



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED DE COMUNICACIONES CAN OPEN PARA EL
CONTROL DE MOTORES”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

GIOVANNY JAVIER GUEVARA INCA

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

Expreso un agradecimiento a todas las personas que estuvieron junto a mí en este camino de preparación profesional, especialmente a mi familia, amigos y de manera especial al Ingeniero Marco Viteri por estar siempre presto a brindarme el apoyo necesario.

Dedico el presente trabajo a Dios por brindarme la vida, y la sabiduría necesaria para culminar mi carrera; a mis padres por ser mi incentivo y ejemplo de superación, porque supieron guiar mi camino mediante su amor, sus consejos, paciencia y apoyo incondicional; a toda mi familia que siempre están pendientes de mi bienestar y haber contribuido día a día a conseguir cada una de mis metas y estar a mi lado para celebrarlas; a la institución y a mis maestros por estar prestos a brindarme su ayuda; y a una persona muy especial por apoyarme en esta etapa de mi vida y ayudarme a culminarla exitosamente, entregándome la fuerza y los sueños de una felicidad que tengo la esperanza de no perder.

Giovanny

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Gonzalo Nicolay Samaniego
DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Ing. Alberto Arellano
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA,
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Ing. Marco Viteri
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Luis Paucar
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Eduardo Tenelanda
DIRECTOR DEL DPTO
DOCUMENTACIÓN

NOTA DE LA TESIS

“Yo, GIOVANNY JAVIER GUEVARA INCA, soy responsable de las ideas,
doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la
misma pertenece a la
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Giovanny J. Guevara I.

AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A/D	Análogo / Digital.
AC	Corriente Alterna.
AFD	Unidad de Frecuencia Ajustable.
AP	Autómata Programable.
ATV31	Altivar 31.
BFR	Frecuencia nominal del motor.
CC	Corriente continua.
CD	Corriente directa.
CiA	CAN en Automatización.
CPU	Unidad central de proceso.
CSMA/CA	Acceso Múltiple Sensible a la Portadora/Prevención de colisión.
D/A	Digital / Análogo.
E/S	Entrada / Salida.
ECU	Unidades de Control Electrónico.
GE	General Electric.
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional.
IL	Lista de Instrucciones.
LD	Diagrama Ladder.
OSI	Sistemas de interconexión abiertos.
PC	Computador Personal.
PLC	Control Lógico Programable.
PDO	Objetos de Datos de Proceso.
PWM	Modulación de Ancho de Pulso.
RPM	Revoluciones por Minuto.
SDO	Objetos de Datos de Servicio.
SFC	Diagrama de Función Secuencial.
VAC	Voltaje de Corriente Alterna.
VDC	Voltaje de Corriente Continua.
VFD	Unidad de Frecuencia Variable.
VVVF	Variador de Voltaje Variador de Frecuencia.

INDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES.....	14
1.2 PROBLEMATIZACIÓN.....	15
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3.1 Justificación Teórica.....	15
1.3.2 Justificación Aplicativa.....	15
1.4 OBJETIVOS.....	15

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 BASE DE LAS COMUNICACIONES.....	17
2.2 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	18
2.2.1 Integración de la red de comunicaciones.....	19
2.3 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	22
2.3.1 Buses de campo.....	23
2.3.1.1 Ventajas de un bus de campo.....	23
2.3.1.2 Desventajas de un bus de campo.....	24
2.3.1.3 Procesos de comunicación por medio de bus.....	24
2.3.1.4 Tipos de buses de campo.....	24
2.4 CAN-CANOPEN.....	25
2.4.1 Bus CAN.....	25
2.4.1.1 Principales características de CAN.....	26
2.4.2 Protocolo CANOPEN.....	27
2.4.2.1 Características de la red CANOPEN.....	27
2.4.2.2 Medio Físico.....	28
2.4.2.3 Direccionamiento en la red CANOPEN.....	28
2.4.2.4 Acceso a los datos.....	28
2.4.2.5 Modelo de referencia.....	29
2.4.2.6 Modelo de dispositivo.....	29
2.4.2.7 Modelo de comunicaciones.....	30

CAPITULO III: SISTEMA BASE

3.1 CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE.....	31
3.1.1 Clasificación.....	32
3.1.1.1 Estructura externa.....	32
3.1.1.2 Memorias.....	32
3.1.1.3 Unidades de entrada.....	33
3.1.1.4 Unidades de salida.....	34
3.1.1.5 Lenguajes de programación.....	34
3.1.1.6 Equipos o Unidades de Programación.....	35
3.1.1.7 Tamaño de los PLCs.....	35
3.1.2 Tipos.....	35
3.1.3 Principio de funcionamiento.....	35
3.1.4 Funciones adicionales del PLC.....	36
3.1.5 Módulos de ampliación.....	37
3.1.5.1 Capacidades.....	37
3.2 SISTEMA ELÉCTRICO.....	38
3.2.1 Fuente de poder.....	38
3.2.1.1 Clasificación.....	38
3.2.1.2 Tipos.....	39
3.2.1.3 Aplicación.....	39
3.2.2 Cables.....	39
3.2.2.1 Clasificación según la tensión soportada.....	40
3.3 MOTORES.....	40
3.3.1 Clasificación.....	40
3.3.1.1 Motores de corriente alterna.....	40
3.3.1.2 Motores de corriente continua.....	42
3.3.1.3 Motores universales.....	43
3.3.2 Aplicación.....	43
3.4 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	43
3.4.1 Control con variador de frecuencia.....	43
3.4.2 Características del variador.....	44
3.4.3 Ventajas del uso del sistema de variación.....	44
3.5 INTERFAZ DE COMUNICACIÓN.....	44
3.5.1 Interface RS-232C.....	44
3.5.2 Lazo de corriente de 20mA.....	45
3.5.3 Interface RS-422.....	45
3.5.4 Interface RS-485.....	46
3.5.5 Interface IEC 1158-2.....	46
3.5.6 Aplicación.....	47
3.6 SISTEMA INFORMÁTICO.....	48
3.6.1 Software.....	48
3.6.1.1 Tipos.....	48
3.6.1.2 Clases de software.....	49
3.6.2 Interface gráfica.....	49
3.6.2.1 Diseño.....	49
3.6.2.2 Implementación.....	50

CAPÍTULO IV: COMPONENTES DEL SISTEMA DE BUS CANOPEN

4.1 MÓDULO TWIDO ETHERNET.....	51
4.2 MÓDULO CAOPEN MASTER.....	52
4.3 FUENTE DE PODER.....	52
4.4 VARIADOR DE FRECUENCIA ALTIVAR 31.....	53
4.4.1 Funciones.....	54
4.4.2 Accesorios.....	55
4.4.3 Ajuste de fábrica del variador.....	55
4.4.4 Funciones del visualizador de programación.....	57
4.5 TRANSFORMADOR DE VOLTAJE.....	57
4.6 BUS CANOPEN.....	58
4.6.1 Normas básicas de comunicación en el bus CANopen.....	58
4.6.2 Apantallamiento y conexión a masa.....	59
4.6.3 Funciones del bus CANopen.....	59
4.6.4 Características físicas.....	60
4.6.5 Tipos de cable.....	60
4.6.5.1 Características específicas por tipo.....	61
4.6.6 Tipos de conectores de cable CANopen.....	61
4.6.6.1 Conectores del cable SUB-D9.....	61
4.6.6.1.1 Funciones de encadenado.....	62
4.6.6.2 Conectores del cable de tipo abierto.....	62
4.6.6.3 Conectores del cable M12 IP67.....	63
4.7 SOFTWARE TWIDO SUITE.....	64
4.7.1 Definición.....	64
4.7.2 Modos de funcionamiento de AP.....	64
4.7.3 Creación de un proyecto.....	65
4.7.4 Descripción de hardware.....	65
4.7.5 Macro Drive.....	67
4.7.6 Direccionamiento y edición de símbolos.....	68
4.7.7 Edición del programa.....	69
4.7.8 Carga y comprobación del programa.....	70

CAPÍTULO V: CONTROL Y PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO

5.1 MÓDULO CANOPEN.....	72
5.1.1 Bloque de terminales CANopen.....	73
5.1.2 Información básica sobre cómo funciona el PLC.....	74
5.1.2.1 Tareas que se realizan en cada ciclo.....	74
5.1.2.2 Estados operativos del PLC.....	74
5.1.2.3 Áreas de memoria.....	75
5.2 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	75
5.2.1 Puesta en marcha del variador.....	75
5.2.2 Instalación eléctrica.....	77
5.2.3 Alambrado.....	77
5.2.4 Programación.....	78
5.3 PROGRAMACIÓN TWIDO SUITE.....	79
5.3.1 Diseño general del modo de ejecución.....	80
5.3.2 Comandos Twido Suite para aplicación de sistema CANopen.....	80

5.3.3 Asignación de entradas al PLC.....	81
5.3.4 Asignación de E/S del módulo master de amplición.....	82
5.3.5 Asignación de memorias.....	83
5.3.6 Programación de procesos.....	84
5.4 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.....	87
5.4.1 Adaptador CANopen-ATV31.....	87
5.4.2 Esquema del sistema CANopen.....	90
5.5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO.....	92
5.5.1 Conexión lógica de comunicación PC-PLC.....	93
5.5.2 Conexión física de comunicación PC-PLC.....	98
5.5.2.1 Configuración del módulo Twido.....	98

CAPITULO VI: ANÁLISIS Y ACEPTACIÓN DE RESULTADOS

6.1 IMPRESIONES GENERALES.....	101
6.2 CONSIDERACIONES DE COMUNICACIÓN CANOPEN.....	102
6.3 EFICIENCIA DE LA COMUNICACIÓN.....	103
6.4 COMPROBACIÓN DE RESULTADOS DE CONTROL.....	103
6.5 PRUEBAS Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	105
6.5.1 Análisis y tabulación de datos.....	105
6.5.2 Demostración estadística de la hipótesis.....	106
6.6 REACCIONES DEL SISTEMA EN EL PROCESO.....	109
6.7 SENSIBILIDAD A LA VARIACIONES EN EL VARIADOR.....	110

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMARY

BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1.- Modelo del sistema de comunicación industrial.....	20
Figura II.2.- Diagrama Fuente de poder básica.....	38
Figura IV.3.- Mascara del visualizador de variador de frecuencia Altivar 31.....	57
Figura IV.4.- Equipo de entrenamiento PLC telemecanique.....	64
Figura IV.5.- Información del proyecto Twido Suite.....	65
Figura IV.6.- Descripción de los dispositivos en Twido Suite.....	66
Figura IV.7.- Configuración de velocidad Twido Suite.....	67
Figura V.8.- Diagrama de cableado en el conector.....	73
Figura V.9.- Estructura interna del variador Altivar 31.....	77
Figura V.10.- Descripción gráfica de PLC telemecanique en Twido Suite.....	79
Figura V.11.- Asignación de entradas y salidas.....	82
Figura V.12.- Asignación de memorias.....	84
Figura V.13.- Valores iniciales de velocidad.....	84
Figura V.14.- Transferencia de entradas al variador.....	85
Figura V.15.- Indicador de fallas de comunicación Drive.....	85
Figura V.16.- Macro de comunicación CANopen.....	86
Figura V.17.- Borrado de errores de comunicación.....	86
Figura V.18.- Set Point de velocidades.....	87
Figura V.19.- Giro de eje hacia adelante y hacia atrás.....	87
Figura V.20.- Paro del motor.....	87
Figura V.21.- Adaptador CANopen-ATV31.....	88
Figura V.22.- Modo de conexión de cable principal en adaptador.....	89
Figura V.23.- Modo de conexión de cables individuales.....	90
Figura V.24.- Esquema del sistema CANopen.....	91
Figura V.25.- Maqueta del sistema CANopen.....	91
Figura V.26.- Interfaz de usuario en Lookout.....	92
Figura V.27.- Asignación de objetos de interfaz de usuario.....	93
Figura V.28.- Descripción de conexión de comunicación.....	94
Figura V.29.- Configuración de direccionamiento TwidoPort.....	98
Figura V.30.- Integración del módulo de comunicación en Twido Suite.....	100

INDICE DE TABLAS

Tabla III.1.- Características de alimentación de tensión para interfaz CAN.....	38
Tabla III.2.- Características de alimentación de corriente para interfaz CAN.....	38
Tabla III.3.- Interfaces de comunicación.....	47
Tabla IV.4.- Características técnicas de CANopen Master TWDNCO1M.....	52
Tabla IV.5.- Requisitos de la fuente de alimentación.....	53
Tabla IV.6.- Características del transformador de voltaje GE.....	58
Tabla IV.7.- Características del cableado CANopen.....	60
Tabla IV.8.- Características del cable CANopen.....	60
Tabla IV.9.- Características del cable Schneider Electric.....	61
Tabla IV.10.- Tipos de conectores para cable Schneider Electric.....	62
Tabla IV.11.- Condicionamientos para conexiones de dispositivos CANopen.....	62
Tabla IV.12.- Conexiones para cableado abierto del bus CAN.....	63
Tabla IV.13.- Descripción de las funciones macro.....	68
Tabla IV.14.- Direcciones de las E/S.....	68
Tabla V.15.- Asignación de terminales CANopen.....	73
Tabla V.16.- Asignación de terminales en el variador Altivar 31.....	78
Tabla V.17.- Palabras reservadas del sistema del módulo master CANopen.....	81
Tabla V.18.- Asignación de entradas al PLC.....	82
Tabla V.19.- Asignación de controles del módulo master.....	83
Tabla V.20.- Asignación de memorias.....	83
Tabla VI.21.- Comparación de tipos de redes CAN.....	102
Tabla VI.22.- Comparación de capacidades de bus CAN.....	102
Tabla VI.23.- Valores obtenidos en el control de giro del motor.....	104
Tabla VI.24.- Frecuencia de inyecciones del sistema de control.....	105
Tabla VI.25.- Tiempo de demora para la ejecución de órdenes de control.....	105
Tabla VI.26.- Promedio de aceptación del protocolo CANopen.....	106
Tabla VI.27.- Cantidad de deficiencias en seguridad de comunicación del sistema.....	106
Tabla VI.28.- Cálculo de X^2 para la pregunta 1.....	108
Tabla VI.29.- Cálculo de X^2 para la pregunta 2.....	108
Tabla VI.30.- Cálculo de X^2 para la pregunta 3.....	109
Tabla VI.31.- Cálculo de X^2 para la pregunta 4.....	109

INTRODUCCIÓN

La evolución de la sociedad humana a través de la comunicación, en conjunto con los avances tecnológicos y demandantes del mundo moderno, causó que en el campo de los procedimientos industriales, el automatismo evolucione para volver los procesos cada vez más presentes en la vida cotidiana de las personas y principalmente en las zonas de producción industrial, en una comunicación que no solo garantice el traspaso de información, sino permita controlar automáticamente dichos procesos, al punto de también permitir interactuar físicamente con los usuarios u operarios, simplificando las redes de comunicación que se empleen para su efecto y por ende del mantenimiento tanto físico como lógico del sistema.

La aparición de las redes de comunicación industrial desarrolló una amplia gama de opciones de comunicación para los distintos tipos de control y de ambientes de trabajo, trayendo una variada gama de productos de casas fabricantes competidoras que permiten hoy en día crear un espacio de estudio de todo ese campo de las comunicaciones industriales.

CANopen es una opción de comunicaciones, que se la conoce entre otras opciones como protocolos de comunicación, que utilizando el modelo productor – consumidor para la transferencia de información, enlaza a varios terminales por medio de un único canal de comunicación llamado “bus de datos”, donde un nodo realiza la tarea de un denominado maestro, mientras el resto de nodos son denominados esclavos.

El sistema de red CANopen tiene su importancia en el mercado actual debido a los controles de comunicación que brinda y la flexibilidad que tiene para expandir su red de ser necesario con el tiempo. Todo esto, integrando equipos modernos que se acoplan fácilmente a esta tecnología.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

A continuación se especifica las referencias esenciales para el desarrollo del presente trabajo a fin de comprender los distintos puntos a ser analizados y comprobados.

1.1. ANTECEDENTES

Las empresas que requerían de automatismos en sus líneas de producción, notaron que con la necesidad de ampliarlo o mejorarla, estos se volvían cada vez más complejos, difíciles de manejar y ocupaba mucho espacio para ellas.

Actualmente, la simplificación de dichas instalaciones permitió entre otras cosas, bajar los costos involucrados, a más de enfrentar la necesidad de brindar fiabilidad en la seguridad y respuesta a errores. Aquello se refleja en una calidad minuciosa.

En la actualidad, las instalaciones se basan siempre en la simplificación de la instalación tanto de comunicaciones como de control mediante los buses de campo para el ahorro de dinero, material necesario, espacio de uso, y tiempo requerido

1.2 PROBLEMATIZACIÓN

La principal preocupación en redes de comunicación industrial se halla en la necesidad de reducir o simplificar los canales y medios de comunicación, de manera que permita un control más efectivo en la producción industrial, para ahorrar tiempo de respuesta, fácil análisis de fallas o mejoras, correcciones prontas ante errores de funcionamiento y mejor seguimiento al mismo sistema que controla dicho proceso industrial automático.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Teórica

La tecnología implementada para la automatización de procesos industriales, consigue enlazar operaciones mecánica-informática y eléctrica.

El uso de los buses de campo es limitado en información, de ahí que la implementación de dicho trabajo refleja un sustento para mejorar los procesos de aprendizaje sobre el uso de la tecnología CANopen

1.3.2 Justificación Aplicativa

La institución, al contar con un sistema de comunicación CANopen, permitirá desarrollar un aprendizaje teórico-práctico dirigido al público en general sobre el uso de dicha tecnología en empresas industriales y su influencia en el mejoramiento de sus procesos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar una red de comunicaciones CANopen, para el control de motores

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el modo de comunicación del sistema CANOPEN para efecto de control
- Diseñar la red CANopen
- Dimensionar los elementos y parámetros de la red. ?
- Programar el control en un Lenguaje bajo el Estándar IEC 611 31-3 Implementar la red en el laboratorio de redes industriales.

1.5 HIPÓTESIS

El diseño e implementación de una red de comunicaciones CANopen, permitirá controlar en una variedad de velocidades a un motor eléctrico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 BASE DE LAS COMUNICACIONES

El desarrollo de la sociedad humana a través del tiempo, ha sido basado en la comunicación, la cual se interpreta como el intercambio de mensajes entre individuos.

Describiendo de una manera técnica, la comunicación se puede representar como el enlace entre dos puntos A y B distantes entre sí en espacio y tiempo, por el cual se transite un determinado mensaje.

Así, mientras la comunicación implica la transmisión de una determinada información, la información supone un proceso.

Los elementos que aparecen en el mismo son:

- El Código Es un sistema de signos y reglas combinados, arbitrario y organizado con anticipación. El proceso de comunicación para la transmisión de señales que emplea el código, se desarrolla para un canal de transmisión.
- El Canal sería el medio físico a través del cual se transmite la comunicación, que en el caso de la electrónica, podría ser un conductor metálico, una fibra óptica o espacio libre.
- El Transmisor convierte la información original en una forma más adecuada para la transmisión del mensaje, llamado así como proceso de codificación del mensaje.
- El Receptor es aquel a donde va dirigida la comunicación; donde se descifra e interpreta la codificación hecha por el transmisor; es decir, decodifica el mensaje.

José Briceño (1)

2.2 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Un Sistema de Comunicación industrial es el esqueleto sobre el que se desarrollan las estrategias de automatización de un proceso.

El sistema de comunicación industrial utiliza mecanismos para el intercambio de datos distribuidos en una organización industrial.

Los datos son obtenidos en su punto de origen en un tiempo real, para ser utilizados en el control de operaciones en el ciclo de procesamiento, actualizándolos permanentemente de manera automática en una base de datos. Este procesamiento de información facilita la toma de decisiones tácticas, operacionales y de estrategias en los procesos industriales. Los objetivos del desarrollo de las comunicaciones industriales van enfocadas a aspectos como:

1. Aplicar cada vez nuevos métodos para el análisis de procesos y control involucrando tecnologías avanzadas.
2. Aumentar la productividad de los recursos humanos por medio de:
 - a) Disminuir costos de implementación de materiales y de energía.
 - b) Disponer de equipos, procedimientos y sistemas que accedan a la información de forma confiable y oportuna en el momento y sitio requerido.
 - c) La automatización de las tareas repetitivas y manuales.
3. Incrementar la calidad de las operaciones y procesos, mediante el uso de aplicaciones cada vez más actualizadas dentro del campo de la electrónica, telecomunicaciones e informática.

2.2.1 Integración de la red de comunicaciones

Los sistemas de automatización industrial tienen como función primordial el uso de las telecomunicaciones para su desempeño. Puesto que las empresas en muchos casos presentan operaciones dispersas geográficamente, tal ejemplo se ve reflejado en la en la supervisión y control de instalaciones petroleras, distribución de energía eléctrica, refinerías, industria fabril, etc.

Los objetivos de una red industrial utilizando las telecomunicaciones son:

- a) Generar recursos que permitan dar seguridad y confiabilidad en aspectos como la supervisión y control continuo de procesos de alto riesgo, la detección temprana de estados de alarma, verificar el estado de los equipos y de la instalación en general.
- b) La recolección instantánea de datos desde puntos remotos.
- c) El envío de datos desde y hasta los centros de procesamiento de la información y de control de las operaciones.

Para lograr los objetivos de una comunicación industrial, se estructuró una arquitectura siguiendo las premisas requeridas, que se puede representar en una pirámide de niveles.



Figura I.1. Modelo del sistema de comunicación industrial

Fuente: Transmisión de datos, Briceño José E., p. 25

En el Nivel Operacional se llevan a cabo todos los procedimientos básicos de la comunicación, es decir los elementos físicos para transmitir y ejecutar los procesos. La comunicación es por debajo de los 20Mbps.

En el Nivel Táctico, se realizan las labores de ingeniería, la planificación de operaciones y mantenimiento, etc. Es decir cómo se realizará la comunicación de información y la interpretación de la misma. La velocidad de transmisión de la información va sobre los 20 Mbps.

En el Nivel Estratégico realiza toda la gestión y administración global de la industria, manejando aspectos como las fijaciones del nivel táctico, las políticas empresariales, las directrices que tendrán la producción y mercadeo. La velocidad de transmisión de información va por encima de los 100 Mbps.

Sin embargo este tipo de estructura presenta varios desafíos al momento de implementarse, debido a la manera de cómo integrar cada nivel para formar la estructura básica. Estos aspectos pueden ser:

- Emplear esfuerzos adicionales para el mantenimiento y soporte de la estructura tanto en hardware como en software, que con el pasar de los tiempos, tienden a volverse obsoletos.
- La variedad de marcas de productos, distintos sistemas operativos y bases de datos y la aplicación de protocolos de comunicación alternativos. Estos protocolos deben ser analizados para que no resulten ineficientes para las transmisiones con ciertas especificaciones o necesidades requeridas. Incluso esto debido a que en el nivel operacional pueden presentarse protocolos industriales poco o nada compatibles entre sí.
- La relación que se presenta entre los distintos niveles presenta muchas veces interfaces que resultan ser poco agradables y amistosas al usuario, incluso complejas para manejarlo.
- Complejidad de relación entre las áreas de control de procesos, instrumentación e informática, causada por las constantes versiones nuevas que estas producen en el mercado.
- Datos con redundancia parcialmente controlada. Esto se refiere a nomenclaturas diferentes, lo que obliga a crear tablas de conversión de nomenclaturas que complican la actualización de datos y gestión de los mismos.

