



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA

MONOGRAFÍA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI MEDIANTE WINCC PARA EL
CONTROL DE VELOCIDAD Y SENTIDO DE GIRO DE UN MOTOR
TRIFÁSICO CON EL PLC S7-300 A PARTIR DE UN ENCODER
INCREMENTAL

AUTOR: SOLIS NÚÑEZ, ARIEL JAVIER

DIRECTORA: ING. VIERA GARZON, IRINA GABRIELA

LATACUNGA

2020



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI MEDIANTE WINCC PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD Y SENTIDO DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO CON EL PLC S7-300 A PARTIR DE UN ENCODER INCREMENTAL “**, fue realizado por el señor **SOLIS NÚÑEZ, ARIEL JAVIER**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 27 de Enero del 2020

Firma:

ING. Irina Gabriela Viera Garzón

C.C.: 0502846967



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **SOLIS NÚÑEZ, ARIEL JAVIER**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI MEDIANTE WINCC PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD Y SENTIDO DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO CON EL PLC S7-300 A PARTIR DE UN ENCONDER INCREMENTAL”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 27 de Enero del 2020

Firma:

Solis Núñez, Ariel Javier

C.C.: 1805115761



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA
AUTORIZACIÓN

Yo, **SOLIS NÚÑEZ, ARIEL JAVIER**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de monografía “**IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI MEDIANTE WINCC PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD Y SENTIDO DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO CON EL PLC S7-300 A PARTIR DE UN ENCODER INCREMENTAL**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 27 de Enero del 2020

Firma:

Solis Núñez, Ariel Javier

C.C.: 1805115761

DEDICATORIA

La culminación de este proyecto se lo dedico a las personas más importantes en mi vida, Xavier Solis e Isabel Núñez mis padres y mis hermanos Andrea y Josué Solís, que siempre han estado al pendiente de mí, brindándome su apoyo incondicional en todo momento, aun en esas largas desveladas de tareas universitarias, ya que sin su ayuda no hubiese sido posible alcanzar un sueño más en mi vida.

Ariel Solís

AGRADECIMINETO

Un agradecimiento enorme a Dios y a mis padres por darme la vida y convertirme en un hombre de bien, por todo el esfuerzo y sacrificio, demostrando cada día que los sueños y metas pueden lograrse siempre y cuando te lo propongas y te esfuerces por conseguirlo.

Andrea y Josué mis hermanos, que con cada una de sus ocurrencias hacían que cada día sea mejor; que los problemas y el estrés de la universidad se vuelvan momentos gratos sacándome una sonrisa y escuchándome cuando más lo necesitaba.

A mis compañeros de carrera que durante todo el tiempo de estudio aun a pesar de estar ocupados nunca negaron su ayuda ante cualquier inconveniente, dando consejos para poder resolver problemas tanto en estudio como en la vida personal, guardo gratos momentos y experiencias únicas de creciendo personal y profesionalmente, gracias por estar en todo momento.

Ariel Solís

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMINETO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Justificación e Importancia.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Alcance.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PLC (Controlador Lógico Programable).....	5
2.2. Estructura del PLC.....	6
2.3. Programación de un PLC	6
2.3.1. Lenguaje de Alto Nivel.....	7
A. Diagrama de Escalera.....	7
B. Diagrama de bloques	8
2.4. Contadores	9
2.4.1. Contador ascendente CTU	10
2.4.2. Contadores descendentes CTD	11
2.4.3. Contador ascendente – descendente CTUD	12
2.4.4. Contadores rápidos HSC.....	14
2.5. Encoder	15
2.6. Encoder incremental.....	17
2.6.1. Encoder de cuadratura	17
2.7. Encoder lbest.....	18
2.8. Motor trifásico	20
2.9. HMI (Human Machine Interface).....	21
2.10. WinCC Siemens	22

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROBLEMA

3.1. Creación del proyecto.....	24
3.2. Asignación de PLC en el software TIA Portal V15.....	25
3.3. Creación de la Red Profibus DP	27

3.4. Habilitación del contador rápido.....	29
3.5. Programación del PLC esclavo.....	31
3.6. Programación del PLC maestro.....	35
3.7. WinCC HMI.....	36
3.8. Asignación de variables en el HMI.....	38
3.9. Conexión física	41
3.10. Pruebas de funcionamiento	45

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES	52
4.2. RECOMENDACIONES.....	53
4.3. GLOSARIO.....	53

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
---	-----------

ANEXOS	61
---------------------	-----------

Anexo A: Guía de estudio

Anexo B: Diagrama de Arquitectura de Control

Anexo C: Diagrama General

Anexo D: Diagrama Unifilar

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de la instrucción contador ascendente	11
Tabla 2 Parámetros de instrucción del contador descendente.....	12
Tabla 3 Parámetros de contador ascendente – descendete	13
Tabla 4 Parámetros de la función controlar contador rápido.....	15
Tabla 5 División del número de serie del encoder lbest.....	18
Tabla 6 Diagrama de salida encoder IBEST	19
Tabla 7 Conexiones y entrada a PLC S7-1200.....	43
Tabla 8 Conexión variador con PLC esclavo.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Controladores Lógicos Programables Siemens.....	5
Figura 2. Controladores Lógicos Programables Rockwell Automation	5
Figura 3. Estructura básica de un PLC	6
Figura 4. Mapa conceptual lenguajes de programación.	7
Figura 5. Ejemplo diagrama de escalera	8
Figura 6. Ejemplo diagrama de bloques	9
Figura 7. Contador ascendente en el PLC S7-300	10
Figura 8. Contador descendente S7-300.....	11
Figura 9. Contador ascendente - descendente S7-300	13
Figura 10. Instrucción contador rápido	14
Figura 11. Encoder incremental.....	16
Figura 12. Estructura interna de un encoder.....	16
Figura 13. Encoder de cuadratura aspecto físico.	17
Figura 14. Estructura básica de un encoder de cuadratura.	17
Figura 15. Diseño estructural encoder IBEST.....	19
Figura 16. Despiece motor trifásico Siemens.	20
Figura 17. Ejemplo HMI Siemens	22
Figura 18. Interfaz del Software WinCC de Siemens.....	23
Figura 19. Diagrama de arquitectura de control.....	24
Figura 20. CPU PLC S7-300 TIA Portal V15.	25
Figura 21. CPU PLC S7-1200 TIA Portal V15.	26
Figura 22. Dirección IP PLC S7-300.....	26
Figura 23. Dirección IP PLC S7-1200	27
Figura 24. Dispositivo de control IE General.....	27
Figura 25. Red Profibus DP S7-300.	28
Figura 26. Asignación de maestro y esclavo DP.	28
Figura 27. Áreas de transferencia Profibus DP.....	29
Figura 28. Configuración del contador rápido.....	30
Figura 29. Dirección E/S del contador rápido.	30

Figura 30. Selección de filtro de entrada.	31
Figura 31. Variables esclavo DP.....	32
Figura 32. Primer segmento esclavo DP.	32
Figura 33. Segmento 2 CPU S7-1200.	34
Figura 34. Control de programa.....	35
Figura 35. Control de frecuencia maestro DP.....	35
Figura 36. Datos del control rpm.....	36
Figura 37. Diseño plantilla para HMI remoto.....	37
Figura 38. Panel de históricos de frecuencia y velocidad rpm.....	38
Figura 39. Asignación de variable pulsadores.	38
Figura 40. Asignación de una variable con un deslizador porcentual.	39
Figura 41. Asignación variable visor numérico.	40
Figura 42. Asignación de variable para menú.....	40
Figura 43. Botón acción de sistema.....	41
Figura 44. Conexión física módulo de control de motor trifásico	42
Figura 45. Conexión encoder incremental IBEST.....	43
Figura 46. Conexiones entre el motor trifásico y variador de velocidad.....	43
Figura 47. Conexión de red Profibus con el módulo CM 1242-5.	44
Figura 48. Conexión red Profibus con PLC S7-300.....	45
Figura 49. Establecimiento de red para pruebas de funcionamiento.....	46
Figura 50. Obtención de datos sentido horario y control de velocidad.	46
Figura 51. Datos de frecuencia y velocidad en visor de curvas.....	47
Figura 52. Obtención de datos sentido antihorario HMI WinCC.	48
Figura 53. Control de históricos en sentido antihorario.....	49
Figura 54. Generación de perturbaciones.....	50

RESUMEN

En la presente monografía se realizó el control de un motor trifásico a partir de un encoder incremental tanto en velocidad como en sentido de giro, además de un entorno de simulación donde se podrá realizar un monitoreo y control en función del tiempo. Para ello se ha enfocado en la realización por etapas, para la primera etapa se desarrolla el software de control el cual estará ligado a la obtención de la frecuencia proporcionado por el encoder incremental y a partir de este realizar el cálculo respectivo para obtener la velocidad en RPM; para la segunda etapa se ha considerado el ensamblaje de la parte física ya que, es preciso realizar las pruebas de funcionamiento necesarias para analizar resultados y rectificar fallos en caso de ser requeridos; para la tercera etapa se desarrolla una guía de estudio capaz de solventar inquietudes a docentes y alumnos sobre el uso de las distintas instrucciones como contadores rápidos avanzados, áreas de transferencia, control y monitoreo de un motor trifásico, el uso de distintos PLC como el PLC S7-300 y el PLC S7-1200 y las nuevas actualizaciones proporcionadas por el software TIA Portal V15. Para llevar a cabo este proyecto técnico se utilizó una estructura de comunicación Profibus DP permitiendo transferir datos de manera más sencilla entre maestro y esclavo, usando únicamente módulos de comunicación en el caso del PLC S7-1200 con el módulo CM 1242-5 y en el PLC S7-300 el puerto habilitado por el fabricante Siemens.

PALABRAS CLAVE:

- **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES**
- **RED PROFIBUS DP**
- **INTERFAZ HMI**

ABSTRACT

In this monograph, a three-phase motor was controlled by an incremental encoder in both speed and direction of rotation, as well as a simulation environment where monitoring and control can be performed as a function of time. For this purpose, we have focused on the realization by stages, for the first stage we have developed the control software which will be linked to the obtaining of the frequency provided by the incremental encoder and from this, to make the respective calculation to obtain the speed in RPM; for the second stage we have considered the assembly of the physical part since, it is necessary to make the necessary operation tests to analyze results and to rectify failures in case they are required; For the third stage, a study guide is developed to solve the concerns of teachers and students about the use of different instructions such as advanced quick counters, transfer areas, control and monitoring of a three-phase motor, the use of different PLCs such as the PLC S7-300 and the PLC S7-1200 and the new updates provided by the software TIA Portal V15. To carry out this technical project, a Profibus DP communication structure was used, allowing easier data transfer between master and slave, using only communication modules in the case of the PLC S7-1200 with the module CM 1242-5 and in the PLC S7-300 the port enabled by the manufacturer Siemens.

KEYWORDS:

- **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS**
- **PROFIBUS DP NETWORK**
- **HMI INTERFACE**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la actualidad la industria busca mejorar la eficiencia, autonomía y confiabilidad de los procesos y equipos mediante la automatización, el SIMATIC S7-300 es un controlador lógico programable de gran demanda en la marca Siemens, cuenta con numerosas aplicaciones en los más diversos sectores industriales. (Ernesto & Armando, 2019)

Procesos donde el uso de motores eléctricos es de vital importancia para el desarrollo productivo, el control de estos se ha vuelto una parte esencial en los distintos procesos industriales en el cual se encuentran involucrados, por tal motivo es necesario efectuar un control en base a un encoder incremental siendo este un precedente en los distintos tipos de control industrial. (Andrés & Moisés., 2019)

Los contadores rápidos permiten contar eventos que ocurren más rápido que la frecuencia de ejecución del bloque de organización, se utilizan habitualmente como accionamiento para temporizadores que funcionan impulsados por un árbol que gira a un régimen constante y provisto de un encoder incremental. (Daniel & Ramiro, 2019)

1.2. Planteamiento del problema

En los últimos años la tecnología ha tenido un gran avance en todo el mundo, desde elementos básicos hasta dispositivos de control autónomos de gran escala, por tal motivo, la implementación de un HMI mediante WinCC para el control de velocidad y

sentido de giro de un motor trifásico con el PLC S7-300 a partir de un encoder incremental, tiene gran acogida en la industria para el control íntegro de procesos de gran desarrollo.

En el laboratorio de Instrumentación Virtual manifiesta una carencia en el control de motores a partir de un encoder incremental, lo cual restringe la oportunidad de aprendizaje en cada uno de los estudiantes, siendo este proyecto un precursor a dicho problema, ya que, se presentará una guía de estudio detallada para el desarrollo de habilidades y competencias para un próximo campo laboral.

El implementar un HMI mediante WinCC para el control de velocidad y sentido de giro de un motor trifásico con el PLC S7-300 a partir de un encoder incremental, con la visualización de los resultados en un computador, ayudará a que los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica adquieran conocimientos teóricos y prácticos sobre el manejo de los distintos sistemas utilizados para el control industrial y automatización.

1.3. Justificación e Importancia

El presente proyecto tiene como finalidad realizar un HMI en el software de mando y monitoreo WinCC para el control de velocidad y sentido de giro de un motor trifásico a partir de un encoder incremental, sumando el uso de un PLC S7-300 en conjunto con el software TIA PORTAL V14 el cual ayudará en la programación necesaria para el funcionamiento del control del motor trifásico, dejando una guía de estudio que servirá

para el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Finalmente, con este proyecto se pretende lograr que los distintos estudiantes adquieran habilidades en programación y desarrollo de control de procesos de automatización industrial, consiguiendo así que cada alumno alcance destrezas que le permitan desenvolverse en el campo laboral

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

“Implementar un HMI mediante WinCC para el control de velocidad y dirección de un motor trifásico con el PLC S7-300 a partir de un encoder incremental.”

