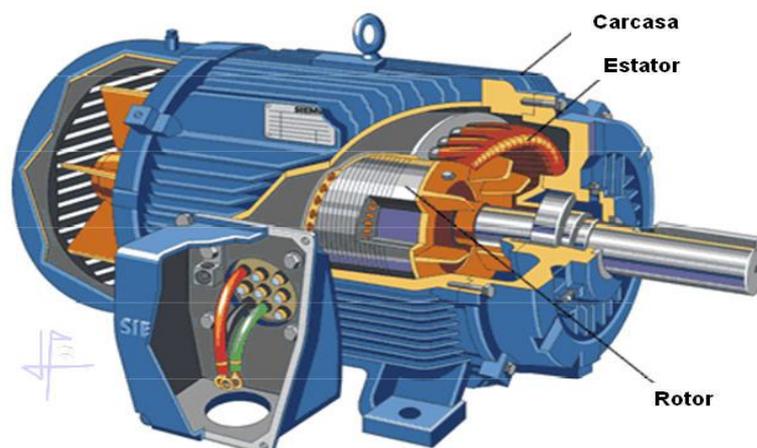


Figura 2. 11 Partes del motor trifásico
Fuente:<http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

a. Estator

Un estator es una parte fija de una máquina rotativa, la cual alberga una parte móvil (rotor). En los motores asíncronos trifásicos, tienen un bobinado distribuido en ranuras a 120° .

Tienen tres bobinados en el estator, estos bobinados están desfasados $2\pi/3$ ($3P$), siendo P el número de polos de la máquina.

b. Rotor

El Rotor es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, generalmente montada en un eje. En los motores asíncronos existen dos tipos, jaula de ardilla o rotor bobinado:

Jaula de ardilla: en su interior contiene barras conductoras a lo largo, de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula.

Los bobinados inductores en el estator de un motor de inducción incitan al campo magnético a rotar alrededor del rotor. El movimiento relativo entre este campo y la rotación del rotor induce corriente eléctrica, un flujo en las barras conductoras. Alternadamente estas corrientes que fluyen longitudinalmente en los conductores reaccionan con el campo magnético del motor produciendo una fuerza que actúa tangente al rotor, dando por resultado un esfuerzo de torsión para dar vuelta al eje.

Los conductores se inclinan levemente a lo largo de la longitud del rotor para reducir ruido y para reducir las fluctuaciones del esfuerzo de torsión que pudieron resultar, a algunas velocidades, y debido a las interacciones con las barras del estator. El número de barras en la jaula de la ardilla se determina según las corrientes inducidas en las bobinas del estator y por lo tanto según la

corriente a través de ellas. Las construcciones que ofrecen menos problemas de regeneración emplean números primos de barras.

El núcleo de hierro sirve para llevar el campo magnético a través del motor. Su estructura y material se diseña para reducir al mínimo las pérdidas. Las láminas finas, separadas por el aislamiento de barniz, reducen las corrientes parásitas que circulan resultantes de las corrientes de Foucault. El material, un acero bajo en carbono pero alto en silicio, con varias veces la resistencia del hierro puro, en la reductora adicional. El contenido bajo de carbono le hace un material magnético suave con pérdida bajas por histéresis.

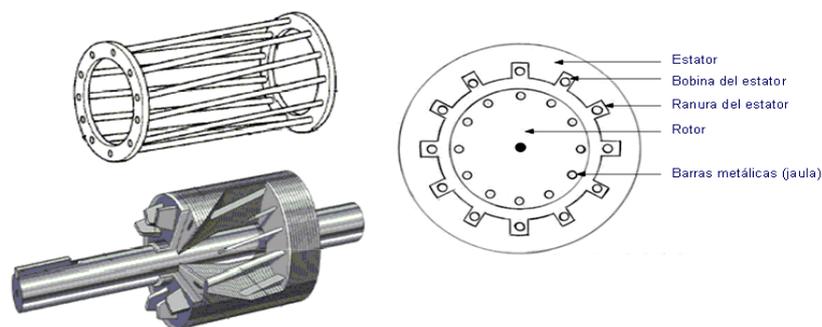


Figura 2. 12 Rotor de Motor asíncrono trifásico
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

Rotor bobinado: El motor de rotor bobinado tiene un rotor constituido, por una serie de conductores bobinados sobre él en una serie de ranuras situadas sobre su superficie. De esta forma se tiene un bobinado en el interior del campo magnético del estator, del mismo número de polos (ha de ser construido con mucho cuidado), y en movimiento. Este rotor es mucho más complicado de fabricar y mantener que el de jaula de ardilla, pero permite el acceso al mismo desde el exterior a través de unos anillos que son los que cortocircuitan los bobinados. Esto tiene ventajas, como la posibilidad de utilizar un reóstato de arranque que permite modificar la velocidad y el par de arranque, así como el reducir la corriente de arranque.

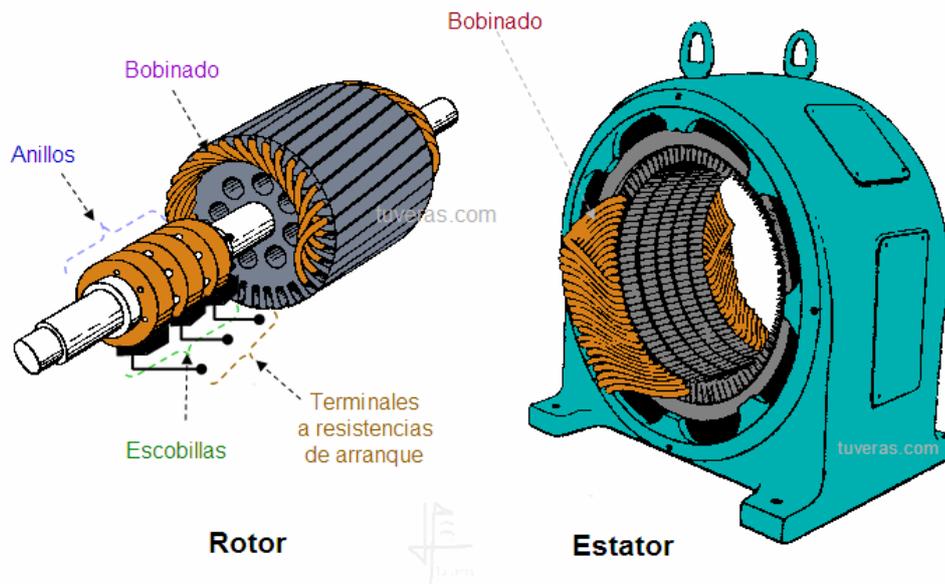


Figura 2. 13 Rotor y estator de Motor asíncrono trifásico
 Fuente: <http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

c. Carcasa

Es la cobertura del estator y la parte visible del motor, su función es la de proteger al bobinado y al rotor. También sirve para disipar el calor del motor, mediante ranuras que toman temperatura mientras el motor trabaja, y la circulación de aire (ya sea de forma natural o por un extractor) las enfría, logrando refrigerar el motor.

Puede proteger al motor de distintos agentes externos según las normas de seguridad que cumpla:

Placa de un motor asíncrono: En esta placa se observa que es un motor trifásico porque usa tres fases, que trabaja con una frecuencia de 60 Hz, que entrega 2900 rpm, que tiene una protección IP54 y que tiene una potencia nominal de 15 KW, esta potencia es la potencia mecánica que entrega el motor en el cabo del eje, pero no la absorbida desde la red eléctrica, la cual será mayor por efecto de rendimiento y factor de potencia.

2.6.3. Construcción y clasificación

Consta de elementos como son: la carcasa que soporta el estator, la caja de bornes, donde realizar las conexiones eléctricas, el ventilador para refrigeración.

El estator está formado por chapas de un acero especial con buena conducción magnética, aisladas eléctricamente para evitar pérdidas por corrientes de Foucault. Las chapas tienen unas ranuras donde se alojan los devanados de excitación.

El rotor está construido mediante chapas, al igual que el estator, los conductores se alojan en las ranuras de dos maneras diferentes dando lugar a dos tipos de motores.

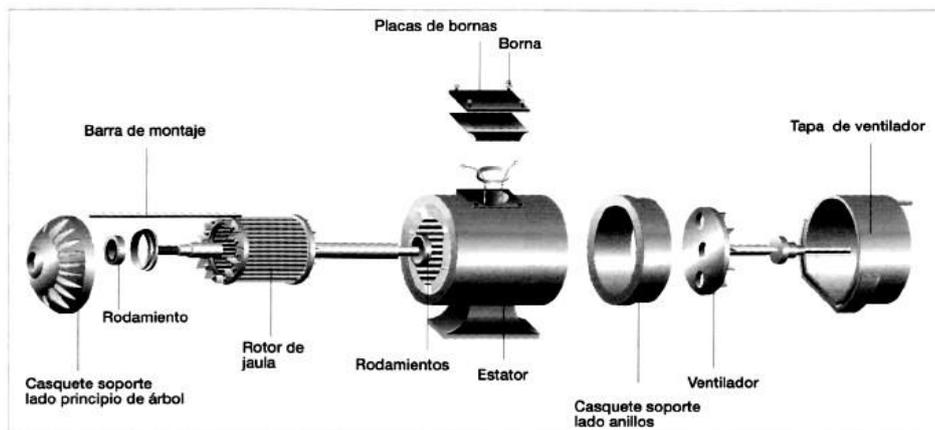


Figura 2. 14 Construcción y clasificación del motor asíncrono trifásico
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

a. Motores de “Jaula de ardilla”

El rotor consta de un cierto número de barras de cobre o de aluminio, conectadas eléctricamente por anillos de aluminio finales. Su construcción es más económica, robusta y sencilla, no incorporan escobillas por lo que su mantenimiento es menor, pero no permite conectar el rotor a otros componentes eléctricos fuera del mismo.

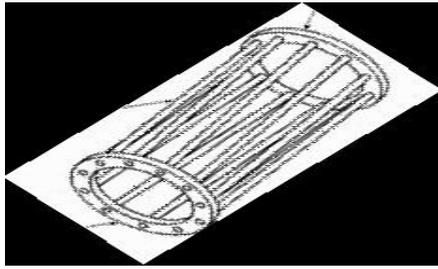


Figura 2. 15 Jaula de ardilla

Fuente:<http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

b. Motores de “Rotor bobinado”

Los conductores del rotor están constituidos por bobinas de hilo de cobre conectadas al exterior a través de un sistema de anillos y escobillas, permite conectar el devanado rotórico con otros elementos eléctricos como resistencias para cambiar los parámetros de funcionamiento del motor.

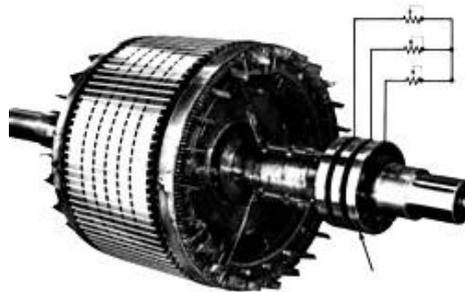


Figura 2.16 Rotor Bobinado

Fuente:<http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

2.6.4. Conexión del motor

La conexión del motor a la línea eléctrica se realiza a través de la “caja de bornes” en la misma podemos acceder al principio y final de cada bobina que constituyen los devanados.

Dada una línea trifásica se pueden conectar los devanados del motor en estrella o en triángulo.

Hay que tener en cuenta que las bobinas del motor están construidas para un valor máximo de voltaje, la conexión en estrella o triángulo del motor dependerá de este máximo y del valor de la línea.

2.6.5. Curvas características

Las más importantes son las “característica de par” $M=f(n)$ y la “característica de intensidad” $I=f(n)$

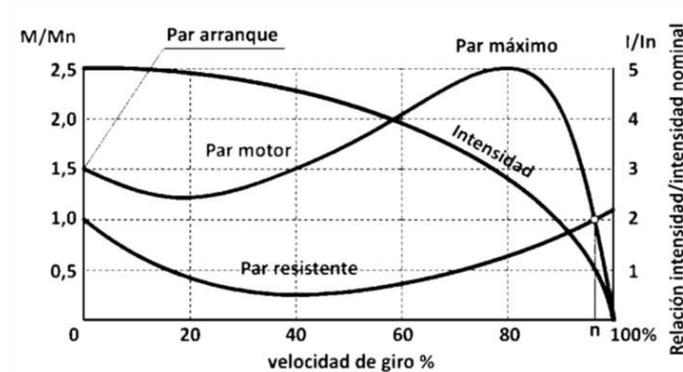


Figura 2. 17 Curvas características

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

2.6.6. Arranque del motor

Si no se dispone de algún medio que limite la corriente, en el arranque del motor se produce un valor elevado de corriente lo cual da lugar a problemas en las líneas eléctricas por lo que es necesario limitar este valor de corriente. El arranque directo del motor solo es válido para motores de poca potencia.

a. Arranque mediante resistencias

Consiste en conectar en serie con el motor unas resistencias, es un método que desperdicia la potencia en forma de calor, por lo que es muy poco utilizado.

b. Arranque mediante autotransformador

Mediante un transformador se puede reducir el valor de voltaje, tampoco es muy poco utilizado por el coste del transformador.

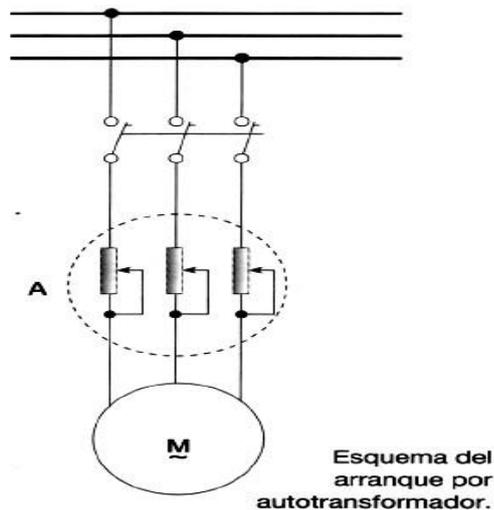


Figura 2. 18 Arranque por Autotransformador
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

c. Arranque mediante conexión de resistencias en el rotor

Solo válido en motores con rotor bobinado, presenta los inconvenientes anteriormente descritos.

d. Arranque estrella-triángulo

Es el tipo de arranque más utilizado por su bajo coste, en función de la tensión del motor y de la línea se puede arrancar el motor con los devanados conectados en estrella y una vez en marcha el motor conectarlos en triángulo. Para la realización del mismo se necesitan contactores, son “relés” para potencias elevadas que permiten realizar circuitos de maniobra de las maquinas eléctricas. Circuito de potencia y mando de un arranque estrella-triángulo.

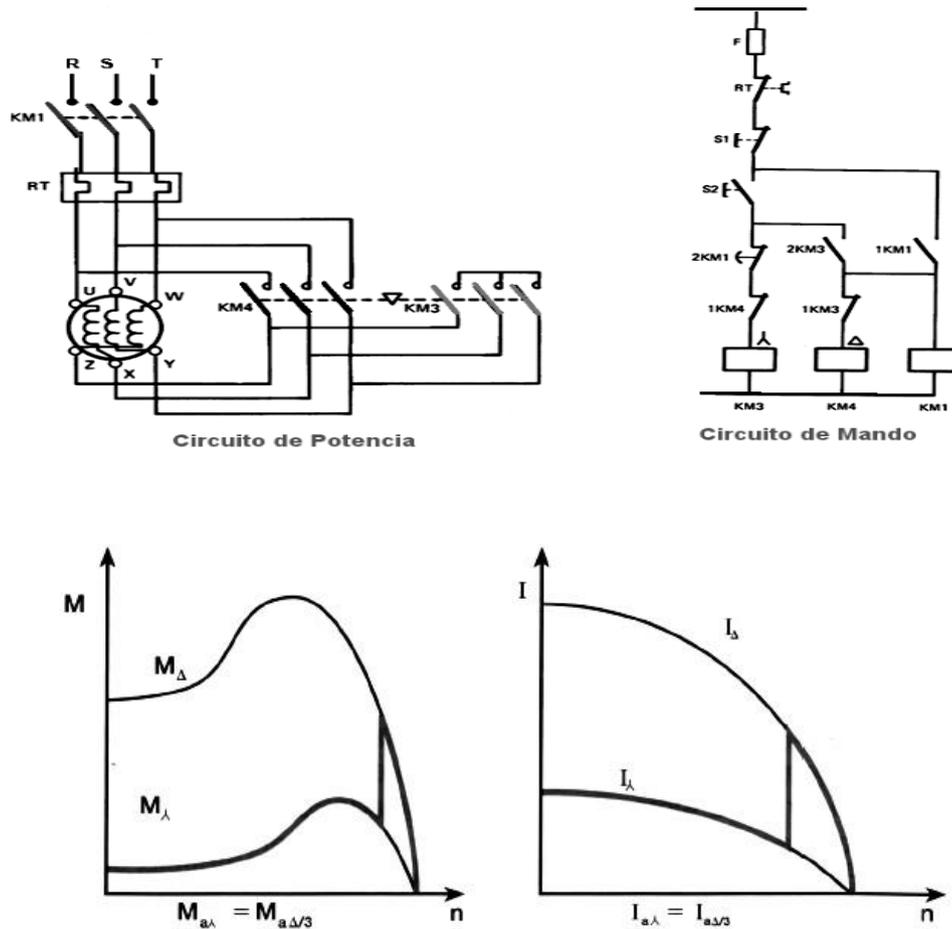


Figura 2. 19 Arranque estrella-triángulo
 Fuente: <http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

Al conectar el motor en estrella la corriente de arranque se reduce a la tercera parte que al conectar en triángulo directamente.

e. Arranque mediante variador de frecuencia

Regulación de velocidad

Un variador o convertidor de frecuencia es un dispositivo que mediante “electrónica de potencia”, (transistores y tiristores capaces de conducir corrientes elevadas) permite obtener un sistema trifásico de voltajes con distintas frecuencias.

Basados en esta tecnología se tienen equipos que permiten variar la velocidad de un motor de una forma bastante precisa. Los mismos se pueden utilizar como arrancadores.

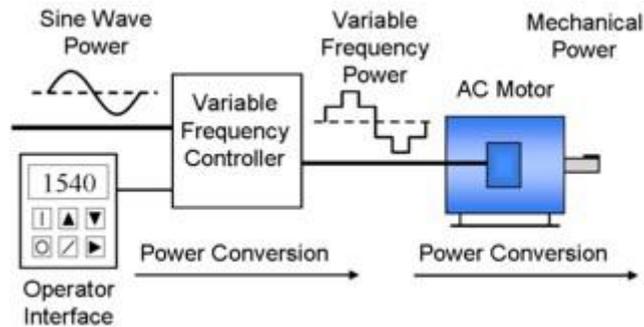


Figura 2. 20 Variador de frecuencia
Fuente:<http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

Mediante un display y unos pulsadores se seleccionan distintos valores de frecuencia a la salida del convertidor.

2.7. Variador de frecuencia siemens G110⁶

La serie G110 de siemens es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos.

Los convertidores están controlados por microprocesadores y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les

⁶<http://www.elec serrano.com.ar/siemens/variadores/g110/index.php>

hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones protegen excelentemente al convertidor como al motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el G110 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples.

El G110 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros. El G110 puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.



Figura 2. 21 Variador de frecuencia G110

Fuente: <http://www.elec serrano.com.ar/siemens/variadores/g110/index.php>

2.7.1. Terminales del Variador de frecuencia

Los terminales del variador son muy importantes por la razón que se puede operar externamente del variador por medio de estos. A continuación se van a enumerar y a definir qué función cumple cada uno de estos.

Los terminales se encuentran en la parte inferior del variador de velocidad tal como se puede observar en la Figura 2.22.

Tabla 2. 1. Terminales del variador de velocidad

TERMINALES	FUNCIÓN
1	Salida de señal digital negativa
2	Salida de señal digital positiva
3 Y 6	ON/OFF para la puesta en funcionamiento del variador
4 Y 6	Terminal de inversión de giro del motor.
5	Entrada digital.
6	Entrega un voltaje de salida de 24V.
7	Fase negativa.
8,9 Y 10	Estos tres terminales tienen la función de una fuente interna de 10V la cual se puede variar mediante un potenciómetro de 10K Ω conectado a cada uno de los terminales donde: El terminal 8.- entrega 10V El terminal 9.- Entra la señal variable. El terminal 10.- Es la fase negativa.

Elaborado Por: Liseth Albarracín



Figura 2. 22 Terminales del variador de velocidad G110
Fuente: <http://www.elec serrano.com.ar/siemens/variadores/g110/index.php>

2.8. PID (Proporcional integral derivativo)⁷

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce.

La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.

⁷http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

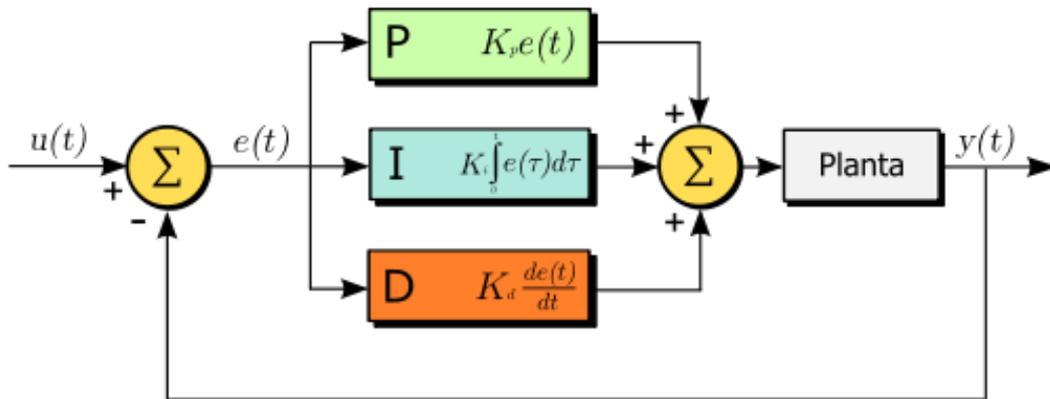


Figura 2. 23 Diagrama en bloques de un control PID.
 Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

2.8.1. Funcionamiento

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc).
2. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc).

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que son con corriente continua.

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 (HMI- Human Machine Interface), son pantallas de gran valor

visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

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 (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador utilizado.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte 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, respectivamente. Se pretenderá lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo posible los efectos de las perturbaciones.

2.8.2. Control Proporcional

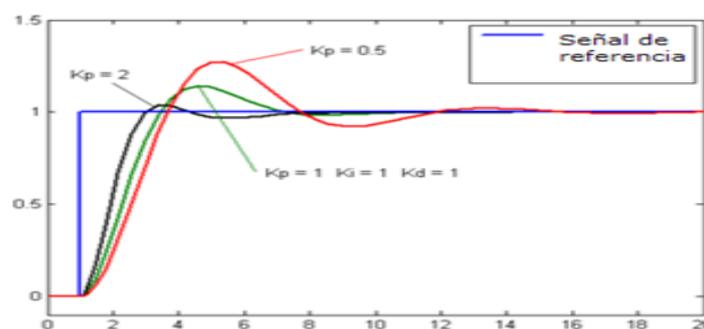


Figura 2. 24 Control proporcional

Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos

en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación.

Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación).

La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa.

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Nos indicará la posición que pasará a ocupar el elemento final de control.

Ejemplo: Cambiar la posición de una válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la desviación de la temperatura (variable) respecto al punto de consigna (valor deseado).

2.8.3. Control Integral

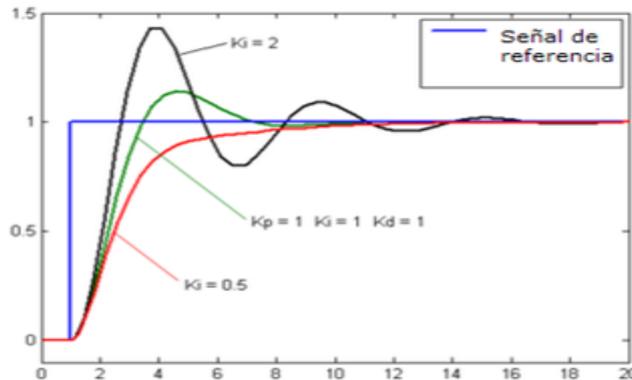


Figura 2. 25 Proporcional integral

Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El error integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante I . Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control $P + I$ con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El modo integral presenta un desfase en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a tener un retraso de 270° , luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso. La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. Es el tiempo en que delante una señal en escalón, el elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional.

2.8.4. Control Derivativo

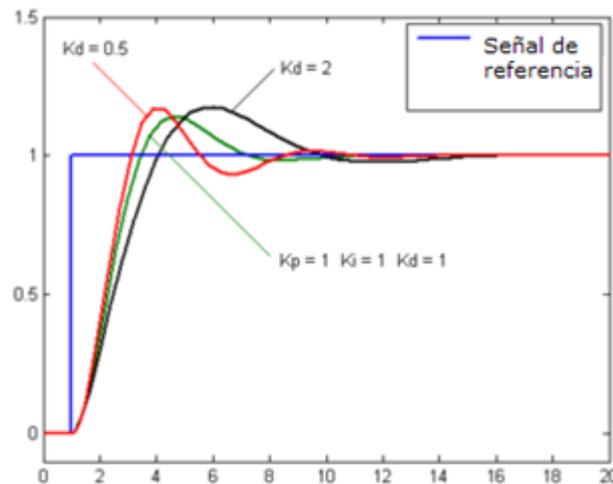


Figura 2. 26 Proporcional derivativo

Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El error, la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "Set Point".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta

de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones.

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

2.8.5. Significado de las constantes

P constante de proporcionalidad: se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional. Ejemplo: Cambia la posición de la válvula proporcionalmente a la desviación de la variable respecto al punto de consigna. La señal P mueve la válvula siguiendo fielmente los cambios de temperatura multiplicados por la ganancia.

I constante de integración: indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

D constante de derivación: hace presente la respuesta de la acción proporcional duplicándola, sin esperar a que el error se duplique. El valor indicado

por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá. Ejemplo: Mueve la válvula a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna. La señal I va sumando las áreas diferentes entre la variable y el punto de consigna repitiendo la señal proporcional según el tiempo de acción derivada (minutos/repetición).

Tanto la acción Integral como la acción Derivativa, afectan a la ganancia dinámica del proceso. La acción integral sirve para reducir el error estacionario, que existiría siempre si la constante K_i fuera nula. Ejemplo: Corrige la posición de la válvula proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada. La señal d es la pendiente (tangente) por la curva descrita por la variable. La salida de estos tres términos, el proporcional, el integral, y el derivativo son sumados para calcular la salida del controlador PID. Definiendo $u(t)$ como la salida del controlador.

2.8.6. Usos

Por tener una exactitud mayor a los controladores proporcional, proporcional derivativo y proporcional integral se utiliza en aplicaciones más cruciales tales como control de presión, flujo, fuerza, velocidad, en muchas aplicaciones química, y otras variables. Además es utilizado en reguladores de velocidad de automóviles (control de crucero), control de ozono residual en tanques de contacto.