De esta forma podemos decir que para la integración completa de todos los niveles se puede aplicar:

- a) Una infraestructura sólida de comunicaciones con distintas orientaciones:

- Redes orientadas al control local.
 - Redes orientadas al control supervisor.
 - Redes orientadas al soporte de la planificación, ingeniería, gerencia y administración.
- b) Mantener una visión integrada de los sistemas, tanto desde el punto de vista del modelo del flujo de datos como desde el punto de vista de la integración de los procesos.

En resumen, se requiere el diseño y construcción de un sistema integrado de red que permita:

- a) La conectividad e interoperabilidad de todos los sistemas de información y control.
- b) Que facilite el acceso a cualquier subsistema (o subred).
- c) Con un manejo integrado, flexible, de gran calidad y confiabilidad, del flujo de información entre los niveles operacionales, tácticos y estratégicos.

2.3 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

La aparición de las redes industriales fue gracias a la fundación FieldBus (Redes de Campo) que desarrolló un protocolo de comunicación, integrado por varios instrumentos que se comunicaban bajo una misma plataforma que se orientaba al control y medición de procesos industrializados.

Dicha comunicación industrial se dedicaba a transmisiones en señales analógicas enviando cada variable por un par de hilos específicos, que luego con la aparición de instrumentos capaces de comunicar señales digitales, fueron capaces de manejar una

cantidad de datos mucho mayor y guardarlos históricamente, ofreciendo una precisión hasta diez veces mayor que la señal típica manejada hasta entonces de 4-20mA cc. Esto se logró transmitiendo las variables de forma secuencial por medio de un cable de comunicaciones llamado bus.

2.3.1 BUSES DE CAMPO

El bus de campo es un conjunto de conductores reunidos en un solo canal que conectan varios circuitos con el fin de intercambiar datos de un punto distante a otro. Supera la comunicación punto a punto, que se limitaba a transmisiones de información entre dos puntos únicamente. Esto mediante la integración de muchos más puntos interconectados entre sí, compartiendo datos por medio de dicho bus en forma serial, aunque existen ciertas excepciones en algunos protocolos de comunicación orientados más específicamente a mediciones como en el SCSI o IEEE-488 que no suelen en esos casos ser tratados como buses de campo para su análisis.

En estos casos no se requiere de mayor número de cables para dicha comunicación, generalmente se limitan a dos o tres conductores, que con las precauciones del caso, están protegidas contra perturbaciones posibles dadas en áreas industriales donde están implementadas.

2.3.1.1 Ventajas de un bus de campo

- Reduce considerablemente el cableado y por ende de costos de material.
- Permite conectar módulos de distinta operatividad.
- Utiliza un mecanismo estándar para la comunicación de información.
- Es adaptable a futuras expansiones.

- Permite conectar equipos de distintos fabricantes.
- Facilita la puesta en marcha del sistema.
- Opera a distancias superiores que las tradicionales.

2.3.1.2 Desventajas de un bus de campo

- Los costos generales pueden resultar superiores debido a los equipos inteligentes que se requieran.
- Posibles inversiones adicionales en accesorios e instrumentación para el diagnóstico de comunicación.
- Requiere de conocimientos avanzados en comunicación de buses.

2.3.1.3 Proceso de comunicación por medio del bus

Utiliza comúnmente el modelo de comunicación cliente/servidor. Pero existen otros modelos que aunque pueden resultar más eficientes al igual son más costosos, como el Token bus (IEEE 802.4) que es un bus lineal con comunicación en token ring. También existe el modelo token passing que resulta de una combinación entre el modelo cliente/servidor y el modelo token bus.

Un aspecto importante que se debe considerar en la implementación de un modelo es la posibilidad de reconocer que todo servidor inteligente puede convertirse en algún momento en servidor.

2.3.1.4 Tipos de buses de campo

- AS-interface
- CAN

- Ethernet POWERLINK
- Modbus
- Profibus

2.4 CAN – CANOPEN

2.4.1 Bus CAN

CAN (Controller Area Network) es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma Robert Bosch, Soluciona la gestión de comunicación entre varios CPUs (unidades centrales de procesamiento) transmitiendo mensajes en entornos distribuidos.

El protocolo de comunicaciones CAN proporciona los siguientes beneficios:

- Normalización que se refleja en la facilidad que brinda al comunicar en único bus a varios subsistemas de distintos fabricantes, con lo que también reduce costos de implementación
- La unidad de procesamiento encarga la comunicación a un dispositivo inteligente, con lo que se libera de una carga para ponerse disponible a nuevas tareas.
- Es una red multiplexada, es decir que simplifica considerablemente el cableado y se limita a tener conexiones punto a punto únicamente en los enganches.
- Trabaja en modo multimaestro. Donde puede extenderse hasta una distancia de 1000 metros a 50Kbits, con una velocidad máxima tope de 1Mbit/s a una distancia de 40 metros.

2.4.1.1 Principales características de CAN

CAN utiliza el modelo de comunicación productor/ consumidor, donde se permite conectar a un productor con uno o varios consumidores.

Este protocolo además se halla orientado a mensajes, es decir que descompone en mensajes a toda la información que se va a intercambiar, mensajes a los que les asigna un identificador para su direccionamiento, de esta manera cada dispositivo de la red reconoce si dicho mensaje esta direccionado a él.

Algunas de las primordiales características del protocolo CAN son:

- Asigna un grado de prioridad a los mensajes transmitidos.
- Garantía de tiempos de latencia.
- Flexibilidad en la configuración.
- Recepción por multidifusión (multicast) con sincronización de tiempos.
- Robusto en cuanto a consistencia de datos.
- Es un sistema multimaestro.
- Detección y señalización de errores.
- Retransmisión automática de tramas erróneas
- Distinción entre errores temporales y fallas permanentes de los nodos de la red, y desconexión autónoma de nodos defectuosos. *Pinto Argenis (2)*

Cabe notar que CAN se orientó a ser un protocolo abierto, es decir, consiguiendo transmisión y control entre diferentes dispositivos de diversas casas fabricantes.

CAN utiliza las capas uno y dos del modelo OSI, este se refleja directamente en el hardware CAN en el momento de su implementación.

La multidifusión o multicast, permite que la información generada por uno de los nodos de la red, es escuchado por todos en un determinado tiempo, donde cada

nodo decide si utiliza o no la información. Con ello queda claro que el bus es el que realiza el trabajo de arbitrio con el requerimiento de un módulo para ello, de esta forma se evitan perdidas por colisión en el bus.

Existen dos tipos de redes CAN. Una red de alta velocidad para controles sensibles a fallos (hasta 1Mbit/s), bajo el estándar ISO 11898-2, y una red de baja velocidad tolerante a fallos (menor o igual a 125 Kbits/s), bajo el estándar ISO 11519-2/ISO 11898-3.

2.4.2 Protocolo CANOPEN

El protocolo CANopen es desarrollado por CiA (CAN in Automation), asociación sin ánimo de lucro formada por fabricantes y usuarios del bus CAN basado en el protocolo CAN que se enfoca a cubrir la capa de aplicación que CAN no consiguió hacerla.

2.4.2.1 Características de la Red CANOPEN

CANopen al ser una derivación de CAN, trabaja poseyendo los mismos beneficios de CAN pero da solución a algunas limitantes que su antecesor no cubría. Utiliza la transmisión por medio de telegramas, donde todos los dispositivos tienen comunicación directa entre sí, poseyendo los mismos derechos de acceso a la red, pero la prioridad de atención a los mensajes, es determinado por un identificador que evita colisiones por accesos simultáneos de dos o más nodos en el bus. No requiere de un maestro que realice el control de toda la comunicación en sí, sino que el acceso a los dispositivos para la actualización de datos se maneja de forma cíclica, lo que vuelve a los datos manejarse de forma óptima.

Utiliza el modelo de comunicación productor / consumidor para la transmisión de datos, con lo que un mensaje puede ser o no ser utilizado al mismo tiempo, por uno o varios elementos de la red.

2.4.2.2 Medio Físico

El medio físico es manejado por la norma ISO 11898. La cual determina un bus apantallado para protección ante factores externos, formado internamente por dos pares de cables trenzados. Un par destinado para la transmisión de datos denominados CAN-H (CAN alto) y CAN-L (CAN bajo), y otro par destinado para la alimentación +24Vdc y GND.

2.4.2.3 Direccionamiento en la Red CANopen

Toda red CANopen puede llegar a tener hasta 127 nodos, donde se designa un nodo para ser el maestro responsable de los servicios de gestión de la red y un conjunto de 1 hasta 126 esclavos encargados de ejecutar las ordenes que se les asigne cuando se les asigne. Todo esclavo es identificado por medio de una dirección o también llamado Node-ID que va desde 1 hasta 127 y que es único para cada uno de ellos.

2.4.2.4 Acceso a los datos

Cada esclavo posee un listado, llamado diccionario de objetos, que almacena todos los datos accesibles vía red. Cada objeto de la lista posee un índice identificador para reconocer lo que se está transmitiendo en un momento determinado y poder entender la ejecución de la orden.

2.4.2.5 Modelo de referencia

Con base al modelo OSI, los niveles Físico y de Enlace se manejan del mismo modo que en CAN. CANopen complementa a CAN, con el uso del nivel de aplicación, que le permite emparejarse a las estructuras comunes de hoy en día en los protocolos de comunicación demandantes.

Cabe notar que las demás capas del modelo OSI no dejen de existir, sino que en el campo de la comunicación industrial, no vienen a ser de necesidad para su implementación, en tal caso es mejor simplificar lo más posible la comunicación, llevando los servicios de estas capas a la de aplicación.

2.4.2.6 Modelo de dispositivo

Los dispositivos se estructuran en tres unidades funcionales:

- **Comunicaciones:** Proporciona los objetos de comunicación y la funcionalidad necesaria para transportar los datos a través de la red subyacente.
- **Diccionario de objetos:** Es una colección de todos los elementos de datos que tienen influencia en el comportamiento de los objetos de aplicación, los objetos de comunicación y la máquina de estados del dispositivo.
- **Aplicación:** engloba la funcionalidad del dispositivo con respecto a la interacción con el proceso.

El diccionario de objetos funciona como una interfaz entre las comunicaciones y la aplicación. La descripción completa de la unidad de aplicación de un dispositivo, con respecto a los datos del Diccionario de objetos recibe el nombre de perfil de dispositivo.

2.4.2.7 Modelo de comunicaciones

Define los tipos de servicios, objetos y los modos de transmisión de mensajes. Permite optar por una transmisión síncrona y asíncrona de mensajes. Los modelos pueden ser:

- Maestro/Esclavo. Hay un único maestro que dirige las comunicaciones según la funcionabilidad que se le haya asignado; el resto de nodos se consideran esclavos. El maestro hace una petición, y los esclavos deciden si lo toman o dejan de ser necesario. En CANopen se usa en la administración de la red.
- Cliente/Servidor. Posee un sólo cliente y un sólo servidor. El cliente hace una petición al servidor para que ejecute un proceso determinado. Al completar dicha petición, el servidor responde a la petición. En CANopen se usa en la parametrización de los dispositivos.
- Productor/Consumidor. Hay un solo productor y ninguno o algunos consumidores. Aquí se derivan varias alternativas:
 - Modelo push. El productor envía el servicio en el canal de eventos y éste lo envía al consumidor. En CANopen se usa para transmisión de datos a alta velocidad.
 - Modelo pull. Actúa contrario a Push, donde el consumidor solicita al canal de eventos y éste lo hace al productor. En CANopen se usa para petición de datos con confirmación de entrega. Resulta más lento que push. *Manual de Usuario CANopen (16)*

CAPÍTULO III

SISTEMA BASE

3.1 CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE

El Control lógico programable, o llamado comúnmente como PLC fue desarrollada para el área de la ingeniería industrial para la automatización procesos electromecánicos, Permite la conexión directa de entradas para captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) y de salidas para actuadores (bobinas de contactores, pequeños receptores, etc.).

A diferencia de las computadoras comunes conocidas y manejadas, el PLC está orientado para una serie de señales de entrada y salida, además que como ventajas posee inmunidad al ruido eléctrico, resistencia a vibraciones y al impacto.

El usuario crea programas para el control de funcionamiento del sistema y la almacena cargándola al PLC dentro de las llamadas baterías copia de seguridad o a su bien en memorias no volátiles.

Los PLCs actúan en respuestas de tiempo real muy eficiente, determinante para la necesidad industrial donde se requiere respuestas en tiempos limitados.

3.1.1. Clasificación

Siguiendo sus características podemos clasificarlas del siguiente modo:

3.1.1.1. Estructura externa.

Aquí detalla dos opciones de aspectos físicos externos del PLC:

- **Diseño compacto:** En un solo bloque residen todos sus elementos (fuente, CPU, entradas/salidas, interfaces, etc.). Tienen la ventaja de ser generalmente más baratos y su principal desventaja es que no siempre es posible ampliarlos.
- **Diseño modular:** Ofrecen varios módulos compuestos por distintos elementos con la posibilidad de configurarlos según los requerimientos del usuario.

3.1.1.2 Memorias.

Se puede considerar como memoria a cualquier dispositivo que permita guardar las instrucciones escritas por el programador.

Las memorias tienen una capacidad variable medida en Kbyte o en Mbyte.

Dentro de sus alternativas se desarrollaron algunos tipos:

- PROM (Programmable Read Only Memory). Pueden ser programadas una sola vez permitiendo únicamente la lectura de dichas memorias. Muy eficientes al momento de considerar cortes de energía, pues no provoca pérdidas de información.
- EPROM (Erasable Prog.). Similar al PROM, pero permite borrar su contenido para reprogramarlas. Se distingue por el borrado que se realiza por la aplicación de luz ultravioleta.
- EEPROM (Electrical Erasable..). Similar al EPROM, permite en este caso que el borrado se realiza por la aplicación de señales eléctricas.
- RAM (Random Access Memory). Son memorias de acceso aleatorio. Permite escribirlas y borrarlas eléctricamente. La lectura y escritura son muy veloces, pero son vulnerables a pérdidas de información cuando hay cortes de energía por lo que requieren pilas para esos casos.

EEPROM y RAM son las más comúnmente utilizadas hoy en día.

3.1.1.3 Unidades de Entrada.

Los distintos tipos de entradas que estas ofrecen son:

- Analógicas. Útiles cuando se desea usar la entrada a una medida. Posee un conversor interno Análogo/Digital (conversor A/D) para comprenderlo. La tensión e intensidad varía según los rangos que el PLC ofrezca.
- Digitales. Generan una señal de 1 o 0 que refleja la presencia o no de una tensión en la entrada. Son las más comúnmente usadas en la actualidad. La tensión puede ser alterna (0-220V, 0-110V) o continua (generalmente 0-24V).

3.1.1.4 Unidades de Salida.

Permiten al igual que las entradas de dos señales:

- Analógicas. Muy adecuadas cuando los actuadores son de excitación análoga. Posee un conversor D/A Digital/Análogo).
- Digitales. Presentan tres opciones: Con salida a transistor, relé o triac. Todos soportan corrientes entre 0,5 y 2 A.

3.1.1.5 Lenguajes de Programación.

Dependiendo del tipo de lenguaje que se intente escribir sobre el PLC, existen:

- Listado de instrucciones.
- Con símbolos lógicos.
- Con símbolos de contactos. Es el más popular y la programación se lleva a cabo usando redes de contactos (ladder).

3.1.1.6 Equipos o unidades de programación.

Refiere a los tipos de dispositivos con los que se ingresará para manipular el programa:

- Tipo calculadora. Formado de un teclado y un visor que permite ver línea por línea la programación.
- PC. Siempre que el software y la interfaz sean compatibles, se podrá desarrollar una interfaz que manipule las peticiones que se desee, muy útil para manejarse desde sitios remotos como oficinas.

- Consola. Son un tipo intermedio entre los anteriores. Permite ver hasta 20 o 30 líneas de programa

3.1.1.7 Tamaño de los PLCs

Depende mucho por la cantidad de entradas y salidas que este contemple de fábrica. En la actualidad estas van desde 10 E/S hasta por miles E/S. Se las suele denominar por: nanoautómatas, microautómatas, etc.

3.1.2 Tipos

- **PLC Nano**

Maneja entradas y salidas inferiores a 100. Por lo general son todos los PLC compactos, pero maneja entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

- **PLC Compacto**

Incorpora en su módulo principal a la fuente de alimentación, CPU y los módulos de entrada y salida y maneja entre cientos de entradas y salidas y soporta distintos módulos especiales.

- **PLC Modular**

Manejan cantidades de entradas y salidas por el rango de los miles. Contiene en su estructura el Rack, la fuente de alimentación, la CPU y los módulos de entrada y salida.

3.1.3 Principio de Funcionamiento

Al momento del arranque del procesador, éste realiza una secuencia de tareas:

- a) Realiza un auto-chequeo de encendido bloqueando las salidas, si el procedimiento no presenta fallas, ejecuta el modo de operación normal.
- b) Hace lectura del estado de cada entrada y las almacena las mismas en una tabla de imagen de entrada como memorias del proceso.
- c) Actualiza la tabla de imagen de salida de modo de memorias.
- d) Transfiere hacia los módulos de salida los valores que se vayan actualizando en la tabla de imagen de salidas en los dispositivos de manipulación
- e) Regresa al paso b y repite el procedimiento cíclico.

Cada ciclo de ejecución o barrido o también conocido como scan, se puede entender por dos procedimientos generales:

- Verificación de las entradas y salidas
- Ejecución del programa

3.1.4 Funciones adicionales del PLC

- a) Al poder almacenar en memoria los estados de entradas y salidas, evita ante fallos del sistema o cortes de energía, estos no se vean alterados si así lo requiere el usuario.
- b) El auto-chequeo del sistema se lo realiza por cada ciclo de barrido, el cual lo expone en su memoria que puede ser revisada por el programa de aplicación del usuario.
- c) Es flexible a la conexión de módulos de expansión para aumentar el número de E/S, tanto análogas como digitales, así como de comunicación, entre otras.
- d) Tiene capacidad de controlar el estado de inicialización de los dispositivos de la red. *Prieto Paloma (3)*

3.1.5 Módulos de ampliación

Los módulos de ampliación o extensión dentro del manejo de los PLCs, permiten aumentar la cantidad de E/S, sean análogas o digitales o para comunicación. Los módulos para su incorporación, dependen de la tolerancia que el PLC tenga para soportar dicha conexión, además del acoplamiento que brinden las casas fabricantes. La ventaja de los módulos de ampliación radica en ahorrar al usuario la necesidad de reemplazar el PLC por otro que tenga características que inicialmente no fueron contempladas en su implementación.

3.1.5.1 Capacidades

Aunque es muy extenso hablar de los tipos de módulos de expansión para cada tipo específico de PLC. Podemos centrarnos en mostrar los tipos de módulos de ampliación existentes en los PLC compactos, debido a que el proyecto actual se desarrollará en el mismo:

- Bases compactas de 40 E/S (TWD LC•• 40DRF), que soportan hasta máximo 7 módulos de extensión (E/S o de comunicación).
- Bases compactas de 24 I/O (TWD LC•A 24DRF) hasta máximo 4 módulos de ampliación (tanto E/S o de comunicación).
- Bases compactas de 10 E/S (TWD LC•A 10DRF) y de 16 I/O (TWD LC•A 16DRF), únicamente acepta módulos de E/S.

3.2 SISTEMA ELÉCTRICO

3.2.1 Fuente de poder

El sistema de comunicaciones CANopen requiere de una alimentación externa. La tensión asignada para el PLC en casi todos los casos es de 24 voltios.

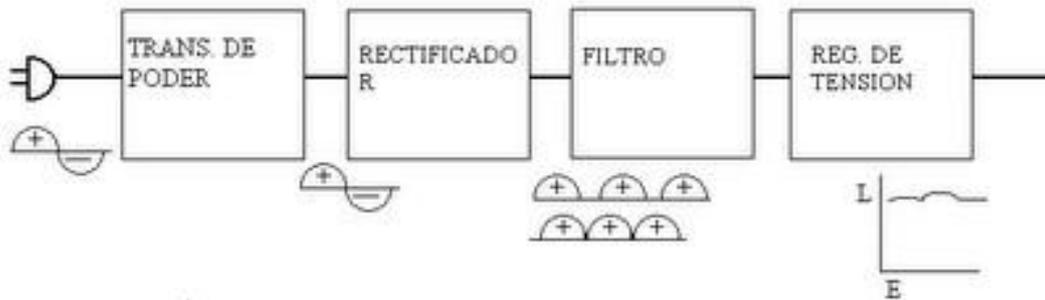


Figura II.2 Diagrama Fuente de poder básica

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo2.pdf, pag 18

Si bien existe un rango de tolerancia para la tensión de alimentación del PLC, la tabla siguiente muestra una relación clara:

Tensión de alimentación (Vcc)		
Mínimo	Máximo	Permitido
11	30	24

Tabla III.1 Características de alimentación de tensión para interfaz CAN

Fuente: Autor de Documento

Corriente (mA)	
Típico	Máximo
30	50

Tabla III.2 Características de alimentación de corriente para interfaz CAN

Fuente: Autor de Documento

3.2.1.1 Clasificación

La alimentación para los dispositivos de la red por medio del PLC puede ser tanto lineal como conmutada.

Las fuentes lineales son adecuadas cuando son redes de baja la corriente, pero complicadas para manejar corrientes altas de alimentación y su regulación presenta deficiencias.

Las fuentes conmutadas resultan sensibles a averías y son más complejas que las lineales para su implementación, a pesar de que ambas manejan potencias similares, sin embargo su ventaja se basa en el tamaño reducido y en una mayor eficacia.

3.2.1.2 Tipos

La fuente de alimentación fija, convierte las tensiones alternas de entrada, en tensiones continuas de salida para suministro de la red.

Las fuentes regulables, permiten manipular los valores de voltaje de salida resultante, para adecuarse mejor a necesidades del usuario.

3.2.1.3 Aplicaciones

- Se utilizan en la protección contra cortocircuitos y subidas de tensión, siempre y cuando se integre un estabilizador de tensión.
- En casos de cortes de energía imprevistos, alimenta bajo un banco de baterías para evitar interrupciones de funcionamiento o fallas posibles en los elementos.
- Trabaja como un conversor A/D y D/A, así como un rectificador.

3.2.2 Cables

El cableado de alimentación casi en la totalidad de los casos resulta de cobre por la eficiencia que brinda y debido a que la red CANopen se halla dentro de los límites

manejables con este cable. Depende de las tensiones que se desee enviar y las terminales de conexión, de la corriente nominal, de la temperatura ambiente y de la temperatura de servicio del conductor.

