

CAPÍTULO 5

SIMULACIÓN

En este capítulo se realiza la simulación de la lógica de control y del HMI del sistema en funcionamiento con equipos de laboratorio, para comprobar que la programación de la solución de control haya sido realizada correctamente.

En este capítulo además se detalla las configuraciones de la red Ethernet IP y DeviceNet que se utilizan para aplicaciones industriales como es el caso del *overhead*. El levantamiento de la red y del sistema de comunicaciones es muy importante para que funcione correctamente la aplicación.

5.1 CONFIGURACIONES

5.1.1 Red DeviceNet

Para la configuración de la red DeviceNet se utiliza el programa RSNetWorx. Esta aplicación de Rockwell Software es la utilizada para trabajar con PLCs Allen Bradley. Mediante una interfaz gráfica nos permite representar todos los elementos de nuestra red, las direcciones de los nodos y las características de la transmisión.

La red DeviceNet es una red de control determinística que conecta dispositivos E/S con los PLCs mediante escaneo DeviceNet. Se tiene un módulo en el PLC que actúa como maestro llamado SDN (DeviceNet Scanner) y en cada nodo de la red tenemos elementos esclavos llamados ADN (Adaptador DeviceNet). La red puede tener hasta 64 nodos con velocidades de 125 a 500 Kbps.

El medio de transmisión es un cable de 5 hilos por el que viaja la alimentación de la red y la información y que se conecta mediante borneras a los módulos DeviceNet.

Las topologías usadas pueden ser: configuración *drop line* donde cada dispositivo se conecta a la red mediante *taps* y líneas *drop*; configuración *trunk line* donde los dispositivos se conectan en una sola línea *daisy chain*; o la combinación de las mismas.

En el *overhead* se utilizará una configuración *trunk line* como se muestra en la figura 5.1. En el PLC principal se tiene el módulo SDN. En cada existen FLEX-IO que contendrán las E/S y el módulo ADN.

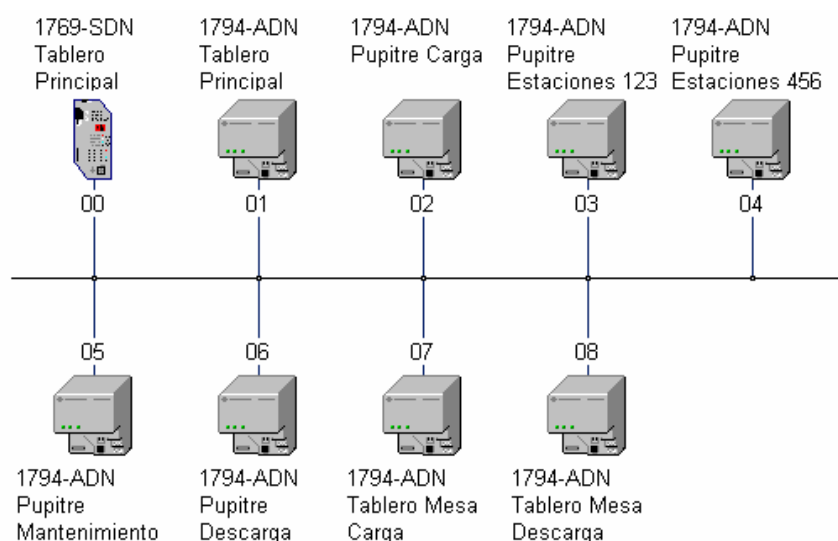


Figura. 5.1. Red DeviceNet

Físicamente según el plano del *overhead* cada elemento de la red queda representado en la figura 5.2. La línea *trunk* de la red se debe terminar con resistencias en cada extremo para que esté balanceada.

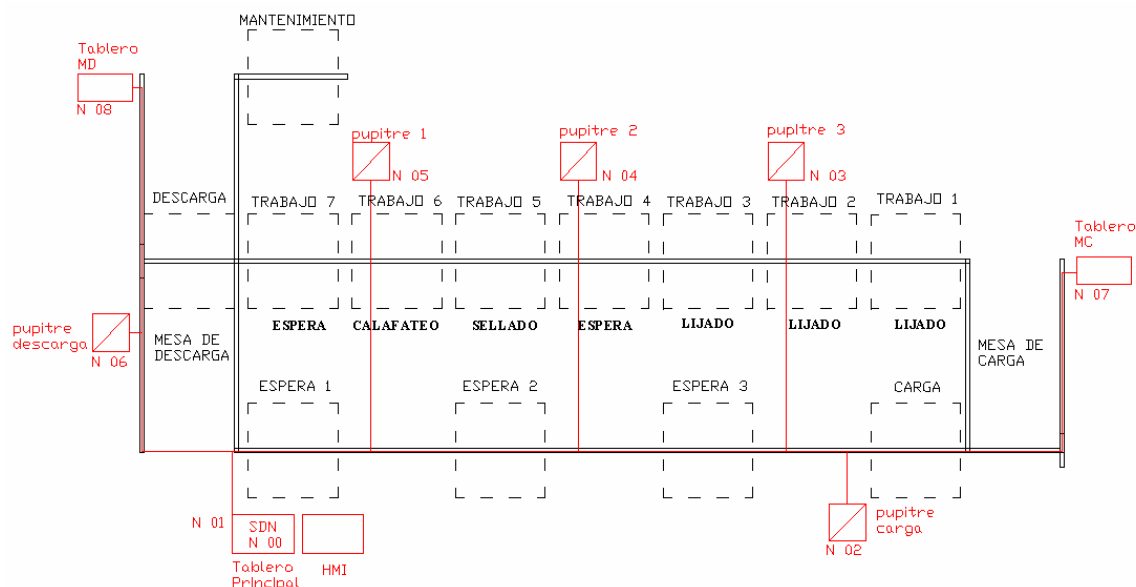


Figura. 5.2. Configuración Red DeviceNet del Overhead

Tabla. 5.1. Red DeviceNet

NODO	COMPONENTE	UBICACIÓN
0	1769 SDN	Tablero Principal
1	1794 - ADN	Tablero Principal
2	1794 - ADN	Pupitre Mesa de Carga
3	1794 - ADN	Pupitre de Control 1
4	1794 - ADN	Pupitre de Control 2
5	1794 - ADN	Pupitre de Control 3
6	1794 - ADN	Pupitre Mesa de descarga
7	1794 - ADN	Tablero Mesa de Carga
8	1794 - ADN	Tablero Mesa de Descarga

En RSNetwork se eligen los elementos que forman parte de la red y se lo arrastra a la pantalla de diseño. Si el elemento no está en la lista que tiene RSNetwork, se baja de Internet el EDS (electronic data sheet) del elemento y se lo instala para poderse incluir en el diseño. Una vez incluidos todos los elementos en el diseño se procede a configurar cada nodo dando doble clic sobre el elemento.

