



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI  
UTILIZANDO UNA RED CONTROLNET PARA EL  
MONITOREO Y CONTROL DE LA VARIABLE DE NIVEL DEL  
LABORATORIO DE PLC DE LA UNIVERSIDAD DE LAS  
FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”**

**AUTOR:  
VINICIO YUGLA**

**ING. EDWIN PRUNA  
DIRECTOR**

**ING. WASHINGTON FREIRE  
CODIRECTOR**

**Latacunga, Diciembre 2015**



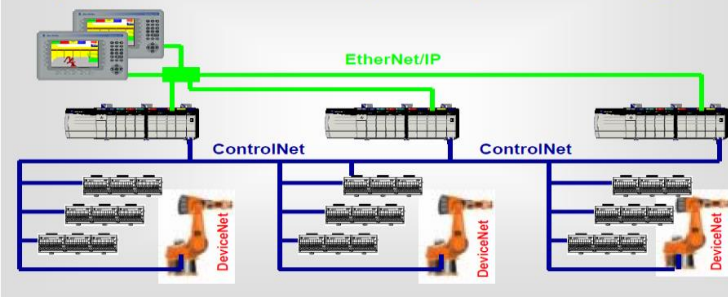
- ❑ JUSTIFICACIÓN
- ❑ OBJETIVOS
- ❑ INTRODUCCIÓN
- ❑ MARCO TEÓRICO
- ❑ DESARROLLO
- ❑ RESULTADOS OBTENIDOS
- ❑ CONCLUSIONES



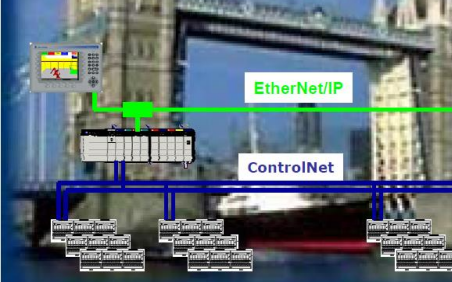
Teniendo en cuenta el uso de las nuevas tecnologías, la importancia de este proyecto permite dar soluciones a ciertos tipos de procesos industriales de tal forma optimizar el tiempo de respuesta entre ellos, es así que son automatizadas las industrias de altas prestaciones.

**Industry: Automotive\***

**Application: Body Shop Welding**



**Industry: Transportation Systems**  
**Application: London Tower Bridge Control System**



**Industry: Military & Shipping**  
**Application: Navy Aircraft Carrier Machinery Control & Monitoring System**



La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE mediante el desarrollo de este tipo de proyecto busca complementar la pirámide en comunicación industrial de altas prestaciones para el laboratorio de PLC's, el cual permite interactuar con dispositivos electrónicos robustos, donde se obtiene nuevas experiencias practicas de la red industrial.



Diseñar una red de comunicación industrial ControlNet utilizando ControlLogix.

Implementar la comunicación industrial controlNet en base al programa desarrollado y HMI, con plataformas de enlaces e instrumentos seleccionados

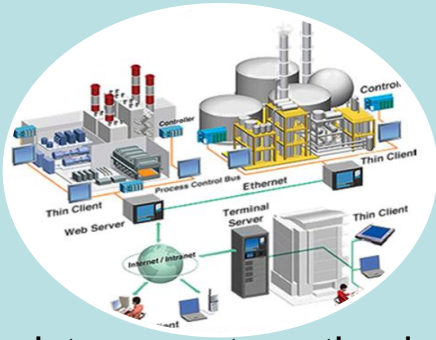
## GENERAL

Diseñar e implementar un HMI utilizando una red ControlNet para el monitoreo y control de la variable de nivel del laboratorio de PLC de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

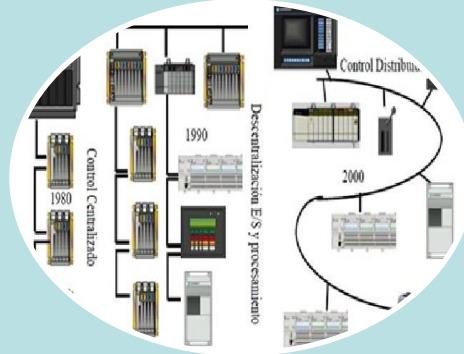
Desarrollar el HMI utilizando un software de aplicación industrial.

Desarrollar la programación para el control de la variable

Desarrollar la guía de procedimiento para la utilización de la red controlNet



Un sistema automatizado se define como una secuencia programada de procesos. Los primeros sistemas automatizados eran simples dispositivos mecánicos, posteriormente estos sistemas se convirtieron en sistemas electromagnéticos con el empleo de relés, era el origen de la tecnología de la automatización, mientras que en la actualidad dominan los PLC.



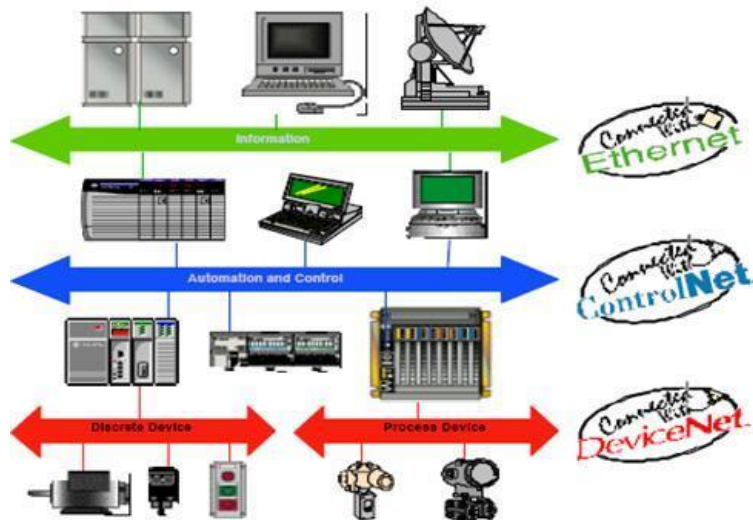
La **tendencia** más importante en la automatización industrial ha sido la introducción de redes abiertas de comunicación para enlazar dispositivos de diferentes fabricantes. Otra tendencia es el reducir el cableado y el coste de la conexión a la red, ya que estos incorporan cada vez más inteligencia en la automatización.



La arquitectura abierta Netlinx es la solución que utiliza tecnología abierta de redes de comunicaciones para integración de datos entre la planta de producción y la gerencia. NetLinx utiliza tres redes para construir esta arquitectura: DeviceNet, ControlNet y EtherNet/IP. Todas ellas comparten el mismo protocolo, **CIP**, que nos permite **Controlar**, **Configurar** y **Capturar** información y datos.

## RED CONTROLNET

Se trata de una red de comunicación industrial, de tipo abierto, orientada al control en tiempo real gracias a su elevada velocidad de transferencia, además es ideal para la sustitución de grandes cantidades de señales de Entrada-Salidas cableadas (RIO, Remote I/O). Cumple las exigencias de ser **determinista** porque sabemos cuando llegara los datos a su destino, y **repetible** asegura los tiempos de transmisión son fijos, sin importar añadir o retirar nodos.



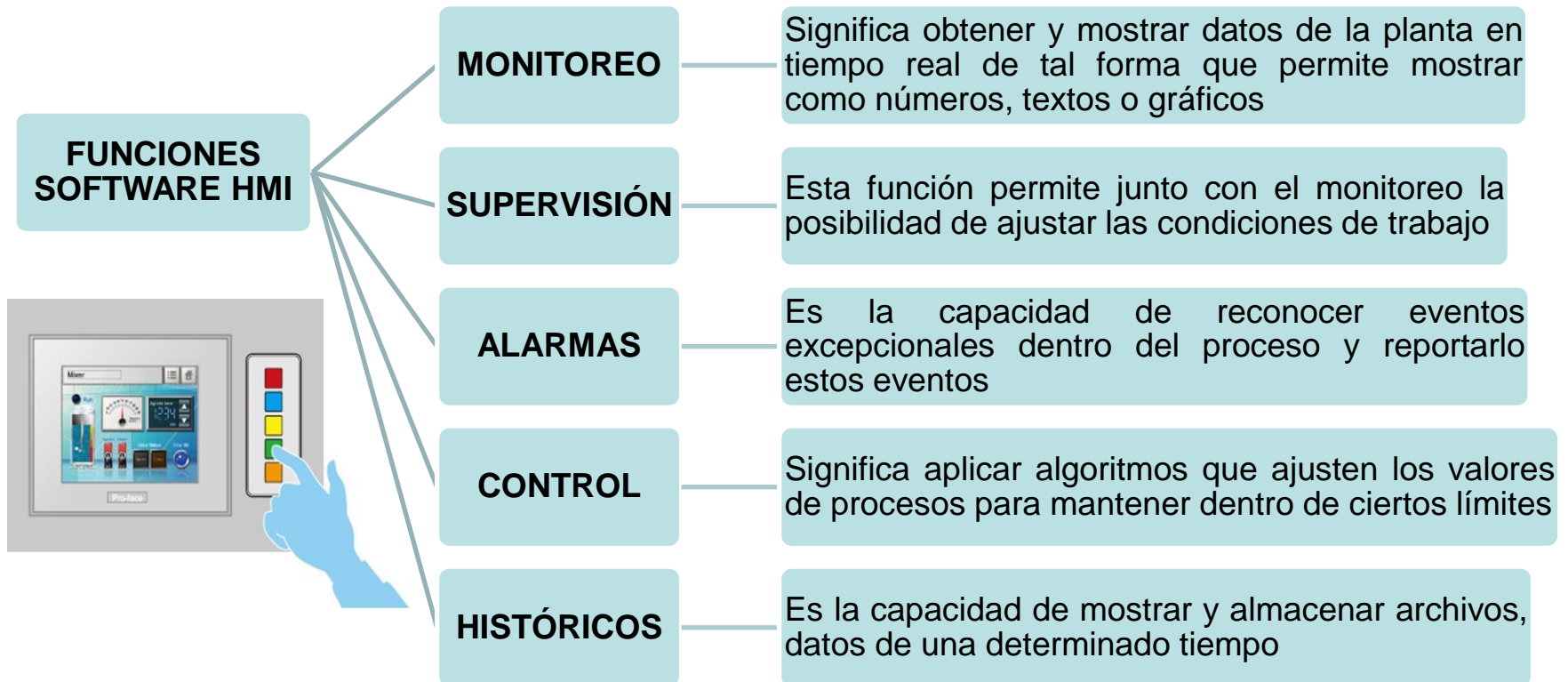
ControlNet satisface la interrelación entre maquinas y mensajerías, tales como control de movimiento, sincronización de ejes, sistema de visión artificial, control de procesos, comunicación entre PLC y/o PC y sistemas de monitorización (HMI).