3.2.2.1 Clasificación según la tensión soportada

- cables de muy baja tensión (hasta 50 V).
- cables de baja tensión (hasta 1000 V).
- cables de media tensión (hasta 30 kV).
- cables de alta tensión (hasta 66 kV).
- cables de muy alta tensión (por encima de los 770 kV).

3.3 MOTOR ELÉCTRICO

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la repulsión de un elemento interno cargado eléctricamente sobre un imán.

Actualmente los motores eléctricos realizan un trabajo opuesto, es decir como generadores, convirtiendo la energía mecánica en energía eléctrica.

Pero también existen motores que realizan ambas tareas d transformación de energía.

3.3.1 Clasificación

3.3.1.1 Motores de corriente alterna

Resultan los más utilizados en la producción industrial y de automatismos, especialmente el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla. Puede presentarse de diversos tipos:

- Por su velocidad de giro.

- Asíncronos. Donde la velocidad de giro del rotor es menor que la velocidad del campo magnético generado por el estator.
- Síncronos. Donde la velocidad de giro del rotor es igual que la velocidad del campo magnético generado por el estator. Estos pueden clasificarse así:
 - Motores síncronos trifásicos.
 - Motores asíncronos sincronizados.
 - Motores con un rotor de imán permanente.
 - Por el tipo de rotor.
 - Motores de anillos rozantes.
 - Motores con colector.
 - Motores de jaula de ardilla.
 - Por su número de fases de alimentación.
 - Motores monofásicos.
 - Motores bifásicos.
 - Motores trifásicos.
 - Motores con arranque auxiliar bobinado.
 - Motores con arranque auxiliar bobinado y con condensador.
 - Por el tipo de par o torque:
 - Par Normal
 - De propósito general
 - De doble jaula alto par
 - De alto par alta resistencia
 - De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

3.3.1.2 Motores de corriente continua

Muy útiles en procesos de precisión en velocidad, así como en locomoción montacargas, etc.

- Según el tipo de rotación:
 - De marcha normal.
 - De marcha paso a paso.
- Según la función de los bobinados del inductor y del inducido:
 - Con excitación en serie.
 - Con excitación en paralelo.
 - Con excitación de imán permanente
 - Con campo o devanado inductor en dos devanados.
- Según su tamaño y forma de trabajo:
 - Micro Drives.
 - Para control o Servomotor.
 - Con rotor sin hierro.
 - Con escobillas y colector.
 - Con conmutación electrónica.

3.3.1.3 Motores universales.

Son motores que pueden utilizarse sea con corriente alterna o continua. Usados comúnmente en los electrodomésticos. Un ejemplo de motor universal son los motores con colector. *Nichese (14)*

3.3.2 Aplicación

Al poder presentarse en una variedad de tamaños, muchos de ellos reducidos, pueden ser acoplados a cualquier maquinaria. Es aplicable para la tracción de transportes y propulsión de navíos, así como dumperes de minería, mezcladores y hasta en automóviles híbridos, gracias a la eficiencia y un elevado par motor que lo caracteriza.

3.4 VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia es un dispositivo de control para velocidades rotacionales por medio de la manipulación de la frecuencia de alimentación que se le provea en motores de corriente alterna (CA)

Los variador de frecuencia se consideran también como variadores de velocidad que se enfocan a la manipulación de frecuencias para modificar la velocidad resultante. Los variadores de frecuencia se los denomina también inversores, drivers de corriente alterna drivers de frecuencia ajustable (AFD), microdrivers o drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

3.4.1 Control con variador de frecuencia

Internamente dispone de un convertidor de estado sólido que convierte por medio de un puente rectificador la energía de alimentación CA en CC.

El rectificador puede ser un puente trifásico de diodos o un rectificador controlado.

Muchos variadores aceptan entradas monofásicas (convertidor de fase) y trifásicas (variador de velocidad).

3.4.2 Características del variador

- Funciona a base de semiconductores controlados.
- Monitoreo de variables y protección al motor.
- Control de velocidad y torque total.
- La conmutación de los semiconductores es permanente.
- Orientado al control de velocidad de motores. Transforma completamente la señal de salida.

3.4.3 Ventajas del uso del sistema de variación

- Para operar un motor a distintas velocidades .en un proceso
- Para controlar la velocidad de un motor a un mismo torque por muy mínima que sea la variación.
- Para aplicaciones de torque controlado en plena marcha
- Para crear lazos cerrados de control. *Mejía David (15)*

3.5 INTERFAZ DE COMUNICACIÓN

La interfaz de comunicación estándar para la comunicación de redes industriales es serial, lo que conlleva a costos reducidos de implementación con resultados muy confiables, fácil al momento de instalarla independientemente de las distancias que involucren manteniendo velocidades de transmisión equivalentes a los requerimientos.

Algunas interfaces de comunicación muy en uso en la actualidad son:

3.5.1 Interfaz RS-232C

Es un cable multifilar para la transmisión de bits entre dos puntos.

De forma eléctrica, la interfaz maneja pulsos positivos y negativos de 12 Vdc donde los datos son codificados.

De forma mecánica, posee conectores de 9 o 25 pines.

El transporte de datos desde un terminal a otro, son mediante señales principales que son manejadas por las líneas "transmit data" y "receive data". Mientras que otra línea lleva el potencial común de referencia. El resto de líneas llevan información del estado de los terminales de comunicación. Los módems son controlados por las señales "request to send" y "clear to send", la disponibilidad de un bloque de datos en un computador por "data set ready" y la habilidad para recibir el bloque desde un computador por "data terminal ready".

3.5.2 Lazo de corriente de 20 mA

Es conmutada por un switch de encendido/apagado mediante una corriente de 20 mA, dependiendo de los niveles de regulación que se requiera en la transmisión. Así cada terminal tiene un lazo para la transmisión y otro para recepción. El lazo de corriente de 20 mA es una alternativa de la interfaz RS-232C. Su principal ventaja es su gran soporte a interferencias, ideal para implementarse a grandes distancias de comunicación o al hallarse en ambientes de fuertes campos eléctricos.

3.5.3 Interfaz RS-422

Se limita únicamente a servir los requerimientos eléctricos y físicos para la transmisión.

Permite velocidades de transmisión de hasta 10Mbits/s al manejar señales diferenciales y simétricas.

Si tiene afectaciones de campos externos, estos afectan a los dos cables por igual y por ende, se vuelve inmune a dicha afectación. Por lo que se maneja en velocidades y distancias físicas mayores de transmisión que las anteriormente descritas.

También permite acoplar al transmisor hasta 16 dispositivos.

3.5.4 Interfaz RS-485

Siendo un canal compuesto de dos hilos trenzados blindados, es similar a RS-422, pero alcanza a extenderse hasta 1.2 km con velocidades desde 93.75 kBit/s 500 kBit/s., permitiendo conectar hasta 32 dispositivos, donde el direccionamiento y respuesta a los comandos es resuelto por el software.

Maneja tres estados lógicos, "0", "1" y "non-data"(ausencia de datos); esta última es usada para el control o sincronización del flujo de datos. Su nivel de confianza es aceptable.

3.5.5 Interfaz IEC 1158-2

Se desarrolló como una interfaz internacional intrínsecamente segura para fieldbus. Con un constante control y el uso de un delimitador en sus extremos para la transmisión de información, garantiza una comunicación segura y resistente para grandes distancias, pudiendo conectar hasta 10 dispositivos con su propia alimentación y a más nodos en caso de disponer de alimentadores externos.

Los datos, en una forma de señal sin retorno a cero, son acoplados con una señal de reloj y enviados como una señal de corriente o voltaje a través del medio de transmisión. El 1 y el 0 son formados por un cambio de fase en el momento que se tiene el medio bit, dos estados de ausencia de datos se generan cuando no hay cambio de fase.

Como resumen de lo detallado, se puede dar un cuadro comparativo entre ellos.

Característica	RS 232C	RS422	RS485	TTY	IEC 1158-2
Nº máx. de dispositivos	1 transmisor, 1 receptor	1 transmisor, 16 receptores	32 transmis./receptores	1 transmisor, 1 receptor	10 transmis./receptores
Medio	a tierra	diferencial	diferencial	corriente	Manchester II
Máx. longitud	15 m	1200 m	1200 m	1000 m	1900 m
Nº de líneas	mín. 3	4	2	4	3
Máx. veloc.	19,2 kbps	10 Mbps	10 Mbps	19,2 kbps	31,25 kbps
Modo de Com.	dúplex	dúplex	semi-dúplex	dúplex	Semi-dúplex
Niveles	-12...+12V	-5...+5V	-5...+5V	0...20 mA	-2...+2V

Tabla III.3 Interfaces de comunicación

Fuente: <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/instrumentacion/cursocompleto-instrumentacion-industrial/item/231-interfaces-de-comunicacion-eninstrumentaci%C3%B3n--tipos-y-definiciones.html>

3.5.6 Aplicación

Algunos ejemplos de usos implementados con las interfaces de comunicación son:

- Control de semaforización vehicular.
- Control de válvulas
- Ejecución de horómetros, para obtener registro historial del funcionamiento de motores, entre otros
- Control discreto de líquidos o sólidos en tanques o reservorios.
- Control secuencial de luces de control o ejecución de tareas.
- Control de ciclos con finales de carrera de una grúa.
- Control de giro de motores.
- Clasificadores de elementos mediante sensores.
- Control de temperaturas
- Control de arranque de motores a diésel.
- Control de peso de sustancias.

- Control secuencial de bandas transportadoras.
- Taladoras automáticas.
- Estaciones automáticas de lavado de vehículos. *Villaljuca J. (18)*

3.6 SISTEMA INFORMATICO

3.6.1 SOFTWARE

Dentro del área de las redes industriales, el software se puede definir como el conjunto de reglas escritas en los equipos controladores del sistema para que ejecute funciones automáticas a la red, tanto de procesos como de controles.

Se almacena en el interior del PLC en una memoria “no volátil” (memoria flash, ROM, discos duros y cintas magnéticas).

Es el punto central de control de la red de comunicaciones, conformado por una serie de elementos, funciones e instrucciones creadas o implantadas, que monitorean o controlan el PLC y a los elementos conectados a él.

3.6.1.1 Tipos

Hoy en día existen una amplia variedad de lenguajes de programación para PLC.

Pero existen algunos lenguajes que han resultado los más adaptables por facilidad para el usuario programador, estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano o de instrucciones
- Diagrama de funciones

3.6.1.2 Clases de software

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un intento para estandarizar los Controladores Programables, que consiste en cinco partes, donde la parte que corresponde a lenguajes de programación se la identificó como estándar IEC 1131-3.

Aquel estándar determina que para la programación se usen dos lenguajes gráficos que utilizan símbolos, y dos lenguajes textuales que utilizan cadenas de caracteres.

- Lenguajes Gráficos
- Diagrama Ladder (LD)
- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)
- Lenguajes Textuales
- Lista de Instrucciones (IL)
- Texto Estructurado (ST)

3.6.2 Interfaz Gráfica

3.6.2.1 Diseño

Representa el agrupamiento de objetos e imágenes gráficas que muestran una manera interactiva de la información y acciones posibles para ser manipuladas desde un usuario. Debe ser agradable a la vista, fácil de comprender y manejar para usuarios independiente de si tiene o no, conocimientos avanzados.

Sin embargo hay varios pasos a seguir para diseñar una interfaz gráfica de usuario:

- a) Agrupar y analizar la información del operario:

De manera que considere el tipo de usuario operador de la interfaz, que tareas requiere utilizar sobre el sistema, de qué manera las va a manipular, el entorno de trabajo donde se hallará y las seguridades de acceso respectivas. Se definen los objetivos, las tareas, los objetos y acciones, iconos, vistas y representaciones visuales de los elementos, los menús y ventanas.

- b) Construir la interfaz de usuario.
- c) Validar la interfaz de usuario.

Esto se consigue con pruebas de simulación con los operarios.

3.6.2.2 Implementación

La interfaz gráfica permitirá una interacción usuario – control de proceso de motor mediante el PLC, con el cual de una manera fácil y de libre opción se podrá establecer los distintos modos de ejecución de giro del mismo a distintos ritmos de velocidad. Esto mediante una ventana interactiva desde un icono de fácil acceso al mismo, se tendrá una interacción directa en manipulación de valores y posiciones a los que se desea que el motor gire a distintas velocidades. La interacción tendrá botones de acceso y salida, así como indicativos para localizar las distintas alternativas de manipulación de giro del motor.

CAPÍTULO IV

COMPONENTES DEL SISTEMA DE BUS CANOPEN

4.1 MÓDULO TWIDO ETHERNET

El módulo Ethernet es un elemento pasivo en la comunicación del Bus CAN, que permite interpretar señales entre el bus CAN y terminales que utilicen puertos RJ45, además de servir de puente en extensiones de la red en la comunicación pueden venir en distintos tipos dependiendo de la cantidad de salidas Ethernet que se requiera, actualmente en el mercado se desarrollan dos tipos para la red CAN:

- TSX CAN TDM4 que permite conectar 4 puertos Ethernet con el bus de comunicación CAN.
- VW3 CAN TAP2 que permite conectar 2 puertos Ethernet con el bus de comunicación CAN, con una opción adicional de puerto Ethernet para una herramienta basada en Modbus.

4.2 MÓDULO CANOPEN MASTER

Representa un módulo de comunicación adaptado al Controlador Lógico Programable, encargado de permitir la comunicación por medio de un conector para bus CAN. El módulo maestro TWD NCO1M diseñado para comunicaciones CANopen de la familia Twido.

El maestro Twido CANopen permite un soporte de control para un máximo de 16 esclavos.

Velocidad máxima en baudios	Longitud del bus	Impedancia del cable	Sección/calibre del cable
1 Mbit/s @ 40 m	0 – 40 m	70 mΩ/m	0,25 - 0,34 mm ² ,
500 Kbit/s @ 100 m	40 - 300 m	< 60 mΩ/m	0,34 - 0,6 mm ² ,
125 Mbit/s @ 500 m	300 -600 m	< 40 mΩ/m	0,5 - 0,6 mm ² ,
50 Kbit/s @ 600 m	600 -1000 m	< 26 mΩ/m	0,75 - 0,8 mm ² ,

Tabla IV.4: Características técnicas de CANopen Master TWD NCO1M

Fuente:http://dev.ovp01.com.ar/schneiderelectric/vademecum/download/automatismosindustriales/automatasyredes/Twido/Guia_referencia_hardware.pdf, p.170

4.3 FUENTE DE PODER

La tensión nominal de la fuente de alimentación se encontrará en 24V.

La suma de la corriente extraída por los dispositivos alimentados por una fuente de alimentación no debe superar los 1500 mA.

A continuación se detalla los requisitos de la fuente de alimentación a ser utilizada en el trabajo:

Estandar	IEC61131-2-2003
Tolerancia inicial	24 V +/- 3% o más (sin tensión de carga)
Regulación de la línea	+/- 3% máx
Regulación de la carga	+/- 3 máx
Ondulación de salida	200mV p-p máx
Capacidad de carga	7.000 μ F máx
Aislamiento	Salida aislada de CA y masa de chasis
Tensión de salida mínima	19,2 V a plena carga
Limitación de corriente	2 A

Tabla IV.5 Requisitos de la fuente de alimentación.

Fuente: Autor de Documento

4.4 VARIADOR DE FRECUENCIA ALTIVAR 31

Es un convertidor de frecuencia para el control de giro en motores asíncronos trifásicos de jaula. Sus principales ventajas indican ser de tamaño manejable, resistente, sencillo de instalar y basado en las normas EN 50178, CEI-EN 61800-2, CEI-EN 61800-3, certificaciones UL CSA y la marca e.

Proporciona varias funciones usuales, entre las que se puede mencionar:

- a) Bombas, compresores, ventiladores.
- b) Máquinas de embalaje y de envase.
- c) Mantenimiento (como cintas transportadoras pequeñas, polipastos, entre otros).
- d) Máquinas especiales (mezcladores, trituradores, maquinaria textil...).

Este tipo de variadores tienen la capacidad de comunicarse directamente con buses tipo CANopen y Modbus.

Internamente se componen de un radiador para entornos normales y envolventes ventiladas.

Actúan en 4 tipos de rango de potencia, dependiendo del tipo de dispositivo terminal conectado a ser manipulado:

- a) De 200 VAC a 240 VAC monofásica, de 0,18 kW a 2,2 kW.
- b) De 200 VAC a 240 VAC trifásica, de 0,18 kW a 15 kW.
- c) De 380 VAC a 500 VAC trifásica, de 0,37 kW a 15 kW.
- d) De 525 VAC a 600 VAC trifásica, de 0,75 kW a 15 kW.

Este tipo de variadores ofrecen dos tipos de versiones para la interacción con el usuario:

- 1 ATV 31Hpppp con visualizador y teclas de navegación para los menús.
- 2 ATV 31HppppA con visualizador, teclas de navegación en los menús y control local (Marcha/Parada y potenciómetro para ajustar la consigna de velocidad).

Presentan como propiedad la Compatibilidad electromagnética CEM mediante filtros expandibles.

4.4.1 Funciones

El Variador ATV31 además de poseer tres entradas analógicas, seis entradas lógicas, dos salidas de relé y una salida lógica/analógica, también presenta otras funciones:

- Recuperación automática por almacenamiento de datos y re arranque automático.
- Memorización de la configuración hecha por el usuario.
- Protecciones para motor y variador.
- Disposición de 16 opciones de velocidad.

- Se acomoda para conexiones de 2 o 3 hilos.
- Configuración de tipos de fallos y de tipos de paradas.
- Regulación entre rangos velocidad.
- Emplea una lógica de freno.
- Rampas de aceleración y deceleración en formas lineales.

Cabe notar que dentro de una misma entrada lógica, se puede desarrollar distintas funciones.

4.4.2 Accesorios

Los accesorios que se pueden integrar al variador Altivar 31 pueden ser:

- Placas para montaje sobre perfil.
- Placa de adaptación para sustituirlo con variadores Altivar 28.
- Filtros de entrada CEM, atenuadores de radioperturbaciones y filtros de salida.
- Inductancias de línea.
- Kit para ajustarse a la norma UL.

Se pueden asociar diferentes opciones de diálogo y de comunicación 4, 5, 6 al

variador. 4.4.3 Ajustes de fábrica del variador

Al arrancar el variador por primera vez, presenta una configuración de fábrica que sirve directamente para la mayoría de aplicaciones que conlleva el variador, los valores predeterminados para cada variable deben ser:

- Frecuencia nominal del motor: 50 Hz.
- Tensión del motor: 230 V (ATV 31HpppM2 y M3X), 400 V (ATV 31HpppN4) o 600 V (ATV 31HpppS6X). Tiempo de las rampas lineales: 3 segundos.

- Velocidad mínima (LSP): 0 Hz, velocidad máxima (HSP): 50 Hz.
- Modo de parada normal en rampa de deceleración.
- Modo de parada por fallo: rueda libre.
- Corriente térmica del motor = corriente nominal del variador.
- Corriente de frenado por inyección en la parada = 0,7 veces la corriente nominal del variador, durante 0,5 segundos.
- Funcionamiento de par constante con control vectorial de flujo sin captador.
- Entradas lógicas: v 2 sentidos de marcha (LI1, LI2), control 2 hilos. v 4 velocidades preseleccionadas (LI3, LI4): LSP (velocidad mínima), 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz.
- Entradas analógicas: v AI1 consigna velocidad 0 + 10 V. v AI2 (0 ± 10 V) sumatoria de AI1. v AI3 (4-20 mA) no configurada.
- Relé R1: relé de fallo. b Relé R2: sin asignar.
- Salida analógica AOC: 0-20 mA imagen de la frecuencia del motor.
- Adaptación automática de la rampa de deceleración en caso de frenado excesivo.
- Frecuencia de corte de 4 kHz, frecuencia aleatoria. *Schneider Electric (20)*

4.4.4 Funciones del visualizador de programación

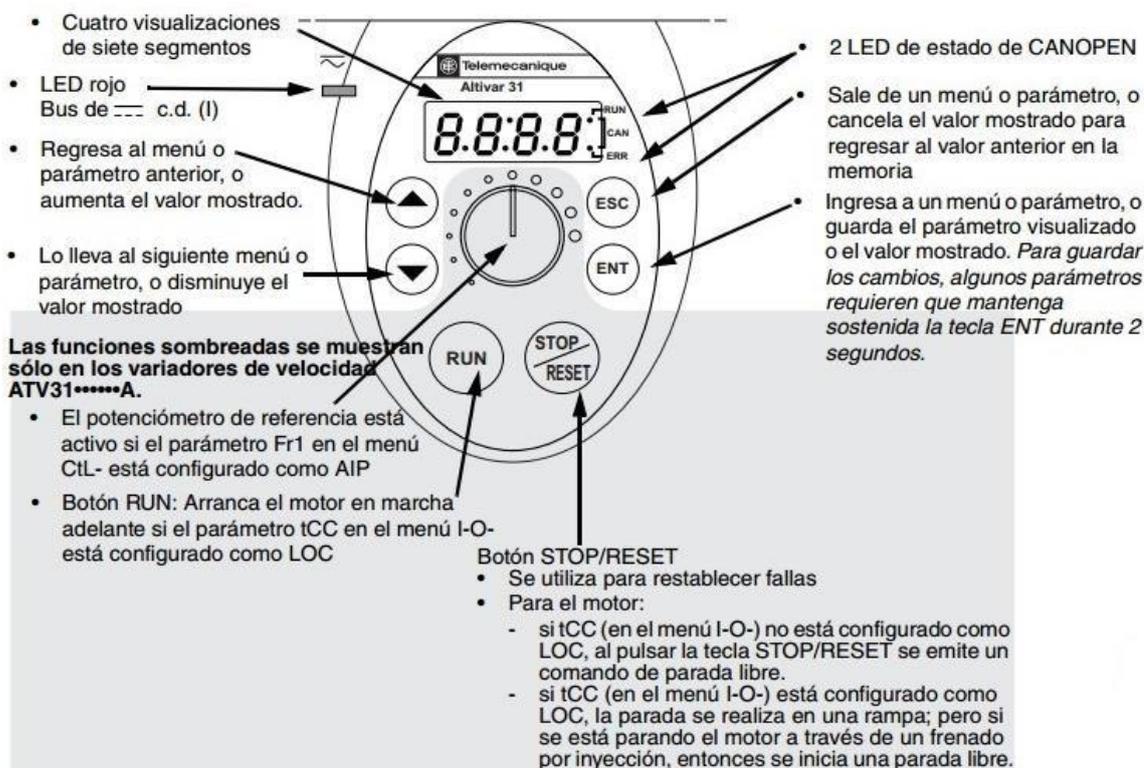


Figura IV.3 Mascara del visualizador del Variador de frecuencia Altivar 31

Fuente: <http://www.valtek.es/ftp/General/Telemecanique/Variadores/ATV31/ATV31Guia%20Prog%20simplificadaV1%20ESP.pdf>, pag. 54

4.5 TRANSFORMADOR DE VOLTAJE

Como el variador de frecuencia requiere una señal de entrada de 220VAC; requerirá en ciertos casos de un transformador de voltaje, si no contamos en un área industrial donde el común proveído suele ser de 110VAC, para ello el uso del transformador de voltaje. Dicho transformador de voltaje seleccionado corresponde a la serie 9T58K2811 de la familia de GE, que es un transformador monofásico de tipo abierto. A continuación se detalla las características del mismo:

Modelo:	
TEMCO ID producto	GT1181
Marca	General Electric
El número de pieza Mfg	9T58K2811
Especificaciones:	
Subcategoría Transformador	Control

Especificaciones eléctricas:	
Fase	Solo
Frecuencia (Hz)	60
Volts	750
Puntuación K	1
Configuración primaria	Dos Winding
Configuración secundaria	Dos Winding
Material de bobinado	Cobre
Electrostática blindado	No
Tipo de conexión	Cables de alambre
Especificaciones mecánicas:	
El aumento de temperatura (° C)	100
Sistema de aislamiento (° C)	180
Grado de protección	NEMA 1
Construcción	Open - Yeso o encapsulado Core & Coil
Tipo de montaje	Base / Panel
Enfriamiento	Aire / seco
Voltaje de entrada	Tensión de salida
240	240
240	120
480	120
480	240
Peso y dimensiones:	
Peso	16,00 libras. (7,26 kg)
Largo x ancho x altura	13,97 x 20,02 x 24,43 cm

Tabla IV.6: Características del transformador de voltaje G.E.

