



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y
COMPUTACIÓN.**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN
& AVIÓNICA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA.**

**TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI (INTERFAZ HOMBRE-
MÁQUINA) PARA UN MOTOREDUCTOR ANGULAR
MEDIANTE LABVIEW EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS
ELÉCTRICAS Y CONTROL INDUSTRIAL”.**

AUTOR: MASAPANTA OÑA RUBÉN DARÍO.

DIRECTOR: ING. ESPINOSA JESSY.

LATACUNGA

2016



**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI (INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA) PARA UN MOTOREDUCTOR ANGULAR MEDIANTE LABVIEW EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y CONTROL INDUSTRIAL”** realizado por el señor **MASAPANTA OÑA RUBÉN DARÍO** ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **MASAPANTA OÑA RUBÉN DARÍO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 11 de Octubre del 2016

**ING. JESSY ESPINOSA
DIRECTORA**



**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA**

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MASAPANTA OÑA RUBEN DARIO** con cedula de identidad N.-0503480006 declaro que este trabajo de titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI (INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA) PARA UN MOTOREDUCTOR ANGULAR MEDIANTE LABVIEW EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y CONTROL INDUSTRIAL**”, ha sido desarrollado en base a varias investigaciones científicas, respetando derechos intelectuales de cada autor de cada una de las citas en el marco teórico, las mismas que se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y el alcance científico del trabajo mencionado.

Latacunga, 11 de Octubre del 2016.

Masapanta Oña Rubén Darío

C.I: 0503480006



**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **MASAPANTA OÑA RUBÉN DARÍO** Autorizo a la Universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, del trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI (INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA) PARA UN MOTOREDUCTOR ANGULAR MEDIANTE LABVIEW EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y CONTROL INDUSTRIAL”** cuyo contenido son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 11 de Octubre del 2016

Masapanta Oña Rubén Darío

C.I: 0503480006

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico a Dios por darme la oportunidad de vivir con una salud excelente y por iluminar mi mente y fortalecer mi corazón en los momentos más difíciles durante toda la carrera universitaria y no dejarme caer en malos hábitos que perjudican mi vida, además por poner en mi camino a aquellas personas que me han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

De igual manera a mis padres Alfonso Masapanta y Rosa Oña que de una u otra manera han sabido ayudarme y ser el pilar fundamental de mi vida, tanto en el aspecto de la formación académica y en la vida diaria enseñándome a ser una mejor persona cada día.

A mis hermanos por estar siempre conmigo y apoyarme, en todo momento los quiero mucho.

Gracias de todo corazón.

Rubén Darío Masapanta Oña

AGRADECIMIENTO

El actual proyecto de titulación primeramente me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme en cada nivel de mi carrera para llegar hasta donde he llegado, por hacer realidad mi sueño de ser un profesional más de la república del Ecuador.

Además a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE por darme la oportunidad de estudiar en sus instalaciones.

A mi querida Directora del trabajo de titulación, Ing. Jessy Espinosa por su paciencia, su esfuerzo y dedicación quien con sus conocimientos , su experiencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios sin problemas y lo más importante culminar mi trabajo de titulación con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores que estuvieron presentes durante toda la carrera profesional impartiendo sus conocimientos y siendo amigo en muchos casos a más de ser educador; En especial a la Ing. Jessy Espinosa, Ing. Pablo Pilatasig gracias por sus consejos, apoyo y su enseñanza y más que todo por su amistad.

Muchísimas personas más que han formado parte de mi vida profesional muchas gracias por sus consejos, apoyo incondicional durante los momentos difíciles de mi vida, sin importar en donde se encuentren gracias por formar parte de mí.

Para todas aquellas personas: Muchas gracias y que Dios los Bendiga siempre.

Rubén Darío Masapanta Oña

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 ALCANCE	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEORICO	4
2.1 HMI (Interfaz Hombre - Máquina).....	4
2.1.1 Funciones de un Software HMI.	5
2.1.2 Tareas de un Software de supervisión y control	6

2.1.3 Estructura general del software HMI.....	6
2.2 OPC (Plataforma de Comunicación Abierta).	8
2.3 Software LABVIEW.	9
2.3.1 Paleta de Herramientas.	10
2.3.2 Paleta de Controles.	11
2.3.3 Paleta de Funciones.	12
2.4 Software TIA PORTAL V12.	12
2.4.1 Instrucciones básicas para la programación del PLC.....	13
2.4.2 Instrucciones de desplazamiento.....	14
2.5 PLC S7- 1200 CPU 1214C AC/DC/RELAY.	15
2.6 Módulo de salidas analógicas SM1232	17
2.7 Power Flex 4.	18
2.7.1 Características Power Flex 4	19
2.7.2 Descripción del teclado Power Flex 4.	21
2.8 El Motor Asíncrono Trifásico.	21
2.8.1 Estructura del Motor Asíncrono.....	23
2.9 Reductor de velocidad.....	25
2.9.1 Selección del reductor	26
2.9.2 Potencia.....	27
2.9.3 Instalación y Mantenimiento.....	27
2.9.4 Características técnicas del Reductor marca Bonfiglioli.	28
CAPÍTULO III.....	30
DESARROLLO DEL TEMA.	30
3.1 Preliminares.	30
3.2 Requerimientos mínimos de Hardware.....	30
3.2.1 Motoreductor Angular.	30
3.2.1.1 Características Técnicas del motoreductor angular.....	30

3.2.2 Variador de velocidad Power Flex 4.	32
3.2.3 PLC S7-1200.....	34
3.2.4 Conexión Física del Hardware.....	35
3.3 Requerimientos mínimos de Software.	36
3.3.1 Comunicación entre el PLC S7-1200 y la PC.	36
3.3.2 Programación en TIA PORTAL V12	39
3.3.2.1 Primera línea de programación.	39
3.3.2.2 Segunda línea de programación.	39
3.3.2.3 Tercera línea de programación	40
3.3.3 Programación del Software OPC.....	40
3.3.3.1 Agregar un canal de identificación	40
3.3.3.2 Nombre del Canal.....	44
3.3.3.3 Creación de Etiquetas.....	48
3.3.4 Programación en LABVIEW.	50
3.3.4.1 Programación en el panel frontal	51
3.3.4.2 Programación en el Bloque Diagramas.....	57
3.4 Implementación del HMI mediante LabVIEW, PLC y Power Flex.	58
3.5 Pruebas de funcionamiento.....	60
CAPITULO IV	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
4.1 Conclusiones.....	62
4.2 Recomendaciones.....	63
GLOSARIO DE TERMINOS	64
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Funciones de las Herramientas de LabVIEW	11
Tabla 2 Instrucción de desplazamiento Move.....	15
Tabla 3 Características Técnicas del PLC S7-1200.....	16
Tabla 4 Datos técnicos módulo salidas analógicas SM 1232.	18
Tabla 5 Factores de servicio	27
Tabla 6 Conexión Variador Power Flex 4 y Motoreductor.....	32
Tabla 7 Programación del Power Flex 4.....	33
Tabla 8 Terminales de conexión del PLC S7-1200.....	35
Tabla 9 Velocidad del motor & Velocidad del reductor	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Interfaz Hombre Maquina.....	5
Figura 2 Estructura del HMI	7
Figura 3 Comunicación OPC	8
Figura 4 Panel de Control de Labview	9
Figura 5 Diagrama de Bloques de Labview.....	10
Figura 6 Paleta de Herramientas de LabVIEW.....	10
Figura 7 Paleta de Controles de LabVIEW.....	11
Figura 8 Paleta de Funciones de LabVIEW.....	12
Figura 9 Vista Orientada a tareas del TIA PORTAL	13
Figura 10 Instrucciones Básicas del TIA PORTAL Lenguaje KOF/LAD.....	14
Figura 11 PLC SIMATIC S7-1200	16
Figura 12 Módulos de Comunicación PLC S7-1200.....	17
Figura 13 Módulo de Salidas Analógicas SM1232	17
Figura 14 Diagrama de Cableado SM 1232.	18
Figura 15 Power Flex 4.	19
Figura 16 Diagrama de Conexión del PowerFlex 4	20
Figura 17 Estator del motor trifásico.....	23
Figura 18 Rotor del Motor Trifásico.....	24
Figura 19 Partes del Motor Trifásico	25
Figura 20 Motoreductor Angular.....	29
Figura 21 Diagrama de Conexión del Motoreductor	31
Figura 22 Vista frontal Power Flex 4	32
Figura 23 Diagrama de fuerza Variador y Motoreductor.....	33
Figura 24 PLC S7-1200 y el Módulo SM1232	34
Figura 25 Diagrama de conexión PLC, Variador y el SM1232	35
Figura 26 IPS de la PC y del PLC S7-1200.....	36
Figura 27 Respuestas del PLC S7 -1200	37
Figura 28 Selección del CPU del PLC S7-1200	37
Figura 29 Carga avanzada del PLC S7-1200.....	38
Figura 30 Carga final del PLC S7-1200.....	38
Figura 31 Selección del módulo SM 1232.....	39
Figura 32 Arranque del Motoreductor.....	39

Figura 33	Inversión de giro del Motoreductor	39
Figura 34	Control de velocidad del Motoreductor.....	40
Figura 35	Nuevo canal de identificación.....	41
Figura 36	Selección del control del PLC	41
Figura 37	Ventana Adaptador de Red.....	42
Figura 38	Ventana Write Optimization.....	42
Figura 39	Ventana de Normalización	43
Figura 40	Finalización de la creación del canal.....	43
Figura 41	Proporcionar un nombre al canal	44
Figura 42	Selección del PLC S7-1200	44
Figura 43	IP del PLC S7- 1200	45
Figura 44	Ventana de Escaneo OPC	45
Figura 45	Valores de Escaneo OPC	46
Figura 46	Ventana de Descenso Automático	46
Figura 47	Creación de base de datos	47
Figura 48	Ventana de Parámetros de Comunicación	47
Figura 49	Ventana de verificación de parámetros	48
Figura 50	Creación de Etiqueta.....	48
Figura 51	Nueva etiqueta.....	49
Figura 52	Selección de propiedades de la tercera etiqueta.....	49
Figura 53	Verificación de las etiquetas creadas	50
Figura 54	Ventanas del Software LABVIEW	50
Figura 55	Creación del primer Push Button.....	51
Figura 56	Creación del segundo Push Button.....	51
Figura 57	Creación del Knob	52
Figura 58	Creación de los Indicadores Numéricos	52
Figura 59	Propiedades del primer Push Button	53
Figura 60	Selección de parámetros del Push Button.....	53
Figura 61	Selección de recursos del OPC	54
Figura 62	Selección del control Horario	54
Figura 63	Verificación de la Interfaz Horario	55
Figura 64	Selección del control Anti- Horario	55
Figura 65	Selección del control Velocidad.....	56
Figura 66	Verificación de la Interfaz Velocidad	56

Figura 67 Funciones Matemáticas en labVIEW	57
Figura 68 Escalamiento del HMI en LabVIEW	58
Figura 69 Diagrama de conexión del HMI	59
Figura 70 Funcionamiento del proyecto en LabVIEW	59
Figura 71 Voltaje en LabVIEW y en el Módulo SM1232	60
Figura 72 Frecuencia en LabVIEW y en el Power Flex 4	60
Figura 73 Comparación de velocidad del motoreductor	61

RESUMEN

El proyecto Técnico tiene como finalidad la implementación de un Interfaz Hombre Maquina (HMI) para el control de velocidad de un motoredutor angular el cual se alimenta con 220 V, entrega una velocidad de salida de 30 rpm, y su relación es de 60:1 con un torque de 101 Nm , el cual va conectado con el variador de velocidad Power Flex 4 que posee un puerto de comunicación RS-485 integral, configuración y programación mediante teclado LCD integral o software, protección contra sobrecarga del variador, regulación de rampa y arranque ligero, en el cual se puede modificar el voltaje de 0 a 10 voltios que es enviado por la salida analógica del módulo de expansión SM 1232 que consta de la combinación de 2 canales de entrada y 2 canales de salida analógicas de Voltaje también está constituido por un PLC S7-1200, cuya programación se realizó en TIA PORTAL V12 para la comunicación entre el PLC y la PC, mediante Profinet se hace la interfaz entre el PLC y el cliente OPC Labview, los dos trabajan simultáneamente para realizar el HMI (Interfaz Máquina-Humano); para lo cual se realiza un instrumento virtual para variar la velocidad y la inversión de giro del motoredutor angular de manera didáctica y fácil de comprender; concluida la implementación del HMI se realizó pruebas de funcionamiento obteniéndose una respuesta lineal del motoredutor, y una excelente comunicación entre los diferentes dispositivos integrados.

Palabras Claves:

- IMPLEMENTACIÓN.
- MOTOREDUTOR
- HMI.
- OPC.
- INTERFAZ.

ABSTRACT

This research Project has as a main objective the implementation of a human machine Interface to control the angular gear engine this engine has an electricity supply of 220 V, and the output rate is 30 rpm, and its 60:1 with a torque of 101 Nm, it is connected to Powerflex 4 speed shifter it has a RS-485 communication integral port, configuration and programming through an integral LCD keyboard or software, overload protection of converter, rump regulation and light start where a voltage from 0 to 10 can be modified it is sent by the analog output the expansion module SM 1232 which consists about the combination of two input channels and two output channels of voltage analog it is also made up of PLC S7-1200, this programming was made in TIA PORTAL V12 software for communication between PLC and PC, through Profinet the interface is done between PLC and Labview OPC customer, both worked simultaneously to accomplish HMI (Human-Machine Interface); where a virtual instrument is made to vary the velocity and the angular gearmotor direction by reversing in a didactic and easy way to understand; once the HMI implementation phase is completed operating tests were applied and a lineal response of the gearmotor being obtained and an excellent communication between the different integrate devices.

KEY WORDS

- IMPLEMENTATION
- GEARMOTOR
- HMI
- OPC
- INTERFACE

Checked by:

Lic. Wilson Villavicencio MSC
Docente UGT

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES.

En la ciudad de Latacunga se encuentra ubicada la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, la misma que está orientada a la enseñanza de materias encaminadas al mantenimiento de aeronaves, logística, seguridad aérea y electrónica, apoyados en material técnico de sus múltiples laboratorios promoviendo el aprendizaje a través de las prácticas.

Los laboratorios de la Carrera de Electrónica deben disponer de dispositivos de tecnología de punta para la realización de prácticas de los estudiantes, que vayan acorde a las necesidades del ámbito industrial. Para lo cual se hizo una investigación de campo en la cual se pudo observar que en el laboratorio de Máquinas Eléctricas y Control Industrial no disponen de un motoreductor para las prácticas de laboratorio, el cual ayudaría a ampliar el conocimiento en el aspecto de funcionamiento, y características eléctricas en diferentes condiciones de operación.

Según la investigación realizada por el Grupo de Gestión Eficiente de Energía los reductores y motoreductores mecánicos de velocidad se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad, y que en el siglo XXI se siguen utilizando prácticamente en cada máquina, desde el más pequeño reductor o motoreductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, hasta enormes motoreductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, y grandes máquinas cavadoras de túneles.

En la actualidad se han realizado algunos proyectos utilizando motoreductores en diferentes procesos industriales es así que el proyecto de (Pilicita, 2016) estudiante de Escuela Politécnica Nacional desarrollo el tema de “Diseño y Construcción de un Equipo para la pasteurización de Leche”.

Con este trabajo se puede comprender la importancia de la aplicación del motoreductor en la pasteurización de leche, para que la leche mantenga una temperatura uniforme durante el proceso, así como ayudó a reducir el tiempo de enfriamiento.

En la Escuela Politécnica del Litoral (Hinojosa, 2002) con el tema “Diseño de transportadores de Banda” los motoreductores son muy eficientes para mover cualquier tipo de carga mejorando así la producción industrial a nivel nacional.

Los motoreductores tienen aplicaciones muy amplias en la industria, por lo tanto es importante que los estudiantes y docentes estén familiarizados con este tipo de máquinas eléctricas y de esta manera desarrollar habilidades y destrezas en la manipulación de estos dispositivos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la unidad de Gestión de Tecnologías no se dispone de un motoreductor para desarrollar y conocer las diferentes aplicaciones de este tipo de dispositivo dentro del campo industrial, que permita mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes y docentes.

La adquisición de más equipos eléctricos industriales permitirá a los estudiantes desarrollar los conocimientos y brindar la oportunidad de desenvolverse mejor en el ámbito laboral porque estará capacitado para manipular máquinas eléctricas como motoreductores.

Una de las consecuencias futuras sería la falta de aprendizaje del funcionamiento de motoreductores muy utilizados en el ámbito industrial, tecnología utilizada para mejorar el proceso productivo; provocando falencias en los estudiantes de la carrera de Electrónica, al no disponer de este tipo de máquina eléctrica para poner en práctica sus diferentes usos y aplicaciones.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los motoreductores en la actualidad son muy utilizados en diferentes campos de la industria, permitiendo al usuario obtener mayor eficiencia en la producción de un determinado producto y de mejor calidad, además de familiarizar a los estudiantes con los avances tecnológicos en el área

industrial, además ayudará a que los estudiantes puedan relacionar la teoría con la práctica ya que los conocimientos teóricos son fundamentales al momento de manipular este tipo de máquinas Eléctricas.

El módulo del motoreductor quedará funcional, permitiendo a los estudiantes y docentes el perfeccionamiento de prácticas que brinde la oportunidad de encontrarse en un entorno actualizado de equipos industriales en el laboratorio.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General.

Implementar un HMI para el control de un motoreductor en el laboratorio de Máquinas Eléctricas y Control Industrial.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Investigar las características funcionales del motoreductor angular mediante manuales de máquinas eléctricas.
- Establecer los requerimientos mínimos de hardware y software para el control de velocidad del motoreductor.
- Implementar un HMI mediante labVIEW para variar la velocidad e invertir el sentido de giro del motoreductor.
- Realizar pruebas de funcionamiento del HMI implementado para determinar la respuesta del motoreductor.

1.5 ALCANCE

Este proyecto está dirigido a la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica de la ESPE, para la asignatura de Máquinas Eléctricas y Control Industrial, brindando a los estudiantes las facilidades para realizar diferentes aplicaciones con motoreductores, un HMI para el motoreductor, y así ampliar los conocimientos adquiridos en el aula, lo que permitirá obtener mayor experiencia para posteriormente desempeñarse de mejor manera en el ámbito laboral, logrando contar con profesionales altamente capacitados y competitivos que contribuyan con el desarrollo de nuestro país.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 HMI (Interfaz Hombre - Máquina).

Según (Cobo, 2010) define al HMI como:

HMI significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como mostraremos a continuación.

Software HMI: Este software permite entre otras cosas las siguientes funciones: Interfaz gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas.

Al igual que en los terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en la PC un software de ejecución, por otro lado este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación.

2.1.1 Funciones de un Software HMI.

Según (HMI, 2005) define a las funciones de HMI como:

- 1.- Monitoreo: “Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, textos o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar”.
- 2.- Supervisión: “Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora”.
- 3.- Alarmas: “Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos”.
- 4.- Control: “Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. El control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema”.
- 5.- Históricos: “Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos”.

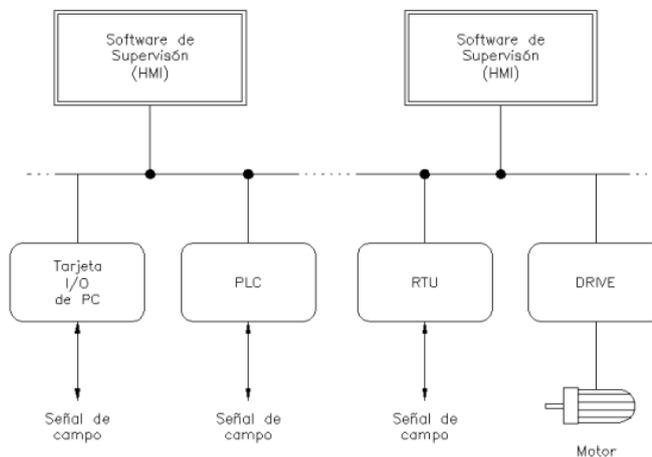


Figura 1 Interfaz Hombre Maquina

Fuente: (HMI, 2005)

2.1.2 Tareas de un Software de supervisión y control

- Permite una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados (mímicos).
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles
- ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

2.1.3 Estructura general del software HMI

El software HMI está compuesto por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema; En la Fig.2. se muestra cómo funcionan algunos de los programas y archivos más importantes.

Los rectángulos de la figura representan programas y las elipses representan archivos, los programas que están con recuadro simple representan de diseño o configuración del sistema; los que tienen doble recuadro representan programas que son el motor del HMI.

Con los programas de diseño, como el “editor de pantallas” se crean moldes de pantallas para visualización de datos del proceso. Estos moldes son guardados en archivos “Archivo de pantalla” y almacenan la forma como serán visualizados los datos en las pantallas.

Interfaz Hombre: Es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse. Este programa realiza la interfaz entre la base de datos y el hombre. El diseño de esta interfaz está establecido en el archivo molde “Archivo de pantalla” que debe estar previamente creado.

Base de datos: Es un lugar de la memoria de la computadora donde se almacenan los datos requeridos del proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos de proceso, por esta razón se denomina “base de datos dinámica”. La base de datos está formada por bloques que pueden estar interconectados. La creación de la base de datos, sus bloques y la relación entre ellos se realiza a través de “editor de base de datos”. Driver: La conexión entre los bloques de la base de datos y las señales de los procesos se realiza por medio de drivers. Estos drivers manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.

Bloques (tags): Como ya mencionamos, la base de datos está compuesta por bloques. Para agregar o modificar las características de cada bloque se utiliza el editor de la base de datos. Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y enviar información hacia los drivers u otros bloques.