## RESÚMEN CONTROLNET

<b>Denominación</b>	ControlNet, basado en CIP (Common Industrial Protocol)
<b>Soporte</b>	ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) y ControlNet International (CI)
<b>Cuentas</b>	3.5 millones de nodos (redes CIP)
<b>Topología</b>	Bus, árbol, estrella, mixto
<b>Medio</b>	Coaxial (tipo BNC) o fibra
<b>Elementos</b>	99 nodos máximos, 48 nodos sin repetidor
<b>Longitud segmento</b>	Cable coaxial (1 segmento): 1000m. con 2 nodos 500m. con 32 nodos 250m. con 48 nodos Fibra óptica (1 segmento): 3000m. con 99 nodos.
<b>Distancias</b>	Con repetidores Coaxial: 5000m. a 5Mbit/s Fibra: >30Km.
<b>Repetidores</b>	Hasta 5 en serie (6 segmentos) Hasta 48 segmentos en paralelo
<b>Comunicación</b>	Multimaestro Punto a punto Maestro/Esclavo
<b>Velocidad</b>	5Mb/s
<b>Datos/Paquete</b>	0 a 510 bytes, variable
<b>Tiempo de ciclo</b>	2 a 100 ms. Configurable

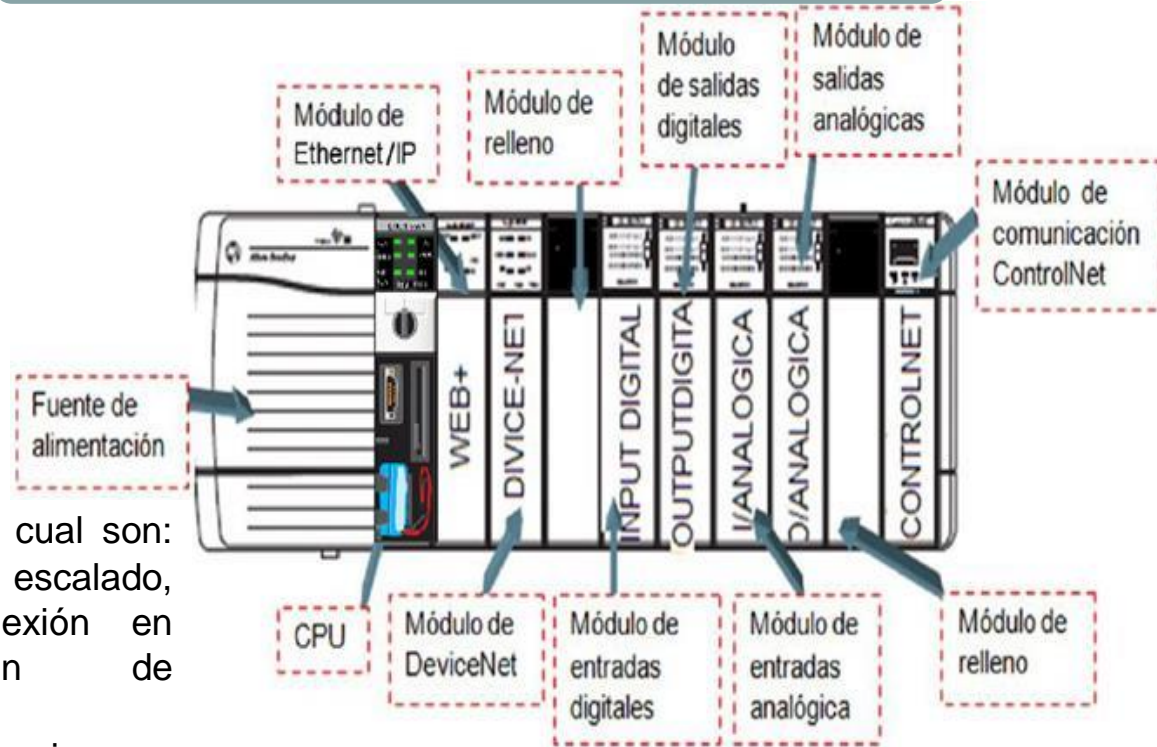
## HMI (Interfaz Humano Máquina)

Los sistemas HMI se pueden pensar como en una “ventana” de procesos. Esta ventana puede estar en un dispositivo especial como paneles de operador o una computadora implementado bajo un determinado software.





## PLC CONTROLLOGIX PAC 1756-L61

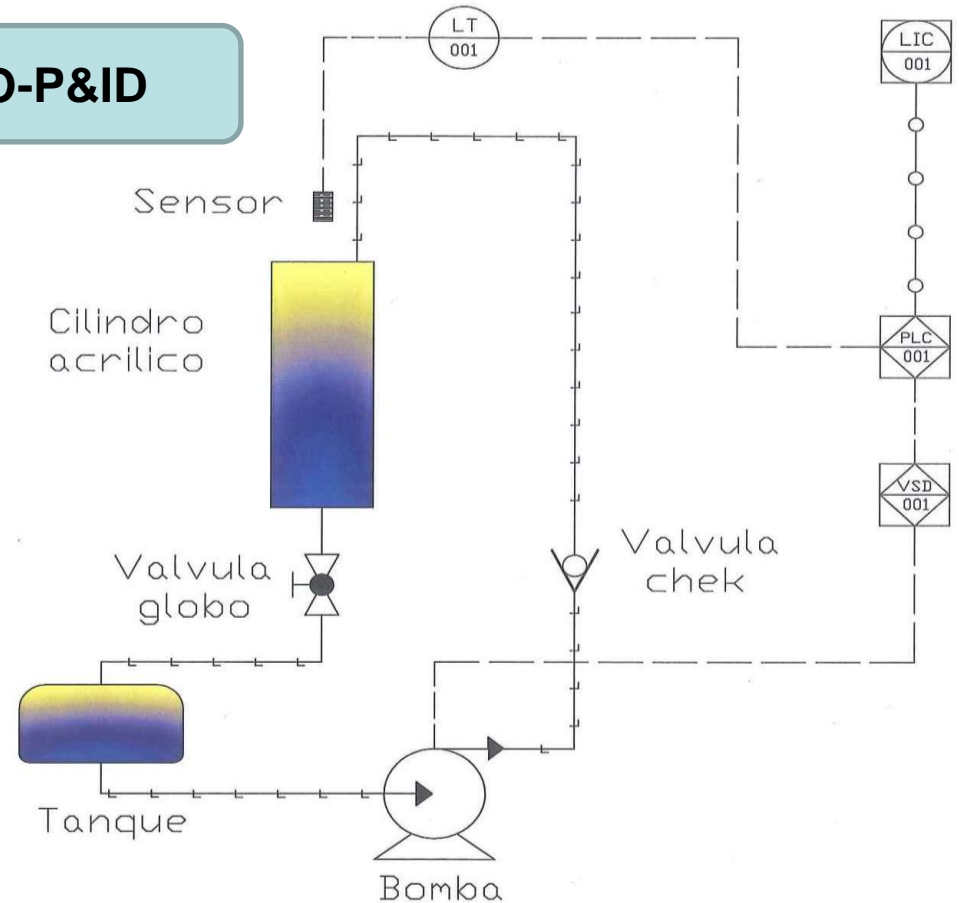


Se describe como la familia “LOGIX” lo cual son: rendimiento, capacidad de escalado, Multiprocesamiento, Redundancia, Conexión en puente de red, Integración de Movimiento/Variador/Proceso/Seguridad, comunicaciones de redes, además maneja una solución de controlador escalable capaz de direccionar una gran cantidad de puntos de E/S (128,000 digitales máximos / 4000 analógicos máximos), sin embargo puede colocarse en cualquier ranura de un chasis de E/S ControlLogix y pueden instalarse múltiples controladores.



## VARIABLE DE PROCESO-P&ID

En todo proceso tenemos diversas variables, las cuales afectan las entradas o salidas del proceso. El Módulo de Control de Nivel de Líquidos es equipo que permite realizar acciones de control sobre la variable nivel de líquido de un tanque a través de un sistema de control cuyo elemento principal es un PLC



Leyenda:

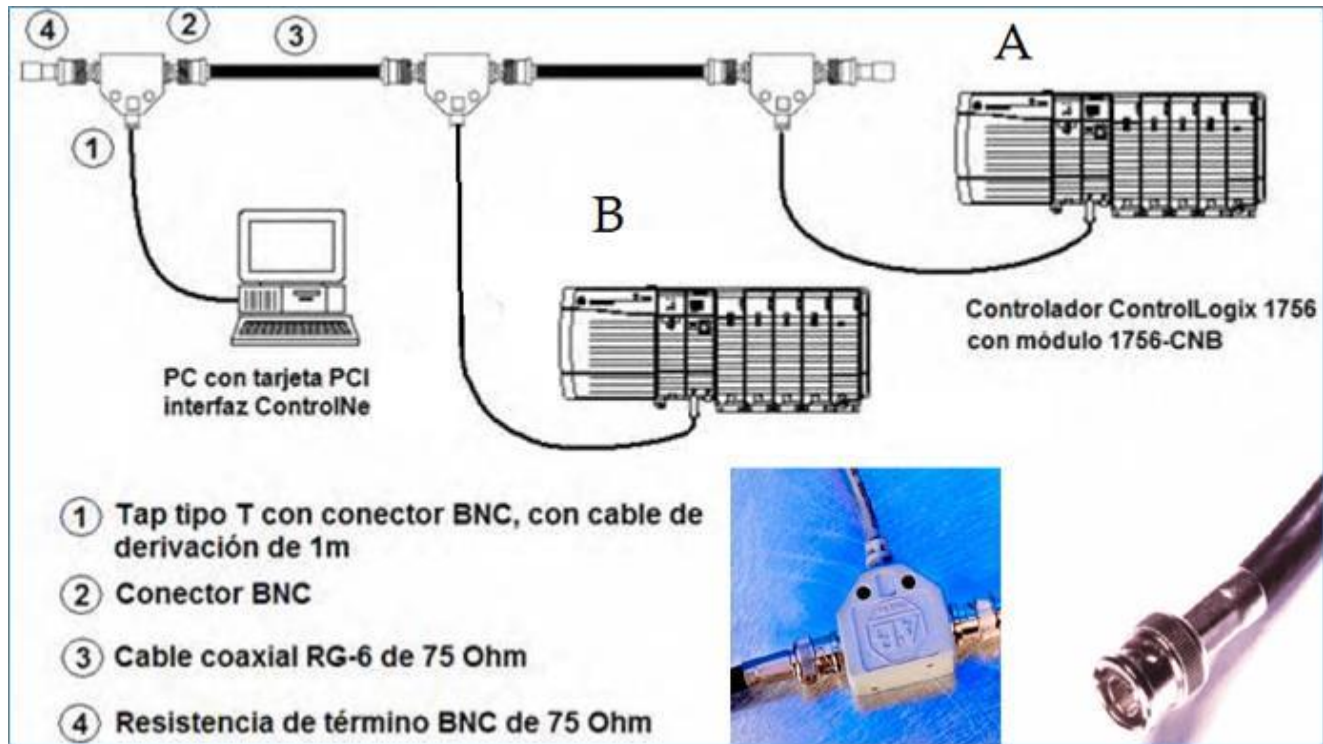
- LT: Transmisor de Nivel
- LIC: Control Indicador de Nivel
- PLC: Controlador Lógico Programable
- VSD: Variador de Velocidad



## SELECCIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS

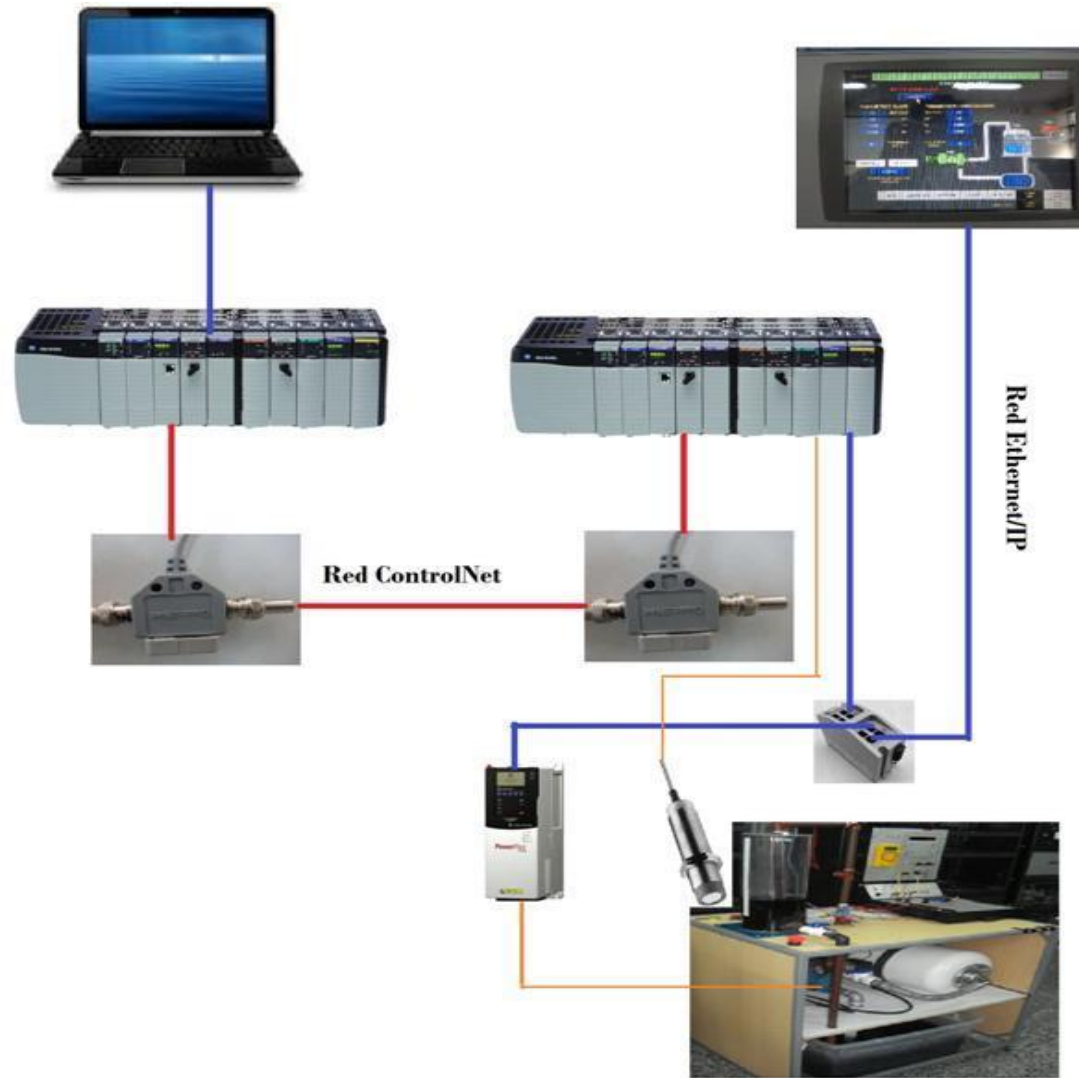
- PLC-PAC ControlLogix 1756-L61 Serie B
- Módulo de comunicación ControlNet 1756-CNB/E
- Variador de velocidad PowerFlex 700
- Panel View Plus 1000
- Cable RJ45 Path Cord para conexión de Red
- Cable coaxial para ControlNet 1786- RG6
- Conectores Tipo Taps 1786-TPS
- Conectores para cable coaxial ControlNet 1786-BNC
- Terminales de red ControlNet 1786-XT
- Sensor de nivel 873C-DDAV1000E2 análoga-Allen Bradley.

## TOPOLOGÍA DE LA RED CONTROLNET





Topología mas utilizada en ControlNet una línea Trunk Line.

## DISEÑO



## ENSAMBLAJE DEL CABLE

### Proceso del Ensamblaje del cable ControlNet

Detalle de la Conexión	Imagen
Cable de red <u>ControlNet</u> estructurado para su utilización	
Herramientas especiales para ensamblar los conectores <u>ControlNet</u>	

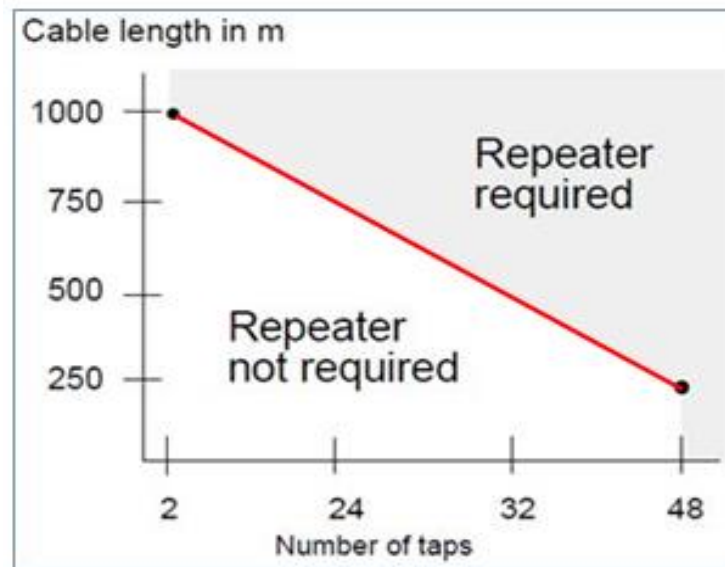
Cortar el cable <u>ControlNet</u> RG-6	
Tomar las medidas indicadas en las instrucciones de los conectores <u>ControlNet</u> de Allen Bradley, Para realizar el corte	

Colocar los conectores 1786-BNC en los cables <u>ControlNet</u>	
Unir el terminal <u>Trunk</u> line y la resistencia de 75Ω 1786-XT a la derivación TPS	

## LONGITUD ENTRE TAPS

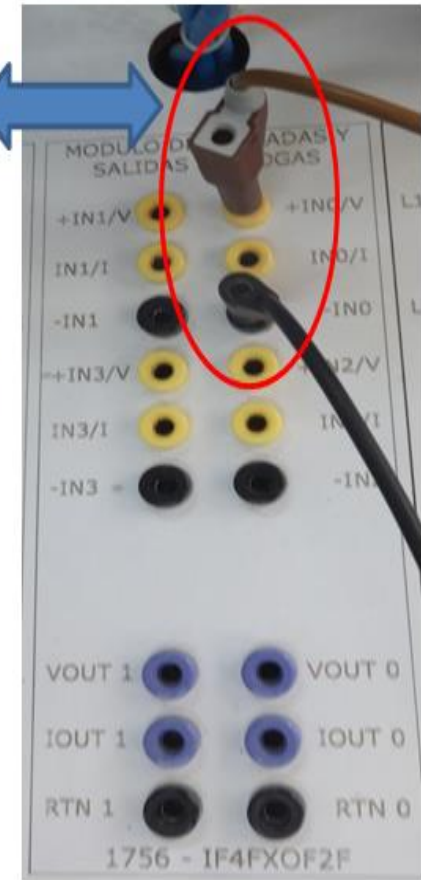
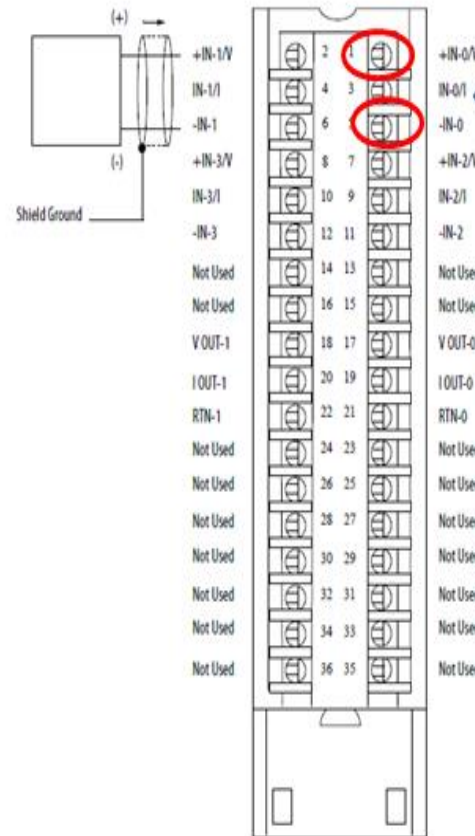
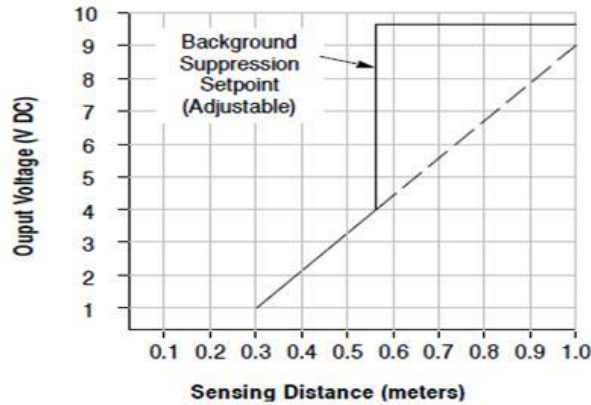
En la especificación ControlNet **no indica una distancia mínima entre Taps**, desde luego ese es el punto de referencia para el diseño.

