

# Configuración y Programación del PLC S7-1200 en comunicación PROFIBUS con el UNIDRIVE SP para uso Industrial.

Francisco Yumbra, Ing.<sup>1</sup>, Joel Landivar, Ing.<sup>2</sup>

Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, Laboratorio de Electrónica de Potencia

[fyumbra@espol.edu.ec](mailto:fyumbra@espol.edu.ec)<sup>1</sup>, [joeland@espol.edu.ec](mailto:joeland@espol.edu.ec)<sup>2</sup>

*Resumen— En este artículo trata la implementación de un enlace de datos PROFIBUS-DP entre un PLC S7-1200 de SIEMENS funcionando como maestro de red, utilizando el módulo de comunicación CM 1243-5, y el UNIDRIVE SP de Control Techniques con su respectivo módulo de expansión SM PROFIBUS-DP funcionando como esclavo de la misma red con el propósito de controlar motores eléctricos AC de inducción o servomotores AC. Adicionalmente se hace una explicación básica de las transferencias de datos de manera cíclica y no cíclica (del tipo palabra PPO4 o Palabra única de CT) y algunas de las características con las que se identifican cuando nos encontramos con el protocolo de comunicación industrial PROFIBUS DP.*

*De la misma manera, se hace un repaso de los parámetros que comúnmente se pueden encontrar en un variador de velocidad (VSD), palabras de datos en la memoria interna del VSD y configuración básica del VSD UNIDRIVE SP en el software CTSOft.*

*Paralelamente, se examina la configuración de un programa en un PLC S7-1200 con el software TIA PORTAL, con el objetivo de recibir la información proveniente del VSD, almacenarla en variables internas (espacios de memoria del PLC).*

*El resultado final, es el desarrollo de un entorno en donde existe la capacidad de interpretar y manipular dicha información y finalmente dar comandos a través del mismo enlace PROFIBUS DP al VSD tanto para poner en marcha un motor eléctrico o servomotor AC, tener control sobre sus variables, o para establecer un intercambio de información entre PLC y VSD y por consiguiente automatizar un proceso, sin importar que los equipos sean de distinto fabricante, utilizando el archivo GSD del variador propio de cada marca.*

**Keywords— S7-1200, PROFIBUS, UNIDRIVE SP, AC Servo motor, TIA PORTAL.**

*Abstract—This article shows the implementation of a PROFIBUS-DP data link between a SIEMENS's S7-1200 PLC, working as a network master using a CM 1243-5 communications module, and the UNIDRIVE SP from Control Techniques with its SM-PROFIBUS expansion module to work as a slave on the same network with the purpose of controlling electric AC motors, whether these are induction or AC servo motors.*

*Additionally, a basic explanation on data transfers is made, both cyclic and non-cyclic (PPO4 Word and CT only Word) and some of their typical characteristics, which are found when we deal with the industrial communications protocol PROFIBUS DP.*

*Similarly, concepts as VSD, VSD's parameters list and data words on the VSD's internal memory are reviewed, and also the VSD's basic configuration using the CTSOft software for setting up, run and operate and electric motor, having control over its variables*

*or to establish the information exchange between the PLC and the Drive and therefore, to automate a process.*

*Simultaneously, we address the steps to create a PLC program using the TIA PORTAL software for receiving information from the VSD, store it in internal variables (PLC's internal memory).*

*The end result, is the development of an environment which allows to interpret and manipulate said information, give instructions through the same PROFIBUS DP network to the VSD so it commands the AC motor or servo motor used on the process, hence the possibility to automate a whole system even if the devices (PLC and VSD) are from different manufacturers, thanks of the use of the VSD's GSD file given by the manufacturer.*

**Keywords—S7-1200, PROFIBUS, UNIDRIVE SP, AC Servo motor, TIA PORTAL.**

## I. INTRODUCCIÓN

En la Industria de procesos y de manufacturas, es muy común, dentro de las líneas de producción, la implementación de aplicaciones que utilizan VSDs (Variable Speed Drive) como accionadores de motores AC y DC. Estos funcionan como uno de los bloques que intervienen en la conversión de energía eléctrica a energía mecánica con el fin de dar movimiento a la maquinaria utilizada en estos procesos ya sea arrancando motores eléctricos, variando su torque, ángulo de giro del eje o en su defecto, variando la velocidad de los mismos. A medida que aumentan los requerimientos y la complejidad de dichas aplicaciones, a veces es necesario dejar a un lado el manejo de una planta por parte de los operadores y realizar la automatización del sistema ya sea para mejorar la calidad, volumen de producción o precisión del proceso. Es en estos casos en que por lo general, se introduce el control por medio de autómatas programables los cuales están designados a monitorear las variables del proceso y, en concordancia a las instrucciones en su memoria, accionar los diferentes actuadores de la planta, entre ellos los variadores de velocidad. [1]

Cuando se hace referencia a un motor eléctrico AC, por lo general se tiene en mente al motor de inducción, mas este no es el único tipo de motor AC utilizado en aplicaciones industriales [2]. Cuando se necesita mayor flexibilidad en el funcionamiento y la posibilidad de controlar más variables del motor que son específicas de cada aplicación, es necesario utilizar otro tipo de motor, entre ellos el servomotor AC.

Para el desarrollo de la aplicación a continuación, deben tener en mente los procesos en donde es necesario realizar el control de velocidad, número de giros y posición del eje de un

servomotor AC. Una manera de monitorear y manipular variables del servomotor AC antes mencionadas, es utilizando un controlador lógico programable en conjunto con un servo drive, el cual en su memoria interna almacena en forma de parámetros o “palabras de datos” valores como corriente, voltaje, posición del eje y RPM. Existen variadores de velocidad con modo de operación de servo drive, este es el caso del UNIDRIVE SP de Control Techniques utilizado en la aplicación a mostrarse, pero de la misma manera, esta explicación se puede utilizar con cualquier tipo de motor que sea accionado por un variador de velocidad [3]

Para realizar el control, el PLC debe interpretar la información proporcionada por el VSD, y aunque en la mayoría de los casos, ambos poseen entradas y salidas digitales y analógicas, estas limitan de manera física el intercambio de información posible entre ambos dispositivos ya sea por la cantidad existente de puertos o la amplitud de datos a ser transmitida. En estos casos, la opción más conveniente es la de implementar un enlace de datos entre PLC y accionamiento basado en alguno de los varios protocolos industriales de comunicación que ofrecen los distintos fabricantes existentes.

El propósito de este documento es explicar en forma resumida el procedimiento para establecer un enlace de datos utilizando el protocolo de comunicación PROFIBUS-DP entre un PLC y un VSD de fabricantes diferentes, para controlar de manera automatizada un motor eléctrico [4]. A pesar de que las características y posibilidades que ofrecen los dispositivos, varían dependiendo de la marca del mismo, el procedimiento explicado es similar en otros equipos y puede ser utilizado como guía.