2.8.7. Ajuste de parámetros del PID

El objetivo de los ajustes de los parámetros PID es lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo los efectos de las perturbaciones; se tiene que lograr la mínima integral de error. Si los parámetros del controlador PID (la ganancia del proporcional, integral y derivativo) se eligen incorrectamente, el proceso a controlar puede ser inestable, por ejemplo, que la

salida de este varíe, con o sin oscilación, y está limitada solo por saturación o rotura mecánica. Ajustar un lazo de control significa ajustar los parámetros del sistema de control a los valores óptimos para la respuesta del sistema de control deseada. El comportamiento óptimo ante un cambio del proceso o cambio del "set point" varía dependiendo de la aplicación. Generalmente, se requiere estabilidad ante la respuesta dada por el controlador, y este no debe oscilar ante ninguna combinación de las condiciones del proceso y cambio de "set points".

Algunos procesos tienen un grado de no-linealidad y algunos parámetros que funcionan bien en condiciones de carga máxima no funcionan cuando el proceso está en estado de "sin carga". Hay varios métodos para ajustar un lazo de PID. El método más efectivo generalmente requiere del desarrollo de alguna forma del modelo del proceso, luego elegir P, I y D basándose en los parámetros del modelo dinámico. Los métodos de ajuste manual pueden ser muy ineficientes.

La elección de un método dependerá de si el lazo puede ser "desconectado" para ajustarlo, y del tiempo de respuesta del sistema. Si el sistema puede desconectarse, el mejor método de ajuste a menudo es el de ajustar la entrada, midiendo la salida en función del tiempo, y usando esta respuesta para determinar los parámetros de control. Ahora describimos como realizar un ajuste manual.

2.8.8. Ajuste manual

Si el sistema debe mantenerse online, un método de ajuste consiste en establecer primero los valores de I y D a cero. A continuación, incremente P hasta que la salida del lazo oscile. Luego establezca P a aproximadamente la mitad del valor configurado previamente. Después incremente I hasta que el proceso se ajuste en el tiempo requerido (aunque subir mucho I puede causar inestabilidad).

Finalmente, incremente D, si se necesita, hasta que el lazo sea lo suficientemente rápido para alcanzar su referencia tras una variación brusca de la carga.

Un lazo de PID muy rápido alcanza su set point de manera veloz. Algunos sistemas no son capaces de aceptar este disparo brusco; en estos casos se requiere de otro lazo con un P menor a la mitad del P del sistema de control anterior.

2.8.9. Métodos de lazo abierto

El controlador cuando está instalado operará manualmente. Produciendo un cambio escalón a la salida del controlador se obtiene la curva de reacción del proceso, a partir de la cual se identifica un modelo para el mismo, usualmente de primer orden más tiempo muerto. Este modelo es la base para la determinación de los parámetros del controlador.

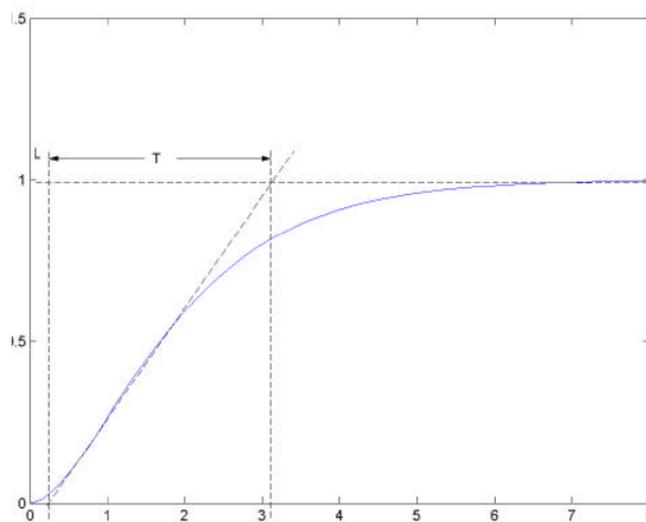


Figura 2. 27 Respuesta Lazo abierto
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

2.8.10. Métodos de lazo cerrado

El controlador opera automáticamente produciendo un cambio en el valor deseado se obtiene información del comportamiento dinámico del sistema para identificar un modelo de orden reducido para el proceso, o de las características de la oscilación sostenida del mismo, para utilizarla en el cálculo de los parámetros del Controlador.

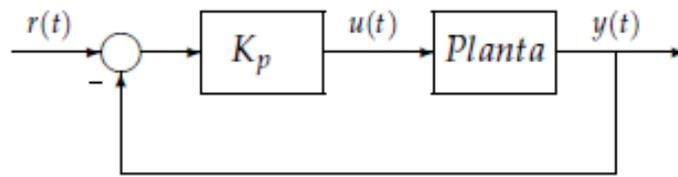


Figura 2. 28 Lazo cerrado
 Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

2.8.11. Métodos de sintonización de lazo cerrado

a. Métodos de Ziegler y Nichols

El primer procedimiento de sintonización basado en una prueba de lazo cerrado fue propuesto por Ziegler y Nichols. Se utiliza un controlador puramente proporcional y mediante un proceso iterativo, el procedimiento requiere aumentar paulatinamente la ganancia del mismo hasta lograr que el sistema entre en una oscilación sostenida ante un cambio del escalón en el valor deseado. La ganancia en este punto es la ganancia última K_{cu} y el periodo de la oscilación, el periodo último T_u .

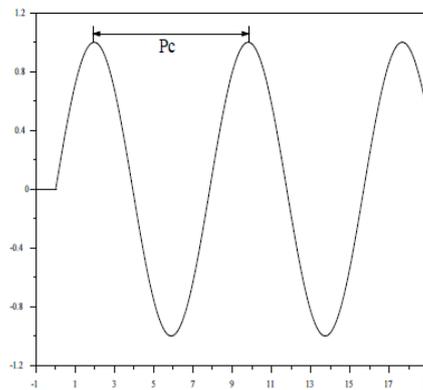


Figura 2. 29 Respuesta del sistema Lazo cerrado
 Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

Tabla 2. 2. Parámetros de Ajuste PID

	K_p	T_i	T_d
P	$0,50K_c$		
PI	$0,45K_c$	$\frac{P_c}{1,2}$	
PID	$0,60K_c$	$0,5P_c$	$\frac{P_c}{8}$

Elaborado por: Liseth Albarracín

2.8.12. Limitaciones de un control PID

Mientras que los controladores PID son aplicables a la mayoría de los problemas de control, puede ser pobres en otras aplicaciones. Los controladores PID, cuando se usan solos, pueden dar un desempeño pobre cuando la ganancia del lazo del PID debe ser reducida para que no se dispare u oscile sobre el valor del "set point". El desempeño del sistema de control puede ser mejorado combinando el lazo cerrado de un control PID con un lazo abierto. Conociendo el sistema (como la aceleración necesaria o la inercia) puede ser avanaccionado y combinado con la salida del PID para aumentar el desempeño final del sistema.

Solamente el valor de avanacción (o Control prealimentado) puede proveer la mayor porción de la salida del controlador. El controlador PID puede ser usado principalmente para responder a cualquier diferencia o "error" que quede existir entre el set point y el valor actual del proceso. Como la salida del lazo de avanacción no se ve afectada a la realimentación del proceso, nunca puede causar que el sistema oscile, aumentando el desempeño del sistema, su respuesta y estabilidad.

Por ejemplo, en la mayoría de los sistemas de control con movimiento, para acelerar una carga mecánica, se necesita de más fuerza (o torque) para el motor. Si se usa un lazo PID para controlar la velocidad de la carga y manejar la fuerza o torque necesaria para el motor, puede ser útil tomar el valor de aceleración instantánea deseada para la carga, y agregarla a la salida del controlador PID.

Esto significa que sin importar si la carga está siendo acelerada o desacelerada, una cantidad proporcional de fuerza está siendo manejada por el motor además del valor de realimentación del PID. El lazo del PID en esta situación usa la información de la realimentación para incrementar o decrementar la diferencia entre el set point y el valor del primero. Trabajando juntos, la combinación avanzación-realimentación provee un sistema más confiable y estable.

Otro problema que posee el PID es que es lineal. Principalmente el desempeño de los controladores PID en sistemas no lineales es variable. También otro problema común que posee el PID es, que en la parte derivativa, el ruido puede afectar al sistema, haciendo que esas pequeñas variaciones, hagan que el cambio a la salida sea muy grande. Generalmente un Filtro pasa bajo ayuda, ya que elimina las componentes de alta frecuencia del ruido. Sin embargo, un FPB y un control derivativo pueden hacer que se anulen entre ellos. Alternativamente, el control derivativo puede ser sacado en algunos sistemas sin mucha pérdida de control. Esto es equivalente a usar un controlador PID como PI solamente.

2.9. Encoder TRD-S100BD

El codificador o encoder con el que se trabajara en esta ocasión, es un codificador fabricado por la empresa KOYO y que responde a la referencia TRD-S100B, el cual es un encoder óptico incremental, presentado en la figura 2.30.



Figura 2. 30 Encoder óptico incremental
Fuente: <http://www.Koyo.com/trdSSH/catalog.html>

Este dispositivo entrega 100 pulsos por vuelta y puede trabajar a una velocidad máxima de hasta 6000 RPM, tiene una frecuencia de respuesta de 10 Khz. Posee 3 terminales de salida, los cuales están representados en diferentes colores de cables, tres de ellos corresponden a las salidas de pulsos A, B y Z de color negro, blanco, naranja respectivamente, dos de las líneas de alimentación de los cuales corresponde a la entrada de alimentación que puede ir de 10.6 VDC a 26.4 VDC de color café y la otra de 0 V de color azul, y el último es de conexión de tierra general GND de color plateado.

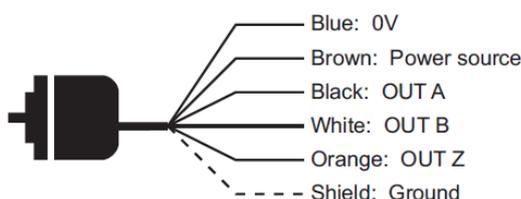


Figura 2. 31 Encoder óptico incremental
Fuente: <http://www.Koyo.com/trdSSH/catalog.html>

2.9.1. Características

Un encoder óptico es un encoder rentable para pequeñas aplicaciones que se van a realizar con él, por lo que este tipo de encoder tiene las siguientes características:

- ❖ Su cuerpo es pequeño con 38 mm de diámetro y 30 mm de profundidad.
- ❖ A prueba de polvo.
- ❖ Tiene una dimensión de 6 mm para eje normal y de 8 mm para eje hueco.



Figura 2. 32 Encoder normal y encoder tipo hueco
Fuente: <http://www.Koyo.com/trdSSH/catalog.html>

- ❖ Tiene una resolución disponible que va desde los 10 pulsos por revolución hasta los 2500 pulsos por revolución.
- ❖ Está disponible en las configuraciones de salida en Open Collector y en Line Drive.
- ❖ Su máxima frecuencia de respuesta está en los 200 Khz

2.9.2. Sistema de numeración

El sistema de numeración de los encoders se realiza por medio de siglas que indican las series del encoder, los pulsos por revolución de este tipo de encoder y los modelos que indican el tipo y rango de alimentación a los que pueden estar sometidos los encoders.

Por ejemplo el encoder tipo TRD-S100B, esto quiere decir que el encoder es de eje normal debido a la sigla S, también que nos entrega 100 pulsos por revolución debido al numeral 100 y que puede ser alimentado de 10,8 VDC hasta 26,4 VDC, con su salida en configuración Open Collector, debido a la sigla B.

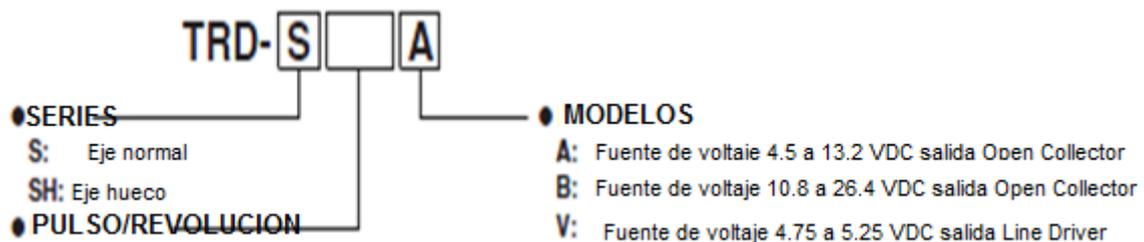


Figura 2. 33 Sistema de numeración
Fuente: <http://www.Koyo.com/trdSSH/catalog.html>

2.9.3. Principio de funcionamiento

El encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal, si se asocian a cremalleros o husillos.

Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos (CNC), controladores lógicos programables (PLC), sistemas de control, etc.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preliminares

En este capítulo se detalla paso a paso como se realizó la implementación de un HMI para el control y monitoreo de velocidad de un motor trifásico con la TOUCH PANEL KTP600PN y el PLC S7-1200 con el respectivo módulo de salidas analógicas, también se utilizó un módulo de control y monitoreo que contiene un motor trifásico y un encoder TRD-S100BD, y así tomar las muestras para hacer el control PID con la ayuda del software TIA PORTAL.

Mediante el software TIA PORTAL se realizó la programación en la PC para cargar tanto en el PLC S7-1200 como en la TOUCH PANEL y así realizar el diseño, para controlar la velocidad del motor trifásico desde un TOUCH PANEL KTP600PN. El software TIA PORTAL cuenta con varias instrucciones que se utilizó para realizar la programación.

3.2. Componentes para la implementación del HMI

Los componentes utilizados en la implementación de la HMI para el monitoreo y control de velocidad de un motor trifásico fueron los siguientes:

- ✓ Módulo de control y monitoreo que contiene un motor trifásico
- ✓ TOUCH PANEL KTP600PN
- ✓ PLC S7-1200
- ✓ Encoder TRD-S100BD
- ✓ Módulo de salidas analógicas
- ✓ Circuito acoplador de señal
- ✓ CPU
- ✓ Fuente de 24VDC

Software utilizado:

- ✓ TIA PORTAL

3.3. Conexiones del Módulo de control y monitoreo de motor trifásico y el PLC S7-1200

El módulo de control y monitoreo contiene un motor trifásico, un variador de frecuencia para ajustar los parámetros de velocidad del motor y un encoder TRD-S100BD.

- ✓ Polarizar el circuito acoplador de señal con la fuente de 24VDC
- ✓ Conectar la entrada digital L+ al circuito acoplador de señal.
- ✓ Conectar la entrada digital DI0.2 al circuito acoplador de señal.
- ✓ Conectar el DB9 macho del encoder TRD-S100BD al DB9 hembra del circuito acoplador de señal.
- ✓ Conectar el terminal 6 de la bornera del módulo del motor a la masa 0M de la salida analógica.
- ✓ Conectar la salida analógica AQ0 al terminal 5 de la bornera del módulo del motor que es la entrada de la señal variable.



Foto 3. 1 Módulo de control y monitoreo de motor trifásico
Elaborado por: Liseth Albarracín

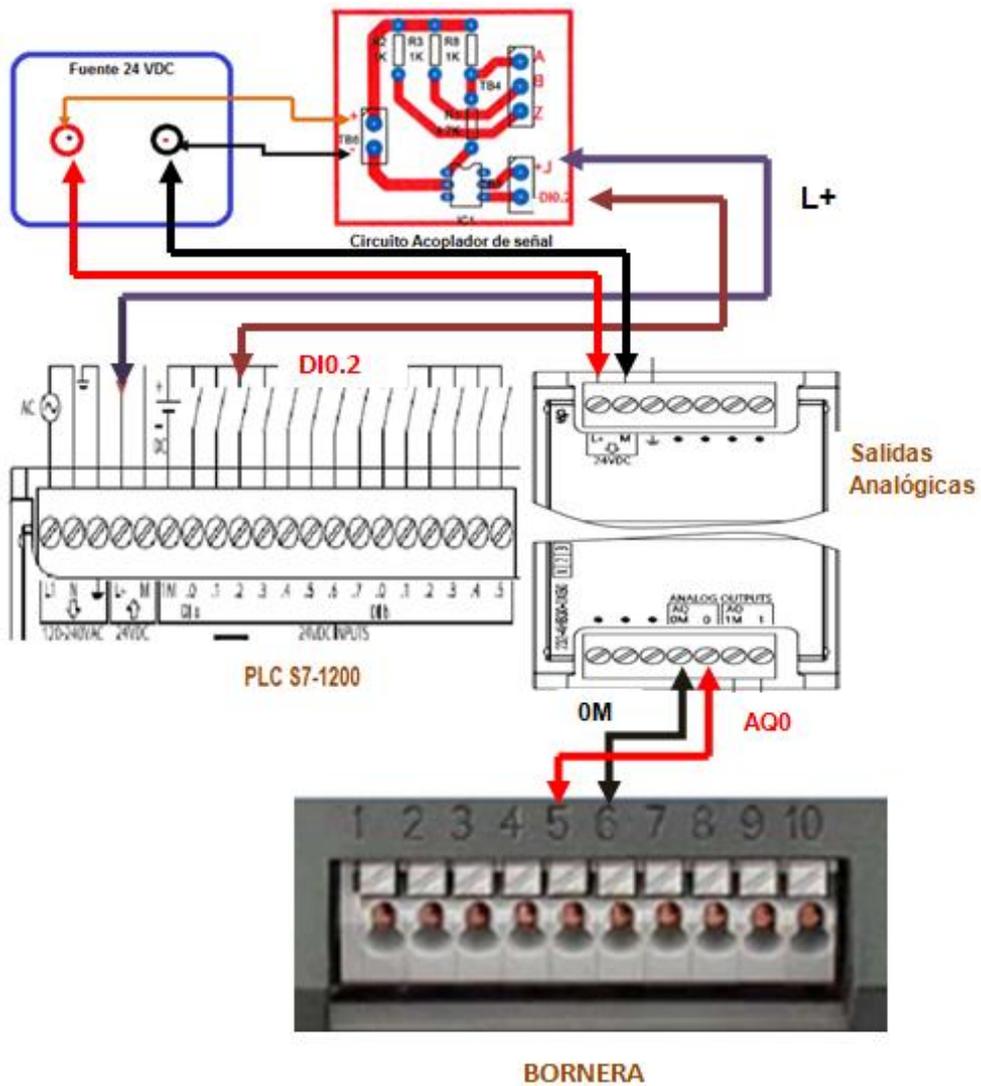


Foto 3. 2 Conexiones del proyecto
Elaborado por: Liseth Albarracín

3.4. Programación del variador de frecuencia

Luego de que se realizó las conexiones del módulo de control y monitoreo del motor trifásico se procedió a programar el variador de frecuencia mediante las características adquiridas de la placa del motor trifásico y los parámetros correspondientes para este trabajo.

Tabla 3. 1.Parámetros de programación del variador Siemens G110.

<p>P0010 Puesta en servicio 0= Listo para MARCHA 1= Puesta en servicio rápida 2= Ajuste de fabrica Recuerde que P0010 se debe retomarse siempre a "0" antes de poner en marcha al motor. Sin embargo tras la puesta en servicio se ajusta P3900 =1, esto se hace tras la puesta en servicio se ajusta P3900=1, esto se hace automáticamente</p>	<p>P0700 Selección de la fuente de orden 0= ajuste de fabrica 1= panel BOP 2= bornes / terminales</p>
<p>P0100 Europa/Norteamerica 0=Potencia KW; f por defecto 50Hz 1=Potencia en HP; f por defecto 60 Hz 2=Potencia en KW ; f por defecto 60 Hz Nota: los ajustes 0 & 1 deben cambiarse usando los interruptores DIP para que tengan efecto permanente.</p>	<p>P1000 Selección de la consigna de frecuencia 0= sin consigna de frecuencia 1= consigna de frecuencia desde BOP 2= consigna analógica 3=consigna de frecuencia fija</p>
<p>P0304 + Tensiónnom Del motor 10-200V Tensión normal del motor (V) tomada de la placa de características</p>	<p>P1080 Frecuencia mínima del motor Ajuste del mínimo de la frecuencia del motor (0-650Hz) el valor aquí ajustado es válido tanto para giro horario como antihorario.</p>
<p>P0305 * Corriente nom. Del motor Se pone la corriente nominal del motor (A) tomado de la placa de características</p>	<p>P1082 Frecuencia máxima del motor Ajuste máximo de la frecuencia del motor (0-650Hz) el valor aquí ajustada es válido tanto para giro horario como antihorario.</p>
<p>P0307 Potencia nom. Del motor 0-2000KW Potencia nominal del motor (Hz) tomada de la placa de características</p>	<p>P1120 Tiempos de aceleración Tiempo que lleva el motor acelerar de la parada a la frecuencia máxima ajustada.</p>
<p>P0310 Frecuencia nominal del motor 12-650Hz Frecuencia nominal del motor (Hz) tomada de la placa de características</p>	<p>P1121 Tiempos de deceleración Tiempo que lleva al motor decelerar de la frecuencia máxima del motor a la parada.</p>
<p>P0311* Velocidad nominal del motor 0-40000r/min Velocidad nominal del motor (rpm) tomada de la</p>	<p>P3900 Fin de puesta en servicio 0= Fin de puesta en servicio sin cálculo motor o reset ajuste fabrica.</p>

placa de características	1=Fin puesta en servicio con cálculo motor (recomendado) 2= Fin puesta en servicio
--------------------------	---

Elaborado por: Liseth Albarracín

Las opciones y valores que se asignan al variador de frecuencia se seleccionaron de la tabla anterior y se presentan a continuación:

Tabla 3. 2. Opciones para la programación del variador Siemens G110.

P0010 Puesta en servicio 1= puesta en servicio rápida	P0700 Selección de la fuente de orden 2= bornes / terminales
P0100 Europa/Norteamérica 1=Potencia en HP; f por defecto 60 Hz	P1000 Selección de la consigna de frecuencia 2= consigna analógica
P0304 + Tensión nom Del motor 10-200V 220 V	P1080 Frecuencia mínima del motor 0
P0305 * Corriente nom. Del motor 3.5 A	P1082 Frecuencia máxima del motor 60Hz
P0307 Potencia nom. Del motor 0-2000KW 1hp	P1120 Tiempos de aceleración 5 seg
P0310 Frecuencia nominal del motor 12-650Hz 60Hz	P1121 Tiempos de deceleración 5 seg
P0311* Velocidad nominal del motor 0-40000r/min 1660 rpm	P3900 Fin de puesta en servicio 1=Fin puesta en servicio con calculo motor (recomendado)

Elaborado por: Liseth Albarracín

3.5. Programación para el control y monitoreo del motor trifásico en el Software TIA PORTAL

Para el desarrollo del proyecto, después de que se realizó las conexiones del hardware, luego se procedió a realizar la programación en el software TIA PORTAL para cargar tanto en el PLC como en la TOUCH PANEL y así controlar y monitorear el motor trifásico.

Primero se debe conectar el cable directo al PLC para que exista comunicación con la computadora, después se procedió a abrir el software para realizar la programación.

3.5.1. Creación del proyecto en el software TIA PORTAL

Los siguientes pasos muestran cómo crear un proyecto. En el proyecto se guardan de forma ordenada, los datos y programas que se generan al crear una tarea.

Para crear el proyecto, se procede del siguiente modo:

1. Inicie el Totally Integrated Automation Portal.



Figura 3. 1 Ingreso al programa Step 7
Elaborado por: Liseth Albarracín

El Totally Integrated Automation Portal se abre en la vista del portal.

2. Crear el proyecto "IMPLEMENTACIÓN HMI" en una ruta de su elección.

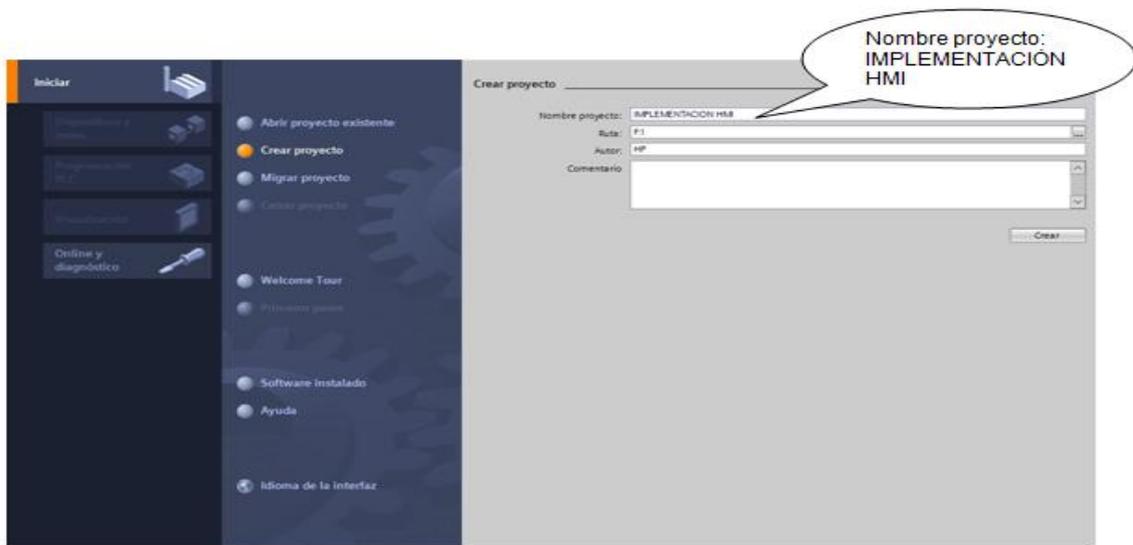


Figura 3.2 Vista portal del Step 7
Elaborado por: Liseth Albarracín

3.5.2. Insertar y configurar el controlador

Para agregar el dispositivo al proyecto, se debe proceder del siguiente modo:

1. Dispositivos y redes, luego agregar dispositivo.



Figura 3.3 Configuración del PLC y HMI
Elaborado por: Liseth Albarracín

2. Seleccionar el controlador deseado.

CPU 1214C AC/DC/Rly serie 6ES7 214-1BE30-0XB0

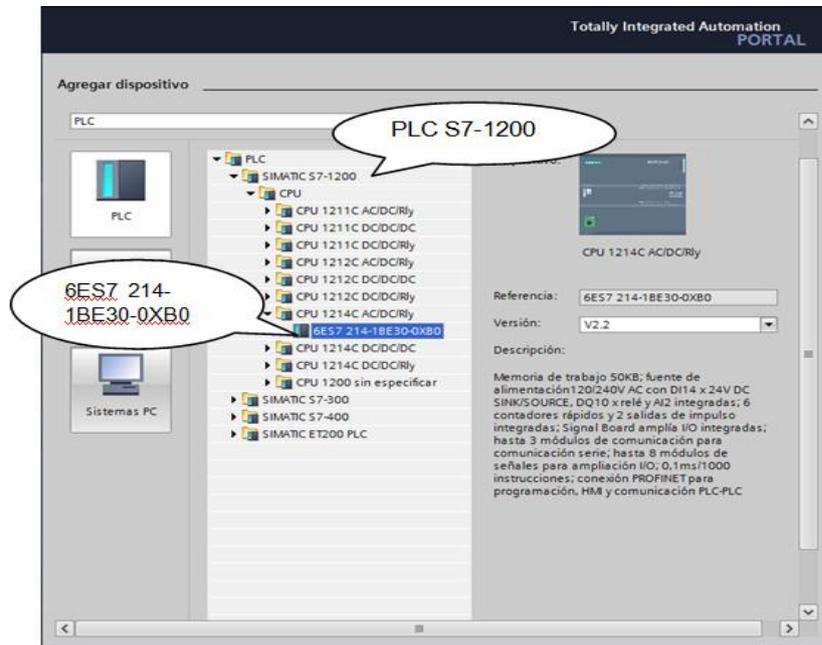


Figura 3.4 Selección de los dispositivos
Elaborado por: Liseth Albarracín

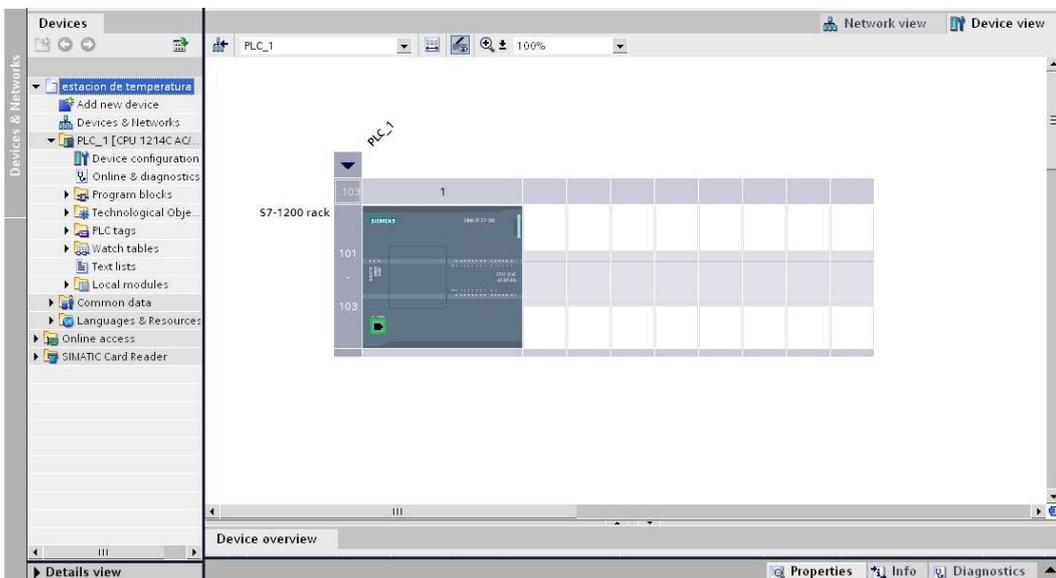


Figura 3.5 Asignación del PLC
Elaborado por: Liseth Albarracín

Configurar el controlador

Para configurar el controlador, se procede del siguiente modo:

1. Seleccionar la interfaz PROFINET en la representación gráfica.

En la ventana de inspección aparecen las propiedades de la interfaz PROFINET.