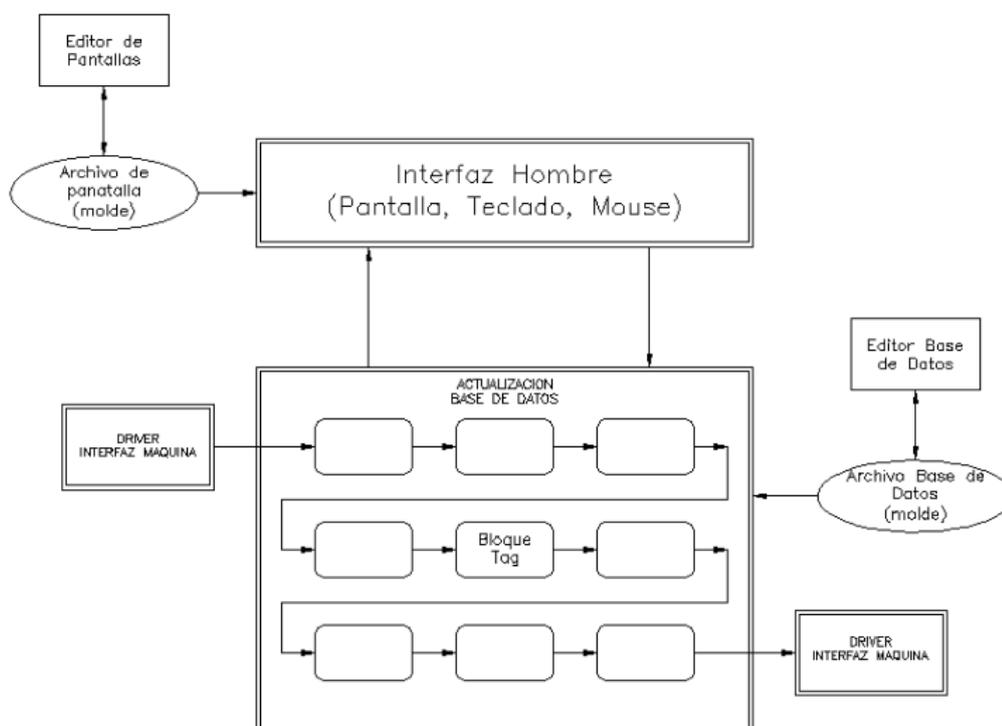


Figura 2 Estructura del HMI

Fuente: (HMI, 2005)

2.2 OPC (Plataforma de Comunicación Abierta).

El estudio de (Matrikon, 2016) concreta lo siguiente:

Un servidor OPC es una aplicación de software (driver) que cumple con una o más especificaciones definidas por la OPC Foundation. El Servidor OPC hace de interfaz comunicando por un lado con una o más fuentes de datos utilizando sus protocolo nativos (típicamente PLCs, DCSs, básculas, Módulos I/O, controladores, etc.) y por el otro lado con Clientes OPC (típicamente SCADAs, HMIs, generadores de informes, generadores de gráficos, aplicaciones de cálculos, etc.)

En una arquitectura Cliente OPC/ Servidor OPC, el Servidor OPC es el esclavo mientras que el Cliente OPC es el maestro. Las comunicaciones entre el Cliente OPC y el Servidor OPC son bidireccionales, lo que significa que los Clientes pueden leer y escribir en los dispositivos a través del Servidor OPC.



Figura 3 Comunicación OPC

Fuente: (Matrikon, 2016)

2.3 Software LABVIEW.

El estudio de (Instruments, 2016) manifestó lo siguiente:

LabVIEW de National Instruments es un Entorno de desarrollo integrado especializado en informática industrial y científica. Su particularidad es que se basa en el lenguaje G (G por Gráfico), creada por Nacional Instrumentos que es enteramente gráfica. Permite el desarrollo de programas informáticos complejos facilitando al mismo tiempo la programación y en consecuencia disminuir los plazos de desarrollo. Gracias a sus librerías de funciones dedicadas a la adquisición de datos, la instrumentación, al análisis matemático de las mediciones y la visualización, LabVIEW se dedica especialmente a los bancos de pruebas y mediciones.

Instrumentos virtuales: Los ficheros generados con Labview se llaman Instrumentos Virtuales, VIs. Cada VI se compone de dos partes principales: el panel frontal (front panel) o interface con el usuario y el diagrama de bloques (block diagram) o código fuente.

El panel de control es el interfaz de usuario con el VI, en él tendremos controles de entrada, visualizadores de salida, cuadros de diálogo, etc.

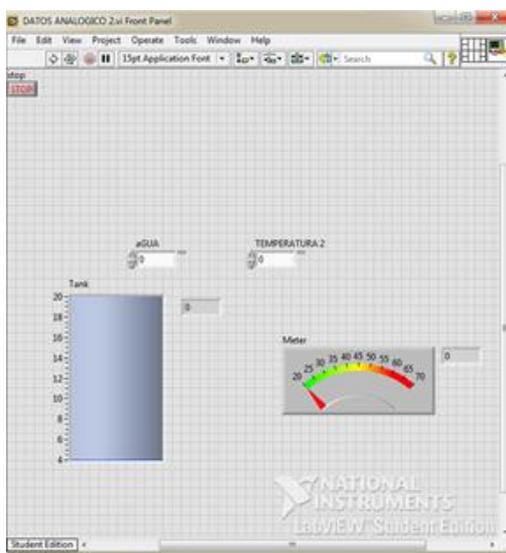
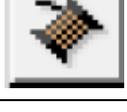


Figura 4 Panel de Control de Labview

Fuente: (Instruments, 2016)

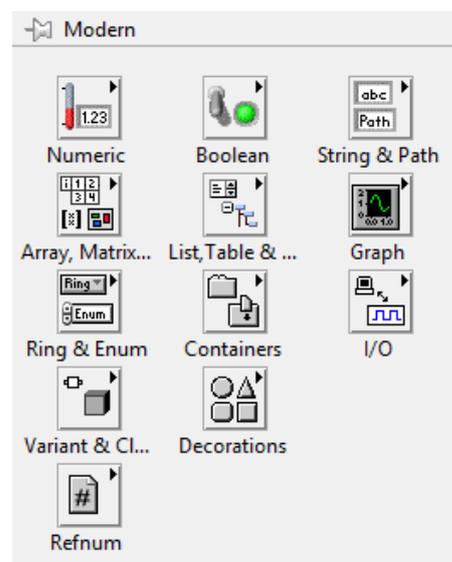
Tabla 1

Funciones de las Herramientas de LabVIEW

	Operating tool	Cambia el valor de los controles.
	Labeling tool	Edita texto y crea etiquetas.
	Labeling tool	Edita texto y crea etiquetas.
	Wiring tool	Une los objetos en el diagrama de bloques.
	Color tool	Establece el color de fondo y el de los objetos

Fuente: (Instruments, 2016)**2.3.2 Paleta de Controles.**

“Se utiliza únicamente en el panel frontal. Contiene todos los controles e indicadores que se emplean para crear la interfaz del VI con el usuario”.

**Figura 7** Paleta de Controles de LabVIEW**Fuente:** (Instruments, 2016)

2.3.3 Paleta de Funciones.

El estudio de (Instruments, 2016) enunció lo siguiente:

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques. La paleta de funciones contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa del VI, ya sean funciones aritméticas, de entrada/salida de señales, entrada/salida de datos a fichero, adquisición de señales, temporización de la ejecución del programa etc.

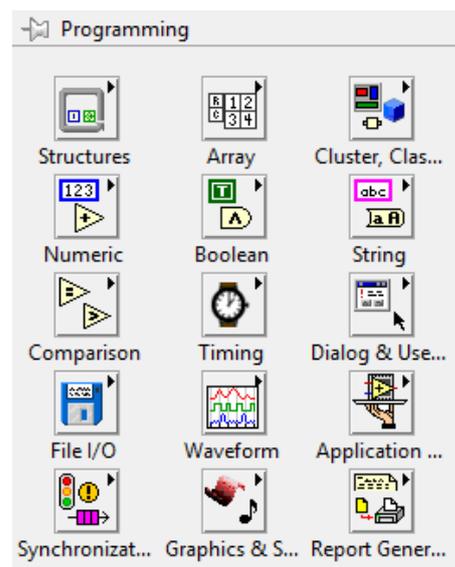


Figura 8 Paleta de Funciones de LabVIEW

Fuente: (Instruments, 2016)

2.4 Software TIA PORTAL V12.

El manual técnico de (Siemens, 2016) SIMATIC STEP 7 (TIA PORTAL) se auto define como:

TIA (Totally Integrated Automation) PORTAL es un software de programación de PLC mismo que domina el mercado de lenguaje de programación, que dispone de tres lenguajes de programación:

- FBS/FUB, diagrama de funciones.
- KOP/LAD, diagrama de contacto.
- AWL/STL, lista de instrucciones.

Mismos lenguajes que nos permiten la configuración y programación de controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400, WinAC para controladores basado en PC y la nueva S7-1500. También permite la configuración de dispositivos de red para todos los componentes de automatización, cuenta además con una herramienta de diagnóstico en línea para todo el proyecto.

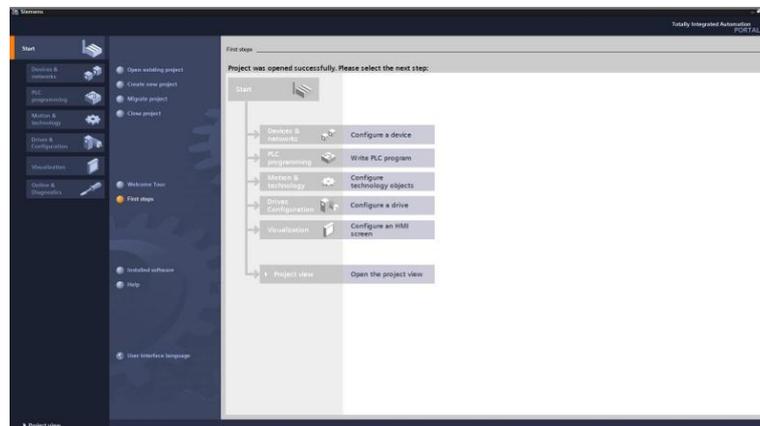


Figura 9 Vista Orientada a tareas del TIA PORTAL

Fuente: (Siemens, 2009)

2.4.1 Instrucciones básicas para la programación del PLC.

Acorde a (Siemens, 2009) SIMATIC STEP 7 en el TIA Portal Software las instrucciones básicas o editores de programación:

Tienen texto estructurado, esquema de contactos (KOP), diagramas de funciones (FUP), lista de instrucciones (AWL) y programación secuencial (GRAPH, SFC) adicionales para las familias de controladores S7-1500, S7-300, S7-400 y WinAC. Gracias a funcionalidades como arrastrar y colocar, lista de referencias cruzadas a nivel de todo el proyecto, etc. el usuario tiene a su disposición herramientas intuitivas para todas las tareas.

Funciones más destacadas de TIA PORTAL V12:

- **Contactos:** los contactos sirven para establecer o deshacer una conexión conductora entre dos elementos. Los elementos pueden ser los elementos de programación KOP o los márgenes de la barra de alimentación. La corriente fluye de izquierda a derecha. Contactos permiten consultar el estado

lógico o el valor de un operador y controlador el flujo de corriente en función del resultado.

- **Bobinas:** las bobinas permiten controlar operadores binarios. En función del estado lógico, las bobinas pueden activar o desactivar un operador binario.

En las “instrucciones básicas” se encuentran distintas variaciones de contactos, bobinas y cuadros, clasificados en diferentes carpetas de acuerdo con su funcionamiento. Es preciso asignar variables a la mayoría de instrucciones KOP.

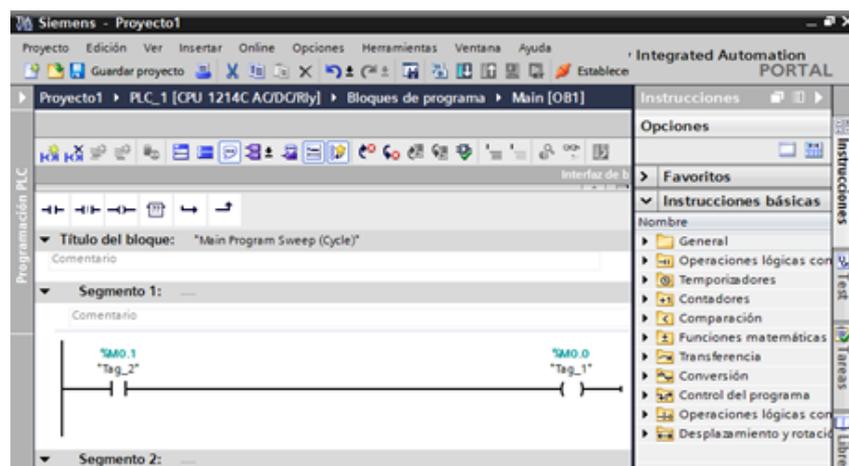


Figura 10 Instrucciones Básicas del TIA PORTAL Lenguaje KOF/LAD

Fuente: (Siemens, 2009)

2.4.2 Instrucciones de desplazamiento

Según el manual de (Siemens, 2009) define como:

Instrucciones "Copiar valor" y "Copiar área"

Las instrucciones de desplazamiento permiten copiar elementos de datos a otra dirección de memoria y convertir un tipo de datos en otro. El proceso de desplazamiento no modifica los datos de origen.

- **MOVE:** Copia un elemento de datos almacenado en una dirección indicada a una dirección diferente
- **MOVE_BLK:** Desplazamiento interrumpible que copia un área de elementos de datos a otra dirección
- **UMOVE_BLK:** Desplazamiento no interrumpible que copia un área de elementos de datos a otra dirección

Tabla 2

Instrucción de desplazamiento Move.

MOVE		
Parámetro	Tipo de datos	Descripción
IN	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDInt, Real, LReal, Byte, Word, DWord, Char, Array, Struct, DTL, Time	Dirección de origen
OUT	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDInt, Real, LReal, Byte, Word, DWord, Char, Array, Struct, DTL, Time	Dirección de destino

Fuente: (Siemens, 2009)**2.5 PLC S7- 1200 CPU 1214C AC/DC/RELAY.**

Según (Siemens, 2009) define al PLC S7- 1200 como:

Un controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización, gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC, una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.

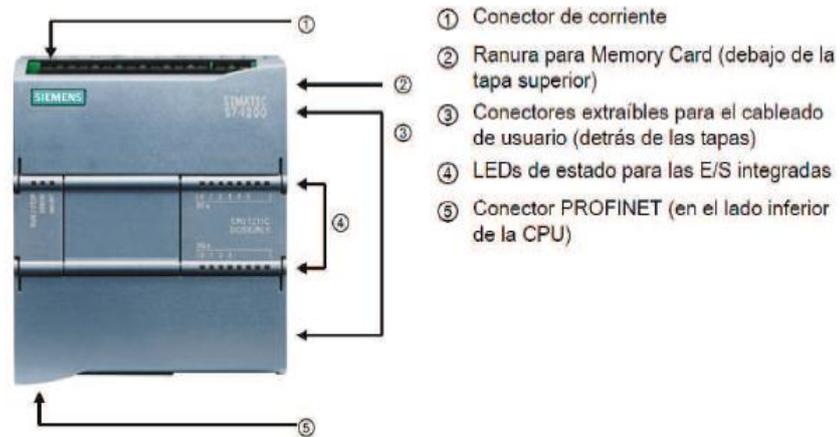


Figura 11 PLC SIMATIC S7-1200

Fuente: (Siemens, 2009)

Tabla 3

Características Técnicas del PLC S7-1200

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario			
▪ Memoria de trabajo	▪ 25 KB		▪ 50 KB
▪ Memoria de carga	▪ 1 MB		▪ 2 MB
▪ Memoria remanente	▪ 2 KB		▪ 2 KB
E/S integradas locales			
▪ Digitales	▪ 6 entradas/4 salidas	▪ 8 entradas/6 salidas	▪ 14 entradas/10 salidas
▪ Analógicas	▪ 2 entradas	▪ 2 entradas	▪ 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
▪ Fase simple	▪ 3 a 100 kHz	▪ 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	▪ 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
▪ Fase en cuadratura	▪ 3 a 80 kHz	▪ 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	▪ 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Fuente: (Siemens, 2009)

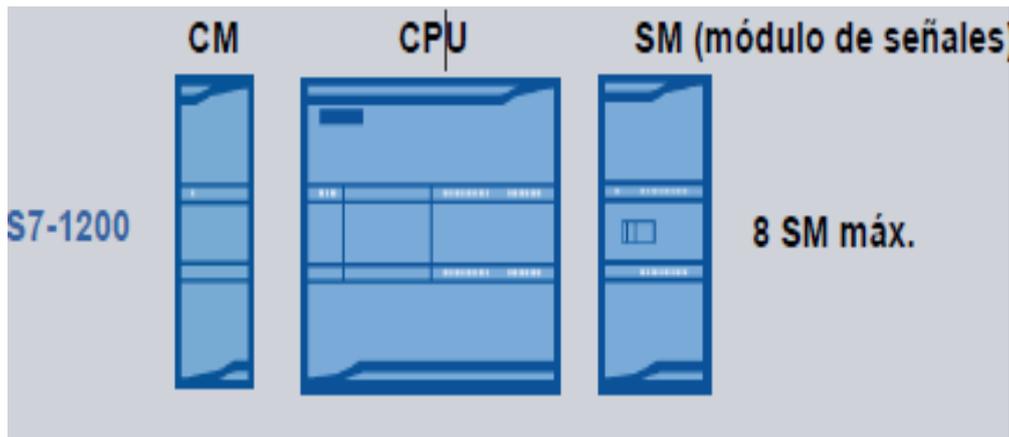


Figura 12 Módulos de Comunicación PLC S7-1200

Fuente: (Siemens, 2009)

2.6 Módulo de salidas analógicas SM1232

Tiene una resolución de 13 bits, se puede configurar como salidas de corriente (0-20 mA) o voltaje ($\pm 2,5V$, $\pm 5V$, $\pm 10V$).



Figura 13 Módulo de Salidas Analógicas SM1232

Fuente: (Siemens, 2009)

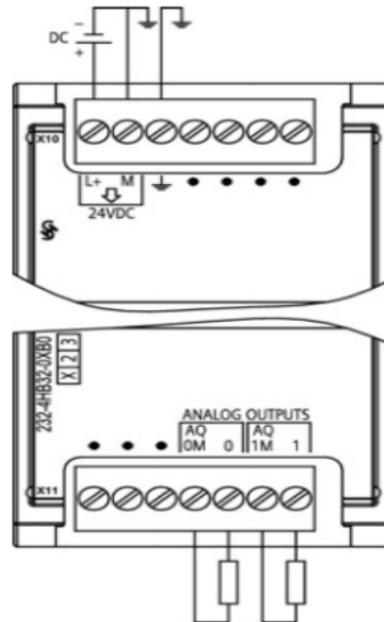


Figura 14 Diagrama de Cableado SM 1232.

Fuente: (Siemens, 2009)

Tabla 4

Datos técnicos módulo salidas analógicas SM 1232.

Descripción	Rango
Dimensiones A x A x P (mm)	45 x 100 x 75
Peso	180 gramos
Consumo de corriente (bus SM)	80 mA
Consumo de corriente (24 V DC)	45 mA (sin carga)
Número de salidas	2
Tipo	Tensión o intensidad
Rango	± 10 V, de 0 a 20 mA o de 4 mA a 20 mA

FUENTE (Siemens, 2009)

2.7 Power Flex 4.

El estudio de (Bradley, 2016) define lo siguiente:

Los variadores de CA PowerFlex® 4 “están diseñados para satisfacer requisitos globales del fabricante original y el usuario final en relación con simplicidad, tamaño reducido y rentabilidad. Estos variadores proporcionan características intuitivas tales como un

teclado integral con potenciómetro local y teclas de control listos para usar”.

Proporcionando a los usuarios el control de velocidad del motor de gran alcance en un diseño compacto, el diseño de ahorro de espacio, la unidad de Allen- Bradley PowerFlex 4 AC es la más pequeña y más rentable miembro de la familia de variadores PowerFlex. Disponible en de potencia de 0,2 a 3,7 kW (0,25 a 5 HP) y en las clases de voltaje de 120, 240 y 480 voltios, el PowerFlex 4 está diseñado para satisfacer OEM global y las demandas de los usuarios finales para la flexibilidad, ahorro de espacio y facilidad de uso y es una alternativa rentable para el control de velocidad de las aplicaciones tales como máquina, herramientas, ventiladores, bombas y transportadores y sistemas de manejo de materiales.



Figura 15 Power Flex 4.

Fuente: (Bradley, 2016)

2.7.1 Características Power Flex 4

Clasificaciones de alimentación eléctrica.

- De 100 a 120 V: De 0.2 a 1.1 kW/0.25 a 1.5 Hp/1.5 a 6 A.
- De 200 a 240 V: De 0.2 a 3.7 kW/0.25 a 5 Hp/1.4 a 17.5 A.
- De 380 a 480 V: De 0.4 a 3.7 kW/0.5 a 5 Hp/1.4 a 8.7 A.