## II. METODOLOGÍA

Se implementó un enlace PROFIBUS-DP entre un PLC S7-1200 con el módulo de comunicación CM 1243-5 y el UNIDRIVE SP con su respectiva tarjeta de comunicación SM-PROFIBUS-DP. Para programar el PLC se debe usar el software TIA PORTAL y CTSofT de Control Techniques para las respectivas configuraciones del VSD (Fig.1) [5].

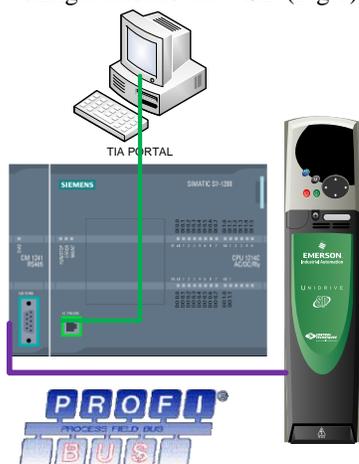


Fig. 1 Diagrama de equipos (a) PC, (b) PLC, (c) VSD.

A continuación se explicará el procedimiento para poder realizar las pruebas de comunicación PROFIBUS:

- Realizar pruebas de funcionamiento del UNIDRIVE SP [3], parametrización del drive de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante del servomotor AC a utilizar.
- Configuración de la tarjeta PROFIBUS en el UNIDRIVE SP [6].
- Configuración de Unidrive SP de acuerdo a las palabras de control y de lectura.
- Establecer comunicación PROFIBUS entre el PLC S7-1200 y el UNIDRIVE SP mediante el módulo de comunicación PROFIBUS de Siemens, CM1243-5 y asignar el método de transferencia más conveniente de parámetros del drive hacia los bloques de palabras del S7-1200 y viceversa [7].
- Desarrollar un programa del PLC para la verificación de las órdenes hacia el UNIDRIVE SP [8].
- Realización de pruebas con el programa del PLC para la comunicación de datos cíclicos y no cíclicos en el control del UNIDRIVE SP

## III. EXPLICACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS EN EL DRIVE

El módulo SM PROFIBUS DP, es una tarjeta de expansión que puede instalarse en las ranuras del accionamiento Unidrive SP para permitir la comunicación a sistemas secundarios de PROFIBUS DP.

Entre las especificaciones generales del módulo se encuentran:

- Velocidades de transferencia de datos admitidas (bit/seg): 12 M; 6,0 M; 3,0 M; 1,5 M; 500 k; 187,5 k; 93,75 k; 45,45 k; 19,2 k; 9,6 k.
- 32 palabras de datos cíclicos de entrada y 32 de salida admitidas como máximo.
- Compatibilidad total con objetos de datos de proceso de parámetro (PPO).
- Compatibilidad con canales de datos no cíclicos.

Se necesita distinguir y diferenciar entre los datos cíclicos de los no cíclicos, los cuales se utilizarán para el control del UNIDRIVE SP desde el PLC:

### A. Datos Cíclicos

Los datos cíclicos son un método de transmitir información de forma periódica, la transferencia de datos a alta velocidad se logra transmitiendo únicamente los bytes de datos a través de la red PROFIBUS y se direccionan utilizando la información de asignación local del controlador maestro del SM PROFIBUS DP para asegurar que se envían los datos correctos a las ubicaciones correctas. El SM PROFIBUS DP permite que cada canal de salida de datos cíclicos se le pueda asignar cualquiera parámetro de lectura y escritura del accionamiento, de igual manera, cada canal de entrada de datos cíclicos puede utilizar

cualquier parámetro del drive como origen de datos. Los datos de salida son los que se transmiten desde el sistema principal al sistema secundario, mientras que los datos de entrada, son los que se devuelven de un sistema secundario al principal.

El número máximo de asignaciones de 16 bits posibles es: 32 sólo con datos cíclicos, 31 con datos no cíclicos de Palabra única de CT (modo 1) y 28 con Palabra PPO 4 (modo 2). El número máximo de asignaciones de 32 bits posibles es: 16 sólo con datos cíclicos, 15 con datos no cíclicos de Palabra única de CT (modo 1) y 12 con Palabra PPO 4 (modo 2).

El SM-PROFIBUS-DP se puede configurar hasta con 16 (32 bits) o 32 (16 bits) palabras de datos cíclicos ENTRADA y SALIDA. Las palabras de datos cíclicos ENTRADA y SALIDA se asignan mediante 10 parámetros de asignación (indicadores), uno para cada asignación. Además de los datos cíclicos, también es posible intercambiar datos no cíclicos mediante uno de los modos siguientes:

- Modo 1: Palabra única de CT
- Modo 2: Palabra PPO 4

El formato de datos del SM-PROFIBUS-DP se especifica como “NCC”, donde N es el modo de datos no cíclicos y CC es el número de palabras de datos cíclicos.

| Pr MM.05  | N | CC     | Modo no cíclico     | Palabras cíclicas |
|-----------|---|--------|---------------------|-------------------|
| 1 a 32    | 0 | 1 a 32 | Ninguno             | 1 a 32            |
| 100 a 131 | 1 | 0 a 31 | Palabra única de CT | 1 a 31            |
| 200 a 228 | 2 | 0 a 28 | Palabra PPO 4       | 1 a 28            |

Fig. 2 Lista de formatos de datos válidos [6]

La referencia del parámetro de origen/destino se introduce en el parámetro de asignación con el formato MMPP, donde:

- MM = número del menú del parámetro de origen/destino
- PP = número del parámetro de origen/destino

### B. Datos NO Cíclicos

El modo de transferencia de datos no cíclicos permite el acceso a cualquier parámetro del Unidrive SP sin tener que utilizar una transferencia de datos cíclica, lo cual es útil cuando se accede a parámetros distintos para configurar o guardar valores del accionamiento. Como se explicó anteriormente, existen 2 tipos de transferencia de datos no cíclica, el modo 1 o palabra única de CT, y el modo 2 o palabra PPO 4 que es el método no cíclico de transferencia a implementarse, puesto que es el que utilizaremos para los propósitos de este artículo, debido a su simplicidad de implementación y una mejor estructura para especificar el parámetro y el valor a escribir o leer en él.

El modo 1 o palabra única de CT, permite tener acceso a leer o modificar los valores de cualquiera parámetro del Unidrive SP, utilizando un canal de entrada y uno de salida. Este sub protocolo requiere una secuencia de 4 o 6 telegramas para aplicar el acceso a los parámetros. Cada telegrama o palabra no cíclica consiste de 2 bytes, en donde el byte más significativo contiene los códigos de control para cada

telegrama, mientras que el byte menos significativo contiene los datos.