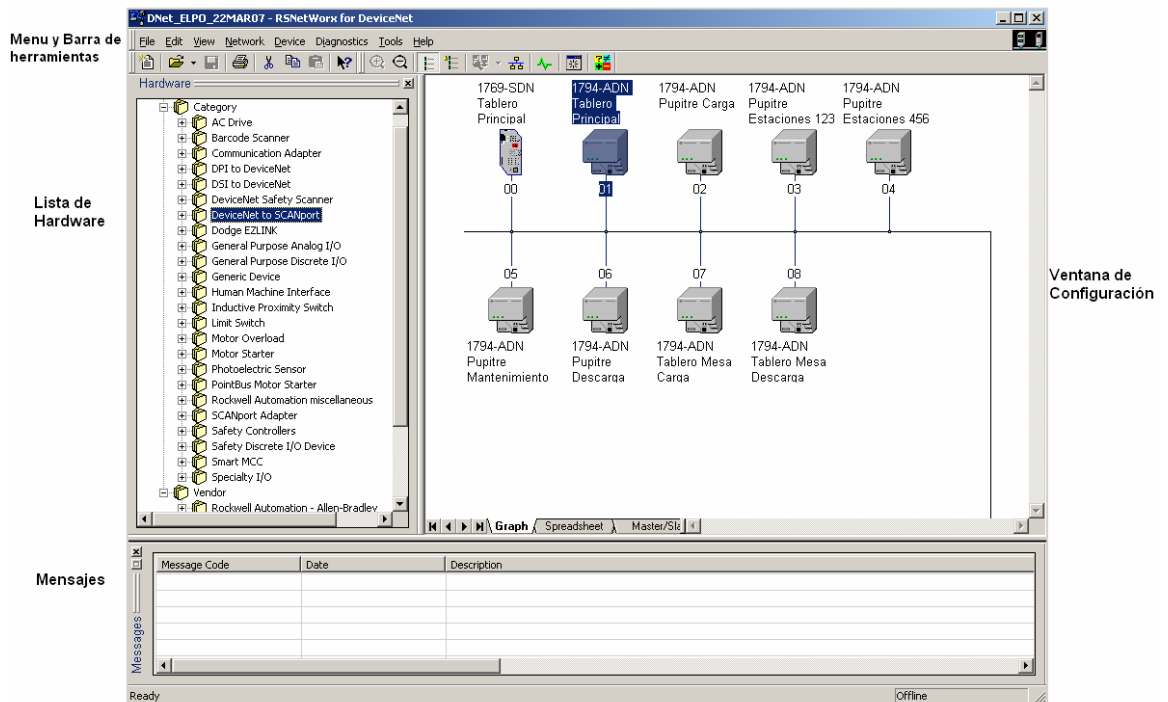


Figura. 5.3. Ventana de RSNetworx

Para cada ADN se asigna el número de nodo y los módulos que tiene conectados en el FLEX IO de cada punto. Esas serán las señales que se comunican al PLC mediante DeviceNet.

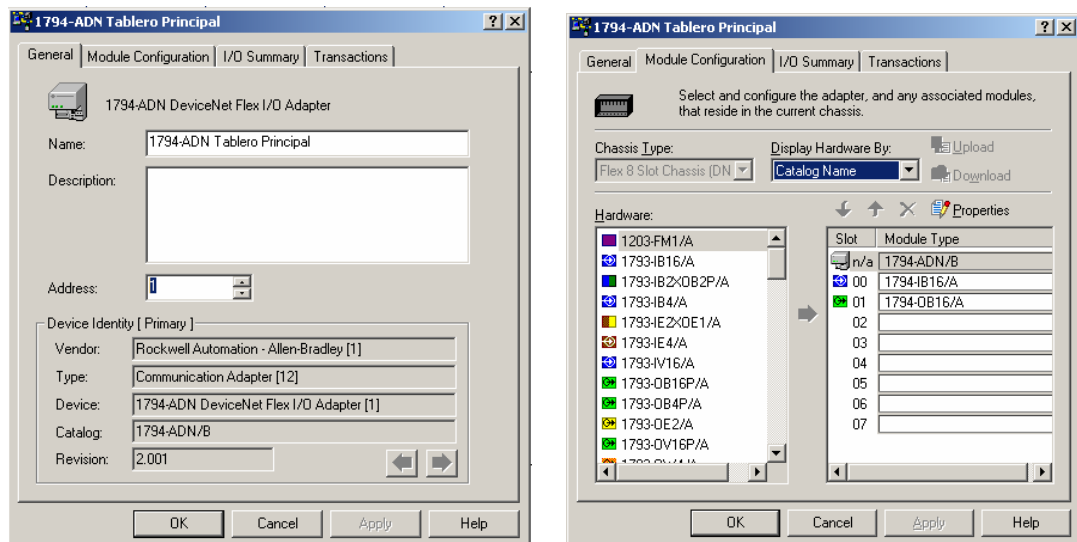


Figura. 5.4. Configuración módulos ADN

El SDN actúa como master ante los demás nodos de la red, este es encargado de recopilar toda la información de la red. Se le asigna el nodo 0, el

tiempo de escaneo de la red a 10ms, y el PLC con el que trabajará (CompactLogix, Slot1).

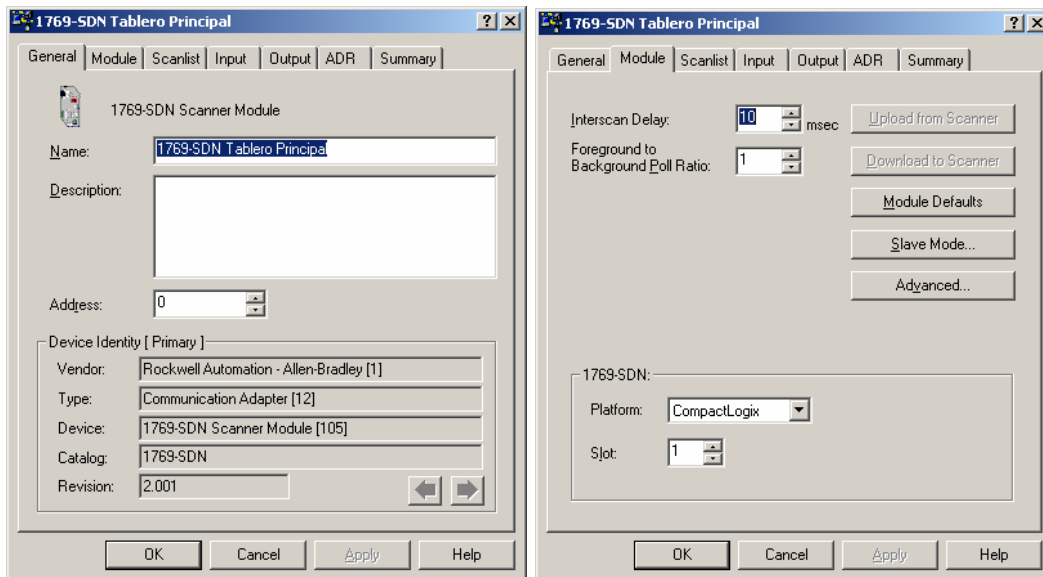


Figura. 5.5. Configuración módulos SDN

También se asignan los nodos de la red a los que escaneará. El SDN crea un registro con la información de las E/S que se trasmite al PLC.