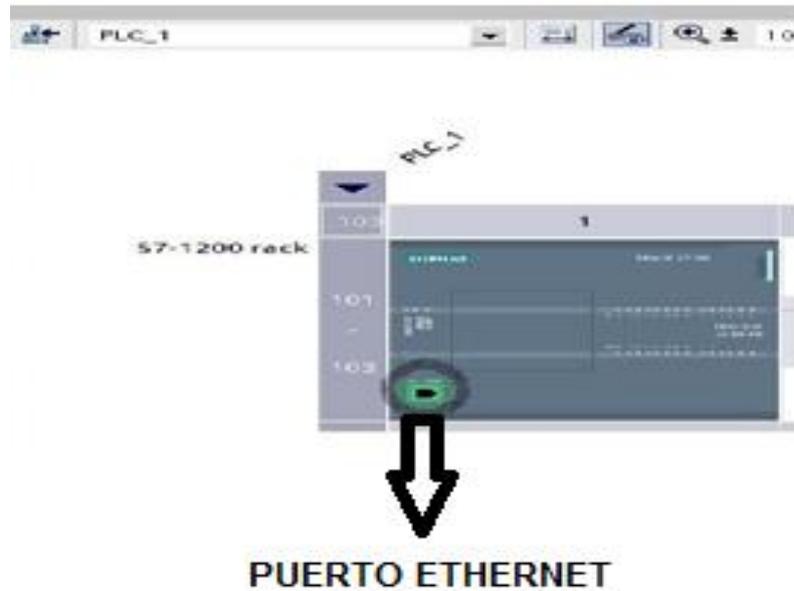


Figura 3. 6 Puerto Ethernet
Elaborado por: Liseth Albarracín

3. Se debe Introducir la dirección IP del controlador en la opción "Direcciones Ethernet" de la ventana de inspección.

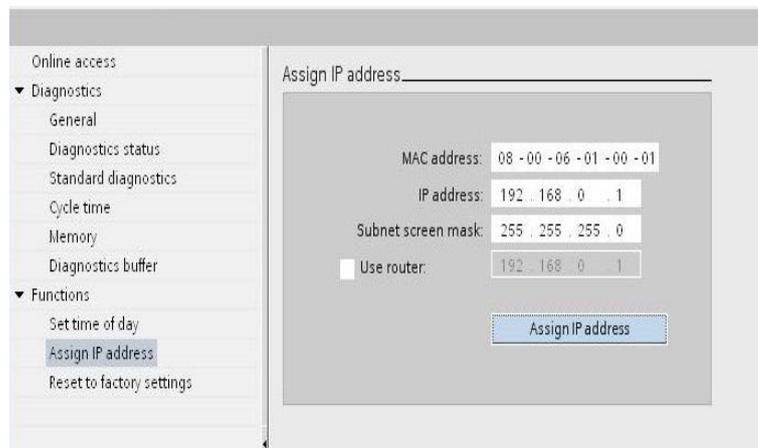


Figura 3. 7 Asignación de la dirección de red
Elaborado por: Liseth Albarracín

Junto con el controlador, en el proyecto se creó automáticamente el bloque de organización "Main [OB1]". En dicho bloque de organización se creó el programa de usuario.

En la ventana de configuración del equipo se debe añadir el módulo de salidas analógicas que se necesita en el equipo físicamente para esto se selecciona del catálogo de la derecha el módulo correspondiente y se debe ir arrastrando y colocar en la posición correcta en este caso en el lado derecho de la CPU.

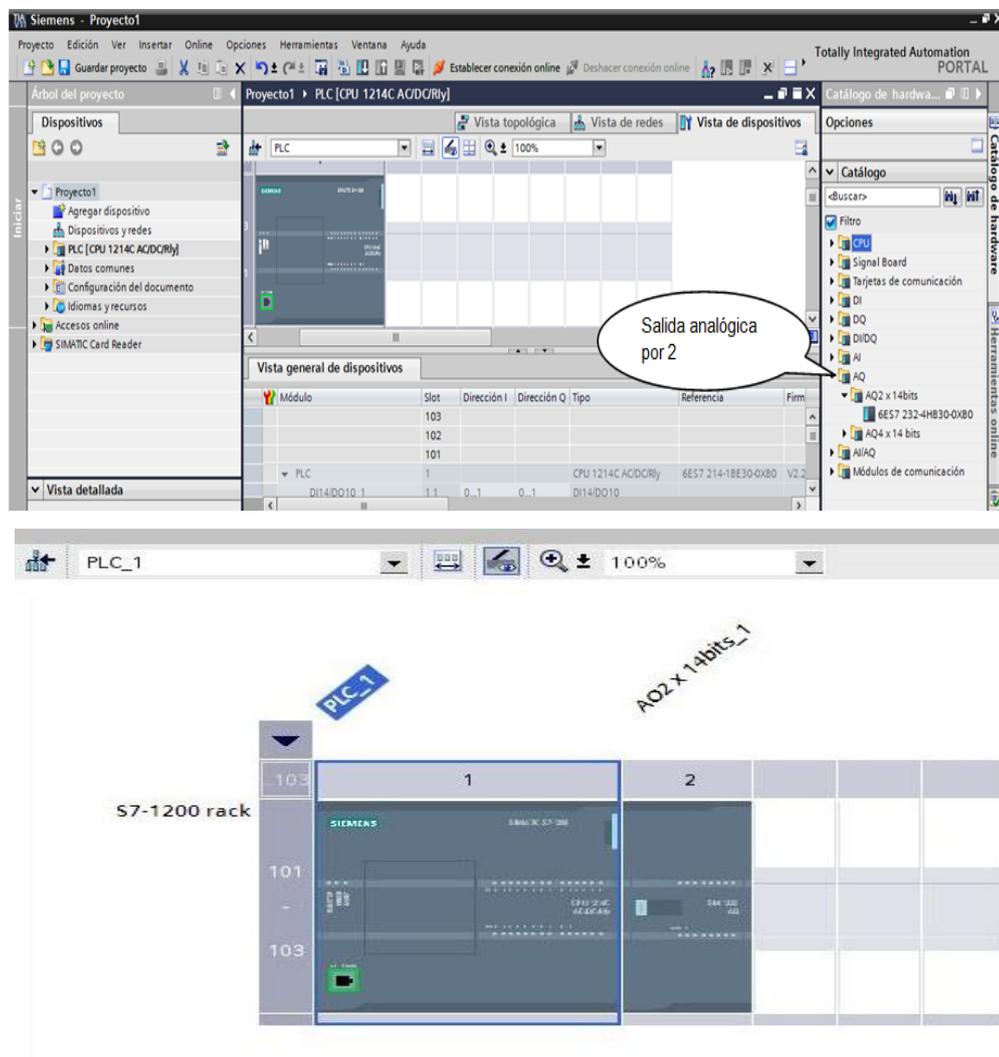


Figura 3.8 S7-1200–Módulos de Expansión
 Elaborado por: Liseth Albarracín

Se debe comprobar que las estaciones estén accesibles, se hace clic en el menú de online en la opción “dispositivos accesibles”, aparecerá la siguiente pantalla donde indica los dispositivos accesibles con la dirección IP y MAC

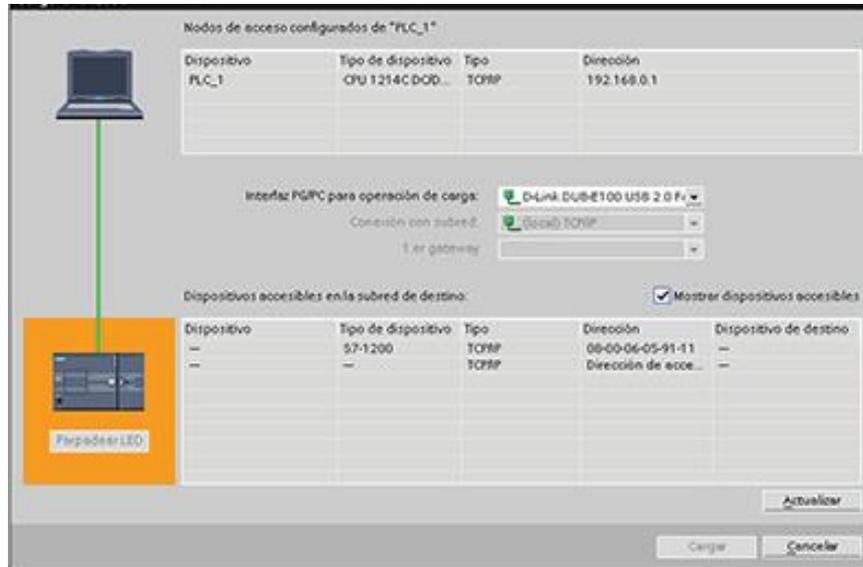


Figura 3.9 Dispositivos accesibles
Elaborado por: Liseth Albarracín

3.5.3. Programación del proyecto

Una vez que se ha configurado la parte del hardware se procedió a realizar la parte de la programación.

Abrir el bloque de organización

Los pasos siguientes muestran cómo abrir el bloque de organización en el editor de programas. El editor de programas es el entorno de desarrollo integrado para crear el programa.

Para abrir el bloque de organización "Main [OB1]", se procedió del siguiente modo:

1. Abrir la carpeta "Bloques de programa" del árbol del proyecto.
2. Abrir el bloque de organización "Main [OB1]".

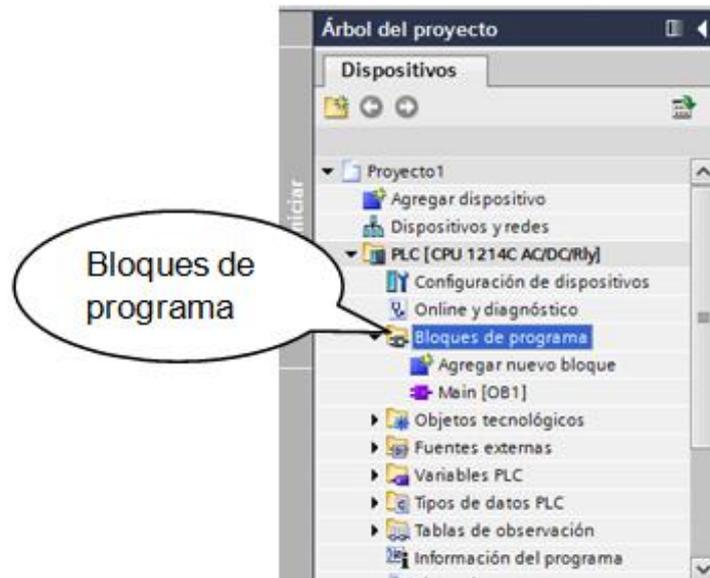


Figura 3.10 Bloque del programa
Elaborado por: Liseth Albarracín

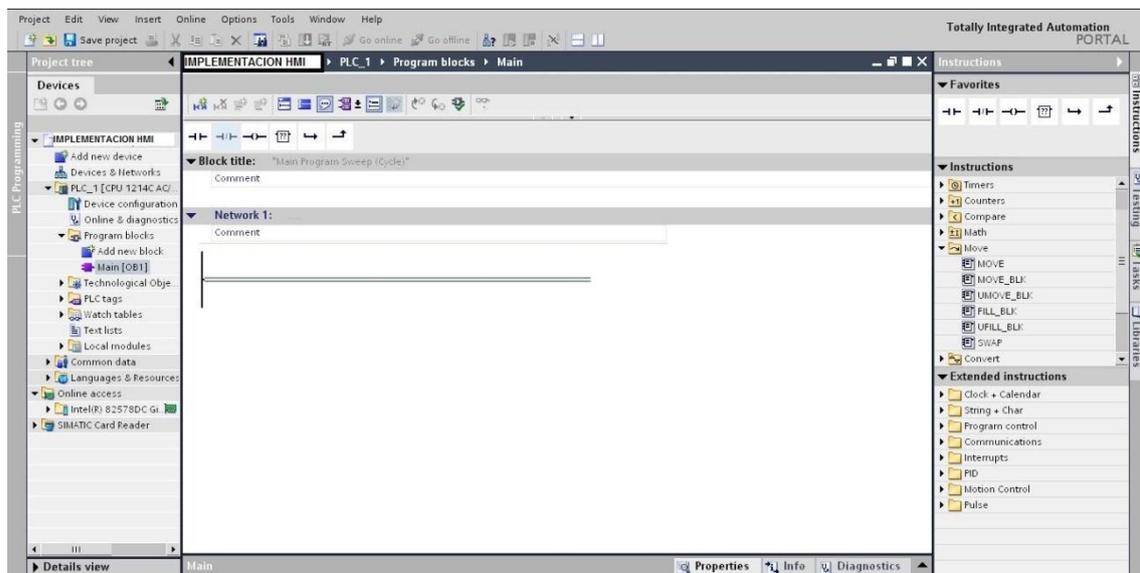


Figura 3.11 Editor de programa
Elaborado por: Liseth Albarracín

Las funciones del editor de programas permiten crear los bloques del programa, está formado por varias áreas que soportan la ejecución de diferentes tareas de programación, según sea su función.

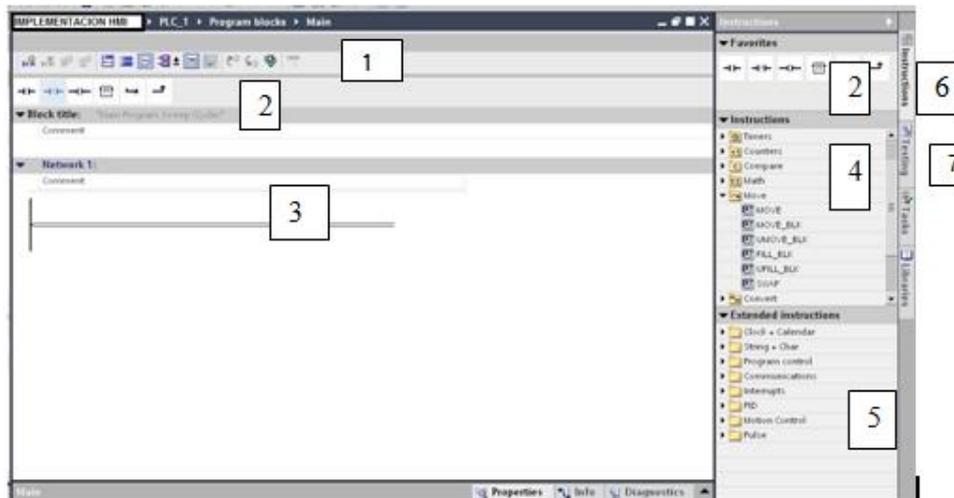


Figura 3. 12 Estructura del editor de programas
Elaborado por: Liseth Albarracín

1. Barra de herramientas:

La barra de herramientas permite acceder a las principales funciones del editor de programas, tales como:

- Insertar, borrar, expandir y contraer segmentos
- Mostrar y ocultar operandos absolutos
- Mostrar y ocultar comentarios de segmento
- Mostrar y ocultar los Favoritos
- Mostrar y ocultar la visualización del estado del programa

2. Paleta "Favoritos" de la TaskCard "Instrucciones" y Favoritos en el editor de programas:

Los Favoritos permiten acceder rápidamente a las instrucciones que se utilizan con frecuencia. Es posible ampliar la paleta "Favoritos" con otras instrucciones.

3. Ventana de instrucciones:

La ventana de instrucciones es el área de trabajo del editor de programas. Aquí pueden realizarse las siguientes tareas:

- Crear y gestionar segmentos
- Introducir títulos y comentarios de bloques y segmentos

- Insertar instrucciones y asignarles variables.

4. Paleta "Instrucciones" de la TaskCard "Instrucciones"

5. Paleta "Instrucciones avanzadas" de la TaskCard "Instrucciones"

6. TaskCard "Instrucciones":

La TaskCard "Instrucciones" contiene las instrucciones con las que se crean los contenidos del programa.

7. TaskCard "Test"

a. Escalamiento

Para el presente proyecto se realizó un escalamiento para poder determinar la velocidad del motor en RPM y en porcentaje (%).

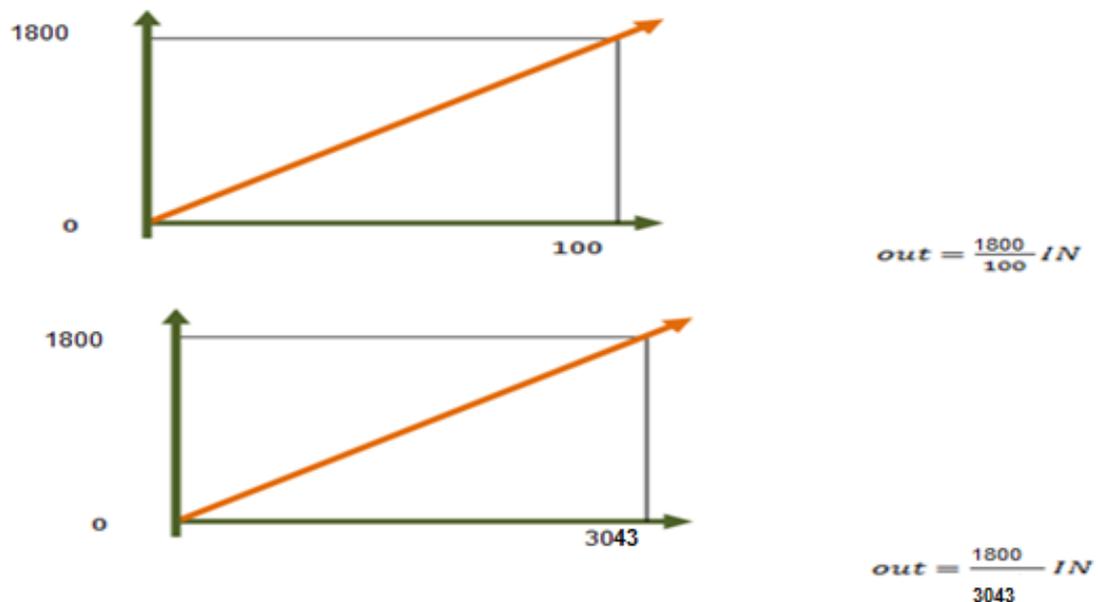


Figura 3.13 Gráficos de cálculos
Elaborado por: Liseth Albarracín

En el Segmento 1 se arrastró del catálogo la siguiente instrucción:

- CTRL_HSC

La operación "Controlar contadores rápidos" permite parametrizar y controlar los contadores rápidos que soporta la CPU, cargando para ello valores nuevos en los contadores. Para poder ejecutar la operación es preciso que esté activado un contador rápido que se deba controlar. Por cada contador rápido no puede insertar y ejecutar en paralelo varias operaciones "Controlar contadores rápidos" en el programa.

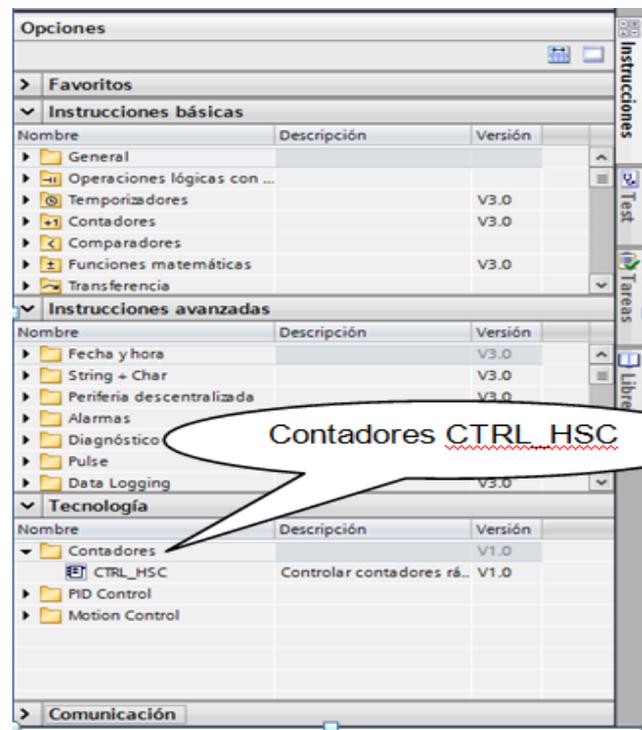


Figura 3.14 Instrucción CTRL_HSC
Elaborado por: Liseth Albarracín

Se insertó el contador rápido para adquirir la señal de la entrada digital y así realizar el escalamiento que muestre la velocidad en su porcentaje

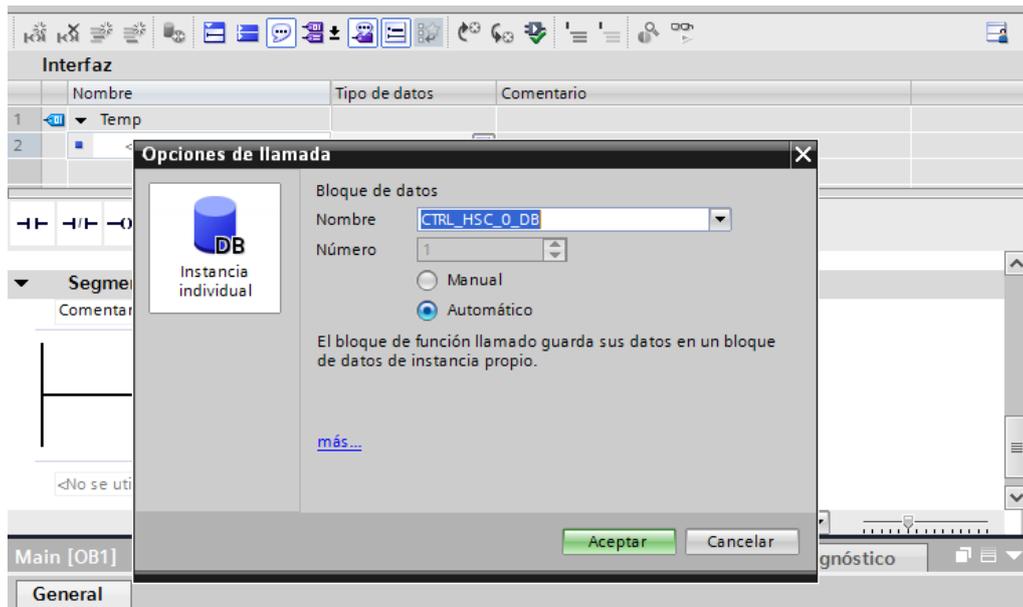


Figura 3.15 Opción de llamada del CTRL_HSC
Elaborado por: Liseth Albarracín

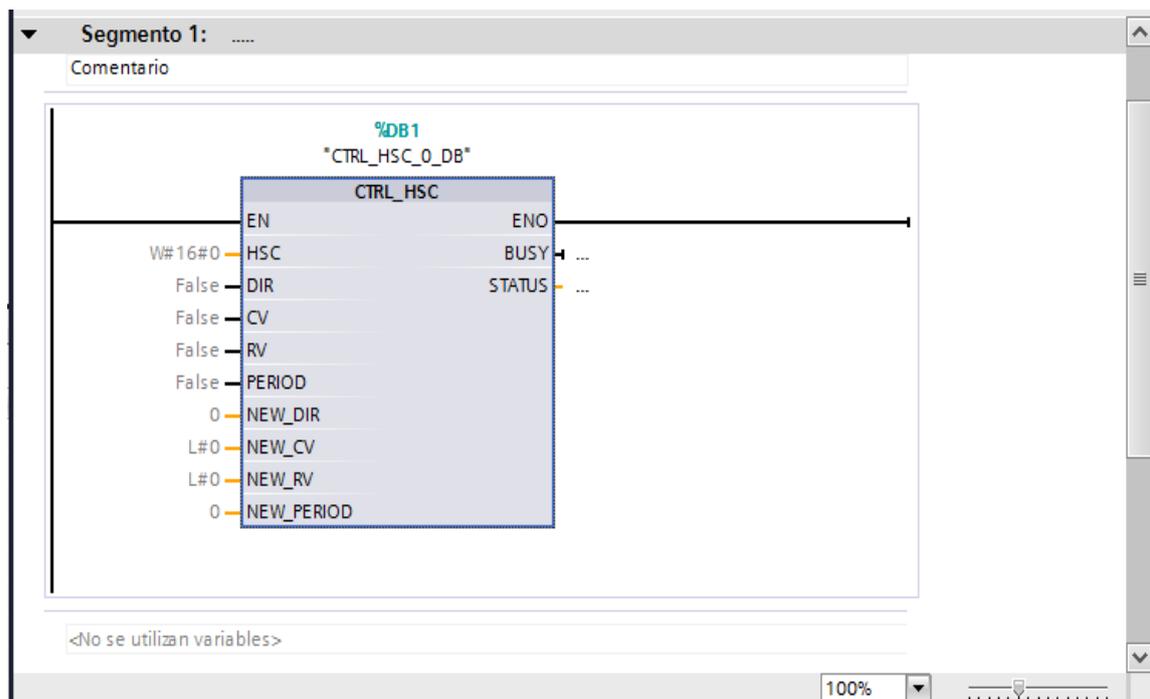


Figura 3.16 CTRL_HSC
Elaborado por: Liseth Albarracín

Se procedió a ingresar los datos para el contador rápido como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.3. Parámetros del contador rápido

HSC	"HSC_2"
DIR	TRUE
CV	%I0.2
RV	FALSE
PERIOD	TRUE
NEW_DIR	1
NEW_CV	%ID1004
NEW_RV	0
NEW_PERIOD	0

Elaborado por: Liseth Albarracín

En el parámetro HSC, se seleccionó "HSC_2" ya que para este proyecto se utilizó el segundo contador rápido con un dato ya determinado que muestra el PLC para este contador como es el (NEW_CV) "%ID1004", también se utilizó la entrada digital (CV) "%I0.2" del PLC.