Para configurar el modo Palabra única CT es necesario ajustar Pr MM.05 según la Fig. 2 de este capítulo, luego ajustar Pr MM.32 en ON para reinicializar el módulo de resolución (“MM”se refiere al número del nuevo menú de parámetros que se ha creado al instalar el módulo de resolución SM-PROFIBUS-DP en uno de los slots del Unidrive SP). Al reiniciar el SM-PROFIBUS-DP, se asigna el primer canal de entrada y primer canal de salida del módulo al parámetro de protocolo Palabra única de CT. Todos los demás parámetros asignados a canales de entrada y salida se bajan una palabra, es decir, las asignaciones anteriores ajustadas en Pr MM.10 y Pr MM.20 se mostrarán ahora en Pr MM.11 y Pr MM.21, respectivamente.

El modo 2, es el modo de datos Palabra PPO 4, y es un método sencillo de transmitir datos no cíclicos sin necesidad de los telegramas del modo Palabra única CT pero con el inconveniente de necesitar 4 palabras de asignaciones.

Para configurar el modo de datos no cíclicos Palabra PPO 4 en un SM-PROFIBUS-DP, deben realizarse los pasos siguientes:

- Ajuste Pr MM.05 en el modo necesario
- Ajuste Pr MM.32 en ON para reinicializar el SM-PROFIBUS-DP.
- Guardar los cambios en la memoria del drive, si es necesario

Cuando se reinicia el SM-PROFIBUS-DP, se asignan la palabra ENTRADA 0 a 3 y la palabra SALIDA 0 a 3 en el parámetro del protocolo Palabra PPO 4. Todos los parámetros de asignación existentes se bajan 1 asignación, es decir, las asignaciones anteriores ajustadas en Pr MM.10 y Pr MM.20 se mostrarán ahora en Pr MM.11 y Pr MM.21, respectivamente.

En la Fig. 3 Se muestra la estructura que deben tener las 4 palabras de datos de SALIDA para hacer la petición del modo Palabra PPO 4 y acceder a un parámetro del accionamiento y escribir o modificar su valor, de igual manera los datos de ENTRADA las 4 palabras de entrada para hacer una petición del modo PPO 4 y acceder a cualquier parámetro del accionamiento y obtener el valor actual almacenado en el parámetro.

| Palabra de datos SALIDA | Función                            |     |           |       |
|-------------------------|------------------------------------|-----|-----------|-------|
|                         | b15-b12                            | b11 | b10-b8    | b7-b0 |
| Palabra SALIDA 0        | ID TAREA                           | 0   | MENU      |       |
| Palabra SALIDA 1        | PARAMETRO                          |     | Reservado |       |
| Palabra SALIDA 2        | Palabra DATOS MAS SIGNIFICATIVOS   |     |           |       |
| Palabra SALIDA 3        | Palabra DATOS MENOS SIGNIFICATIVOS |     |           |       |

Fig. 3 Tabla de estructura de los datos SALIDA para el modo Palabra PPO 4 [6].

El ID TAREA especifica la transacción necesaria y el resto de las palabras de datos contienen los datos para la transacción. En el manual SM-PROFIBUS-DP podremos observar los posibles códigos ID TAREA.

El ID RESPUESTA indica el éxito o el fallo de la transacción solicitada. En el manual SM-PROFIBUS-DP podremos observar los posibles códigos ID RESPUESTA

#### **Configuración tarjeta SM-PROFIBUS-DP:**

Para la configuración de la tarjeta SM-PROFIBUS-DP se utilizara CTSOFT. Dependiendo si el módulo de resolución ha sido acoplado al accionamiento en cualquiera de las 3 ranuras de expansión, el menú de parámetros disponibles para el SM-PROFIBUS-DP serán los menús 15, 16 o 17.

Para configurar el módulo de resolución para comunicación PROFIBUS es necesario configurar la dirección del Unidrive SP dentro de la red, por lo que en Pr MM.04 (MM= número de menú del parámetro) Se ingresa la dirección del accionamiento. La dirección puede ser un valor entre 1 y 125 dado que las direcciones 0 y 126 están reservadas para el sistema.

El SM-PROFIBUS-DP detecta automáticamente la velocidad de transferencia de datos de la red PROFIBUS-DP y se sincroniza con ella. Pr MM.04 indica la velocidad de transferencia de datos que ha detectado el SM-PROFIBUS-DP. A -1 indica que el SM-PROFIBUS-DP no ha detectado actividad en la red PROFIBUS y espera a que el controlador maestro inicie la comunicación.

Luego, es importante configurar, el tipo de transferencia de datos con la que se va a trabajar, cíclica o no cíclica, y asignar el número de palabras de datos cíclicos a utilizar entre todos los canales de asignación de entrada y salida (Pr MM.10 a MM.29).

Siguiendo la configuración tenemos que un valor en Pr MM.05 entre 0 y 32 indica que se utilizarán máximo 32 palabras de datos de 16 bits para asignar parámetros del accionamiento a los canales de entrada y salida del módulo de resolución para que estos puedan ser transferidos y leídos por el maestro PROFIBUS de la red, para este caso específico, el PLC S7-1200, y estos sean modificados y luego enviados hacia el esclavo nuevamente.

Para configurar una transferencia de datos del tipo no cíclica en conjunto con palabras de datos cíclicos, se debe sumar al valor entre 0 y 32 en Pr MM.05 una centena si se va a implementar el protocolo de Palabra única CT, o 2 centenas si el protocolo no cíclico deseado es el PPO 4.

Hay que recordar que implementando el protocolo de Palabra única CT, restarán 31 palabras de datos cíclicas y con el protocolo PPO 4 restarán 28 palabras de datos cíclicas para ser usadas en los canales de entrada y salida.

Finalmente, hay que reiniciar el módulo de resolución, cambiando a 1 el valor de PrMM.32, para que tomen efecto los cambios realizados.