Fuente: http://www.temcoindustrialpower.com/products/Transformers_-_General/GT1181.html

4.6 BUS CANopen

4.6.1 Normas básicas comunicación en el Bus CANopen

Hay ciertas reglas que se deben seguir cuando se diseñe el bus CANopen:

- Cada nodo debe poseer una dirección única dentro de la red.

- Todos los nodos deben tener la misma velocidad de transmisión de bits.
- La velocidad está relacionada con la distancia del medio de comunicación.
- La densidad del bus y demás canales, influyen en la velocidad de transmisión.
- Cada segmento debe tener en sus extremos conectados resistencias de 120 Ohm como terminación de línea.

4.6.2 Apantallamiento y conexión a masa

Con el fin de reducir las posibles perturbaciones contra CEM, se muestra las siguientes consideraciones:

Utilizar cables de conexión equipotencial separados en caso de tener dispositivos sin aislamiento eléctrico, con el fin de fortalecer el nivel de referencia común entre todos los dispositivos.

Todos los dispositivos CANopen deben conectarse a una toma de tierra común (CAN_GND), con lo que se garantiza que dichos dispositivos se pongan en un nivel de referencia igual.

La carcasa apantallada metálicamente del cable SUB-D9 del bus se conecta automáticamente a la masa funcional del sistema cuando se enlaza el mismo con los nodos de la red.

4.6.3 Funciones del Bus CANopen

El cable de comunicación CANopen, está formado por dos pares trenzados. Cada par está apantallado para evitar perturbaciones entre sí, puesto que el primer par está destinado a la comunicación CAN+ (H) y CAN- (L), mientras el segundo par está destinado a la alimentación +24Vdc y GND. Por último los dos pares en conjunto están apantallados con una trenza de cobre de estaño y un conductor de drenaje especial.

Cable	Característica	Señal	Color
Par A	Calibre del conductor: 0,34 mm ² (AWG 22)	CAN_V+	Rojo
Par A	Resistencia lineal: 55Ω/km	CAN_GND	Negro
Par B	Calibre del conductor: 0,2mm ² (AWG 24)	CAN_H	Blanco
Par B	Resistencia lineal: 90 Ω/km	CAN_L	Azul
Par B	Impedancia característica: 120Ω	—	—

Tabla IV.7 Características de cableado CANopen

Fuente: eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H513884_2.pdf;3 , pag.37

4.6.4 Características físicas del cable

A continuación se detallan las características generales del cableado CANopen:

Pantalla	Trenza de Cobre estañado y conductor de drenaje
Color de Pantalla	Magenta RAL 4001
Temperatura de funcionamiento	-10°C+80°C (14°F-176°F)
Temperatura de almacenamiento	-25°C+80°C(-13°F-176°F)
Diámetro Global	7,4 (0,29in.) ± 0,2 mm (0,007 in.)

Tabla IV.8 Características del cable CANopen

Fuente: eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H513884_2.pdf;3 , pag.37

4.6.5 Tipos de Cable

Schneider electric proporciona tres tipos de cables que difieren en su cubierta:

TSXCANCA. Sirve para el mercado europeo. LSZH (baja emisión de humos, no halógeno).

TSXCANCB. Sirve para el mercado americano. Certificado por CSA y UL retardante del fuego.

TSXCANCD. Es un cable flexible para entornos extremos con resistencia química muy buena al aceite y a la grasa, LSZH y preparado para aplicaciones móviles.

Cada tipo de cable está disponible en longitudes de 50m, 100m o 300m.

Equipamentos Electricos (16)

4.6.5.1 Características específicas por tipo

Los cables de Schneider Electric tienen las siguientes características:

Características	TSXCANCA	TSXCANCB	TSXCANCD
Radio de curvatura mínimo - aplicaciones fijas	67 mm (2.63 in.)	67 mm (2.63 in.)	37 mm (1.45 in.)
Radio de curvatura mínimo - aplicaciones móviles	–	–	74 mm (2.91 in.)
Retardante del fuego	IEC 60332-1	IEC 60332-3	IEC 60332-1
Resistente al aceite	–	–	VDE 0472 parte 803B
Baja emisión de humos	VDE 0207-24	–	VDE 0207-24
No halógeno	EN50290-2-27	–	EN50290-2-27
Aplicación en cadena			
Número máximo de ciclos	–	–	1,000,000
Aceleración máxima	–	–	5 m/s ² (16.4 ft/s ²)
Velocidad	–	–	200 m/mn (656 ft/mn)
Flexión alternativa			
Ángulo de flexión	–	–	180°
Ciclos máximos	–	–	30,000
Diámetro máximo de la rueda	–	–	200 mm (7.87 in.)

Tabla IV.9 Características del cable Schneider Electric

Fuente: eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H513884_2.pdf;3, pag.38

4.6.6 Tipos de Conectores de Cable CANopen

4.6.6.1 Conectores del cable SUB-D9

- Conecta la malla metálica protectora del bus con la carcasa del conector.
- Tiene integrada una resistencia de terminación de línea que se habilita un conmutador de encendido/apagado.

- Conecta en los terminales a uno o dos cables usando tornillo (terminal de hilo).

La siguiente tabla muestra una relación de versiones del conector:

Conector del cable de Schneider Electric	Características
TSXCANKCDF90T	Cable de 90°
TSXCANKCDF180T	Cable de 180°
TSXCANKCDF90TP	<ul style="list-style-type: none"> • Conductor de 90° • Conector macho disponible para conexión temporal de una herramienta de diagnóstico.

Tabla IV.10 Tipos de conectores para cable Schneider Electric

Fuente: eshop.schneider-electric.com/Download.a6spx?infos=H513884_2.pdf;3 , pag.40

4.6.6.1.1 Funciones de encadenado

Los conectores del cable se pueden usar para encadenar cables entre dispositivos CANopen bajo ciertas condiciones:

Si...	Entonces...
El dispositivo está al principio o al final de la red.	El cable está conectado en el bloque de terminales 1 (cable de entrada) y el conmutador de final de línea está activado.
El dispositivo está en medio del bus.	Dos cables están interconectados en el conector y el conmutador de final de línea está desactivado.

Tabla IV.11 Condicionamientos para conexiones de dispositivos CANopen

Fuente: eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H513884_2.pdf;3 , pag.40

4.6.6.2 Conectores del cable de tipo abierto

La siguiente tabla indica la manera de conexión por colores, de los hilos del cable:

Pin	Señal	Marcado de color del conector	Color del cable	Resistencia de terminación
1	CAN_GND	Negro	Negro	Coloque una resistencia de 120Ω 0,25W 5% entre CAN_L y CAN_H si se trata de extremo físico del cable principal
2	CAN_L	Azul	Azul	
3	CAN_Shield	Pelado	Conductor de drenaje de cobre estañado	
4	CAN_H	Blanco	Blanco	
5	CAN_V+	Rojo	Azul	

Tabla IV.12: Conexiones para cableado abierto del bus CAN

Fuente: eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H513884_2.pdf; 3 , pag.44

4.6.6.3 Conector del cable M12 IP67

Contiene puertos asignados específicamente para el cable de entrada y al de salida. Al limitarse a conectar un solo cable, el dispositivo realiza el encadenamiento del cable.

El cable de entrada se conecta al puerto de entrada del bus del dispositivo.

El cable de salida se conecta al puerto de salida del bus del dispositivo.

Aquí se presentan dos tipos de conectores:

- Macho FTX CN 12M5
- Hembra FTX CN 12F5 *Equipamientos Eléctricos (16)*

4.7 SOFTWARE TWIDO SUITE

4.7.1 Definición

Para el desarrollo del presente trabajo se seleccionó dentro de los autómatas programables al desarrollado por Twido Schneider, por ser un autómata de gama baja, modular, con entradas y salidas integradas.

En la imagen se puede observar la distribución del cableado en los diversos interruptores para las entradas obtenidas por los sensores. Las salidas son reflejadas en los leds para verificar su activación o desactivación según la programación del PLC.

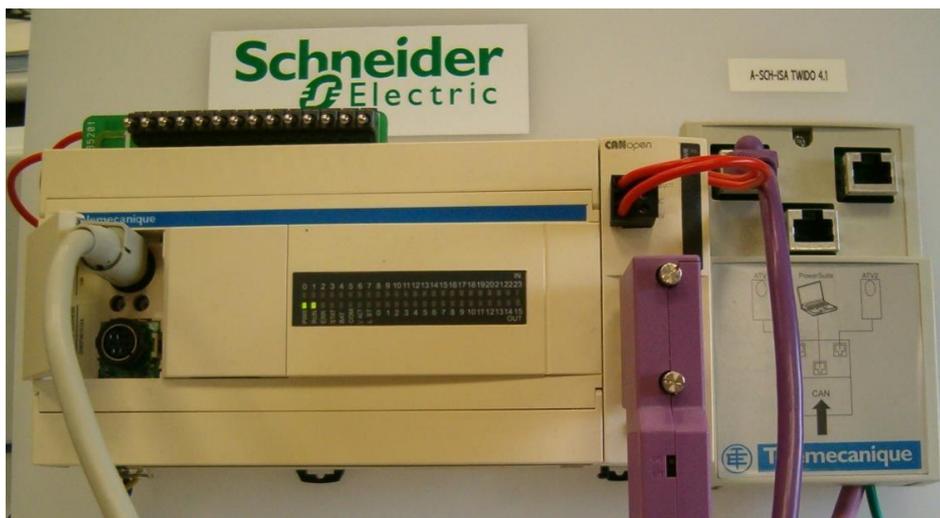


Figura IV.4: Equipo de Entrenamiento PLC telemecanique

Fuente: <http://isa.uniovi.es/~sistemasautomaticos/Archivos/P2.TwidoSuite.pdf>, pag. 1

4.7.2 Modo de funcionamiento del A.P.

El Autómata Programable puede estar en modo RUN (ejecutando el programa) o en modo STOP (detiene el programa y resetea las salidas). El modo de funcionamiento se lo desarrolla en el software de programación, o configurando alguna de las entradas del PLC para dicha acción.

Cuando el programa haya sido cargado en el PLC por medio de un puerto específico se encenderá el led de RUN, para confirmar se puede acceder al AP para verificarlo.

4.7.3 Creación de un proyecto

Los pasos para crear el proyecto son los siguientes:

Al abrir la aplicación, aparecerá la ventana de arranque. Pulse Modo Programación para abrir el entorno.

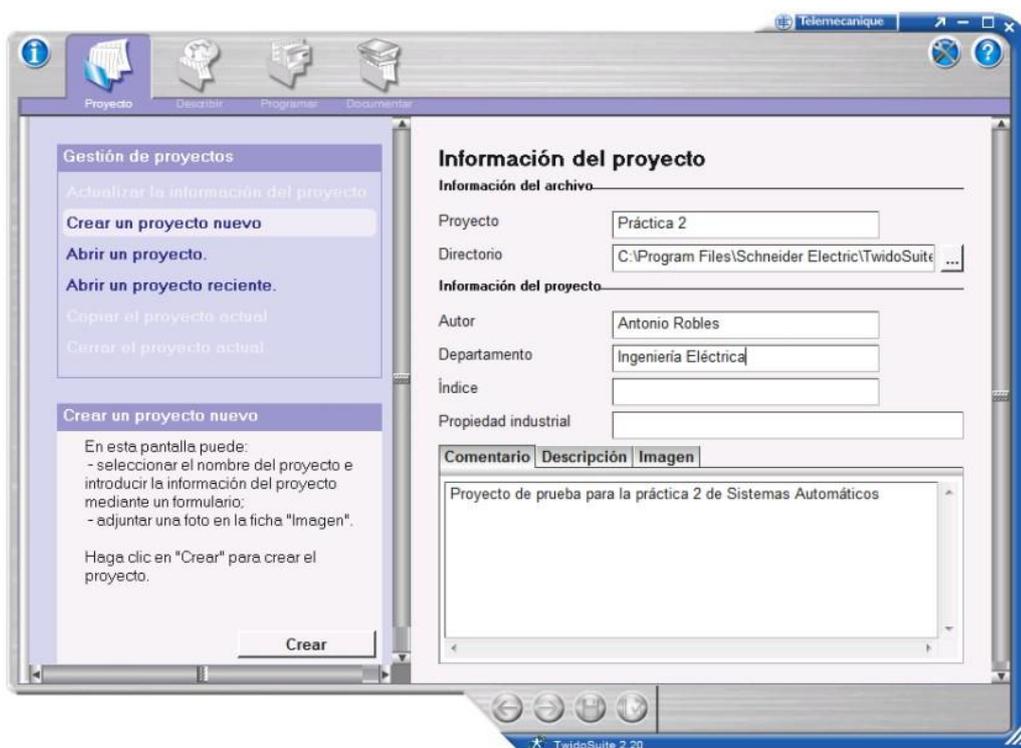


Figura IV.5: Información del proyecto en Twido Suite

Fuente: <http://isa.uniovi.es/~sistemasautomaticos/Archivos/P2.TwidoSuite.pdf>, pag. 2

Vaya a Gestión de proyectos, se pulsa “Crear” un proyecto nuevo. Ingrese el nombre del mismo y empiece con el diseño en la parte inferior de la ventana.

4.7.4 Descripción del hardware

En el menú superior se hace una descripción del mismo. Tiene que especificar los dispositivos con los que va a trabajar. Se selecciona los elementos necesarios del catálogo, dichos elementos son:

- Bases → Compactos → TWDLCAE40DRF (Puede comprobarlo en el lateral del AP).

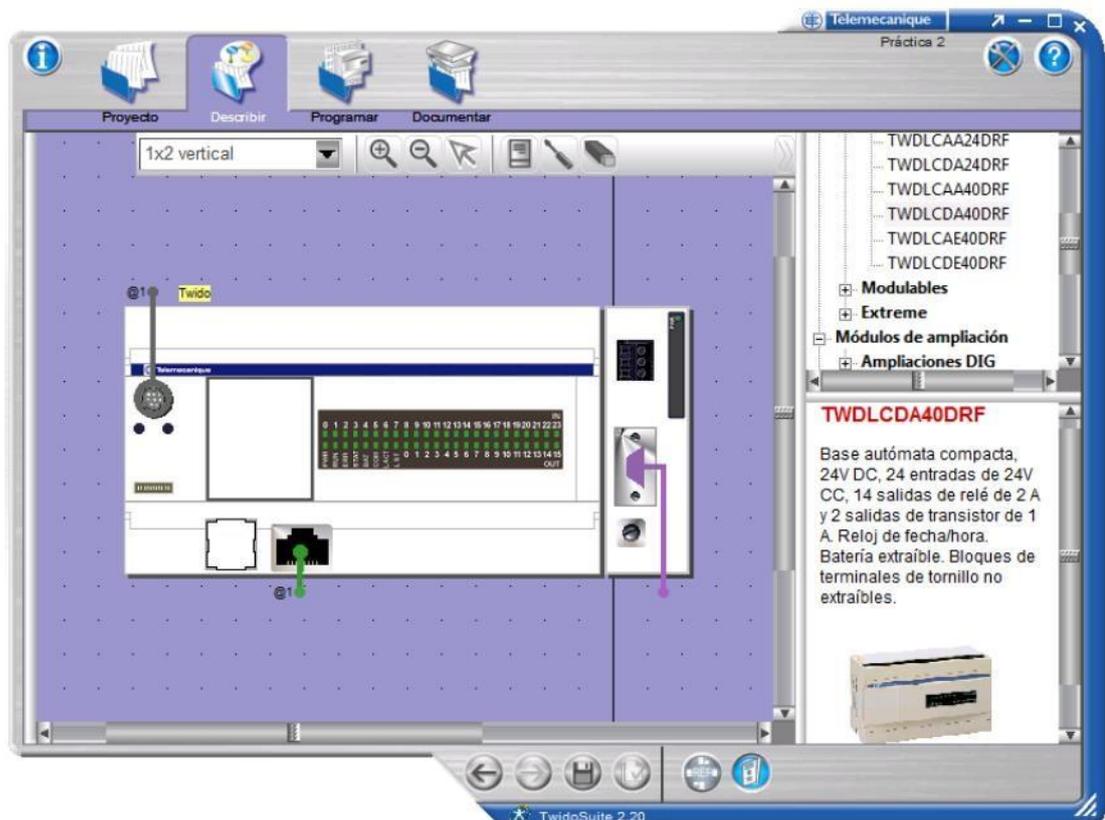


Figura IV.6: Descripción de los dispositivos en Twido Suite

Fuente: <http://isa.uniovi.es/~sistemasautomaticos/Archivos/P2.TwidoSuite.pdf>, pag. 3

- Módulos de ampliación → Ampliaciones de comunicaciones → CANopen → TWDNCO1M, este corresponde al módulo master CANopen.
- Se elige al dispositivo BASIC_LXM05 para el uso de las macros (son comandos especiales propios de Twido Suite para controles de CANopen) de Lexium 05.
- La velocidad del variador se configura seleccionando la misma que la configurada en el Lexium.

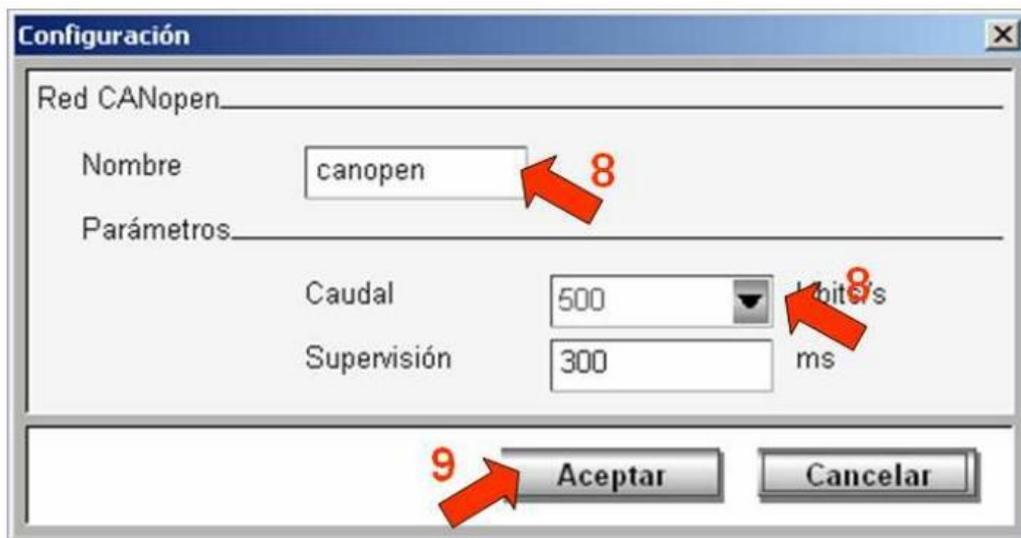


Figura IV.7: Configuración velocidad Twido Suite

http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/Manual_Twido.pdf p. 95

- En la pestaña “Programa” se puede ver los PDOs usados en el maestro CANopen.

4.7.5 Macro Drive

Son Macros específicas para el control del variador de frecuencia, estas macros ayudan a simplificar la programación orientada a CANopen.

Se llega a las macros, por la pestaña PROGRAMA → CONFIGURAR → CONFIGURAR DATOS → OBJETOS AVANZADOS → MACROS DRIVE.}

Se asignan las que se hayan tomado a la red que se está diseñando y luego en “Dirección de Red” se asigna la cantidad de esclavo de la red vamos a controlar. El uso de las funciones de la Macro se la desarrolla en la programación, con la opción de tener varias macros controlando varios equipos.

Macro	Descripción de la función
M_POWER	Habilita el servodrive para ejecutar movimientos
M_HOME	Ejecuta una búsqueda de origen (homing)
M_MOVE_ABS	Ejecuta un movimiento absoluto a la posición de referencia
M_MOVE_REL	Ejecuta un movimiento relativo de posición respecto a la posición actual
M_STOP_AXIS	Ejecuta una parada con rampa de deceleración
M_HALT_AXIS	Ejecuta una pausa del movimiento
M_MOVE_VEL	Ejecuta un control de velocidad
M_SET_TORQUE	Ejecuta un control de par
M_GEAR_IN	Habilita el modo engranaje electrónico (sincronismo maestro/esclavo)
M_GEAR_OUT	Deshabilita el modo engranaje electrónico (sincronismo maestro/esclavo)
M_RESET	Resetea los errores del servodrive. Se debe corregir la causa del error antes de usarlo
M_MANAGER	Esta macro controla el estado del servodrive y lo mantiene operativo

Tabla IV.13: Descripción de las funciones Macro

http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/Manual_Twido.pdf, p.99

4.7.6 Direccionamiento y edición de símbolos

La parte operativa y de supervisión del AP se comunica por señales de entrada y salida (E/S) que son adaptables a las necesidades de implementación. Los sensores se conectan a la tarjeta de entrada y los preactuadores en la tarjeta de salida

Para poder identificar cada señal pinchada a una tarjeta se emplea el direccionamiento. Dichas direcciones de E/S dependen de la posición en que este enchufada la tarjeta en el bastidor del autómatas. En el cuadro siguiente se exhiben los tipos de direccionamientos que se realizan en el autómatas programable.

Direcciones

Entradas	de	%I0.0	a	%I0.11
Salidas	de	%Q0.0	a	%Q0.15

Tabla IV.14: Direcciones de las E/S

Fuente: Autor de Documento

El autómatas dispone en realidad de 24 entradas digitales integradas, pero solo las primeras 12 (de 0 a 11) están cableadas y pueden ser usadas en la práctica.

Siempre se debe guardar un registro archivado de las asignaciones de las diversas variables y asignaciones de dirección de las entradas, salidas y variables internas, para identificarlas en cualquier momento.

No todos los símbolos están disponibles, algunos como Q, R o S son considerados palabras reservadas.

Las memorias %M van relacionadas con las entradas y salidas asociadas para almacenamiento de información de mensajería, esto siempre es importante para la tabla de registro de datos.