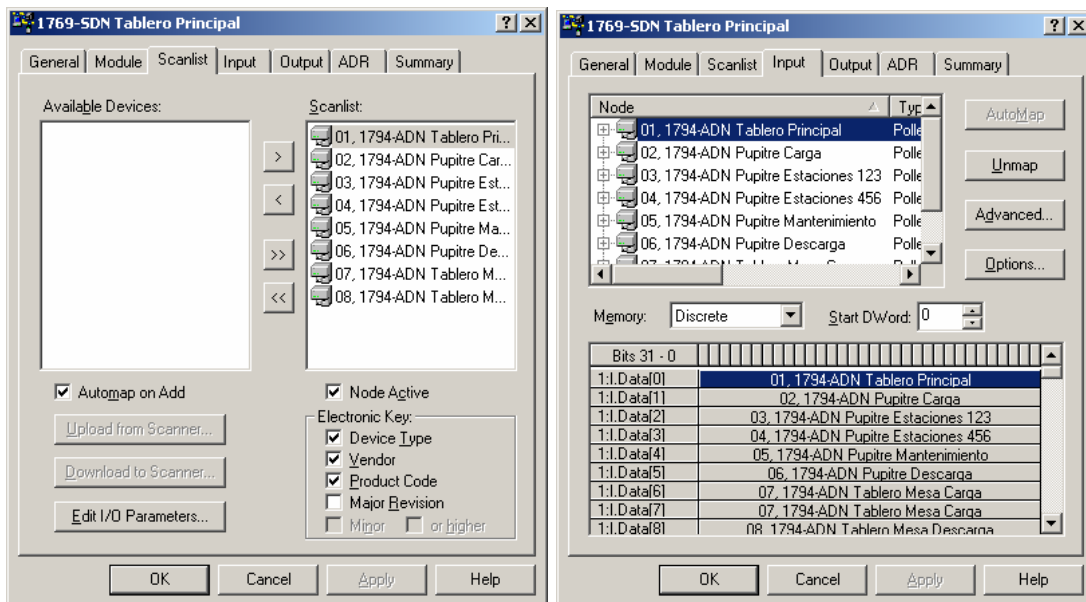


Figura. 5.6. Configuración módulos SDN

La configuración de los elementos E/S de cada nodo de la red también se la puede realizar estando en línea cuando ya esté implementado el sistema. Se pone la opción de *Buscar* la red mediante la interfaz del PLC y *Subir Red*, y automáticamente aparecerán los elementos de la red que están conectados. Luego se configuran las características de la red necesarias para la aplicación. Esta opción es la más adecuada para sistemas que ya estén instalados.

Una vez configurada la red se la descarga en el módulo SDN que está en el PLC principal. Y a cada módulo ADN manualmente se le asigna el número de nodo correspondiente.

Para que la red comience a funcionar, en el programa principal que controlará el sistema se pone activa la instrucción que activará el registro DeviceNet que pone a trabajar al SDN para que se escanee la red permanentemente. Con la instrucción de la figura 5.7.

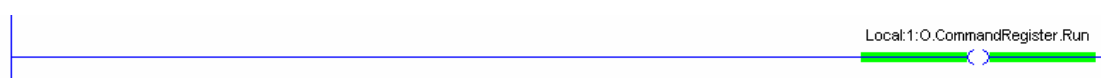


Figura. 5.7. Activación de SDN

5.1.2 Red Ethernet IP Inalámbrica

La red Ethernet IP se utiliza para integrar la información de nivel de campo con la información de los niveles superiores de la arquitectura de control del sistema *overhead*. Ethernet IP es una red de control que utiliza el medio físico Ethernet con cable UTP, STP o inalámbricamente y conectores RJ 45.

En cada dispositivo de la red se debe tener el módulo Ethernet IP, con los PLCs AllenBradley estos módulos son los ENET y tienen una numeración dependiendo del PLC, algunos PLCs tienen incluido el puerto Ethernet en el procesador.

La configuración consiste en interconectar los elementos y asignar una dirección IP de red a cada elemento de la misma. En el *overhead* se utiliza como ejemplo la red 148.95.153.0/24.

El PLC principal CompactLogix 5335E tiene el puerto Ethernet incluido en el procesador. El puerto local se llama 1769 – Local Ethernet. A este llega toda la información Ethernet que será procesada por el PLC principal, y se junta con la información de la red Devicenet de los Pupitres de Control del sistema y las Mesas.