#### **IV. CONFIGURACIÓN DEL UNIDRIVE SP COMO ACCIONADOR DE UN SERVOMOTOR AC**

Para utilizar el Unidrive SP como controlador de velocidad y posición de un servo motor, es necesario seguir los pasos básicos de parametrización del drive considerando los datos de

placa del motor y especificaciones del fabricante en cuanto al dispositivo de realimentación. El primer paso a seguir es cambiar el modo de operación del accionamiento. Al cambiar el modo de funcionamiento se debe tener presente que todos los parámetros recuperan sus valores por defecto incluidos los parámetros del motor. Mediante el programa CTSOFT se puede utilizar interfaz de Diagrama de bloques como se muestra en la Fig. 4. El procedimiento es el siguiente [3]:

- Asegurarse que el accionamiento no está activado, es decir que el terminal 31 está abierto o el valor de Pr 6.15 es Off (0).
- En el parámetro Pr xx.00 introduzca 1254 para indicar que el accionamiento trabajará con una alimentación trifásica a 60 Hz.
- Modifique el valor del parámetro Pr 0.48 a 3 para indicar que se trabajará en el modo SERVO del accionamiento.
- Reiniciar el accionamiento pulsando el botón rojo.
- Configurar los parámetros de realimentación del motor. En el parámetro 3.38 colocar el valor 3 que corresponde a la opción Ab.SERVO, un codificador en cuadratura con salidas de comunicación.
- Ajustar el tipo de suministro de alimentación del codificador en el parámetro Pr 3.36 con el valor de 0 que corresponde a 5V.
- En Pr 3.34 ingresar el valor de pulsos por revolución del codificador del servomotor, el cual es 4096 ppr.
- Introducir el valor 7,50 que corresponde a la corriente nominal del motor en el parámetro Pr. 00.46. Asegurar que sea un valor igual o menor al valor nominal de amperaje del accionamiento para que no ocurran desconexiones It.AC durante el auto ajuste.
- Introducir el número de polos del servomotor en el parámetro Pr 0.42 que corresponde a 6 polos.
- En Pr 0.02 ajustar el valor de la velocidad máxima del servo en 5400 rpm.
- En Pr 0.03 y Pr 0.04 ajustar la velocidad de aceleración y desaceleración respectivamente.
- En Pr 0.15 ajustar el tipo de rampa de frenado, en caso de tener conectada la resistencia de frenado, dejar configurado el parámetro como FAST, caso contrario en el valor estándar Std.
- Es útil que el accionamiento realice un autoajuste del motor con el que va a trabajar. El autoajuste mide el ángulo de desfase del encoder del servomotor y calcula las ganancias de corriente.
- El motor no debe recibir corriente cuando se realice el autoajuste y las pruebas breve y normal a baja velocidad hacen que el motor gire un máximo de 2 vueltas en la dirección seleccionada activando (On) en los terminales digitales T26 o T27, y que el accionamiento mida el ángulo de fase del codificador y actualice el valor de Pr 3.25. La prueba normal a baja velocidad también mide la resistencia del estator y la

inductancia del motor, que permiten calcular las ganancias del bucle de corriente.

- Los valores de Pr 0.38 y Pr 0.39 se actualizan al final de la prueba. La prueba breve a baja velocidad tarda unos 2 segundos, mientras que la prueba normal a baja velocidad tarda unos 20 segundos en terminar.
- Ajuste Pr 0.40 en 1 para efectuar el autoajuste breve a baja velocidad, Pr 0.40 en 2 para el autoajuste normal a baja velocidad o Pr 0.40 en 5 para el autoajuste de movimiento mínimo.
- Active la señal de ejecución (terminal 26 o 27).
- Encienda la señal de activación del accionamiento (terminal 31).
- En la parte inferior de la pantalla parpadearán “Auto” y “tunE” de forma alternativa mientras el accionamiento realiza la prueba, espere hasta que la indicación vuelva a ser “rdY” o “inh” y el motor se detenga.
- Ajuste Pr 13.05 en un valor entre 0 y 3 para indicar la fuente de realimentación de posición y velocidad del Unidrive SP, 0 corresponde a la lectura del dispositivo de realimentación desde el puerto DB-9 en la cara frontal del accionamiento, mientras que los valores del 1 a 3 indican que se está usando una de las 3 ranuras de expansión del drive junto con uno de los módulo de resolución de realimentación.
- En Pr 1.14 ajustar el selector de referencia de velocidad del drive, los valores del 0 al 2 representan el uso de las entradas analógicas de voltaje como referencia de velocidad, mientras que los valores del 3 al 5, representan un ajuste de la velocidad del motor a través de un valor ingresado al drive por parte del usuario.

- El PLC para controlar el Unidrive SP necesita establecer un enlace de comunicación PROFIBUS para poder leer y modificar remotamente los parámetros del drive. Por lo que primero es necesario configurar la dirección del nodo dentro de la red, para esto configuramos Pr 17.03 = 2.
- Para configurar el tipo de transferencia de datos entre el PLC y el Unidrive SP se configura Pr 17.05 = 216, lo que corresponde a 16 palabras de datos cíclicos y a 4 palabras de datos no cíclicos del modo PPO4.
- Para las pruebas el servomotor operara como un motor eléctrico común y corriente con la diferencia que este es capaz de detenerse y mantener fija la posición de su eje. Para esto se configura el “Position Control Mode”, Pr 13.10 = 5. “Position Control Reference Selector”, Pr 13.04 = 0 y “Feedback Selector”, Pr 13.05 = 0, configura el drive para obtener la referencia y retroalimentación del controlador de posición desde el encoder conectado a la interfaz fija en la parte frontal del accionamiento. “Reference Selector”, Pr 1.14 = 5 establece al valor en Pr 1.18 como el setpoint de velocidad en RPM del motor.
- Para terminar de establecer la configuración se necesita asignar los parámetros, que el PLC va a leer o modificar, a los respectivos canales de comunicación de entrada o salida del drive, por ejemplo, Pr 10.40 que corresponde al “Status Word” del accionamiento, se asigna al segundo canal de entrada (el primero está asignado automáticamente para datos no cíclicos) configurando Pr 17.11 = 1040.
- Canales de entrada:
  - Pr 17.11 = 1040 Status Word
  - Pr 17.12 = 328 Drive Encoder Revolution Counter
  - Pr 17.13 = 502 Output Voltage
  - Pr 17.14 = 401 Current Magnitude
  - Pr 17.15 = 809 Drive Enable Indicator
- Canales de Salida:
  - Pr 17.21 = 642 Control Word
  - Pr 17.22 = 1312 Position Controller Speed Clamp