- IP20/NEMA/UL de tipo abierto, variador en placa, montaje en brida y riel DIN.
- Kit de conversión de envoltorio IP30 NEMA/UL tipo 1 opcional.
- Se permiten temperaturas ambiente de hasta 50 °C (122 °F) con separación mínima entre los variadores.
- Los variadores Zero Stacking™ soportan temperaturas ambiente de hasta 40 °C (104 °F).
- Control V/Hz, compensación de deslizamiento.
- Comunicación RS-485 integral.
- Módulo convertidor en serie opcional para utilizarse con cualquier controlador que admita mensajería DF1.
- Módulos de comunicación ControlNet™, DeviceNet™, EtherNet/IP™, Profibus DP, BACnet™ y LonWorks® opcionales.
- Protección contra sobrecarga del variador, regulación de rampa y arranque ligero.
- Configuración y programación mediante teclado LCD integral o software.
- Premier Integration con variadores de CA PowerFlex® usa la plataforma de control Logix para simplificar la programación de parámetros y tags y reduce el tiempo de desarrollo.

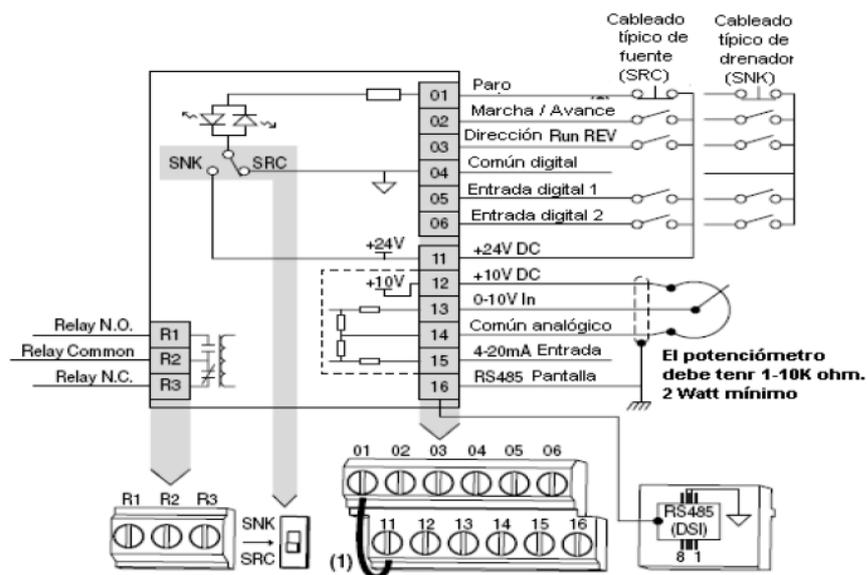


Figura 16 Diagrama de Conexión del PowerFlex 4

Fuente: (Bradley, 2016)

2.7.2 Descripción del teclado Power Flex 4.

TECLA.	NOMBRE.	DESCRIPCIÓN.
	Escapar.	Retroceder un paso en el menú de programación. Anular un cambio a un valor de parámetro y salir del Modo de Programación.
	Seleccionar.	Avanzar un paso en el menú de programación. Seleccionar un dígito al visualizar el valor del parámetro.
	Flecha. Hacia Arriba. Flecha. Hacia Abajo	Permite desplazarse a través de grupos y parámetros. Aumenta o reduce el valor de un dígito intermitente.
	Ingresar.	Avanzar un paso en el menú de programación. Guardar un cambio a un valor de parámetro.
	Potenciómetro.	Se utiliza para controlar la velocidad del variador. La condición predeterminada es activa. Se controla por medio del parámetro P038.
	Arranque.	Se utiliza para poner en marcha el variador. La condición predeterminada es activa. Se controla por medio del parámetro P036.
	Retroceso.	Se utiliza para invertir la dirección del variador. La condición predeterminada es activa. Se controla por medio de los parámetros P036 y A095.
	Paro.	Se utiliza para detener el variador o borrar un fallo. Esta tecla siempre está activa. Se controla por medio del parámetro P037.

FUENTE: (Bradley, 2016)

2.8 El Motor Asíncrono Trifásico.

La publicación de (ABB, 2015) define a los motores trifásicos:

Que están constituidos por un rotor bobinado, llamado también de anillos, o bien con rotor en cortocircuito, o más conocido como rotor de jaula de ardilla, la diferencia principal entre los dos tipos reside en la estructura del rotor; para ser más precisos, en el primer tipo el rotor está constituido por varios devanados como los del estator, presenta una estructura más compleja y delicada (escobillas que rozan con el rotor, con la posible interposición de resistencias para el control de la fase de arranque) con necesidad de mantenimiento periódico y dimensiones generales elevadas, mientras que el segundo tipo tiene

un rotor constituido por barras cerradas en cortocircuito, por lo que, gracias a una mayor simplicidad constructiva, da origen a un tipo de motor muy simple, robusto y económico.

Gracias al desarrollo de la electrónica de control, que permite la regulación de la velocidad de un modo muy simple y eficaz, todas aquellas aplicaciones que priorizaban la utilización de motores sujetos a tener en su propio comportamiento intrínseco la posibilidad de una regulación de la velocidad de (motores de corriente continua o motores de anillo) han cedido su puesto a los motores asíncronos, en particular a los de jaula de ardilla, que se utilizan comúnmente para controlar bombas, ventiladores, compresores y muchas otras aplicaciones industriales.

En referencia a las aplicaciones más comunes, puede identificarse un ámbito de aplicaciones definido como de "uso general" cuyos motores están destinados a las aplicaciones de los OEM o fabricantes de equipos originales y que pueden solicitarse directamente a los distribuidores de todo el mundo.

Los motores de esta categoría se caracterizan por una calidad constructiva elevada y tienen como destinatarios preferentes a los fabricantes de ventiladores, bombas, compresores, equipos de elevación, etc que satisfacen la clase de eficiencia "EFF2" y también están disponibles en la clase de eficiencia "EFF1" si se desea.

La gama de motores ABB definida como de "uso general" comprende los siguientes tipos:

- Motores estándar con carcasa de aluminio de 0,06 a 95 kW
- Motores estándar con carcasa de acero de 75 a 630 kW
- Motores estándar con carcasa de hierro de 0,25 a 250 kW
- Motores con protección IP23 de 75 a 800 kW
- Motores de frenado automático de 0,055 a 22 kW
- Motores monofásicos de 0,065 a 2,2 kW
- Motores integrados con inversor de 0,37 a 2,2 kW

2.8.1 Estructura del Motor Asíncrono.

Según el estudio de (ABB, 2015) constituye que:

El primer elemento es el estator, que se puede definir como el conjunto de las partes fijas cuya función es sostener, al menos parcialmente, la máquina, pero fundamentalmente constituye la parte del circuito magnético que contiene los devanados inductores alojados en las ranuras adecuadas a ese fin y en correspondencia con su superficie interna.

El estator.

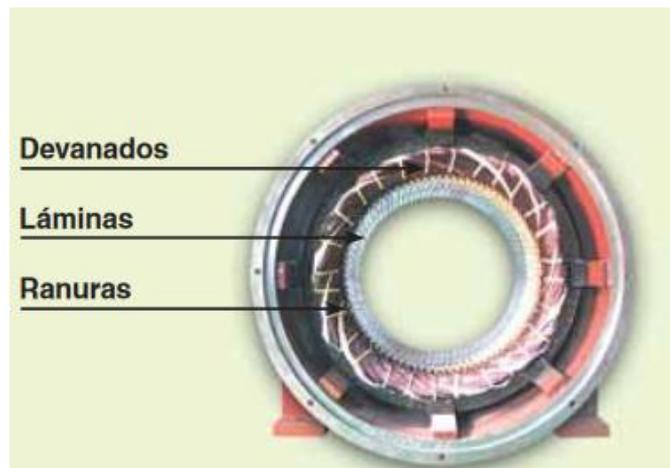


Figura 17 Estator del motor trifásico

Fuente: (ABB, 2015)

Está constituido por láminas de una aleación de acero al silicio o de acero macizo aisladas entre sí. De su estructura depende todo lo concerniente a, los flujos magnéticos variables en el tiempo que provocan pérdidas por histéresis (ligadas a la magnetización no lineal del material) y por corrientes parásitas inducidas.

En las ranuras adecuadas en la estructura de las láminas se insertan tres devanados primarios (cada uno de ellos constituido por más devanados interconectados de distinta forma), a los que se aplica la tensión de alimentación y que generan el campo magnético.

Los devanados estáticos trifásicos pueden conectarse en estrella o en triángulo, algo que es posible con motores dotados de 6 bornes, permitiendo alimentar un mismo motor con tensiones trifásicas de redes distintas. Por ejemplo, la doble indicación podría ser 230 V 6 - 400 VY o 400 V 6- 690 V Y, donde el símbolo Y o 6 se refiere a la

conexión de los devanados del estator y se entiende por ejemplo para el segundo caso (400V 6 -690 VY) que los devanados del motor conectados en 6 pueden conectarse a una red trifásica a 400 V (tensión concatenada, o sea, entre fase y fase), mientras si para el mismo motor la conexión de los devanados del estator se realiza en Y, el mismo motor puede conectarse a una red de alimentación a 690 V (los devanados en Y serán sometidos a la tensión de red reducida 3 veces).

El segundo elemento es el rotor, que está alojado en el interior del estator y constituye el circuito inducido de la máquina para un motor de jaula de ardilla, el rotor, tal y como se muestra en la figura 19.

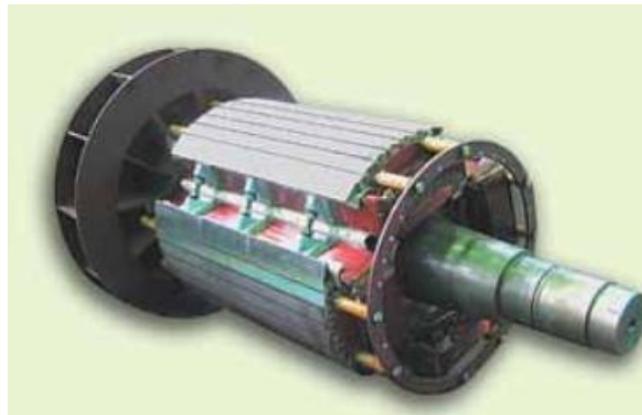


Figura 18 Rotor del Motor Trifásico.

Fuente: (ABB, 2015)

Está constituido por un sistema de barras conductoras (de cobre o aluminio) paralelas al eje de rotación, inyectadas directamente en las ranuras practicadas a lo largo de toda la periferia externa del núcleo ferromagnético.

Las barras se cierran en cortocircuito con dos anillos conductores posicionados en los extremos, que constituyen también una fijación mecánica para las propias barras se obtiene así un rotor extremadamente compacto y robusto, al que se fija también el eje del motor. El campo magnético inducido, que constituye el principio funcional del motor, hace girar el eje del motor convirtiendo así la energía eléctrica en energía mecánica.

También existen otros componentes mecánicos presentes en el motor.

Los principales son:

Los dos cojinetes montados sobre el estator con la función de apoyar el eje del motor.

La carcasa, que con las aletas, elimina el calor producido sobre todo por el estator y que contiene también la bornera de conexión; el ventilador, que proporciona la refrigeración en la figura 20 se ofrece una vista de conjunto y otra seccionada del motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla.

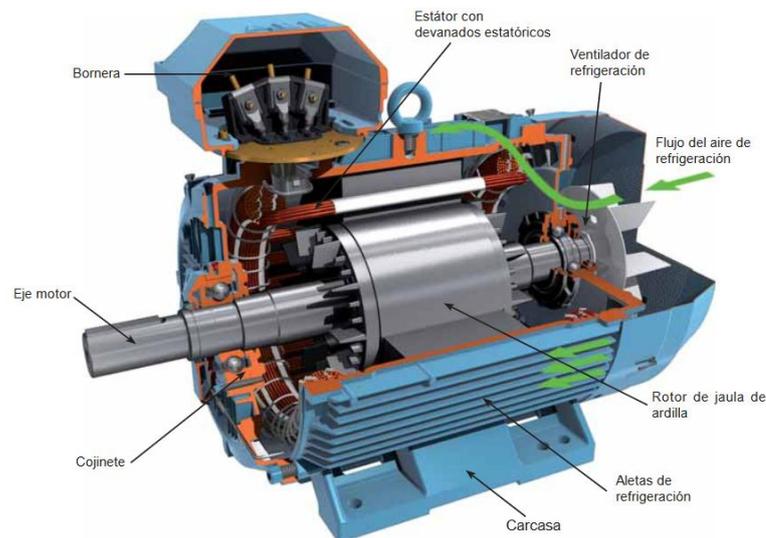


Figura 19 Partes del Motor Trifásico

Fuente: (ABB, 2015)

2.9 Reductor de velocidad

La investigación de (Sanchez, 2016) define a los motoredutores como.

Los Reductores o Motoredutores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente, las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear reductores o motoredutores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motoredutores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motoredutor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

2.9.1 Selección del reductor

Según el estudio (Fuentes, 2007) la selección se da por:

1.- Características de operación:

- Potencia en Hp o Kw.
- Velocidad (RPM de entrada como de salida).
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m o Nm.
- Relación de reducción (I).

2.- Características del trabajo a realizar:

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, hidráulico, u otro).
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua, entre otras.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

3.- Condiciones del ambiente:

- Humedad.
- Temperatura.

4.- Ejecución del equipo:

- Ejes a 180° o 90°.
- Eje de salida horizontal, vertical, etc.

2.9.2 Potencia

En la práctica, es difícil que una unidad de reducción realice su trabajo en condiciones ideales. Por lo tanto, la potencia requerida por la máquina accionada debe multiplicarse por un Factor de servicio F_s que considera las características específicas del trabajo a realizar y el resultado llamado Potencia de selección es el que se emplea para determinar el tamaño del reductor en las tablas de selección.

Para condiciones especiales como altas frecuencias de arranque-parada o de inversiones de marcha en el motor, alta humedad o temperatura ambiente y construcciones o aplicaciones especiales.

Tabla 5

Factores de servicio

FACTORES DE SERVICIO				
TIPO DE MOTOR QUE ACCIONA EL REDUCTOR	HORAS / DIA	TIPO DE CARGA		
		UNIFORME	MEDIA	CON CHOQUES
MOTOR ELECTRICO ENTRADA CONSTANTE	2	0.9	1.1	1.5
	10	1.0	1.25	2.75
	24	1.25	1.50	2.00
MEDIANAMENTE IMPULSIVA	2	1.0	1.35	1.75
	10	1.25	1.50	2.00
	24	1.50	1.75	2.50

Fuente: (Fuentes, 2007)

2.9.3 Instalación y Mantenimiento

Para el buen funcionamiento de las unidades de reducción, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las unidades deben montarse sobre bases firmes para eliminar vibraciones y desalineamientos en los ejes.

- Si la transmisión de la unidad a la máquina es por acople directo entre ejes, es indispensable garantizar una perfecta alineación y centrado. Si la transmisión se hace por cadenas o correas, la tensión dada a estos elementos debe ser recomendada por el fabricante, previa alineación entre los piñones o poleas.
- Las unidades de acoplamiento deben montarse cuidadosamente sobre los ejes para no dañar los rodamientos y lo más cercanas a la carcasa para evitar cargas de flexión sobre los ejes.
- Antes de poner en marcha los reductores de velocidad, es necesario verificar que la conexión del motor sea la adecuada para la tensión de la red eléctrica.

Mantenimiento

- Los engranajes y los rodamientos están lubricados por inmersión o salpique del aceite alojado en la carcasa, por tanto, se debe revisar el nivel del aceite antes de poner en marcha la unidad de reducción.
- En la carcasa se encuentran los tapones de llenado, nivel y drenaje de aceite. El de llenado posee un orificio de ventilación, el cual debe permanecer limpio.
- El tipo de lubricante viene especificado por el fabricante de la unidad.

2.9.4 Características técnicas del Reductor marca Bonfiglioli.

Según el estudio de (Bonfiglioli, 2015) los Reductores Bonfiglioli son:

Los reductores sin fin corona Bonfiglioli son hitos para la industria de todo el mundo. Tuvieron éxito en la combinación de una calidad sin compromisos, con tecnología de última generación y un precio competitivo.

Su flexibilidad viene dada por la amplia selección de varias opciones de montaje, las configuraciones de ejes y la unión al motor, así tenemos las siguientes características.

- **Rango de pares**
13 Nm... 7.100 Nm
Rango de potencias ($n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}$)
0,04... 75 kW
- **Relaciones de reducción**
7... 10000

- **Configuraciones de salida**
 - Eje hueco acanalado
 - Eje de salida postizo
 - Opción limitador de par.
- **Configuraciones de entrada**
 - VF: bridas ataque motor según norma IEC
 - VF y W: eje de entrada macho
- **Montaje de motores de corriente alterna**
 - VF y W: motores y motores freno IEC–series BN y BE
 - W: motores compactos series M/ME
 - Motores de una y dos velocidades
- **Características de los frenos**
 - Alimentación CA y CC
 - Rápida acción de frenado y des frenado a través de rectificadores tipo SB, NBR, SBR (opciones)



Figura 20 Motoreductor Angular

Fuente: (Bonfiglioli, 2016)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA.

3.1 Preliminares.

En este capítulo se explica de una manera clara y entendible paso a paso la implementación de un HMI para la variación de velocidad de un motoreductor angular, inversión de giro a través de un instrumento virtual creado en la LabVIEW, además se realiza un análisis de respuesta del motoreductor.

3.2 Requerimientos mínimos de Hardware.

Los componentes para la implementación del control de velocidad utilizados para la implementación del HMI para el motoreductor fueron los siguientes:

- Motoreductor Angular.
- Drive POWERFLEX 4.
- PLC S7-1200.

3.2.1 Motoreductor Angular.

Para la selección del motoreductor angular se tomó como referencia el proceso de agitación de la leche en las marmitas a una velocidad de 30 rpm, una potencia de 0.5 KW, y un par estimado de 101 Nm; cabe señalar que esta velocidad también es típica en bandas transportadoras de objetos.

3.2.1.1 Características Técnicas del motoreductor angular.

Para determinar las características de la caja reductora se partió de las especificaciones técnicas del motor de marca ABB de 0.5 HP, de 4 polos el cual tiene una velocidad nominal de 1800 rpm, con una potencia de 0.37 KW, y un factor de servicio de 1.5.

a) Cálculo de la potencia del Reductor.

$$P.R = (P. Motor) * (Factor de Servicio)$$

$$P.R = 0.37 KW * 1.5$$

$$P.R = 0.5 KW$$

b) Cálculo de la Velocidad.

Relación $I = 60:1$

$$I = N1/N2$$

I = Relación

$N1$ = velocidad del Motor

$N2$ = velocidad del Reductor

$$N2 = N1/60$$

$$N2 = 1800 \text{ rpm}/60 = 30 \text{ rpm.}$$

c) Cálculo del Par del reductor.

Constante = 716

$$T = \text{HP} * 716 / \text{RPM Reductor}$$

$$T = 0.5 \text{ HP} * 716 / 30 \text{ rpm}$$

$$T = 11.93 \text{ Kg} = 101 \text{ Nm.}$$

Para obtener la velocidad de salida del reductor 30 rpm, se requiere una máquina primaria de 1800 rpm en la marca ABB que cumpla con la potencia necesaria para generar un par de 101 Nm.

Por lo tanto se adquirió un Motoreductor con alimentación trifásica de 220V en conexión doble delta.

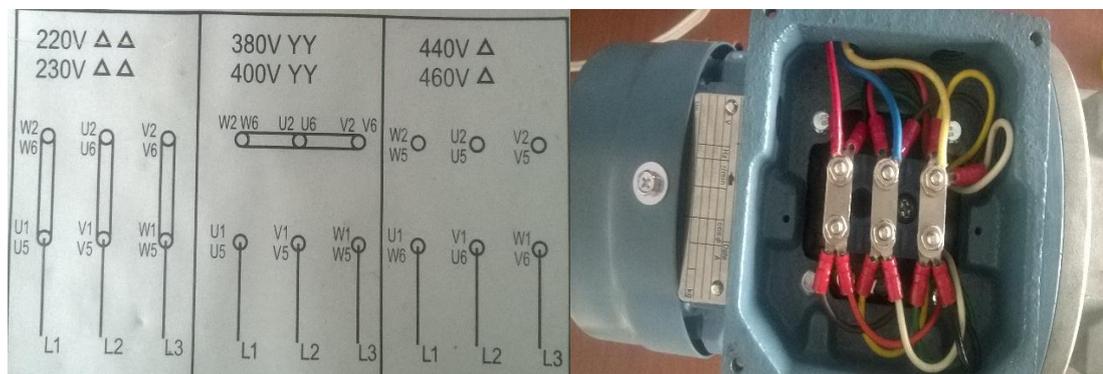


Figura 21 Diagrama de Conexión del Motoreductor

3.2.2 Variador de velocidad Power Flex 4.

Para este proyecto se seleccionó el Power Flex 4 por su disponibilidad en el laboratorio, este dispositivo permite controlar la velocidad del motoreductor angular a través de la programación a tres hilos y se utiliza las entradas de 0 -10V; De acuerdo al manual del fabricante la alimentación que requiere el Drive es bifásica RL1, SL2 y las salidas U1, V1, W1 se conectan al motoreductor según correspondan.