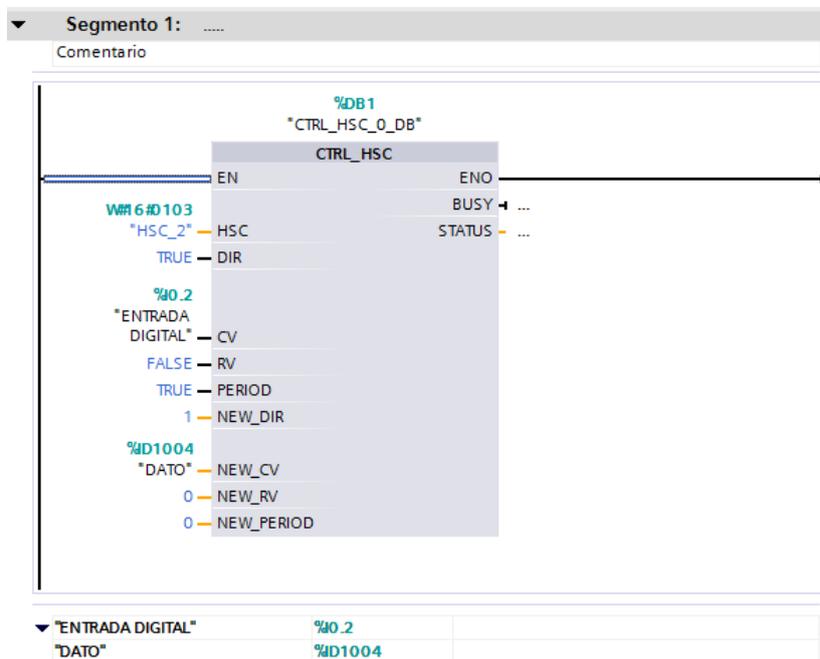


Figura 3.17 Parámetros del CTRL_HSC
Elaborado por: Liseth Albarracín

En el Segmento 2 se arrastró del catálogo de instrucciones, la instrucción MOV para transferir contenidos, la instrucción MUL para realizar la multiplicación, la

instrucción DIV para la división y la instrucción CONVERT para convertir tipo de datos.

- MOVE
- MUL
- DIV
- CONV

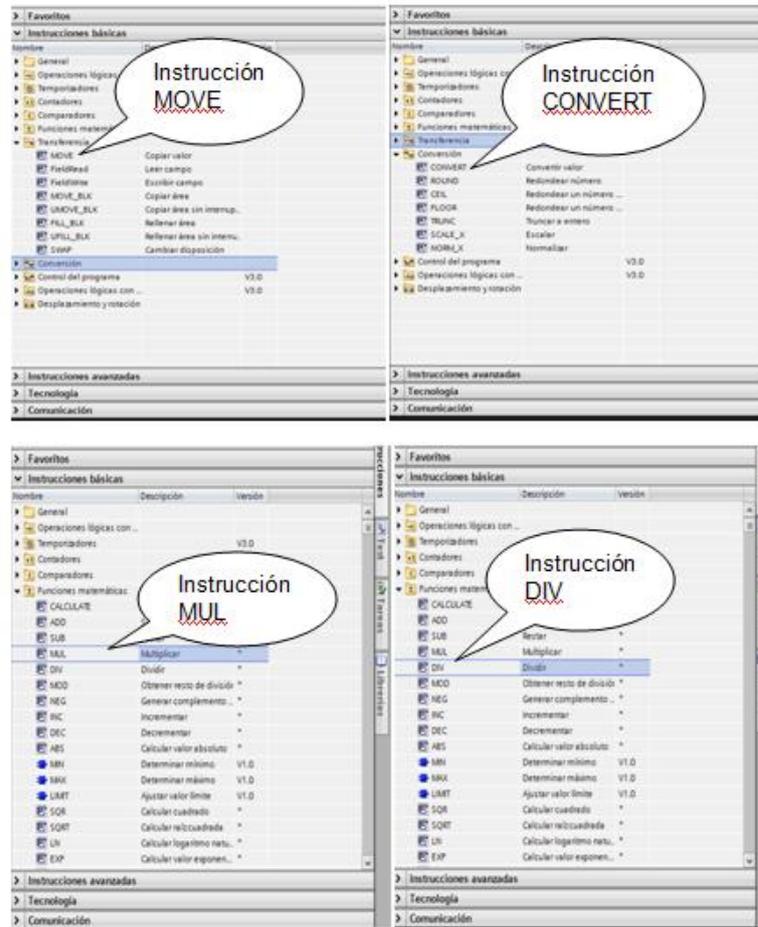


Figura 3.18 Catálogo de instrucciones
Elaborado por: Liseth Albarracín

La instrucción "Mover" permite transferir el contenido del operando de la entrada IN al operando de salida OUT. La transferencia se efectúa siempre por orden ascendente de direcciones.

La instrucción "Convertir valor" 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.

La instrucción "Multiplicar" permite multiplicar el valor de la entrada IN1 por el valor de la entrada IN2 y analizar el producto en la salida OUT ($OUT = IN1 * IN2$).

La instrucción "Dividir" permite dividir el valor de la entrada IN1 por el valor de la entrada IN2 y analizar el cociente en la salida OUT ($OUT = IN1 / IN2$).

Primero se procedió por ingresar los datos en cada una de las instrucciones.

En la entrada de la instrucción MOVE (IN) se ingresó la variable ya definida del contador rápido "%ID1004" con el nombre de DATO y a la salida (OUT) se creó un tag _1 con una dirección "%ID0".

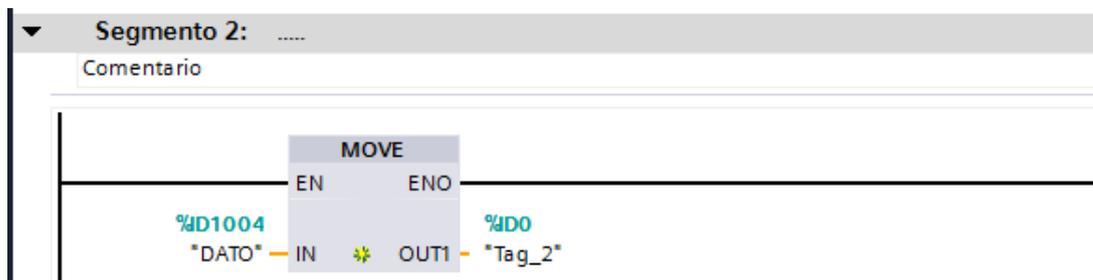


Figura 3. 19 Instrucción MOVE
Elaborado por: Liseth Albarracín

El valor entregado se multiplica por 100, porque se necesita obtener el porcentaje de velocidad a la que funciona el motor a la salida (OUT) se creó un tag _2 con dirección "%ID4", y se divide para 3043 que es el dato máximo obtenido al momento de realizar las pruebas, a la salida (OUT) se creó un tag_3 con una dirección "%ID8".

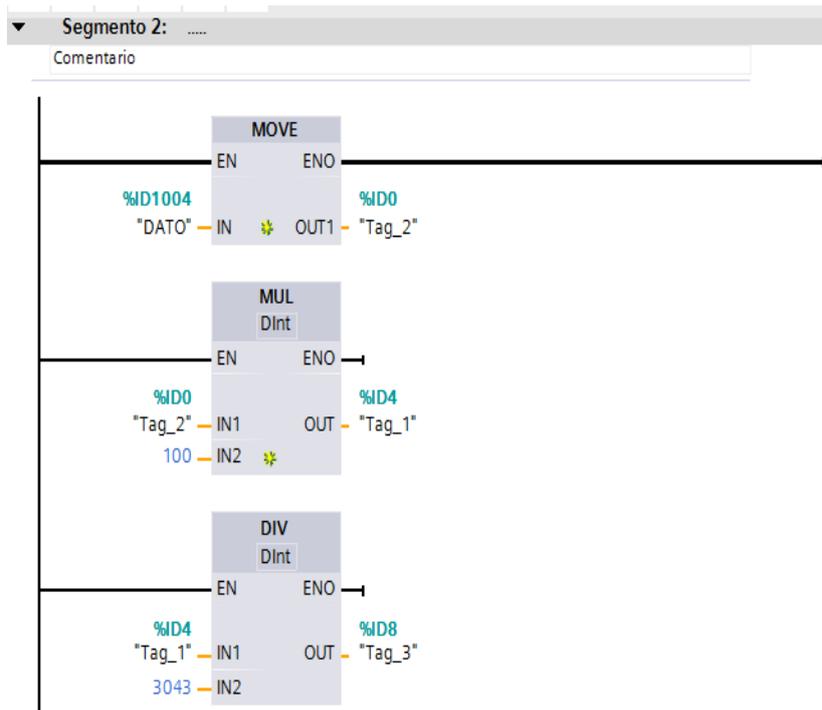


Figura 3.20 Ingreso de las instrucciones en la programación
Elaborado por: Liseth Albarracín

Como el valor a la salida de la división se muestra en tamaño DINT (con un tamaño de 32 bits) se convirtió a un tipo de dato real con la instrucción CONV, a la salida de esta instrucción se creó un tag % DE VELOCIDAD (%ID30).

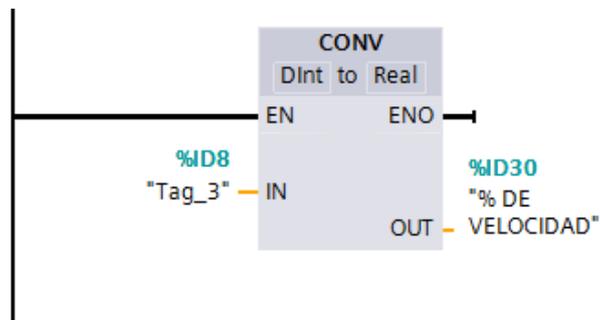


Figura 3. 21 Instrucción CONV
Elaborado por: Liseth Albarracín

La programación del Segmento 1 se presenta en la figura 3.22:

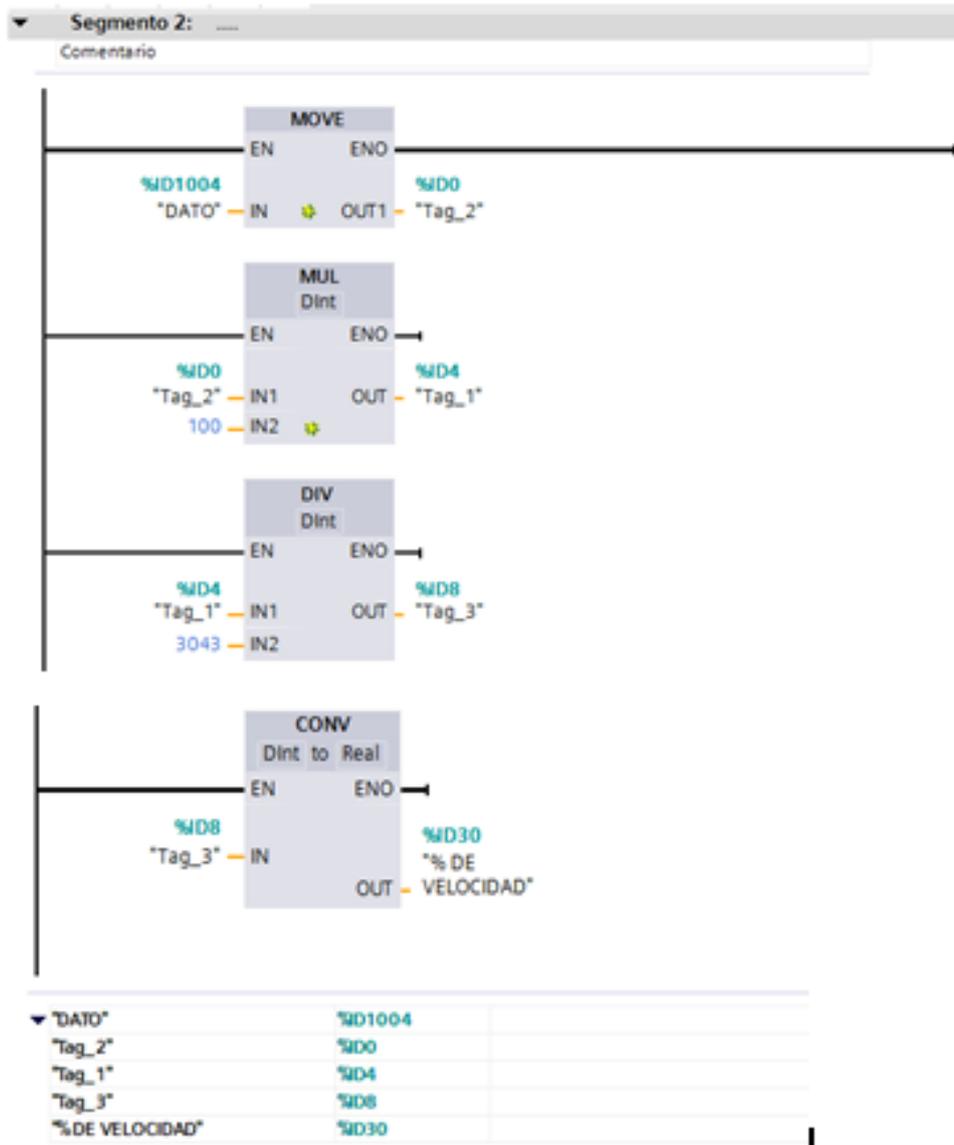


Figura 3.22 Programación del Segmento 1
Elaborado por: Liseth Albarracín

En el Segmento 3 se arrastró del catálogo de instrucciones:

- MUL
- DIV
- CONVERT

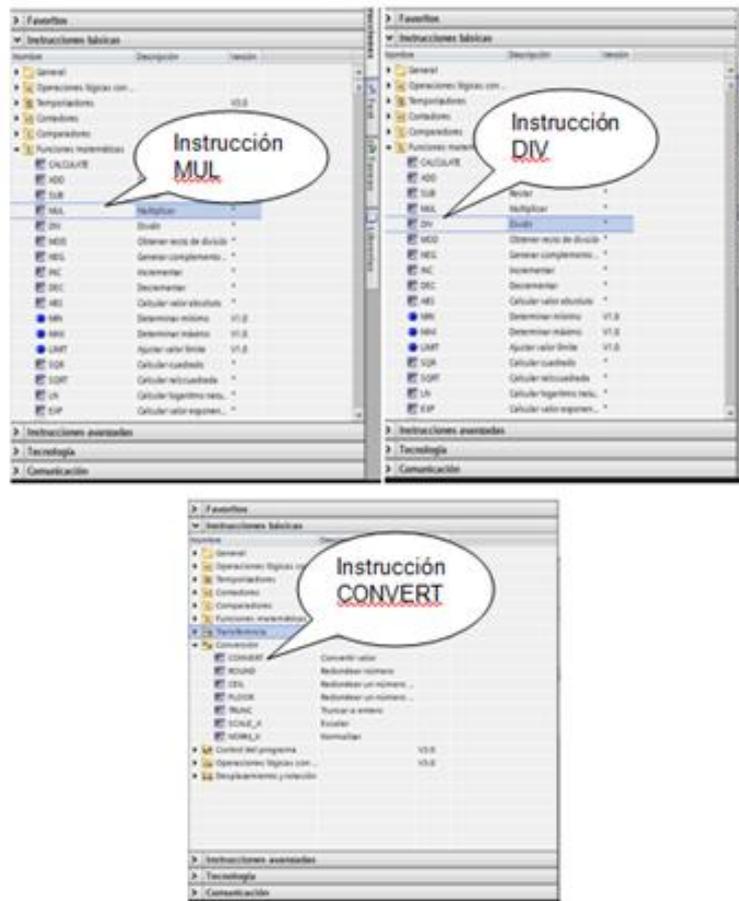


Figura 3. 23 Instrucciones matemáticas
Elaborado por: Liseth Albarracín

Se procedió a ingresar los datos en las instrucciones matemáticas para el escalamiento y así obtener la VELOCIDAD EN RPM.

Se realizó la multiplicación con un tipo de dato DINT ingresando en la entrada IN1 la salida de la división del segmento 1 (%ID8), y se multiplica por 1800 que es el valor máximo de la velocidad en RPM del motor, a la salida (OUT) se le creó un tag_4 con una dirección "%ID12".

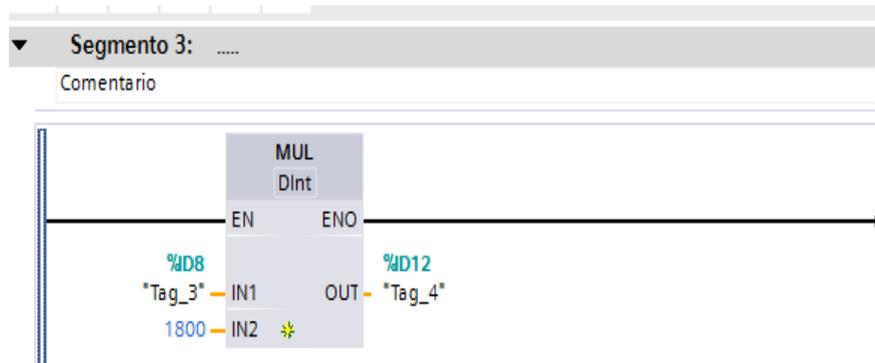


Figura 3.24 Instrucción MUL
Elaborado por: Liseth Albarracín

Se realizó la división ingresando en la entrada IN1 el tag_4 de la multiplicación y se divide para 100, a la salida (OUT) de la división se creó un tag_5 con dirección “%ID16”.

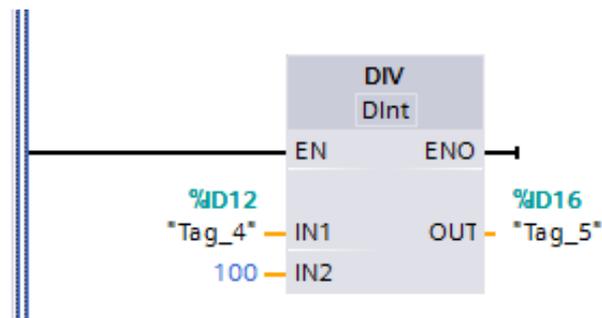


Figura 3.25 Instrucción DIV
Elaborado por: Liseth Albarracín

Luego se convierte el tag_5 de un tipo de dato DINT a un dato REAL, ya que es necesario para la instrucción PID, se creó un tag de nombre VELOCIDAD EN RPM con dirección “%ID40”.

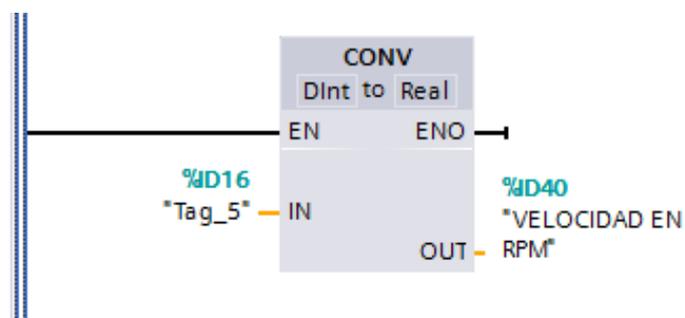


Figura 3.26 Instrucción CONVERT
Elaborado por: Liseth Albarracín

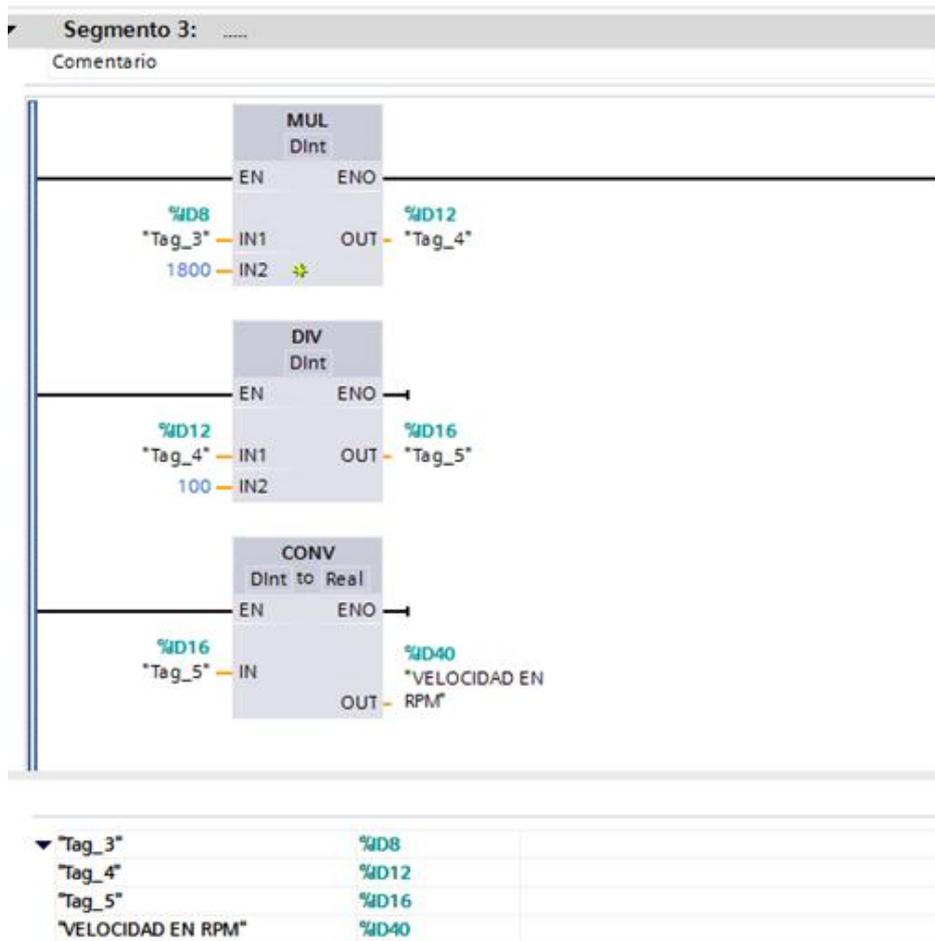


Figura 3.27 Programación del segmento 3
Elaborado por: Liseth Albarracín

Se realizó el control PID y como parte de los ajustes de la programación para el proyecto, se agregó un nuevo bloque a la programación.

Se dio clic en el lado izquierdo en bloques de programa y se seleccionó agregar nuevo bloque.

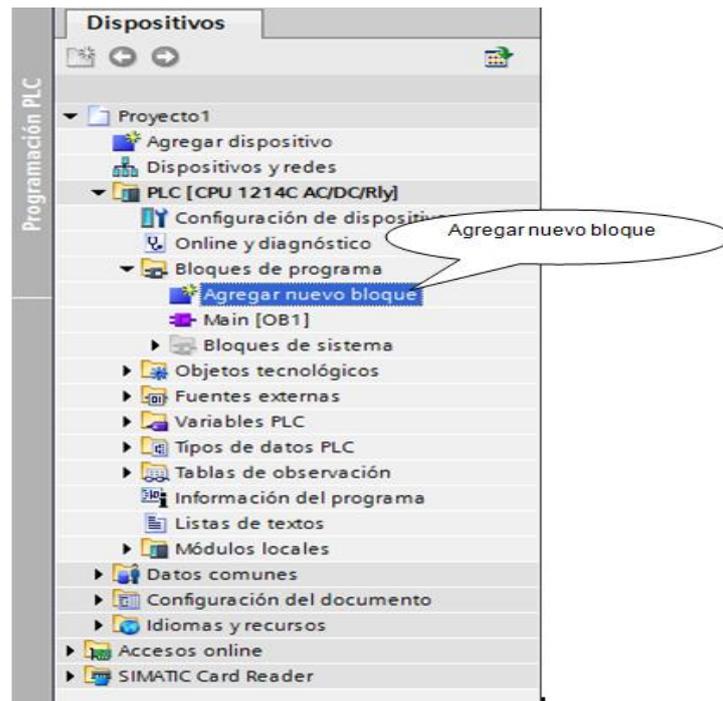


Figura 3. 28 Ventana para agregar nuevo bloque
Elaborado por: Liseth Albarracín

Aparece la ventana para seleccionar el tipo de bloque que se necesite para la programación, en este caso se seleccionó un bloque de organización (OB) y se eligió alarma cíclica para utilizar la instrucción PID.

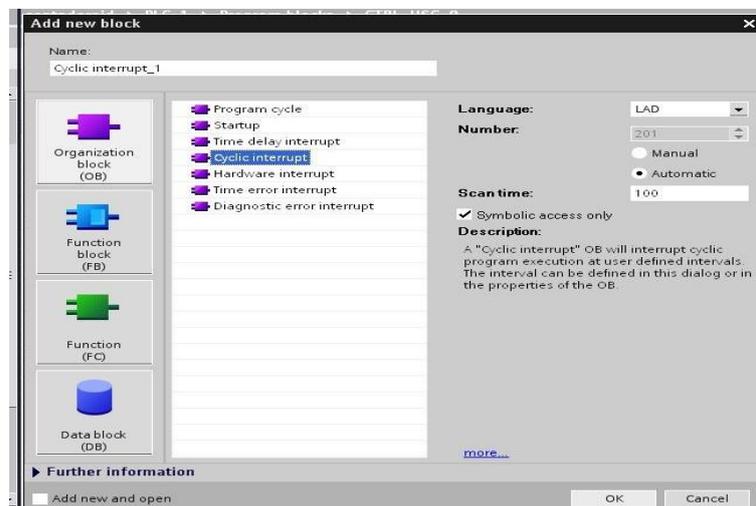


Figura 3.29 Bloque de organización cyclic interrupt
Elaborado por: Liseth Albarracín

Una vez creado el nuevo MAIN, se dió clic en el lado derecho en las instrucciones y seleccionó PID_Compact.

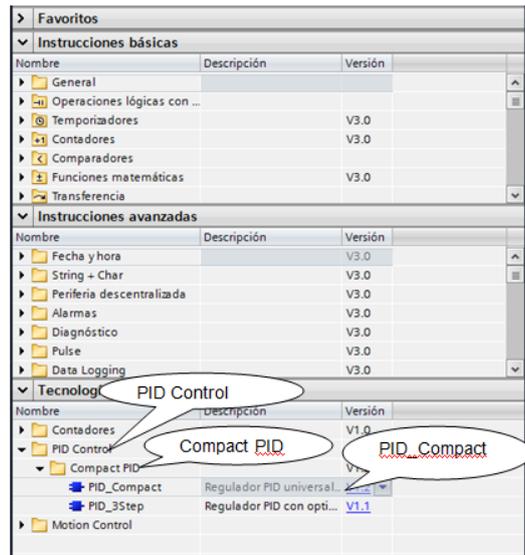


Figura 3.30 Instrucciones PID
Elaborado por: Liseth Albarracín

La instrucción PID_Compact se utilizó para controlar procesos técnicos con variables continuas de entrada y salida.