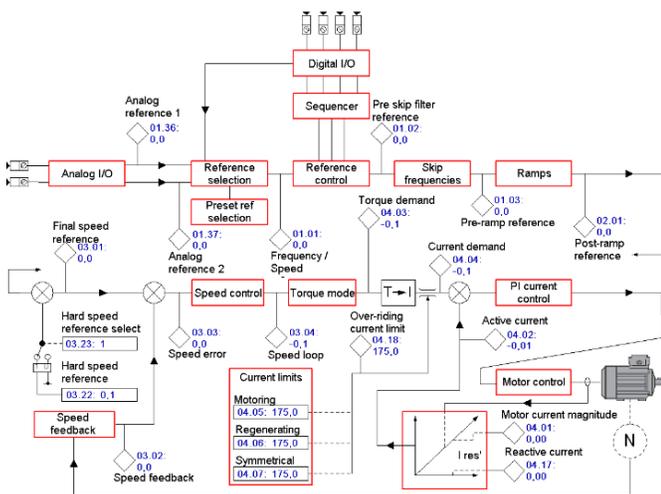


Fig. 4 Diagrama de bloques del Unidrive SP en Ctsoft

**Configuración de Unidrive SP para establecer enlace de comunicación con maestro de red PROFIBUS:**

| Parameter | Description                 | Default | Memory |
|-----------|-----------------------------|---------|--------|
| 17.00     | Parameter 0                 | 0       | 0      |
| 17.01     | Solutions Module ID         | 403     | 403    |
| 17.02     | Solutions Module softwar... | 0,00    | 3,02   |
| 17.03     | Fieldbus Node Address       | 126     | 2      |
| 17.04     | Fieldbus Baud Rate          | 0       | 3      |
| 17.05     | Mode                        | 4       | 216    |
| 17.06     | Fieldbus diagnostic         | 0       | -1     |
| 17.07     | Trip delay time             | 200     | 200    |
| 17.08     | Little endianism select     | 0       | 0      |
| 17.09     | Register control            | 0       | 0      |
| 17.10     | 'I' data register 0         | 1040    | 6151   |
| 17.11     | 'I' data register 1         | 201     | 1040   |
| 17.12     | 'I' data register 2         | 0       | 809    |
| 17.13     | 'I' data register 3         | 0       | 502    |
| 17.14     | 'I' data register 4         | 0       | 401    |
| 17.15     | 'I' data register 5         | 0       | 0      |
| 17.16     | 'I' data register 6         | 0       | 0      |
| 17.17     | 'I' data register 7         | 0       | 0      |
| 17.18     | 'I' data register 8         | 0       | 0      |
| 17.19     | 'I' data register 9         | 0       | 0      |
| 17.20     | 'O' data register 0         | 642     | 6151   |
| 17.21     | 'O' data register 1         | 121     | 642    |
| 17.22     | 'O' data register 2         | 0       | 118    |
| 17.23     | 'O' data register 3         | 0       | 0      |

Fig. 5 Listado de canales de comunicación del VSD

#### V. EXPLICACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL PLC COMO CONTROLADOR Y MAESTRO DE RED PROFIBUS.

Para propósitos de la prueba implementada, el PLC S7-1200 cumplirá la función de controlador del servomotor AC mediante su respectivo drive de potencia. Para la comunicación PROFIBUS DP del Unidrive SP con el PLC se necesita el módulo de expansión CM 1243-5, el cual operará como maestro de red PROFIBUS.

La configuración del módulo CM 1243-5 DP y el S7-1200 como maestro se realiza en el software TIA PORTAL. Es posible configurar un máximo de 3 módulos CM por estación, de los cuales máximo habrá un maestro y los restantes funcionarán como esclavos. Seguir los siguientes pasos para realizar la configuración:

Dentro del Software TIA PORTAL, en la opción “agregar dispositivo”, se da la posibilidad de agregar al nuevo proyecto el hardware a utilizar, se puede escoger entre el modelo del PLC y la respectiva CPU además es necesario añadir el módulo de comunicaciones CM 1243-5, como se muestra en la Fig. 6 [9].

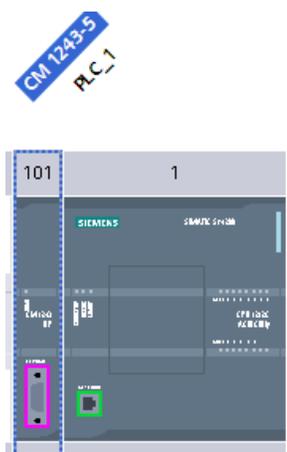


Fig. 6 S7-1200 junto con CM1243-5

Por defecto, el catálogo de hardware del TIA PORTAL incluye dispositivos de la marca SIEMENS, si se desea realizar proyectos con otro equipo como el UNIDRIVE SP de Emerson, es necesario descargar los archivos .GSD de la página web del fabricante.

Un archivo GSD (General Station Description), que es proporcionado por el fabricante, contiene una descripción del dispositivo PROFIBUS DP. Los archivos con la extensión .GSD proveen de una vía abierta a herramientas de configuración del dispositivo. El .GSD del UNIDRIVE SP se puede descargar como un archivo comprimido en el link:

<http://www.controltechniques.com/CTDownloads/SharePoint/Download.aspx?SiteId=15&ProductId=43>

Una vez que se haya descargado el GSD, se debe proceder a cargar el archivo del dispositivo en el software TIA PORTAL, para volver a la vista de redes y agregar el UNIDRIVE SP al proyecto, luego es necesario configurar las propiedades PROFIBUS del PLC en “Parámetros” la dirección PROFIBUS del PLC a “1”. Asegurarse que el modo de operación sea “Maestro DP”. En la Fig. 7 observamos los equipos y la red PROFIBUS establecida.



Fig. 7 Vista de Equipos y Red PROFIBUS establecida

Entrar a la vista de dispositivos para uno de los UNIDRIVE SP y asegurarse en Propiedades, pestaña “General”, submenú “dirección PROFIBUS”, que el drive está enlazado a la respectiva red PROFIBUS y que su dirección es diferente a la del módulo PROFIBUS del S7-1200 y diferente a la del otro drive conectado a la subred. Luego en el catálogo de hardware del lado derecho, seleccionar la cantidad de palabras de datos asignadas dentro del drive a cada canal de comunicación tanto de salida o, de entrada. Esto depende de la parametrización que se le haya dado al respectivo UNIDRIVE SP y el tipo de comunicación previamente escogido (datos cíclicos o no cíclicos), para poder intercambiar información de los parámetros de operación de los servomotores AC con el S7-1200.

Para esta aplicación Fig. 8 se utilizarán 16 palabras de datos cíclicas de entrada (16 IN Words), 16 palabras de datos cíclicas de salida (16 OUT Words) y 4 palabras de datos no cíclicas del tipo PPO4 (PPO4 Word – Consistency). Configurar la dirección PROFIBUS y asignación de palabras de datos en el drive restante.

| Módulo                       | Rack | Slot | Dirección I | Dirección Q | Tipo                         |
|------------------------------|------|------|-------------|-------------|------------------------------|
| Slave_1                      | 0    | 0    |             |             | Unidrive SP (DP-V1)          |
| PPO 4 Word - Consistency_1   | 0    | 1    | 68...75     | 64...71     | PPO 4 Word - Consistency_1   |
| 16 IN Words - Consistency_1  | 0    | 2    | 76...107    |             | 16 IN Words - Consistency_1  |
| 16 OUT Words - Consistency_1 | 0    | 3    |             | 72...103    | 16 OUT Words - Consistency_1 |

Fig. 8 Listado de selección palabras de datos PROFIBUS

En la vista general de dispositivos, vemos la configuración de los canales de comunicación previamente establecida en el proyecto de TIA PORTAL. Hay que recordar que esta configuración particular varía dependiendo de la aplicación y tiene que estar en concordancia con el tipo de comunicación, cíclica o no cíclica, y la cantidad de palabras de datos en total que se pueden utilizar entre los 10 canales de entrada y 10 canales de salida previamente configurados en el drive.