Figura 22 Vista frontal Power Flex 4

Tabla 6

Conexión Variador Power Flex 4 y Motoreductor

Salidas Variador	Salidas Motoreductor
U/T1	U1
V/T2	V1
W/T3	W1

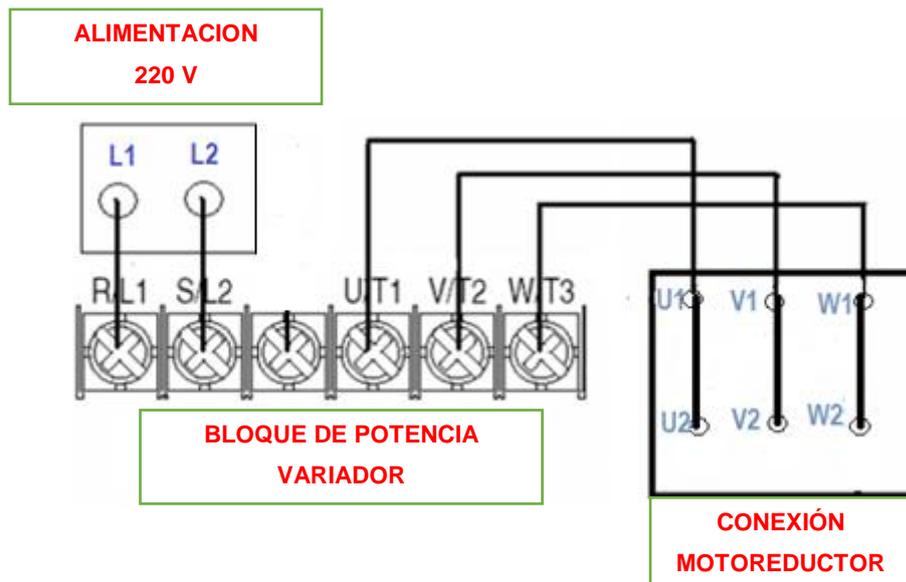


Figura 23 Diagrama de fuerza Variador y Motoreductor

Luego de realizar las respectivas conexiones del Variador de velocidad con el motoreductor se procede a configurar las funciones del DRIVE POWERFLEX 4 de acuerdo a los requerimientos establecidos por el fabricante ya que dichos parámetros son necesarios para el control de velocidad del motoreductor los cuales se detallan a continuación.

Tabla 7

Programación del Power Flex 4

P031	Voltaje nominal del motor. (Basado en la capacidad nominal del Variador).
P032	Frecuencia. (60 Hz).
P033	Corriente del motor. (Basado en la capacidad nominal del Variador).
P034	Frecuencia mínima. (0.0 Hz).
P035	Frecuencia máxima. (60 Hz).
P036	Fuente de inicio.
	P036 = 0 Motor se enciende y se apaga por medio del teclado.
	P036 = 2 Motor se enciende y se apaga cortocircuitando los terminales 2 y 11. (Dos Hilos).
P037	Modo de para.
	P037 = 4 Ejecuta las rampas de aceleración y desaceleración.

SIGUIENTE

P038	Forma de variar la velocidad.
	P038 = 0 La velocidad del motor se controla por medio del potenciómetro del teclado.
	P038 = 2 La velocidad del motor se controla ingresando de 0 a 10 Voltios entre los terminales 13 y 14.
P039	Tiempo de aceleración. (5.0 segundos).
P040	Tiempo de desaceleración. (5.0 segundos).
P041	Reset.

Fuente: (Bradley, 2016)

3.2.3 PLC S7-1200

Se eligió el PLC S7-1200 ya que es ideal para realizar el control del proyecto, mediante la programación con marcas internas y diferentes funciones avanzadas para el encendido y apagado del motoreductor, y además por su facilidad de acoplarle un módulo de salidas analógicas SM 1232 0-10 V, el cual va conectado al bloque de control del variador Power Flex 4, para la obtención de la velocidad del motoreductor angular.

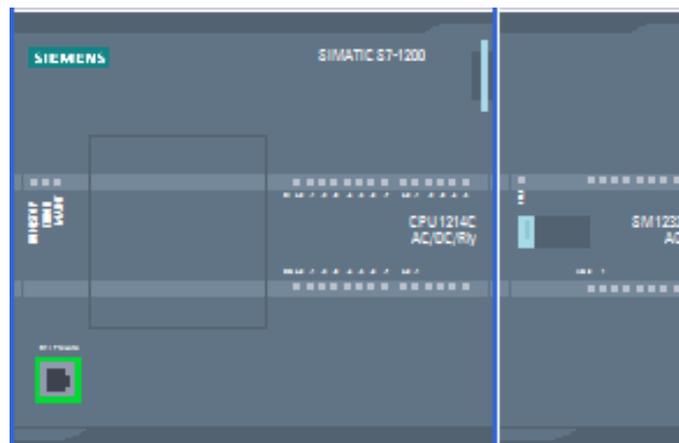


Figura 24 PLC S7-1200 y el Módulo SM1232

Fuente: Tía Portal V12

Tabla 8

Terminales de conexión del PLC S7-1200.

Terminales	Conexiones	Descripción
L1 – N	110V	Alimentación PLC
L+ - M	24V	Alimentación Modulo Analógico SM 1232
Q0.0	Salida por Relay 02 variador	Sentido Horario
Q0.1	Salida por Relay 03 variador	Inversión de giro Horario
L1	1 – 11 Variador	Alimentación L1

3.2.4 Conexión Física del Hardware.

El PLC S7 – 1200 se alimenta con 110 V en L1 – N, las salidas de 24 VDC L+ - M se conectan al módulo SM 1232, las salidas Q0.0 al terminal 02 del variador de velocidad, la salida Q0.1 se conecta al terminal 03 y al cortocircuito 1 – 11 del variador al terminal 1L del PLC.

La salida variable del SM 1232 AQ OM – 14 (0-10 V) del variador y AQ O – 13 (GND del variador) como se indica en la Figura 25.

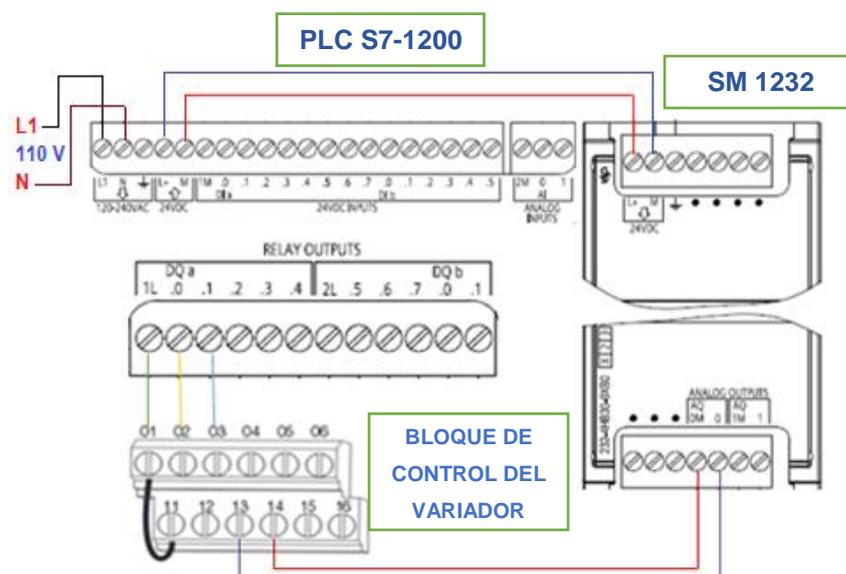


Figura 25 Diagrama de conexión PLC, Variador y el SM1232

3.3 Requerimientos mínimos de Software.

- TIA PORTAL V12.
- OPC
- LABVIEW.

3.3.1 Comunicación entre el PLC S7-1200 y la PC.

Para la comunicación entre el PLC S7-1200 y la PC mediante la utilización del software TIA PORTAL V12 que se va a utilizar para configurar la comunicación, esto se va a realizar mediante comunicación Ethernet porque es rápida la comunicación y evita que la PC se quede suspendida al momento de realizar el proyecto, primero se verifico las direcciones IP de la PC y del PLC S7-1200 que no sean iguales; así se tiene la dirección IP de la PC que es **192.168.0.5**, y la Dirección IP del PLC S7-1200 es **192.168.0.2**.

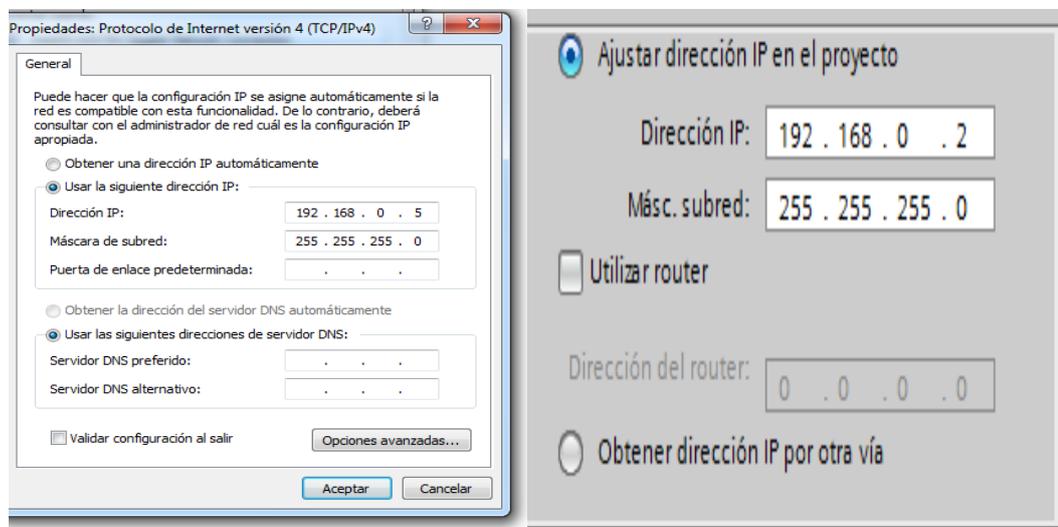
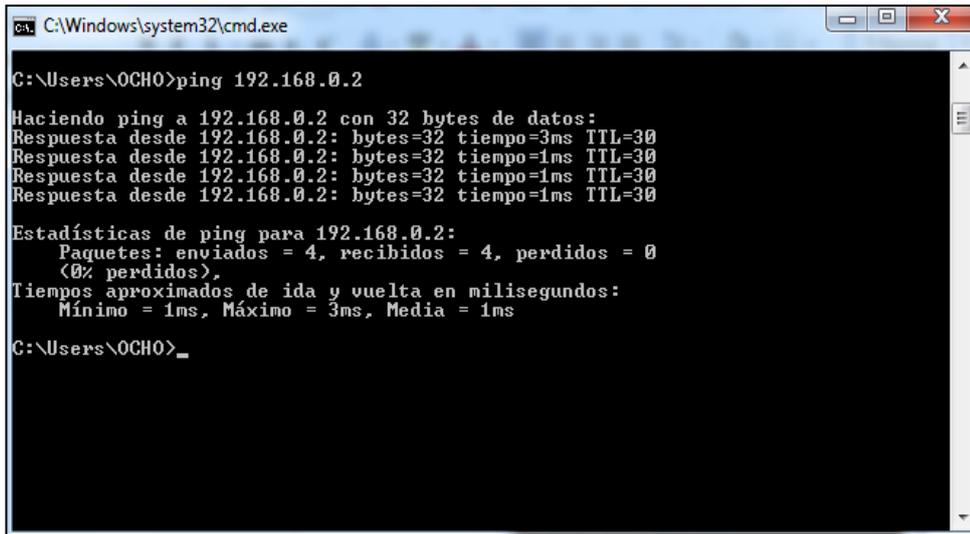


Figura 26 IPS de la PC y del PLC S7-1200

En el teclado presionar la combinación de teclas **Windows+R**, escribir: **cmd**; Aceptar y en la pantalla de la consola de Windows escribir **ping 192.168.0.2** y **Enter** (↵), esto permite ver que los dispositivos estén conectados ingresando el IP de cada uno. Por ejemplo si el PLC utilizado tiene la siguiente dirección IP: 192.168.0.2 al ingresar esta dirección aparece que el dispositivo se encuentra comunicado.



```

C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\OCHO>ping 192.168.0.2

Haciendo ping a 192.168.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.0.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 3ms, Media = 1ms

C:\Users\OCHO>_

```

Figura 27 Respuestas del PLC S7 -1200

Abrir el programa TIA PORTAL V12 y dar clic en iniciar luego clic en Dispositivos y redes, crear nuevo Proyecto, Agregar Dispositivo y Click en PLC, SIMATIC S7-1200, CPU/1214C AC/DC/RLY y escoger la opción 6ES7 214-1 BE30-0XB0 dando doble click ya esta opción es la ideal para la creación del proyecto.

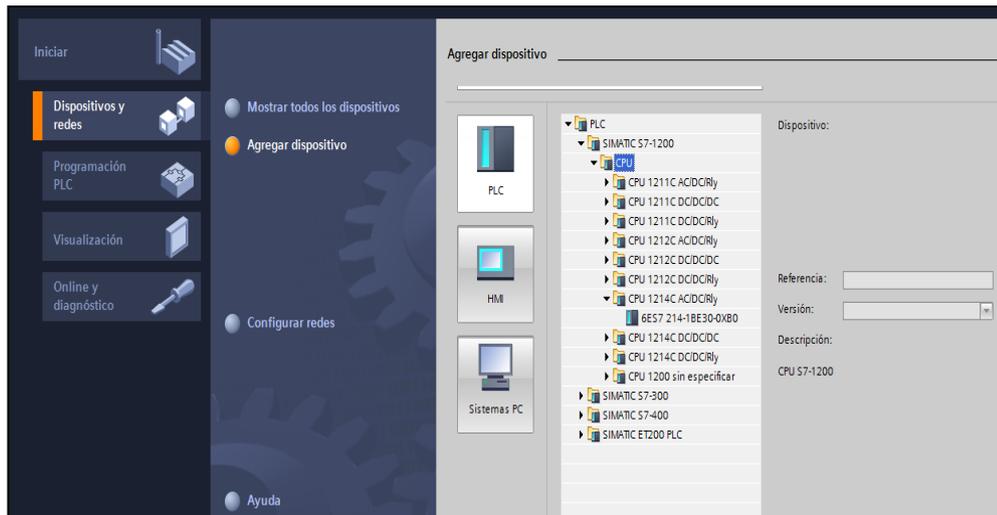


Figura 28 Selección del CPU del PLC S7-1200

Seleccionar la carpeta PLC_1 (CPU 1214C AC/DC/Relay) y dar click en la opción Cargar en dispositivo, en tipo de Interface seleccionar PN/IE, Conexión con subred seleccionar PN/IE_1 y Cargar.

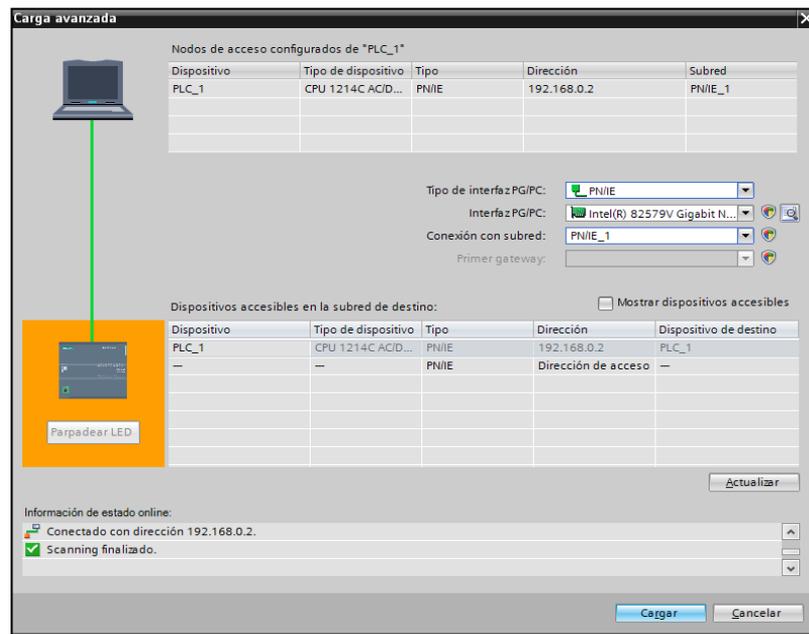


Figura 29 Carga avanzada del PLC S7-1200

Seleccionar arrancar todos, nuevamente Cargar, y esperar que se cargue la configuración, y Click en finalizar.

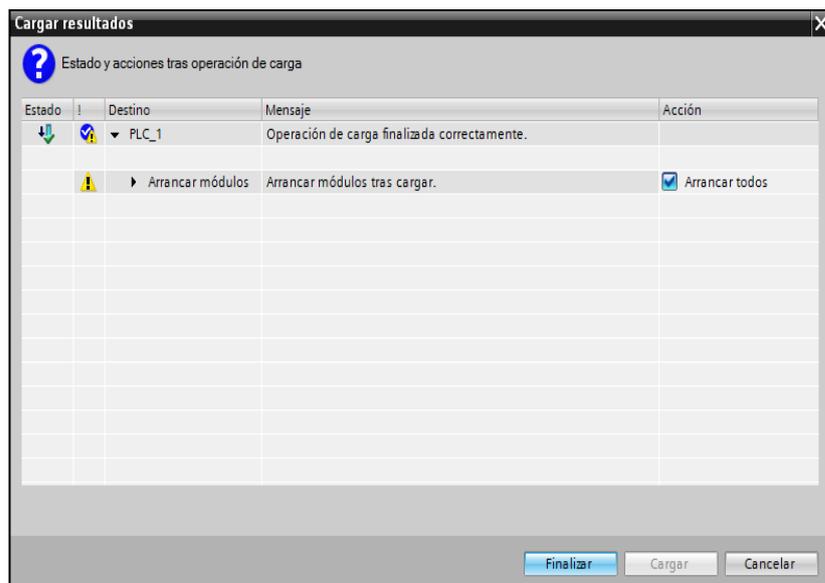


Figura 30 Carga final del PLC S7-1200

Para seleccionar el tipo de salida analógica dar click en la carpeta PLC S7-1200 y en la parte derecha nos aparece el catálogo de hardware y dar click en la carpeta AQ, AQ2x 14 bits y seleccionar 6ES7 232-4HB30-0XB0 y cargar.

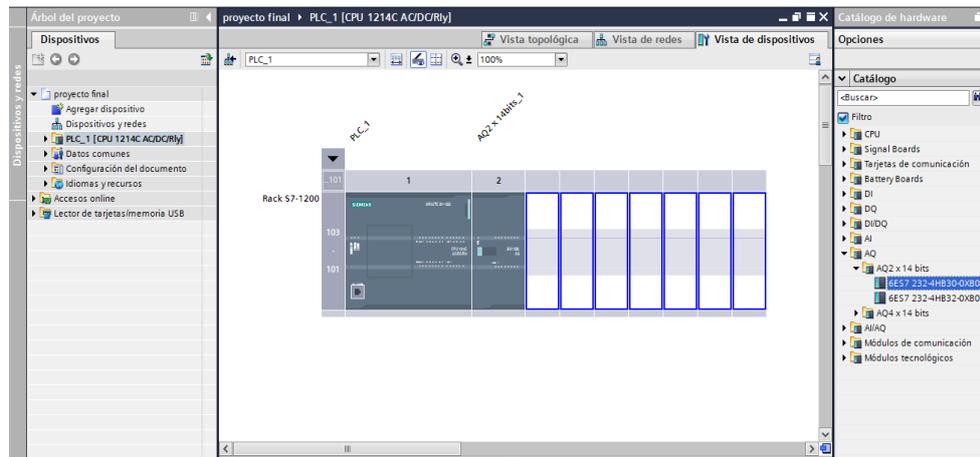


Figura 31 Selección del módulo SM 1232

3.3.2 Programación en TIA PORTAL V12

Para realizar la práctica se utilizó tres segmentos de programación las cuales constan de varias instrucciones que fueron necesarias para controlar el Motoreductor las instrucciones utilizadas en cada segmento son las siguientes:

3.3.2.1 Primer segmento de programación.

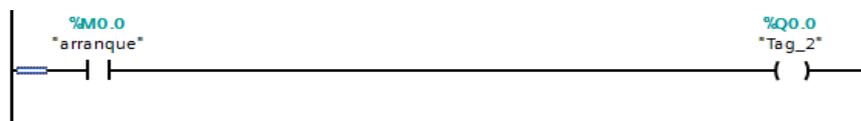


Figura 32 Arranque del Motoreductor

El primer segmento de programación consta de dos instrucciones que son: Una entrada, de tipo booleano, que es un contacto normalmente abierto con el nombre de arranque que utiliza una marca interna (**M0.0**) que reconoce el software OPC, y a la salida una bobina (**Q0.0**) Las cuales ayudara a girar el motoreductor en sentido Horario.

3.3.2.2 Segundo segmento de programación.

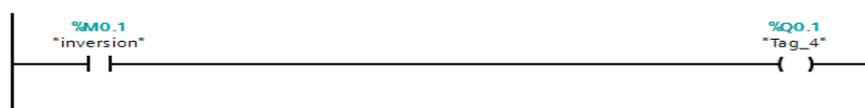


Figura 33 Inversión de giro del Motoreductor

El segundo segmento de programación consta de dos instrucciones que son: Una entrada, de tipo booleano, que es un contacto normalmente abierto con el nombre de inversión que utiliza una marca interna (**M0.1**) que reconoce el software OPC, y a la salida una bobina (**Q0.1**) Las cuales ayudara a girar el Motoreductor en sentido Anti horario.

3.3.2.3 Tercer segmento de programación

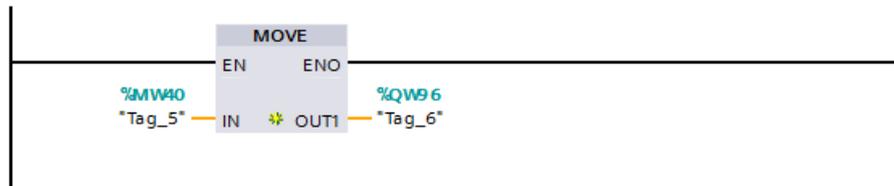


Figura 34 Control de velocidad del Motoreductor.

El tercer segmento de programación consta de una instrucción que es: Un MOVE, el cual es un registro que interpreta el valor mínimo que es 0 (**0V**) y el valor máximo que es 27648 (**10V**) para controlar la velocidad del motoreductor, el valor 27648 consta de 14 Bits (Resolución) que permite obtener 10V a la salida del módulo externo SM 1232 del PLC S7-1200.