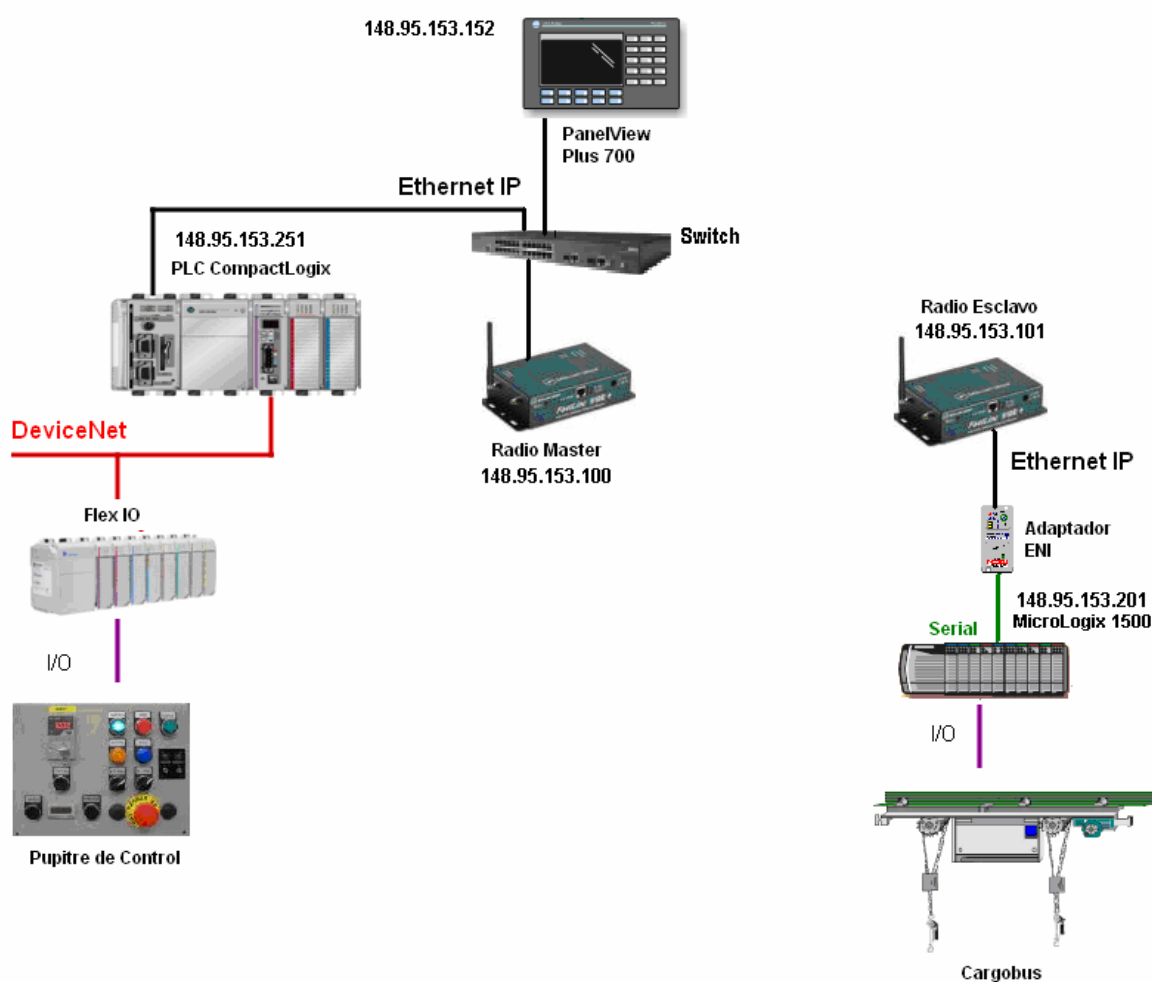


Figura. 5.8. Red de Control del Overhead

Como se muestra en la figura 5.8 se tiene un switch para unir los elementos Ethernet. Al switch llega la información del radio master y del PanelView, y es comunicada al procesador CompactLogix, que es el que tiene el programa

principal. Vía radio se conectan con cada uno de los cargobuses y sus PLC Micrologix 1500. Como estos PLC solo tienen puerto serial integrado usamos un adaptador de red NET ENI que convierte a serial la información Ethernet IP.

La configuración de la red Ethernet IP consiste en asignar una dirección IP de red a cada elemento. Se asigna direcciones al PLC principal, al Panel View, al radio master, a cada radio esclavo, y a los PLCs de los cargobuses, en este caso a los convertidores de red que tiene cada PLC. La red usada es la 148.95.153.0 con máscara de red 255.255.255.0.

Tabla. 5.2. Red Ethernet IP Completa

PUNTO	COMPONENTE	DIRECCION IP
1	PLC Principal	148.95.153.251
2	Panel View	148.95.153.152
3	PLC Cargobus 1	148.95.153.201
4	PLC Cargobus 2	148.95.153.202
5	PLC Cargobus 3	148.95.153.203
6	PLC Cargobus 4	148.95.153.204
7	PLC Cargobus 5	148.95.153.205
8	PLC Cargobus 6	148.95.153.206
9	PLC Cargobus 7	148.95.153.207
10	PLC Cargobus 8	148.95.153.208
11	PLC Cargobus 9	148.95.153.209
12	Radio Master	148.95.153.100
13	Radio CB 01	148.95.153.101
14	Radio CB 02	148.95.153.102
15	Radio CB 03	148.95.153.103
16	Radio CB 04	148.95.153.104
17	Radio CB 05	148.95.153.105
18	Radio CB 06	148.95.153.106
19	Radio CB 07	148.95.153.107
20	Radio CB 08	148.95.153.108
21	Radio CB 09	148.95.153.109

La configuración del PanelView 700 se la realiza por hardware. Se le asigna la dirección IP, la submáscara de red y el *gateway*.

La configuración del CompactLogix se realiza en RSLogix 5000. En el proyecto donde está el programa principal, en la configuración de E/S se encuentra la tarjeta de red Ethernet IP, que este procesador la tiene incluida, y en las propiedades de la misma se la configura como se ve en la figura 5.9.

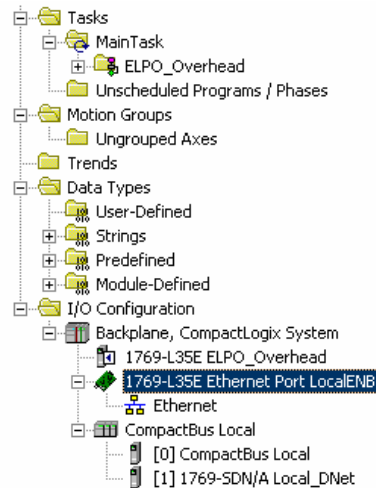


Figura. 5.9. Configuración Módulo Comunicaciones

Se asigna la ubicación de la tarjeta, las dirección IP y otras características de la comunicación como se ve en la figura 5.10. Como los Micrologix 1500 no tienen puerto Ethernet se utiliza un adaptador NET-ENI para pasar a serial la información Ethernet. Para configurar el adaptador NET ENI se utiliza la herramienta ENIWUtility301. Este adaptador nos convierte la comunicación Ethernet en serial configurando los parámetros de la misma. Mediante conexión serial se entra al dispositivo y mediante este pequeño programa se configura la dirección IP, submáscara de red, *gateway*, y las tasas de transferencia.