Cuando se inserta una instrucción PID en el programa de usuario, STEP 7 crea automáticamente un objeto tecnológico y un DB de instancia para dicha instrucción. El DB de instancia contiene todos los parámetros que se utilizan para la instrucción PID. Cada instrucción PID debe tener su propio DB de instancia unívoco para funcionar correctamente.

Después de insertar la instrucción PID y crear el objeto tecnológico y el DB de instancia, se configuraron los parámetros del objeto tecnológico.

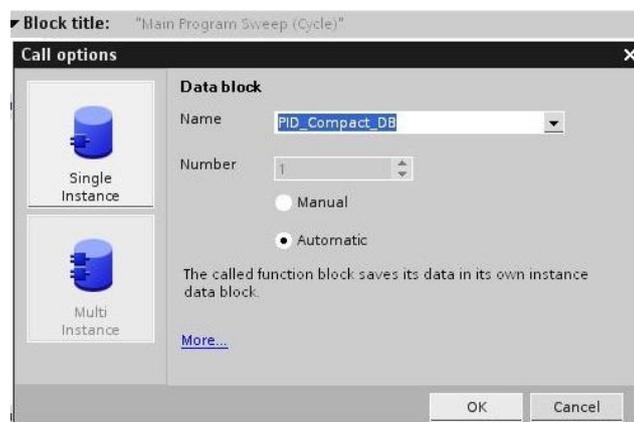


Figura 3.31 Objeto tecnológico
Elaborado por: Liseth Albarracín

Luego de haber insertado la instrucción PID_Compact al nuevo MAIN, se procedió a definir cada una de las variables y configurar sus parámetros.

En este caso se utilizó una entrada digital (Input) para lo cual se seleccionó de las variables del PLC el tag % DE VELOCIDAD “%ID30”, y para el caso de la salida se utilizó una salida analógica (Output PER) y se escribió la dirección asignada para la salida analógica “%QW96”.

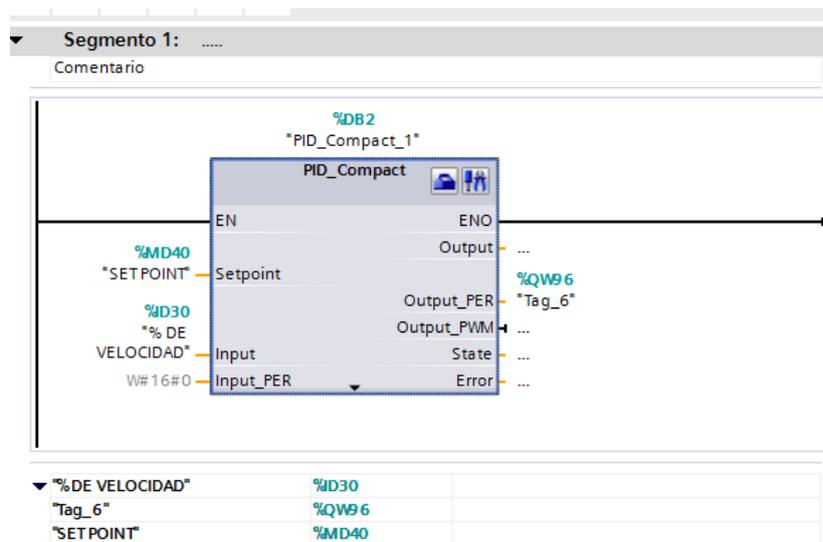


Figura 3.32 Instrucción PID_Compact
Elaborado por: Liseth Albarracín

Como primer paso se configuró los parámetros del control PID, se utilizó el icono  para abrir el editor de configuración y apareció la siguiente pantalla donde se seleccionó los parámetros según sea el proyecto.

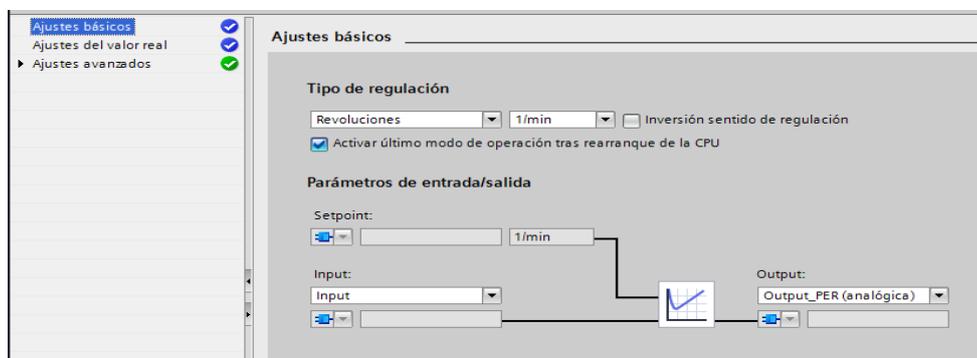


Figura 3.33 Editor de configuración para PID_Compact (ajustes básicos)
Elaborado por: Liseth Albarracín

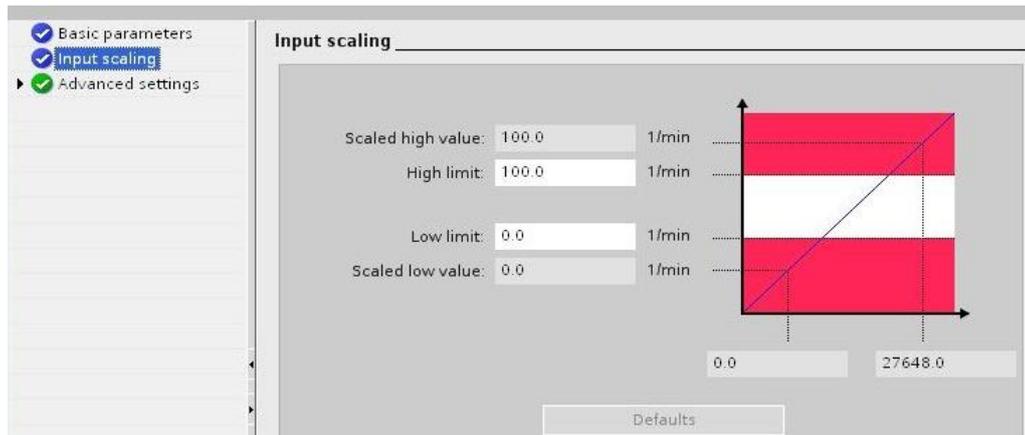


Figura 3.34 Editor de la escala de entrada del control PID
Elaborado por: Liseth Albarracín

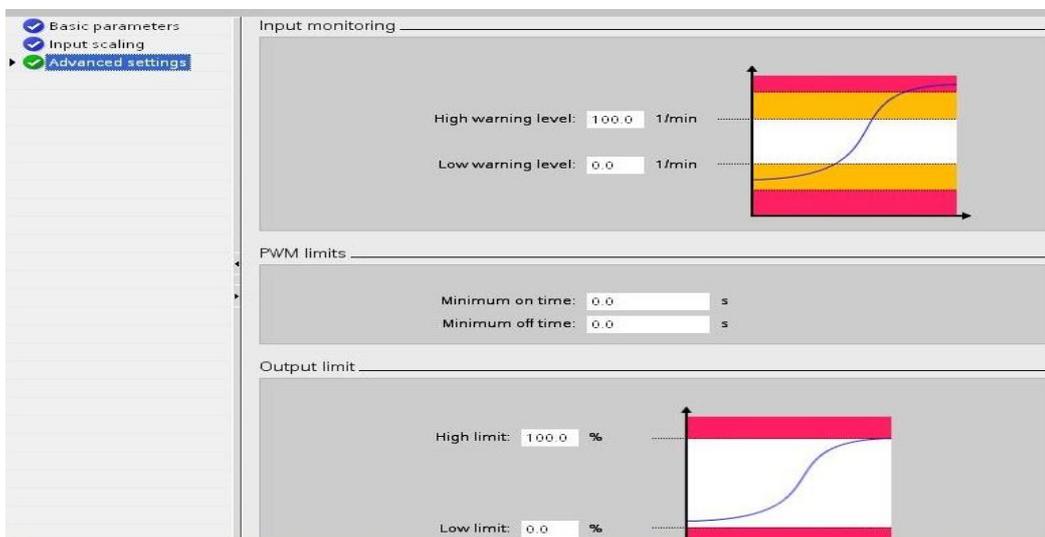


Figura 3.35 Editor de configuración avanzada
Elaborado por: Liseth Albarracín

El control PID que se realizó en este proyecto es un control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctiva que ajuste el proceso.

Como segundo paso se dio clic en el icono  que abre la ventana de puesta en servicio para realizar los ajustes del control PID, donde apareció la siguiente pantalla presentada en la figura 3.36 y se hizo clic en start  donde empieza a sintonizar con el set point que se le asignado.

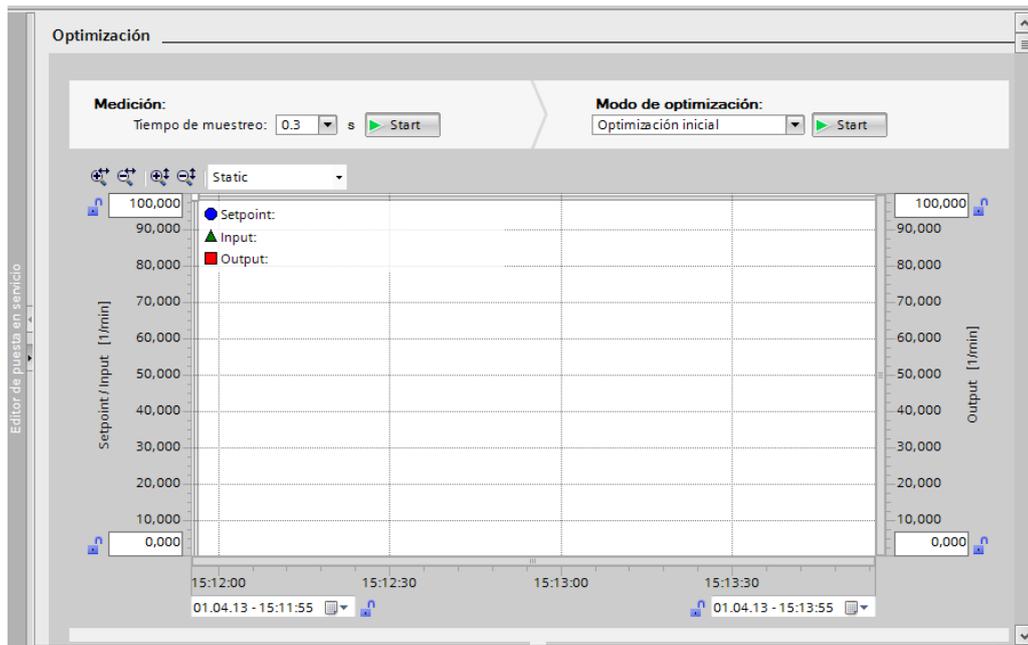


Figura 3.36 Pantalla de sintonización del control PID
Elaborado por: Liseth Albarracín

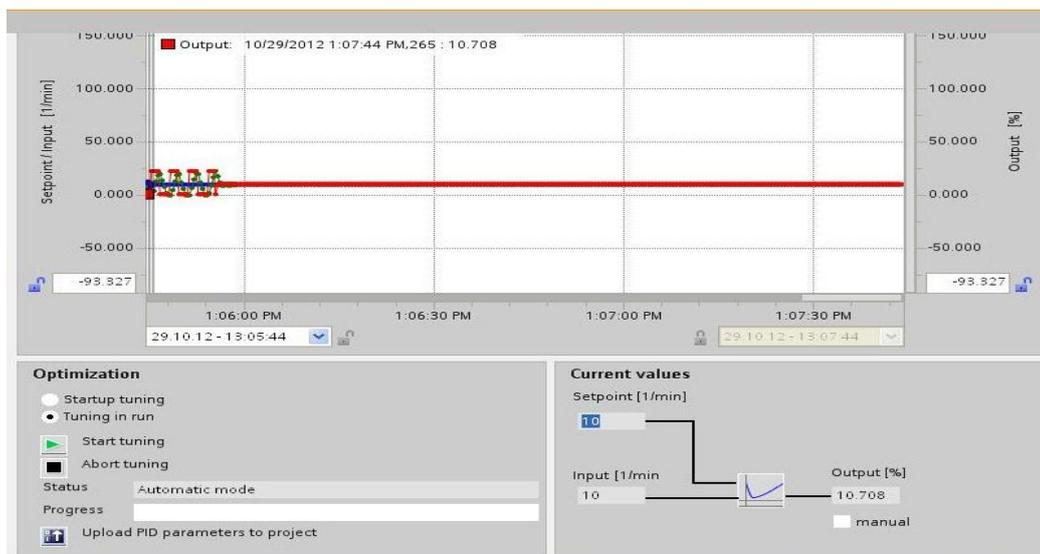


Figura 3.37 Pantalla de ajuste de control PID
Elaborado por: Liseth Albarracín

b. Añadir el dispositivo HMI al proyecto

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

1. Hacer doble clic en el botón: "Agregar nuevo dispositivo".
2. Hacer clic en el botón "SIMATIC HMI" del cuadro de diálogo "Agregar nuevo Dispositivo"

3. Seleccionar el dispositivo HMI específico de la lista.
4. Hacer clic en "Aceptar" para agregar el dispositivo HMI al proyecto.

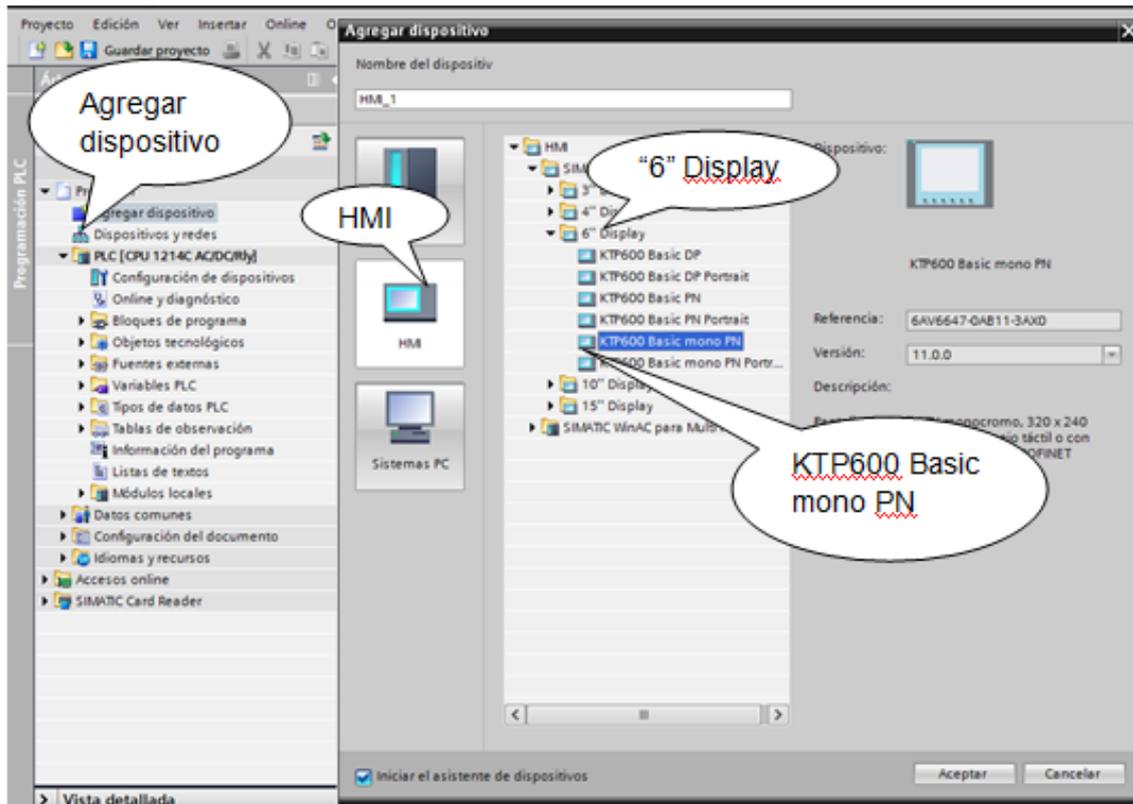


Figura 3. 38 Agregar nuevo dispositivo al programa
Elaborado por: Liseth Albarracín

El software STEP7 proporciona un asistente para HMI que ayuda a configurar todas las pantallas y la estructura del dispositivo HMI como se muestra a continuación.

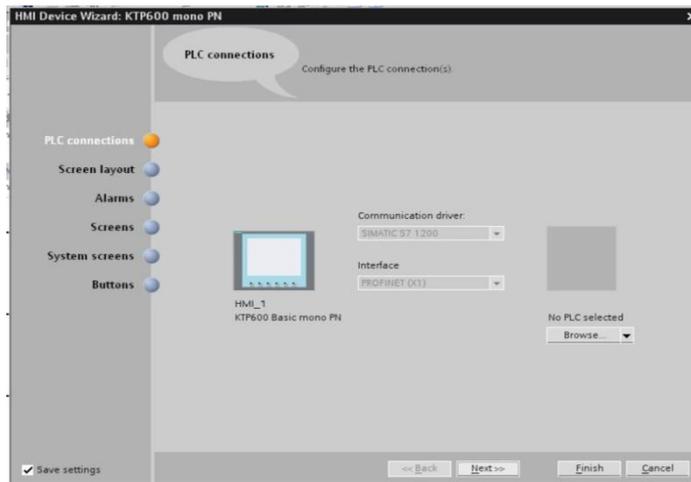


Figura 3.39 Parámetro de Conexiones PLC y HMI
Elaborado por: Liseth Albarracín

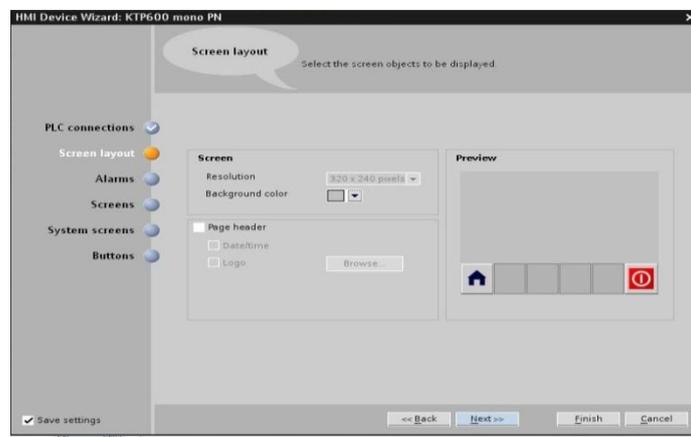


Figura 3.40 Parámetro screen layout
Elaborado por: Liseth Albarracín

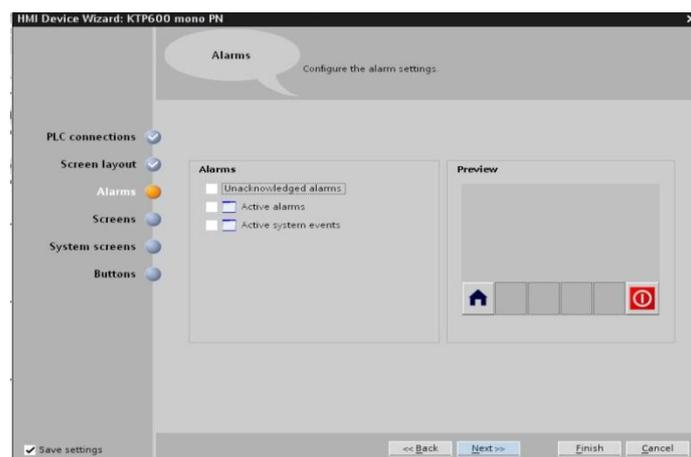


Figura 3.41 Parámetro de alarmas
Elaborado por: Liseth Albarracín

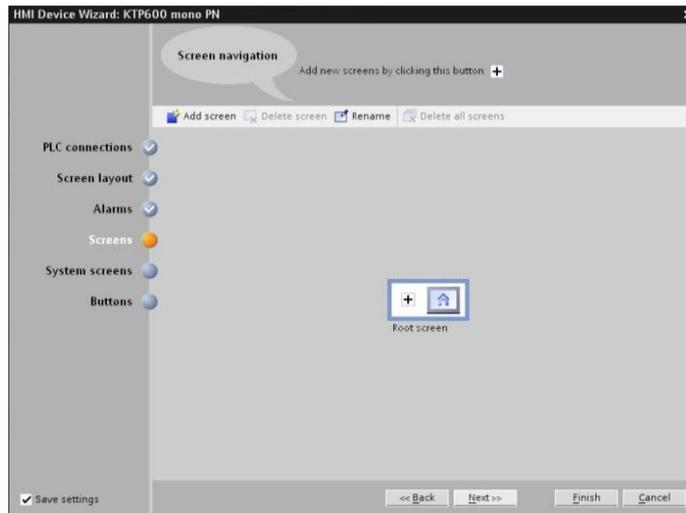


Figura 3.42 Parámetro de screen
Elaborado por: Liseth Albarracín



Figura 3.43 Parámetro de Systems screens
Elaborado por: Liseth Albarracín

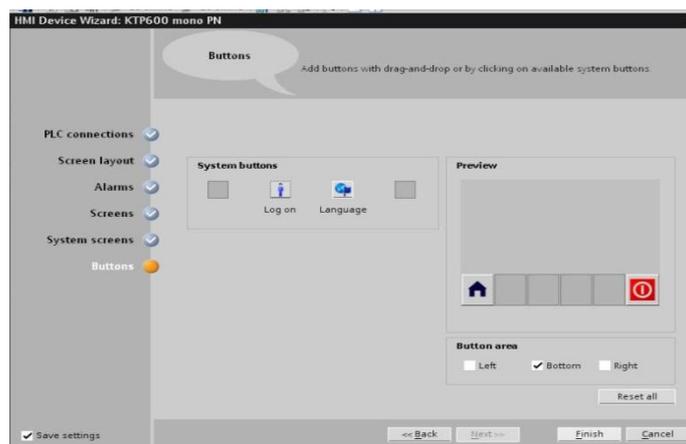


Figura 3.44 Parámetro de Buttons
Elaborado por: Liseth Albarracín

Después de haber configurado los parámetros del dispositivo HMI se muestra la pantalla para HMI predeterminada.

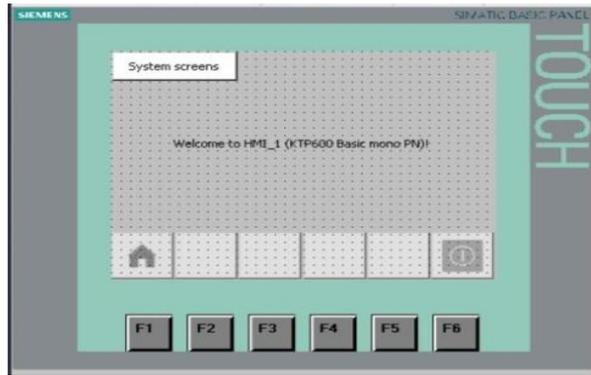


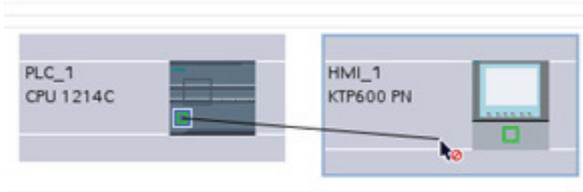
Figura 3.45 Pantalla HMI predeterminada
Elaborado por: Liseth Albarracín

Se debe observar la conexión de red con el PLC haciendo lo siguiente:

- Se debe ir a "Dispositivos y redes" y se selecciona la vista de redes para visualizar la CPU y el dispositivo HMI.



- Para crear la red PROFINET, se traza una línea desde el cuadro verde (puerto Ethernet) de un dispositivo hasta el cuadro verde del otro.



Y se crea la conexión de red entre ambos dispositivos para poder configurar las variables de la HMI seleccionada desde la lista de variables del PLC.



A continuación se realizó el diseño del HMI agregando los elementos para el proyecto, solo se debe arrastrar a la pantalla y se les asigna las variables del PLC.