1.4.2. Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento del controlador PLC S7-300 en el desarrollo de prácticas de contadores rápidos.
- Efectuar un programa de mando en el software WinCC para el desarrollo de la práctica de control de un motor trifásico a partir de un encoder incremental.
- Implementar una interfaz HMI para la visualización de resultados de la práctica de control de un motor trifásico en el software WinCC mediante el PLC S7-300 a partir de un encoder incremental.
- Realizar una guía de estudio y pruebas de funcionamiento del HMI en el software WinCC para el control de un motor trifásico a partir de un encoder incremental.

1.5. Alcance

La implementación de un HMI para el control de velocidad y sentido de giro de un motor trifásico, realizado en un computador por medio del software WinCC, la adquisición y envío de datos se lo realizará por medio del PLC S7-300 con su software TIA PORTAL V14 el cual ocupa funciones de contadores rápidos para la obtención de información de un encoder incremental.

En tal virtud, este proyecto va dirigido a los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica de la Unidad de Gestión de Tecnologías, cumpliendo con los altos estándares educativos con base en el progreso de nuevas prácticas en el control industrial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PLC (Controlador Lógico Programable)

PLC es un computador de gran capacidad utilizado por las industrias, cuenta con una unidad central de procesamiento además de interfaces de comunicación, así como puertos analógicos y digitales de entrada y salida, mismos que son fabricados por compañías como Siemens, Rockwell Automation entre otras en las siguientes ilustraciones se muestran algunos ejemplos de dichas compañías. (Ernesto & Armando, 2019)



Figura 1. Controladores Lógicos Programables Siemens

Fuente: (autycom, 2019)



Figura 2. Controladores Lógicos Programables Rockwell Automation

Fuente: (Autowell Automation, 2019)

Un PLC cuenta con enlaces de red, en la que se puede realizar un monitoreo del proceso en tiempo real con estadísticas y reportes del mismo. En la mayoría de casos los PLC son muy utilizados en la industria para dar solución a inconvenientes de optimización de procesos, abaratando costos de mantenimiento y logrando un incremento de la producción en menor tiempo. (Ernesto & Armando, 2019)

2.2. Estructura del PLC

La distribución de un PLC es equivalente a la de un microcontrolador ya que cuenta con una memoria de datos RAM y una memoria de programa ROM, un procesador, puertos analógicos y digitales de entrada y salida que, al ser conectados permiten el control de distintos procesos de índole industrial. (SciELO, 2015)

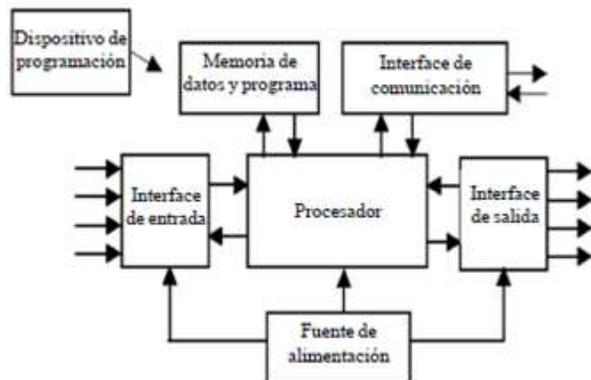


Figura 3. Estructura básica de un PLC

Fuente: (SciELO, 2015)

2.3. Programación de un PLC

El lenguaje de programación para un PLC es distinto ya que, cada compañía cuenta con un lenguaje propio y una formación única en las distintas disciplinas para cada

controlador lógico, estos distintos lenguajes se los puede clasificar de la siguiente manera (Chávez Valencia & Bastidas Nieto, 2019)

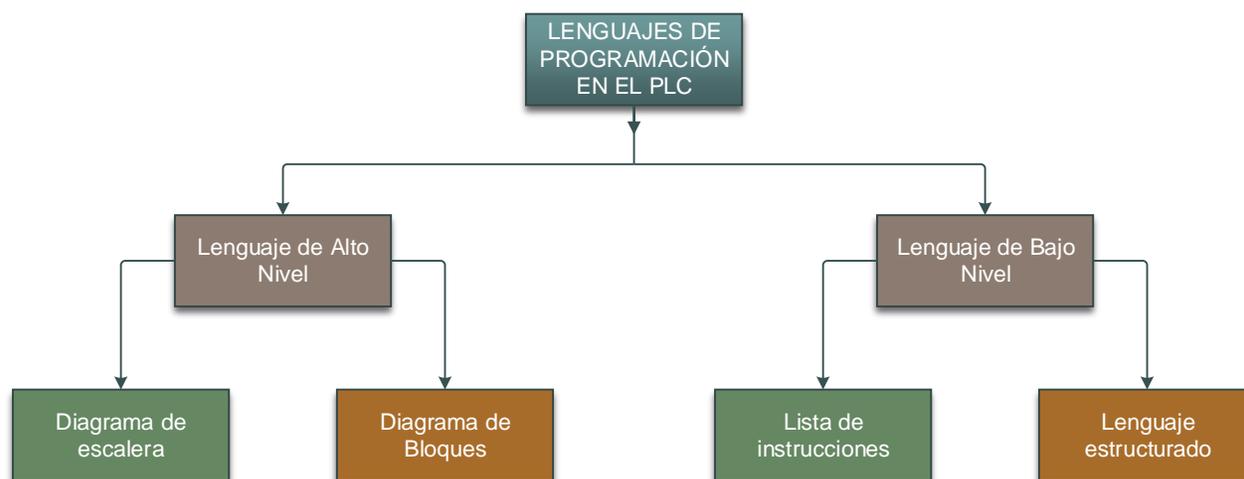


Figura 4. Mapa conceptual lenguajes de programación.

Fuente: (Solis Núñez , Lenguajes de programación, 2020)

El lenguaje más utilizado en la industria es de alto nivel, contando con diagramas de escalera y diagramas de bloques como se detalla a continuación

2.3.1. Lenguaje de Alto Nivel

El Lenguaje de alto nivel refiere al tipo de programación que se utiliza teniendo en cuenta las capacidades cognitivas de los seres humanos, permitiendo a los usuarios resolver problemas en forma sencilla. (Chávez Valencia & Bastidas Nieto, 2019)

A. Diagrama de Escalera

El diagrama de escalera permite utilizar insignias de contactos normalmente abiertos (N.A) y normalmente cerrados (N.C), relés, contadores, temporizadores, entre

otras que denotan variables lógicas mismas que pueden tomar un valor ya sea verdadero o falso. (Jorgue & Ferrero, 2019)

En dicho lenguaje se simula la fuente de energía mediante carriles laterales, siendo el carril izquierdo fuente positiva y carril derecho tierra, al unir los dos carriles con conexiones horizontales forman los circuitos de control, en la siguiente figura se muestra un ejemplo de control: (Jorgue & Ferrero, 2019)

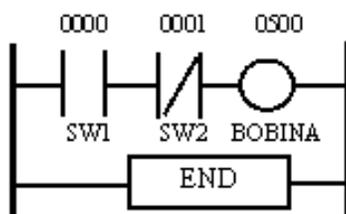


Figura 5. Ejemplo diagrama de escalera

Fuente: (Jorgue & Ferrero, 2019)

En la Figura 5 se muestra un control para el funcionamiento de una bobina en marcha y paro usando contactos normalmente abiertos (N.A) y cerrados (N.C), además de los carriles laterales de alimentación del respectivo circuito. (Chávez Valencia & Bastidas Nieto, 2019)

B. Diagrama de bloques

Es un lenguaje simbólico que permite realizar programaciones complejas por medio de unidades funcionales predeterminadas por cada empresa, utilizando compuertas lógicas y circuitos integrados como se muestra en la siguiente figura: (Logo, 2019)

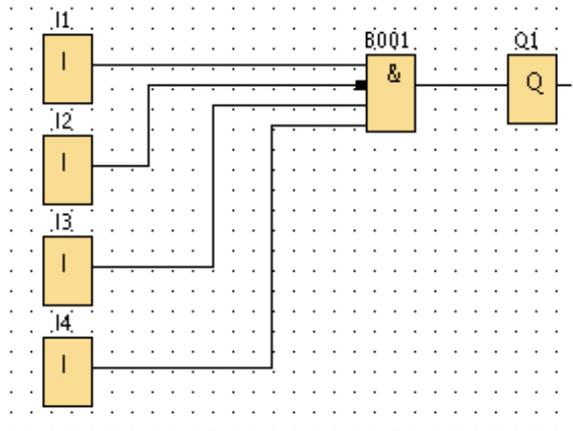


Figura 6. Ejemplo diagrama de bloques

Fuente: (Logo, 2019)

En la figura 6 se puede observar distintas entradas digitales conectadas a una compuerta AND desde la I1 a la I4, la cual tiene la segunda entrada negada y la salida conectada a una Q1 para culminar con el programa.

2.4. Contadores

Un contador es un elemento práctico del software de programación STEP-7 los contadores tienen un área propia en la memoria del CPU, dicha área de memoria reserva una palabra de 16 bits para cada contador; disponen de funciones específicas de contaje para registrar y evaluar las señales que se utilizan en el conteo de eventos internos y externos conservando sus datos que se utilizan en estructura de almacenamiento basada en DB (Bloques de Datos). (Garcia, 2016)

Existen diferentes tipos de contadores los cuales se detallan a continuación:

- Contador Ascendente CTU
- Contador Descendente CTD

- Contador Ascendente – Descendente CTUD
- Contadores Rápidos HSC

2.4.1. Contador ascendente CTU

La instrucción contador ascendente aumenta el valor de salida CV; cuando el estado lógico de la entrada CU cambia de “0L” a “1L” (flanco de señal ascendente), se realiza la instrucción y el valor actual de conteo de la salida CV se incrementa en uno, el valor del conteo se incrementa cada vez que se detecta un flanco de señal ascendente hasta alcanzar el límite superior del tipo de datos (INT) indicada en la salida CV, al momento de alcanzar el límite superior, el estado lógico de la entrada CU deja de tener efecto en la instrucción. (Siemens , 2019)

En la siguiente figura se muestra el contador ascendente con cada una de sus funciones proporcionado por el software TIA portal V15.

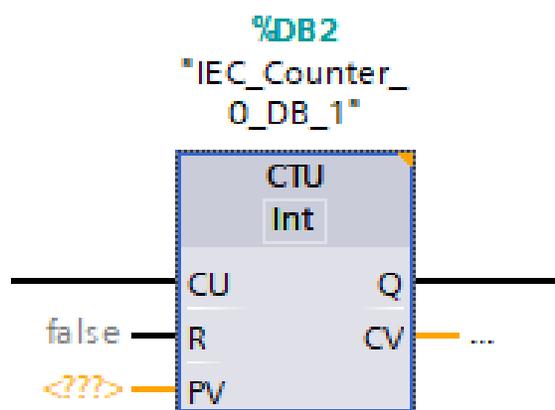


Figura 7. Contador ascendente en el PLC S7-300

Fuente: (Siemens , 2019)

La siguiente tabla muestra los parámetros de la instrucción “contador ascendente”

Tabla 1

Parámetros de la instrucción contador ascendente

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
CU	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de conteaje
R	Input	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C, P	Entrada de reset
PV	Input	INT	I, Q, M, D, L, P o constante	Valor con el que se activa la salida Q
Q	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado del contador
CV	Output	INT	I, Q, M, D, L, P	Valor del conteaje actual

Fuente: (Siemens , 2019)

2.4.2. Contadores descendentes CTD

La función contador descendente reduce la salida CV cuando el estado lógico de la entrada CD cambia de “0L” a “1L” (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y el valor actual de conteaje de la salida CV se reduce en uno; al detectarse un flanco de señal ascendente el valor de conteaje se reduce hasta alcanzar el límite inferior del tipo de datos (INT) indicado. (Siemens, 2019)

En la siguiente Figura se muestra el contador descendente proporcionado por el software TIA Portal V15.

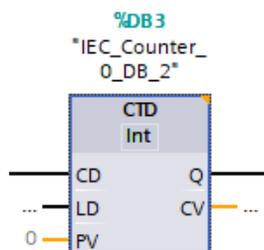


Figura 8. Contador descendente S7-300

Fuente: (Siemens, 2019)

La siguiente tabla muestra los parámetros de la instrucción “contador descendente”

Tabla 2

Parámetros de instrucción del contador descendente

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
CD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de contaje
LD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L, P	Entrada de carga
PV	Input	INT	I, Q, M, D, L, P o constante	Valor al que se pone la salida CV cuando LD=1
Q	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado del contador
CV	Output	INT	I, Q, M, D, L, P	Valor de contaje actual

Fuente: (Siemens, 2019)

2.4.3. Contador ascendente – descendente CTUD

La instrucción contador ascendente – descendente incrementa y decrementa el valor de contaje en la salida CV, cuando el estado lógico de la entrada CU cambia de “0L” a “1L” (flanco de señal ascendente), el valor actual incrementa en uno a la salida CV de igual manera si cambia de “0L” a “1L” en CD el valor se decrementa en uno a las salida CV; si en un ciclo del programa se detecta un flanco de señal ascendente n las entradas CU y CD el valor actual no se modifica en la salida CV. (Siemens, 2019)

En la siguiente Figura se muestra la instrucción contador ascendente – descendente obtenido del software TIA portal V15

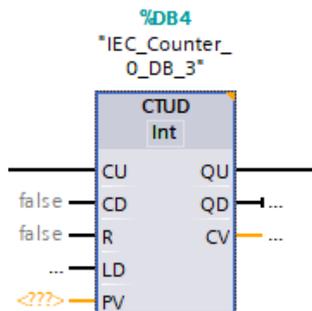


Figura 9. Contador ascendente - descendente S7-300

Fuente: (Siemens, 2019)

La siguiente tabla muestra los parámetros de la instrucción “contador ascendente – descendente”

Tabla 3

Parámetros de contador ascendente – descendete

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
CU	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de contaje ascendente
CD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de contaje descendente
R	Input	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C, P	Entrada de reset
LD	Input	BOOL	I, Q, M, D, L, P	Entrada de carga
PV	Input	INT	I, Q, M, D, L, P, o constante	Valor con el que se activa la salida QU. / Valor al que se ajusta la salida CV cuando LD=1
QU	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado de los contadores ascendentes
QD	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado de los contadores descendentes
CV	Output	INT	I, Q, M, D, L, P	Valor del contaje actual