3.3.3 Programación del Software OPC

El software OPC permite realizar la interfaz Humano – Máquina comunicando la PC mediante LabVIEW al dispositivo de control el PLC S7-1200, el cual está conectado con un módulo de señales analógicas SM1232.

Los pasos a realizar son los siguientes:

3.3.3.1 Agregar un canal de identificación

Abrir el Software OPC y dar clic en CLICK TO ADD A CHANNEL (Agregar un canal), luego se desprenderá una ventana de Identificación donde le pedirá dar un nombre al canal este nombre debe tener entre 1 a 256 caracteres, y dar clic en SIGUIENTE.

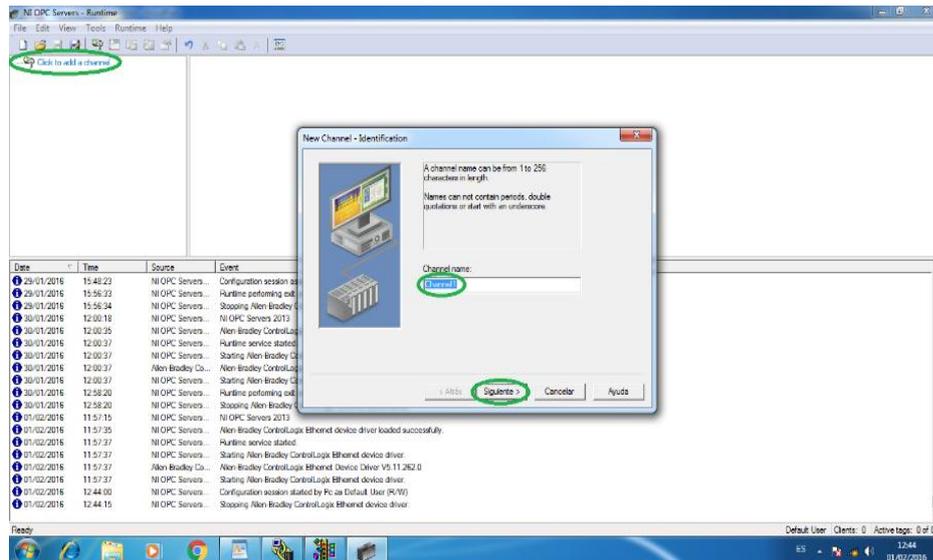


Figura 35 Nuevo canal de identificación

A continuación aparece una ventana de selección del driver que se está utilizando, dar click en la pestaña de DEVICE DRIVER y seleccionar SIEMENS TCP/IP INTERNET (Controlador de Dispositivo) lo cual es el equipo que se va a utilizar, después dar clic en SIGUIENTE.

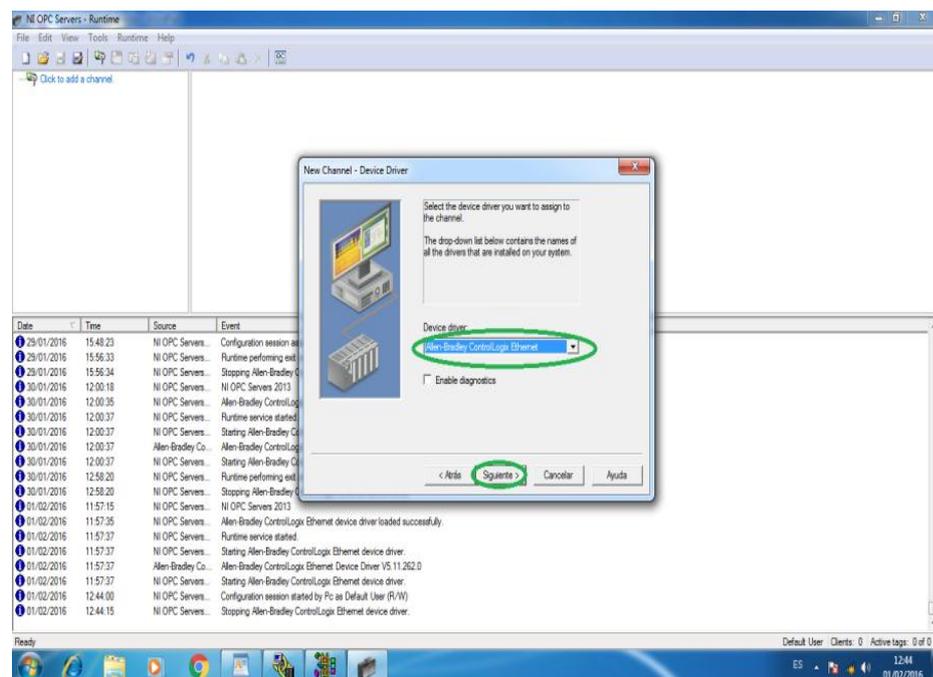


Figura 36 Selección del control del PLC

En la ventana Adaptador de Red seleccionar DEFAULT y luego dar clic en SIGUIENTE.

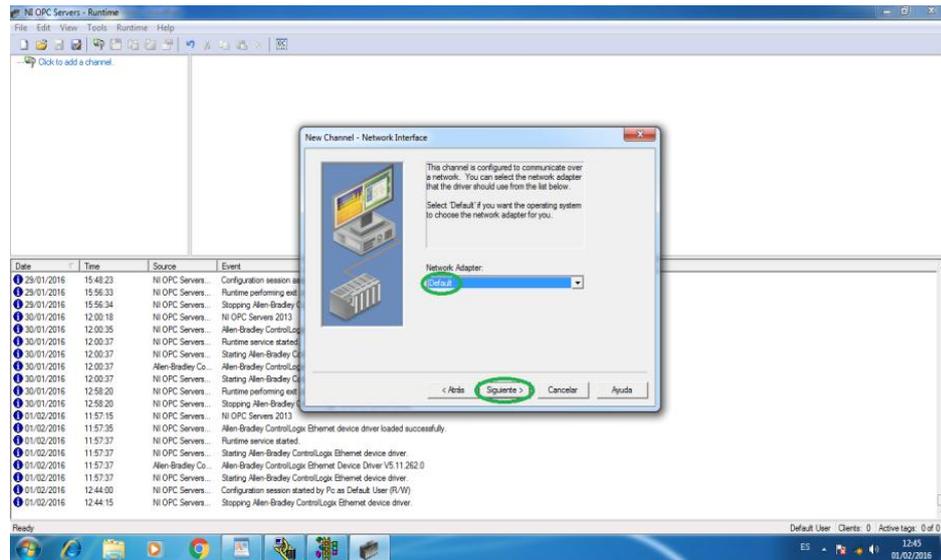


Figura 37 Ventana Adaptador de Red

No se debe realizar ningún cambio en la ventana WRITE OPTIMIZATION (Escribe optimización) y dar clic en SIGUIENTE.

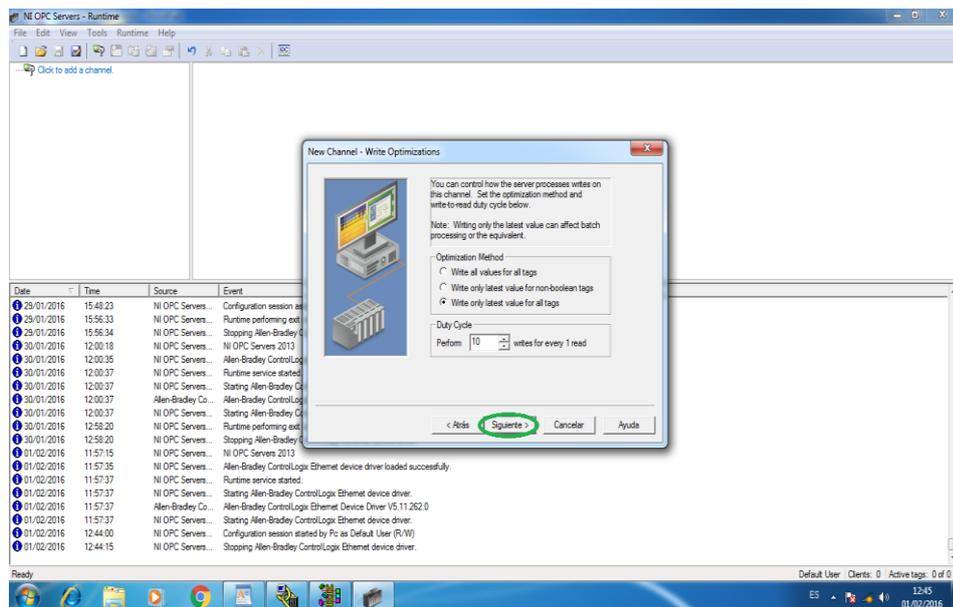


Figura 38 Ventana Write Optimization

En la ventana NON-NORMALIZED FLOAT HANDLING seleccionar REPLACED WITH ZERO, después dar clic en SIGUIENTE.

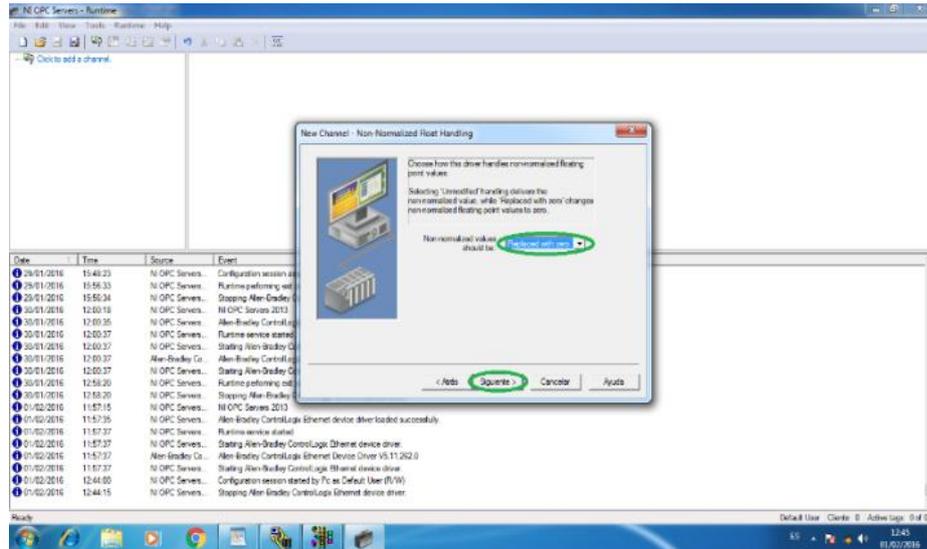


Figura 39 Ventana de Normalización

Por último en la ventana de resumen aparecerá toda la información de los parámetros establecidos anteriormente esto ayuda a visualizar si los Driver escogido es el correcto, para así evitar errores finalmente dar clic en FINALIZAR.

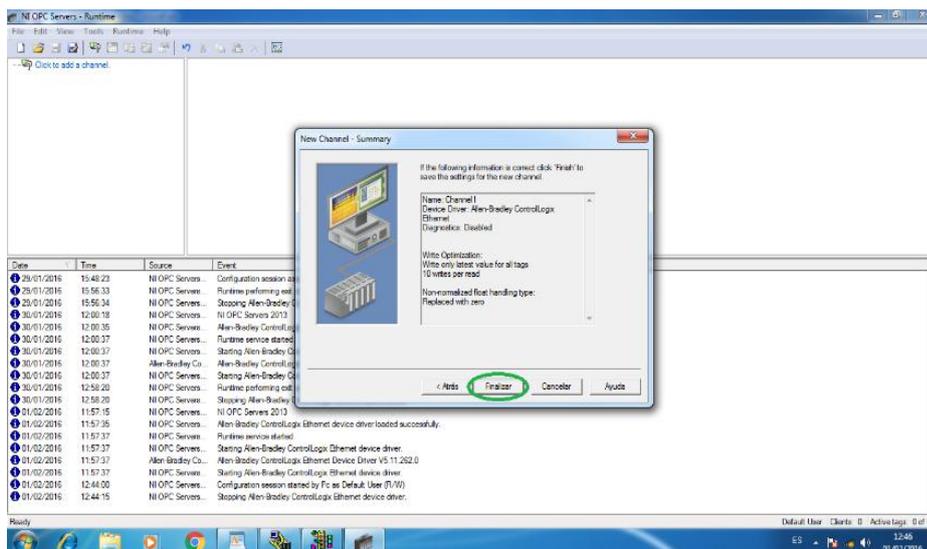


Figura 40 Finalización de la creación del canal

3.3.3.2 Nombre del Canal.

En la parte inferior del Canal creado dar clic en **CLICK TO ADD A CHANNEL** y dar un nombre si lo desea o puede dejar con el mismo nombre o cambiarlo, al terminar dar clic en **SIGUIENTE**.

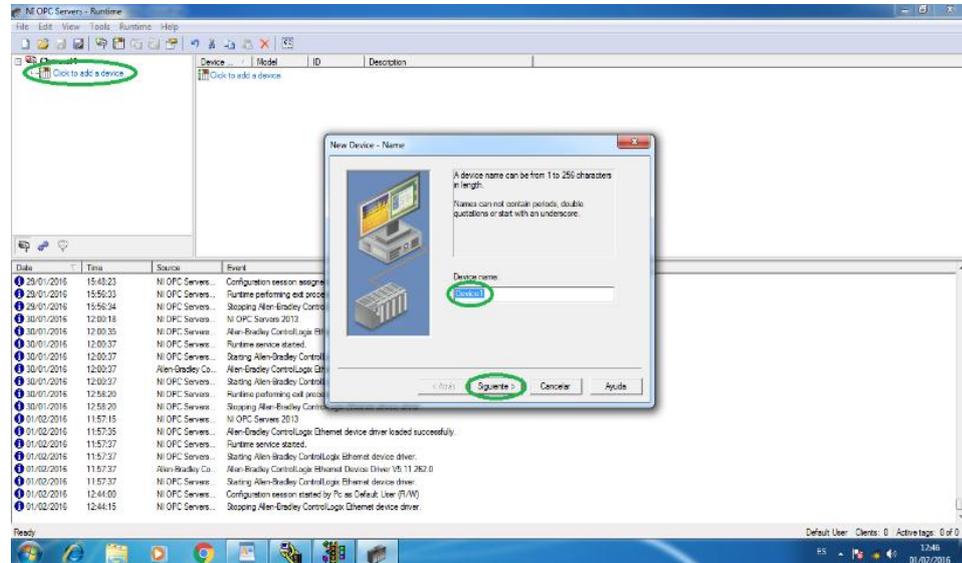


Figura 41 Proporcionar un nombre al canal

A continuación seleccionar el modelo de dispositivo a utilizar en este caso es el **PLC S7-1200** que aparece en la ventana de Modelo ya que es el equipo que se va a utilizar para la creación del proyecto.

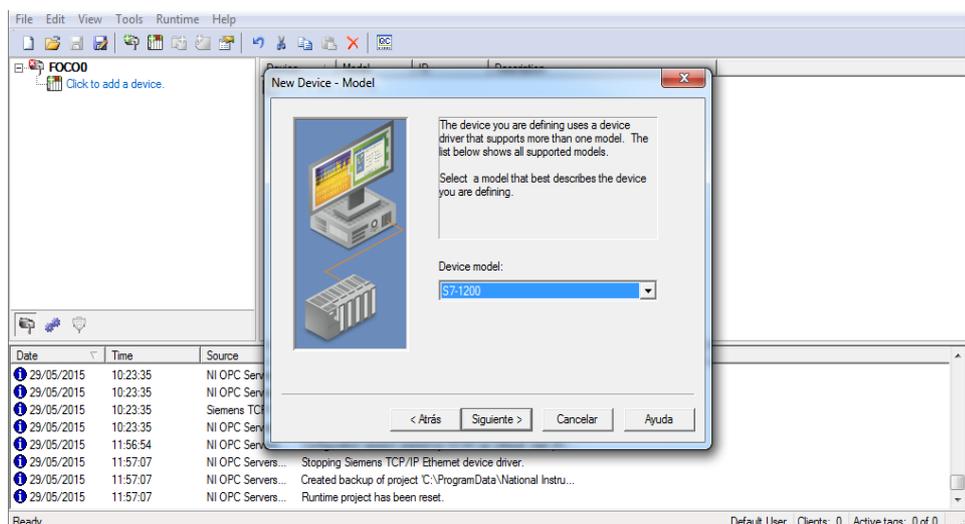


Figura 42 Selección del PLC S7-1200

Escribir la dirección IP con la que se encuentra registrado el Dispositivo PLC S7- 1200 en este caso es 192.168.0.2 luego dar clic en SIGUIENTE.

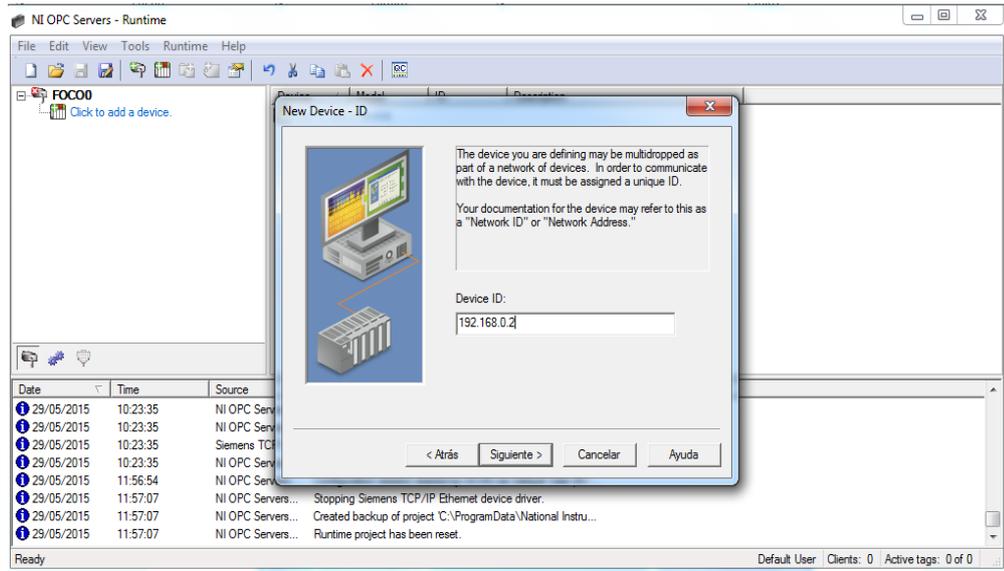


Figura 43 IP del PLC S7- 1200

En SCAN MODE (Modo de Escaneo) por default se debe dejar la opción que se encuentra al abrir la ventana y dar clic en SIGUIENTE.

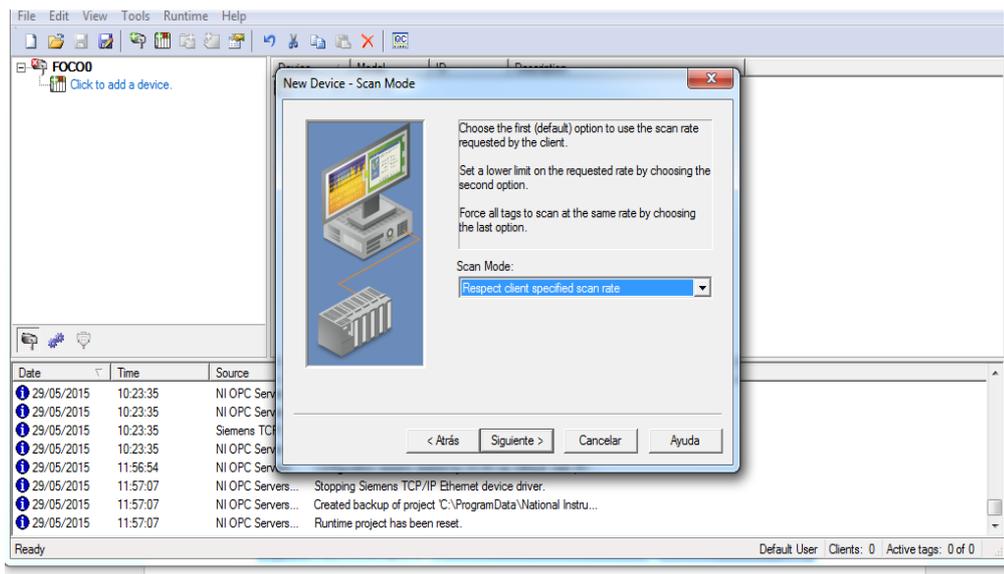


Figura 44 Ventana de Escaneo OPC

En la ventana de TIMING (Sincronización), se dejará los valores ya establecidos y dar clic en SIGUIENTE.

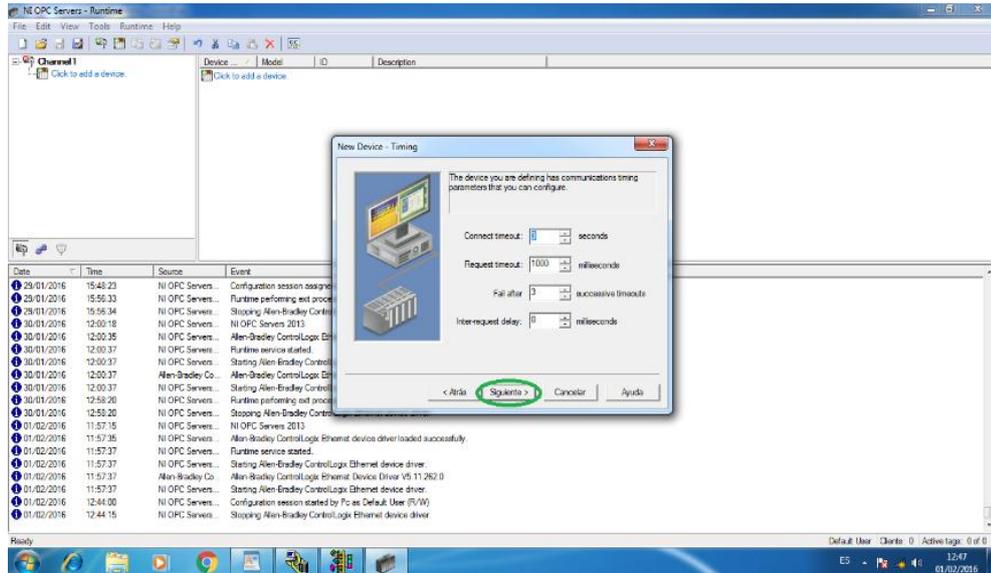


Figura 45 Valores de Escaneo OPC

No realizar ningún cambio en AUTO-DEMOTION (Descenso Automático), y dar clic en SIGUIENTE.