*Seg. Máximo de red Permitido* =  $(1000 - 16,3)m * (\#de Taps - 2m)$

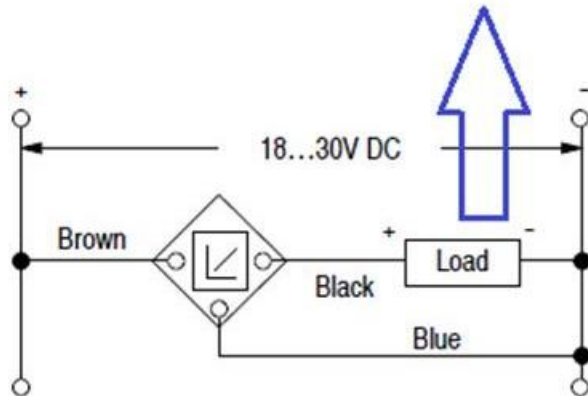


Relación entre la longitud de segmento y numero de taps

## CONEXIÓN DEL SENSOR AL 1756-IF4FXOF2F

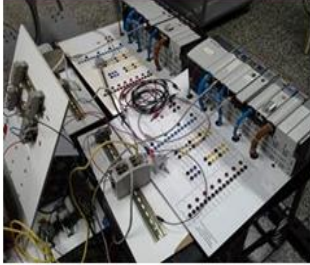


Señal al módulo  
1756-IF4FXOF2F





## CONEXIÓN DE LA RED CONTROLNET EN EL SISTEMA



Conexión mediante el cable RJ45



Switch industrial para Ethernet

Conexión ControlNet entre L61



VSD variador PowerFlex 700 en el switch

Panel View Plus 1000, conexión en el switch



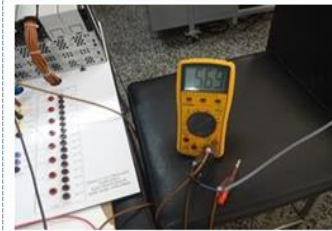
Conexión implementada para ControlNet



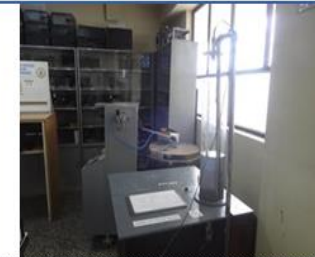
Conexión ControlNet entre L61



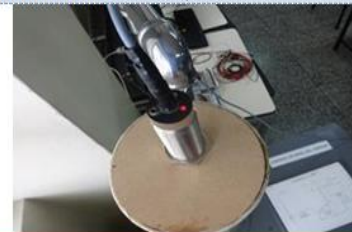
Panel View Plus 1000, conexión en el switch



Conexión del sensor y medición utilizando el Multímetro



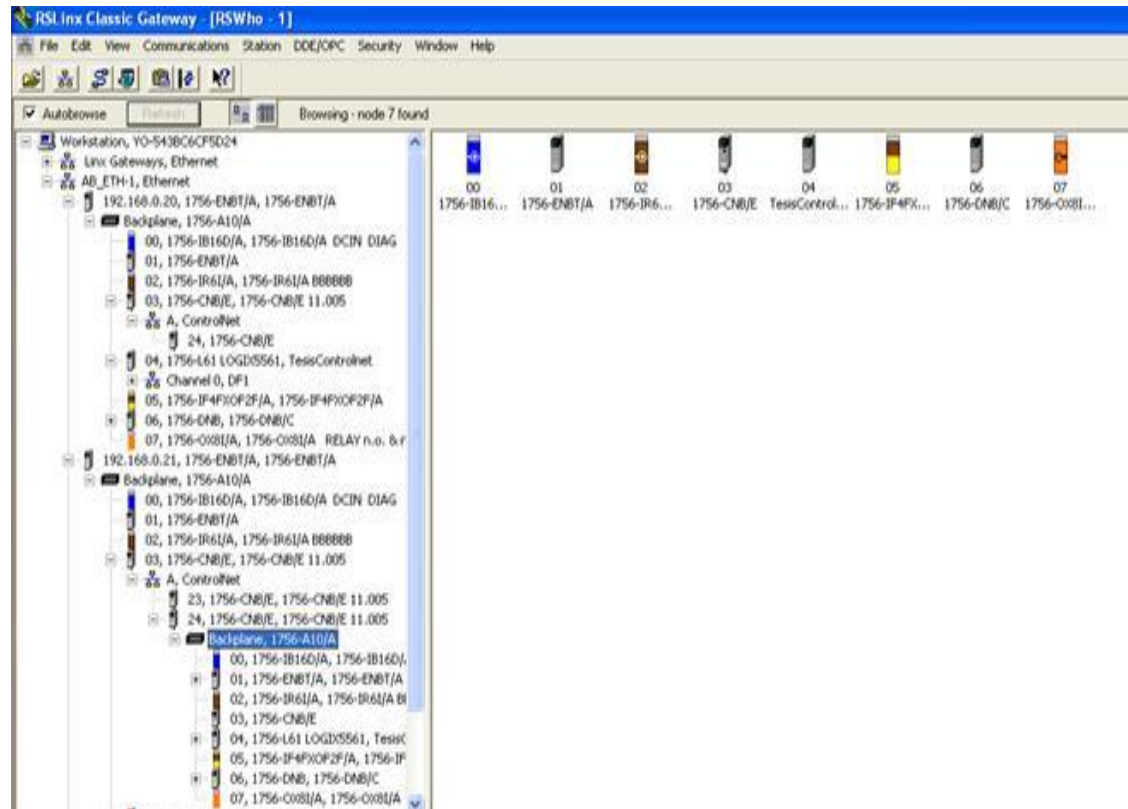
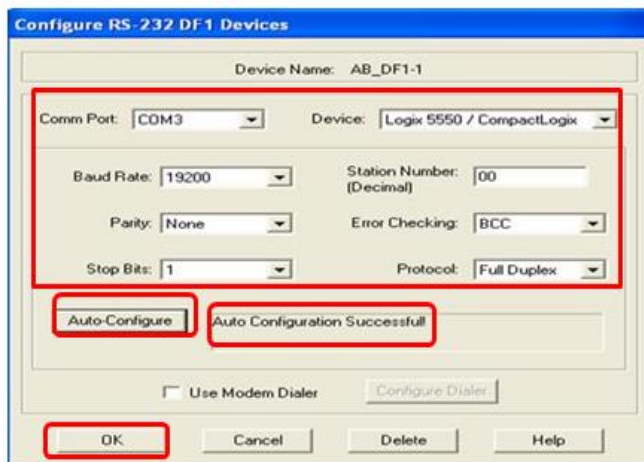
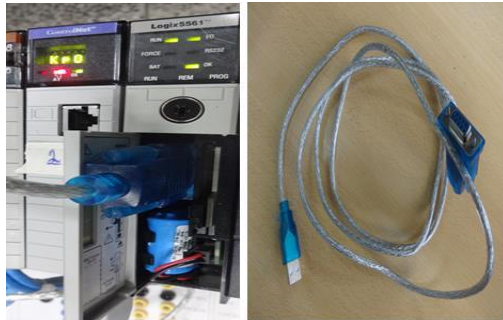
Sistema-control de Nivel



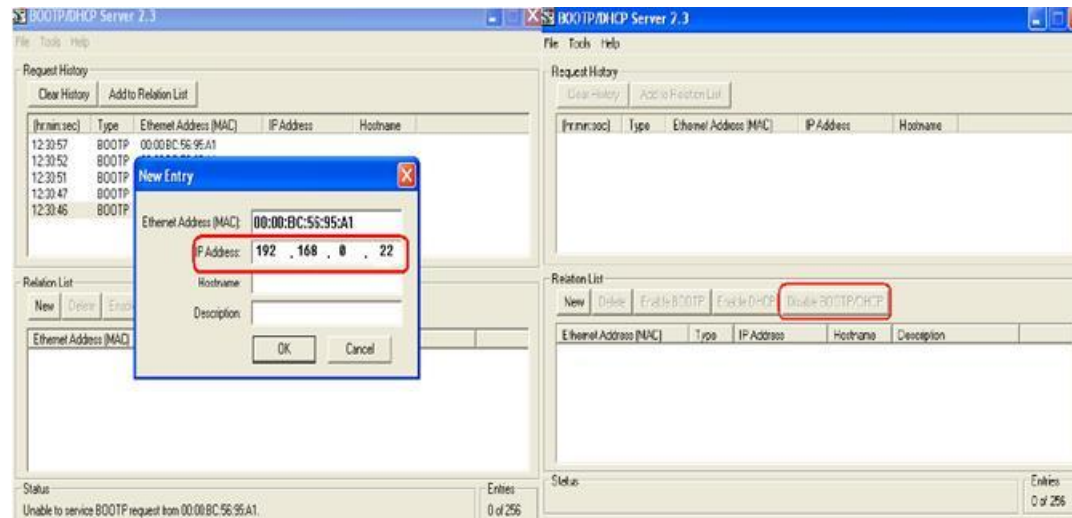
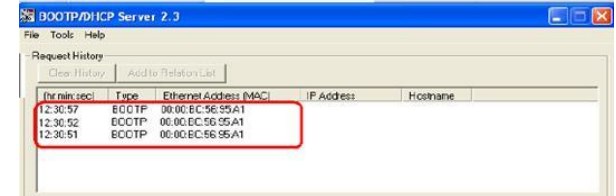
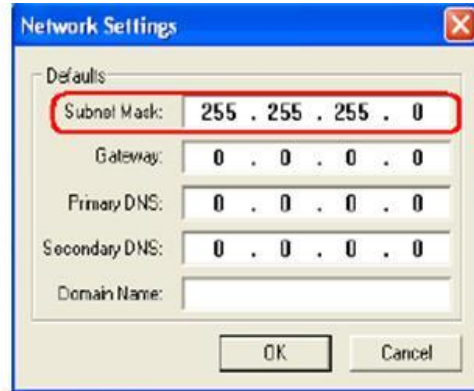
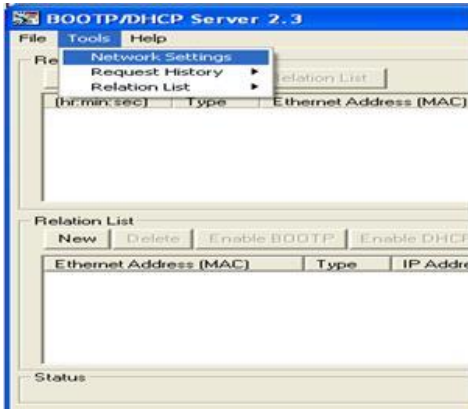
## DIRECCIÓN IP A DISPOSITIVOS

COMPONENTES	DIRECCION IP	MASCARA DE RED
PC-Escritorio	192.168.0.100	255.255.255.0
PLC ControlLogix <b>Master</b>	192.168.0.20	255.255.255.0
PLC ControlLogix <b>Slave</b>	192.168.0.21	255.255.255.0
VSD PowerFlex 700	192.168.0.22	255.255.255.0
Panel View 1000	192.168.0.40	255.255.255.0

## CONFIGURACIÓN EN RSLINX CLASSIC- RS 232



## UTILIZANDO BOOTP-DHCP SERVER



## NUEVO PROYECTO EN RSLOGIX 5000

The image shows the RSLogix 5000 software interface. On the left is the splash screen with the title 'RSLogix 5000 Configuration and Programming of the Logix5000 Family of Controllers' and the Rockwell Automation logo. The main window displays the 'New Controller' dialog box. A yellow arrow points from the splash screen to the dialog box.