Se añadió tres elementos (campo E/S) **0.12** con su respectivo (campo de texto) **A** donde se escribe los nombres de las variables que se van a tomar del PLC, en este caso para el SET POINT, el % DE VELOCIDAD y la VELOCIDAD EN RPM, a cada uno de estos elementos añadidos se les asignó los tag del PLC, adicional se añadió un visualizador de curvas  para mostrar el porcentaje de velocidad, todos estas instrucciones sirven para el control de la velocidad desde la pantalla táctil como se muestra a continuación en las siguientes figuras:

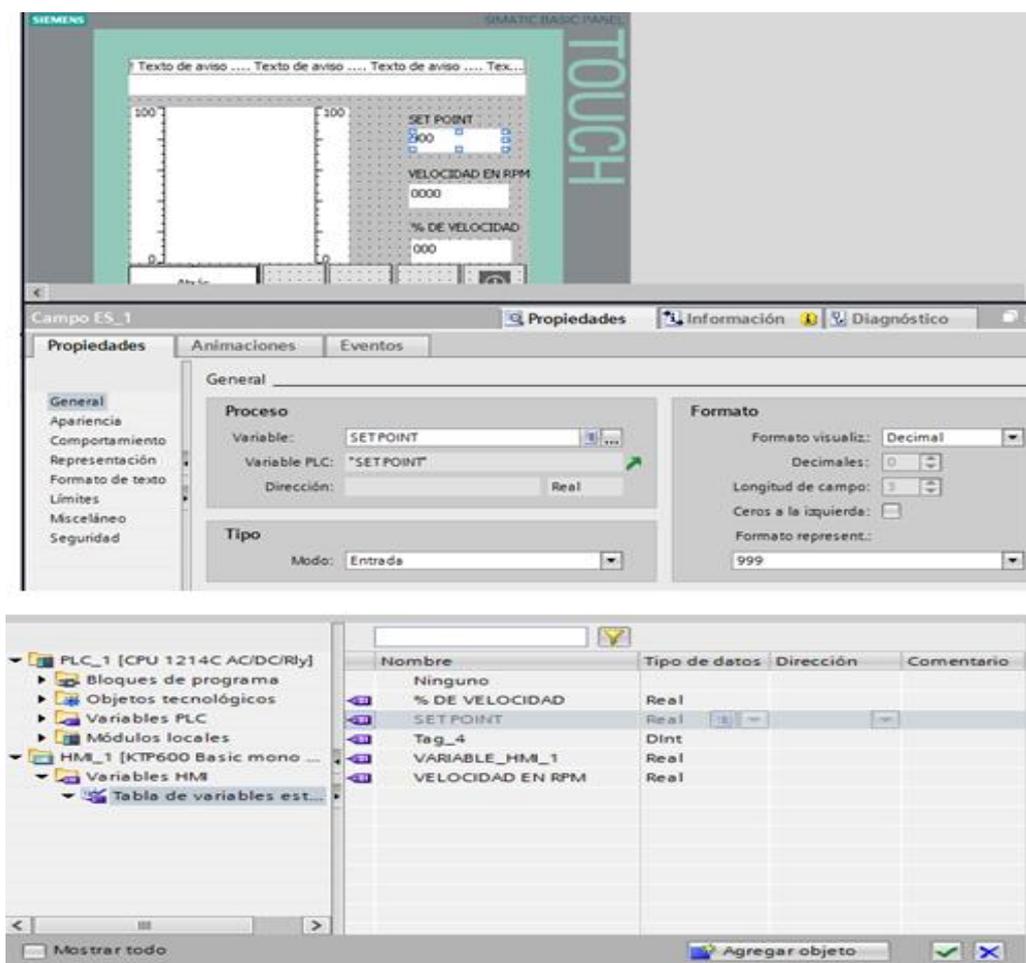


Figura 3.46 Elemento Set point con su respectivo tag
Elaborado por: Liseth Albarracín

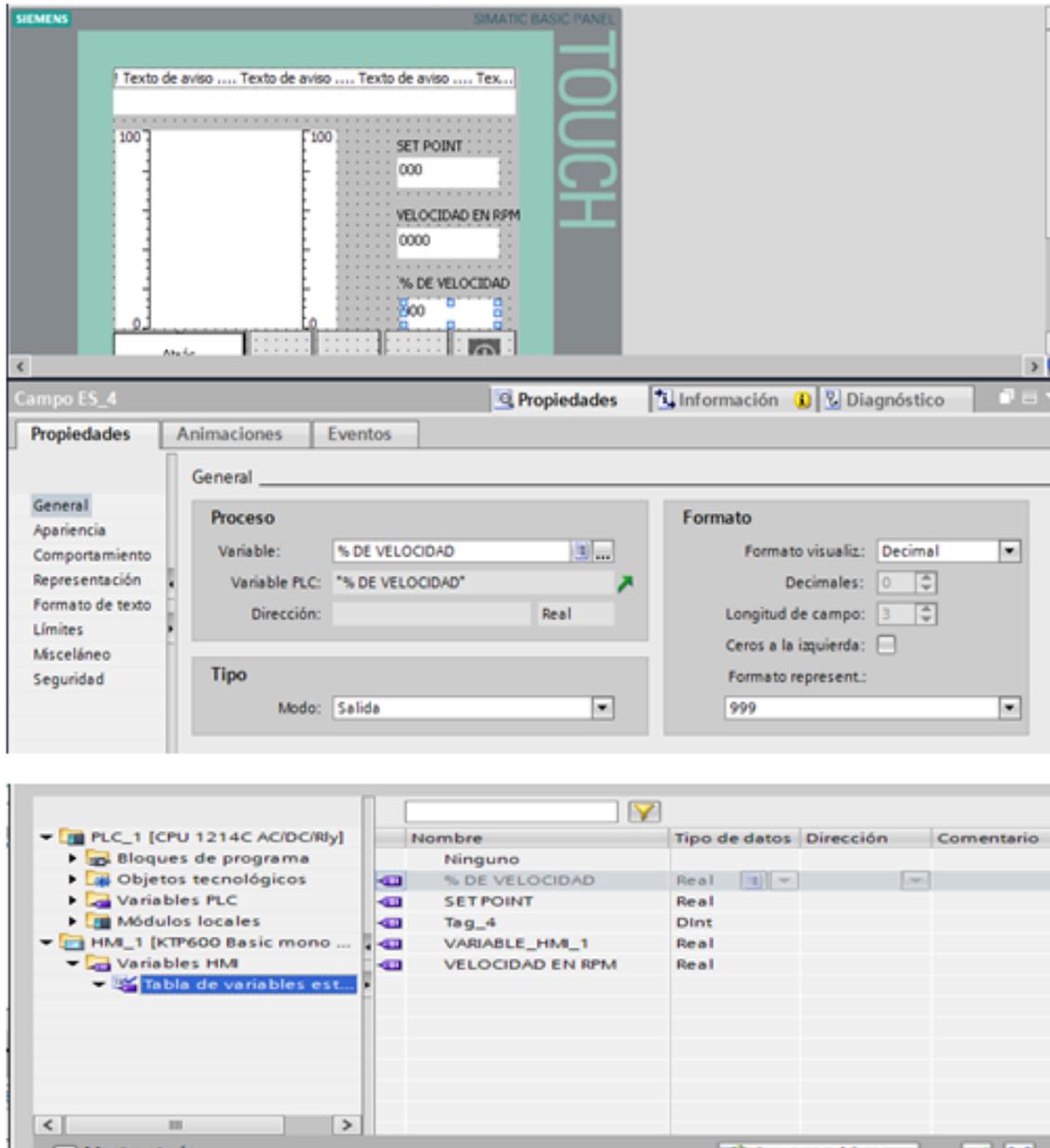


Figura 3.47 Elemento de % de velocidad con su respectivo tag
Elaborado por: Liseth Albarracín

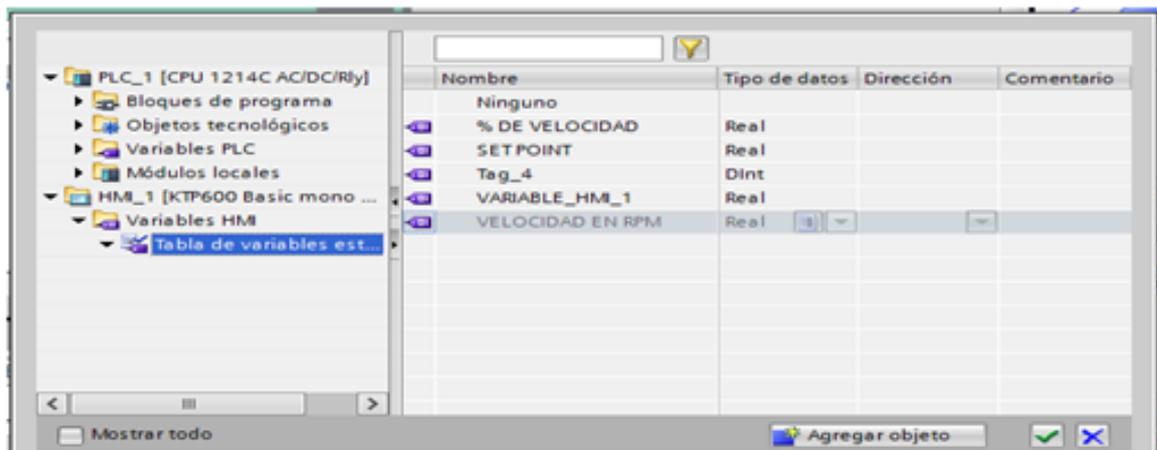
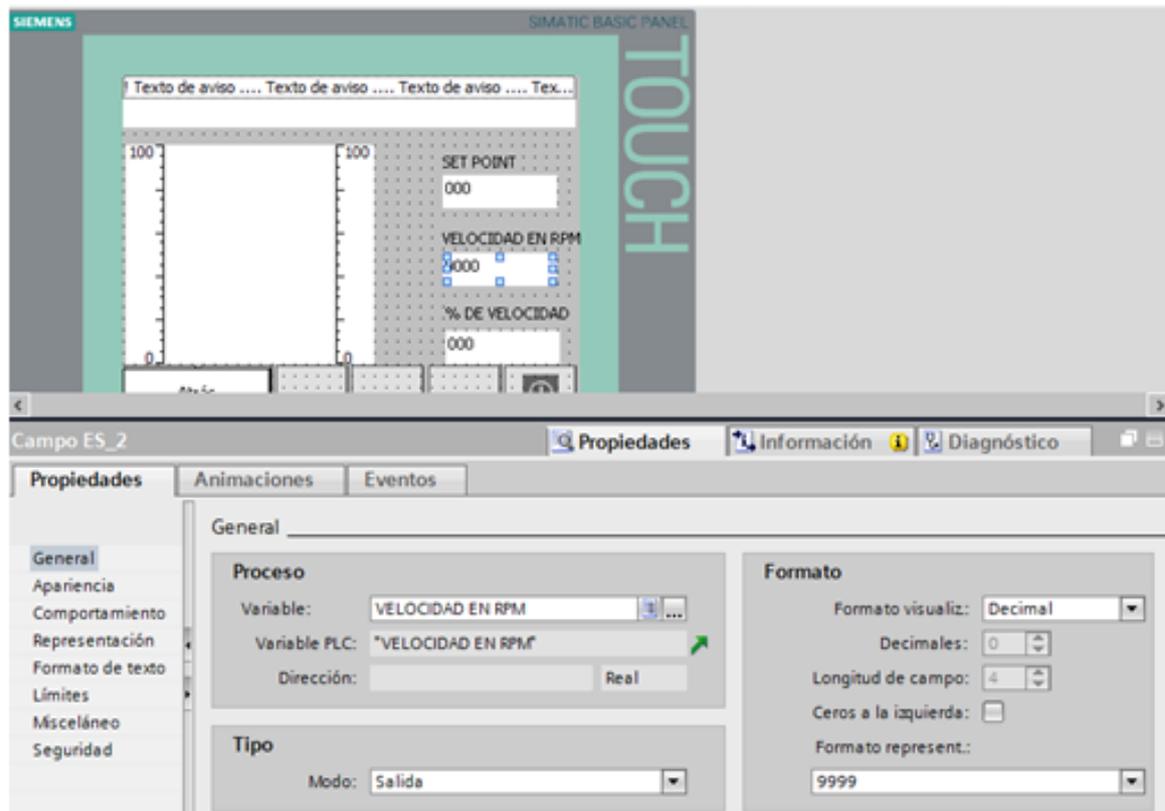


Figura 3.48 Elemento de VELOCIDAD EN RPM con su respectivo tag
Elaborado por: Liseth Albarracín

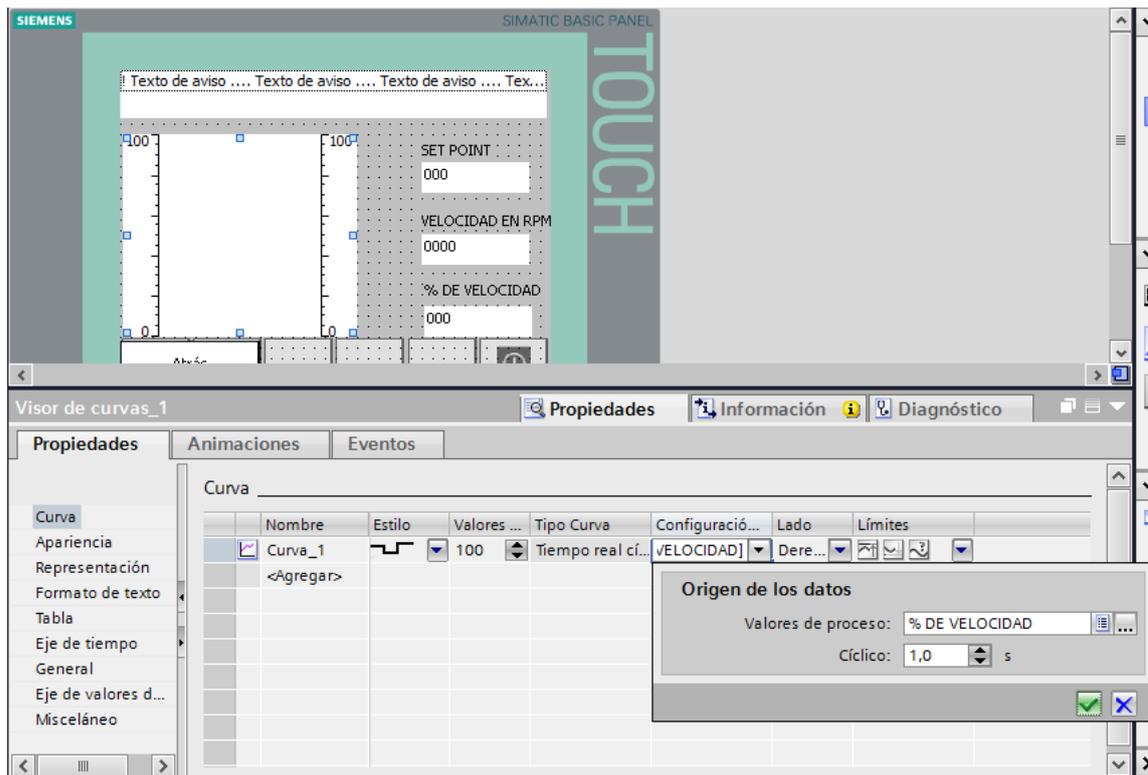


Figura 3.49 Control visor de curvas con su respectivo tag
Elaborado por: Liseth Albarracín

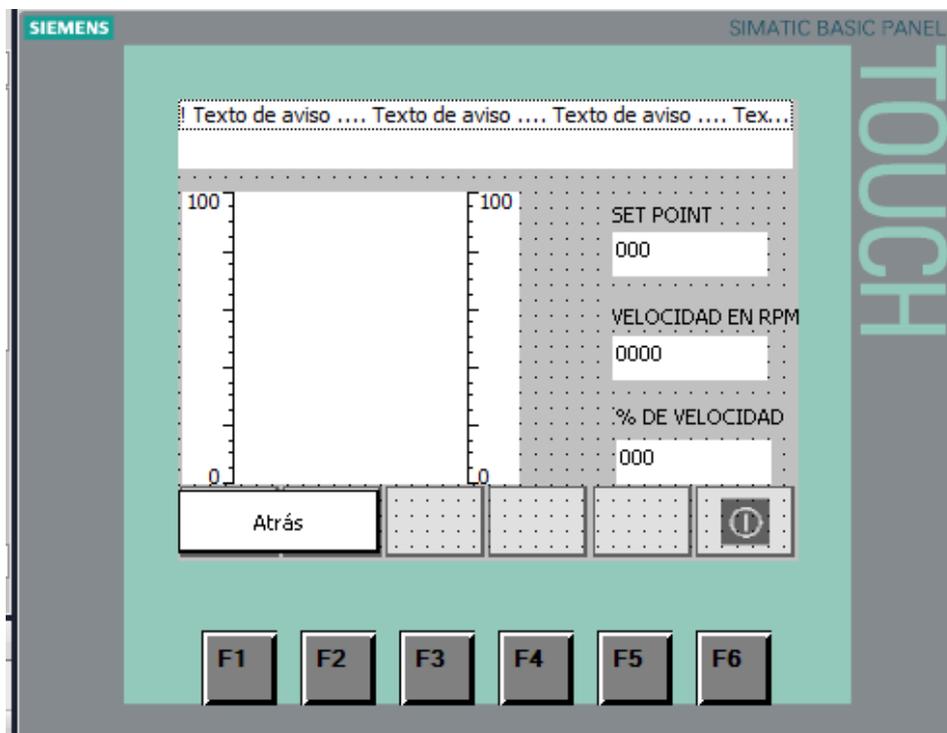


Figura 3.50 Diseño de la pantalla
Elaborado por: Liseth Albarracín

c. Transferencia de la programación al PLC y a la TOUCH PANEL

❖ Transferencia de la programación al PLC

Una vez hecha la programación del proyecto se hizo clic en el lado izquierdo en “local modules” para cargar el programa en la CPU y en el módulo, luego se dió clic en el botón transferir  y en las ventanas que se muestran, luego se dió clic en cargar.

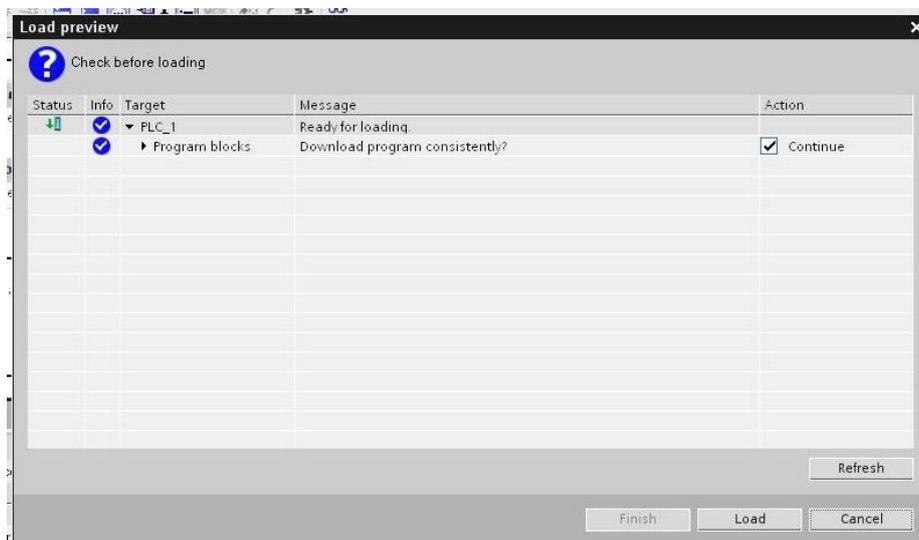


Figura 3. 51 Transferir el programa
Elaborado por: Liseth Albarracín

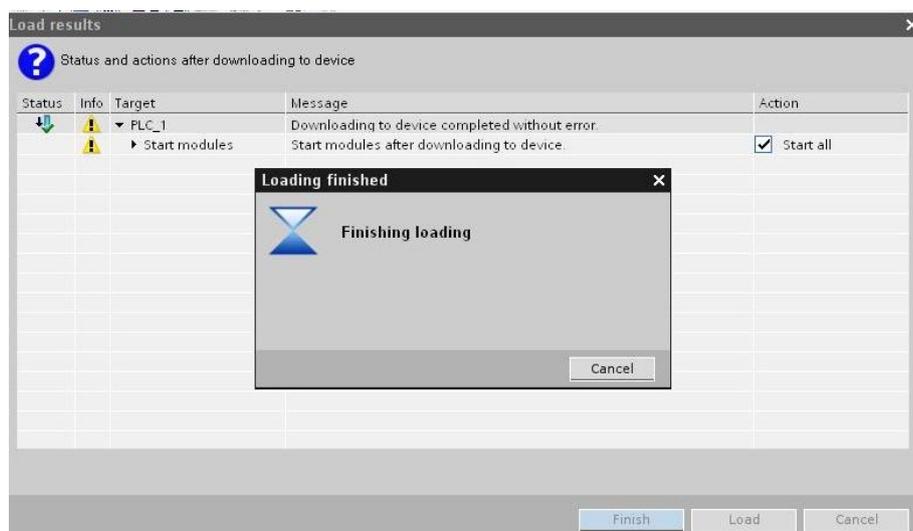


Figura 3. 52 Ventana de aceptación
Elaborado por: Liseth Albarracín

❖ Transferencia de la programación a la TOUCH PANEL

Antes de transferir se debe asignar la dirección IP para la HMI dando clic en “online & diagnostics” para poder transferir el programa correctamente.

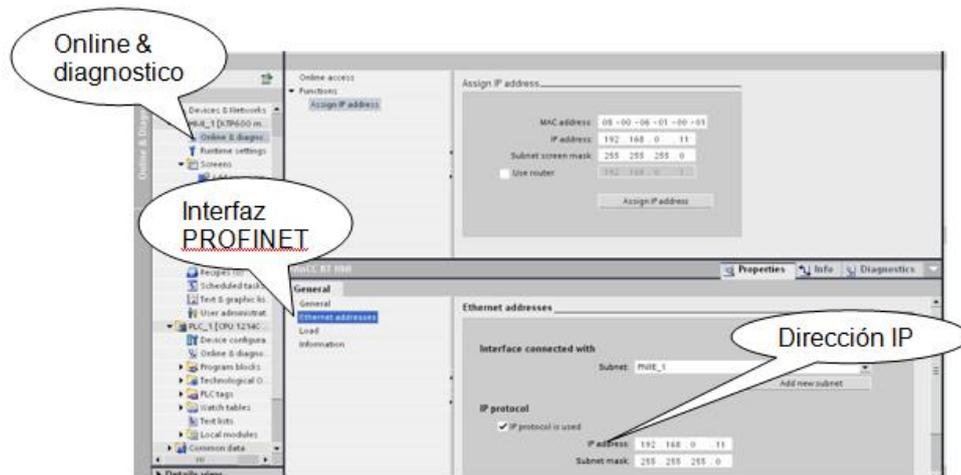


Figura 3.53 Asignación de dirección IP
Elaborado por: Liseth Albarracín

También se debe asegurar que exista acceso.

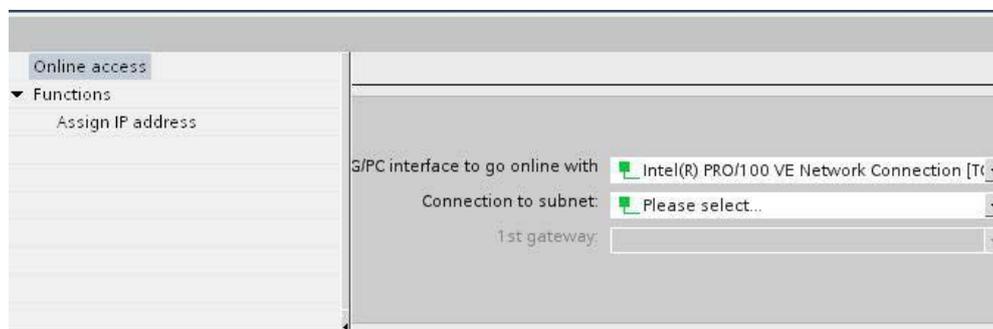


Figura 3.54 Acceso online a la pantalla
Elaborado por: Liseth Albarracín

Por último se dió clic en la pantalla y luego en el icono transferir para cargar el programa a la pantalla HMI y se ha finalizado el proyecto.

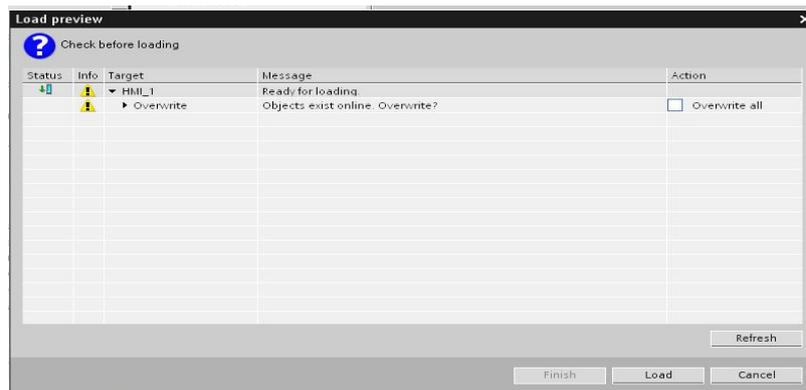


Figura 3. 55 Transferencia del programa a la pantalla HMI
Elaborado por: Liseth Albarracín

3.6. Pruebas funcionales

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 de velocidad del motor trifásico es por eso que se realizó pruebas.

Para esto 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.

A continuación se detalla de forma gráfica cada una de las variaciones de la señal y como se visualiza en el programa principal del software TIA PORTAL.

Primera prueba del motor trifásico, encoder TRD – S100BD y el circuito acoplador de señal con un SET POINT de 10. Gráficas observadas en el software TIA PORTAL con el PLC S7-1200.

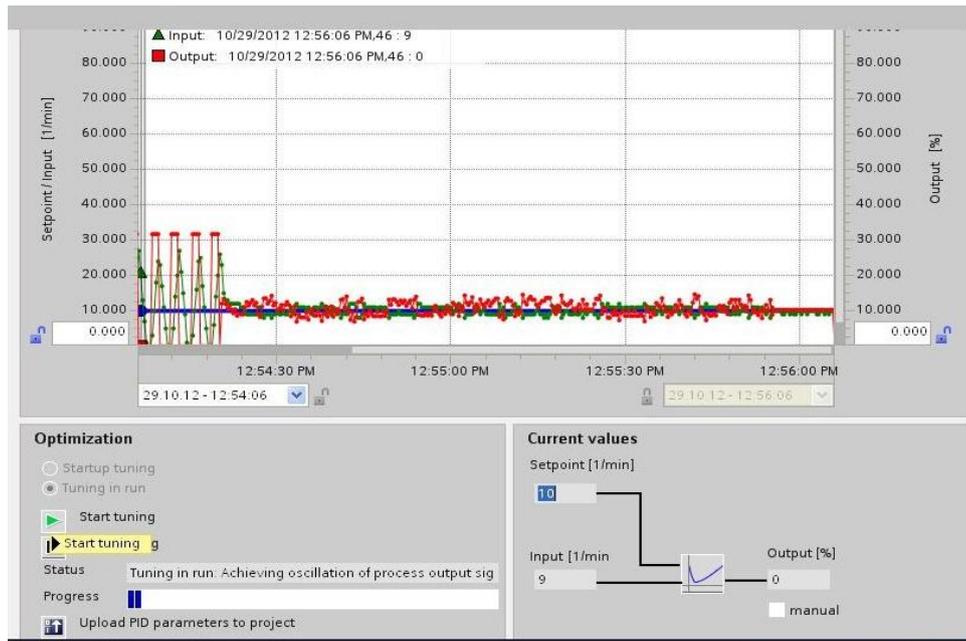


Figura 3. 56 Señal oscilatoria con set point de 10
Elaborado por: Liseth Albarracín

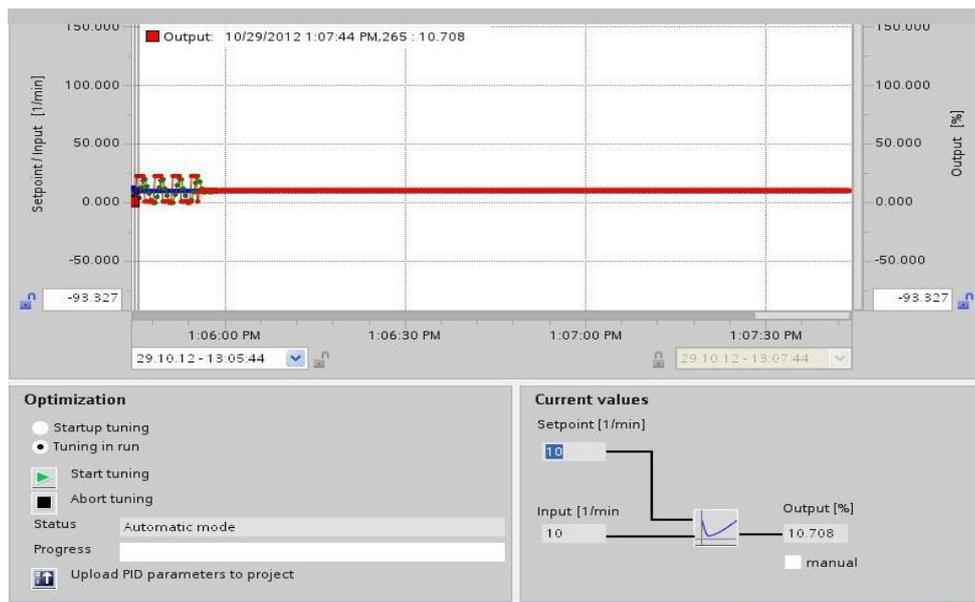


Figura 3. 57 Señal estable con set point de 10
Elaborado por: Liseth Albarracín

Después se realizó el ajuste del control PID con Set Point de 50.