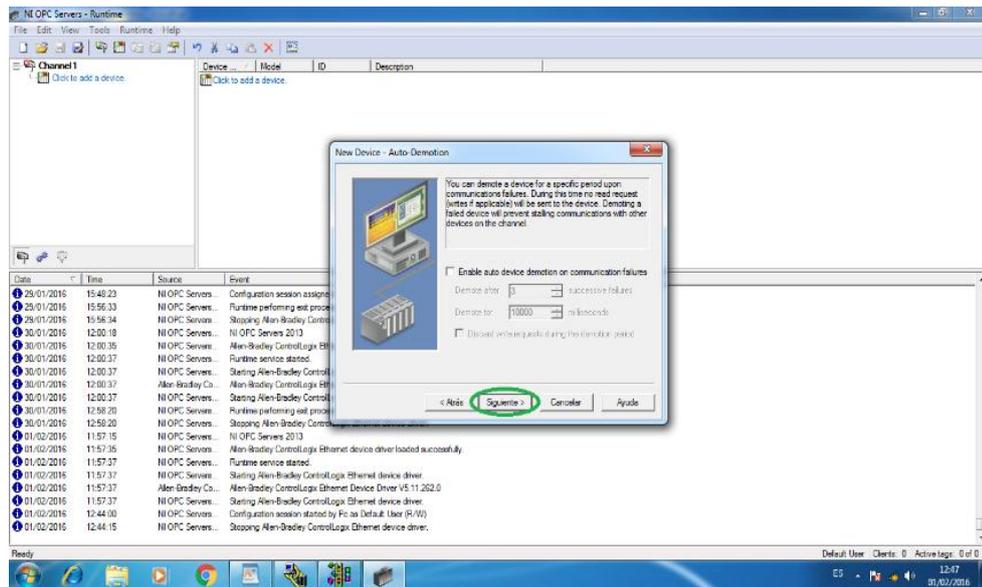


Figura 46 Ventana de Descenso Automático

En DATABASE CREATION (Creación de Base de Datos) seleccionar DO NOT GENERATE ON STARTUP (No generar en inicio), después dar clic en SIGUIENTE.

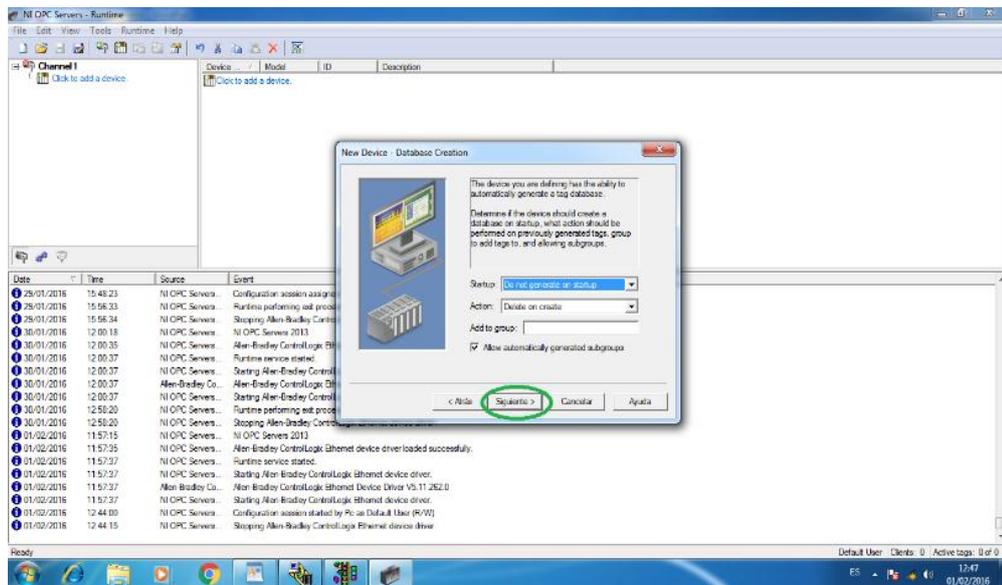


Figura 47 Creación de base de datos

En la ventana de Parámetros de Comunicación no se cambiar ningún dato y dar clic en SIGUIENTE.

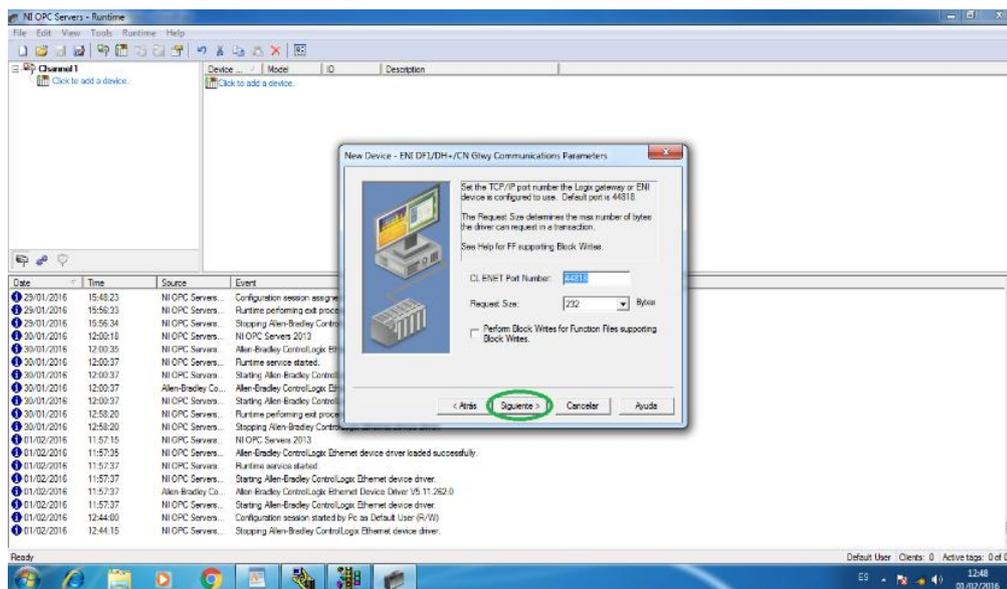


Figura 48 Ventana de Parámetros de Comunicación

Para finalizar revisar todos los parámetros ya establecidos y dar clic en FINALIZAR.

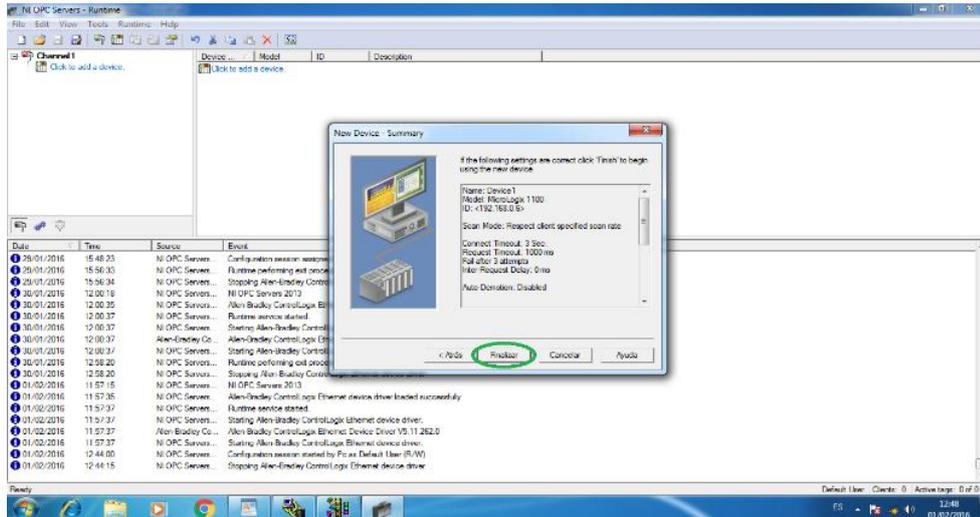


Figura 49 Ventana de verificación de parámetros

3.3.3.3 Creación de Etiquetas.

En TAG PROPERTIES (Propiedades de etiqueta) pedirá dar un nombre a la etiqueta en este caso que es ENCENDER, después dar clic en la ventana de la opción ADDRESS y escribir la dirección de la marca utilizada para encender el motor en este caso M0.0, luego dar clic en el visto de la derecha de la ventana ADDRESS y automáticamente aparecerá el tipo de dato booleano y seleccionar READ –WRITE.

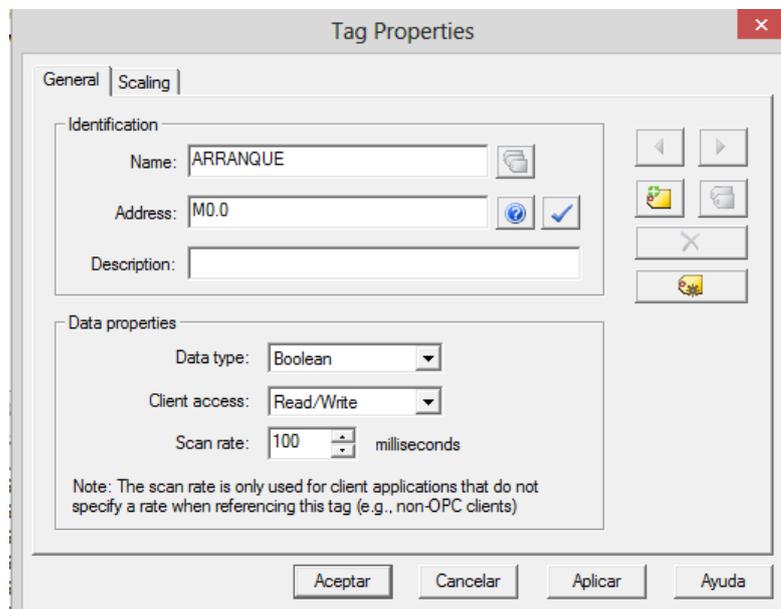


Figura 50 Creación de Etiqueta

Luego de la primera etiqueta dar clic derecho y crear otra etiqueta con el nombre INVERSION y escribir la dirección de la marca que la va a activar que es M0.1 y dar clic en el visto de la ventana ADDRESS y seleccionar READ –WRITE.

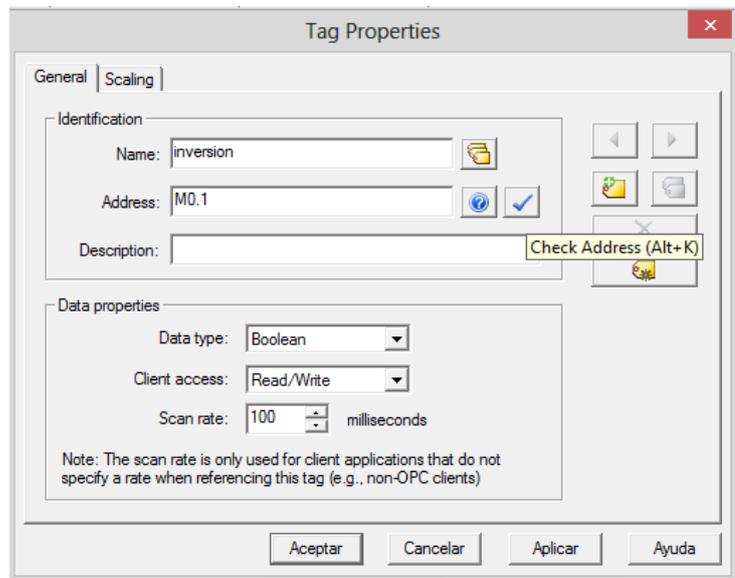


Figura 51 Nueva etiqueta

Una vez realizado las dos etiquetas tanto de encendido e inversión de giro del motoreductor en sentido HORARIO y ANTIHORARIO, proseguir a realizar otra etiqueta para el control de velocidad del Motoreductor dándole el nombre de VELOCIDAD y escribir la dirección que en este caso es MW40 que es de tipo WORD ya que ese es el dato de registro que va ayudar a variar el voltaje que nos entrega el modulo SM 1232.

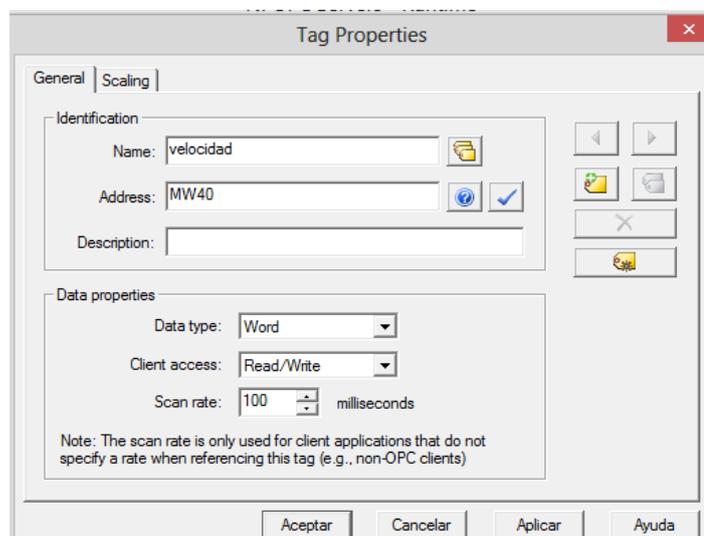


Figura 52 Selección de propiedades de la tercera etiqueta

Ya creado las tres etiquetas dar clic en el icono CONECTADO EN LINEA que se encuentra en la barra de herramientas en la parte superior de la ventana del software OPC. Luego se desplaza otra ventana donde se debe dar clic en el canal creado y se podrá verificar si se encuentra la comunicación correctamente.

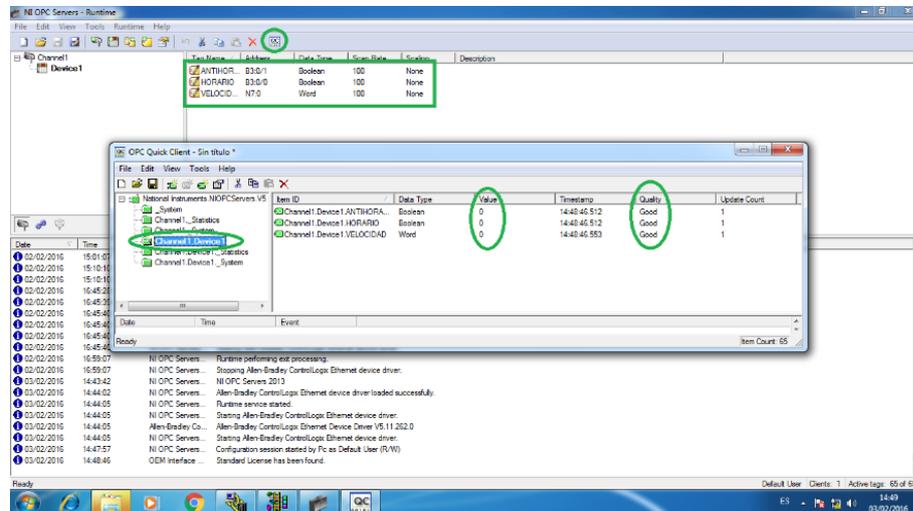


Figura 53 Verificación de las etiquetas creadas

3.3.4 Programación en LABVIEW.

Abrir el Software LABVIEW en la cual aparecerán dos ventanas las cuales son el PANEL FRONTAL y el BLOQUE DE DIAGRAMAS.

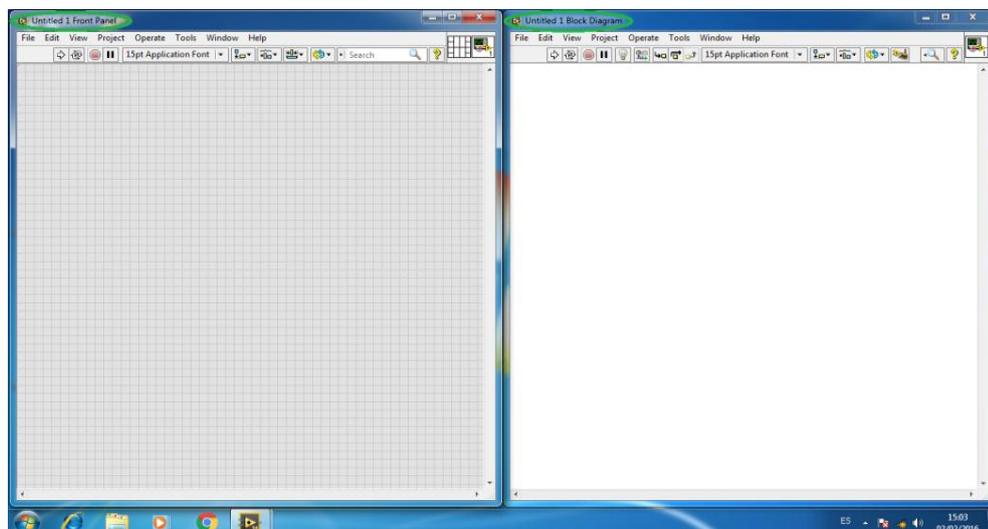


Figura 54 Ventanas del Software LABVIEW

3.3.4.1 Programación en el panel frontal

En el Panel Frontal se realizara la interfaz con el usuario donde se visualiza la ventana de controles. Dar clic derecho y aparecerán los controles, donde se seleccionara BOOLEAN y después PUSH BUTTON que se utilizara para el encendido del motoreductor.

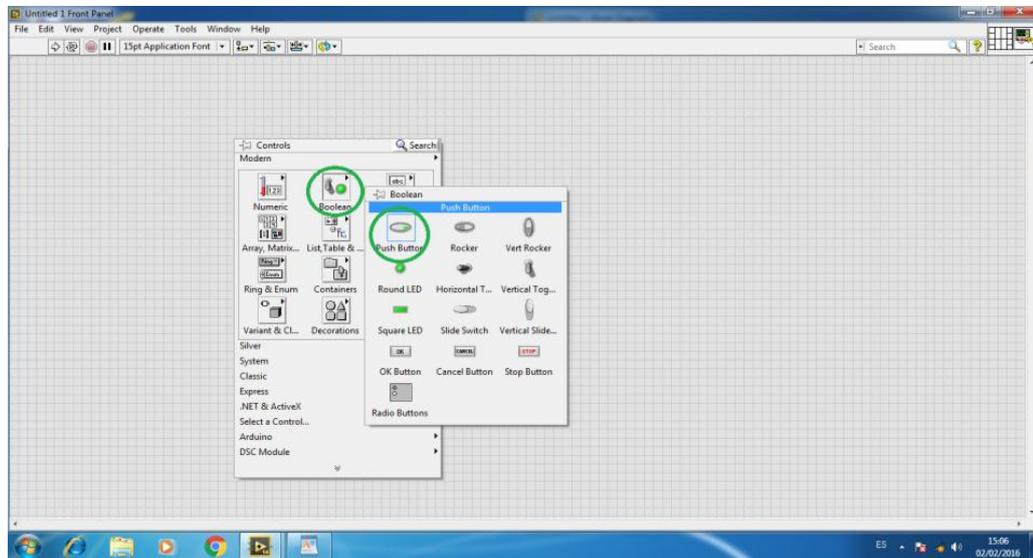


Figura 55 Creación del primer Push Button

Ya elegido el control Boolean se prosigue a elegir otro control igual para la inversión de giro del motoreductor.

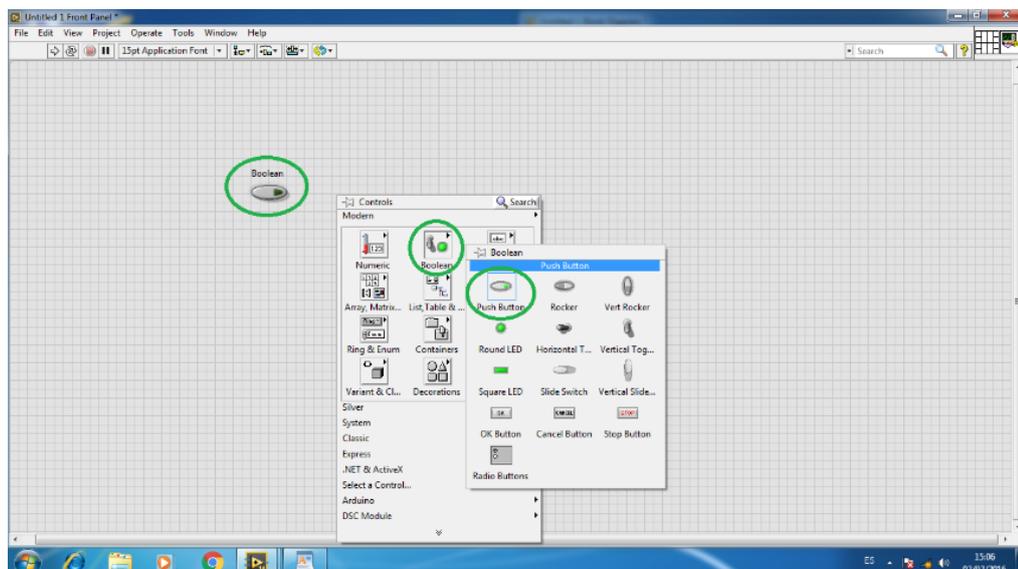


Figura 56 Creación del segundo Push Button

En la ventana de controles elegir CONTROL NUMÉRICO donde se debe seleccionar un KNOB para variar la velocidad del motoreductor.