**RSLogix 5000**  
File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help  
PL\_PIT\_1500A  
Path: AB\_ETH-1\192.168.0.20\BackplaneV4  
No Controller RUN  
No Forces OK  
No Edits BAT  
Redundancy I/O

**New Controller**

Vendor: Allen-Bradley

Type: 1756-L61 ControlLogix5561 Controller [OK]

Revision: 1756-L61 ControlLogix5561 Controller [Cancel]

1756-L61S ControlLogix5561S Safety Controller [Help]

1756-L62 ControlLogix5562 Controller

1756-L62S ControlLogix5562S Safety Controller

Name: 1756-L63 ControlLogix5563 Controller

Description:

Chassis Type: 1756-A10 10-Slot ControlLogix Chassis

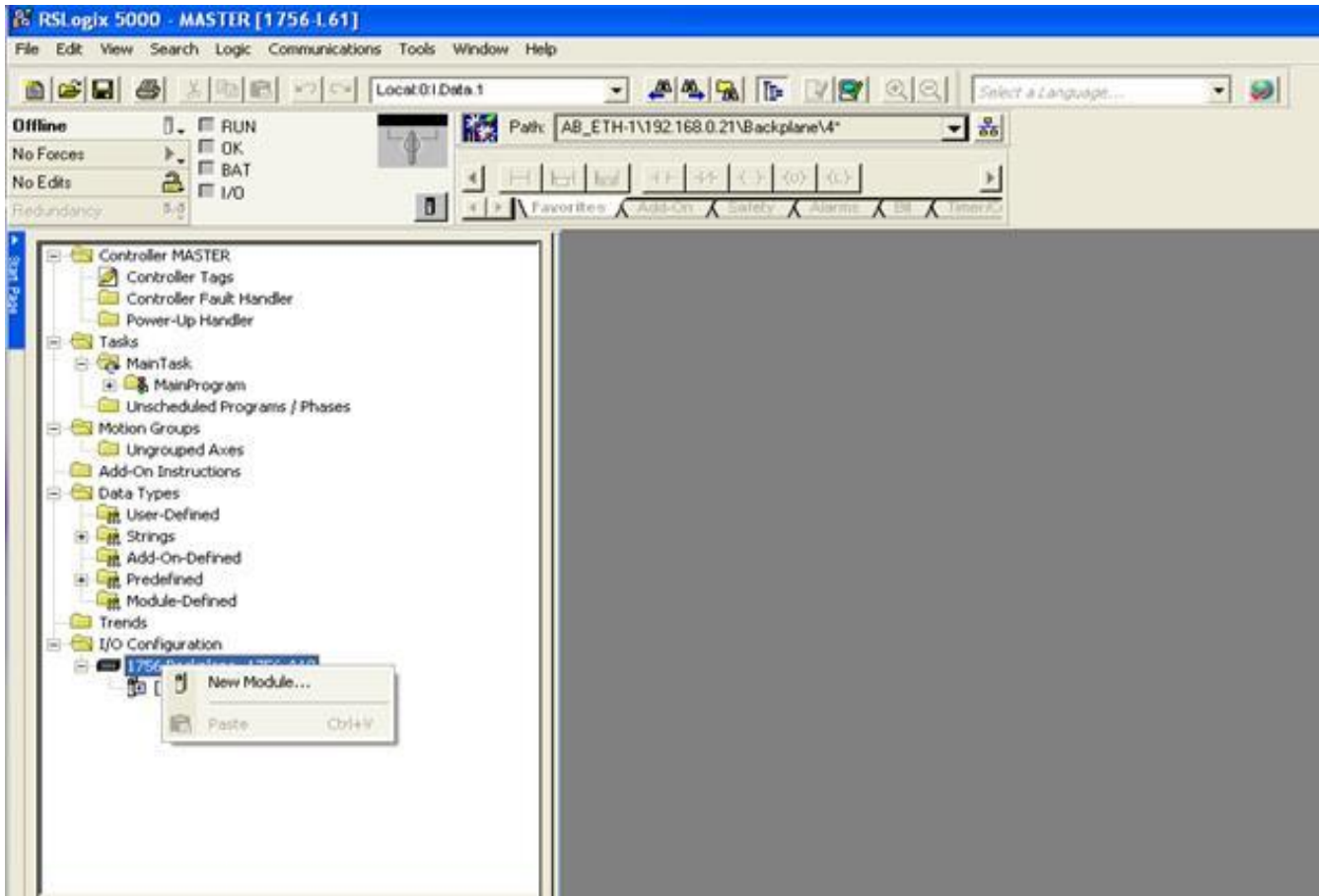
Slot: 0 Safety Partner Slot

Create In: C:\RSLogix 5000\Projects [Browse...]

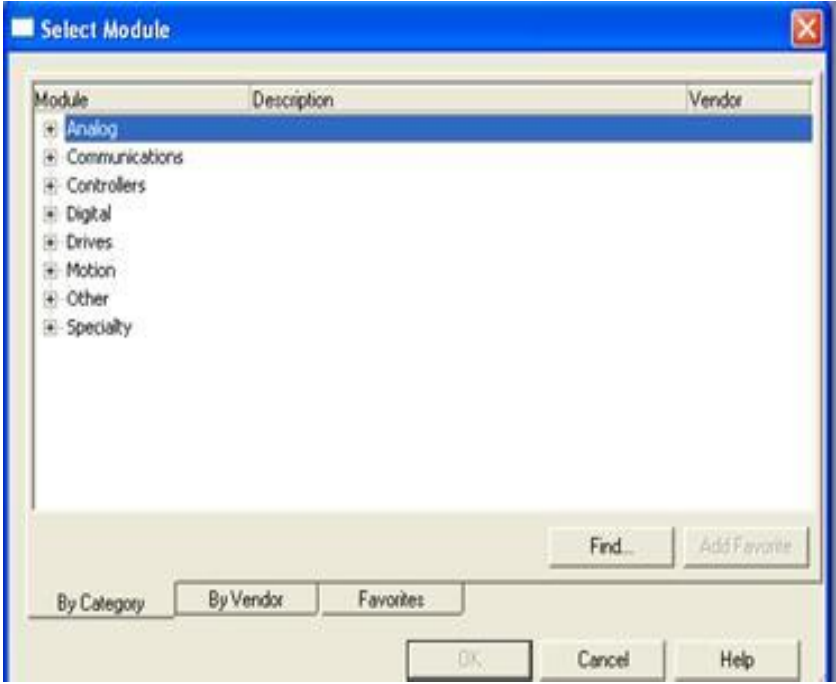
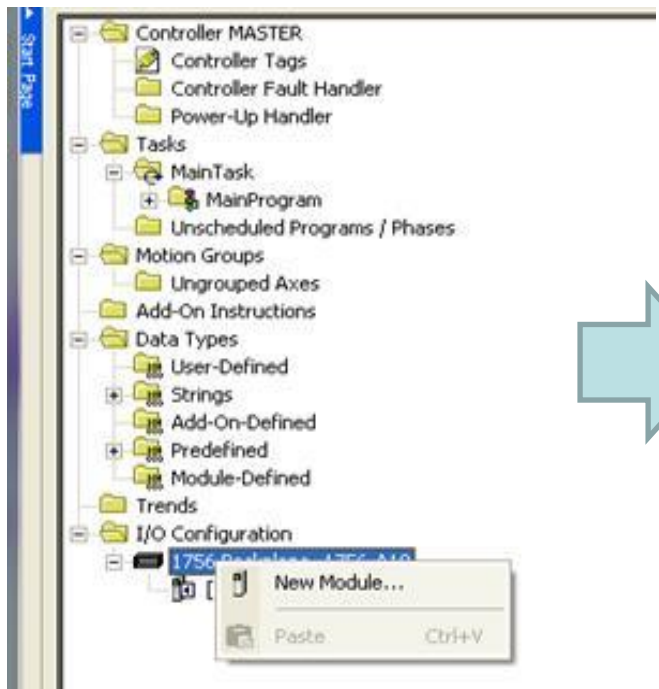
Rockwell Automation  
ALLEN-BRADLEY • ROCKWELL SOFTWARE  
Versions installed: 17.00



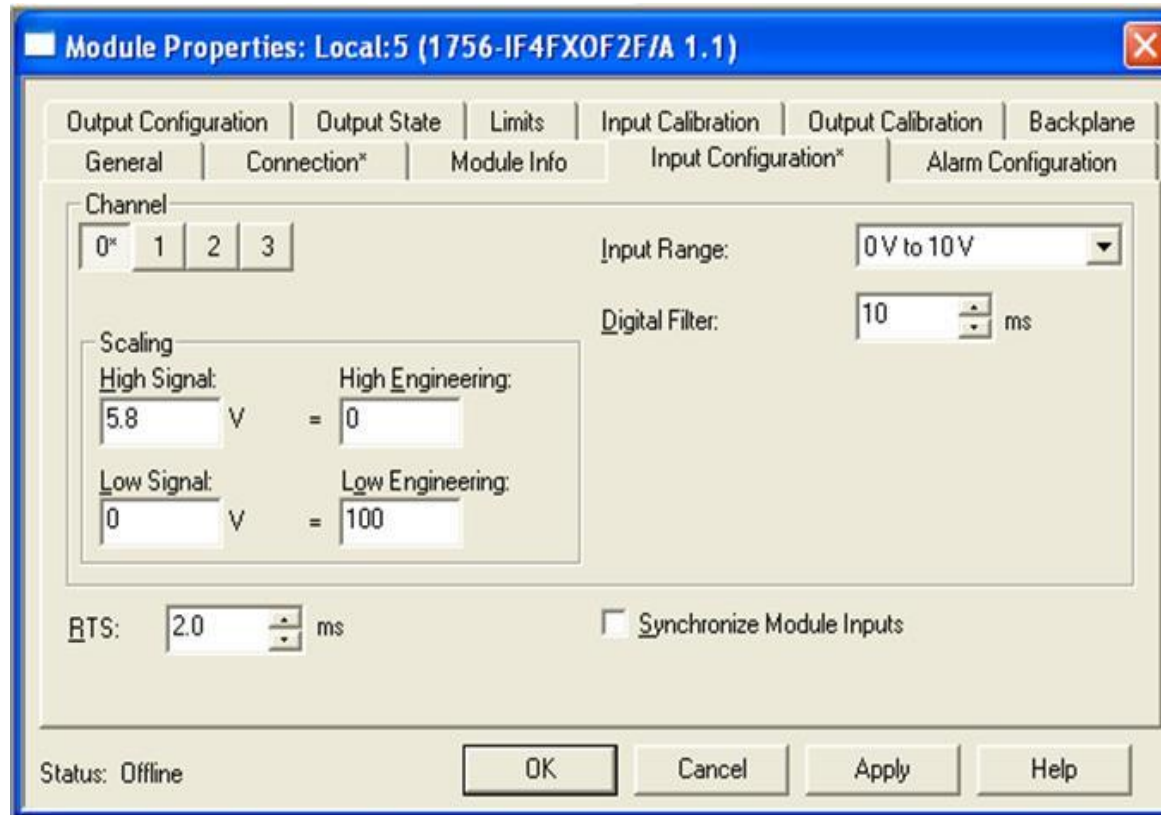
## AGREGANDO NUEVO MODULO EN RSLOGIX 5000



## AGREGANDO NUEVO MODULO EN RSLOGIX 5000



## CONFIGURACION FINALIZADA DEL MODULO ANALÓGICO





## VSD EN RSLOGIX 5000

The image shows the RSLogix 5000 software interface. On the left is a project tree with the following structure:

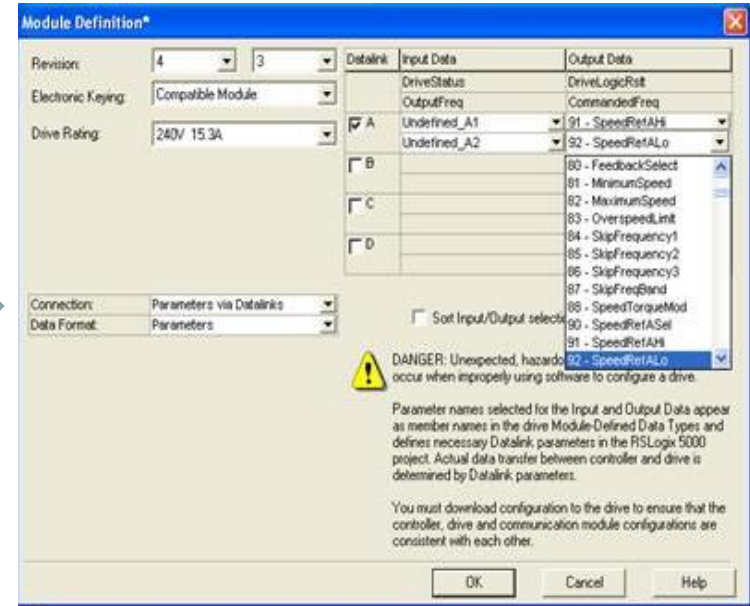
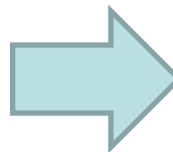
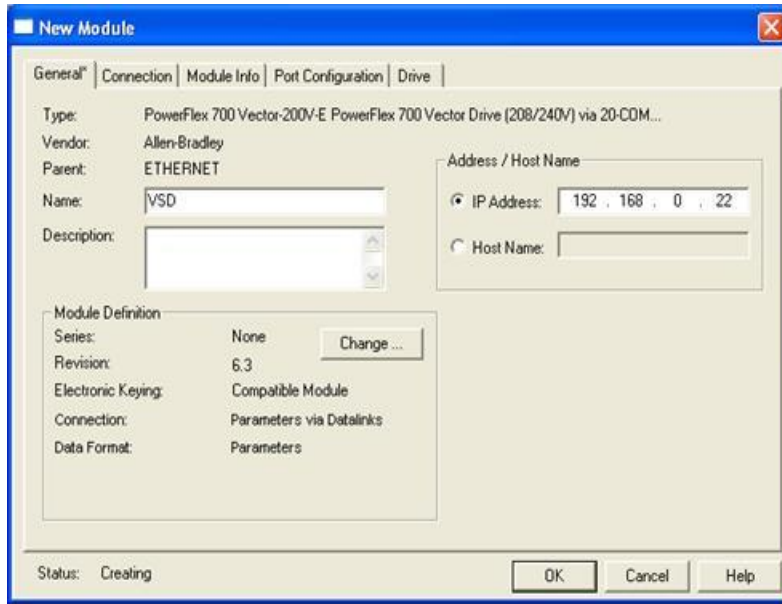
- Controller SLAVE
  - Controller Tags
  - Controller Fault Handler
  - Power-Up Handler
- Tasks
  - MainTask
    - MainProgram
  - Unscheduled Programs / Phases
- Motion Groups
  - Ungrouped Axes
- Add-On Instructions
- Data Types
  - User-Defined
  - Strings
  - Add-On-Defined
  - Predefined
  - Module-Defined
- Trends
- I/O Configuration
  - 1756 Backplane, 1756-A10
    - [0] 1756-IB16D ENTRADAS\_DIGITAL
  - [1] 1756-ENBT/A ETHERNET
    - Ethernet
  - [2] 1756-IR61 RTD
  - [3] 1756-CN8/E CNB\_SLAVE
  - [4] 1756-L61 SLAVE
  - [5] 1756-IF4FXOF2F/A IN\_OUT\_ANALOGI
  - [6] 1756-DNB DVCENT
    - DeviceNet
  - [7] 1756-OX81 SALIDAS\_DIGITALES

On the right is the 'Select Module' dialog box, which contains a table of modules:

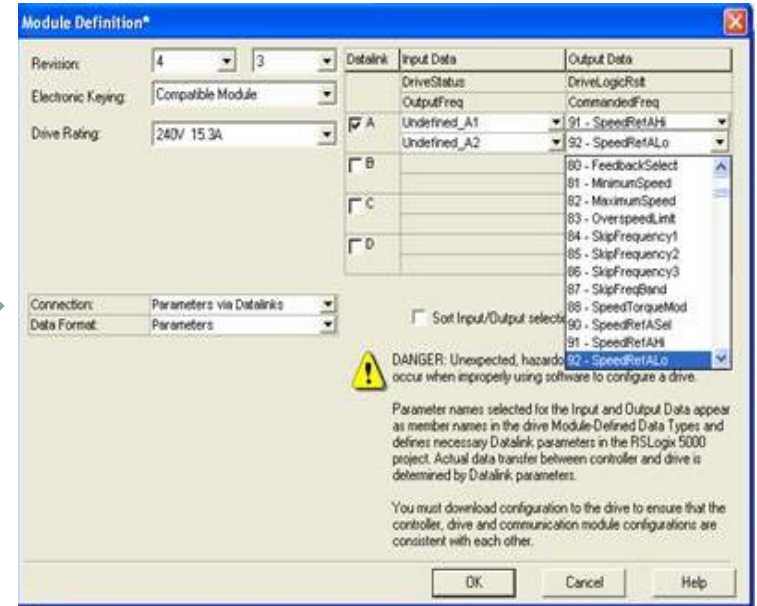
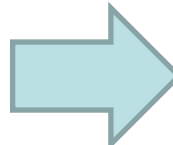
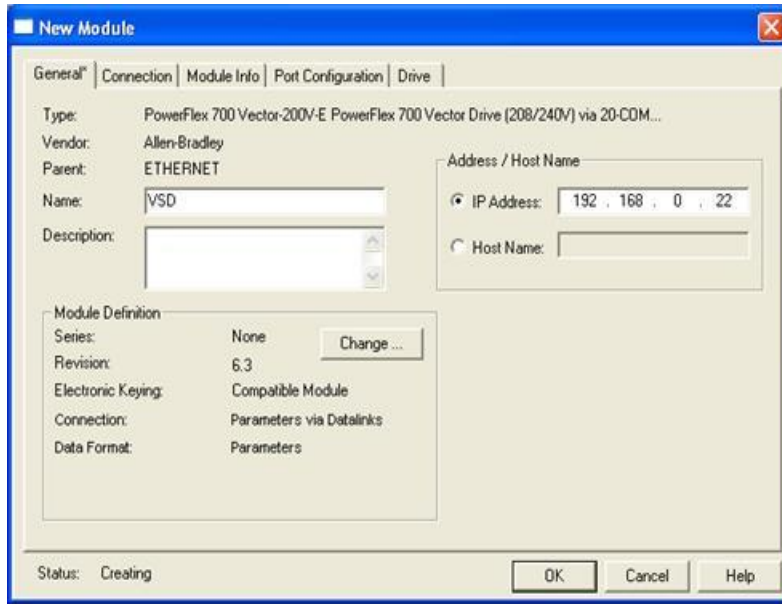
Module	Description
PowerFlex 70 EC-E	PowerFlex 70 EC Drive via 20-COMM-E
PowerFlex 70-E	PowerFlex 70 Drive via 20-COMM-E
PowerFlex 400-E	PowerFlex 400 Drive via 22-COMM-E
PowerFlex 400P-E	PowerFlex 400P Drive via 22-COMM-E
PowerFlex 700 AC-E	PowerFlex 700 AC Drive via 20-COMM-E
PowerFlex 700 Vector-200V-E	PowerFlex 700 Vector Drive (208/240V) via 20-COMM-E
PowerFlex 700 Vector-400V-E	PowerFlex 700 Vector Drive (400/480V) via 20-COMM-E
PowerFlex 700 Vector-600V-E	PowerFlex 700 Vector Drive (600V) via 20-COMM-E
PowerFlex 700-200V-E	PowerFlex 700 Drive (208/240V) via 20-COMM-E
PowerFlex 700-400V-E	PowerFlex 700 Drive (400/480V) via 20-COMM-E
PowerFlex 700-600V-E	PowerFlex 700 Drive (600V) via 20-COMM-E
PowerFlex 700AFE-E	PowerFlex 700AFE Converter via 20-COMM-E
PowerFlex 700H-E	PowerFlex 700H Drive via 20-COMM-E

The dialog box also includes a 'Find...' button, an 'Add Favorite' button, and sorting options: 'By Category', 'By Vendor', and 'Favorites'. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