Pulsar “Programar” en el menú superior izquierdo. Aparecerá un nuevo menú superior en la parte derecha. Por defecto estará activo el icono de “Configurar”. En la parte derecha aparecerá un tercer menú en la que la opción inicial es “Configurar el material”. Con esta opción seleccionada, verá en la pantalla una tabla con todas las entradas y salidas disponibles, donde se puede configurar el nombre y el comportamiento respectivo. Al final se guarda los cambios al salir de la pantalla.

Los dispositivos Canopen poseen un archivo llamado “EDS” que debe ser ingresado en el maestro CANopen para que le sea comprensible que objetos de comunicación del esclavo existirán.

4.7.7 Edición del Programa

Pasos para introducir el código del programa:

1. Seleccione la opción “Programar” en la parte superior, y seleccione “Editar Programa” en el menú lateral derecho.

2. Ingrese las secciones para empezar a programar. Tiene las opciones identificadas con dos cajas juntas, una flecha y una S que se encuentran al costado de botones del lenguaje de programación Ladder.
3. Se mostrará la sección del Ladder y dentro de ella un segmento, que permiten modificar cierta variable combinando operaciones.
4. Se realiza la secuencia de escalones según el diseño de lógica de diseño del programa. Los escalones se crean pulsando el icono R. Las secciones realizadas son opcionales y libres.
5. Los comandos del sistema que permiten manejar los controles de CANopen, ya están predeterminados en el software, seleccione los que sean necesarios con sus respectivos estados de iniciación. Este es el primer paso a configurar en ladder antes de empezar los demás procedimientos.
6. Otros comandos como %S13 son oportunos dependiendo de la línea donde se desee activar
7. En cada escalón se especifican las direcciones y los elementos gráficos que los identifican con su respectivo estado (abierto o cerrado). Cada gráfico de éstos, tiene tres líneas, la línea inferior destinada para la dirección física. La segunda línea destinada para el símbolo representativo y la línea superior permite ingresar un comentario que ayude a comprender el trabajo de la sección.

4.7.8 Carga y comprobación del programa

Transfiera el programa a la CPU del autómatas siguiendo los siguientes pasos:

1. Seleccione Depurar en el menú superior derecho.
2. La ventana le ofrecerá la acción de conexión, ahí debe realizarse el enlace.

3. Si se genera un error, lo más probable son fallas de conexión física.
4. Si no se genera ningún error, le presentara dentro de la conexión ya abierta, la visualización de la programación dentro del autómata. En caso de poder cargarla se Elije “Transferencia PC → Autómata” y luego “Aceptar”.
5. Recuerde que la conexión debe estar en modo de STOP, caso contrario le pedirá hacerlo.
6. Una vez completada, le pedirá ejecutar el modo “Run”, a partir de ahí, solo queda ejecutar “play” simbolizado con un triángulo.
7. Una vez ejecutado el programa en el PLC, se accionan los interruptores y se comprueba el funcionamiento del programa donde cada entrada se identificara por los leds correspondientes para mostrar las señales enviadas.
8. Twido suite también permite dar una visualización de los procesos en el acto mediante la iluminación de las variables y procesos en ejecución. *Schneider Electric (21)*

CAPÍTULO V

CONTROL Y PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO

5.1 MÓDULO CANOPEN

Estas son algunas de las especificaciones técnicas del módulo:

- Índices báudicos tolerados (bit/s): 1.0M, 800k, 500k, 250k, 125k, 50k, 20k, 10k.
- Soporta 2 Objetos de Datos de Proceso (PDO) para transmisión y 2 para recepción.
- Soporta modos de comunicaciones de PDO síncronos, asíncronos y de cambio de estado
- Dos objetos de datos de servicio (SDO) dan acceso a todos los parámetros del módulo de comunicaciones SMV.
- Protección con Heartbeat y Nodos con acción seleccionable de interrupción (timeout).

- Palabras de control y estado compatibles con DSP402 accesibles mediante los PDO y SDO. *Lenze ac Tech Corporation (17)*

5.1.1 Bloque de terminales CANopen

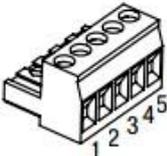
Terminal	Descripción	Importante	Conector
1	CAN_GND: CAN a tierra	El Terminal CAN_GND (tierra) debe estar conectado a GND/común de la red de CAN. Si en la red sólo se usan dos hilos (CAN_H y CAN_L), conecte CAN_GND al chasis y tierra.	
2	CAN_L: CAN bajo	Si el controlador está ubicado en alguno de los extremos de la red, esta deberá estar asociada a una impedancia de final de línea de 120 ohm sobre ambas líneas de transmisión CANopen	
3			
4	CAN_H: CAN alto		
5			

Tabla V.15: Asignación de terminales CANopen

Fuente: www.uptronik.es/es/attachment.php?id_attachment=97 , pag.6

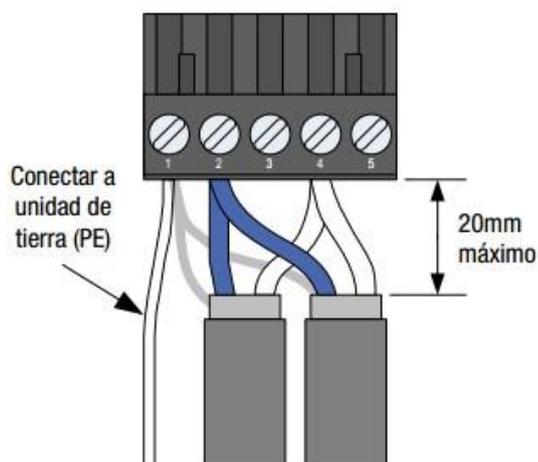


Figura V.8: Diagrama de cableado en el conector

Fuente: www.uptronik.es/es/attachment.php?id_attachment=97 , pag. 7

5.1.2 Información básica sobre cómo funciona el PLC

5.1.2.1 Tareas que se realizan en cada ciclo

Durante cada ciclo de ejecución del programa, son leídas las actualizadas entradas, las nuevas instrucciones se ejecutan conforme a lo establecido hacia cada esclavo de la red y se cierra el ciclo con el mantenimiento general del sistema.

La memoria de almacenamiento temporal llamada “memoria imagen del proceso” actualizan de forma síncrona dichos cambios que se generen en las entradas y salidas, sean análogas o digitales.

Dichas memorias imagen se guardan como entradas ("memoria I") y salidas ("memoria Q") físicas de la CPU.

También se las utiliza para señales de Signal Board y módulos de señales.

5.1.2.2 Estados operativos del PLC.

El PLC presenta como estados de operatividad a STOP, ARRANQUE y RUN. El AP tiene además leds indicativos que muestran los estados operativos que ayudan al usuario a notar posibles anomalías, estas, son:

- STOP, donde el AP no ejecuta el programa, este estado es indispensable en caso que se desee cargar algún programa en el procesador.
- ARRANQUE, donde se ejecuta la lógica de arranque por parte del AP, en caso de requerirla. Cabe notar que en éste estado, no se puede procesar los eventos de alarma.
- RUN, El AP está activo y ejecutando los ciclos de forma permanente. Aquí es donde los posibles eventos de alarma que se puedan presentar, son procesados en cualquier momento del ciclo de la ejecución del programa.

Los leds del controlador también difieren en su color de luz para mostrar condiciones de estado que deben ser conocidas, En el caso del indicador RUN/STOP se tiene:

- Amarillo es equivalente a STOP.
- Verde es equivalente a RUN.
- Intermitencia equivale a ARRANQUE.

5.1.2.3 Áreas de memoria

El PLC como habíamos indicado, presenta algunos tipos de memoria, como entradas (I), salidas (Q), marcas (M), bloque de datos (DB) y memoria temporal o local (L). El programador tiene siempre acceso a la manipulación de todos estos tipos de memorias tanto de lectura como de escritura sin excepción. La única condición a seguir es la dirección única que se le asigna a cada nodo, es intercambiable o duplicable. Dichas direcciones son usadas por la programación del PLC para acceder a la información en una posición de memoria y de no acatar la regla, presentara conflictos de comunicación.

5.2 VARIADOR DE FRECUENCIA

5.2.1 Puesta en marcha del variador

Existe un orden establecido para la puesta en marcha, que se lo detalla del siguiente modo:

1. Montar el variador sobre la base de trabajo.
2. Conectar todos los puntos de puesta a tierra para proteger al equipo.

3. Conectar el variador al motor asíncrono trifásico, verificando que la tensión del mismo, este dentro del rango de tolerancia que soporte el variador.
4. Conectar al alimentador de 220Vac en este caso al variador, pero sin ejecutar ningún comando de marcha.
5. En este paso se configura los siguientes parámetros en el menú S_{Et}-.
 - La variable bFr representa la frecuencia relativa de control, por fabrica viene dada en 50 Hz., pero es accesible a cambiarlo en cualquier momento a través del menú drC. Los cambios solo se aplican cuando no se halla trabajando el variador.
 - Determine valores de velocidad en baudios en la ACC (aceleración) y dEC (desaceleración). Permite determinar el grado con el que acelera o desacelera el motor.
 - Asigne valores para LSP (representa baja velocidad cuando la referencia es cero) y HSP (representa alta velocidad cuando la referencia está en su máximo valor, en este caso debe ser igual a bFr).
 - ItH (nivel de protección térmica del motor).
 - SP2, SP3, SP4 (velocidades preseleccionadas 2, 3 y 4).
6. Si no se está de acuerdo con la configuración de fábrica, en caso por ejemplo de querer hacer más notable los cambios de giro, se puede modificar los parámetros, pero también se puede modificar en la configuración de nuevas asignaciones y parámetros en las E/S en los menús drC- y I-O-.
7. Se apaga el variador para poder conectar los cables de control a CANopen, es decir el cable Ethernet por el puerto RJ45.
9. Se enciende nuevamente el variador y se comprueba enviando una señal de entrada para comprobación de la ejecución de orden.

5.2.2 Instalación Eléctrica

- La resistencia a tierra debe ser igual o menor a 1 ohm.
- Comprobar que la frecuencia y tensión en la alimentación entrante sea la correcta y que la frecuencia tensión y corriente del motor, estén dentro del rango nominal tolerado por el variador, es decir en este caso 220Vac.
- Cuando se tiene más de un variador, los conectores a tierra nunca deben conectarse en serie o bucle.

5.2.3 Alambrado

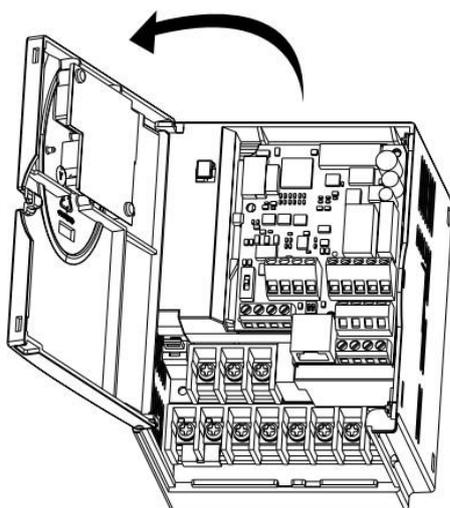


Figura V.9: Estructura interna deL variador Altivar 31

Fuente: http://static.schneider-electric.us/docs/Motor%20Control/AC%20Drives/Altivar%2031/ATV31%20Drives/VVDED303043US_Spa.pdf , pag.66

Terminal	Función	En los variadores de velocidad ATV31
	Terminal de tierra	Todos los valores nominales
R/L1 S/L2	Fuente de alimentación	ATV31••••M2
R/L1 S/L2		ATV31••••M3X[1] ATV31••••N4[1]

T/L3		ATV31••••S6X[1]
PO	Bus de cd + polaridad	Todos los valores nominales
PA/+	Salida a la resistencia de frenado (+ polaridad)	Todos los valores nominales
PB	Salida a la resistencia de frenado	Todos los valores nominales
PC/-	Bus de cd - polaridad	Todos los valores nominales
U/T1 V/T2 W/T3	Salidas al motor	Todos los valores nominales

Tabla V.16: Asignación de terminales en el variador Altivar 31

Fuente: http://static.schneider-electric.us/docs/Motor%20Control/AC%20Drives/Altivar%2031/ATV31%20Drives/VVDED303043US_Spa.pdf, pag.67

- Los números asignados a los valores de la fuente de alimentación varían dependiendo de la capacidad nominal del variador.
- No se intente retirar la conexión común que se tiene entre PO y PA/+, caso contrario instálela.

5.2.4 Programación

- Para navegar por las opciones de configuración del variador, se oprime las teclas de cambio  o .
- Para guardar los nuevos cambios, se presiona el botón ENT. Al parpadear el visualizador, queda comprobado el cambio actual.

Una visualización normal sin fallas ni comandos de marcha muestra:

- El valor de uno de los parámetros de supervisión. La visualización por omisión es la frecuencia del motor. La visualización parpadea en el modo de limitador de corriente.
- init: secuencia de iniciación.
- rdY: variador listo.
- dcb: frenado por inyección (c.d.) en curso.

- nSt: Parada libre.
- FSt: Parada rápida.
- tUn: Auto ajuste en curso.

Siempre que se genere una falla, la misma se ve reflejada en los leds que parpadean.

- bFr es el primer parámetro que se visualiza cuando se enciende el variador o al resetear el variador a los ajustes de fábrica.

Es posible modificar el parámetro bFr a través del menú drC-, en cualquier momento. Este parámetro modifica los valores preseleccionados de los siguientes parámetros:

HSP, Ftd, FrS y tFr. *Schneider Electric (20)*

5.3 PROGRAMACIÓN TWIDO SUITE

En la figura siguiente se ilustra el PLC telemecanique asignado para el proyecto, el cual tiene anexado el módulo de expansión maestro que sirve en este caso para el enlace de comunicación con el variador de frecuencia Altivar 31.

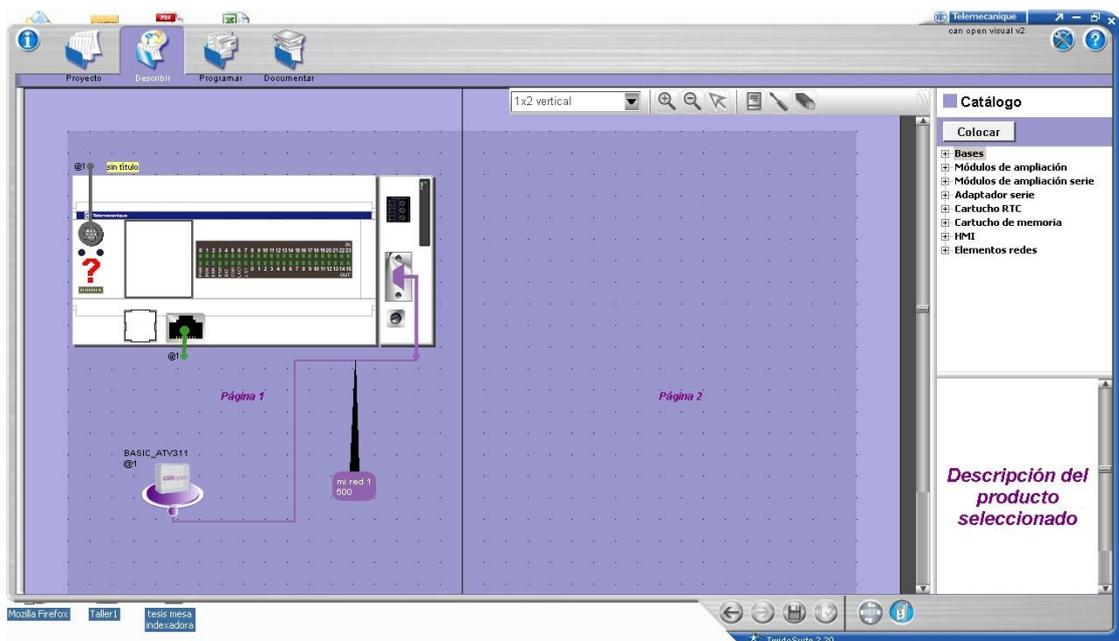


Figura V.10: Descripción gráfica del PLC telemecanique en Twido Suite

Fuente: Autor documento

5.3.1 Diseño general del modo de ejecución.

El sistema será manipulado por medio de:

- Dos botones de ejecución, uno para el giro del eje del motor hacia adelante y otro hacia atrás.
- Dos botones para el control del motor según las velocidades que quisiéramos implantar, en este caso serán dos opciones que serán ingresadas por el usuario.
- Dos espacios de escritura, para ingresar los valores respectivos de velocidades cualesquiera, estos valores pueden ser acoplados según las necesidades del usuario, pero en nuestro caso lo realizaremos decimalmente.
- Una ventana de lectura para los valores arrojados por el variador de frecuencia, donde se visualizará la velocidad en RPM y para la frecuencia del variador de frecuencia en Hz.
- Una ventana de lectura para los valores arrojados por el PLC, donde se visualizará la velocidad mínima y máxima que envía este al motor para su control.
- Un botón de paro, que detendrá el giro de motor.
- Un switch, que servirá de control para evitar cambios bruscos que puedan dañar el motor, generando un mensaje antes de su accionamiento para confirmar si el motor fue parado, en tal caso de confirmación, reseteará los valores y ordenes nuevas para ejecutarlas.

5.3.2 Comandos Twido Suite para sistema CANopen

- SW20 a SW27 Proporciona un estado para los módulos esclavos CANopen con direcciones de nodo de 1 a 16.

Palabras de sistema	Bit	Descripción
%SW8x (x=1 – 7)	0	Estado de configuración del master CANopen (1 si la configuración es correcta, de lo contrario igual a 0)
	1	Modo de funcionamiento del master CANopen (1 si el intercambio de datos está activado, 0 caso contrario)
	2	Sistema detenido (1 si el modo offline está activado, 0 si no lo está)
	3	Instrucción CAN_CMD completada (1 si el comando se ha completado, 0 si el comando esta en progreso)
	4	Instrucción CAN_CMD (1 si existe error en la instrucción, 0 si no lo hay)
	5	Error de inicialización (=1)
	6	Perdida de mensaje, error relacionado con la fuente de alimentación (=1)

Tabla V.17: Palabras reservadas del sistema del módulo master CANopen

Fuente: Manual de ayuda Lookout

- Bit de sistema S13.

Es el primer ciclo en modo de ejecución del sistema. Normalmente en estado 0, el sistema establece este bit en 1 durante la primera exploración, una vez que el autómata haya pasado al modo de ejecución.

5.3.3 Asignación de entradas al PLC.

El diseño del ejecutable del programa, se lo realiza usando 5 entradas y 5 salidas

La siguiente figura indica las distintas entradas y salidas que vamos a generar en el

AP, de manera que permita la comunicación, las cuales tienen la siguiente traducción:

DIRECCIÓN	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN

%I0.0	MOTOR_ADELAN	Giro horario de motor
%I0.1	MOTOR_REVERS	Giro antihorario de motor
%I0.2	MOTOR_STOP	Paro de motor
%I0.3	VELOCIDAD_1	Velocidad 1 de giro, asignada por el usuario
%I0.4	VELOCIDAD_2	Velocidad 2 de giro, asignada por el usuario

Tabla V.18: Asignación de entradas al PLC

Fuente: Autor de documento

Cabe notar que el sentido de giro del eje del motor estará guiado por la PC, que realizará mediante la interfaz el control de paro, giro en sus dos sentidos y delimitándolo en dos velocidades de giro, también ingresados por el usuario.

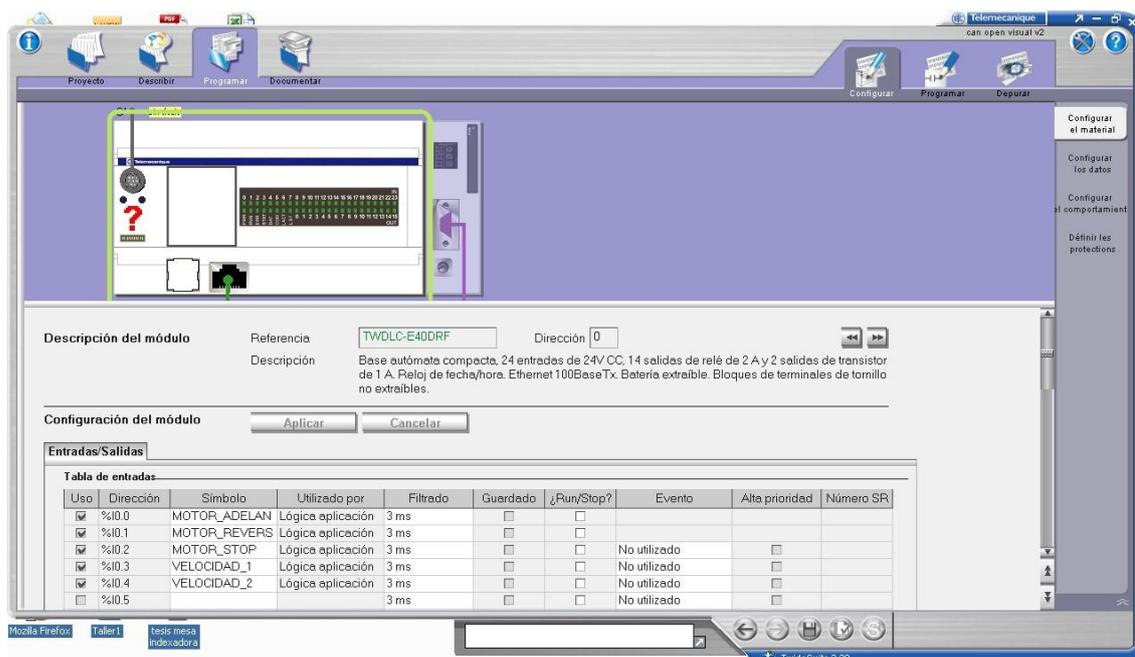


Figura V.11: Asignación de entradas y salidas

Fuente: Autor documento

5.3.4 Asignación de E/S del módulo master de ampliación

Dentro del módulo se realiza la asignación

DIRECCIÓN	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
-----------	---------	-------------

%IWC1.0.0.0	D_STATUS_BASIC_ATV	Registro de datos
%IWC1.0.0.1	D_CONTROL_BASIC_ATV	Control de esfuerzo asignado
%IWC1.0.0.2	D_IERROR_BASIC_ATV	Código de error generado
%QWC1.0.0.0	D_COMAND_BASIC_ATV	Registro de comandos grabados
%QWC1.0.0.1	D_TARGECT_BASIC_ATV	Velocidad final

Tabla V.19: Asignación de controles del módulo master

Fuente: Autor de Documento

Se tiene tres entradas que representan estado por defecto del sistema al iniciar, el valor asignado para determinar la aceleración o desaceleración de giro del motor. La posible ejecución de pare en un error establecido.

Del mismo modo obtendremos la lectura del comportamiento de giro del motor, tanto el final obtenido como el transcurrido.