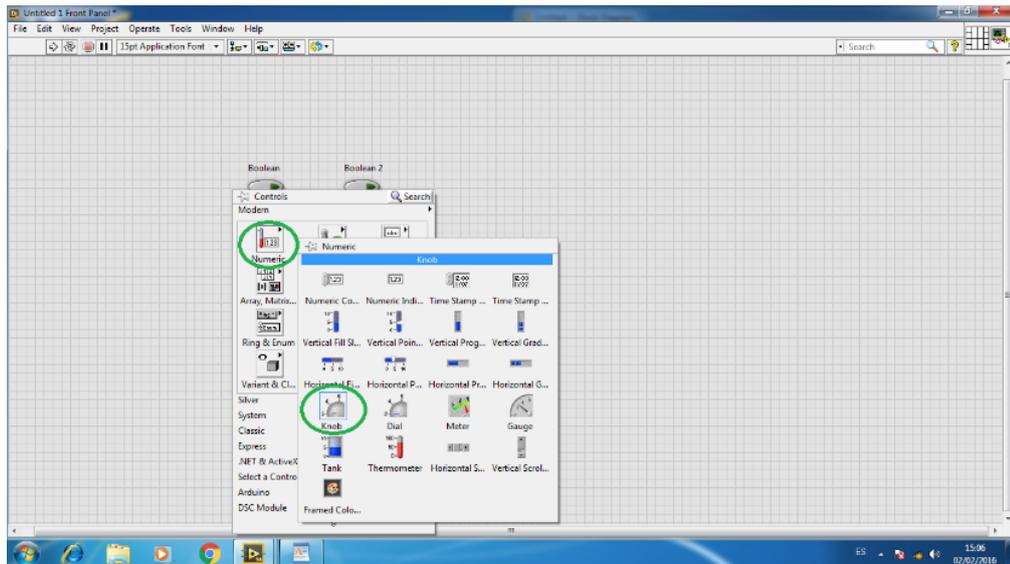


Figura 57 Creación del Knob

En el control numérico elegir 5 INDICADORES NUMERICOS en los cuales se visualizara Velocidad del motor, Velocidad del reductor, Frecuencia, voltaje, Resolución y el Porcentaje a la que se encuentra la velocidad del motoreductor.

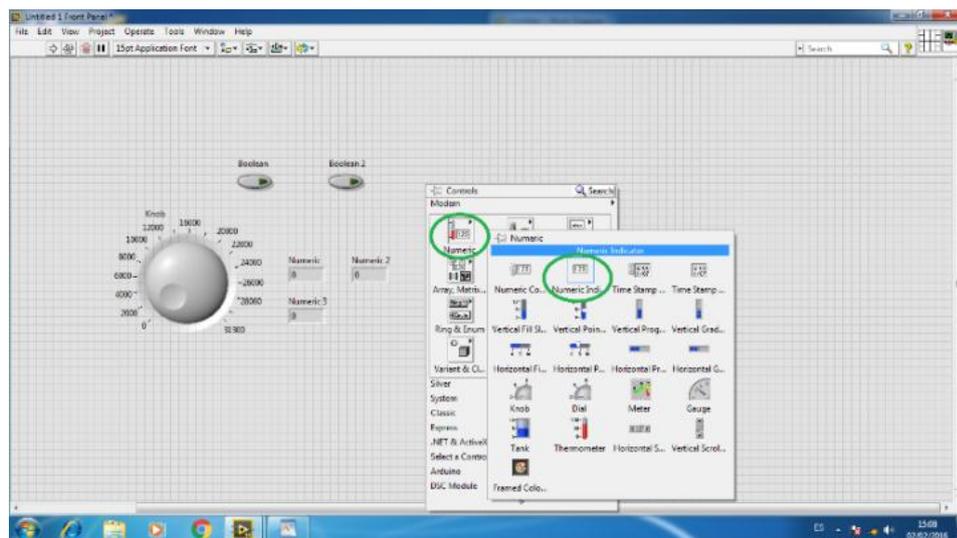


Figura 58 Creación de los Indicadores Numéricos

Dirigirse al primer control boolean en este caso es el PUSH BOTTON, dar clic derecho y seleccionar PROPIEDADES.

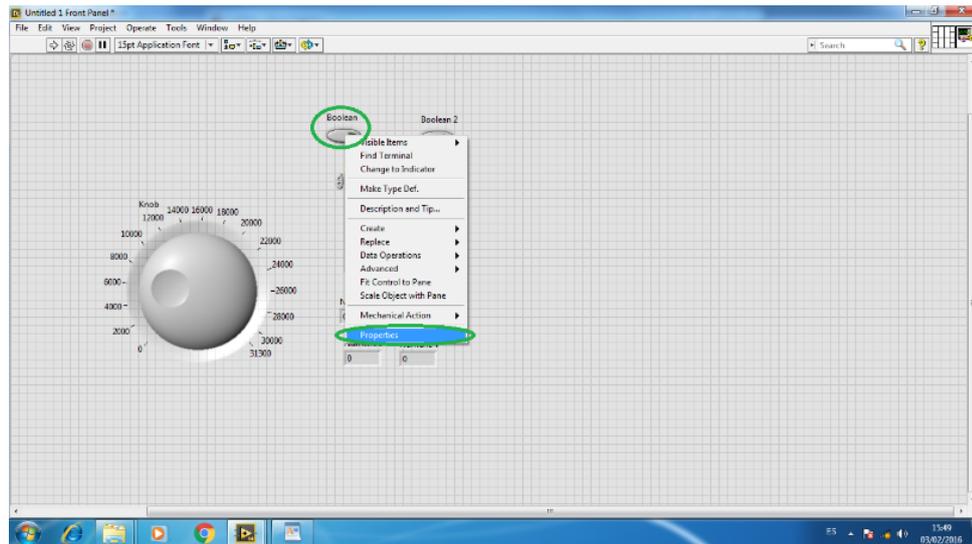


Figura 59 Propiedades del primer Push Button

Seleccionar la pestaña DATA BINDING, después elegir DATA SOCKET y seleccionar WRITE ONLY para ingresar datos, y posteriormente dar clic en DSTP SERVER el cual llevará a localizar los recursos ya realizados en OPC.

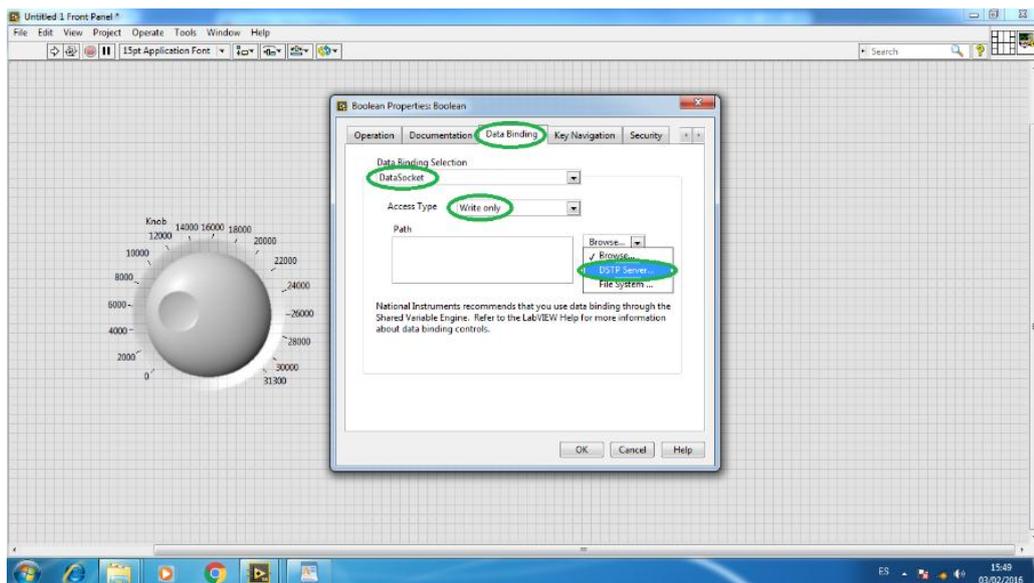


Figura 60 Selección de parámetros del Push Button

Dar doble clic en NATIONAL INSTRUMENTS.NIOPC SERVERS.V5 el cual es el recurso realizado en OPC, después seleccionar dando doble clic en el canal creado CHANEL 1, a continuación seleccionar DEVICE 1 la cuál es el nombre dado al recurso creado.

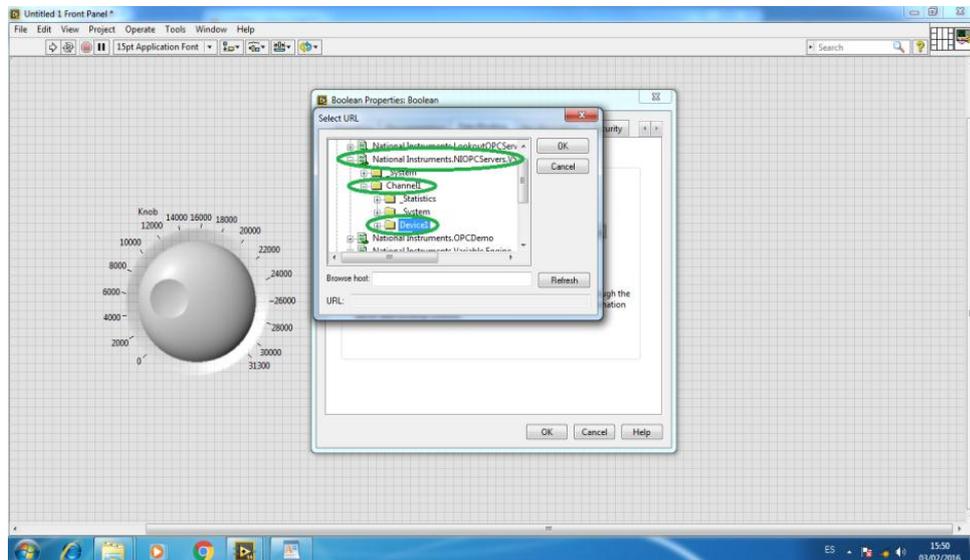


Figura 61 Selección de recursos del OPC

Seleccionar el control ENCENDER para el giro horario del motoreductor y dar clic en OK.

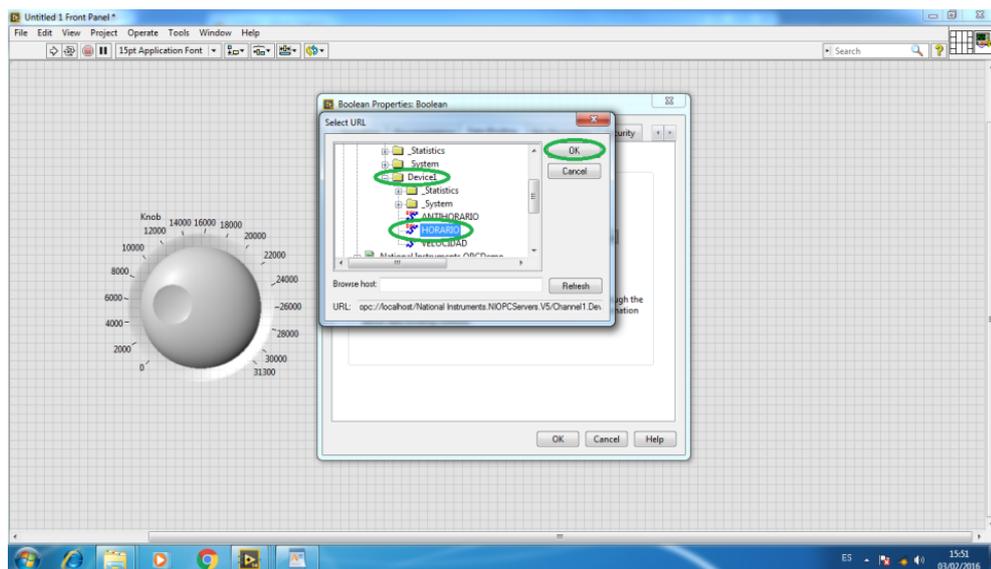


Figura 62 Selección del control Horario

Verificar que la interfaz este correctamente creada y para culminar dar clic en OK.

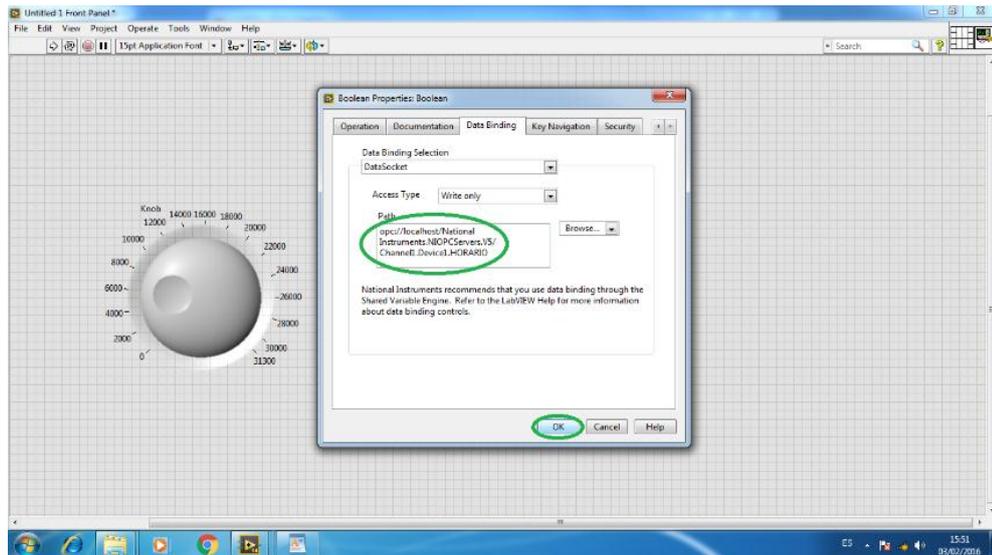


Figura 63 Verificación de la Interfaz Horario

Realizar los mismos pasos anteriores seleccionando el control INVERSION el cual invierte el giro del motoreductor.

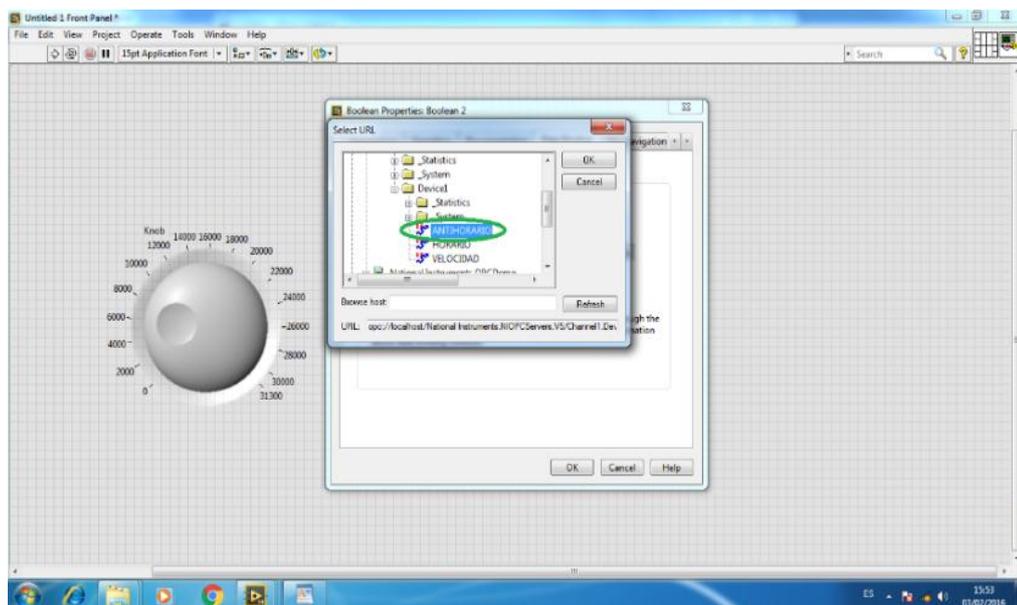


Figura 64 Selección del control Anti- Horario

Para realizar los parámetros del Knob seleccionar el control VELOCIDAD que direccionan el Datasocket creado anteriormente.

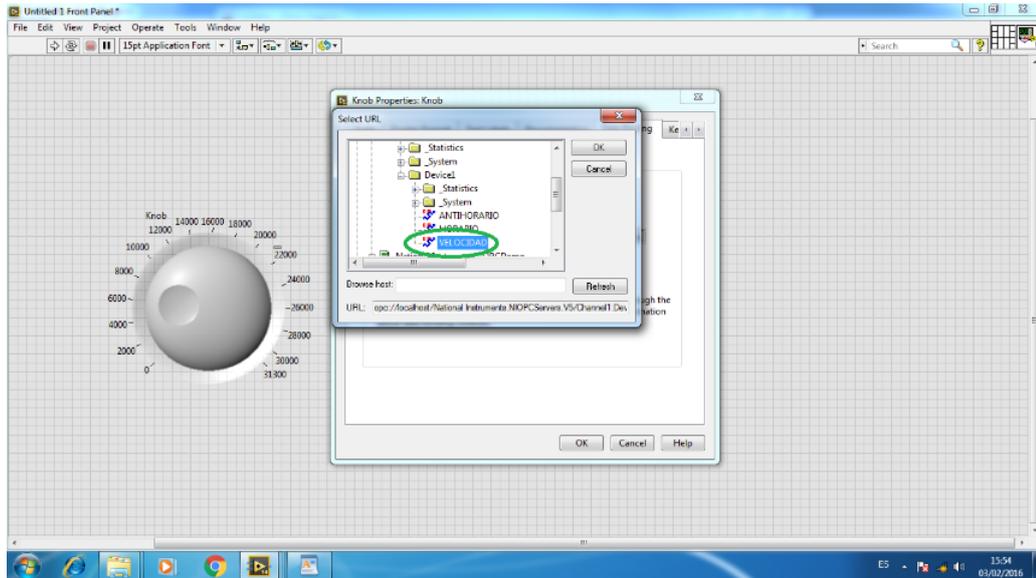


Figura 65 Selección del control Velocidad

Verificar que todos los parámetros sean correctos de la interfaz y dar clic en OK.

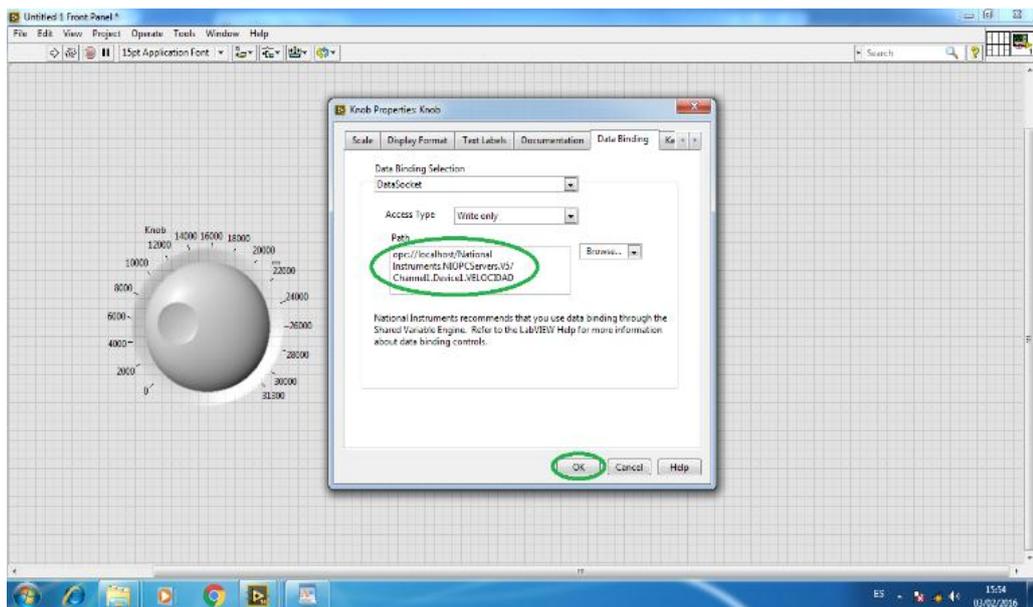


Figura 66 Verificación de la Interfaz Velocidad

3.3.4.2 Programación en el Bloque Diagramas.

En la función NUMERIC seleccionar los controles Multiplicar y Dividir los cuales ayudara a realizar los cálculos para la visualización de Voltaje, Frecuencia, Resolución y el Porcentaje de velocidad del motor, y del reductor.