Fuente: (Siemens, 2019)

2.4.4. Contadores rápidos HSC

La instrucción “controlar contadores rápidos” permite parametrizar y controlar los contadores rápidos que soporta la CPU, atribuyendo valores nuevos a los contadores; para ello es preciso que esté activado un contador rápido que disponga de control, ya que, por cada contador no es posible ejecutar simultáneamente en el programa varias instrucciones. (Daniel & Ramiro, 2019)

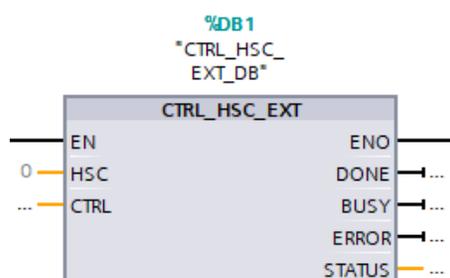


Figura 10. Instrucción contador rápido

Fuente: (Siemens, 2020)

La instrucción “controlar contadores rápidos” se ejecuta solo si el estado lógico de la entrada EN es “1”; mientras que se procesa la operación, permanece activado el bit de salida BUSY, una vez culminado el proceso se desactiva este bit. (Siemens, 2020)

Cuando se añade la instrucción controlar contadores rápidos se crea un bloque de datos de instancia en el que se almacenan los datos de la operación, a continuación, se detalla los parámetros de la función “controlar contadores rápidos (avanzado)”. (Siemens, 2020)

Tabla 4

Parámetros de la función controlar contador rápido

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
EN	INPUT	BOOL	I, Q, M, D, L, T, C	Entrada de habilitación.
ENO	OUTPUT	BOOL	I, Q, M, D, L	Salida de habilitación.
HSC	INPUT	HW_HSC	I, Q, M, o constante	Identificador de hardware del contador rápido (ID HW).
CTRL	INOUT	VARIANT	M, D	Utilización de un tipo de datos de sistema (SDT).
DONE	OUTPUT	BOOL	I, Q, M, D, L	Retroalimentación tras procesamiento correcto de la instrucción.
BUSY	OUTPUT	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado de ejecución.
ERROR	OUTPUT	BOOL	I, Q, M, D, L	Ejecución en caso de procesamiento erróneo de la instrucción.
STATUS	OUTPUT	BOOL	I, Q, M, D, L	Estado de la operación.

Fuente: (Siemens, 2020)

2.5. Encoder

Son codificadores o decodificadores según sea su modo de empleo, su objetivo es transformar datos de un tipo de lenguaje a otro, esto permite transmitir información cifrada obteniendo una mayor velocidad de transmisión permitiendo trabajar de una manera sencilla con el set de datos obtenidos. (Narváez, 2019)

Se utilizará un encoder para el control de un motor trifásico ya que su función es convertir el movimiento mecánico del giro del eje motor en pulsos digitales capaces de

ser receptados por una tarjeta de adquisición de datos o por un controlador lógico; en la siguiente figura se muestra un ejemplo de encoder. (Narváez, 2019)



Figura 11. Encoder incremental

Fuente: (Rambal automatización y robótica, 2019)

El encoder de un motor se conforma de un disco conectado a un eje rotatorio, dicho disco fabricado de plástico fino o vidrio tiene pequeñas hendiduras a lo largo del borde exterior del círculo, conforme el eje del motor gira el emisor de luz proyecta un haz que recepta el sensor óptico generando pulsos digitales que indican el movimiento velocidad y sentido del motor dependiendo del proceso que se esté desarrollando; en la siguiente Figura se muestra la parte interna de un encoder. (Narváez, 2019)

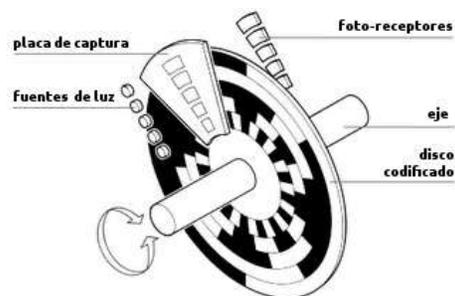


Figura 12. Estructura interna de un encoder.

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2017)

2.6. Encoder incremental

El encoder incremental determina el ángulo de posición mediante un cálculo de cuentas incrementales, dotado de una posición inicial que es desde donde iniciará el conteo, dicha posición se incrementa si se la coteja con el último lugar detectado por los sensores, estos sensores son ópticos y cada posición es nueva. (Narváez, 2019)

2.6.1. Encoder de cuadratura

Dentro de los encoder incrementales se encuentra los encoder de cuadratura, en la siguiente figura se muestra la estructura física y los pulsos dados por los canales A y B de un encoder de cuadratura. (Ingeniería mecafenix, 2017)



Figura 13. Encoder de cuadratura aspecto físico.

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2017)

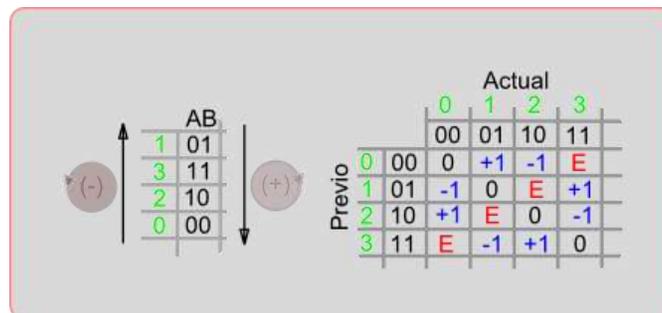


Figura 14. Estructura básica de un encoder de cuadratura.

Fuente: (Nomadas Electrónicos, 2019)

Este encoder utiliza dos sensores ópticos posicionados de tal manera que cuentan con un desplazamiento de $\frac{1}{4}$ de ranura el uno del otro, formando dos señales de pulso digitales desfasadas en 90° o en cuadratura, a estas señales se las conoce como A y B mediante dichas señales se puede surtir datos de posición, velocidad y dirección de rotación del eje. (Ingeniería mecafenix, 2017)

2.7. Encoder Ibest

El encoder Ibest es un encoder de tipo incremental con número de serie ISC3806-401G200BZ12-24E el cual será usado para el presente proyecto de titulación; a continuación, se detalla el significado que tiene el número de serie de este encoder.

Tabla 5

División del número de serie del encoder Ibest

ISC	38	06	401	G	200	BZ	12-24	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fuente: (IBEST, 2018)

- 1.- **ISC**: Tipo de serie.
- 2.- **38**: Diámetro de la carcasa 38ϕ .
- 3.- **06**: Diámetro del eje 6ϕ .
- 4.- **401**: Número de secuencia.
- 5.- **G**: Cable radial.
- 6.- **200**: Número de pulsos.
- 7.- **BZ**: Fase A, fase B y fase Z.
- 8.- **12-24**: Alimentación DC.

- 9.- E: Voltaje V.

Por consiguiente, se presenta el diseño estructural proporcionado por el fabricante para el encoder IBEST el cual consta de valores tanto en diámetro y ancho para un diseño de espacios en caso que se requiera realizar un módulo o colocarlo en algún proceso industrial.

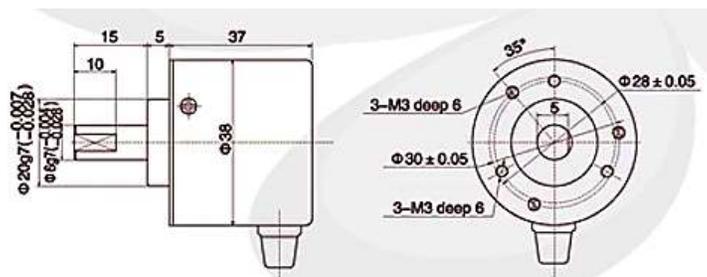


Figura 15. Diseño estructural encoder IBEST

Fuente: (IBEST, 2018)

Para las salidas de voltaje se obtiene la siguiente tabla en referencia al diagrama de salida y forma de onda proporcionada por el fabricante.

Tabla 6

Diagrama de salida encoder IBEST

Circuito de salida	Código	Diagrama de salida	Onda de salida
Salida de voltaje	E		

Fuente: (IBEST, 2018)

En la figura 18 se puede observar un motor de jaula de ardilla con un desarme proporcionado por el fabricante, dicho motor cuenta con un aislamiento aprobado por la norma IEC-34-1 con un grado de protección IP55 (Protección parcial al polvo si perjudicar el funcionamiento y protección contra chorro de agua sin tener efectos desfavorables); se lo puede emplear en bombas, ventiladores, extractores de aire, transportadoras, molinos, compresores, entre otras; garantiza gran desempeño y calidad ya que, cada motor es proyectado con altos torques, lo que le permite dar acción a cargas pesadas en su rango de operación. (Academia, 2020)

2.9. HMI (Human Machine Interface)

Dispositivo que permite la comunicación entre un usuario y la maquina su función consiste en desarrollar la operación en los distintos procesos industriales mostrando información con corta diferencia al tiempo real a través de gráficos de pulsadores, indicadores numéricos, interruptores, luces piloto, visualizaciones en nivel y presión permitiendo realizar un control de los procesos industriales. (Cortijo Leyva & Sacancela Usiña, 2018)

El Software WinCC perteneciente a la compañía Siemens siendo una gran ventaja, ya que, no utiliza herramientas OPC para entrelazar la programación y el panel de usuario proporcionando una disminución en el uso de software para el funcionamiento del proceso; en la siguiente figura se demuestra algunos ejemplos de HMI. (Cortijo Leyva & Sacancela Usiña, 2018)



Figura 17. Ejemplo HMI Siemens

Fuente: (Reichet, 2019)

2.10. WinCC Siemens

WinCC es un programa de visualización HMI que permite tener una supervisión de todos los aspectos de cada proceso de automatización al que este enlazado, intercala entre una arquitectura actual de las aplicaciones de Windows NT 4.0 junto con la simplicidad de un software de diseño. (Chancosa Cabezas, 2018)

Cuenta con una amalgama de elementos necesarios para controlar y supervisar distintos procesos industriales, en la siguiente figura se puede observar la interfaz de WinCC de Siemens.



Figura 18. Interfaz del Software WinCC de Siemens

Fuente: (Siemens, 2019)

Se suministran librerías específicas a las que se puede acceder, obteniendo así una gran variedad de subsistemas específicos para la programación de WinCC y a un subsiguientemente desarrollo del HMI. (Chancosa Cabezas, 2018)

Estos son algunos de los principales subsistemas de WinCC:

- Sistema de gráficos: El editor crea pantallas como un diseñador gráfico.
- Sistema de archivos: El usuario puede especificar qué datos se guardarán más conocido como Tag Logging.
- Sistema de informes: El usuario puede crear informes de los diseños realizados en el software conocido como Report Designer.
- Sistema de comunicación: Dicho sistema está configurado directamente en WinCC

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Creación del proyecto

El presente proyecto técnico realiza una comunicación maestro esclavo por medio de la red Profibus DP para el control de velocidad y sentido de giro del motor trifásico, usando el PLC S7-300 como maestro DP y al PLC S7-1200 como esclavo DP además del módulo de comunicación CM1242-5 para el esclavo DP, ya que, no cuenta con un puerto Profibus.

En el siguiente diagrama de arquitectura se detalla el enlace general entre el HMI, los PLC maestro y esclavo, módulo de comunicación, variador de velocidad, encoder y el motor trifásico usados en el presente proyecto técnico.

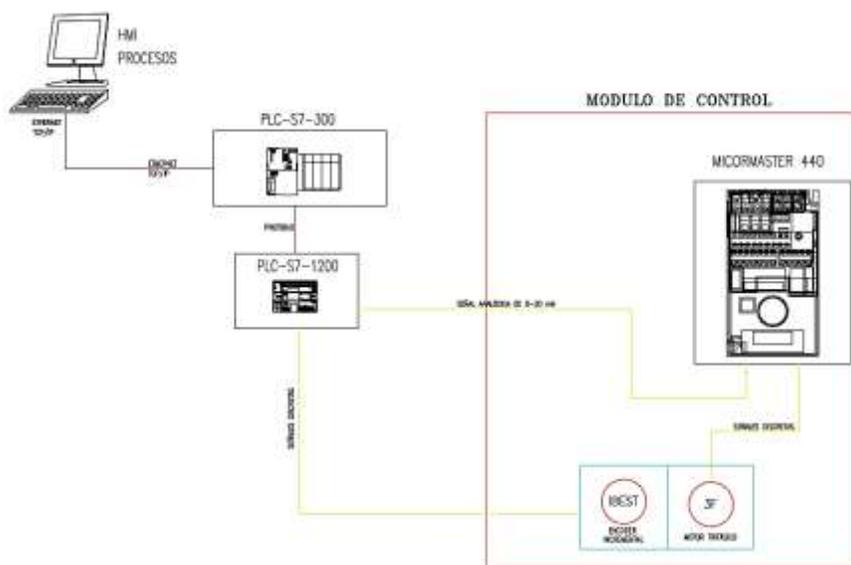


Figura 19. Diagrama de arquitectura de control.

Fuente: (Solis Núñez , Diagrama de arquitectura de control, 2020)

3.2. Asignación de PLC en el software TIA Portal V15

Para asignar los PLC en el software TIA Portal V15 se utilizó el PLC S7-300 y la “CPU 315-2 PN/DP 6ES7 315-2EH14-0AB0” con una versión de firmware 3.2 como se muestra en la siguiente figura.