Para este ejemplo se observa que el primer canal de comunicación, tanto de entrada y salida, está configurado para una comunicación no cíclica, del tipo PPO4, a la cual le corresponden 4 palabras de datos de 16 bits de entrada, desde las direcciones de memoria %IW68 hasta la %IW75 y 4 palabras de datos de 16 bits de salida, desde las direcciones de memoria %QW64 hasta %QW71.

Para los restantes 9 canales, que funcionarán como canales de comunicación cíclica según la configuración hecha por separado en el Unidrive SP, se tiene 16 palabras de 16 bits de entrada desde las direcciones de memoria %IW76 hasta la %IW107, y 16 palabras de 16 bits de salida desde las direcciones de memoria %QW72 hasta la %QW103, en orden de los parámetros del motor a controlar, están asignado a los canales de comunicación del Unidrive SP, y las variables en el PLC correspondientes a dichos parámetros. Primero, debemos ir a la tabla de variables del PLC y crear una nueva variable, debido que se utilizara palabras de datos, el tipo de dato de dicha nueva variable será tipo Word, y la dirección de memoria que se asigna es la misma dirección que corresponda al parámetro del motor que el PLC controlara.

| Variables PLC |               |                        |               |           |
|---------------|---------------|------------------------|---------------|-----------|
|               | Nombre        | Tabla de variables     | Tipo de datos | Dirección |
| OUT WORD 0    | OUT WORD 0    | Tabla de variables e.. | Word          | %QW64     |
| OUT WORD 1    | OUT WORD 1    | Tabla de variables e.. | Word          | %QW66     |
| OUT WORD 2    | OUT WORD 2    | Tabla de variables e.. | Word          | %QW68     |
| OUT WORD 3    | OUT WORD 3    | Tabla de variables e.. | Word          | %QW70     |
| IN WORD 0     | IN WORD 0     | Tabla de variables e.. | Word          | %IW68     |
| IN WORD 1     | IN WORD 1     | Tabla de variables e.. | Word          | %IW70     |
| IN WORD 2     | IN WORD 2     | Tabla de variables e.. | Word          | %IW72     |
| IN WORD 3     | IN WORD 3     | Tabla de variables e.. | Word          | %IW74     |
| STATUS WORD   | STATUS WORD   | Tabla de variables e.. | Word          | %IW78     |
| T31_ENABLE    | T31_ENABLE    | Tabla de variables e.. | Word          | %IW82     |
| VOLTAJE_OUT   | VOLTAJE_OUT   | Tabla de variables e.. | Word          | %IW86     |
| CORRIENTE_OUT | CORRIENTE_OUT | Tabla de variables e.. | Word          | %IW90     |
| CONTROL WORD  | CONTROL WORD  | Tabla de variables e.. | Word          | %QW74     |
| VELOCIDAD     | VELOCIDAD     | Tabla de variables e.. | Word          | %QW78     |

Fig. 9 Listado de variables del programa del PLC

Una vez hayamos asignado los parámetros a variables en la memoria del PLC, estos podrán ser leídos para adquirir información del funcionamiento del motor e inclusive, podremos cambiar los valores de dichos parámetros del motor,

utilizando los bloques “MOVE”, para escribir el valor de operación deseado del Unidrive y del motor.

El paso final consiste en cargar la configuración y las especificaciones de los dispositivos de la red, creada en TIA PORTAL, a la CPU del S7-1200. Esto se hace desde el árbol del proyecto cargar “Hardware”.

## VI. PROGRAMA DEL PLC EN TIA PORTAL

En el bloque Main del programa se encuentra un bloque MOVE utilizado para escribir 16#0183, 16#0189 y 16#0180 en la Control Word del servomotor, esto está dado para dar la orden de habilitar y dirección de giro en ese orden como se visualiza en la Fig. 10, además de otro MOVE donde enviamos la velocidad al drive. En el Unidrive SP el primer bit del Status Word de los accionamientos está activado (“1” lógico), cuando existe un fallo de los accionamientos, se produce un “trip” o alarma en el drive y el primer bit del Status Word pasa a cero.

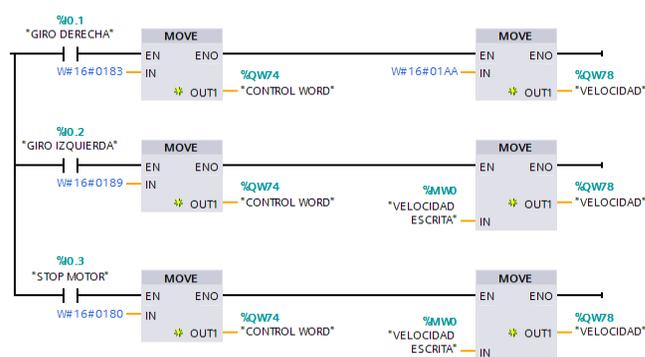


Fig. 10 Control de giro y velocidad

El segundo segmento del bloque Main del programa, utiliza un bloque MOVE para tomar los datos del “input word” proveniente del Unidrive SP. El bloque transfiere %IW78 que contiene la palabra de estado del accionamiento hacia %MW2, una ubicación de memoria del PLC con tipo de datos “Word”. Este procedimiento es necesario para poder separar en bits el Status Word del drive y poder manipular dicha información. Se utilizan los bits 0, 1, 7, correspondientes a “Accionamiento en perfecto estado”, “Accionamiento Activo” y “Carga Alcanzada” respectivamente y se los asocia a una bobina interna del PLC. De la misma manera se hace con el primer bit de T31\_TORNILLO\_ENABLE el cual indica que el “enable” físico del drive respectivo se encuentra conectado.

El contacto %I0.4 “REINICIO DRIVE” representa el botón de reinicio del Unidrive SP. Al pulsarlo, se activa el bit 13 de la “CONTROL WORD”. Esto es necesario cuando se produce algún fallo en el drive, ya que es necesario hacer un reinicio una vez resuelto el problema esta programación la podremos ver en la Fig. 11.