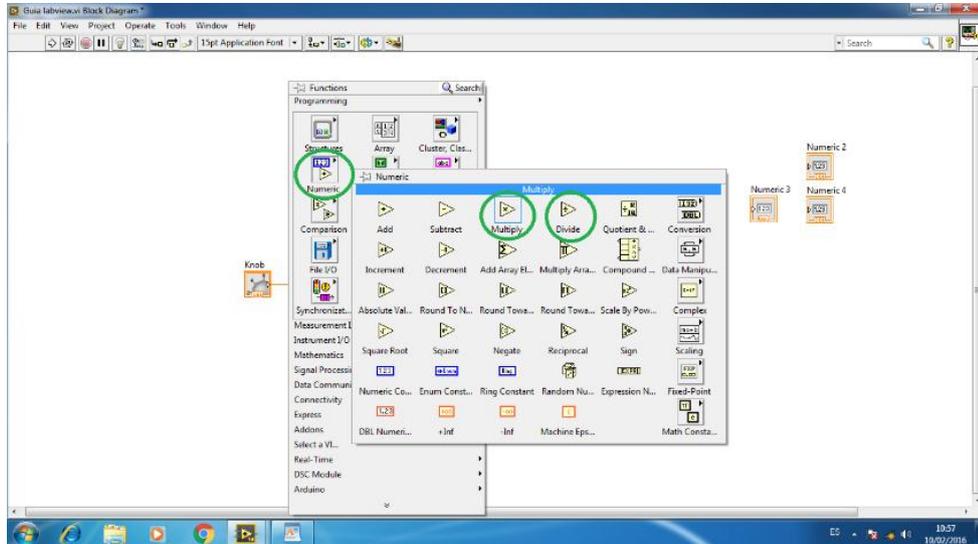


Figura 67 Funciones Matemáticas en labVIEW

Calculo de variables Voltaje, Frecuencia y porcentaje de velocidad.

Los cálculos realizados son los siguientes:

➤ **VOLTAJE:**

$$V = (\text{Valor a Ingresar} \times 10) \div (27648)$$

➤ **PORCENTAJE:**

$$\% = (\text{Voltaje} \times 100) \div (10)$$

➤ **FRECUENCIA:**

$$\text{Hz} = (\text{Porcentaje} \times 60) \div (100)$$

➤ **VELOCIDAD REDUCTOR:**

$$V.R = (\text{Valor a Ingresar} \div 60)$$

➤ **RESOLUCION DEL PLC**

$$R = (\text{Valor a Ingresar} \div 1615) \times 27648$$

Realizar la programación respectiva de cada variable mencionada dentro del diagrama de bloques de LabVIEW.

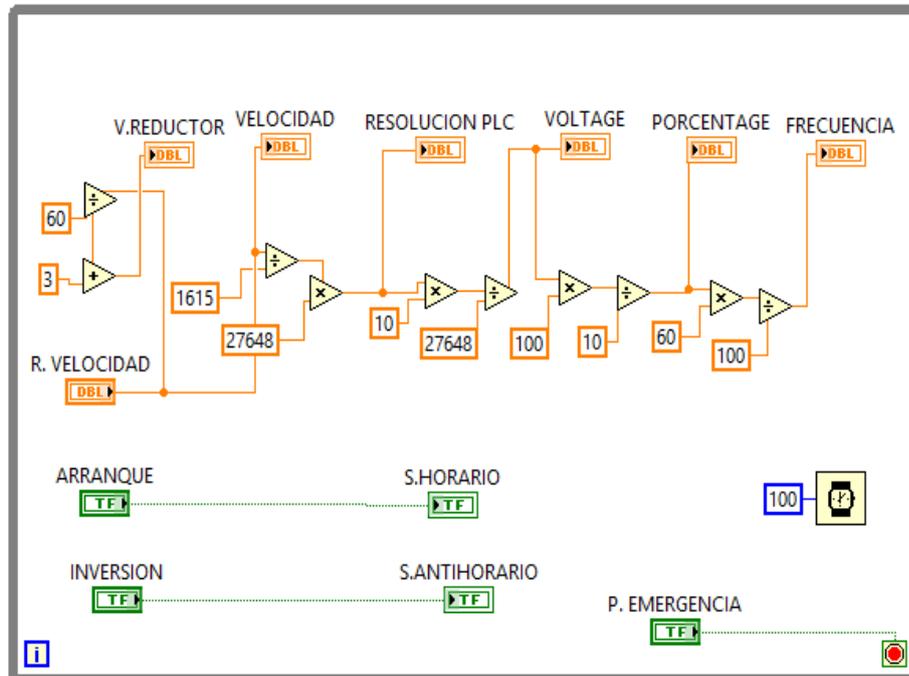


Figura 68 Escalamiento del HMI en LabVIEW

3.4 Implementación del HMI mediante LabVIEW, PLC y Power Flex.

Una vez verificado las conexiones del hardware; Pc, PLC S7-1200, Power Flex y Motoreductor; se procede hacer la conexión con el software, para lo cual se instaló la interfaz entre el PLC y el cliente OPC LabVIEW (Red Profinet) desarrollado el instrumento virtual del control de velocidad e inversión de giro con su escalamiento respectivo 0 – 1615 rpm, se comprobó su funcionamiento quedando implementado el HMI como se observa en la figura 69.

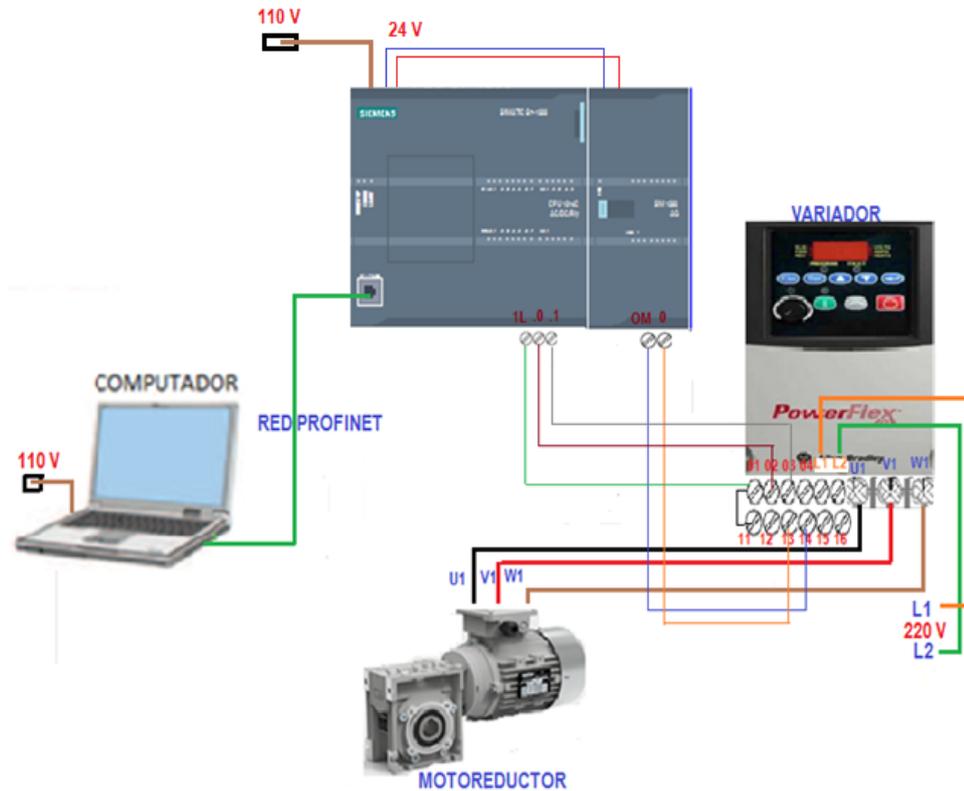


Figura 69 Diagrama de conexión del HMI

En la figura 70, se observa que cuando la velocidad es máxima 1615 rpm, el voltaje que entrega el PLC es de 10 V, dando una frecuencia máxima en el Power Flex de 60 Hz y la velocidad en el reductor es de 10 rpm.

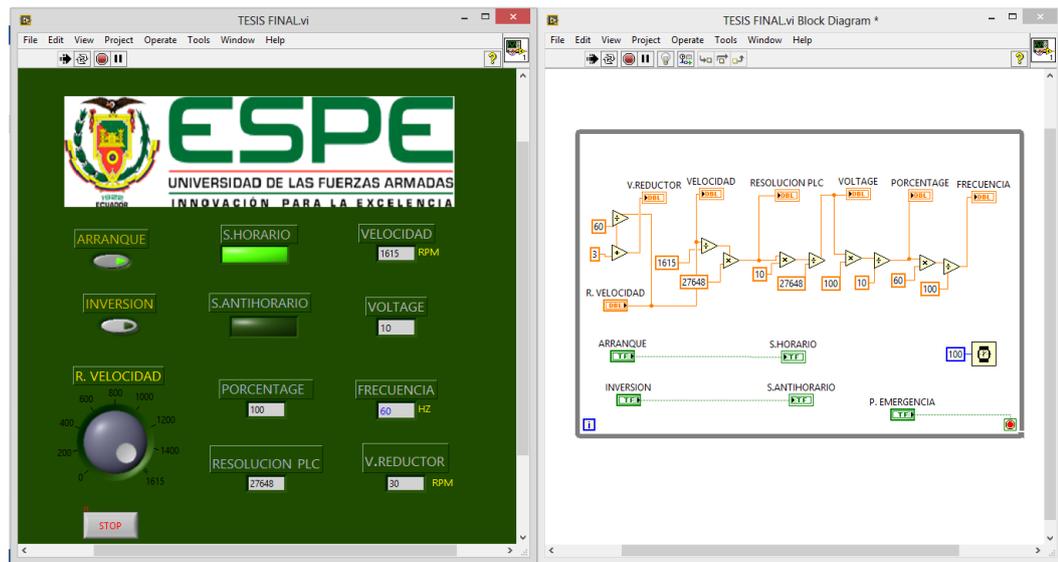


Figura 70 Funcionamiento del proyecto en LabVIEW

3.5 Pruebas de funcionamiento.

Para verificar el funcionamiento del HMI se procedió a verificar físicamente las señales eléctricas, como el voltaje enviado por el PLC al variador de velocidad power flex, determinándose que el valor visualizado en el voltímetro y el instrumento virtual es de 4.352 V y 4.3 respectivamente.

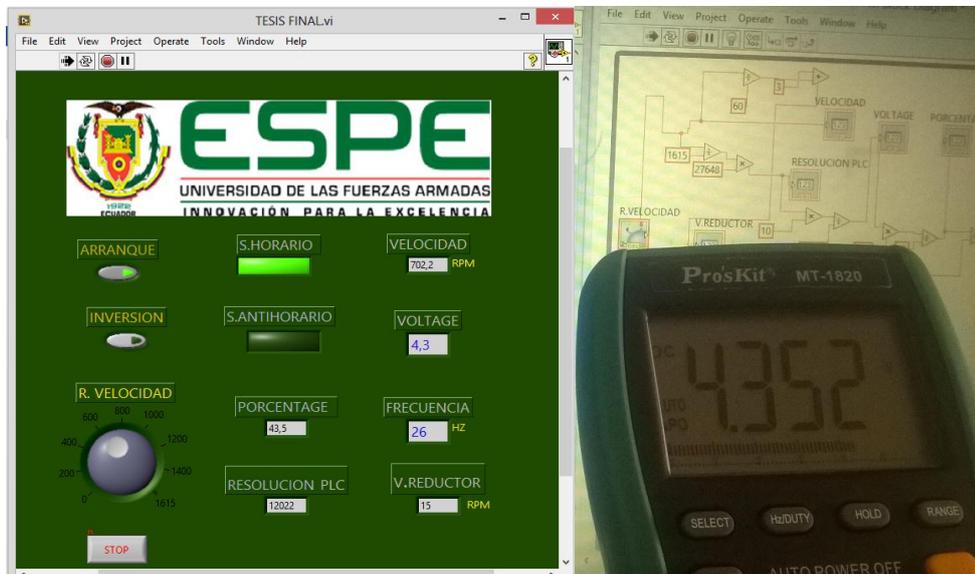


Figura 71 Voltaje en LabVIEW y en el Módulo SM1232

Lo mismo se hizo con la frecuencia adquirida con el software LabVIEW, siendo similar a la frecuencia del Variador de velocidad Power Flex (**25.9 Hz**) que corresponde a una velocidad de 699.5 rpm del motor, y la velocidad de salida del reductor de 14 rpm.

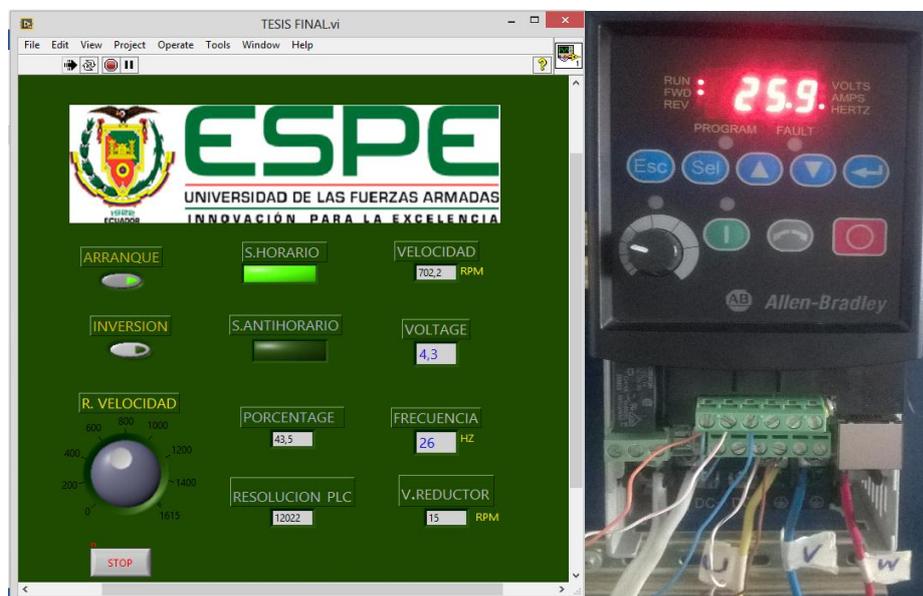


Figura 72 Frecuencia en LabVIEW y en el Power Flex 4

Para determinar la respuesta del Motoreductor, se programó diferentes valores de velocidad para el motor y se midió mediante un tacómetro laser las rpm en el eje del motoreductor.

Tabla 9

Velocidad del motor & Velocidad del reductor

Muestras	N.1	N.2	N.3	N.4	N.5	N.6	N.7	N.8	N.9
Velocidad Motor	100	300	500	700	900	1100	1300	1500	1615
Velocidad Reductor	4.7	8	11	15	18	21	25	28	30

Fuente: Masapanta 2016

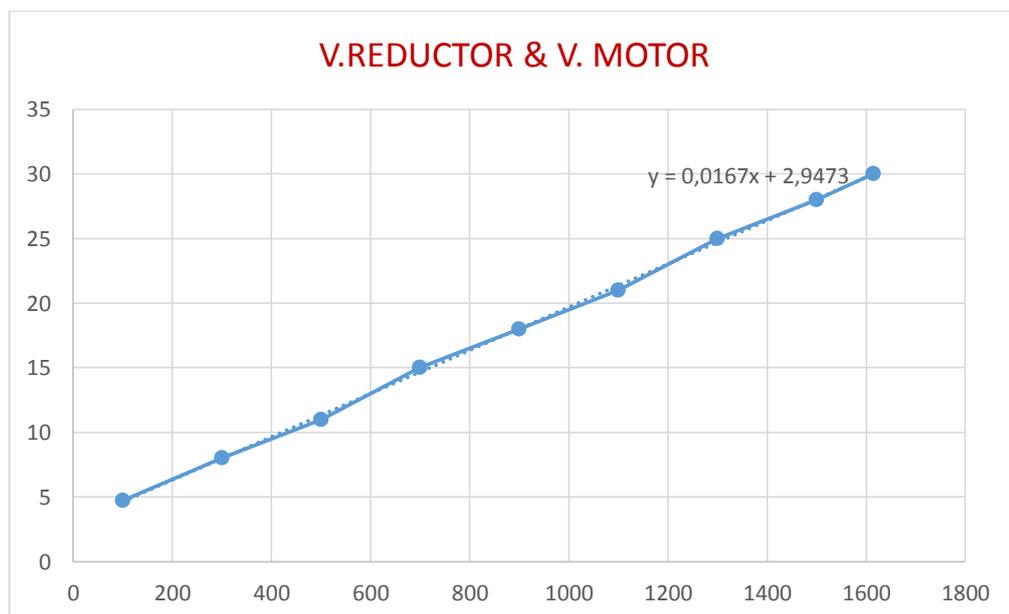


Figura 73 Comparación de velocidad del motoreductor

Con los datos obtenidos se graficó la curva de tendencia del funcionamiento del motoreductor concluyéndose que su respuesta es lineal $Y = 0,0167x + 2,9473$ en una relación 60:1.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La indagación de las características y el funcionamiento del Motoreductor Angular, permitió determinar los parámetros necesarios para el control de velocidad de la máquina y con ello asegurar su correcto funcionamiento.
- Se establecieron los requerimientos mínimos para el HMI como el Motoreductor angular, variador de velocidad Power Flex, PLC S7-1200, Softwares TIA Portal y la LabVIEW todo este conjunto de dispositivos trabajaron conjuntamente para cumplir con el objetivo planteado.
- Se implementó un HMI mediante un instrumento virtual creado en labVIEW, para variar la velocidad e invertir el sentido de giro del motoreductor, a través del variador de frecuencia Power flex 4 el cual tiene una entrada variable 0-10V, voltaje que es enviado por el PLC S7-1200, a través de la programación de su salida analógica en TIA PORTAL V12 .
- Mediante las pruebas de funcionamiento se pudo determinar que la tendencia de respuesta del motoreductor es lineal, es decir varía en forma proporcional a la velocidad del motor.

4.2 Recomendaciones

- Revisar las especificaciones y características de cada equipo para realizar una correcta conexión entre los equipos antes de alimentar a los dispositivos con voltaje.
- Para la comunicación de los dispositivos con la PC verificar que las direcciones IP sean las correctas, asignando diferentes direcciones IP (Protocolo de Internet) tanto para el PLC S7-1200 como para la PC para que el software permita la comunicación.
- El motor nunca debe sobrepasar su velocidad máxima porque 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.
- Tener cuidado al momento de tomar las muestras necesarias del movimiento del motoreductor para así evitar una respuesta incorrecta acerca del tendencia que entrega.

GLOSARIO DE TERMINOS

A/D	Análogo/Digital.
API	Interfaz de Programación de Aplicaciones.
CA	Corriente Alterna.
CPU	Unidad Central de Procesamiento.
D/A	Digital/Análogo.
E/S	Entradas/Salidas.
HMI	Interface Humano Máquina.
HP	Caballo de Fuerza.
Hz	Hertz.
IP	Protocolo de Internet.
LCD	Pantalla de Cristal Líquido.
LABVIEW	Laboratorio Virtual de Ingeniería de Instrumentación Workbench.
OPC	Plataforma de Comunicación Abierta.
PLC	Controlador Lógico Programable.
PC	Computadora Personal.
VI	Instrumentos Virtuales.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABB. (9 de Mayo de 2015). *library.e.abb.com*. Obtenido de *library.e.abb.com*:
https://library.e.abb.com/public/477b5b9a47443becc125791a003ab324/1TXA007106G0701_CT6.pdf
- Allen-Bradley. (Octubre de 2009). *Manual del Usuario del PowerFlex 4*. Obtenido de Manual del Usuario del PowerFlex 4:
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/qs/22a-qs001_-es-p.pdf
- Bonfiglioli. (14 de Enero de 2015). *www.bonfiglioli.com*. Obtenido de *www.bonfiglioli.com*:
http://www.bonfiglioli.com/media/filer_public/ee/46/ee46ca71-33cc-4689-bbd3-b732b33673b2/br_cat_vf-w_std_spa_r02_1.pdf
- Bonfiglioli. (20 de Septiembre de 2016). *drivesystemsuk*. Obtenido de *drivesystemsuk*: <http://www.drivesystemsuk.co.uk/bonfiglioli.html>
- Bradley, A. (16 de Julio de 2016). *ab.rockwellautomation.com*. Obtenido de *ab.rockwellautomation.com*:
<http://ab.rockwellautomation.com/es/drives/powerflex-4#overview>
- Cobo, R. (2010). *El ABC de la Automatización*. Obtenido de El ABC de la Automatización: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>
- Fuentes. (Mayo de 2007). *www.emb.cl*. Obtenido de *www.emb.cl*:
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=701>
- Hinojosa, H. (3 de Enero de 2002). *espol.edu.ec*. Obtenido de *espol.edu.ec*:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4477>
- HMI, C. (2005). *iaci.unq.edu.ar*. Obtenido de *iaci.unq.edu.ar*:
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- Instruments, N. (25 de Julio de 2016). *Introducción al LabVIEW*. Obtenido de *Introducción al LabVIEW*:
ftp://ftp.ehu.es/cidira/dptos/dejpt/Instrumentacion/BK-ANGEL/10_LabVIEW/Introducci%F3n.PDF
- Matrikon. (26 de Julio de 2016). *matrikonopc.es*. Obtenido de *matrikonopc.es*: <http://matrikonopc.es/opc-servidor/index.aspx>

- Pilicita, D. (1 de Agosto de 2016). *e pn.edu.ec*. Obtenido de *e pn.edu.ec*:
http://biblioteca.e pn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12238&shelfbrowse_itemnumber=44936
- Sanchez, R. (20 de Septiembre de 2016). *http://html.rincondelvago.com*.
Obtenido de <http://html.rincondelvago.com>:
<http://html.rincondelvago.com/reductores-de-velocidad-o-motorreductores.html>
- Siemens. (16 de Noviembre de 2009). *w5.siemens.com*. Obtenido de *w5.siemens.com*:
<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- Siemens. (10 de Enero de 2016). *SIMATIC STEP 7 (TIA PORTAL)*. Obtenido de *SIMATIC STEP 7 (TIA PORTAL)*:
<https://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/controller-sw-tia-portal/pages/default.aspx>

ANEXOS