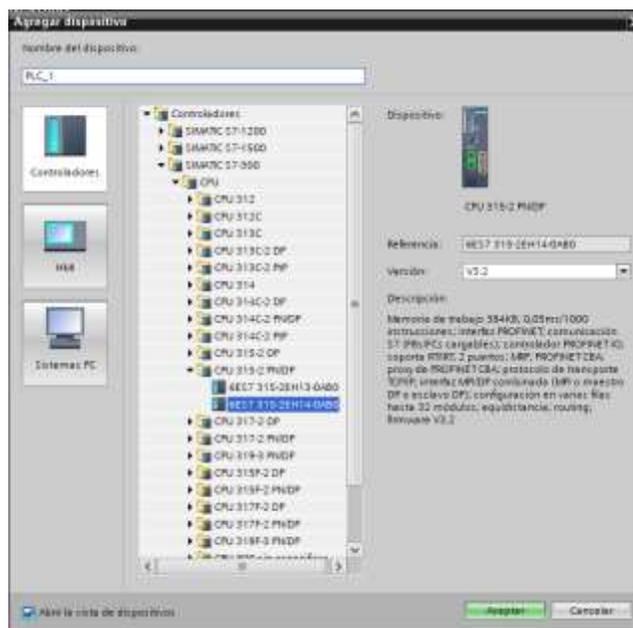


Figura 20. CPU PLC S7-300 TIA Portal V15.

Fuente: (Siemens, 2020)

Para el PLC S7-1200 se utilizó la “CPU 1215 AC/DC/Rly 6ES7 215-1BG40-0XB0” con una versión de firmware 3.2; esta CPU cuenta con 6 canales de contadores rápidos, útiles para el desarrollo del proyecto técnico, a continuación, se muestra la selección en el software TIA Portal V15.

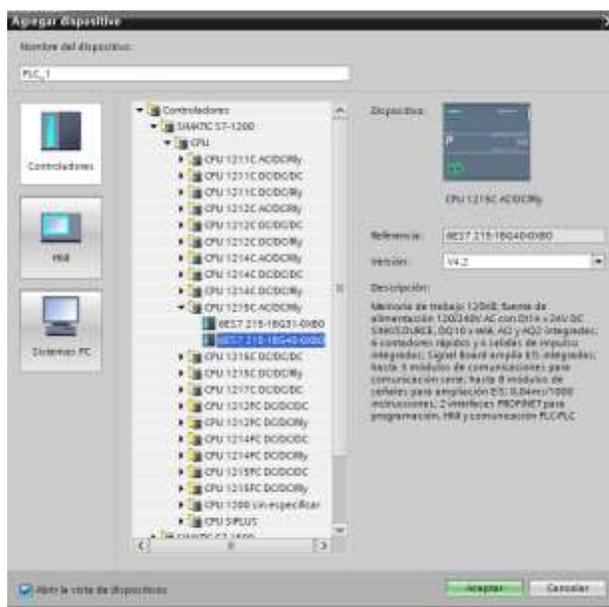


Figura 21. CPU PLC S7-1200 TIA Portal V15.

Fuente: (Siemens, 2020)

Se creó una red PNIE para configurar las distintas direcciones IP necesarias para poder subir la programación realizada en el software TIA Portal V15, para el PLC S7-300, se usó la dirección IP: 192.168.0.11 y para el PLC S7-1200 se manejó la dirección IP: 192.168.0.3 como se muestra a continuación.

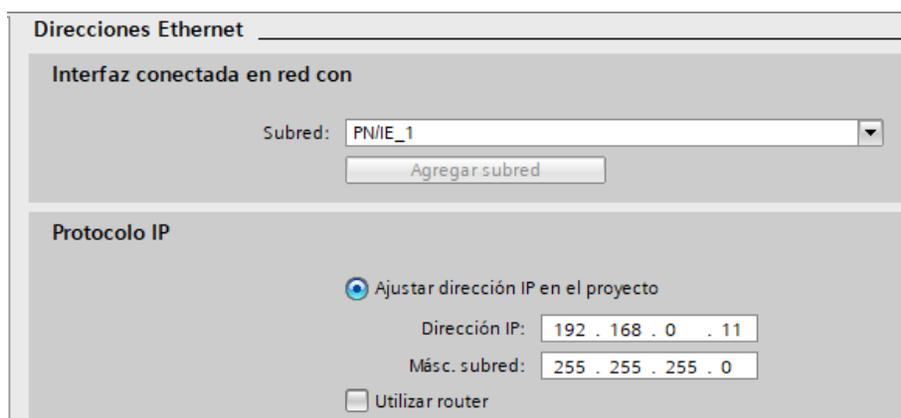


Figura 22. Dirección IP PLC S7-300.

Fuente: (Siemens, 2020)

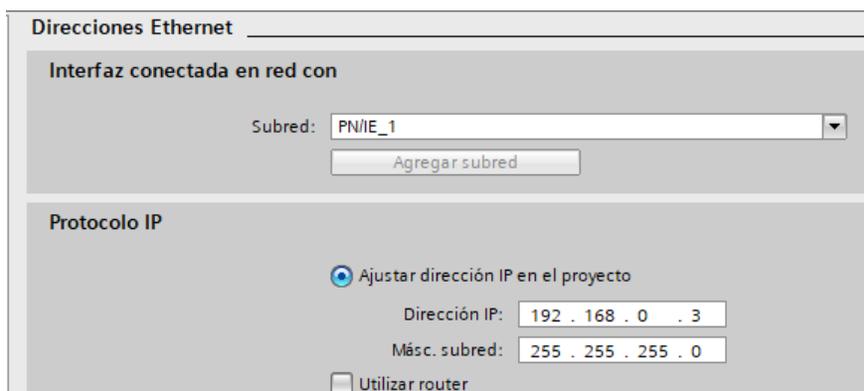


Figura 23. Dirección IP PLC S7-1200

Fuente: (Siemens, 2020)

Para poder elaborar el HMI en WinCC se configura la placa de internet del computador, permitiendo tener la comunicación entre la interfaz humano – máquina y los distintos PLC configurados previamente.

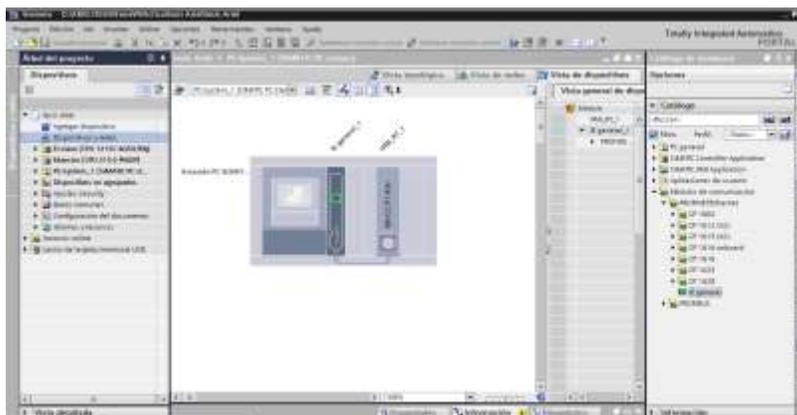


Figura 24. Dispositivo de control IE General.

Fuente: (Siemens, 2020)

3.3. Creación de la Red Profibus DP

La red Profibus es un estándar de red de campo abierto independiente de proveedores, se estableció una red Profibus DP ya que, permite una gran velocidad de comunicación entre maestro y esclavo, para esto se asignó al maestro DP el PLC S7-300

y al esclavo DP el PLC S7-1200 con su módulo de comunicación respectivo como se muestra en las siguientes figuras.

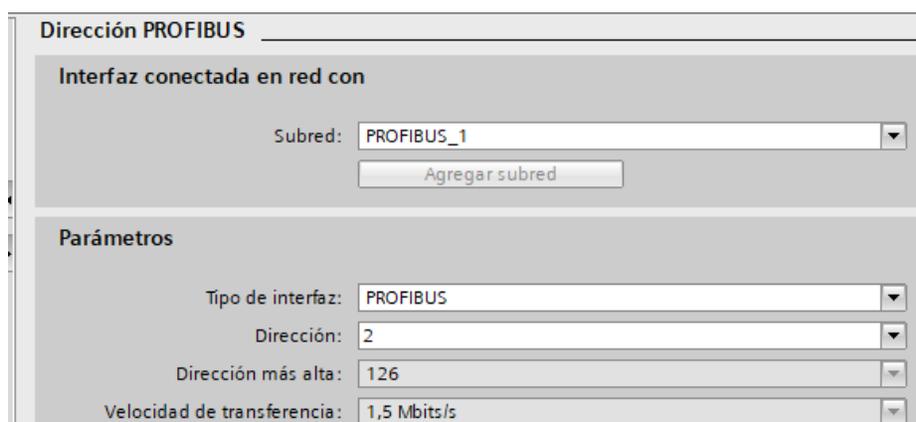


Figura 25. Red Profibus DP S7-300.

Fuente: (Siemens, 2020)

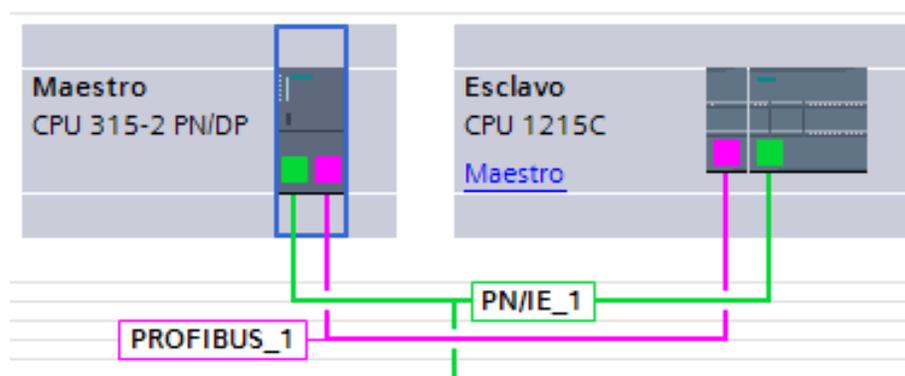


Figura 26. Asignación de maestro y esclavo DP.

Fuente: (Siemens, 2020)

Se creó las áreas de transferencia necesarias para que se pueda realizar la comunicación entre Maestro – Esclavo DP, dichas áreas son los canales por donde se enviara los datos asignados por defecto en el software TIA Portal al momento de crear una variable de control.



Figura 27. Áreas de transferencia Profibus DP.

Fuente: (Siemens, 2020)

Para las áreas de transferencia designadas se ha ocupado los nombres “Frecuencia” y “Vel. RPM” (Velocidad en rpm), para poder identificar los datos de control recogidos por el maestro DP, siendo enviado en un dato tipo “WORD” que ocupa cuatro espacios en la memoria del PLC con un rango de 0 a 65535 necesario para el control del motor trifásico.

3.4. Habilitación del contador rápido

Para poder habilitar las funciones de contadores rápidos se necesita entrar a la configuración del esclavo, se seleccionó la primera instrucción HSC1 perteneciente a los contadores rápidos; se selecciona la pestaña de función en la que se configuró los parámetro como se muestra en la siguiente figura.

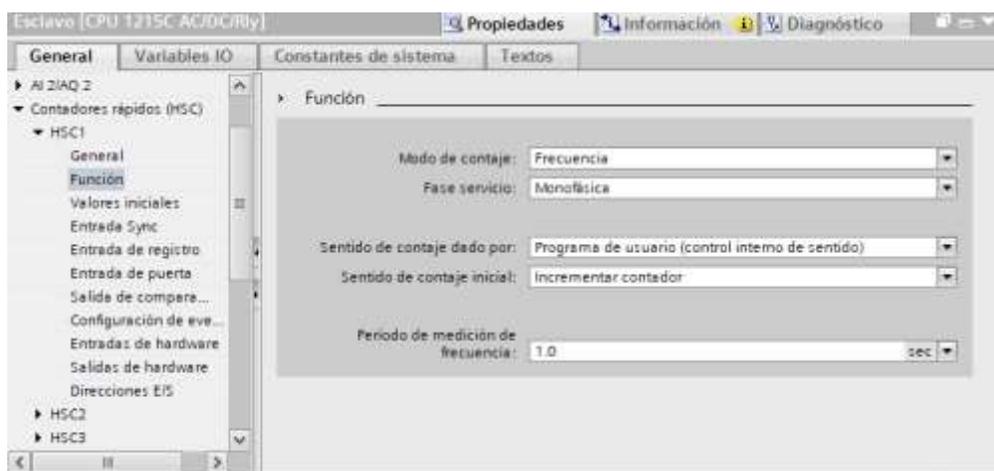


Figura 28. Configuración del contador rápido.

Fuente: (Siemens, 2020)

Al ser configurado el contador se selecciona la pestaña de entradas de hardware y se elige una entrada digital para conectar el encoder incremental, en este caso se seleccionó la entrada %I0.0; se escoge la pestaña “direcciones E/S” en la que se mostró la dirección con la que cuenta nuestro contador rápido y con la que se obtuvo el dato de la frecuencia en Hz (Hertzios), el software asigna la dirección %ID1000 como se muestra en la figura 28.

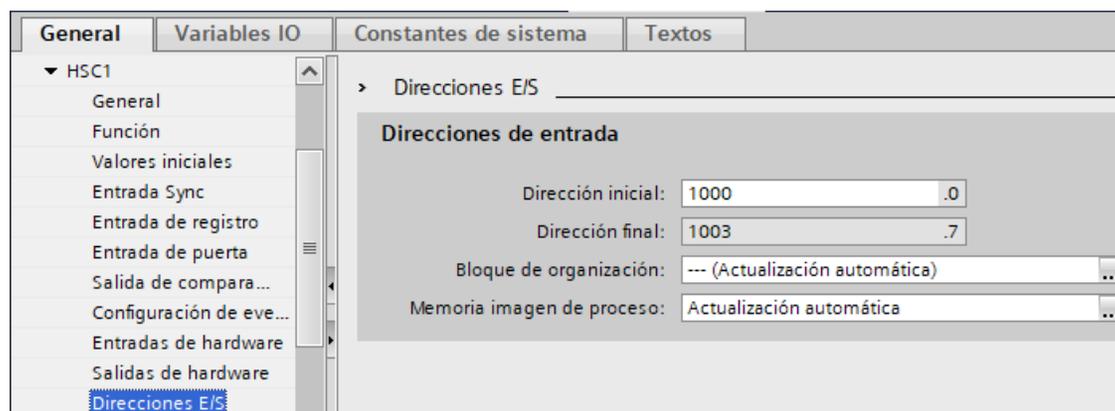


Figura 29. Dirección E/S del contador rápido.