Figura 3. 58 Señal osciladora con set point de 50
Elaborado por: Liseth Albarracín

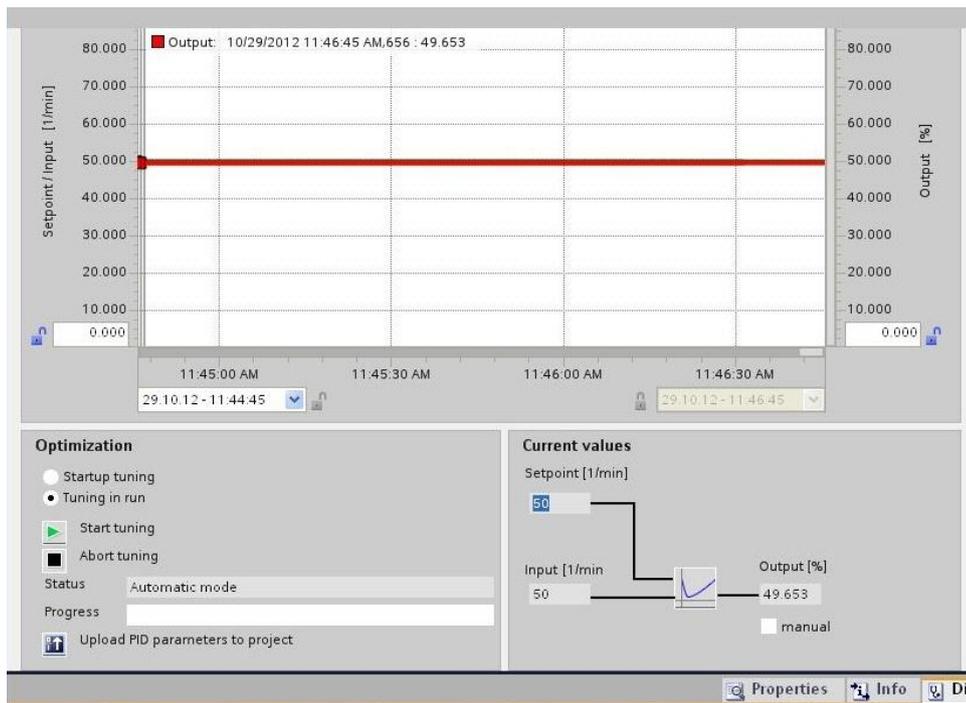


Figura 3. 59 Señal estable con set point de 50
Elaborado por: Liseth Albarracín

Finalmente se sintonizó el control PID, se cargaron los ajustes a la CPU haciendo clic en Cargar parámetros PID  Cargar parámetros PID .

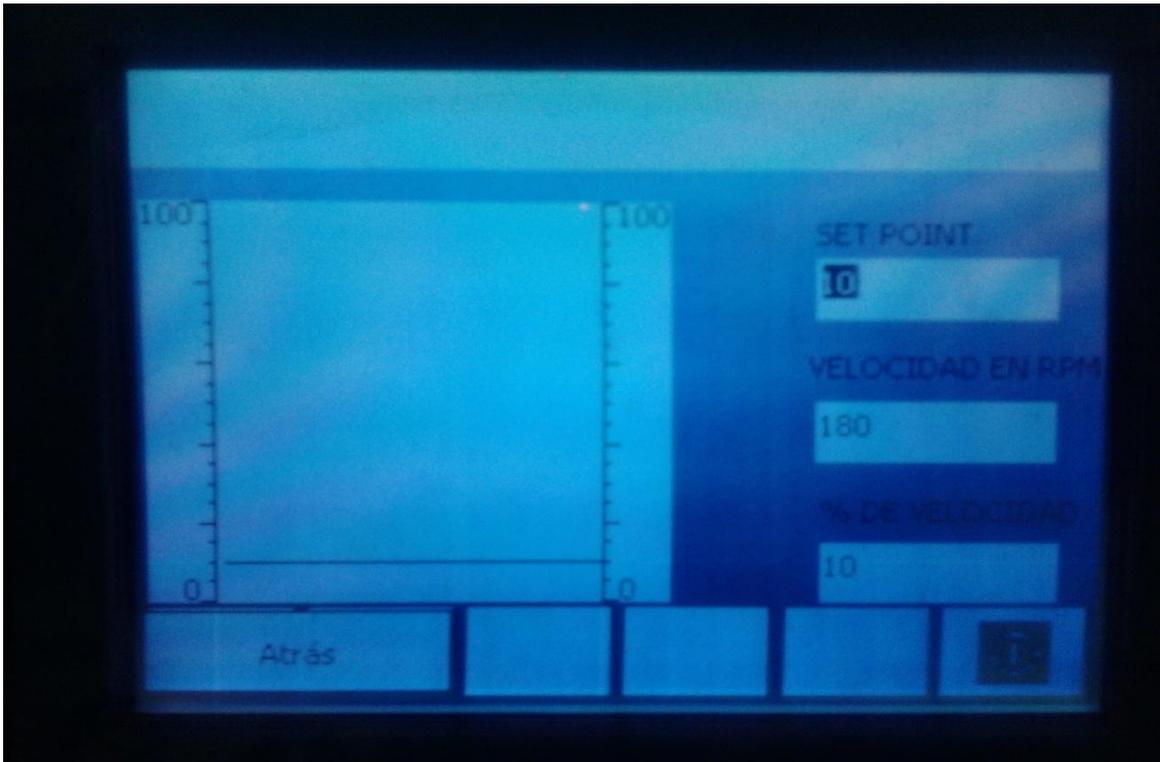


Figura 3. 60 Pantalla HMI con set point de 10 en forma física
Elaborado por: Liseth Albarracín

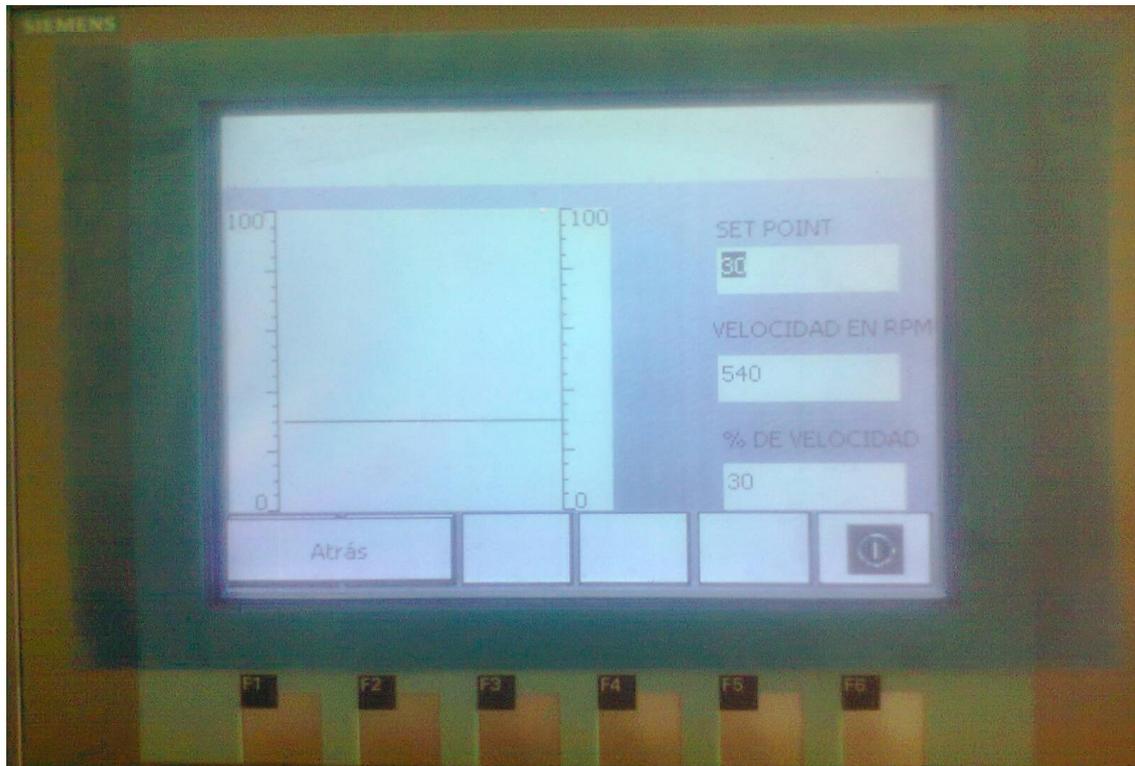


Figura 3. 61 Pantalla HMI con set point de 30 en forma física
Elaborado por: Liseth Albarracín

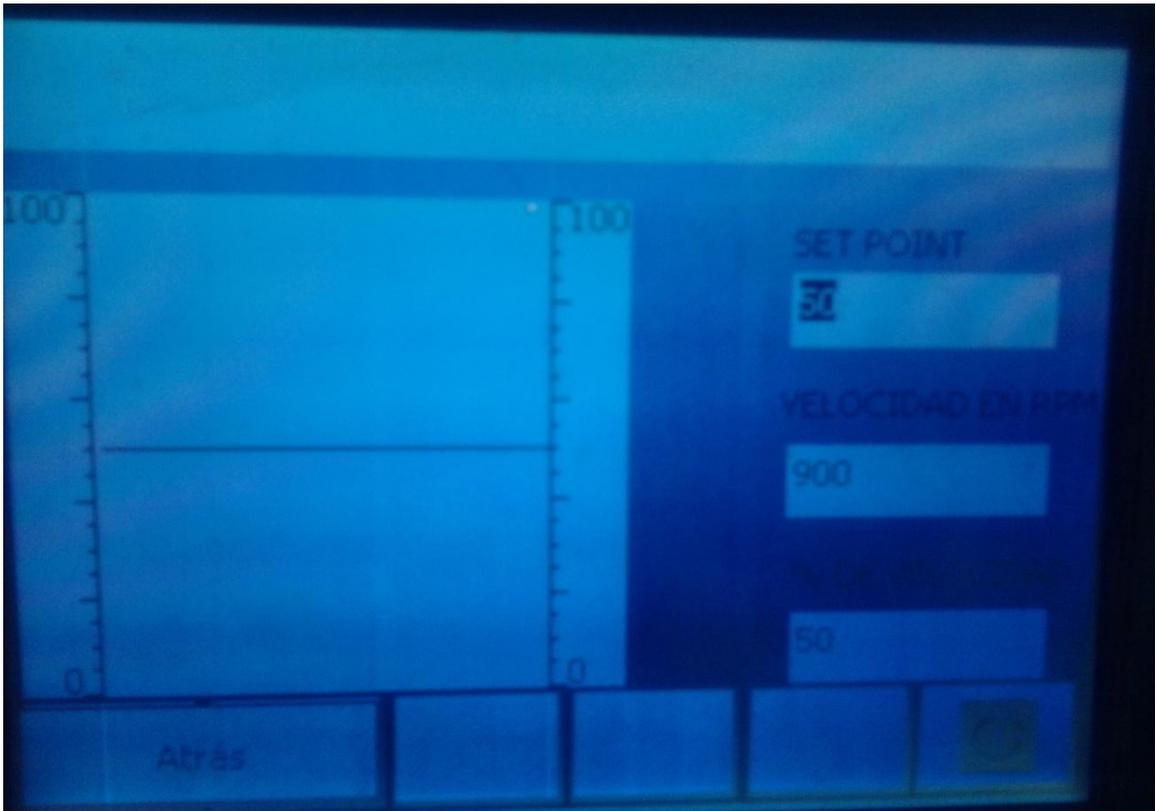


Figura 3. 62 Pantalla HMI con set point de 50 en forma física
Elaborado por: Liseth Albarracín

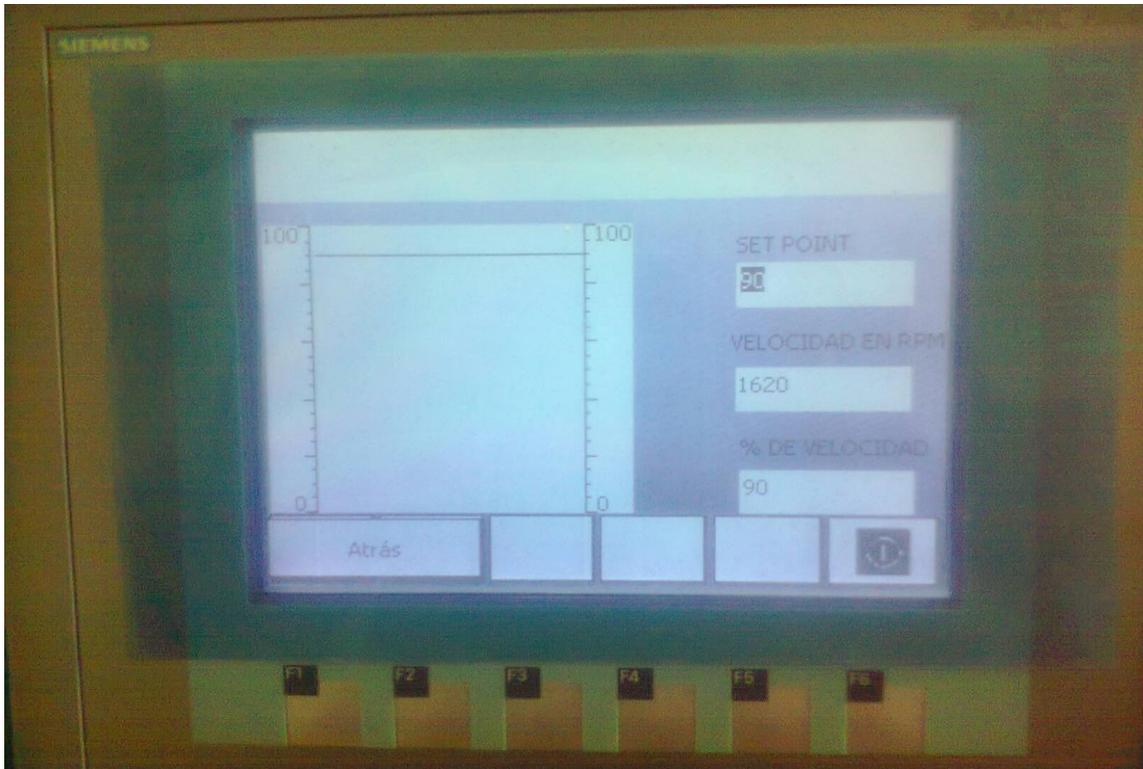


Figura 3. 63 Pantalla HMI con set point de 90 en forma física
Elaborado por: Liseth Albarracín

3.7. Gastos realizados

Para la implementación de este proyecto se determinaron los siguientes costos:

3.7.1. Costos primarios

A continuación se detallan todos los dispositivos electrónicos y materiales usados para la realización del proyecto, y se los resume en la Tabla 3.5.

Tabla 3.4.Costos Primarios

ELEMENTOS	CANTIDAD	C.UNIDAD	C.TOTAL
PLC S7-1200	1	565.00	565.00
Modulo de salidas analógicas	1	334.00	334.00
TOUCH PANEL KTP600PN	1	740.00	740.00
Baquelita	1	1.00	1.00
Optotransistor	1	0.60	0.60
		TOTAL	1,640.60

Elaborado Por: Liseth Albarracín

3.7.2. Costos secundarios

En la siguiente tabla se encuentran los gastos secundarios que están relacionados indirectamente con la realización del proyecto.

Tabla 3.5.Costos Secundarios

DESCRIPCIÓN	C. UNIDAD	C.TOTAL
Derechos de asesor	120	120
Internet	0.60	30
Impresiones	0.05	25
	Total \$	175

Elaborado Por: Liseth Albarracín

3.7.3. Costo total

El costo total se representa en la Tabla 3.7 que es la unión de los costos primario y secundario como se muestra a continuación.

Tabla 3.6.Costo Total

Costo Primario	1,640.60
Costo Secundario	175.00
TOTAL	1,815.60

Elaborado Por: Liseth Albarracín

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se comprobó que con las características del PLC S7-1200 como son: circuitos de entrada y salida, una fuente de alimentación integrada para la alimentación, ayuda a que tenga menor cableado al momento de la conexión de los mismos, los cuales se utilizaron para la adquisición de la señal de entrada en el proyecto.
- Se verificó que el control PID tiene muchas ventajas como son: disminuye el máximo de sobre impulso, permite mejorar la rapidez de respuesta del sistema, disminuye el error residual y se usan ampliamente en controles industriales.
- Una de las características más importantes del motor trifásico es la conexión interna ya que esta permite saber el tipo de arranque y el voltaje al que funciona el mismo.
- Gracias al variador SIEMENS G110 se pudo variar la frecuencia del motor de forma manual de 0 a 60Hz y también se pudo realizar automáticamente con la ayuda del PLC y el TOUCH PANEL.

- Se implementó un HMI con la ayuda de una pantalla táctil que permite que cualquier operario con autorización fácilmente pueda tener el control y monitoreo del proceso de manera fácil e intuitiva gracias a la interfaz fácil de comprender y utilizar.
- Se utilizó el software TIA PORTAL ya que consta de funciones que permiten realizar el control PID, lo que facilitó la elaboración del proyecto.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda programar correctamente los parámetros del variador de frecuencia con respecto a la placa del motor para que funcione adecuadamente.
- Se recomienda asignar diferentes direcciones IP (Protocolo de Internet) tanto para el PLC como para la TOUCH PANEL para que el software permita la comunicación.
- Antes de realizar la práctica se debe tomar en cuenta que en el software se añade el módulo de las salidas analógicas al PLC y así cargar a los dos equipos la programación.
- No sobrepasar la velocidad máxima del motor.
- No exceder el voltaje máximo del motor.
- El motor nunca debe sobrepasar su velocidad máxima por que se está forzando al mismo, la corriente que consume aumenta y se pueden recalentar los bobinados, esto provoca que disminuya el tiempo de vida útil del motor.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

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

B

BOP. Panel de Operaciones Básicas

C

CONTROL DE PROCESOS. Teoría básica de control automático, acciones de control, parámetros de sintonización en un controlador comercial, tipos de controlador, controladores neumáticos e hidráulicos, control de nivel de líquido, temperatura con control PID.

CPU. Unidad Central de Proceso.

D

DESARROLLO TECNOLÓGICO. Es el avance que ha tenido la tecnología a través de los años, de hecho se cree que evoluciono de manera acelerada en la revolución industrial con el inicio de la máquina de vapor.

DB. Bloque de Datos.

H

HMI. Interfaz hombre –máquina (Human Machine Interface)

INDUSTRIA. Es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados, de forma masiva. Existen diferentes tipos de industrias, según sean los productos que fabrican.

INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL. Es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar y registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en este.

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

IP. Es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz (elemento de comunicación/conexión) de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (Internet Protocol).

IP65. IP significa el grado de protección y es el nivel de protección proporcionado por un envolvente contra el acceso a partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua o contra los impactos mecánicos exteriores.

65 El primer dígito indica el nivel de protección que provee contra el acceso de elementos peligrosos, el segundo dígito indica la protección del equipo contra la intrusión perjudicial del agua.

NIVEL	PROTECCIÓN CONTRA OBJETOS	EFFECTIVIDAD
6	POLVO FINO	Ninguna penetración de polvo, protección completa de los contactos.

NIVEL	PROTECCIÓN CONTRA	DETALLE
5	POTENTE CHORRO DE AGUA	El agua disparada por una boquilla hacia la protección del equipo desde cualquier dirección no tendrá efectos dañinos.

O

ORDENADOR. Es una máquina programable. Dispositivo electrónico capaz de realizar operaciones lógicas y matemáticas de manera programada y a gran velocidad.

P

PID. Proporcional, integral, derivativo.

PLC. Controlador Lógico Programable.

PROFINET. Es el estándar Industrial Ethernet abierto y no propietario para la automatización. Con él es posible una comunicación sin discontinuidades desde el nivel de gestión hasta el nivel de campo.

PROYECTO. Es el conjunto de actividades coordinadas e interrelacionadas que buscan cumplir con ciertos objetivos específicos, este generalmente debe ser alcanzado en un periodo de tiempo previamente definido y respetando un presupuesto.

S

SISTEMAS DE CONTROL. El sistema de control de un sistema automatizado permite ejecutar el programa y lograr que el proceso realice su función definida.

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

T

TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal)

BIBLIOGRAFÍA

NETGRAFÍA

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

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

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

<http://www.siemens.com/panels>

<http://es.scribd.com/doc/93504625/Motor-asincrono-trifasico>

<http://www.siemens.com/automation/support-request>

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

Manuales de PLC S7-1200

ANEXOS

ANEXO A

GUÍA DE LABORATORIO DE CONTROL DE PROCESOS

TEMA: Implementación de un HMI utilizando un TOUCH PANEL KTP600 PN y el PLC S7-1200 para el control y monitoreo de velocidad de un motor trifásico.

OBJETIVOS:

- ❖ Realizar un control PID con PLC S7-1200.
- ❖ Determinar las ventajas que presenta la implementación de un HMI.
- ❖ Comprobar el funcionamiento del PLC S7-1200 y el módulo de salidas analógicas.

MATERIALES:

- PLC S7-1200
- TOUCH PANEL KTP600 PN
- PC con TIA PORTAL
- Módulo de control y monitoreo de velocidad de motor trifásico
- Encoder TRD-S100BD
- Circuito acoplador de señal
- Fuente de 24VCD
- Cable de comunicación

PROCEDIMIENTO:

1. Realizar la polarización y las conexiones del PLC con el circuito acoplador de señal.

- ❖ Polarizar el circuito acoplador de señal como se muestra en la figura A.

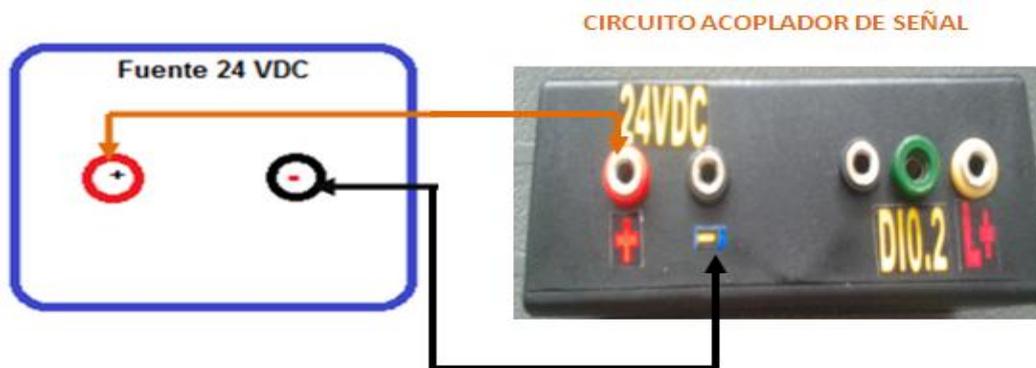


Figura A. Polarización del circuito acoplador de señal

- ❖ Conectar la entrada digital L+ al circuito acoplador de señal.
- ❖ Conectar la entrada digital DIO.2 circuito acoplador de señal.

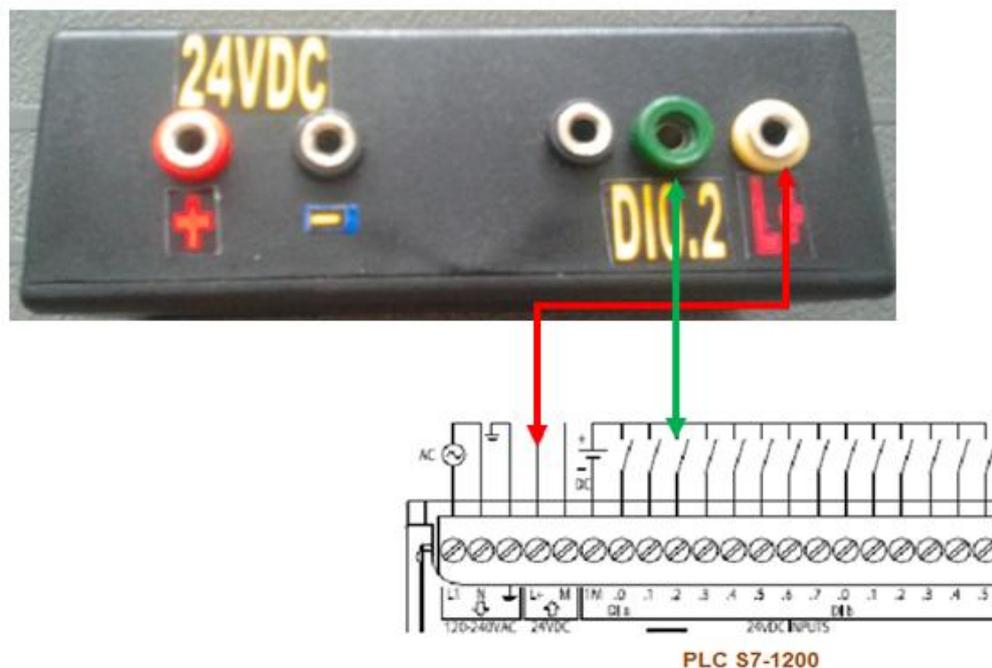


Figura B. Conexión del PLC y el circuito acoplador de señal

Se procede a unir el conector DB9 macho del Encoder TRD-S100BD al conector hembra del circuito acoplador de señal para adquirir la señal del canal A como muestra la figura C.



Figura C. Conexión del circuito acoplador de señal y el Encoder TRD-S100BD.

2. Realizar la polarización y la conexión del módulo de salidas analógicas, la salida 0M Y AQ0 hacia los pines 6 y 5 de la bornera del módulo del motor para la señal variable del variador de frecuencia como muestra la figura D.