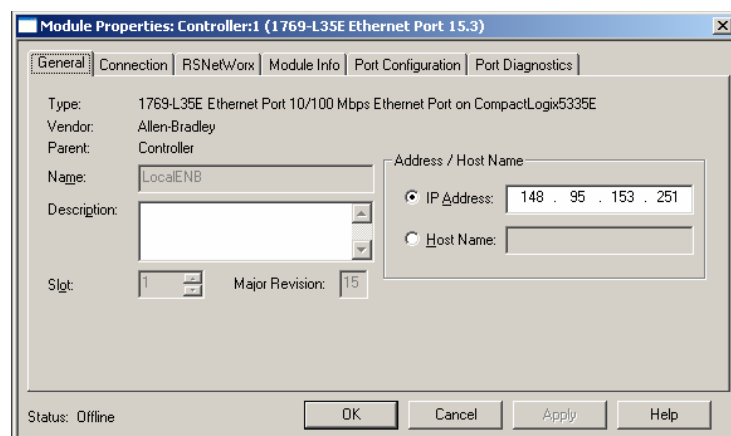


Figura. 5.10. Configuración módulo Ethernet en el PLC

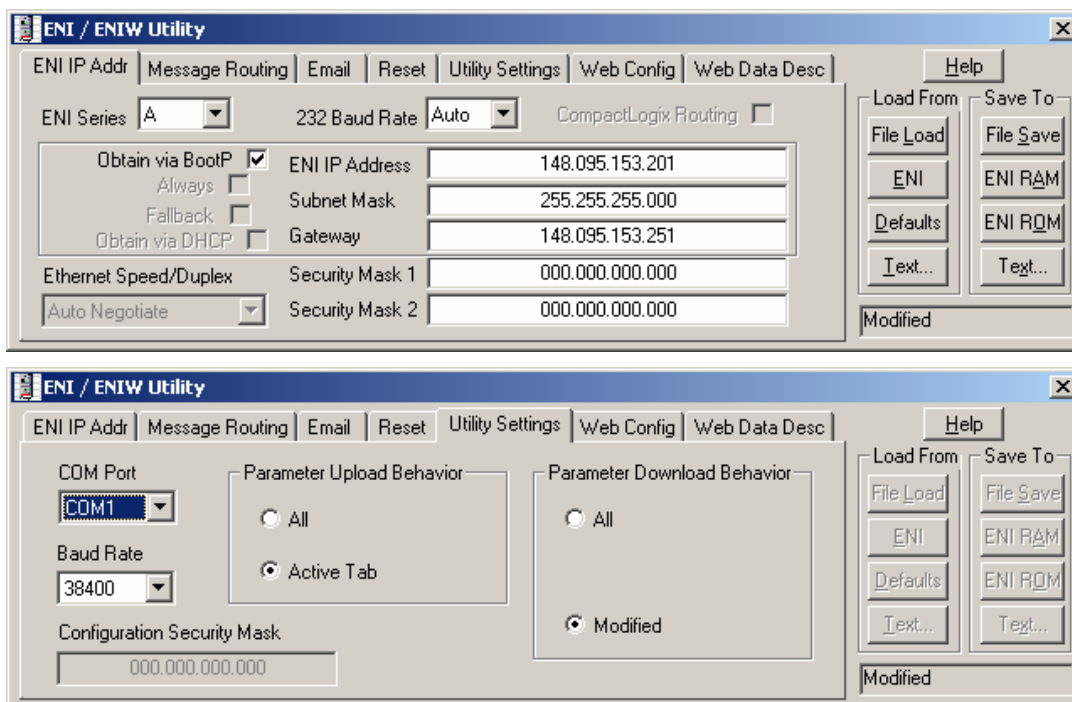


Figura. 5.11. Configuración NET ENI

Como se muestra en la figura 5.11, se configura el tipo de serie del dispositivo ENI, la tasa de transmisión que por omisión dejamos en automática, y las direcciones IP. En la figura se muestra la configuración del cargobus 1. De manera similar se configuran todos los dispositivos ENI de la red.

Por otro lado se configura la comunicación serial entre el dispositivo ENI y el PLC al que irá conectado. Se configura el dispositivo ENI para comunicación serial como se ve en la figura. Y en el programa de los PLC de los cargobuses también se configura la comunicación serial como se muestra en la figura 5.12.

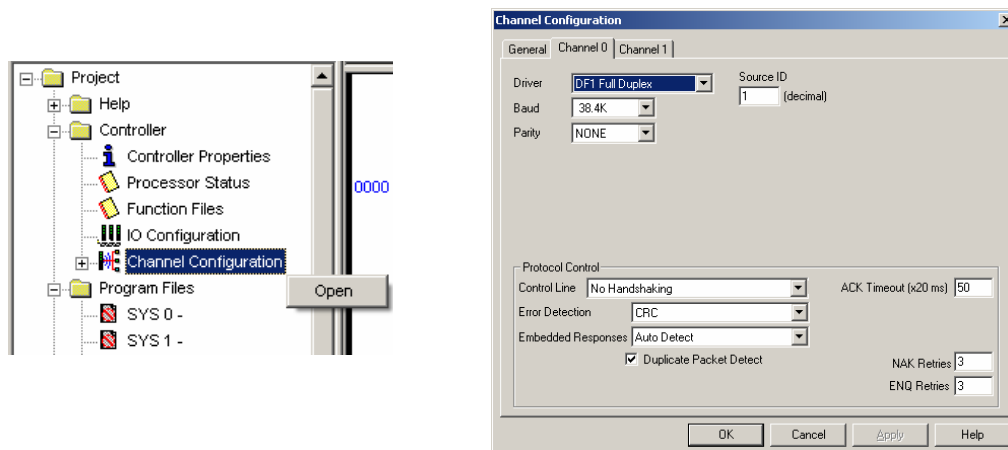


Figura. 5.12. Configuración NET ENI

Para la comunicación inalámbrica se recomiendan radio módems inalámbricos Ethernet. El FLC810E es un radio MODEM de FastLinc usado en ambientes industriales que sirve para cubrir los requerimientos de esta aplicación. Estos radios cumplen la norma 802.11b, trabajan altas velocidades, brindan seguridad en las comunicaciones, operan en la banda de los 2.4GHz.

El FL810E a diferencia de otros radios tiene mejor potencia RF que es de 300mW, y tiene la habilidad de trabajar con varios dispositivos Ethernet simultáneamente en una distancia de hasta 10 Km en línea de vista. Es ideal para ambientes industriales, por su estructura puede soportar temperaturas desde -40 hasta 65 °C. Puede usarse con antenas Omnidireccionales o Yagui.

La configuración de los equipos DataLinc es sencilla ya que vienen con un software de configuración FLC810E+ Utility. También se la puede modificar vía Telnet.

La conexión de los radios para el segmento Ethernet se realiza con cable UTP como se ve en la figura 5.7. Cada cargobus tendrá su radio que está configurado como esclavo. El PLC principal tendrán el radio master que estará ubicado en el centro del sistema *overhead* para que pueda comunicarse en línea de vista con todos los cargobuses. Las antenas se conectan vía coaxial, y están junto a cada radio. En la figura 5.13 se vela configuración de los radios.