Fuente: (Siemens, 2020)

Una vez asignado la dirección y culminando la configuración de los contadores rápidos se elige la pestaña “DI 14/DQ 10” la cual controla las entradas digitales para la CPU S7-1200, a la entrada digital ubicada en el canal 0 se le cambia el filtro de entrada que esta por defecto en 6.4ms a 10us, ya que el periodo para que la CPU pueda leer el encoder oscila en este tiempo.

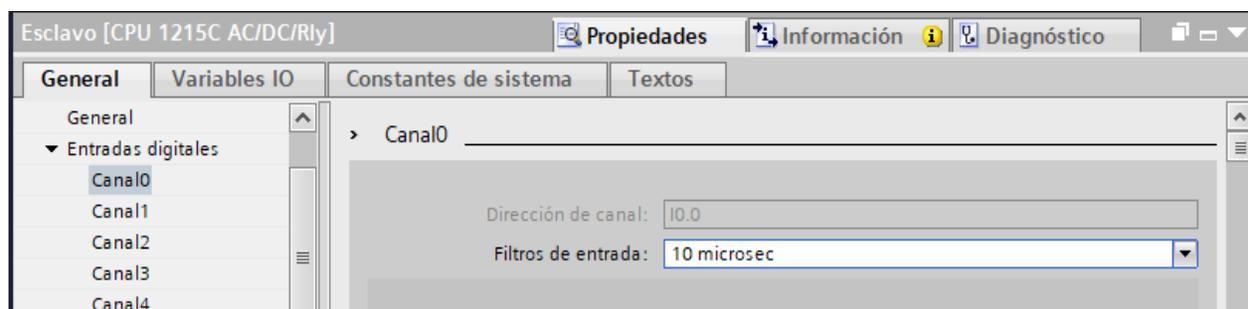


Figura 30. Selección de filtro de entrada.

Fuente: (Siemens, 2020)

3.5. Programación del PLC esclavo

Al ingresar en la pestaña de bloques de programa de la CPU S7-1200 existe la función de esclavo DP, para esto se realizó la asignación de variables que se utilizaron en la programación para el funcionamiento del presente proyecto técnico, mismas que se detallan a continuación.

Var. Esclavo							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	Frecuencia A	Dint	%ID1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Porcentaje	Word	%MW30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Marca 1	Real	%MD35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Marcha 1200	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Paro 1200	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Horario	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Inversiom 1200	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Antihorario	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Frecuencia PROFIBUS	Word	%QW2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	RPM Profi	Word	%QW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Anlg. Out	Int	%QW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Analog. 0	Int	%QW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Calclate	Word	%MW10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	<Agrega>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 31. Variables esclavo DP.

Fuente: (Siemens, 2020)

Entre las distintas funciones del software TIA Portal V15, permite usar la dirección asignada a los contadores rápidos sin necesidad de colocar la función “Controlar contadores rápidos (avanzada)” en el programa principal como se lo realizaba en versiones anteriores con CPU diferentes.

En el primer segmento se desarrolló el cálculo necesario para obtener la velocidad del motor en RPM a partir de la frecuencia medida por el encoder incremental.

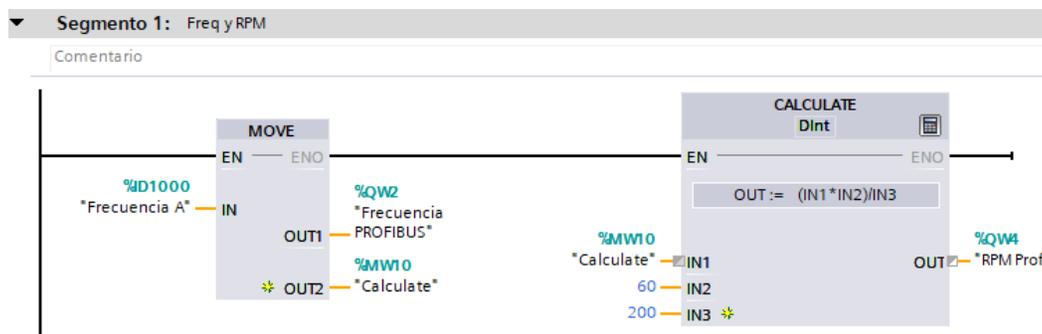


Figura 32. Primer segmento esclavo DP.

Fuente: (Siemens, 2020)

Para lo cual se utilizó dos funciones del programa TIA Portal V15, MOVE la cual cumple la función de direccionar un dato de un espacio de memoria a otro y CALCULATE, que permite ejecutar funciones matemáticas requeridas por el usuario, en este caso el dato que se movió es la frecuencia “%ID1000” al área de transferencia “%QW2” enviando el dato al maestro DP, además de una marca “%MW10” utilizada por la función CALCULATE para la operación matemática que permite obtener el dato de la velocidad en RPM y posteriormente enviada por el área de transferencia “%QW4”; a continuación se muestra la operación realizada por la instrucción CALCULATE.

$$\frac{\text{Frecuencia medida por el encoder} * \text{Constante (60)}}{\text{Número de pulsos del encoder (200ppm)}} = \text{Vel. RPM}$$

$$\frac{6000\text{Hz} * 60\text{Hz}}{200\text{ppm}} = 1800 \text{ Rpm}$$

En el segundo segmento se acondicionó la señal de la salida analógica de 0 a 20mA, necesaria para tener un control de velocidad desde el HMI, con la cual se pudo conectar al variador de velocidad MICROMASTER 440 previamente programado; por consiguiente, se muestra el proceso de normalización y escalamiento necesario para la obtención del control de 0 - 20mA.

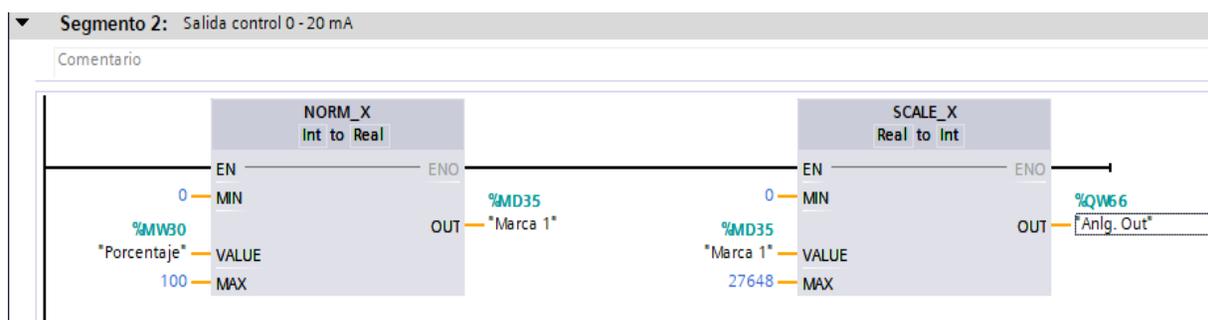


Figura 33. Segmento 2 CPU S7-1200.

Fuente: (Siemens, 2020)

Para el segmento 2 se utilizó la función de normalización “NORM_X” que ayuda a obtener un dato de entrada mapeándolo en una escala lineal comprendida entre 0.0 y 1.0; para este caso se manejó un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 100, seguida de la instrucción de escalamiento SCALE_X, que escala el valor de la variable de entrada mapeándolo en un rango de valores específicos; en este caso de 0 a 27648, valor preestablecido por el software TIA Portal V15, que indica que al tener 27648 se obtendrá un 100% del dato a la salida ya sea en corriente o voltaje respectivamente.

En los dos segmentos consiguientes se realizó el control ON – OFF y sentido de giro del variador, para lo cual se ocuparon contactos NA (Normalmente abiertos) y NC (Normalmente cerrados) y salidas digitales como se muestra a continuación.

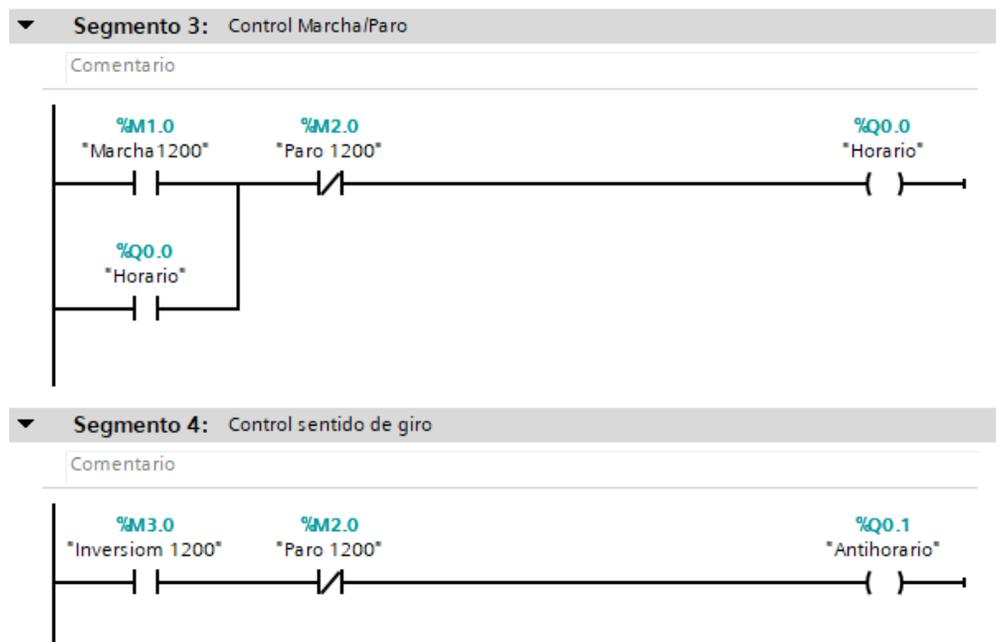


Figura 34. Control de programa.

Fuente: (Siemens, 2020)

3.6. Programación del PLC maestro

Al recibir los datos de frecuencia por medio de las áreas de transferencia en la entrada %IW0 se realizó una división para 6 ya que, el visor de curvas presente en el HMI recepta únicamente valores de hasta 3 dígitos y los datos de la frecuencia llega a tener hasta 4 dígitos lo cual no podrá ser registrado por el visor de curvas.

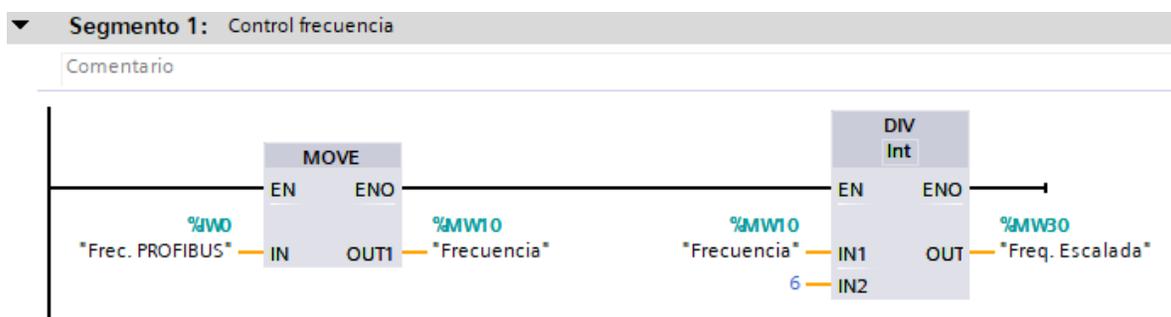


Figura 35: Control de frecuencia maestro DP.

Fuente: (Siemens, 2020)

Para el control de velocidad se realizó el mismo procedimiento, los datos se reciben por el área de transferencia %IW2, misma que procede a escalar en una división para 2, ya que, al estar fuera del rango perderá los datos en el visor de curvas proporcionado por el software WinCC.

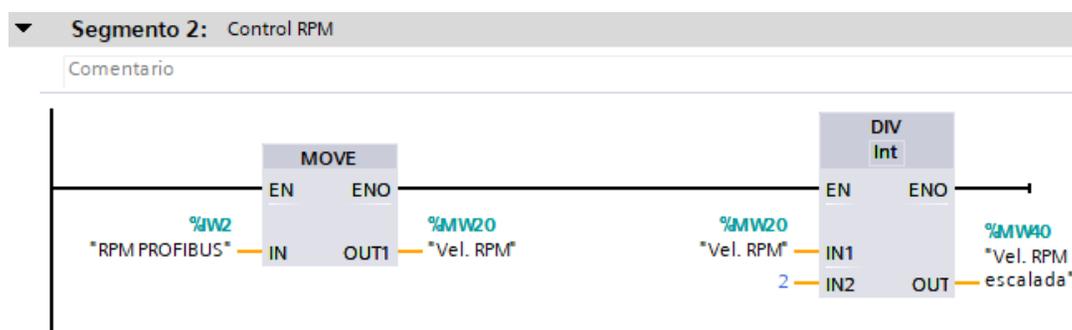


Figura 36. Datos del control rpm.

Fuente: (Siemens, 2020)

3.7. WinCC HMI

Para la interfaz humano maquina se seleccionó distintos controladores como switch, pulsadores, indicadores numéricos, controladores porcentuales, luces piloto y visores de curvas, mismos que adquirieron los datos en función del tiempo al trabajo realizado por el motor trifásico.

Para dicho HMI se basó en los reglamentos establecidos según la norma ISA 101-01 que establece las normas, las prácticas recomendadas y/o los informes técnicos relativos a las interfaces hombre – máquina (HMI) en la que, si se siguen las pautas, prácticas recomendadas y metodología, el resultado debería permitir a los usuarios ser

más eficaces, mejorar la seguridad, la calidad, la productividad y la fiabilidad en cada uno de los proyectos que se desee desarrollar. (AMERICAN NATIONAL STANDARD, 2015)

Se creó una plantilla con los elementos necesarios, permitiendo controlar la velocidad y sentido de giro de un motor trifásico desde un computador remoto como se muestra en la siguiente figura.