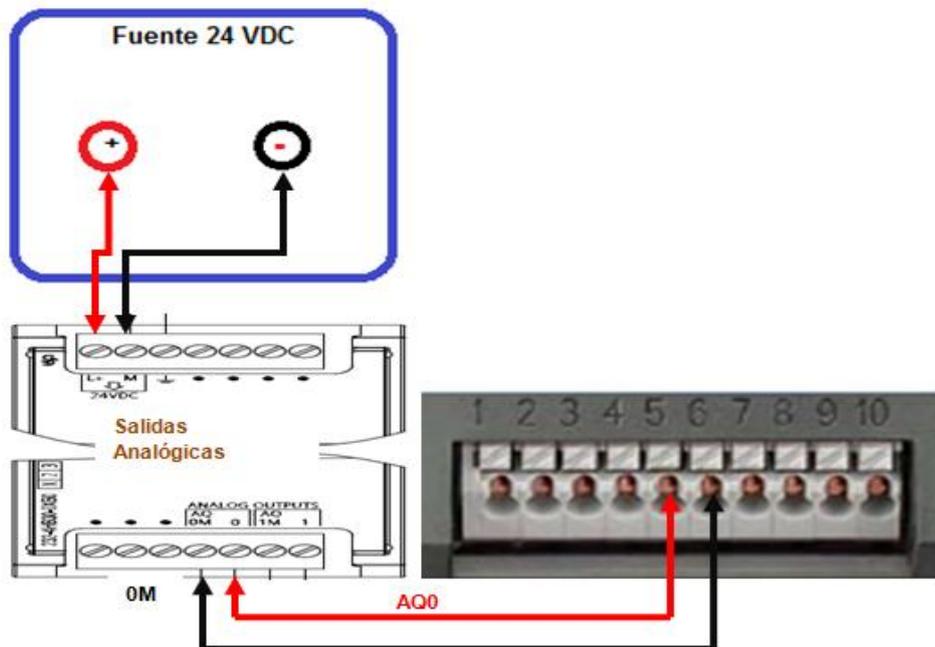


Figura D. Conexión del módulo de salidas analógicas y la bornera del motor

3. Programar el variador de frecuencia del motor trifásico con los siguientes parámetros.

OPCIONES DE SELECCIÓN	OPCIÓN	OPCIONES DE SELECCIÓN	OPCIÓN
P0010 Puesta en servicio 0= Listo para MARCHA 1= Puesta en servicio rápida 2= Ajuste de fábrica	1	P0700 Fuente de ordenes 0= Ajuste de fábrica 1= Panel BOP 2= Bornes/ Terminales	2
P0100 Europa/ Norteamérica 0= Potencia KW; f por defecto 50 Hz 1= Potencia HP; f por defecto 60 Hz 2= Potencia KW; f por defecto 60 Hz	1	P1000 Selección de frecuencia 0= Sin consigna de frecuencia 1= Consigna frecuencia desde BOP 2= Consigna Analógica 3= Consigna de frecuencia fija	2
P0304 Tensión normal del motor (V) 10-220 V Tensión propia del motor tomada de la placa de características	220	P1080 Frecuencia mín. Del motor Ajuste mínimo de frecuencia del motor, el valor ajustado aquí es para giro horario y anti horario.	0
P0305 Corriente nominal del motor (A) Corriente nom. del motor tomada de la placa de características	3.5	P1082 Frecuencia máx. Del motor Ajuste máximo de frecuencia del motor, el valor ajustado aquí es para giro horario y anti horario	60
P0307 Potencia nominal del motor (KW) Potencia nom. del motor tomada de la placa de características	1	P1120 Tiempos de aceleración Tiempo que lleva el motor acelerar de la parada a la frecuencia máxima ajustada.	5
P0310 Frecuencia nominal del motor (Hz) Frecuencia nom. del motor tomada de la placa de características	60	P1121 Tiempos de desaceleración Tiempo que lleva el motor desacelerar de la frecuencia máxima del motor a la parada.	5
P0311 Velocidad nominal del motor (rpm) Velocidad nom. del motor tomada de la placa de características	1660	P3900 Fin de puesta en servicio 0= Fin e puesta en servicio 1= Fin de puesta de servicio con cálculo motor 2= Fin de puesta en servicio	1

4. Realizadas todas las conexiones físicas del PLC con los bornes del circuito acoplador de señal y el módulo del motor, se procede abrir el programa principal para el control y monitoreo de velocidad del motor trifásico en el software TIA PORTAL.

5. Una vez instalado todo para poner en marcha el motor trifásico se cortocircuitan los pines 1 y 3 de la bornera del Módulo del motor para realizar el control PID.

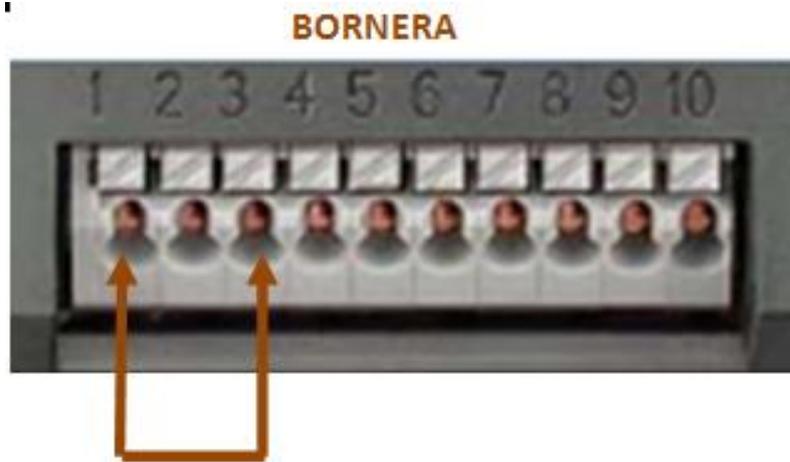


Figura E. Bornera

- ❖ Abrir el programa TIA PORTAL haciendo clic en abrir proyecto existente, luego en examinar y se busca el proyecto con el nombre "IMPLEMENTACIÓN HMI".



Figura F. Imagen Proyecto existente

- ❖ Aparece el árbol del proyecto donde se desplaza la carpeta bloques de programa.

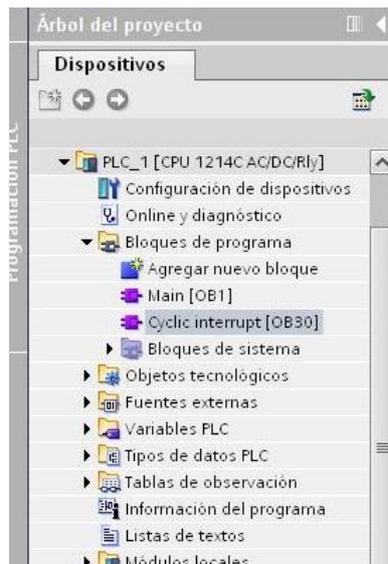


Figura G. Imagen Árbol del proyecto

- ❖ Se elige Alarma Cíclica se da doble clic y aparece la instrucción del control PID "PID_Compact_1".

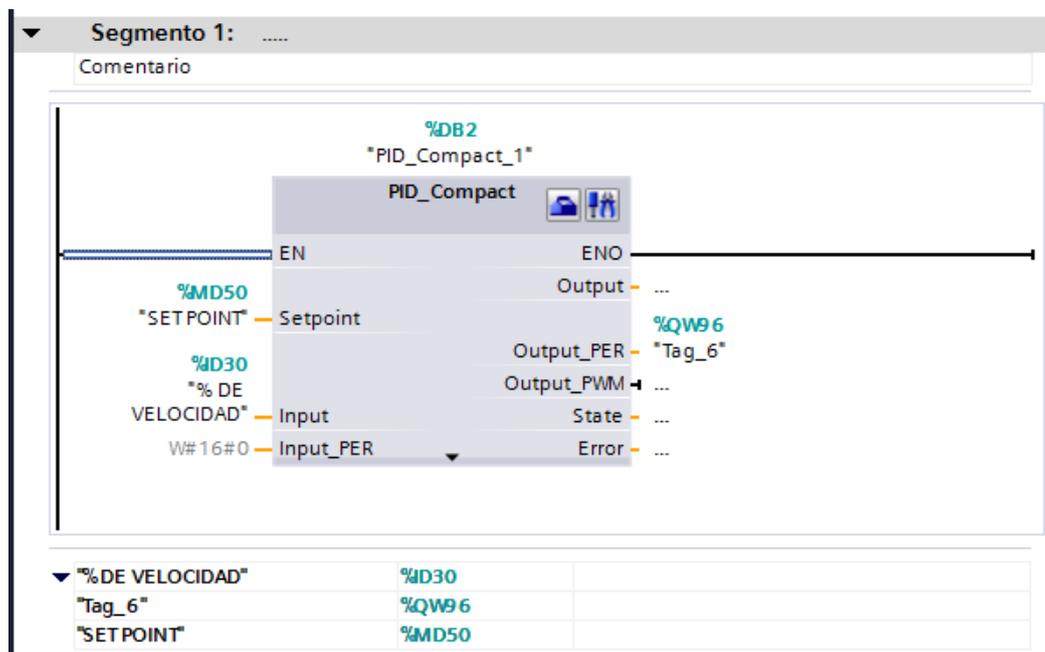


Figura H. Imagen control PID

- ❖ Asignar un valor de set point
- ❖ Dar clic en el icono , inmediatamente aparece una pantalla en la que se da clic en start donde empieza a sintonizar con el set point fijado.

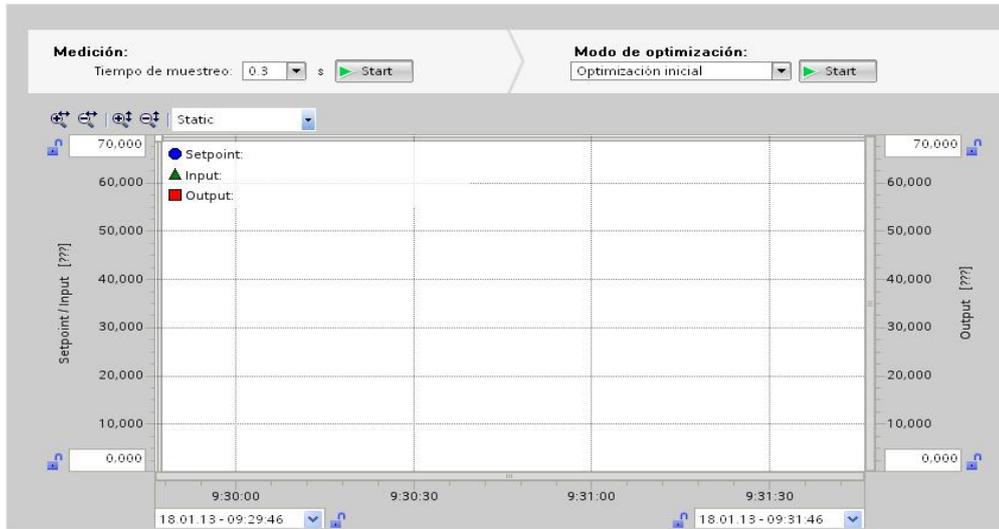


Figura G. Pantalla para visualizar la señal

❖ Una vez obtenida la señal deseada cargar los parámetros PID al PLC.

6. Una vez realizado el programa principal de la TOUCH PANEL, realizar el control y monitoreo de velocidad del motor ingresando diferentes valores de referencia en la pantalla táctil.

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

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

CUESTIONARIO:

- ✚ Enumere algunos de los beneficios de realizar un control PID.
- ✚ Escriba el concepto de HMI.
- ✚ Escriba cual es la diferencia entre software y hardware.

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 deseado 1	
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 1	
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 3.5A	
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 1HP	
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 60 Hz	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Puesta del parámetro de la velocidad nominal del motor.**

SÉPTIMO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0311	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 1660 rpm	
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 2 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 2 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 0 Hz	
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 60 Hz	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Puesta del parámetro tiempo de aceleración.**

DECIMO SEGUNDO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1120	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 5	
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 5	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

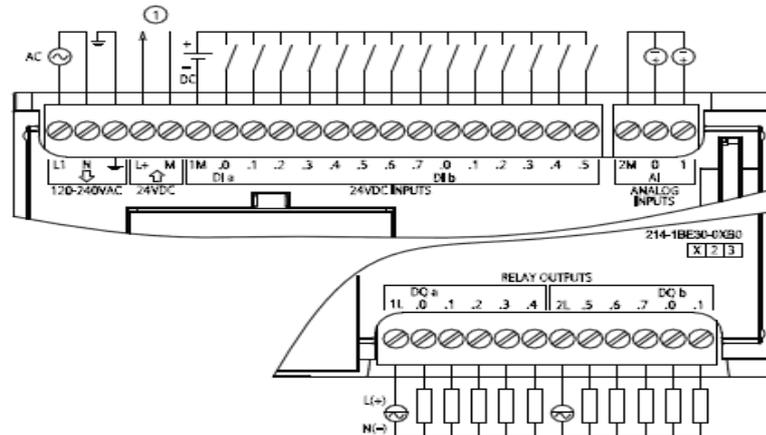
- **Parámetro de fin de puesta del servicio.**

DECIMO CUARTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P3900	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 1	
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.		

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
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)		
Rendimiento			
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		
Comunicación			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> • 3 para HMI • 1 para la programadora • 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario • 3 para CPU a CPU 		
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		
Fuente de alimentación			
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.	-	

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
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		
Alimentación de sensores			
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		
Entradas digitales			
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		
Entradas analógicas			
Número de entradas	2		
Tipo	Tensión (asimétrica)		
Rango	0 a 10 V		
Rango total (palabra de datos)	0 a 27648 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 320))		
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 320))		
Desbordamiento (palabra de datos)	32.512 a 32767 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (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 Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 320))		

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Rechazo de interferencias	10, 50 ó 60 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (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		
Salidas digitales			
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.

POSIBLES ERRORES QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.

EFFECTO/CAUSA	CORRECCIÓN
No se pone en marcha el motor	Apague el motor y vuelva a configurar ya que el variador de frecuencia tiende a desconfigurarse.
No se puede cargar el programa a TOUCH PANEL	Verifique que la dirección IP sea la correcta para la pantalla táctil.
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.
El PLC no adquiere la señal.	Verificar que el cable se encuentre en buen estado y que las conexiones se encuentren realizadas correctamente

ANEXO E.

PROGRAMACIÓN IMPLEMENTADA EN EL PLC

▼ Segmento 1:

Comentario

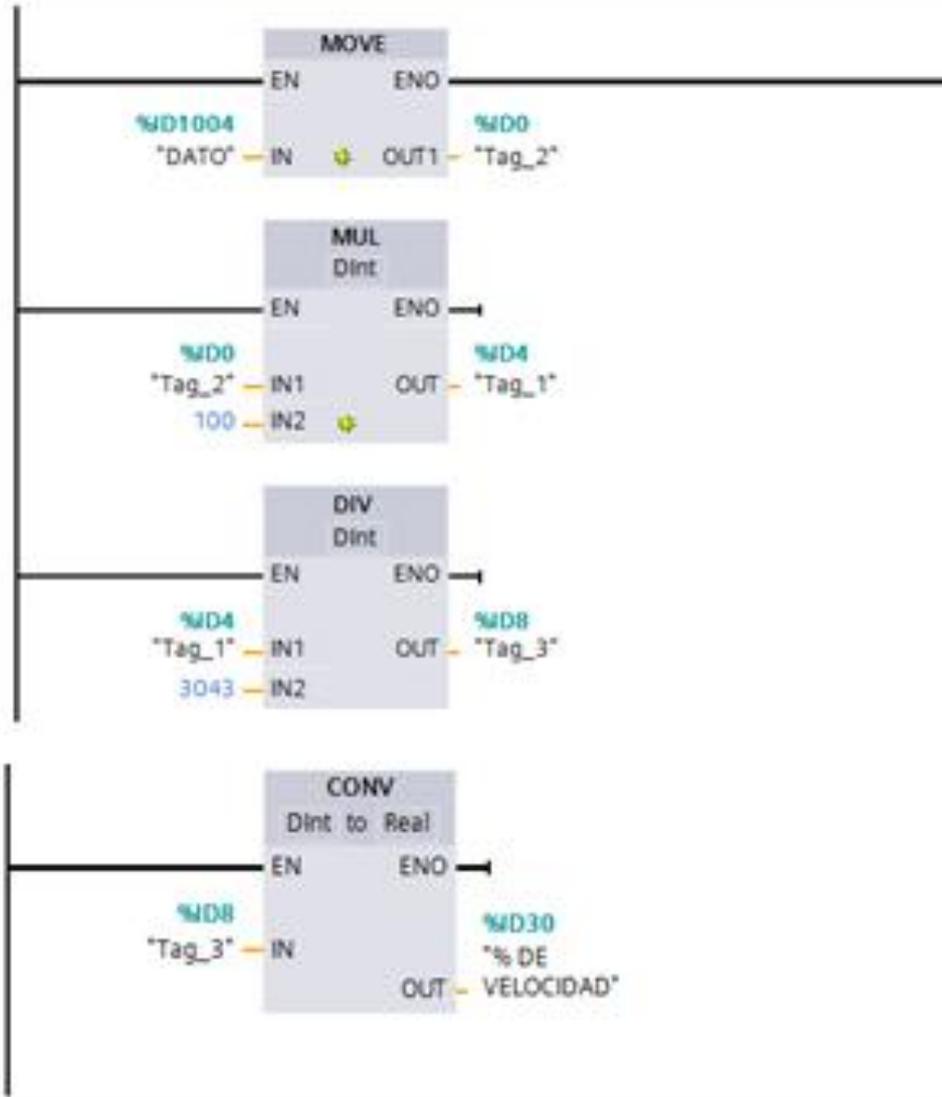
%DB1
"CTRL_HSC_0_DB"

CTRL_HSC	
EN	ENO
W# 6#D103 "HSC_2" — HSC	BUSY → ...
TRUE — DIR	STATUS — ...
%I0.2 "ENTRADA DIGITAL" — CV	
FALSE — RV	
TRUE — PERIOD	
1 — NEW_DIR	
%D1004 "DATO" — NEW_CV	
0 — NEW_RV	
0 — NEW_PERIOD	

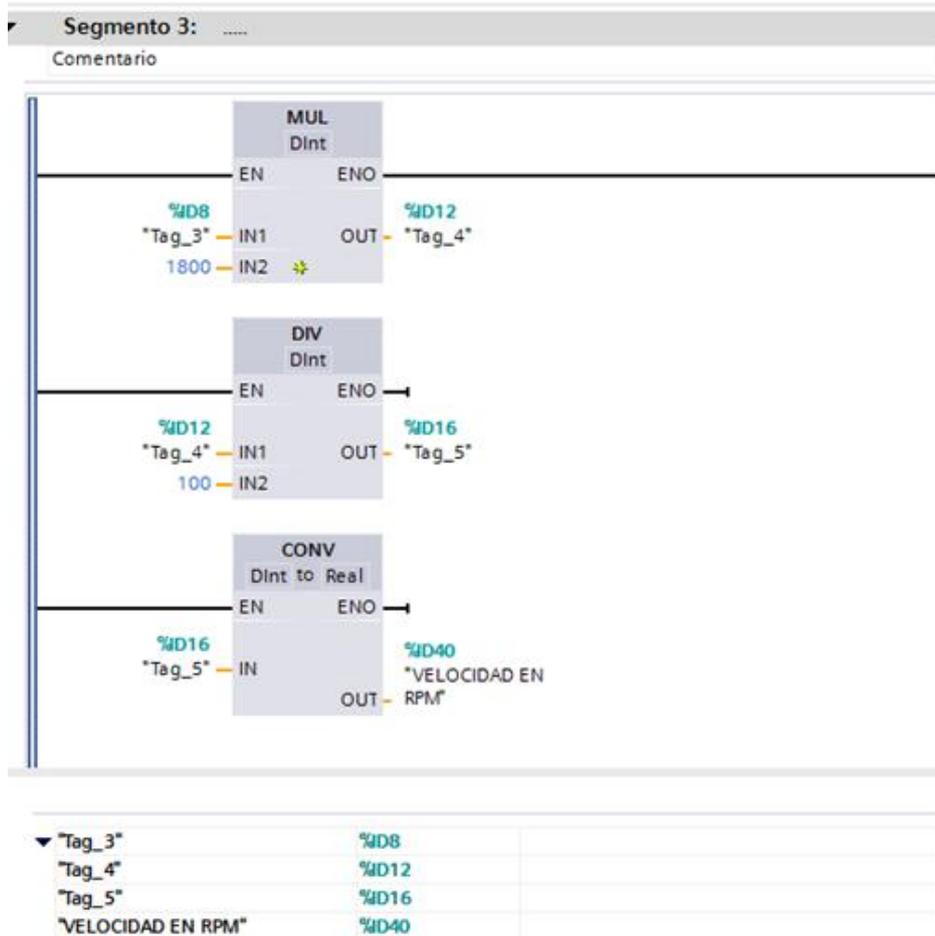
▼ "ENTRADA DIGITAL"	%I0.2	
"DATO"	%D1004	

▼ Segmento 2: ...

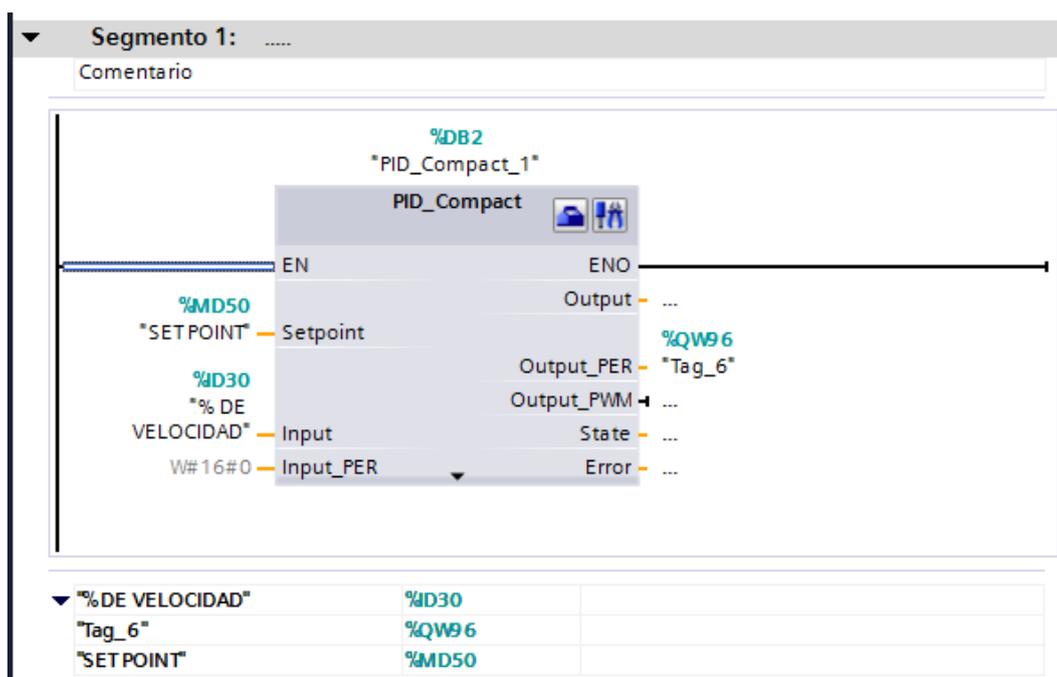
Comentario



▼ "DATO"	%D1004
"Tag_2"	%D0
"Tag_1"	%D4
"Tag_3"	%D8
"% DE VELOCIDAD"	%D30

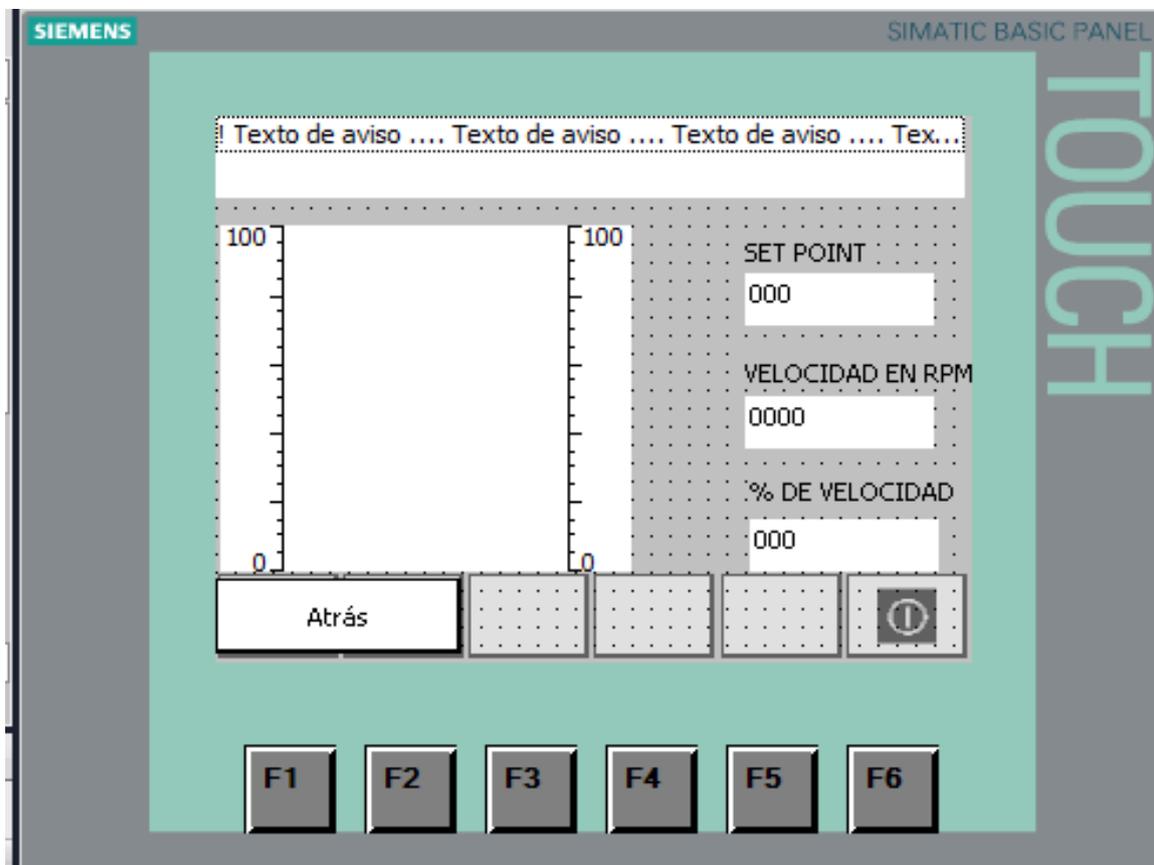


Control PID.



ANEXO F.

PRESENTACIÓN DEL HMI



CURRICULUM VITAE



DATOS PERSONALES:

Nombre: ALBARRACÍN PALMALISETH DANIELA
Nacionalidad: ECUATORIANA
Fecha de nacimiento: 30-MAYO-1991
Cédula de ciudadanía: 050346978-5
Teléfono: 032696267 / 0999252076 / 0939224425
Correo electrónico: lis_dany_99@hotmail.com
Dirección Domiciliaria: RAFAEL GARCÍA
SECTOR CHILLOGALLO

ESTUDIOS REALIZADOS:

Primaria:

- ESCUELA LUIS ANDINO GALLEGOS – LA MANÁ

Secundaria:

- COLEGIO INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR LA MANÁ

Superior:

- INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO - Egresada

TÍTULOS OBTENIDOS:

- BACHILLER EN “INFORMÁTICA”
- TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

CURSOS REALIZADOS:

- SUFICIENCIA EN EL IDIOMA INGLES

REFERENCIAS PERSONALES:

Beatriz Carrera
SECRETARIA MINISTERIO DE FINANZAS
0982515573

EXPERIENCIAS LABORALES:

EMPRESA ELÉCTRICA "ELEPCO.SA" – LATACUNGA.
AYUDANTE EN FISCALIZACIÓN DE INSTALACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS

ESCUADRÓN DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO – ALA 11 – QUITO.
AYUDANTE EN COMUNICACIÓN ELECTRÓNICA DE AERONAVES

REFERENCIAS LABORALES:

Subs. Gonzalo Coba
SUPERVISOR ESCUADRÓN MANTENIMIENTO AERONÁUTICO ALA Nº11
0987211636

ACEPTACIÓN DEL USUARIO

Latacunga, Mayo 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 la Srta. **ALBARRACÍN PALMA LISETH DANIELA**, con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI UTILIZANDO UN TOUCH PANEL KTP600 PN Y EL PLC S7-1200 PARA EL CONTROL Y MONITOREO 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 la Señorita 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**

Albarracín Palma Liseth Daniela

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

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

Latacunga, Mayo del 2013

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **Albarracín Palma Liseth Daniela**, Egresada de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, en el año 2012 con Cédula de Ciudadanía N° **050346978-5**, autor del Trabajo de Graduación **Implementación de un HMI utilizando un TOUCH PANEL KTP600 PN Y EL PLC S7-1200 para el control y monitoreo 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.

Albarracín Palma Liseth Daniela

CI. 050346978-5

Latacunga, Mayo del 2013