## VSD EN RSLOGIX 5000



## VSD EN RSLOGIX 5000

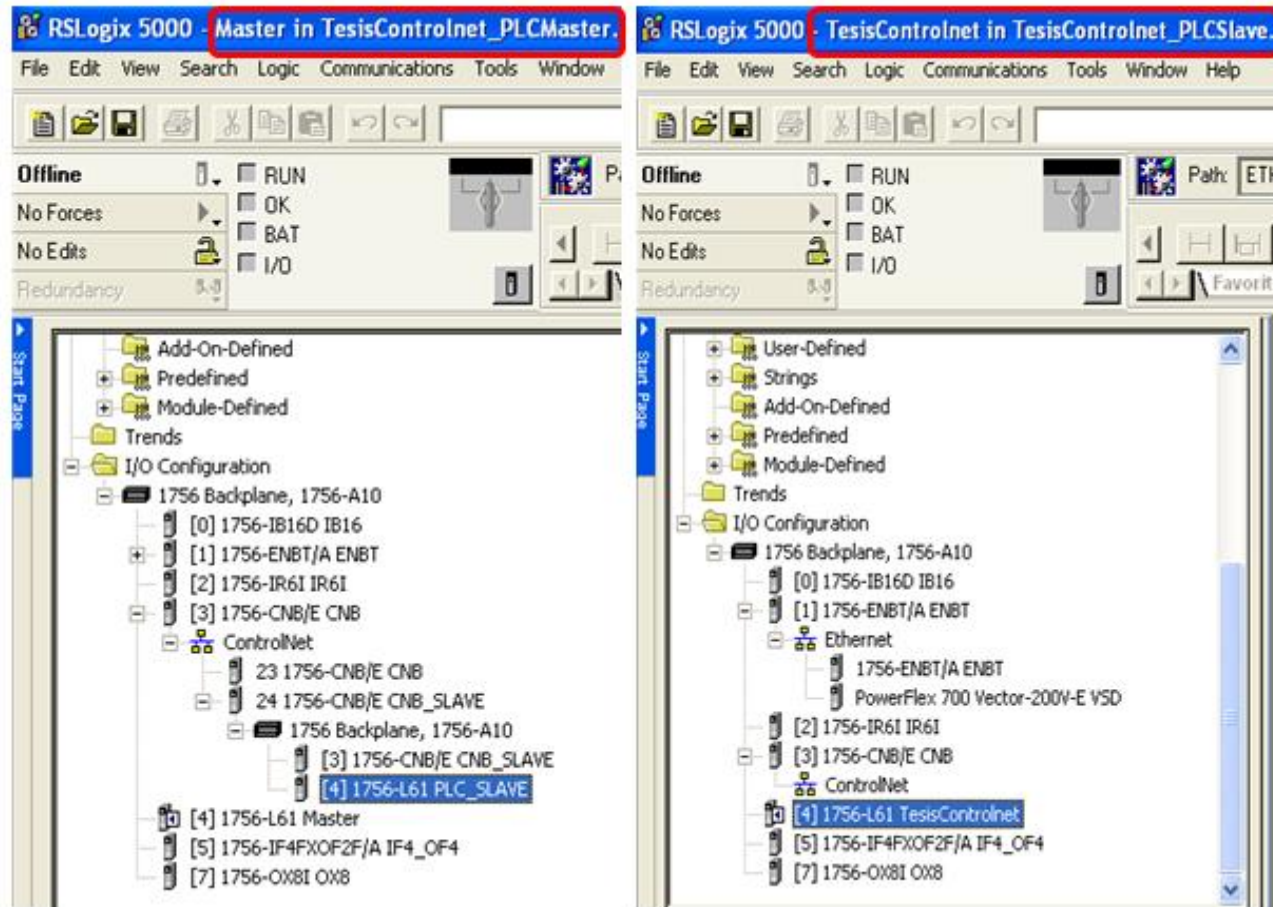




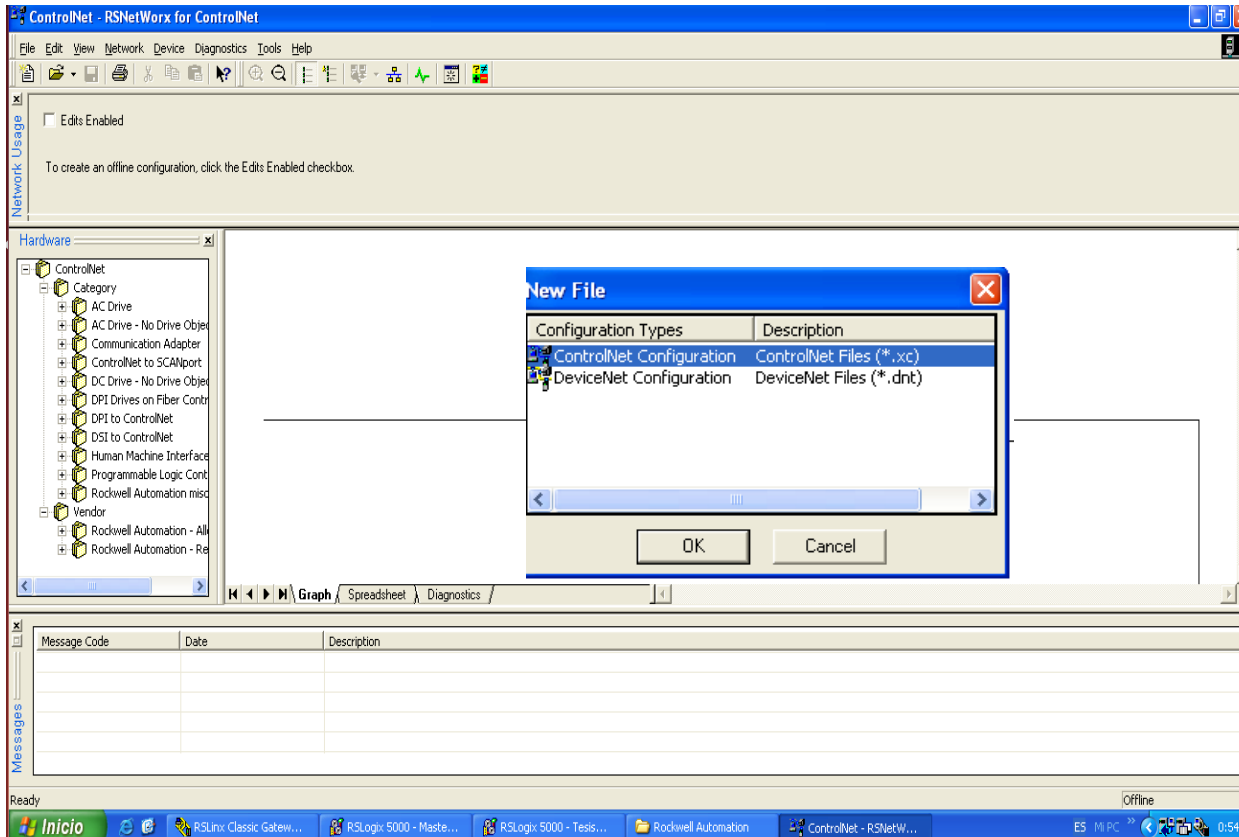




## CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO MASTER-SLAVE

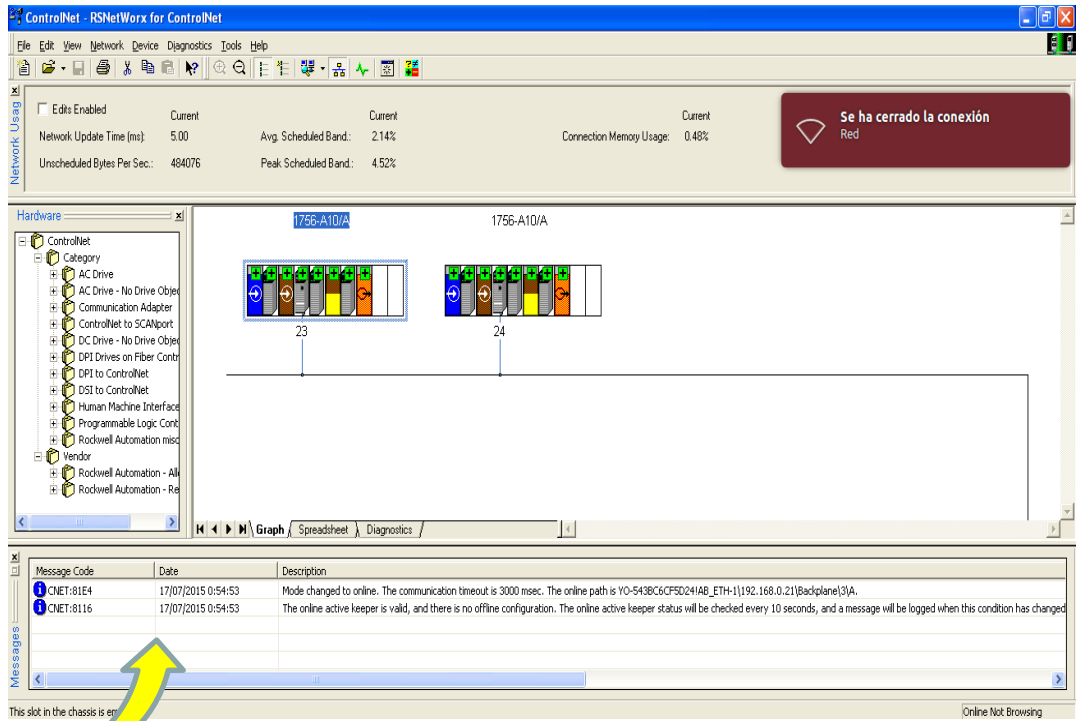
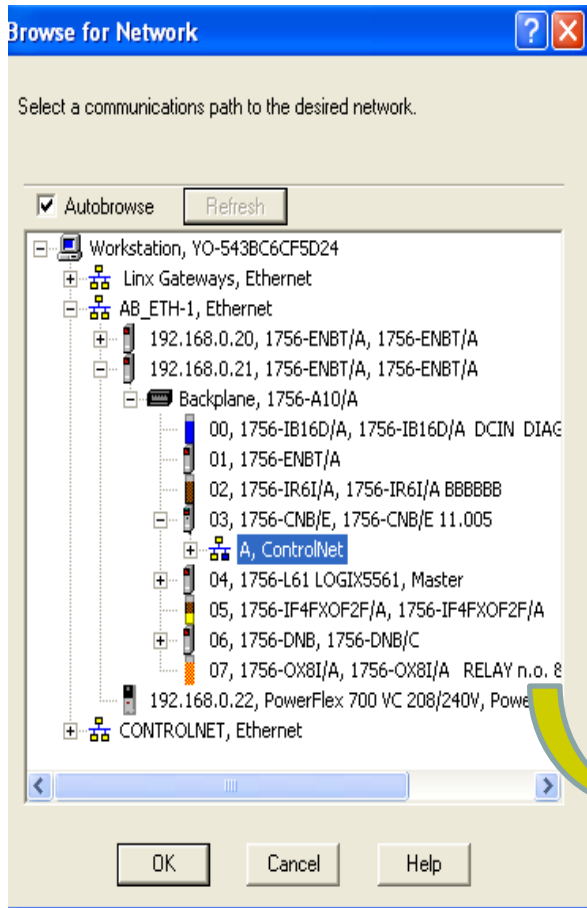


## SCHEDULED-CONTROLNET





## SCHEDULED-CONTROLNET



## SCHEDULED-CONTROLNET

ControlNet - RSNetWorx for ControlNet

File Edit View Network Device Diagnostics Tools Help

	Current	Pending		Current	Pending	
Edits Enabled						
Network Update Time (ms):	5.00	5.00	Avg. Scheduled Band:	2.14%	2.14%	2.14%
Unscheduled Bytes Per Sec.:	484076	484076	Peak Scheduled Band:	4.52%	4.52%	4.52%

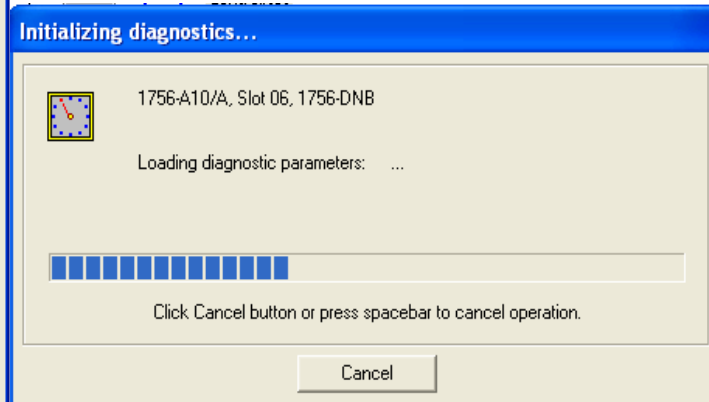
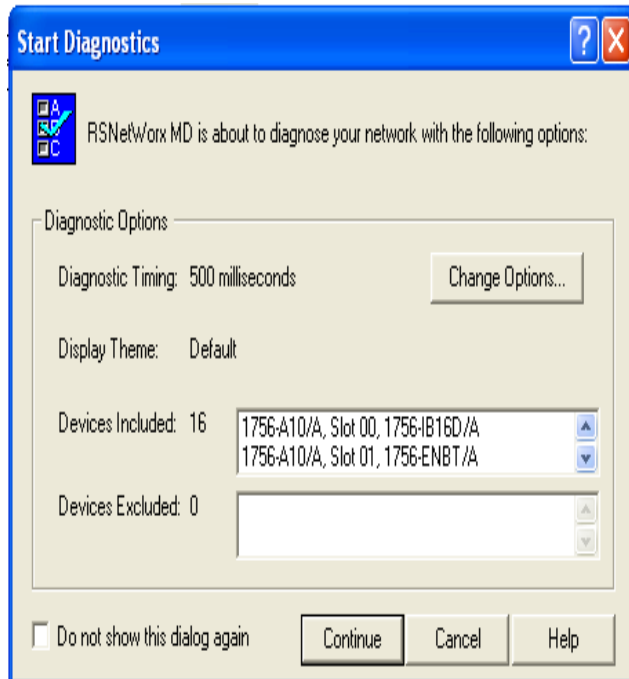
ControlNet

Network: Parameters | Media Configuration | General

	Current	Pending
Network Update Time (ms):	5.00	5.00
Max Scheduled Address:	24	05
Max Unscheduled Address:	24	05
Media Redundancy:	A Only	A Only
Network Name:	_default	

Buttons: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda

## SCHEDULED-CONTROLNET



## SCHEDULED-CONTROLNET

The screenshot displays the RSNetWorx for ControlNet software interface. At the top, the title bar reads "ControlNet - RSNetWorx for ControlNet". Below the menu bar (File, Edit, View, Network, Device, Diagnostics, Tools, Help) is a toolbar with various icons. A status bar shows network statistics: Edits Enabled (unchecked), Network Update Time (ms): 5.00, Avg. Scheduled Band: 2.14%, Connection Memory Usage: 0.48%, Unscheduled Bytes Per Sec.: 484076, and Peak Scheduled Band: 4.52%.