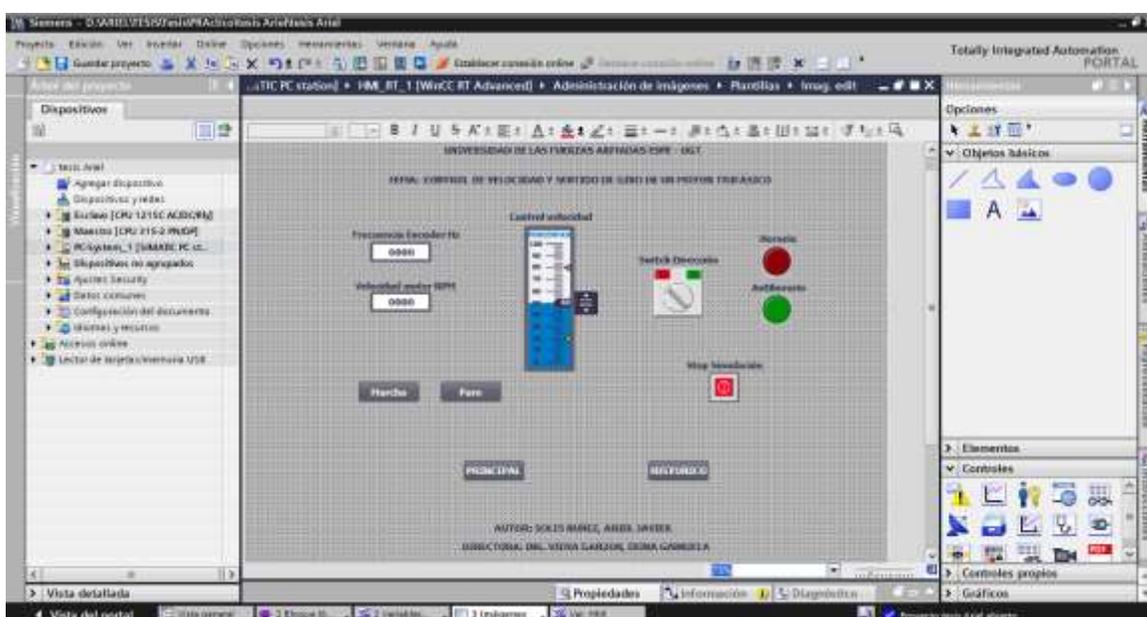


Figura 37. Diseño plantilla para HMI remoto.

Fuente: (Siemens, 2020)

Para el panel de históricos se desarrolló un cambio de pantalla entre el programa de control principal y el control de históricos, mismos que presentaron los datos en función del tiempo en visores de curvas, como se muestra en la siguiente figura.

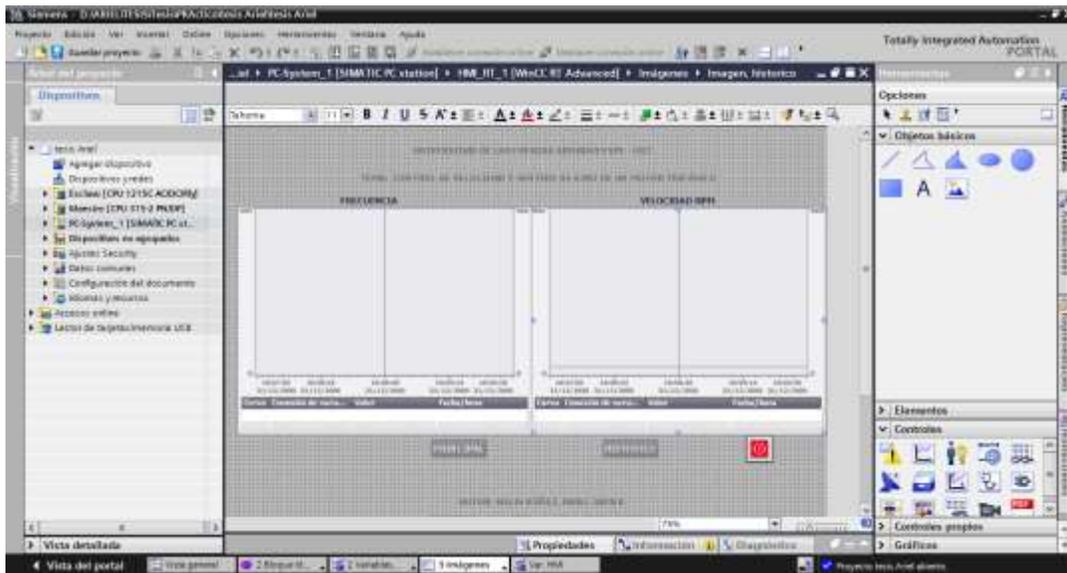


Figura 38. Panel de históricos de frecuencia y velocidad rpm.

Fuente: (Siemens, 2020)

3.8. Asignación de variables en el HMI

Para poder asignar variables al software WinCC se debe colocar el cursor del mouse sobre el elemento en cuestión, dar clic derecho y dirigirse a la ventana de propiedades; para el caso del pulsador se deberá dirigir a la pestaña de eventos, seleccionar pulsar y colocar la variable de la siguiente manera.

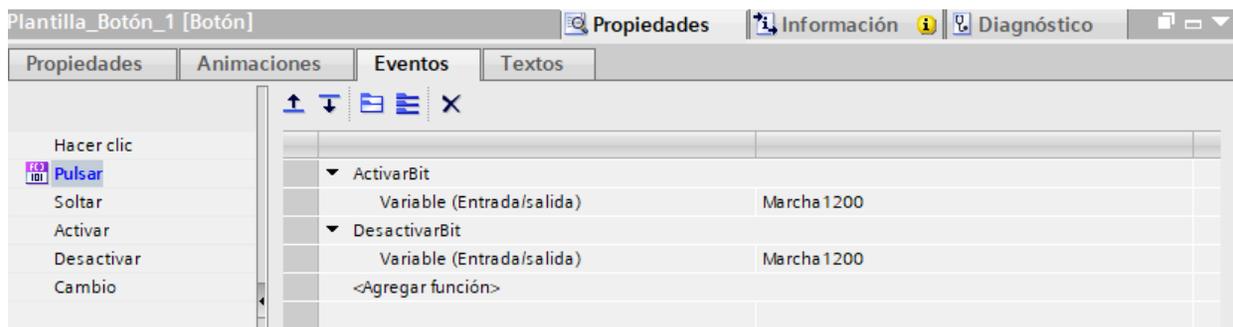


Figura 39. Asignación de variable pulsadores.

Fuente: (Siemens, 2020)

Para que su funcionamiento sea el de un pulsador se debe utilizar la función “activar y desactivar bit”, en caso contrario su funcionamiento será el de un switch por default; en el caso del deslizador porcentual se deberá realizar el mismo procedimiento y colocarlo en la opción de general en la pestaña de propiedades como se muestra en la siguiente figura.



Figura 40. Asignación de una variable con un deslizador porcentual.

Fuente: (Siemens, 2020)

La variable de control en cuestión se colocó desde la opción variable de proceso asignada por el software WinCC, adicionando un valor mínimo y máximo para tener el control del proceso, para este caso se utilizará valores entre 0 y 100 porciento.

Para realizar el control de visualización del estado de frecuencia y variación de velocidad se utilizaron visores numéricos virtuales, siendo colocados en la plantilla de WinCC.

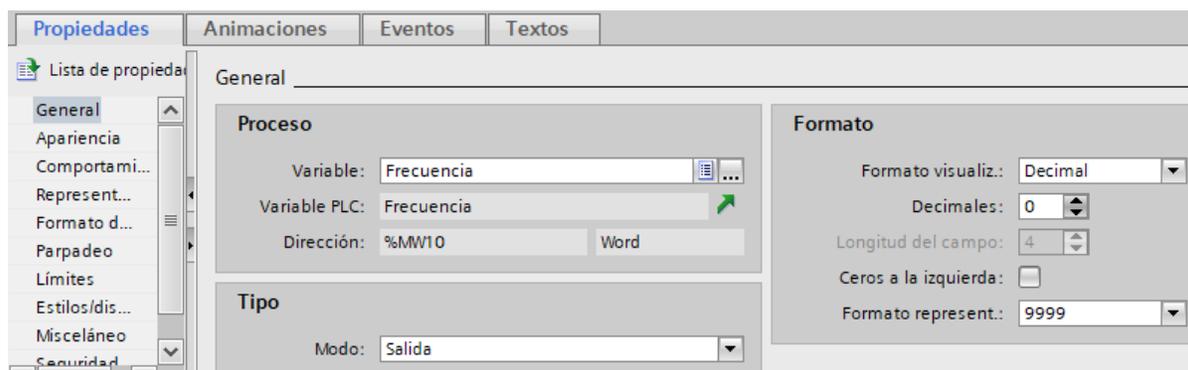


Figura 41. Asignación variable visor numérico.

Fuente: (Siemens, 2020)

El modo de operación en el que se ha colocado es salida ya que, solo se necesita visualizar el dato obtenido a través de las distintas variables como es el caso de frecuencia y velocidad RPM, para poder visualizar los datos se tuvo que colocar en la pestaña general en la sección de proceso y asignar la variable predeterminada, colocando un formato de representación 9999 para poder tener 4 dígitos; para el control entre las distintas pestañas tanto en principal como en históricos fueron asignados pulsadores de la siguiente manera.

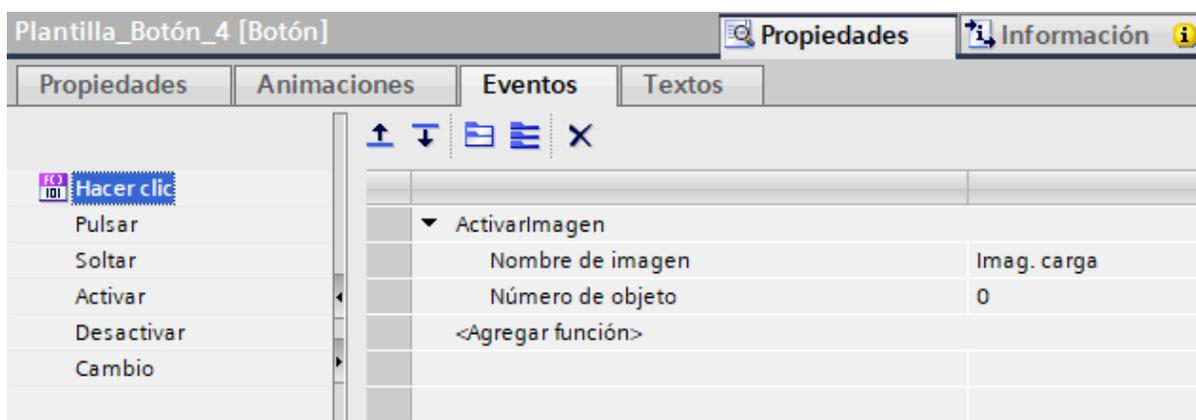


Figura 42. Asignación de variable para menú.

Fuente: (Siemens, 2020)

Se coloca en la pestaña de eventos en la parte “hacer clic” y seleccionamos activar imagen, esto nos permitió desplazarse entre las distintas plantillas creadas; para este caso pantalla principal y pantalla de históricos; una vez completado la asignación de variables se colocó un botón especial de paro de simulación, mismo que se encuentra como botones especiales en la sección de librerías como se muestra en la siguiente Figura.

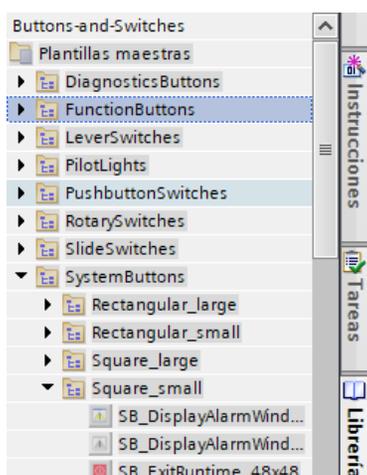


Figura 43. Botón acción de sistema.

Fuente: (Siemens, 2020)

Como se puede observar dicho botón de acción se encuentra en la parte “Buttons and Switches” seguidamente de la pestaña “System Buttons” en la cual seleccionaremos la subpestaña “Square small” para seleccionar el botón de función “SB_ExitRuntime_48x48”.

3.9. Conexión física

Una vez terminado el programa en el software TIA Portal V15 se realizó la conexión física con los elementos a ocuparse, para el esclavo DP se utilizó el PLC S7-1200 el cual

fue conectado al “módulo de control y monitoreo de un motor trifásico” presente en el laboratorio de automatización industrial como se muestra en la siguiente figura.



Figura 44. Conexión física módulo de control de motor trifásico

Fuente: (Solis Nùñez, Conexión física proyecto práctico, 2020)

Para conectar el encoder incremental se necesitó tener las entradas digitales previamente establecidas libres de cualquier otro elemento, en este caso la entrada “%I0.0” ya que esta se conectó al canal A del encoder incremental IBEST, además de la alimentación de 24VDC como se muestra en la siguiente figura.

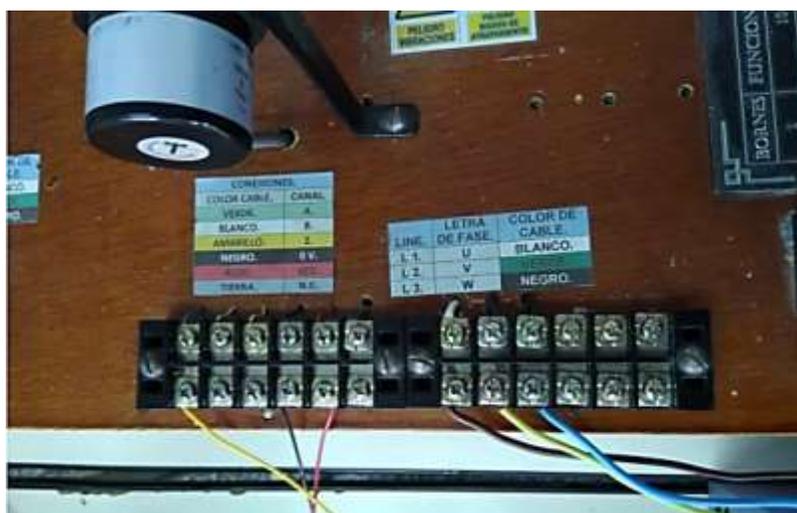


Figura 45. Conexión de encoder incremental IBEST.