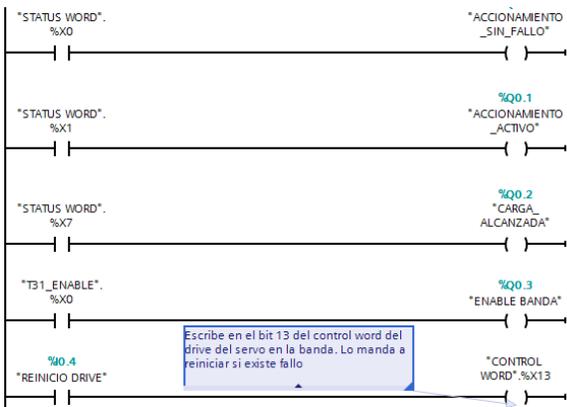


Fig. 11 STATUS WORD y CONTROL WORD

**Transferencia de datos PLC-Drive en modo No Cíclico PPO4:**

Los bloques dentro del cuarto segmento del programa, tienen la función de modificar de forma no cíclica los datos en el parámetro 13.20 del Unidrive SP del usando el modo de datos PPO4. Dado que PPO4 utiliza 4 palabras de 16 bits de datos no cíclicos para leer o modificar cualquier parámetro del drive, se utilizan 4 bloques MOVE. Como ejemplo de describe en la Fig. 12: en la primera palabra se escribe 16#700D que corresponde al ID TAREA = 7 (especificando que se modificará un parámetro de 16 bits) y al menú de parámetro 13. La segunda palabra se modifica con un valor de 16#1400 indicando en hexadecimal el parámetro 20 del menú 13, mediante esta orden el servomotor girara tantas revoluciones se le pida en las siguientes palabras, en la Fig. 14 se podrá observar el manejo de la variable OUT WORD.

La Tercera y cuarta palabra de datos PPO4 corresponde a los bits más y menos significativos en ese orden del dato a escribir y necesitaremos 16 bits para indicar el número de revoluciones por lo tanto solo se utilizaría la cuarta palabra y la tercera tendrá 16#0000.

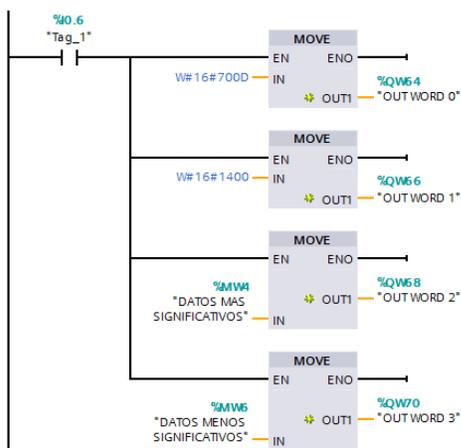


Fig. 12 Escritura de datos no cíclicos tipo PPO.

**VII. VERIFICACIÓN Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE COMUNICACIÓN**

En este apartado se podrá visualizar, mediante el computador que estará conectado en línea con el PLC y el UNIDRIVE, los resultados del programa anteriormente descrito. Es posible verificar los cambios en los parámetros del drive y el control del mismo mediante las pruebas de comunicación cíclicas y no cíclicas PPO4.

En la Fig. 13, Se observa la tabla de variables en línea que se está leyendo en el PLC como se observa el PLC utiliza los datos en formato Hexadecimal todas las variables son de tipo WORD, las %IW son de entrada al PLC y la %QW son de salida del PLC, entre ellas se encuentra la variable "CONTROL WORD" con dirección %QW74 la cual envía el valor de 16#0180 al UNIDRIVE SP.

| Tabla de variables estándar |               |           |         |           |                                     |                                     |         |
|-----------------------------|---------------|-----------|---------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| Nombre                      | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Visibl... | Acces...                            | Valor de obs                        |         |
| 1                           | OUT WORD 0    | Word      | %QW64   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#700D |
| 2                           | OUT WORD 1    | Word      | %QW66   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#1400 |
| 3                           | OUT WORD 2    | Word      | %QW68   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000 |
| 4                           | OUT WORD 3    | Word      | %QW70   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000 |
| 5                           | IN WORD 0     | Word      | %IW68   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#400D |
| 6                           | IN WORD 1     | Word      | %IW70   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#1400 |
| 7                           | IN WORD 2     | Word      | %IW72   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000 |
| 8                           | IN WORD 3     | Word      | %IW74   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000 |
| 9                           | STATUS WORD   | Word      | %IW78   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0005 |
| 10                          | T31_ENABLE    | Word      | %IW82   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0001 |
| 11                          | VOLTAGE_OUT   | Word      | %IW86   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000 |
| 12                          | CORRIENTE_OUT | Word      | %IW90   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000 |
| 13                          | CONTROL WORD  | Word      | %QW74   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0180 |
| 14                          | VELOCIDAD     | Word      | %QW78   |           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000 |

Fig. 13 Listado de Variables en línea.

Los datos de los parámetros y cualquier tipo de dato numérico del UNIDRIVE SP son en formato decimal. La siguiente imagen Fig. 16 desde el programa CTSOft que está conectado en línea con el drive, nos muestra el parámetro 06.42 configurado en la tarjeta de PROFIBUS Fig. 7 el cual en el PLC es la CONTROL WORD el valor 384 que en hexadecimal es el valor que escribió el PLC.

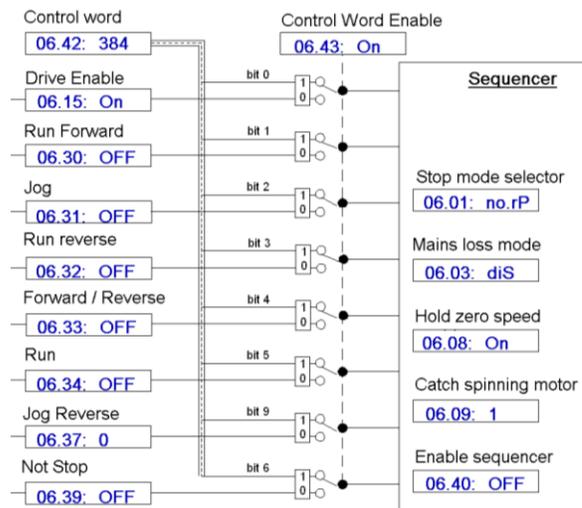


Fig. 14 Control Word

Otro ejemplo: cuando al PLC se da la orden 16#2180 que en el drive se interpreta como 8576, el cual se debe descomponer en código binario 100001100000000 puesto que cada bit representa una orden, esto lo podemos encontrar en el manual.

En la Fig 15 se envía en la variable %QW74 el valor de 16#0183 que en el driver es 387, que en binario representa 110000011 y da la orden de habilitación y giro hacia la derecha del servomotor, también se envía la velocidad a la cual debe girar, esa es la variable %QW78 que representa 426 que se ingresa en el parámetro 01.18 el cual posee una coma, entonces toma el valor de 42,6 rpm, lo que se observa en la Fig.16.