The main window is divided into several sections. On the left is a "Hardware" tree view showing a hierarchy of components under "ControlNet", including AC Drive, Communication Adapter, ControlNet to SCANport, DC Drive - No Drive Object, DPI Drives on Fiber ControlNet, DPI to ControlNet, DSI to ControlNet, Human Machine Interface, Programmable Logic Controller, Rockwell Automation miscellaneous, and Vendor (Rockwell Automation - Allen-Bradley, Rockwell Automation - Reliance Elec).

The central "Network Health Monitor" section features a "Start" and "Stop" button, a "Diagnostic Results" table, and a network diagram. The diagnostic results table shows:

Diagnostic Results	Count
Normal	310
Warning	0
Error	0
No Read	0

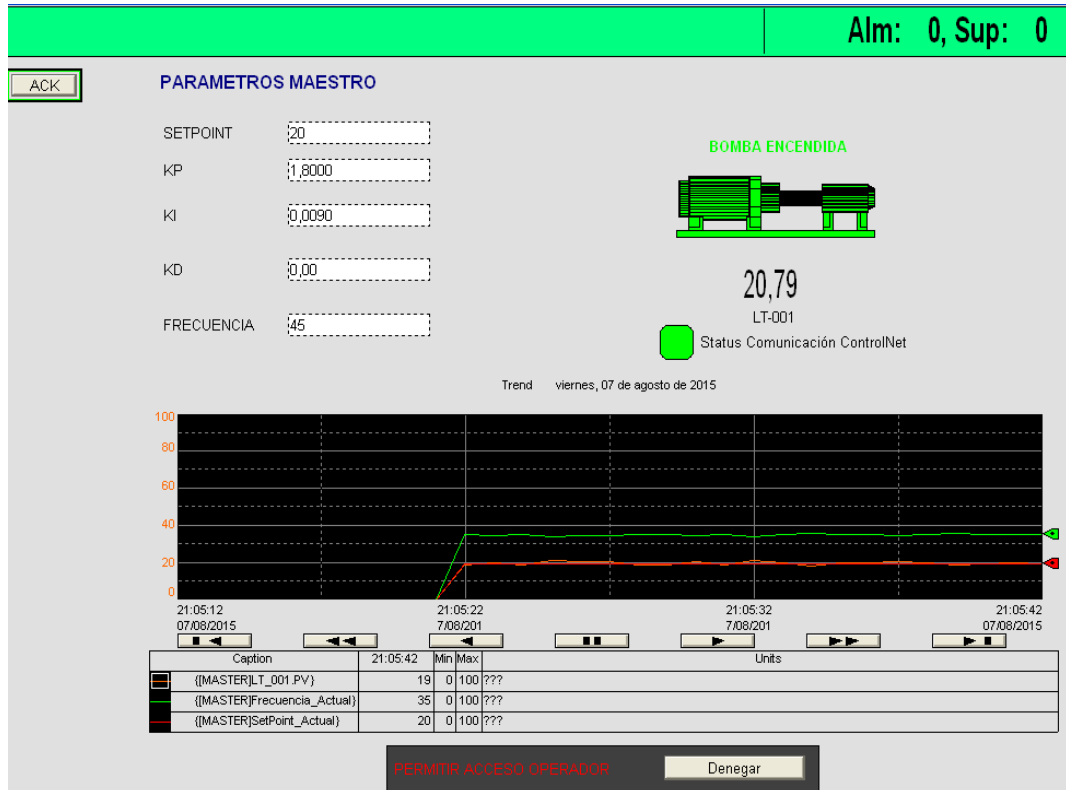
The network diagram shows a ControlNet backbone with several nodes. A status bar at the bottom of the diagram indicates "Diagnosing 1756-A10/A, Slot 03, Address 23, 1756-CNB/E".

At the bottom of the interface is a "Messages" window with a table of diagnostic messages:

Message Code	Date	Description
MD:3ZDF	04/08/2015 19:58:19	1756-A10/A, Slot 02, 1756-IR61/A was removed from the diagnostic scan.
MD:3ZDF	04/08/2015 19:58:06	1756-A10/A, Slot 06, 1756-DNB was removed from the diagnostic scan.
MD:3ZDF	04/08/2015 19:57:49	1756-A10/A-1, Slot 07, 1756-OY81/A-1 was removed from the diagnostic scan.
MD:3ZDF	04/08/2015 19:57:49	1756-A10/A-1, Slot 06, 1756-DNB-1 was removed from the diagnostic scan.
MD:3ZDF	04/08/2015 19:57:49	1756-A10/A-1, Slot 05, 1756-IF4FOXOF2F/A-1 was removed from the diagnostic scan.

The bottom status bar shows "teady" and "Online Not Browsing".





21:04:28 Comunicación ControlNet Perdida
Alm: 1, Sup: 0

**PARAMETROS MAESTRO**

SETPOINT:

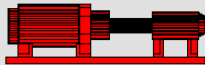
KP:

KI:

KD:

FRECUENCIA:

**BOMBA APAGADA**

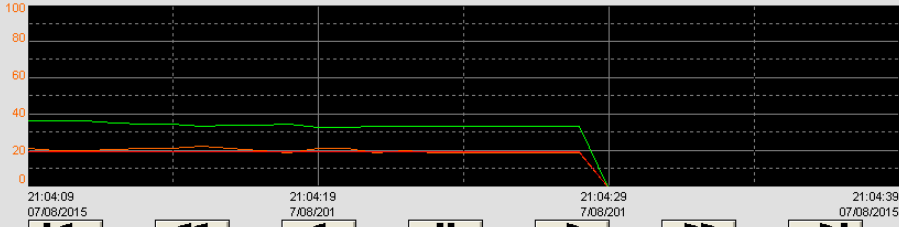


0,00

LT-001

■ Status Comunicación ControlNet

Trend viernes, 07 de agosto de 2015



Caption	21:04:39	Min	Max	Units
<span style="color: blue;">■</span> {(MASTER)LT_001_PV}	0	0	100	???
<span style="color: green;">■</span> {(MASTER)Frecuencia_Actual}	0	0	100	???
<span style="color: red;">■</span> {(MASTER)SetPoint_Actual}	0	0	100	???

PERMITIR ACCESO OPERADOR
Denegar

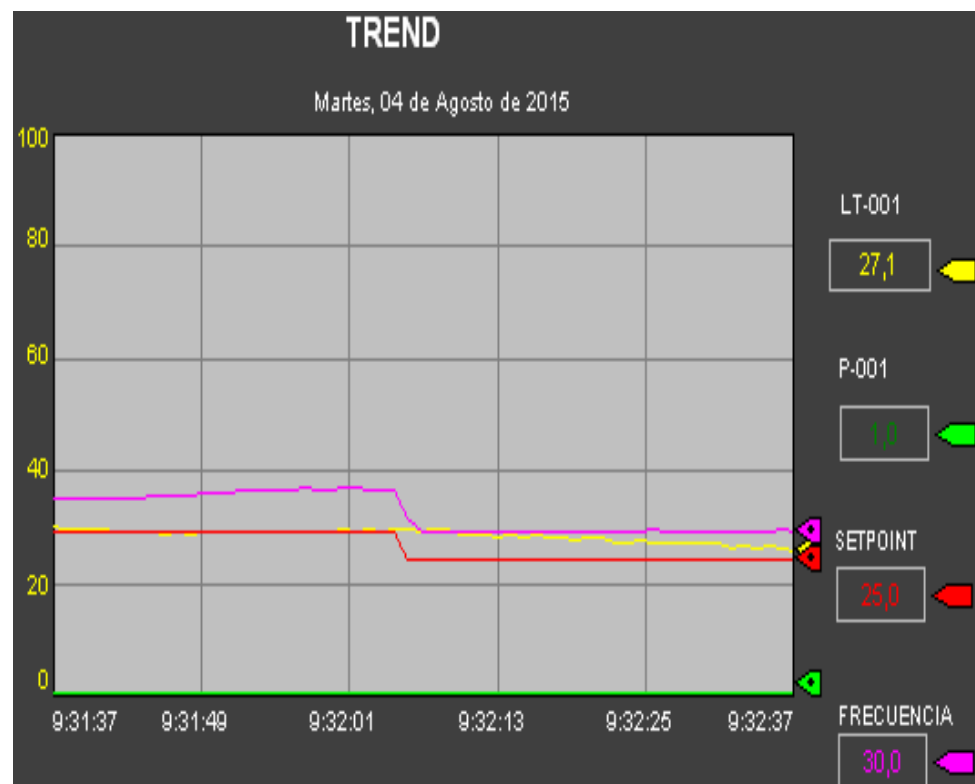


SIN EDITAR			
	<u>Current</u>	<u>Pending</u>	
<u>Network Update Time (ms):</u>	5.00	5.00	
<u>Uncheduled Bytes Per Sec.:</u>	484076	484076	
EDITADO			
	<u>Current</u>	<u>Pending Optimized Edits</u>	<u>Pending Merged Edits</u>
<u>Avg. Scheduled Band:</u>	2.14%	2.14%	2.14%
<u>Peak Scheduled Band:</u>	4.52 %	4.52 %	4.52 %
USO DEL RAM			
	<u>Curret</u>	<u>Pending</u>	
<u>Connection Memory Usage:</u>	0.48%	0.48%	
<u>USO CPU Statistics</u>			
<u>CPU Utilization:</u>	38.6%		



## Valores obtenidos de la sintonización

Control con la Variable de nivel	
Ganancia Proporcional (KP)	1.800
Ganancia Integral (KI)	0.009
Ganancia Derivativo (KD)	0.001





- ❑ Se determinó que la implementación de un sistema HMI opera en óptimas condiciones ya que realiza la transmisión y recepción de datos por medio de una red ControlNet en tiempo real, con características de monitoreo y control de la variable de Nivel en el laboratorio de PLC's de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.
- ❑ Se comprobó que la comunicación Ethernet vinculado el panel View Plus 1000 y el Variador de Frecuencia PowerFlex 700 con respecto al procesador realiza la transmisión de datos a un 99% punto a punto, en lo que concierna en datos o información, mientras que la comunicación serial RS-232 trabaja a un 40% con respecto a la red Ethernet.
- ❑ Se comprobó la facilidad de vincular los tags del PLC en las pantallas del HMI mediante la utilización del Rslinx Enterprise que es necesario para la comunicación de las variables del PLC, posteriormente utilizar con sus respectivas animaciones diseñadas en Factory.