5.3.5 Asignación de memorias

DIRECCIÓN	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
%M3	CLEAR_ERR	Rango de error establecido
%M10	NO_ERR	Valor de ejecución sin error
%M12	STOP	Valor actual de paro/ejecución
%M13	FWD	Giro frontal u horario
%M14	REV	Giro reversa, u anti-horario
%M16	PASO_1	Almacenamiento de valor de velocidad 1
%M17	PASO_2	Almacenamiento de valor de velocidad 2
%M103	D_SETPOINT_MO	Set Point Inicial de sistema
%M104	D_SETPOINT_0	Set Point de reseteo durante ejecución

Tabla V.20: Asignación de memorias

Fuente: Autor de documento

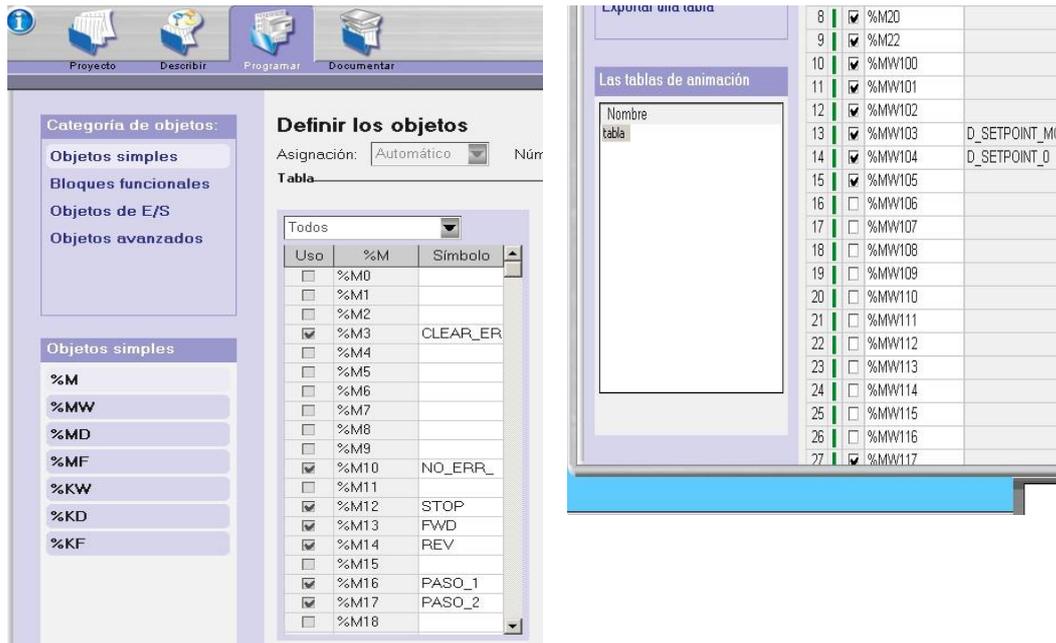


Figura V.12: Asignación de memorias
Fuente: Autor de documento

5.3.6 Programación de procesos

- Escribir valores iniciales de velocidad

Realizamos la asignación de los datos ingresados, es decir valor de referencia 1 y valor de referencia 2, mediante la activación de la M35 (abierto cuando no se ejecuta y cerrado cuando se ejecute la confirmación del switch que indicara si el motor está apagado o no para aplicar los nuevos valores ingresados. Esto en la MW10 y MW11 respectivamente.

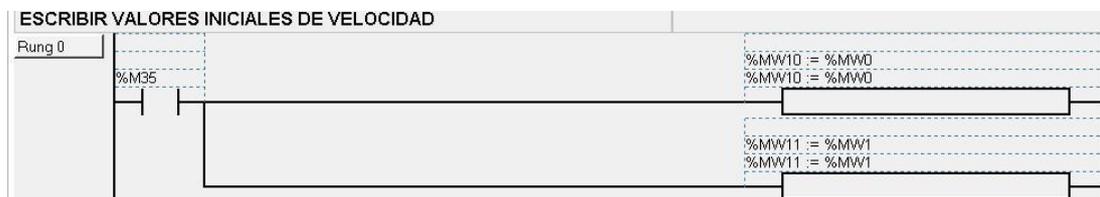


Figura V.13: Valores iniciales de velocidad
Fuente: Autor de documento

- Transferencia de entradas al variador

Realizamos por medio del comando SHORT, el ingreso de los valores de paro, así como la de los botones de velocidad 1 y 2 y botones de giro hacia adelante y hacia atrás del eje del motor, en las memorias de la M20 a la M24. Como se muestra.



Figura V.14: Transferencia de entradas al variador

Fuente: Autor de Documento

- Indicador de fallas de comunicación Drive.

Aquí ejecutamos la primera parte del sistema CANopen, en donde mediante los comandos de Twido Suite, en este caso SW20, SW21, SW22, SW23, SW24, SW25 SW26 y SW27, controlamos la no ejecución o envío de ordenes al sistema por alguna alteración de cualquiera de ellos de su estado original. Con esto evitamos conflictos del canal en la transmisión de mensajes.



Figura V.15: Indicador de fallas de comunicación Drive

Fuente: Autor de Documento

- Macro de comunicación CANopen.

Se crea mediante comando propio de Twido Suite Manager 0, la ejecución del programa, este viene predeterminado para todos los casos.



Figura V.16: Macro de comunicación CANopen

Fuente: Autor de Documento

- Borrar errores de comunicación.

Este comando CLEAR_ERR 0, propio del sistema, permite usando el ejecutable S13 del sistema, crear un reseteo de los datos ingresados a fin de conseguir que los valores nuevos se escriban sobre el ejecutable.



Figura V.17: Borrado de errores de comunicación

Fuente: Autor de Documento

- Set Point de velocidad.

Al no existir errores de comunicación M10, la memorias MW103, ejecutara un Set Point y M104 tomará el valor ingresado por uno de los botones MW10 y MW11 del PLC que corresponderán a los botones de VELOCIDAD 1 (M16) y VELOCIDAD 2 (M17) dependiendo de cuál sea accionado por un clic.



Figura V.18: Set Point de velocidades

Fuente: Autor de Documento

- Comandos de giro hacia delante y reversa.

En este paso, se realiza un RUN, o ejecutable hacia adelante o hacia atrás de las memorias M13 y M14, respectivamente.

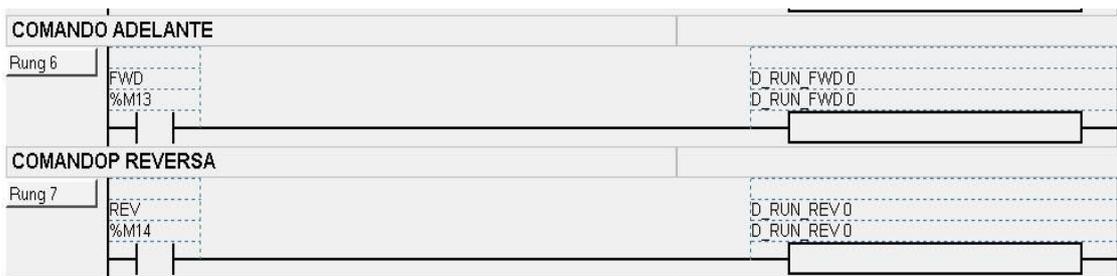


Figura V.19: Giro de eje hacia adelante y hacia atrás.

Fuente: Autor de Documento

- Comando de paro del sistema.

En este paso se ejecuta el comando para detener el giro del motor usando la M12.



Figura V.20: Paro del motor

Fuente: Autor de Documento

5.4 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

5.4.1 Adaptador CANopen –ATV31

El adaptador de derivación de CANopen - ATV31, es una derivación pasiva que tiene la función de switch (este caso tenemos el modelo VW3 CAN TAP 2).

Se puede conectar a un cable CANopen principal con conectores de terminal de 5 integrados.

Dos puertos para RJ45 se proporcionan para la conexión de dos cables de extensión, como en este caso del variador al adaptador CANopen - ATV31.

Un conector RJ45 está destinado para conectar estos dos Altivar 31 al control de PowerSuite (herramienta de software para iniciar el PC).

Si hay dos 31 ATV conectado PowerSuite puede acceder a ambas unidades en modo multipunto. La dirección Modbus de cada unidad debe ser diferente.

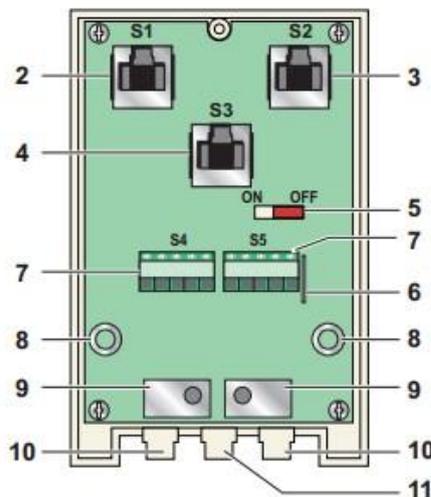


Figura V.21: Adaptador CANopen – ATV31

Fuente: Autor de Documento

Las partes que componen la caja de derivación siguiendo la numeración del gráfico anterior son:

- 1.- Ajuste de caja.
- 2.- Conector RJ45 " ATV1 ", al que debe conectarse la primera Altivar 31.
- 3.- Conector RJ45 " ATV2 ", al que debe conectarse el segundo Altivar 31.
- 4.- Conector RJ45 " PowerSuite " que puede conectarse al control de PowerSuite (PC) o un terminal remoto local.

- 5.- Interruptor de puesta en marcha (ON) y desactivación (OFF) del adaptador para el final de línea interna (120 Ω).
- 6.- Lengüeta para Conexión a tierra.
- 7.- Cuadras de tornillos CANopen, etiquetados como S4 y S5 para conectar el bus.
- 8.- Puntos de ajuste de la placa con la carcasa de la caja externa.
- 9.- Placa de conexión a tierra para blindaje del bus CANopen.
- 10.- Aberturas para el ingreso del canal de bus CANopen.
- 11.- Abertura para el ingreso del cable a tierra.

5.4.1.1 Conexión del cable principal

En la siguiente figura se expone el modo de conexión del cableado CANopen en el mismo, tanto de los parámetros a seguir en el cableado como la disposición en el adaptador.

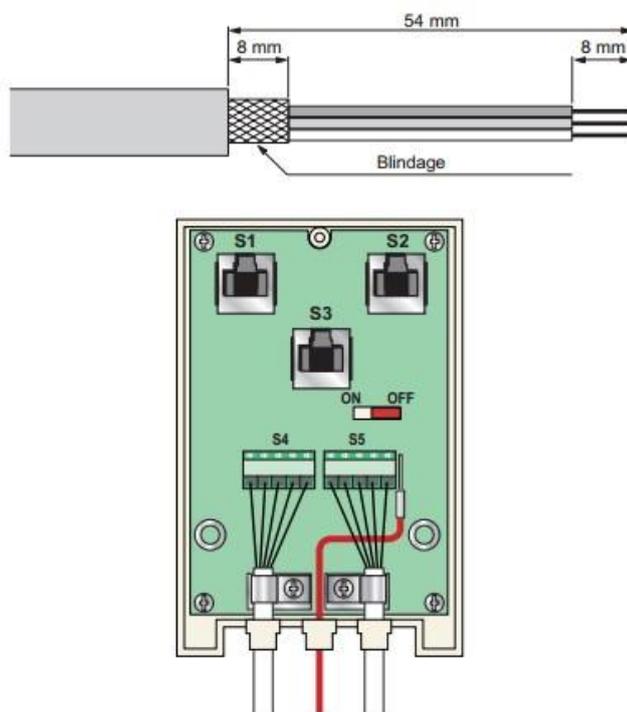


Figura V.22: Modo de conexión de cable principal en adaptador

Fuente: http://www.ac-grenoble.fr/ecole.entreprise/CRGE/cteressources/doc_techniques_plateformeAPI/ATV31/atv31_canopen_fr_v1.pdf , pag.9

La asignación de pines en el conector de tipo abierto S, es el siguiente:

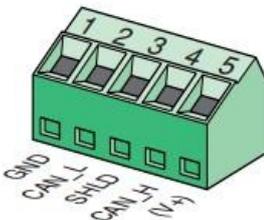


Figura V.23: Modo de conexión de cables individuales.

Fuente: http://www.ac-grenoble.fr/ecole.entreprise/CRGE/cteressources/doc_techniques_plateformeAPI/ATV31/atv31_canopen_fr_v1.pdf , pag.9

5.4.2 Esquema de Sistema CANopen

Como se muestra en la figura a continuación, se puede observar como todos nuestros equipos confluyen directamente en el adaptador de derivación VW3 CAN TAP 2, por medio de este, el PowerSuite conectado por medio de cable Ethernet directo, puede enlazarse a todos los variadores de frecuencia que se deseen tener y mediante el cable CANopen extender la red según nuevas necesidades de ampliación. Y este adaptador permite del mismo modo, conectarse al autómata programable, que en este caso es el PLC telemecanique mediante el cable CANopen, usando un adaptador DB-9 en el módulo de comunicación adaptado al mismo, y que este a su vez se conecta con las diferentes entradas y salidas del PLC para ejecutar los diferentes comandos descritos en el mismo.

El variador de frecuencia se tiene conectado al adaptador mediante un cable Ethernet directo con puerto RJ45 igualmente.

El variador de frecuencia, se conecta mediante cable directo al motor siemens de 0.5HP para su control.

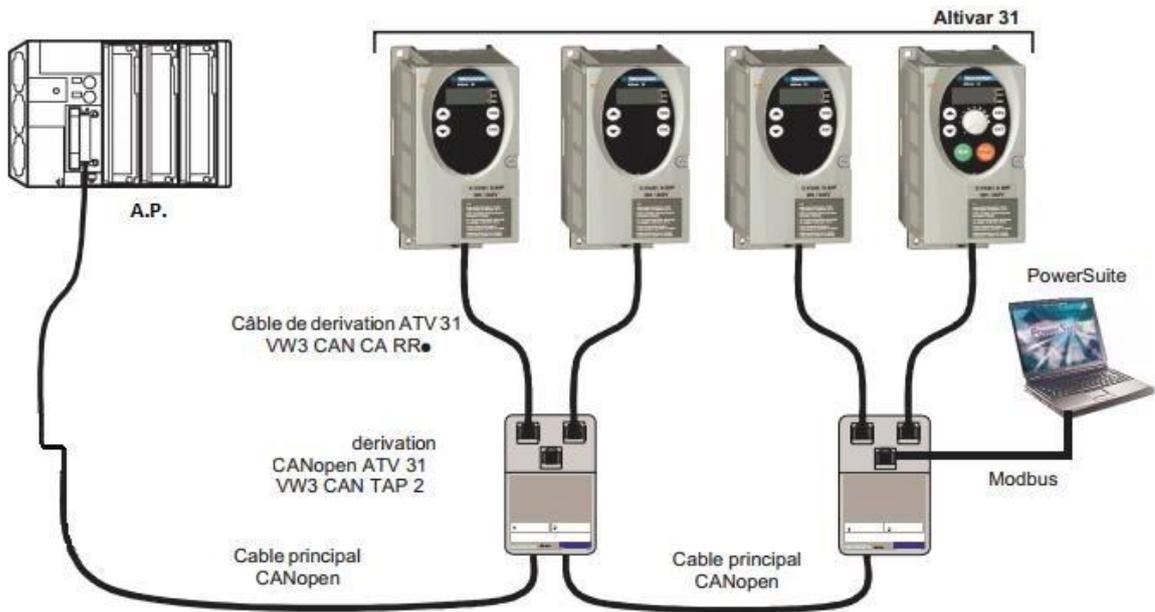


Figura V.24: Esquema de sistema CANopen

Fuente: http://www.ac-grenoble.fr/ecole.entreprise/CRGE/cteressources/doc_techniques_plateformeAPI/ATV31/atv31_canopen_fr_v1.pdf, pag.5

A continuación se muestra la maqueta construida para el sistema CANopen. Tal como se ha descrito recientemente.

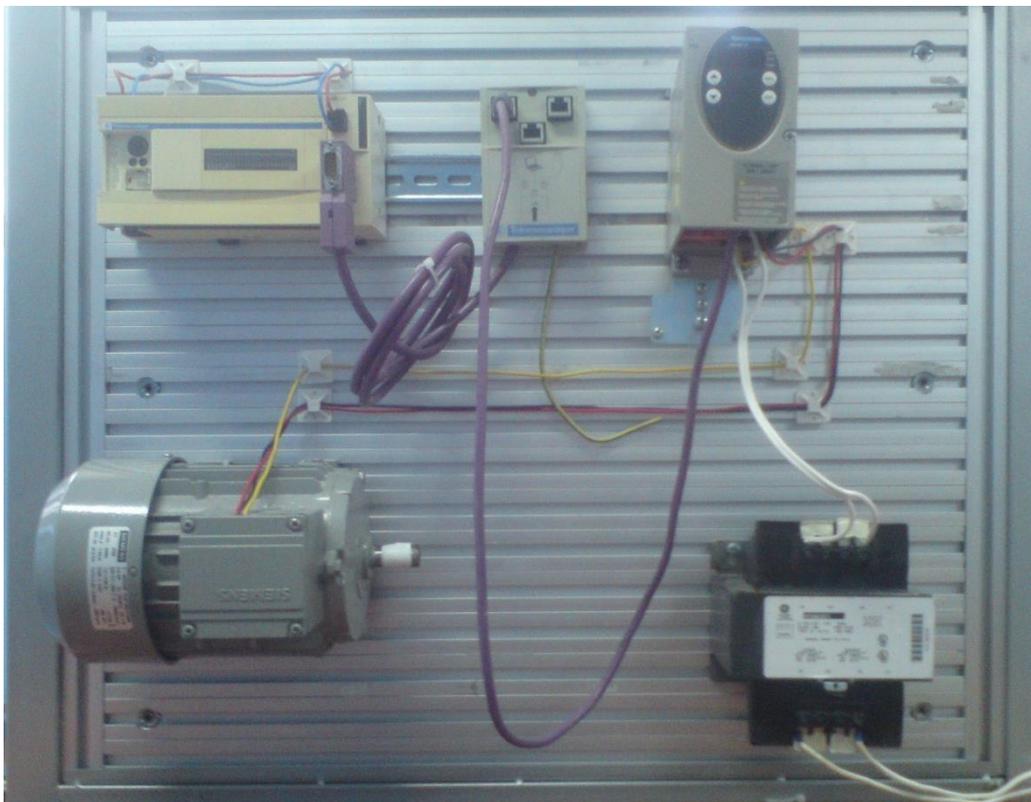


Figura V.25: Maqueta de sistema CANopen

Fuente: Autor de Documento

5.5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz de usuario diseñada en el software de lookout, indica las acciones y visualizaciones que se realizaron sobre dicho sistema.

La misma muestra cuatro recuadros para claro manejo de las diferentes opciones.

El cuadro A (CONTROL CAN OPEN) muestra el accionamiento por botones del eje del motor sea en sentido hacia delante o sea hacia atrás. De la misma manera podemos parar el motor con el botón de MOTOR STOP.

Dependiendo las velocidades que se hayan ingresado por el usuario en el cuadro B (CAMBIO DE VELOCIDAD), podemos accionar el switch que generará dichos cambios siempre que el motor se encuentre parado, y de esta manera en el cuadro A, aplicarlos según el accionar de los botones que indican VELOCIDAD 1 o VELOCIDAD 2.

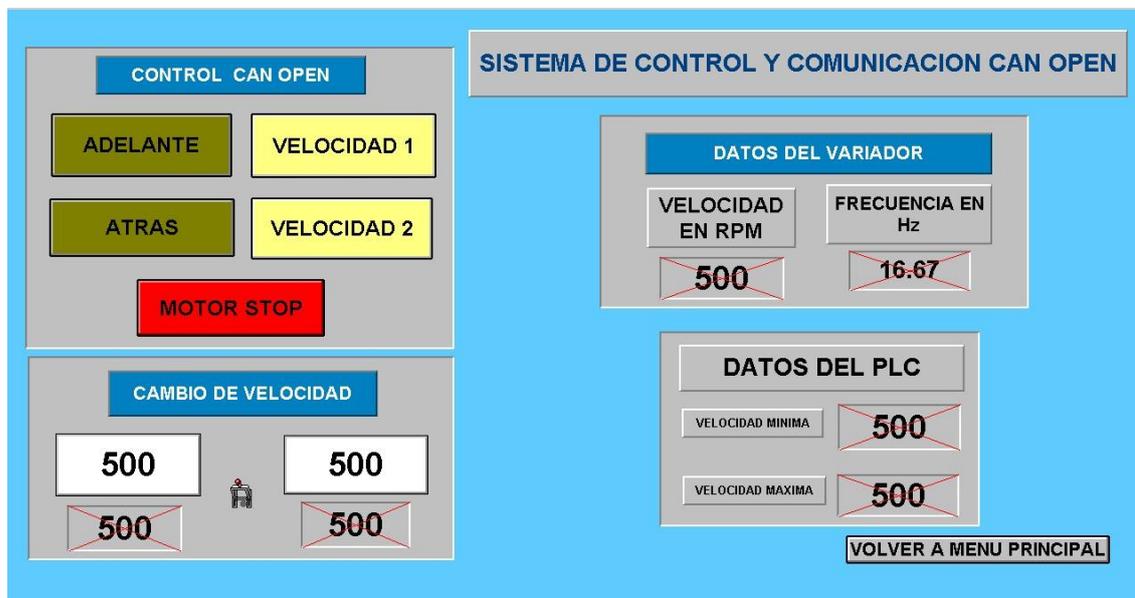


Figura V.26: Interfaz de usuario en LookOut

Fuente: Autor de Documento

En la siguiente tabla se muestra los diferentes objetos de la interfaz, con los distintos nombres que fueron asignados a los mismos para el enlace con el sistema por medio del puerto común asignado dependiendo del PC que se utilice.