Fuente: (Solis Nùñez, Conexión física proyecto práctico, 2020)

Tabla 7

Conexiones y entrada a PLC S7-1200.

Conexiones Encoder IBEST		
Color de cable	Canal	Entrada al PLC
Verde	A	I0.0
Blanco	B	N.C
Amarillo	Z	N.C
Negro	0V	M
Rojo	VCC	L+
Gris	N.C/GROUND	N.C

Para las conexiones del control del motor trifásico se utilizaron salidas digitales y analógicas, debido a que el variador de velocidad Micromaster 440 ocupa datos de ambas salidas ya sea para el control On/Off como el control de velocidad del motor.



Figura 46. Conexiones entre el motor trifásico y variador de velocidad.

Fuente: (Solis Nùñez, Conexión física proyecto práctico, 2020)

Tabla 8

Conexión variador con PLC esclavo.

Conexión Variador / PLC S7-1200			
Bornes variador	Funcionamiento	Salida PLC	Descripción
2 y 4	Fase negativa	2M	Masa de salidas analógicas
3	Señal variable	%QW66	Salida Q0.1 salidas analógicas
5	Off	%Q0.0	Salida digital
6	Inversión de giro	%Q0.1	Salida digital
9	Salida +24V máx. 100mA	1L	Entrada salidas digitales

Además de la conexión con el módulo de control y monitoreo del motor trifásico se necesitó la conexión por medio del cable Profibus, para el caso del PLC S7-1200 se utilizó un módulo de comunicación CM 1242-5; difiere del PLC S7-300 ya que, cuenta con una entrada Profibus proporcionada por el fabricante; a continuación, se muestra la conexión entre maestro – esclavo DP.



Figura 47. Conexión de red Profibus con el módulo CM 1242-5.

Fuente: (Solis Nùñez, Conexión física proyecto práctico, 2020)



Figura 48. Conexión red Profibus con PLC S7-300.

Fuente: (Solis Nùñez, Conexión física proyecto práctico, 2020)

Al ser el PLC S7-300 un módulo de control de mayor gama necesita una fuente externa de 24VDC, además, esta CPU dio un control y monitoreo al funcionamiento del motor trifásico, realizando un cotejo de datos y guardándolos en históricos tanto en frecuencia como en velocidad.

3.10. Pruebas de funcionamiento

Para las pruebas de funcionamiento se realizó distintos ensayos a baja, media y a máxima potencia, en cuanto a trabajo del motor y respuesta al envío de datos a través de las distintas áreas de transferencia, a continuación, se muestra algunas ilustraciones sobre los distintos ensayos realizados.

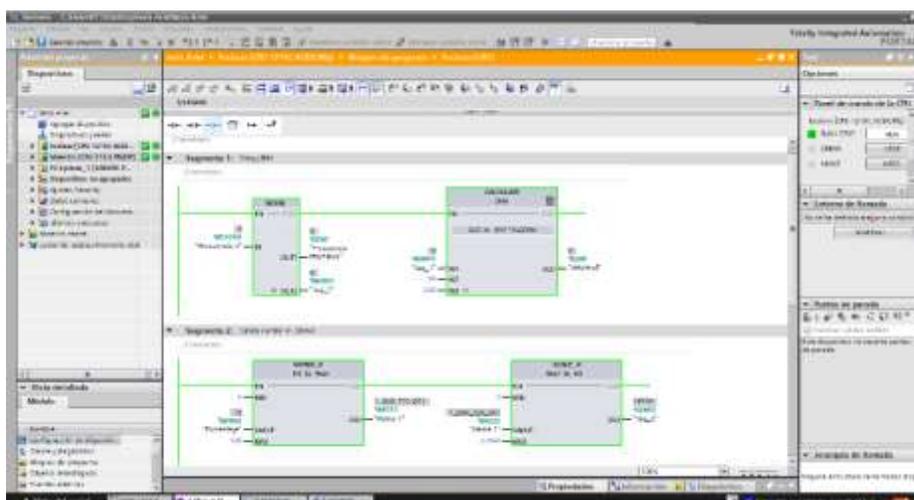


Figura 49. Establecimiento de red para pruebas de funcionamiento.

Fuente: (Solis Nùñez, Pruebas de funcionamiento proyecto tècnico , 2020)



Figura 50. Obtención de datos sentido horario y control de velocidad.

Fuente: (Solis Nùñez, Pruebas de funcionamiento proyecto tècnico , 2020)

En las primeras pruebas realizadas se obtuvo un funcionamiento completo dejando lo siguientes datos históricos en cuanto al sentido horario, control de velocidad y variación de frecuencia del motor trifásico en cuestión.

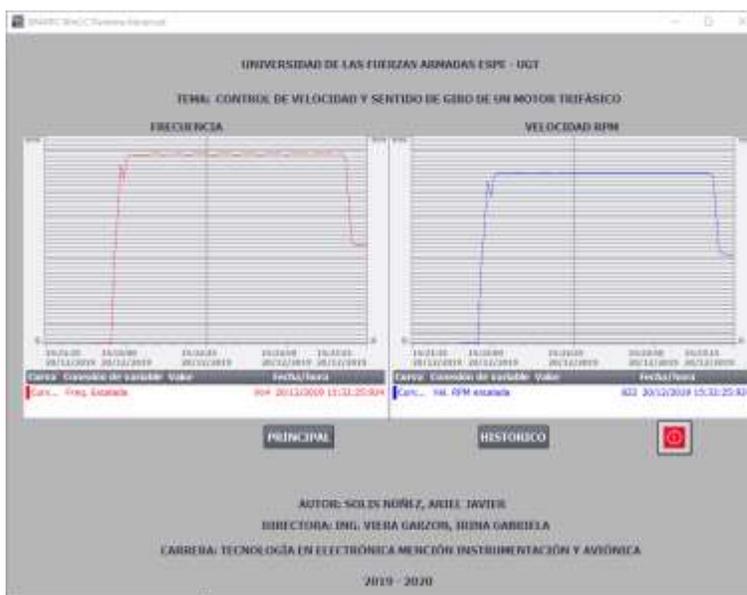


Figura 51. Datos de frecuencia y velocidad en visor de curvas.

Fuente: (Solis Núñez, Pruebas de funcionamiento proyecto técnico , 2020)

Se pudo denotar que al tener un escalamiento para frecuencia de 6 y para velocidad rpm de 2, las curvas son las mismas ya que, los valores son constantes en cuanto a variación de velocidad y sentido de giro, en este caso se encuentran en sentido horario y se realizó variaciones de velocidad con el fin de provocar perturbaciones en función del tiempo.

En la siguiente figura se muestra el HMI trabajando en sentido antihorario a velocidades similares y recibiendo datos de frecuencia y velocidad sin pérdida de conexión por parte de las áreas de transferencia de la red Profibus.



Figura 52. Obtención de datos sentido antihorario HMI WinCC.

Fuente: (Solis Núñez, Pruebas de funcionamiento proyecto técnico , 2020)

En la presente figura se puede denotar el funcionamiento del programa al estar en un 70% con una adquisición de datos tanto en frecuencia y velocidad rpm del motor trifásico sin interrupciones, además, un control total sobre On/Off y variación de velocidad; se logra divisar que se encuentran encendidas las salidas del sentido horario y antihorario, esto se debe a que para el funcionamiento del sentido antihorario el variador de velocidad micromaster 440 solicita que las dos entradas estén activas en 1L para poder dar un cambio de giro.

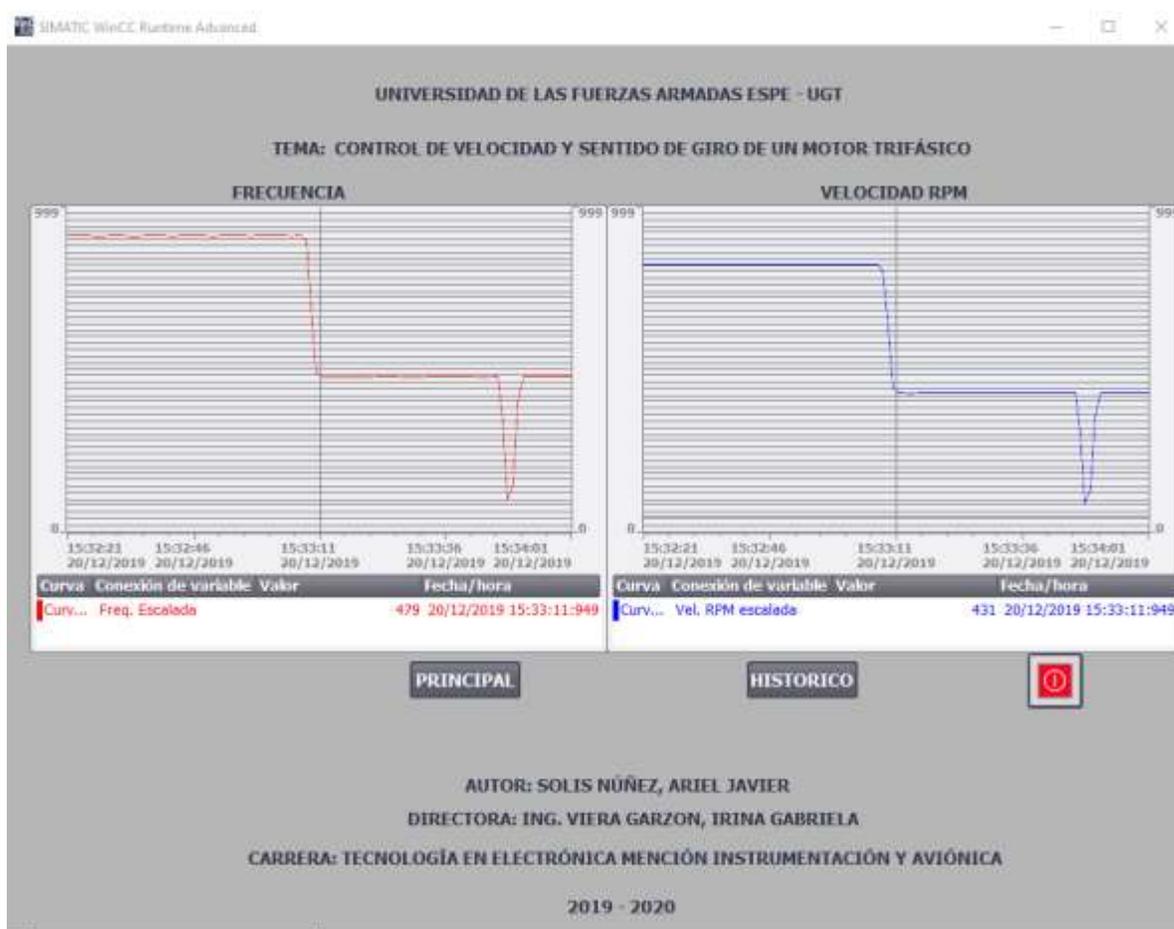


Figura 53. Control de históricos en sentido antihorario.

Fuente: (Solis Núñez, Pruebas de funcionamiento proyecto técnico , 2020)

En la presente imagen se muestra las pruebas de funcionamiento que consiste en disminuir la velocidad y realizar un cambio en el sentido de giro del motor ha sentido antihorario, el cual llega a un punto mínimo de frenado e invierte el giro recuperando la velocidad preestablecida, pero en sentido contrario.

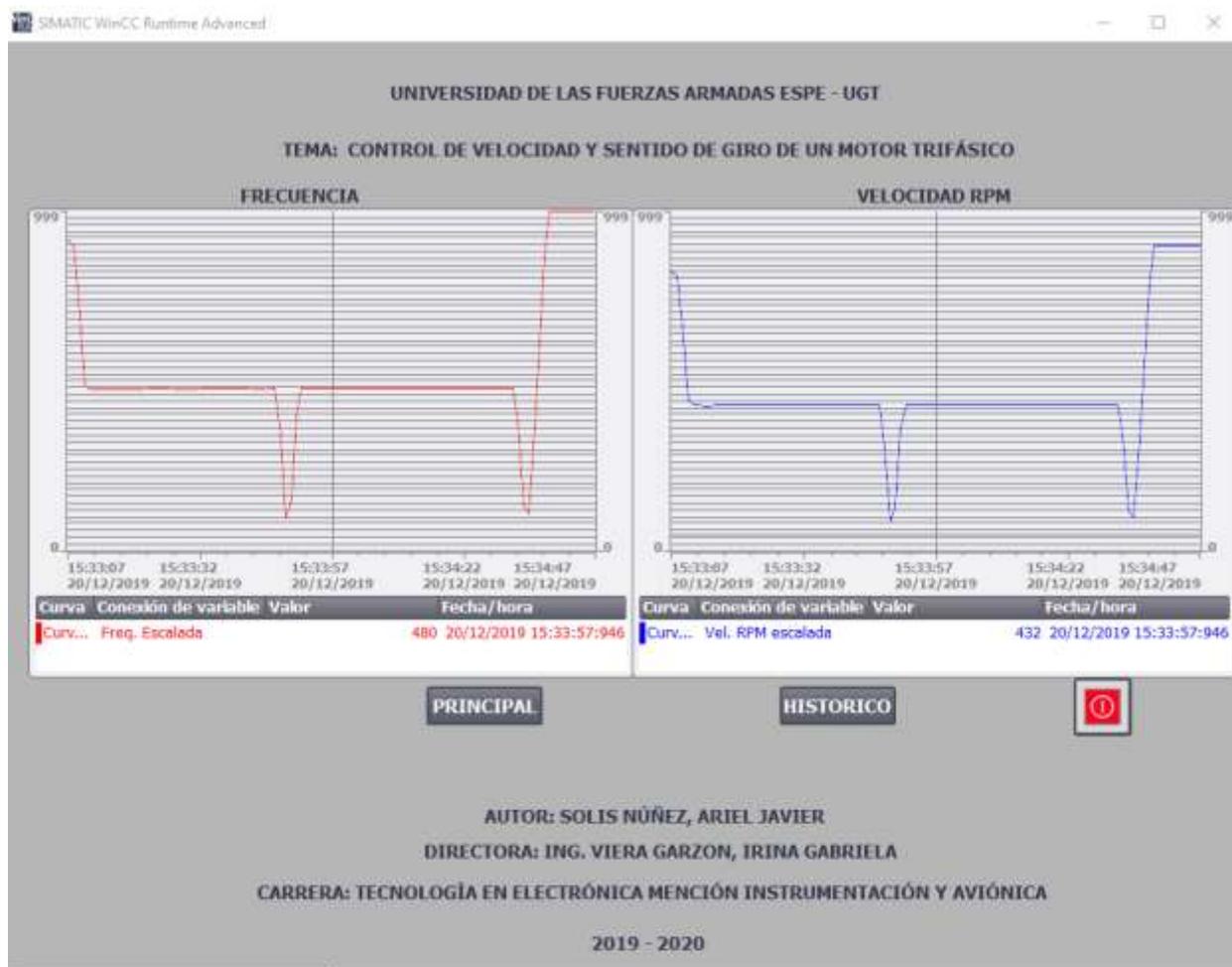


Figura 54. Generación de perturbaciones.