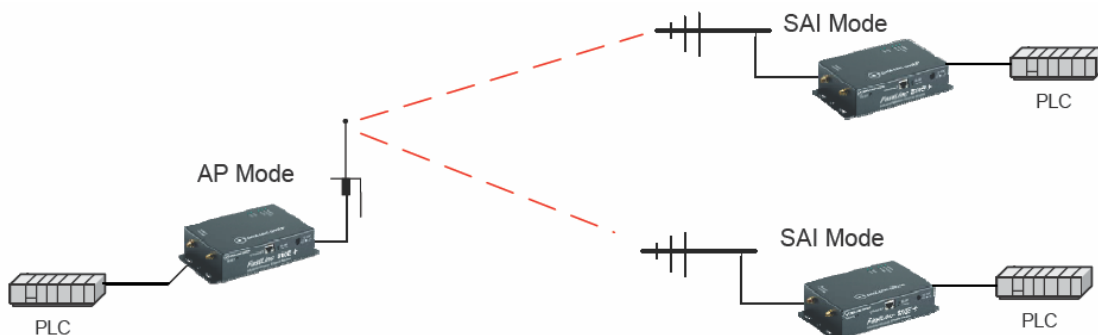


Figura. 5.13. Modo de operación de radios industriales

La configuración del radio master es como AP (Punto de Acceso) y la de los esclavos es como SAI (Infraestructura de Estación de Adaptación). Con esto el master se va a comunicar con cada uno de los cargobuses. Para otro tipo de aplicación también se puede conectar todos los dispositivos entre sí formando una malla.

En cada radio se puede configurar: el modo, el ESSID, el canal y la dirección IP. Otros parámetros de seguridad y control que se pueden configurar son el WEP, el control de acceso MAC, y el SSID.

Usando la aplicación FLC810E+ Utility se tiene una interfaz amigable para configurar los radios. Se la instala en la PC de configuración, se conecta con cada uno de los radios y se corre el pequeño programa que automáticamente reconoce al dispositivo que se va a configurar como muestra la figura 5.14.

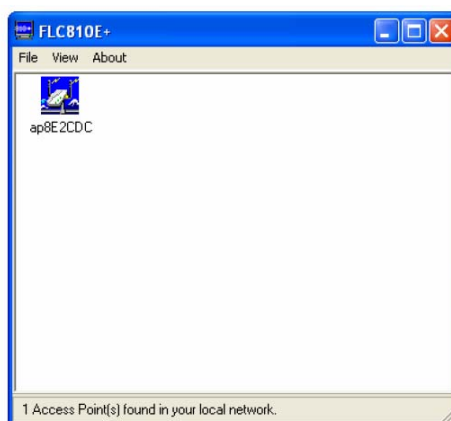


Figura. 5.14. Configuración de radios

Se da doble clic sobre el dispositivo y se accede al radio, se pone la clave de acceso que está dada por los últimos 6 dígitos de la MAC del elemento que físicamente está en la etiqueta con la descripción del radio.

Al acceder al radio se ve la pantalla de la figura 5.15 que nos muestra la información del elemento.

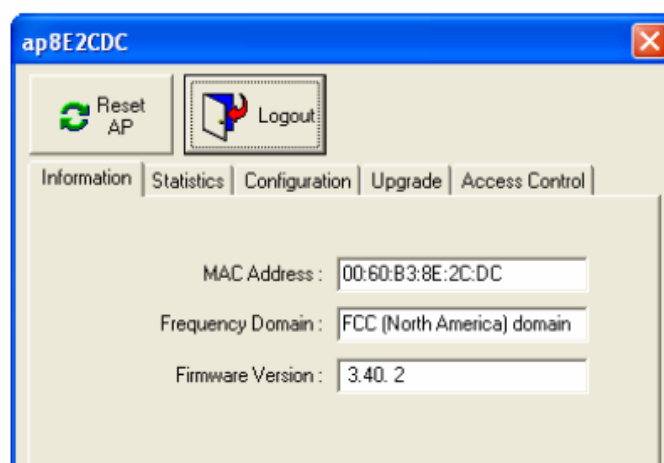


Figura. 5.15. Configuración de radios

Para la configuración se accede a la pestaña de configuración. En la pestaña General se le puede asignar el nombre al elemento para ubicarlo fácilmente en la red donde funcionará.

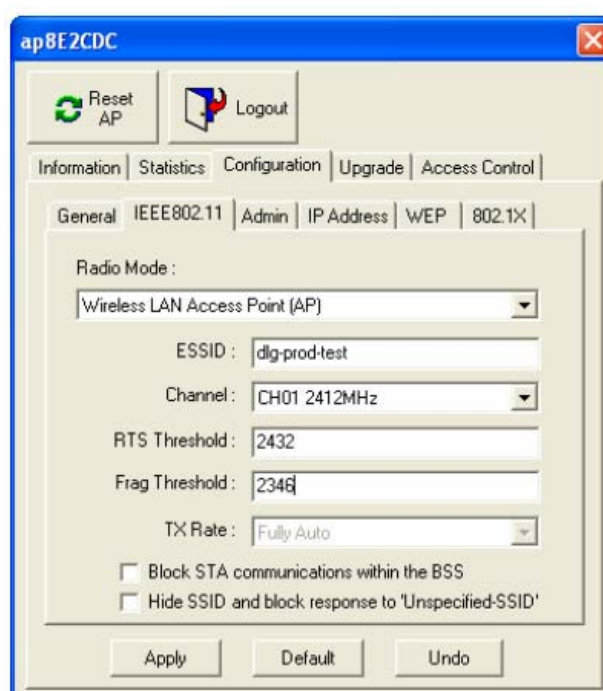


Figura. 5.16. Configuración de radios

En la pestaña Ethernet se configura los parámetros de la red. Como se muestra en la figura 5.16. Aquí se pone al radio principal en modo AP y a los de los cargobuses en modo SAI. El ESSID es un identificador de red, se le asigna el mismo nombre a todos los dispositivos que interactuaran en la red. Así mismo se

asigna un canal de operación de los dispositivos. El canal 1 está en los 2112MHz y es el seleccionado por defecto. Se pone la tasa de transmisión automática y los demás parámetros por defecto.

En la pestaña de administración se puede cambiar la clave para que solo personal autorizado pueda acceder a los radios.