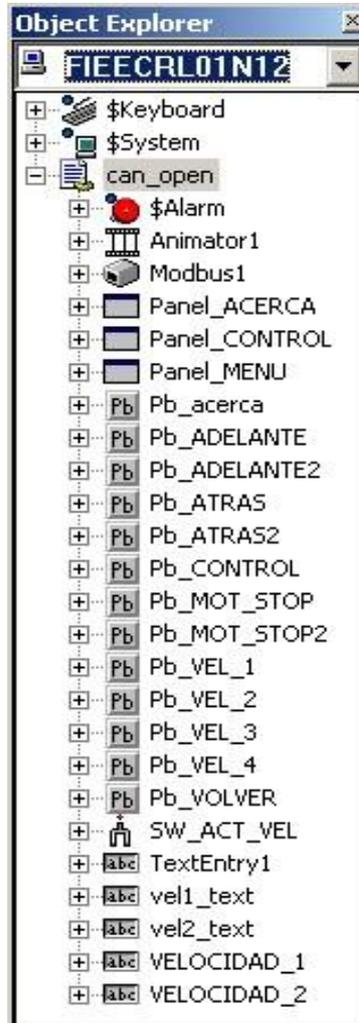


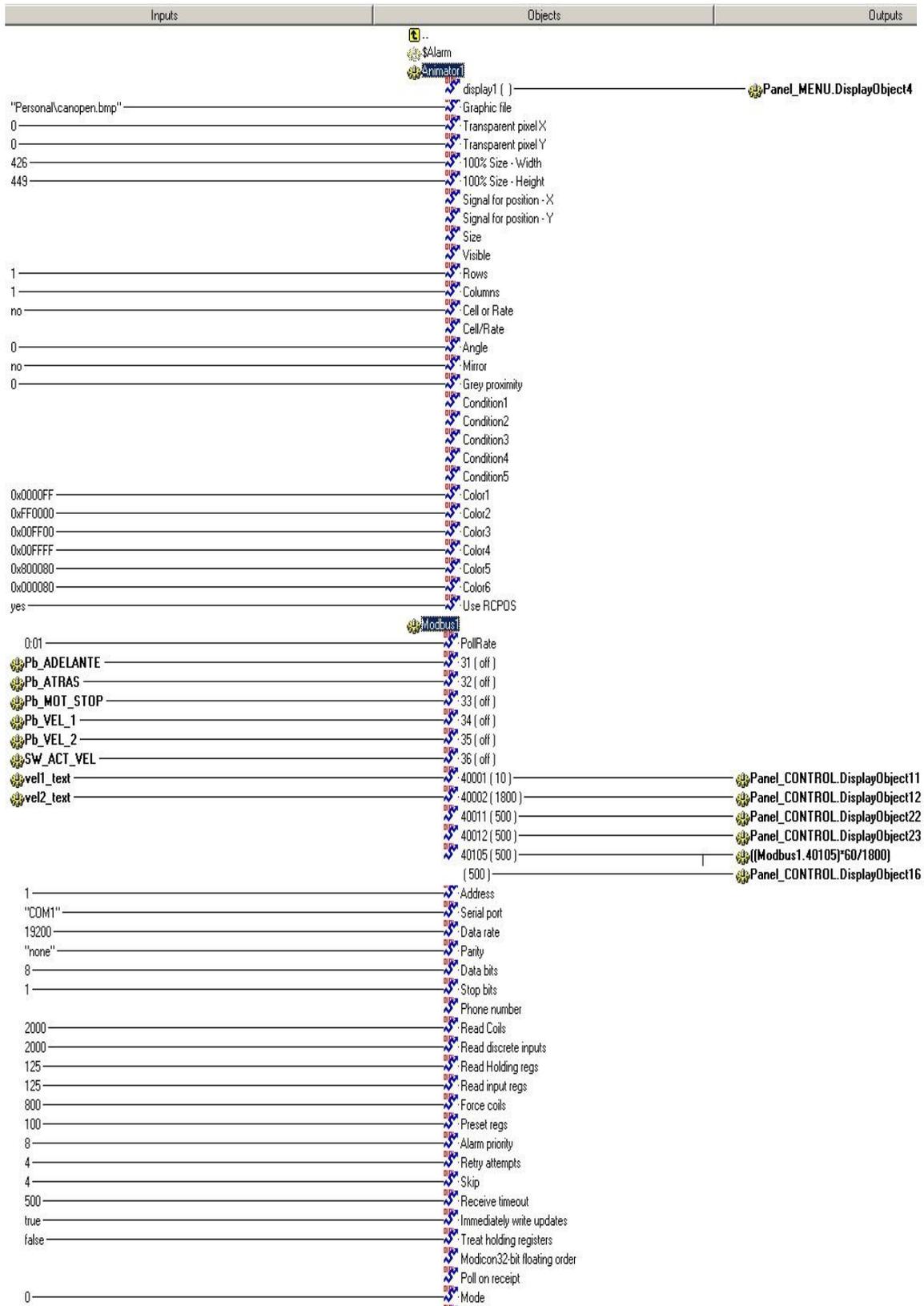
Figura V.27: Asignación de objetos de interfaz de usuario.

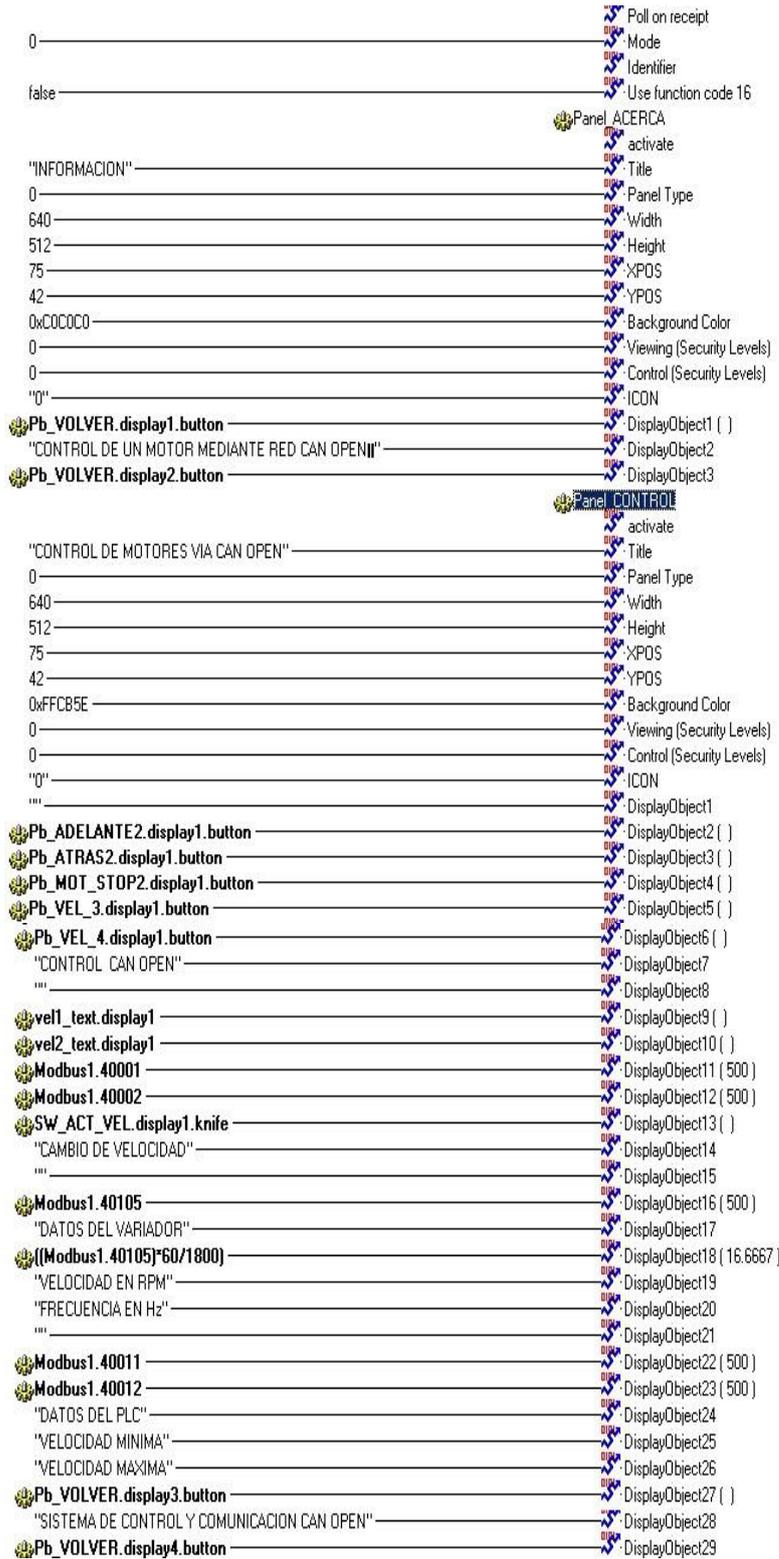
Fuente: Autor de Documento

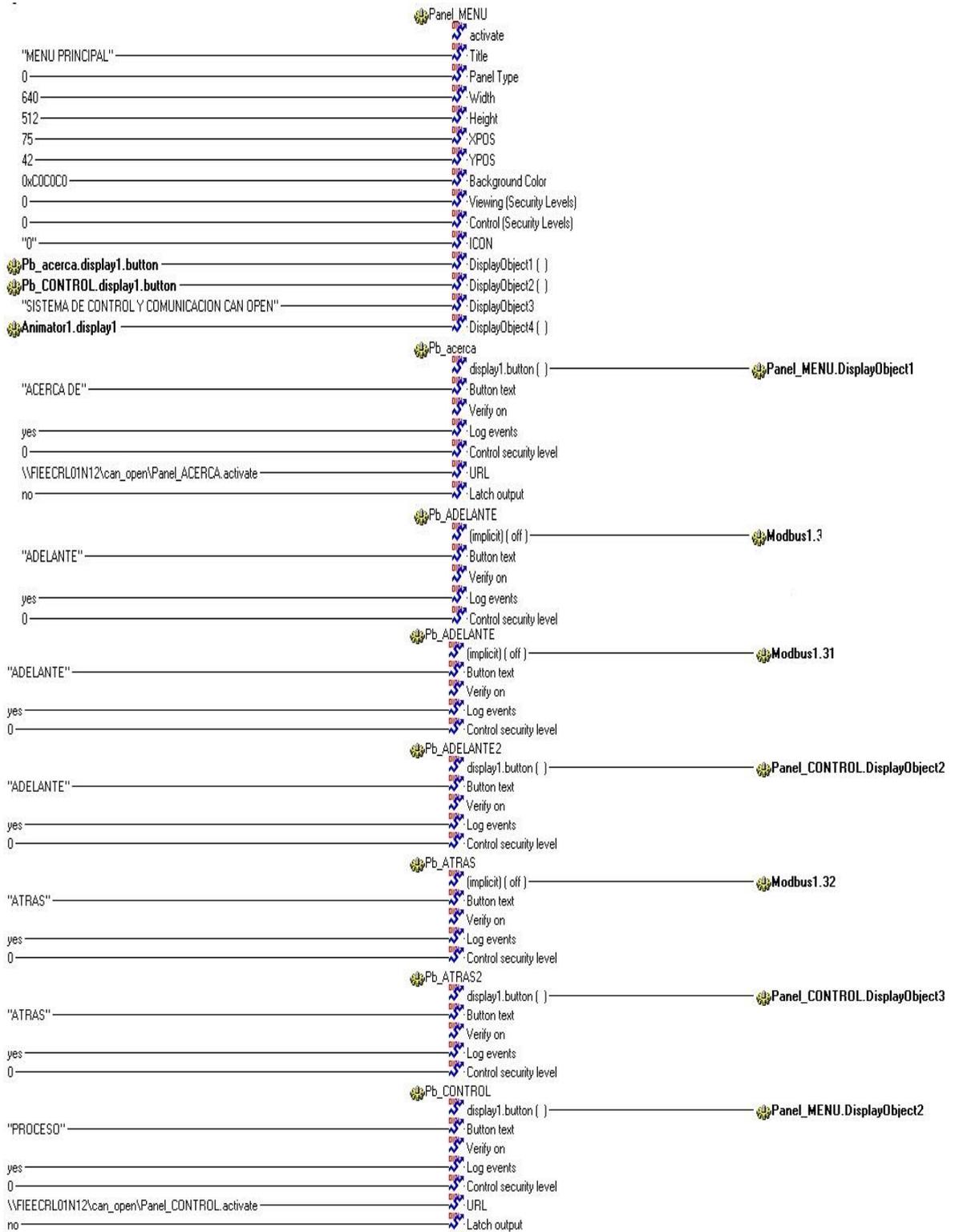
5.5.1 Conexión lógica de Comunicación PC-PLC

Lookout permite por medio de las asignaciones dadas durante la programación a los diferentes objetos y variables, enlazarlos de manera que se pueda dar la comunicación necesaria para la transferencia de mensajes.

Dichos enlaces pueden ser observados y especificados en la opción de CONNECTION BROWSER, aquí podemos ver las entradas, los objetos y salidas de cada uno de ellos.







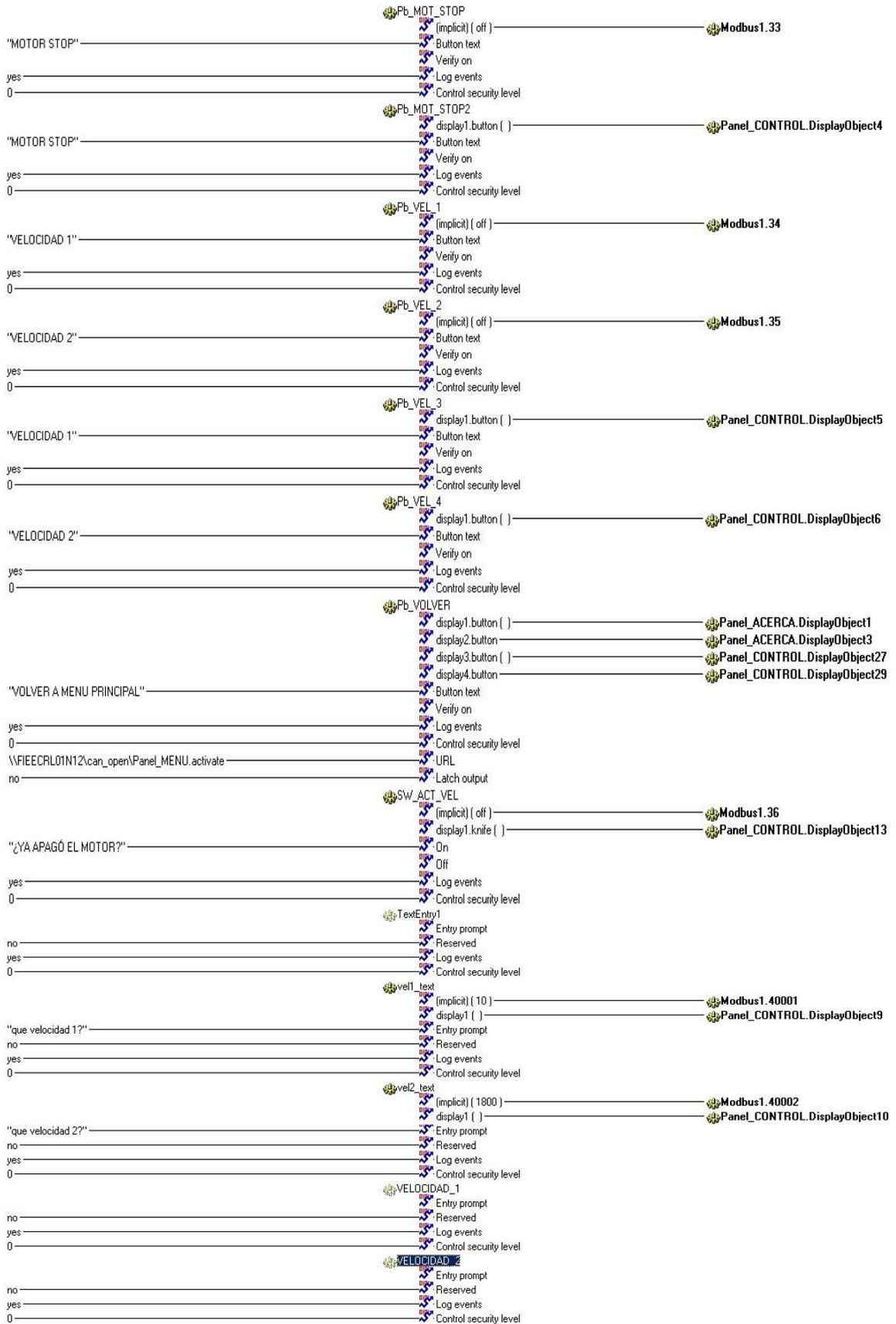


Figura V.28: Descripción de conexión de comunicación.

Fuente: Autor de Documento

5.5.2 Conexión física de comunicación PC - PLC

Para implementar una conexión mediante un enlace Ethernet entre PC y PLC, se debe primeramente configurar las interfaces de comunicación tanto en el software twido suite cargado en el AP, así como en la interfaz de usuario desarrollado en lookout.

5.5.2.1 Configuración del módulo Twido

- Se elige el puerto al que se esté instalando el conector RJ45.
- Aparece una ventana donde se selecciona el tipo de protocolo (en este caso Modbus) con la respectiva dirección de puerto y se confirman los cambios.
- Se selecciona del catálogo de productos el módulo 499TWD01100 que es el que se encarará de ser el módulo de comunicación entre el PLC – PC.
- En la configuración del módulo se designa la IP de TwidoPort, como muestra la siguiente imagen:

Elemento	Nombre
	Esclavo 0

Redes Ethernet

Configuración dirección IP

Dirección IP:	192 . 168 . 0 . 1
Máscara de subred:	255 . 255 . 255 . 0
Dirección de la pasarela:	192 . 168 . 0 . 1

Aceptar Cancelar

Figura V.29: Configuración de direccionamiento TwidoPort.

Fuente: http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/Manual_Twido.pdf, p.105

- Todos los campos deben ser llenos, y preferiblemente utilizar una máscara de subred clase C para mejor comunicación.
- Del mismo modo se debe ingresar la IP de pasarela, que debe estar en el mismo segmento que TwidoPort. De esta manera se puede unir el puerto configurado con el módulo Twidoport.
- Cuando se ha hecho la configuración de enlace entre TwidoPort y TwidoSuite, la configuración de TwidoPort se almacena en el AP de twido al cargar el programa.
- Configuración Twido Suite – Ethernet.
- Para enlazar la comunicación en la parte de la PC, se debe ir al icono de “Preferencias”.
- Se ingresa en “Agregar” en la Gestión de conexiones, donde se creará o seleccionara el enlace Ethernet para la conexión. En este caso se puede elegir entre otras opciones de enlace, pero la que usaremos será Ethernet.
- En IP/Phone, introducir la dirección IP que es la misma asignada para la conexión del autómata anteriormente.
- En las conexiones Ethernet, el valor de Unidad IP/Dirección debe estar en 1.
- Y se acepta los cambios para aplicarlos.

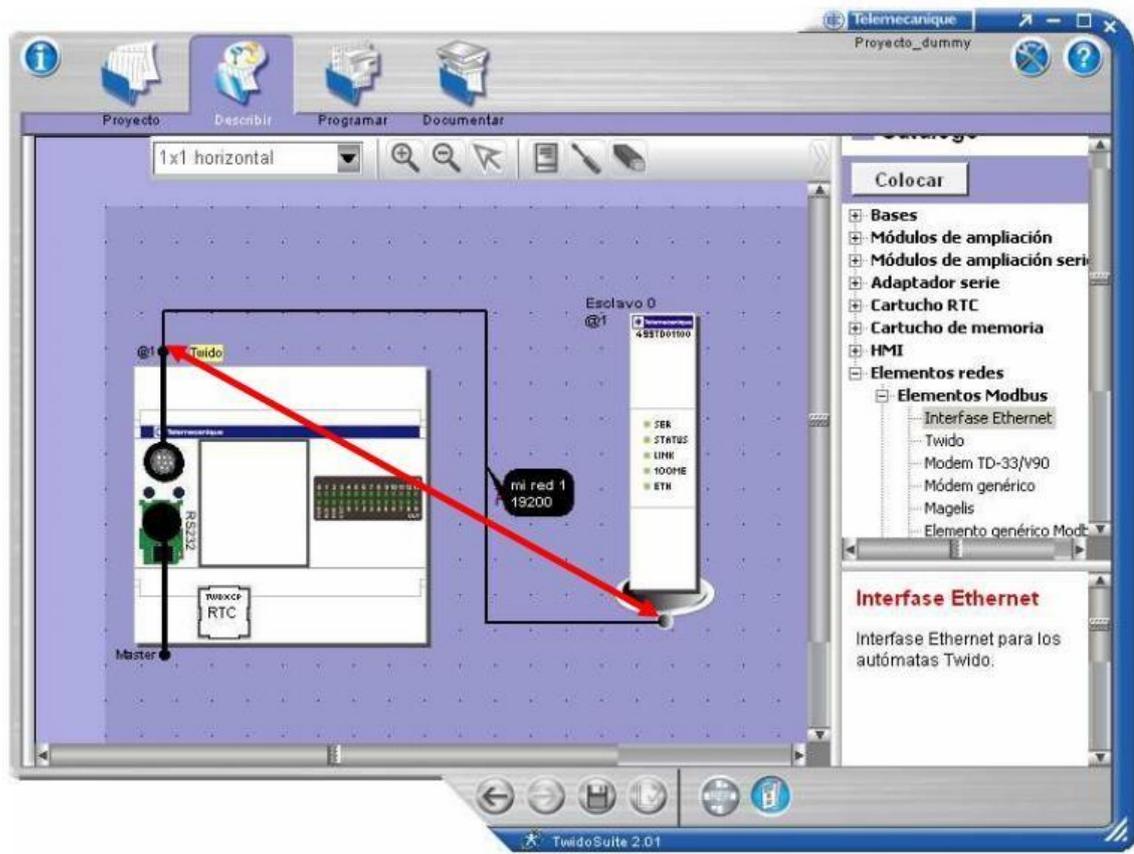


Figura V.30: Integración del módulo de comunicación Ethernet en Twido Suite.
 Fuente: http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/Manual_Twido.pdf, p.106

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DE RESULTADOS

6.1 IMPRESIONES GENERALES

CANopen en su inicio fue producto del desarrollo tecnológico en la comunicación industrial en el campo de la automoción. Es así que se refleja hasta hoy en día en aplicaciones en los automóviles donde fue su aparición.

Pero su desarrollo en esta y otras áreas industriales, obligó a considerar el nivel de exigencia en velocidad de respuesta y la tolerancia a fallos que requiere el sistema donde se lo aplica, haciendo trabajar a motores en sentidos bidireccionales de movimiento en su eje de rotación. Todo aquello debido a reducir limitantes que puedan

presentarse en la implementación y la capacidad de futuras ampliaciones posibles de la red.

6.2 CONSIDERACIONES DE COMUNICACIÓN CANOPEN

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO, International Organization for Standardization) clasifica dos tipos de redes CAN:

Tipo	Velocidad de transmisión máxima posible	Estándar	Enfoque
Alta velocidad	1Mbit/s	ISO 11898-2	Sensible a fallos, control de motores e interconexión de unidades de control electrónico (ECU)
Baja velocidad	125Kbit/s	ISO 11519-2/ ISO 11898-3	Tolerante a fallos, control de puertas, luces y asientos móviles

Tabla VI.21: Comparación de tipos de redes CAN.

Fuente: Autor de documento

Así como la velocidad se ve afectada por la distancia entre los nodos, el factor del tipo de cableado involucrado tanto en el bus como en las derivaciones, influye cuando son considerables estas distancias, de este modo, se puede obtener un cuadro resultante:

Velocidad máxima en baudios	Longitud del bus	Impedancia del cable	Sección/calibre del cable
1 Mbit/s @ 40 m	0 – 40 m	70 mΩ/m	0,25 - 0,34 mm ² ,
500 Kbit/s @ 100 m	40 - 300 m	< 60 mΩ/m	0,34 - 0,6 mm ² ,
125 Mbit/s @ 500 m	300 -600 m	< 40 mΩ/m	0,5 - 0,6 mm ² ,
50 Kbit/s @ 600 m	600 -1000 m	< 26 mΩ/m	0,75 - 0,8 mm ² ,

Tabla VI.22: Comparación de capacidades de bus CAN.