Fuente: (Solis Núñez, Pruebas de funcionamiento proyecto técnico , 2020)

Se realizó pruebas generando perturbaciones tanto en velocidad como en sentido de giro, por consiguiente, se provocó un arranque al 70% de trabajo en el que tendría que llegar al valor establecido sin inconveniente, seguido de una disminución de velocidad al 50%, dándose así el primer cambio de al sentido antihorario en el cual al poco tiempo recuperó el valor de velocidad establecido, al culminar se realizó un cambio de sentido de giro y un aumento de velocidad del 100% en el que no se presenta ningún problema,

llegando al valor máximo establecido por el motor que son 1800rpm a una frecuencia de 6134Hz sin carga y 1660rpm con una frecuencia de 5657Hz a plena carga.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Para la investigación en cuanto a funcionamiento del controlador PLC S7-300 se utilizó distintas fuentes como tesis, revistas científicas, sitios web, en los cuales se notó una deficiencia en módulos controladores de contadores de alta velocidad ya que, dicho PLC es utilizado para control en base a recepción de datos maestro esclavo, teniendo que usarse una comunicación Profibus DP para la recepción de información proporcionada por el encoder incremental.
- El realizar un programa en WinCC perteneciente a la marca Siemens con su software TIA Portal, permite eliminar herramientas OPC ya que, utiliza Tags creadas por el propio usuario evitando realizar complicadas configuraciones para compatibilidad con software de terceros, permitiendo tener una comunicación directa entre humano – máquina.
- Al implementar una interfaz HMI para la visualización de resultados se puede denotar la capacidad que tiene el PLC S7-300 al recibir datos de los contadores de alta velocidad, ya que, generando un análisis por medio de un visor de curvas se puede apreciar que el resultado es un control en tiempo real tanto en obtención de datos como en el control de velocidad y sentido de giro del motor trifásico.
- La generación de una guía de estudio es factible ya que, ayudará a docentes y alumnos a tener una idea clara de la utilización de contadores de alta velocidad y comunicación entre PLC, además de la realización de pruebas de funcionamiento

generando distintas perturbaciones a lo largo del tiempo, comprobando así la respuesta de cada uno de los elementos utilizados en este proyecto técnico.

4.2. RECOMENDACIONES

- En proyectos futuros se recomienda utilizar módulos especiales para contadores de alta velocidad compatibles con el PLC S7-300, con lo cual se podría evitar el realizar una comunicación Profibus DP y el uso del PLC S7-1200 como se lo realiza actualmente.
- Se recomienda usar el apartado de librerías del software WinCC ya que, los controladores básicos no sustentan las necesidades requeridas para este proyecto.
- Se recomienda seguir las normativas dispuestas por la ANSI 101_01 para el correcto diseño de un HMI ya que, facilitará el entendimiento del programa de control de velocidad y sentido de giro de un motor trifásico a partir de un encoder incremental.
- Realizar un análisis para el mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos mecánicos del módulo de control y monitoreo de un motor trifásico, para tener la seguridad de que cada una de sus partes se encuentre en un estado óptimo para realizar las prácticas necesarias.

4.3. GLOSARIO

- **Acondicionamiento:** Acción y efecto de acondicionar señales.
- **Autonomía:** Facultad de la persona o elemento que puede obrar según su criterio.

- **Canal:** Medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras de información entre emisor y receptor
- **Codificador:** son sistemas combinacionales construidos en forma de circuito integrado, que se encarga de transformar una serie de señales en un código.
- **Contador:** Aparato que mide el número de fenómenos periódicos en un espacio de tiempo determinado.
- **Control:** conjunto de mecanismos y dispositivos que regulan el funcionamiento de una máquina, un aparato o un sistema.
- **Datos:** Información concreta sobre hechos, elementos, etc., que permite estudiarlos, analizarlos o conocerlos.
- **Decodificadores:** Circuito combinacional, cuya función es inversa a la del codificador.
- **Despiece:** División en partes de un todo.
- **Diagrama:** Representación gráfica de las variaciones de un fenómeno o de las relaciones que tienen los elementos o las partes de un conjunto.
- **Enlaces:** Vía de comunicación que une dos lugares.
- **Escalamiento:** Realizar capas o niveles en algún sistema.
- **Flanco:** Se denomina flanco a la transición del nivel bajo al alto o del nivel alto al bajo.
- **HMI:** (Interfaz hombre - máquina) es la interfaz entre el proceso y los operarios, se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario.

- **Normalización:** Proceso de elaborar, aplicar y mejorar las normas que se emplean en distintas actividades científicas, industriales o económicas, con el fin de ordenarlas y mejorarlas.
- **PLC:** (Controlador lógico programable) es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otros procesos de producción.
- **Procesador:** Componente electrónico donde se realizan los procesos lógicos.
- **Procesos:** Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo.
- **Red:** Conjunto formado por un número determinado de aparatos y los circuitos que los unen e interconexionan.
- **Supervisión:** Vigilancia o dirección de la realización de una actividad determinada por parte de una persona con autoridad o capacidad para ello.
- **Variables:** Factor o característica que puede variar en un determinado grupo de individuos o hechos, en especial cuando se analizan para una investigación o experimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia. (2020). <https://www.academia.edu>. Recuperado el 21 de Enero de 2020 , de <https://www.academia.edu>:
https://www.academia.edu/31138972/Motores_Siemens_Caracteristicas_tecnicas
- AMERICAN NATIONAL STANDARD. (2015). *ANSI/ISA-101.01-2015, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems*. Recuperado el 25 de Octubre de 2019, de standards@isa.org
- Andrés, C. G., & Moisés., T. C. (2019). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo, para el análisis dinámico de un motor eléctrico asíncrono trifásico de 3 HP, en el Laboratorio de Control Eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15649>
- Autowell Automation. (2019). <https://www.industry-mall.net>. Recuperado el 6 de Noviembre de 2019, de <https://www.industry-mall.net>: <https://www.industry-mall.net/wp-content/uploads/2017/08/Rockwell-Automation-product-portfolio-routeco.jpg>
- autycom. (2019). <https://www.autycom.com>. Recuperado el 5 de Noviembre de 2019, de <https://www.autycom.com>: <https://www.autycom.com/wp-content/uploads/2019/06/plc-siemens-automatas-programables.jpg>
- Chancosa Cabezas, O. F. (2018). Diseño e implementación de un sistema Scada para el monitoreo y control del módulo “Pluma Grúa” del Laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. *Universidad Técnica del Norte*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7819>
- Chávez Valencia, E. A., & Bastidas Nieto, C. (2019). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE TEMPORIZACIÓN Y VARIACION DE VELOCIDAD PARA EL PROCESO DE EMPASTADO DE CONCENTRADOS DE

TINTAS EN BASE SOLVENTE PARA LA EMPRESA SunChemical Yumbo.
Universidad de San Buenaventura. Cali. doi:<http://hdl.handle.net/10819/7447>

Cortijo Leyva, R. E., & Sacancela Usiña, M. R. (2018). Sistema de supervisión de las compuertas del trasvase de la central hidroeléctrica Cumbaya mediante interfaz HMI. *UISRAEL*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1561>

Daniel, Q. L., & Ramiro, S. C. (2019). Control de velocidad de un motor DC utilizando controladores PID. *Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20089>

Ernesto, C. L., & Armando, C. C. (2019). Automatización de un sistema de refrigeración industrial mediante un PLC, interface HMI y control remoto desde dispositivos móviles. *Universidad Israel*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2089>

García, D. (Noviembre de 2016). <https://www.infoplc.net>. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <https://www.infoplc.net>: http://www.infoplc.net/files_/descargas/siemens/infoPLC_net_apuntesgenerales.pdf

IBEST. (2018). *Alibaba*. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de Alibaba: https://www.alibaba.com/product-detail/ISC3806-6mm-Solid-Shaft-Incremental-Optical_60822030157.html?spm=a2700.7724857.normalList.62.172c3ed5yGHnHn

Ingeniería Mecafenix. (2017). <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/encoder/>. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/encoder/>: <https://i0.wp.com/www.ingmecafenix.com/wp-content/uploads/2017/04/partes-encoder.jpg?ssl=1>

- Ingenieria mecafenix. (2017). *Ingenieria mecafenix*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de Ingenieria mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/encoder/>
- Jorgue , & Ferrero, J. J. (10 de 2019). <https://profesormolina1.webcindario.com/tecnologia/plc/plc.htm>. Recuperado el 2 de Enero de 2020, de <https://profesormolina1.webcindario.com/tecnologia/plc/plc.htm>: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTVsPo4rVefB2knHRzT6yfo2BDljZjAnLaKrTi2tradrUVRLVj&s>
- Logo, S. (10 de 2019). <http://siemenslogo.com/que-son-fup-y-kop-en-siemens-logo/>. Recuperado el 28 de Diciembre de 2019, de <http://siemenslogo.com/que-son-fup-y-kop-en-siemens-logo/>: <http://siemenslogo.com/wp-content/uploads/2014/10/fup.png>
- Martin Castillo , J. C. (10 de 2019). <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/automatas/auto3.htm>. Obtenido de <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/automatas/auto3.htm>: <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/automatas/il.gif>
- Narváez, S. A. (2019). Estimación de la velocidad y aceleración de un servomotor a partir de las medidas de un encoder incremental. *Universitat Politecnica de Valencia*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2019, de <http://hdl.handle.net/10251/130526>
- Nomadas Electrónicos. (2019). <https://nomadaselectronicos.wordpress.com/2013/02/01/encoder-de-cuadratura/>. Recuperado el 3 de Noviembre de 2019, de <https://nomadaselectronicos.wordpress.com/2013/02/01/encoder-de-cuadratura/>: <https://nomadaselectronicos.files.wordpress.com/2013/02/tablas.png>
- Rambal automatización y robótica. (2019). <https://rambal.com/encoder-rpm-rotacion/938-encoder-incremental-de-400-pulsorev.html>. Recuperado el 3 de Noviembre de 2019, de <https://rambal.com/encoder-rpm-rotacion/938-encoder-incremental-de-400-pulsorev.html>

400-pulsorev.html: https://rambal.com/3155-thickbox_default/encoder-incremental-de-400-pulsorev.jpg

Reichelt. (2019). <https://www.reichelt.com/>. Recuperado el 31 de Diciembre de 2019, de <https://www.reichelt.com/>: https://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/X200/P_ST80_XX_03240V.png

Salinero Lobo, A. (2018). Monitorización de sistemas de control industrial basada en eclipse scada. *Universidad del Pais Vasco*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2019, de <http://hdl.handle.net/10810/29448>

SciELO. (junio de 2015). <http://www.scielo.org.mx>. Recuperado el 3 de Noviembre de 2019, de <http://www.scielo.org.mx>: <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/remexca/v6n8//2007-0934-remexca-6-08-01701-gf1.png>

Siemens . (2019). Contadores Ascendentes . Alemania.

Siemens. (2019). Contador Ascendente - Descendente. Alemania. Recuperado el Octubre de 2019

Siemens. (2019). Contador Descendente. Alemania.

Siemens. (2019). <https://w5.siemens.com>. Recuperado el 2 de Enero de 2020, de <https://w5.siemens.com>: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Tia-Portal/tia-portal/hmi-sw-tia-portal/wincc-tia-portal-es/PublishingImages/wincc-engineering-screen-01-800.jpg>

Siemens. (2019). [mall.industry.siemens](http://mall.industry.siemens.com). Recuperado el 4 de Diciembre de 2019, de [mall.industry.siemens](http://mall.industry.siemens.com): <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10026479>

Siemens. (2020). Contador Rápido. Ecuador.

Siemens. (2020). CPU TIA PORTAL V15. Ecuador.

Siemens. (2020). Esclavo DP . Ecuador .

Siemens. (2020). Maestro DP. Ecuador .

Siemens. (2020). Parámetros contadores rápidos . Ecuador .

Siemens. (2020). Software WinCC RT. Ecuador.

Solis Núñez , A. J. (Enero de 2020). Diagrama de arquitectura de control. Ecuador.

Recuperado el 23 de Enero de 2020

Solis Núñez , A. J. (Enero de 2020). Guia de estudio . Ecuador .

Solis Núñez , A. J. (2020). Lenguajes de programación. Ecuador .

Solis Núñez, A. J. (Enero de 2020). Conexión física proyecto práctico. Ecuador.

Solis Núñez, A. J. (2020). Pruebas de funcionamiento proyecto técnico . Ecuador .

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA
CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el Señor Solís Núñez, Ariel Javier bajo mi supervisión.

Aprobado por:

Ing. Irina Viera.
Directora del Proyecto

Ing. Pablo Pilatásig
Director de carrera



Abg. Sarita Plaza
Secretaria Académica