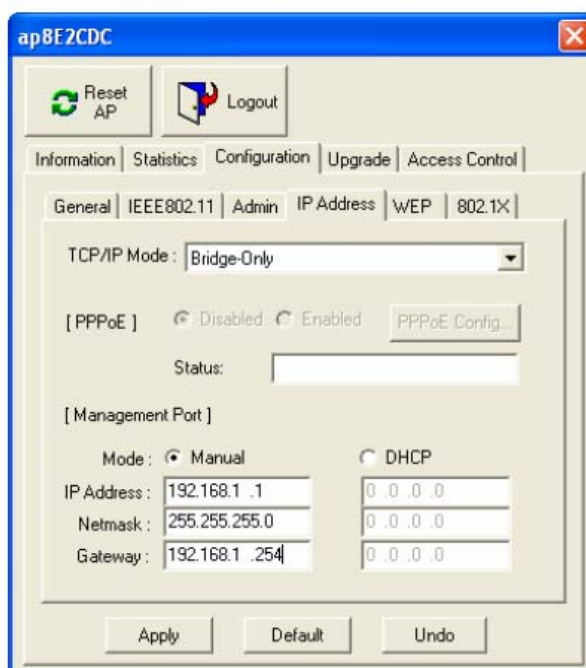


Figura. 5.17. Configuración de radios

En la pestaña de dirección IP como se ve en la figura 5.17 se configura la dirección, máscara y *gateway* de cada dispositivo. Los radios para el *overhead* usan las direcciones de la tabla 5.2

Dependiendo de la aplicación los radios también pueden actuar como DHCP o para enlazar dos redes diferentes en modo Router. Una opción de seguridad recomendada es la encriptación WEP para que el tráfico inalámbrico sea seguro.

En la figura se ve la pestaña de encriptación. Hay otras opciones para actualizar *firmware*, y para seguridad, pero para el *overhead* no se aplica ya que funcionará en un ambiente seguro.

Una vez terminada la configuración de los radios estos empiezan a comunicarse permanentemente con el AP. Para enviar los mensajes de control entre los PLCs, se utilizan las instrucciones MSG en la programación de los mismos. Y se direcciona entre PLCs, los radios aunque también son parte de la red no intervienen en las instrucciones de mensajes.

Desde el PLC principal se envían los mensajes hacia cada cargobus usando la instrucción MSG mostrada en la figura 5.18. Hay mensajes de escritura así como de lectura, ambos se originan en el PLC principal y van hacia los cargobuses.

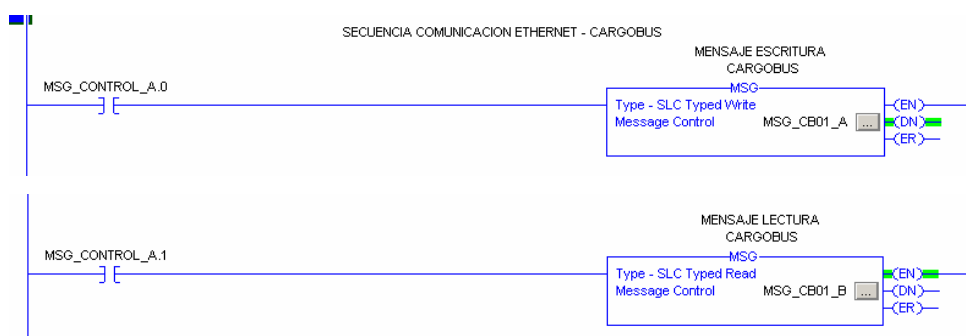


Figura. 5.18. Instrucción MSG comunicación entre PLCs

Para configurar el mensaje se da doble clic en la instrucción MSG y se entra a la configuración de la misma como se ve en la figura 5.19 y 5.20.

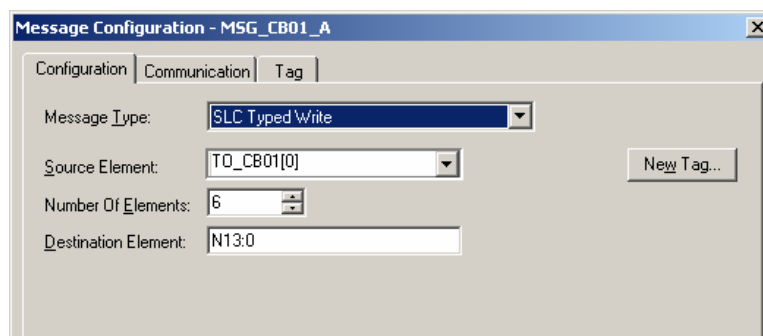


Figura. 5.19. Configuración MSG

Se define si es mensaje de escritura o de lectura, el registro que contiene los datos de origen, el número de elementos del mensaje y el registro de destino.

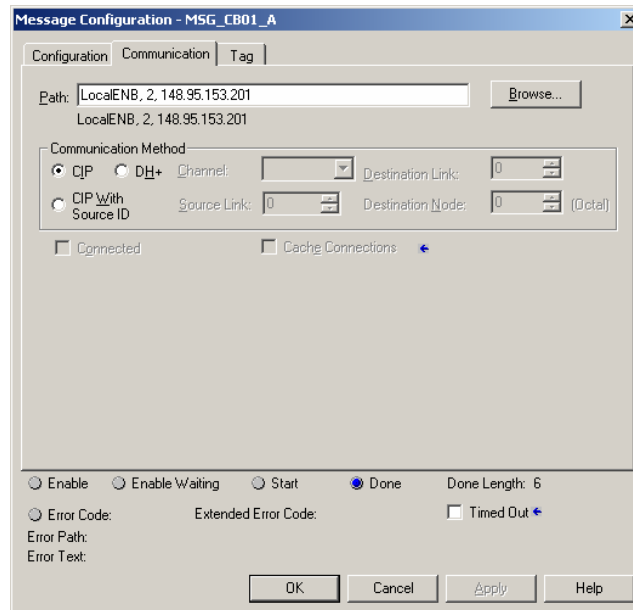


Figura. 5.20. Configuración MSG

La comunicación se configura como CIP, y escribiendo el *path* que tendrá. En este caso se utiliza la tarjeta Ethernet incluida del CompactLogix, Por el puerto 2 que indica Ethernet, y hacia la dirección de destino que en este ejemplo es la 148.95.153.201 es decir la del cargobus 1.

Existen mensajes de lectura y escritura desde el PLC principal hacia cada cargobus. Con esto se logra comunicar y controlar el sistema *overhead*. La tabla muestra un resumen de los mensajes.

5.2 SIMULACIÓN DEL SISTEMA

Para la simulación se utilizaron dos maletas de pruebas Allen Bradley, radios industriales DataLinc, y una PC con todo el software Rockwell para configurar las maletas, programar la lógica de control y simular la interfaz de operador.

Con estas maletas se va a simular al PLC principal y a uno de los cargobuses del sistema, con comunicación inalámbrica, usando una red DeviceNet, e integrando toda la información con Ethernet IP. Con lo que podemos

probar las características más importantes de la solución de automatización del *overhead* propuesta en el capítulo 4.