Fuente: http://dev.ovp01.com.ar/schneiderelectric/vademecum/download/automatismosindustriales/automatasysredes/Twido/Guia_referencia_hardware.pdf, p.167

6.3 EFICIENCIA DE LA COMUNICACIÓN

En el proyecto, debido a que se trata de mostrar un reflejo real para una exigencia de una red CAN de alta velocidad, se implementó un motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla de 1Hp, donde la velocidad de transmisión medida es de 1Mbit/s. Esto debido a que la distancia de 0,5m de bus CAN y una derivación en Modbus de 0,5m, no representan mayor afectación de interferencias. Con lo que se determina un modelo ideal, que incluso que de existir un segundo variador conectado con las mismas características que el existente en la caja de derivación (TAP), no presentará afectaciones a la transmisión de señal. Esto fortalecido con las puestas a tierra común de todos los elementos tanto en el maestro CANopen, en la caja de derivación CANopen-Modbus, el bus de comunicación CAN y el variador de frecuencia Altivar.

6.4 COMPROBACION DE RESULTADOS DE CONTROL

Es indispensable que el par motor sea mayor al par resistente, para crear un arranque con aceleración angular, el mismo que finaliza cuando se equilibran los pares de arranque y motor para estabilizar la velocidad de giro del eje del motor.

La velocidad de los motores asíncronos trifásicos de C.A. que funcionan de manera sincronizada, se caracterizan por tener la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator igual, con lo que se aplica la siguiente fórmula para el cálculo:

$$n = \frac{f * 120}{p}$$

f es la frecuencia en hercios (Hz),

p representa el número de polos del motor,

n es la velocidad asíncrona en rpm.

De este modo se obtiene la relación entre velocidad síncrona ingresada por el usuario en la interfaz y la frecuencia angular generada en el variador de velocidad Altivar. Dicha velocidad en revoluciones por minuto, puede transformarse en velocidad angular que utiliza la misma frecuencia obtenida en el variador de frecuencia.

$$\omega = 2\pi * f$$

El motor empleado es un motor de funcionamiento bidireccional no reversible, lo que significa que no presenta frenados importantes a considerar para la funcionabilidad implementada. Además que trabaja a par constante, es decir, el variador proporciona un par de arranque de motor de 1,5 veces o más referente al par nominal para vencer los rozamientos estáticos y acelerar la maquinaria.

El motor utilizado trabaja con 4 polos.

El par del motor en este caso resulta constante como resulta en el 80% de los casos presentes en el entorno de control de motores.

Velocidad (rpm)	Frecuencia (Hz)	Velocidad (rad/seg)
5	0.167	$1/3 \pi$
10	0.334	$2/3 \pi$
30	1	2π
50	5	10π

Tabla VI.23: Valores obtenidos y equivalentes en el control de giro del motor.

Fuente: Autor documento

Tomando en cuenta que 1rpm equivale a 2π rad/ 60 seg. y que existen 2 pares de polos, se comprueba que los valores obtenidos están relacionados y comprueban los valores obtenidos experimentalmente.

6.5 PRUEBAS Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.5.1 Análisis y Tabulación de datos

La tabulación de los datos obtenidos se basa en un registro de preguntas que se realizaron durante ese periodo de prueba. Los resultados se muestran a continuación.

Pregunta 1. Diariamente, ¿cuál fue la frecuencia con la que se percibieron errores de comunicación en el sistema de control del motor por cada 15 órdenes?

Día	Sin comunicación CANopen	Con comunicación CANopen
1	8	1
2	5	1
3	6	1
4	7	1
Total	26	4

Tabla VI.24: Frecuencia de inyecciones del sistema de control

Fuente: Autor documento

Pregunta 2. ¿Cuál es el tiempo de demora en segundos, para ejecutar una orden de control sobre el motor?

Día	Sin comunicación CANopen	Con comunicación CANopen
1	127	0.5
2	7	1.2
3	12	0.7
4	245	2.3
Total	391	4.7

Tabla VI.25: Tiempo de demora para el ejecución de órdenes de control.

Fuente: Autor documento

Pregunta 3. En un rango de 1 (exelente) y 100 (pésimo) ¿Cuál es el promedio aceptación del control de velocidad en motores en el sistema implantado?

Día	Sin comunicación CANopen	Con comunicación CANopen
1	85	5
2	93	10
3	91	9
4	87	6
Total	356	30

Tabla VI.26: Promedio de aceptación del protocolo CANopen

Fuente: Autor documento

Pregunta 4. Respecto a la seguridad para el control de comunicación, ¿Cuántas deficiencias o vacíos de seguridad en comunicación observo en las pruebas generadas?

Día	Sin comunicación CANopen	Con comunicación CANopen
1	9	1
2	8	1
3	10	2
4	7	1
Total	34	5

Tabla VI.27: Cantidad de deficiencias en seguridad de comunicación del sistema de control de motores.

Fuente: Autor documento

6.5.2 Demostración estadística de la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis planteada, se empleó como métodos estadístico a la prueba de inferencia estadística chi-cuadrado (X^2), para lo cual se define las siguientes hipótesis.

- **Hipótesis Nula (H₀):**

El diseño e implementación de una red de comunicaciones CANopen, no permitirá controlar en una variedad de velocidades a un motor eléctrico.

- **Hipótesis de la investigación (H₁):**

El diseño e implementación de una red de comunicaciones CANopen, permitirá controlar en una variedad de velocidades a un motor eléctrico.

Las tablas de contingencia para el análisis, se obtienen en base a las tablas VI.24, 25, 26 y 27 de consulta obtenidas sobre el comportamiento del sistema de control de motores mediante la red de comunicación CANopen y a su vez de manera directa sin su implementación.

De este modo, para construir la tabla de fidelidad de chi-cuadrado, se define las siguientes variables:

f_o la frecuencia observada,

f_e la frecuencia esperada,

GL los grados de libertad,

f número de filas de cada tabla analizada,

c número de columnas de cada tabla analizada,

α nivel de significancia estadística.

Para este caso específico se toma $\alpha = 0,1$

$$GL = (f-1)(c-1) = (4-1)(2-1) = 3$$

Para comprobar la tesis planteada, se debe verificar que el valor de X^2 calculado, es menor con respecto al mismo que se obtiene en la tabla estandarizada que se encuentra en el anexo 2. De este modo, se valida la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis de investigación.

Como $\alpha = 0,1$ y $GL = 3$. Según la tabla, le corresponde a $X^2 = 6.2514$.

A continuación se realiza el cálculo de X^2 para cada tabla de encuesta realizada.

Pregunta 1.

Día	f _o	f _e	(f _o - f _e)	(f _o - f _e) ²	(f _o - f _e) ² /f _e
1	8	1	7	49	49
2	5	1	4	16	16
3	6	1	5	25	25
4	7	1	6	36	36
X²					126

Tabla VI.28: Calculo de X^2 para la pregunta 1.

Fuente: Autor documento

Pregunta 2.

Día	f _o	f _e	(f _o - f _e)	(f _o - f _e) ²	(f _o - f _e) ² /f _e
1	127	0,5	126,5	16002,25	32004,5
2	7	1,2	5,8	33,64	28,03
3	12	0,7	11,3	127,69	182,41
4	245	2,3	242,7	58903,29	25610,13
X²					57825,07

Tabla VI.29: Calculo de X^2 para la pregunta 2.

Fuente: Autor (documento)

Pregunta 3.

Día	f _o	f _e	(f _o - f _e)	(f _o - f _e) ²	(f _o - f _e) ² /f _e
1	85	5	80	6400	1280
2	93	10	83	6889	688,9
3	91	9	82	6724	747,11
4	87	6	81	6561	1093,5
				X²	3809,51

Tabla VI.30: Calculo de X² para la pregunta 3.*Fuente: Autor (documento)***Pregunta 4.**

Día	f _o	f _e	(f _o - f _e)	(f _o - f _e) ²	(f _o - f _e) ² /f _e
1	9	1	8	64	64
2	8	1	7	49	49
3	10	2	8	64	32
4	7	1	6	36	36
				X²	181

Tabla VI.31: Calculo de X² para la pregunta 4.*Fuente: Autor (documento)*

Analizando los valores obtenidos para X² en las tablas VI.28, 29, 30 y 31. Se verifica que ninguno sobrepasa el valor inicial de X² tabulado de 6.2514

De esta forma se rechaza la hipótesis nula definida, y se aprueba la hipótesis de investigación, según lo que establece dicho método investigativo. Determinando que:

El diseño e implementación de una red de comunicaciones CANopen, permitirá controlar en una variedad de velocidades a un motor eléctrico.

6.6 REACCIONES DEL SISTEMA EN EL PROCESO

Tomando en cuenta las características de control de giro del motor, notaremos los siguientes aspectos:

- El motor nunca presentará cambios bruscos de sentido de giro, en caso contrario generará un aviso de paro del motor para aplicarlo, de no existir este mensaje o botón de paro, el motor simplemente no acatará la orden, debido al control CANopen que el autómatas gestiona en su programación con los controles de sistema generados previamente.
- Los valores de velocidad en baudios que son posibles ser editados en la interfaz de usuario, no afectaran la velocidad descontrolada del motor, puesto que este se regula con la frecuencia máxima editada en el variador de frecuencia. De este modo, si edita un valor mayor al del configurado en el variador, dicho valor no se ejecuta, sino que será reemplazado por el máximo del variador.
- Las entradas del PLC son abiertas a conectarse directamente a pulsadores físicos de control, donde enviando señales de pulso de 24Vdc, manipulen el motor de forma combinada con la interfaz de usuario. Pero no permitirán modificar la edición de velocidad que la interfaz ofrece.
- El programa cargado al PLC puede ser replicado a un segundo esclavo, con un IDNode propio sin crear ningún problema, pero en caso de querer replicar el ID-Node, el sistema nunca actuará como copia, sino que lo interpreta como conflicto y ninguno ejecutará la petición generando un error en el maestro. Por ello no es el destino el que debe ser igual, sino la petición la que indique por quienes debe ser atendida.

6.7 SENSIBILIDAD A LAS VARIACIONES EN EL VARIADOR

Existen varias opciones de configuración en el variador de frecuencia, los cuales luego de notar los resultados en el efecto de comando, se comprobó:

- bFr: Se establece en 50Hz, como frecuencia de giro del motor conectado, puede ser modificado, y su cambio, actualiza directamente los valores de Frs que representa el valor nominal de frecuencia del motor como seguridad, pero puede cambiarse.
- ACC: establece el tiempo en segundos de aceleración asignada en el valor de bFr. En el motor del proyecto, puede establecerse en valores bajos entre 0.2S hasta 0.5S, mientras más alto sea, el tiempo de llegar a la velocidad requerida será mayor. Muy apto en motores sensibles, caso contrario tiende a causar daños.
- DEC: establece el tiempo en segundos de desaceleración asignada en el valor de bFr. Debe ser el mismo de ACC, o de menor valor, para reacciones mayores a paros de emergencia del motor en este caso.
- LSP: referencia mínima de velocidad de motor, con ella se evita que la interfaz de usuario intente editar valores de control menores que las establecidas por la tolerancia del motor o variador.
- HSP: referencia máxima de velocidad de motor, con ella se evita lo mismo que LSP.

CONCLUSIONES

- La comunicación del sistema CANopen está basada en objetos, la cual permiten la comunicación de datos, detección de errores, control de la red, etc. El dispositivo emisor envía el objeto, es decir, indicando que velocidad debe alcanzar el motor, el dispositivo receptor guarda el valor del objeto enviado en su diccionario de objetos y ejecuta dicha orden. Dicho modelo empleado es el maestro / esclavo.
- Acorde a lo establecido inicialmente se cumplieron satisfactoriamente todos los objetivos planteados en esta tesis de grado llevando a cabo la implementación de una red de comunicaciones CANopen, para el control de motores
- Para la selección de los elementos se recurrió a catálogos, tomando en cuenta las necesidades principales para la comprensión de los principios básicos de funcionamiento, además era muy importante considerar la disponibilidad en el mercado y la adaptabilidad de cada uno al sistema.
- Se determinó que el lenguaje de programación más apropiado para la implementación del sistema de comunicación CANopen es Twido Suite, debido a las características y facilidades que éste ofrece para el control de comunicación industrial.
- La implementación del sistema de comunicación CANopen para el control de motores se realizó basándose en la necesidad que existe por la falta de aplicaciones reales en el área de redes industriales en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales para comprender dicha tecnología y sea de soporte para la implementación de redes a nivel scada.

RECOMENDACIONES

- Diseñar el software lo más genérico posible, evitando el uso de funcionalidades específicas que supondrían la utilización de dispositivos de un determinado fabricante, para no caer en inconvenientes por posibles cambios futuros de dichos dispositivos de cualesquier fabricante.
- Varias piezas del variador de velocidad altivar 31, incluyendo las tarjetas de circuito impresas, funcionan bajo tensión de línea. Por lo que no deben ser tocadas, sino solo usar las herramientas con aislamiento eléctrico.
- El sistema de comunicación CANopen empleado permite aplicativamente ser soporte para la implementación de redes scada, por lo que su comprensión es útil, antes de implementar dicha red de nivel superior en proyectos futuros.
- El transformador de voltaje empleado no es un requerimiento necesario para nuestro sistema si se tiene una alimentación de 220Vac en nuestras instalaciones.

RESUMEN

Se realizó el diseño e implementación de una red de comunicaciones CANopen para el control de motores para fortalecer el proceso enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de redes industriales de la Facultad de Informática y Electrónica.

Los métodos utilizados son inductivo pues parte de la selección por catálogos de componentes, acorde a requerimientos establecidos y disponibilidad en el mercado para el desarrollo del sistema, y deductivo para fusionar conocimientos generales a una aplicación específica reflejada en la implementación hecha, mismos que permiten probar su funcionamiento. La técnica de lógica cableada facilita su uso.

Se utilizó materiales como, hardware: computador, accesorios: PLC, Variador de Frecuencia, Adaptador CANopen – ATV31, motor de inducción, bus CANopen, cables de alimentación, módulo de extensión, y software: Windows7/32 bits, Lookout y Twido Suite.

Con 60Hz en el variador, en un tiempo en aceleración y desaceleración de 0,2seg y límites de velocidad entre 0 y 1000Rpm, se ingresan valores de velocidad máxima y mínima en la interfaz de usuario, y usando botones de mando, se ordena el sentido de giro, velocidad y paro al eje del motor de 0,5HP a 24Vac. El bus transmite a velocidad de 1Mbit/s en alta velocidad.

Concluyendo, el envío de mensajes de control desde la PC al PLC, ejecuta ordenes hacia el variador de frecuencia, que finalmente genera la operación del motor según los requerimientos del usuario.

Se recomienda que todo debe manejarse lo más genérico posible para no caer en inconvenientes por posibles cambios futuros en dispositivos de cualquier fabricante.

ABSTRACT

The design and implementation of CANopen communications network for motor control was performed. It serves the teaching-learning process in the laboratory network of the Faculty of Informatics and Electronics.

The methods used are inductive as part of the selection of catalogs of components according to established requirements and availability in the market for system development. The deductive method to merge general knowledge to a specific application made reflected in the implementation. These allow you to test its operation. The technique of wired logic enables its use.

A computer, PLC accessories, inverter, adapter ATV31 CANopen-induction motor, CAopen bus, power cords, extensión module, and software: Windows 7/32 bits, Lookout and Twido Suite like hardware were used.

With 60Hz in the drive at a time acceleration and deceleration of 0,2 sec and speed limits between 0 and 1000 RPM maximum and minimum values of velocity in the user interface. Using control buttons the rotation speed and stop the motor shaft from 0,5HP to 24Vac is ordered. The bus transmits to a velocity of 1Mbit/s.

In conclusion, the control message sending from the PC to the PLC executes orders to the inverter, wich ultimately generates engine operation according to the user requirements.

It is recommended that everything should be treated as generic as possible to avoid falling into inconveniences by possible future changes in devices of any manufacturer.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **BRICEÑO, J.**, Transmisión de datos., Tercera edición., Universidad de los Andes., Mérida., México., 2005., pp. 223-225.
E-Book:
<http://www.slideshare.net/mobile/jhcordova1/transmision-de-datos-14983712>
- [2] **PINTO, A.**, SCADA CAN., Facultad de ingeniería en telecomunicaciones., Universidad Fermín Toro., Caracas-Venezuela., 2013., pp. 7-9.
E-book:
<http://www.slideshare.net/argenispinto/scada-16536240>
- [3] **PRIETO, P.**, Lenguajes de Programación., Madrid-España., 2007., p. 3.
E-book:
<http://www.lenze-actech.eu/Portals/45/Documents/CMVCAN01B-es1.pdf>
- [4] **LA COMUNICACIÓN.**
E-book:
<http://www.monografias.com/trabajos/lacomunica/lacomunica.shtml>
2013-03-02

- [5] **BARROS, E.**, Diseño y construcción de control automático para proceso de limpieza y decapado por inmersión, de cajas metálicas construidas en tol para la fábrica de la Empresa Electrocontrol., Facultad de Ingeniería Electrónica., Universidad Politécnica Salesiana., Cuenca-Ecuador., TESIS., 2007., pp. 49-81.

E-book:

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/171/4/Cap%203.pdf>

- [6] **MAZA, A.**, Diseño de un sistema experto para el enderezado de chasis en frío., Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas, Puebla-México., TESIS., 2009., pp. 12-22.

E-book:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf

- [7] **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

E-book:

http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable 2013-04-08

- [8] **CLASIFICACIÓN DE PLC.**

E-book: <http://ingeniaste.com/ingenias/telecom/clasificacion-plc.html>

2013-05-10

[9] CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.

E-book:

<http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C..pdf>

2014-01-04

[10] DE URRAZA, J., Controlador Lógico Programable., Buenos Aires-

Argentina., 2011. 9p.

E-book:

<http://www.jeuazarru.com/docs/PLC3.pdf>

[11] FUNCIONAMIENTO DE PLC.

E-book:

http://www.unicrom.com/tut_PLC8.asp

2012-11-15

[12] FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

E-book:

http://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentaci%C3%B3n

2013-01-30

[13] TIPOS DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

E-book:

<http://tiposdefuentesdealimentacion.blogspot.com/2011/05/tipos-de-fuentes-de-alimentacion.html>

2013-01-31

[14] MOTOR ELÉCTRICO.

E-book:

<http://www.nichese.com/motor.html>

2013-02-03

[15] MEJÍA, D., Cuando utilizar Variador de Velocidad (AC Drive) y cuando utilizar Arrancador Suave., 2012.

E-book:

<http://www.davidmejia.com/2012/10/cuando-utilizar-variadorde-velocidad-ac-drive-y-cuando-utilizar-arrancador-suave/>

2013-02-05

[16] BRASIL., EQUIPAMENTOS ELECTRICOS., Manual del usuario

CANopen., Sao Paulo-Brasil., 2010., 53 p.

E-book: [http://www.weg.net/files/products/WEG-cfw700-canopen-](http://www.weg.net/files/products/WEG-cfw700-canopen-10001023897-manual-espanol.pdf)

[10001023897-manual-espanol.pdf](http://www.weg.net/files/products/WEG-cfw700-canopen-10001023897-manual-espanol.pdf)

[17] ESTADOS UNIDOS., LENZE AC TECH CORPORATION., Módulo de Comunicación CANopen., Uxbridge-Estados Unidos., 2012., 28p.

E-book:

[http://www.lenze-](http://www.lenze-actech.eu/Portals/45/Documents/CMVCAN01B-es1.pdf)

[actech.eu/Portals/45/Documents/CMVCAN01B-es1.pdf](http://www.lenze-actech.eu/Portals/45/Documents/CMVCAN01B-es1.pdf)

- [18] **VILLAJULCA, J.**, Interfaces de comunicación de instrumentación., Santiago-Chile., 2010.
E-book:
<http://www.instrumentacionycontrol.net/cursoslibres/instrumentacion/curso-completo-instrumentacionindustrial/item/231-interfaces-de-comunicacion-eninstrumentacion-tipos-y-definiciones.html>
- [19] **COLOMBIA., UNIVERSIDAD DEL CAUCA.**, Software para aplicaciones Industriales., Bogotá-Colombia., 2005., 24 p.
E-book:
<ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SW%20para%20aplicaciones%20Industriales%20II/Sw%20II/Talleres/talleres.pdf>
- [20] **FRANCIA., SCHNEIDER ELECTRIC.**, Guía de puesta en marcha Altivar 31., Madrid-España., 2004., pp. 49 – 87.
E-book:
http://static.schneiderelectric.us/docs/Motor%20Control/AC%20Drives/Altivar%2031/ATV31%20Drives/VVDED303043US_Spa.pdf
- [21] **FRANCIA., SCHNEIDER ELECTRIC.**, Manual de formación de Twido Suite., Versión 2.1., Madrid-España., 2008., 130p.
E-book:
http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/Manual_Twido.pdf

- [22] **FRANCIA., SCHNEIDER ELECTRIC.**, Altivar 31 Variador de velocidad para motores asíncronos., Madrid-España., 2003., 48 p.
E-book:
<http://www.valtek.es/ftp/General/Telemecanique/Variadores/ATV31/ATV31Guia%20Prog%20simplificadaV1%20ESP.pdf>
- [23] **SÁNCHEZ, R.**, CANOPEN., Departamento de Informática y Automática., Facultad de ciencias., Universidad de Salamanca., SalamancaEspaña., 2010., 25 p.
E-book:
http://gro.usal.es/trabajos/Proyecto%20Raquel/web/index_archivos/CANopen.pdf
- [24] **GRANDA, C.**, Desarrollo de un controlador CANopen y su integración en un robot móvil., Ingeniería Industrial., Universidad Carlos III., Madrid-España., TESIS., 2012., 101 p.
E-book:
<http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/14680/MEMORIA%20PFC%20CONRADO%20GRANDAL.pdf?sequence=1>

ANEXOS

Anexo 1: ETIQUETADO DE EQUIPOS

Motor



SIEMENS		3 ~ MOTOR 1LA7 070-4YA60	
S1 IP55		0.5 HP	Ta -15/40°C FS 1.16
60 Hz	IMB3	220 YY / 440 Y V	1000msnm
AISL.F	η 63.6	1.9 / 0.95 A.	4.7 Kg <small>crestar</small>
IEC 34	Ia 2.7In	COS. ϕ 0.81	BG 071
		Tn/Ta 2.24 / 2.9Nm	1690 rpm

PLC

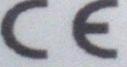
 **Telematique**
ATV3 VHO75M2
V1.7 IE15
0,75kW/THP

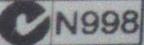
	Input Alimentation Entrada	Output Sortie Salida
U(V~)	200/240 Ø1	200/240 Ø3
F(Hz)	50/60	0,5/500
I (A)	8,9max	4,8
	CCJ 15A max	@1000A S.Ckt

 Cu AWG14;75°C
7,1 lb-in/0,8 Nm


8B0945107017 Made In Indonesia

Motor Overload Protection - Class 10
Proteccion Sobrecarga Motor - Clase 10
Protection Surcharge Moteur - Classe 10

  
224330

 LISTED 170M
IND.CONT.EQ.
E116875 

Schneider Electric



Variador de Frecuencia



Adaptador CANopen – ATV31



Transformador de Voltaje