Se recibe información del UNIDRIVE SP como es la STATUS WORD: 16#0183, que en binario representa 110000011; en el manual se podrá encontrar el equivalente de cada bit; la variable T31\_enable significa que el drive esta activo y sin falla. El Voltaje de 16#000A que representa 10 volts y corriente de 16#00E6 que representa 2,30amp.

|               |      |       |  |  |  |         |
|---------------|------|-------|--|--|--|---------|
| STATUS WORD   | Word | %IW78 |  |  |  | 16#0023 |
| T31_ENABLE    | Word | %IW82 |  |  |  | 16#0001 |
| VOLTAJE_OUT   | Word | %IW86 |  |  |  | 16#000A |
| CORRIENTE_OUT | Word | %IW90 |  |  |  | 16#00E6 |
| CONTROL WORD  | Word | %QW74 |  |  |  | 16#0183 |
| VELOCIDAD     | Word | %QW78 |  |  |  | 16#01AA |

Fig. 15 Orden de marcha y velocidad

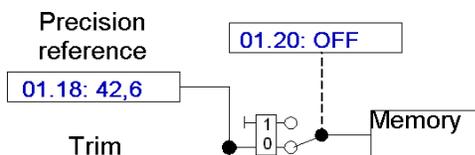


Fig. 16 Parámetro 01.18 Velocidad.

En las siguientes imágenes se realizó las pruebas de los datos no cíclicos PPO4 en el PLC se configuro 4 palabras de 16 bits las cuales pueden acceder a cualquier parámetro de cualquier menú del UNIDRIVE SP las variables %QW64, %QW66, %QW68 y %QW70, en el mismo orden la primera envía la orden con el menú, la segunda el parámetro de ese menú y los otros dos en la lista de variables las podemos observar en línea Fig. 17, además en el programa MAIN en línea se observa como al activar una señal los bloques MOVE transfieren la palabra de 16 bits a la variables de salida como se ilustra en la Fig. 18.

| Tabla de variables estándar |            |               |           |         |                                     |                                     |              |
|-----------------------------|------------|---------------|-----------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
|                             | Nombre     | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Visibl...                           | Acces...                            | Valor de obs |
| 1                           | OUT WORD 0 | Word          | %QW64     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#7000      |
| 2                           | OUT WORD 1 | Word          | %QW66     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#1200      |
| 3                           | OUT WORD 2 | Word          | %QW68     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000      |
| 4                           | OUT WORD 3 | Word          | %QW70     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0AAA      |
| 5                           | IN WORD 0  | Word          | %IW68     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#7000      |
| 6                           | IN WORD 1  | Word          | %IW70     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#1200      |
| 7                           | IN WORD 2  | Word          | %IW72     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0000      |
| 8                           | IN WORD 3  | Word          | %IW74     |         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16#0002      |

Fig. 17 Listado de variables de datos no cíclicos PPO4

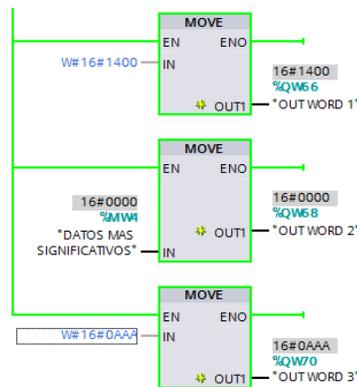


Fig. 18 PPO4 en línea desde el PLC

Mediante el programa del PLC se inicia la escritura de las variables hacia el UNIDRIVE SP y se procederá a cambiar los parámetros 20, 21 y 22 del menú 13 con los valores de 16#000A, 16#00AA, 16#0AAA que corresponde a 10, 170 y 2730 en formato decimal, lo que se observa en la Fig. 19

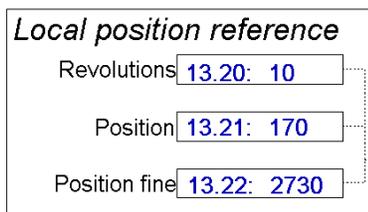


Fig. 19 Menú 13 parámetros 20, 21 y 22 del drive

## VIII. CONCLUSIONES

La implementación de un entorno en donde el control, intercambio de información entre PLC y VSD y el monitoreo de las variables de un sistema automatizado mediante un enlace de datos en lugar de decenas o cientos de señales eléctricas individuales no sólo es factible sino que lo es entre equipos de distinto fabricante. La aplicación de los tipos de comunicación cíclica y no cíclica de PROFIBUS DP, facilitan la comunicación entre un PLC y VSD, dado que normalmente en la Industria ecuatoriana se utiliza señales en duro (cables eléctricos). El utilizar un único medio físico para la intercomunicación de los dispositivos dentro de un sistema industrial, indudablemente aumenta las capacidades de control del mismo y sobre todo disminuye costos en rubros como cableado.

Mediante el uso de un computador se puede implementar, de manera fácil, la configuración y programación del PLC como del VSD. Para pruebas se puede establecer una comunicación directa pudiendo visualizar el estado de los señales, siendo una herramienta práctica el TIA PORTAL de SIEMENS que proporciona una interfaz amigable para la visualización y accionamiento del PLC.

Este tipo de intercambio de datos, inclusive aumenta la eficiencia en el uso de variadores eléctricos de potencia para aplicaciones de automatización y control en la industria, ya que abre la posibilidad de controlar desde un único PLC, a varios VSD sin el inconveniente de un limitado número de E/S físicas en el equipo.

## REFERENCIAS

- [1] A. D. Tufan, A. I. Toma y M. Zapciu, «MONITORING PARAMETERS FROM AN AUTOMATED SYSTEM,» de *International Conference on Management and Industrial Engineering*, Bucharest , 2015.
- [2] R. Parekh, AC Induction Motor Fundamentals, vol. DS00887A, Microchip Technology Inc, 2003.
- [3] C. TECHNIQUES, Advanced User Guide Unidrive SP”, Control Techniques Ltd, 2009.
- [4] ACROMAG, INTRODUCTION TO PROFIBUS DP, Acromag Inc, 2002.
- [5] J. Landivar Lopez y F. Yumbla Arevalo, «Design and Implementation of an automation training panel with PLC and HMI applied to a filling system using servomotors for the power electronics laboratory,» 11 02 2016. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31904> .
- [6] C. TECHNIQUES, SM Profibus-DP, Control Techniques Ltd, 2002.
- [7] SIEMENS, SIMATIC S7-1200 Easy Book, Siemens AG, 2014.
- [8] SIEMENS, Broucher SISTEMATIC S7-1200, Siemens AG, 2014.
- [9] SIEMENS, PROFIBUS CM 1243-5 Instrucciones de servicio, 2011: Siemens AG.