La maleta de pruebas, figura 5.21, que simulará al cargobus está compuesta por los siguientes elementos:



Figura. 5.21. Maleta de pruebas CB

- PLC ControlLogix: fuente de alimentación, procesador 1756-L55, módulo EthernetIP 1756-ENBT, módulo ControlNet 1756-CNB, módulo DeviceNet 1756-DNB.
- DeviceNet: Línea troncal, dos terminales de resistencia, un sensor inductivo, un arrancador de motor, un contactor y un motor, un bloque de E/S, tres pulsadores con luz, conectores para todos los dispositivos a la línea troncal.

La maleta de pruebas que simulará al PLC del tablero principal, figura 5.22, está compuesta por los siguientes elementos:



Figura. 5.22. Maleta de Pruebas Tablero Princial

- PLC CompactLogix: fuente de alimentación, procesador L35E con puerto ethernet, módulo mixto de E/S digitales 1769-L35E, módulo mixto de E/S análogas VA1769/A.
- Ethernet IP: Switch industrial 8 puertos, Módulo Remoto Point I/O 1734AENT con submódulos entradas digitales y salidas digitales.
- Pulsadores, switches, leds.

Se tiene dos radios Data Linc SRM6000, figura 5.23, para la comunicación inalámbrica del sistema, cada uno conectado a cada PLC.



Figura. 5.23. Radio Industrial Data Linc

La PC que simulará la estación del operador, figura 5.24, y desde donde se configurará a los elementos de la aplicación tiene el siguiente software:

- RSLogix 5000. Utilizado para programar la lógica de control de los PLCs, simular y monitorear las señales de entradas, salidas y variables adicionales del sistema.
- RSView Studio para el diseñar y desarrollar el HMI, simular, visualizar y monitorear la aplicación y las fallas del sistema.
- RSLinx para comunicar el computador con los PLC y los demás elementos de la red.

- RSNetworkx para configurar los elementos de la red DeviceNet y realizar la distribución de entradas y salidas dentro del mapa de memoria del módulo DeviceNet scanner.

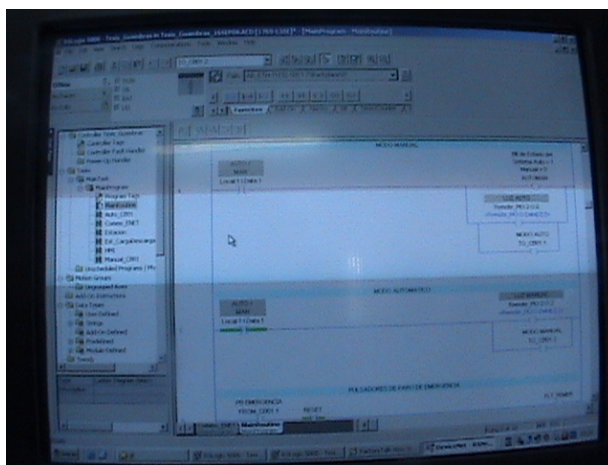


Figura. 5.24. PC simulación

Una vez verificado el contenido de las maletas de pruebas, se procede a desarrollar una aplicación con la que se pueda simular las principales características del *overhead*, basada en los capítulos anteriores de este proyecto.

Se pretende simular el movimiento del cargobus por algunas estaciones de la secuencia del *overhead*, monitoreando y visualizando constantemente el sistema, tanto en modo automático como en manual, ocasionando señales de fallas que pueden ser corregidas desde el HMI o desde los pupitres. Se configura los maletines para Ethernet IP y DeviceNet. Se programa los PLCs con una aplicación para las pruebas. También se crea una HMI que se adapte a la simulación.

El PLC principal CompacLogix simulará el tablero principal donde se integra toda la información a la red Ethernet IP. A este llegan las señales del cargobus mediante los radios industriales, la información del HMI de la PC, las E/S remotas que simularán los pupitres de control, y las E/S directamente conectadas. En el PLC principal se procesa toda la información y se mandan señales de control tanto al cargobus, al HMI y a los pupitres.

El PLC ControlLogix simulará al cargobus, que mediante una red Devicenet tiene conectado como salidas el arrancador del motor que se simulará el movimiento del cargobus y algunos leds utilizados para visualización de estado del proceso. Como entradas se tiene el sensor para simular la estación a la que avanza el cargobus, y pulsadores para provocar fallas, paro de emergencia y reset del sistema. La información del cargobus se transmite inalámbricamente al PLC principal. La figura 5.25 muestre un esquema de la simulación, como se pueden ver se utiliza los elementos descritos en los capítulos anteriores.

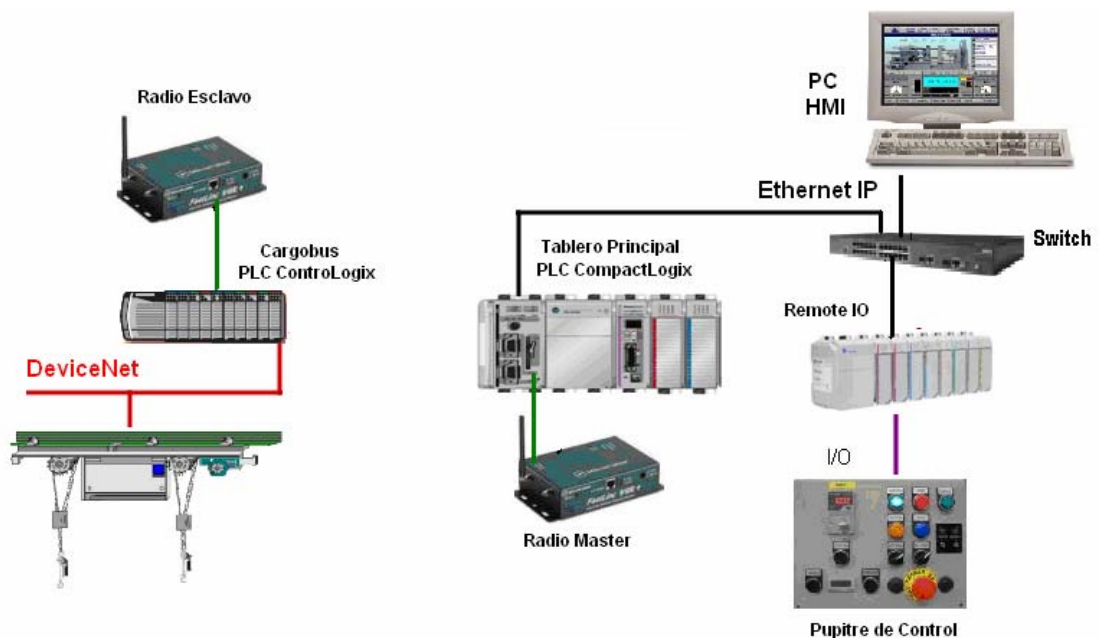


Figura. 5.25. Esquema de la simulación