

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO EN INGENIERÍA**

**Estudio y Simulación de Protocolos del Sistema SCADA Network  
Manager del Centro Nacional de Control de Energía “CENACE”  
mediante la Aplicación ASE2000**

**Jorge Eduardo Jácome López**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**2008**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor Jorge Eduardo Jácome López, como requisito parcial para la obtención del Título en INGENIERÍA ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.

---

Ing. Rodolfo Gordillo  
DIRECTOR

---

Ing. Evelio Granizo  
CODIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial al Centro Nacional de Control de Energía “CENACE”, por el auspicio brindado para el desarrollo de este proyecto.

Al señor Ing. Rodolfo Gordillo, Director del Proyecto de Grado y al señor Ing. Evelio Granizo, Codirector; por sus comentarios, correcciones y sugerencias para la finalización de este propósito.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo esta dedicado a mi familia por todo su apoyo incondicional ya que gracias a ellos a sido posible culminar este logro tan importante, para ellos con todo el amor del mundo.



## **PRÓLOGO**

El estudio y Simulación de Protocolos del Sistema SCADA Network Manager del Centro Nacional de Control de Energía “CENACE”, es un proyecto que tiene el objeto de obtener un estudio detallado de los protocolos usados en el sistema, para que estos conocimientos se han aplicados a la explotación de la herramienta ASE2000.

El estudio de los protocolos estará constituido por una descripción de su semántica y sintaxis, una comparación entre ellos, las ventajas y desventajas y ámbito de aplicación.

La simulación de la adquisición de datos está realizada utilizando la herramienta ASE2000, que brinda la posibilidad de realizar la comunicación entre una UTR (Unidad Terminal Remota) y el sistema Network Manager, en los tres diferentes protocolos DNP 3.0, IEC 870-5-101 y RP 570.

El proyecto cuenta con un instructivo detallado, que será utilizado por el “CENACE”, para la generación de pruebas, detección y corrección de errores, de la simulación de adquisición de datos, entre una UTR (Unidad Terminal Remota) y el sistema SCADA Network Manager.

## ÍNDICE

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	II
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	III
<b>DEDICATORIA</b> .....	IV
<b>PRÓLOGO</b> .....	V
<b>ÍNDICE</b> .....	VI
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 SISTEMAS SCADA</b> .....	<b>4</b>
2.1 INTRODUCCIÓN A LOS CENTROS DE CONTROL.....	4
2.1.1 Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia .....	4
2.1.2 ARQUITECTURA INTEGRADA: CENTRO DE CONTROL – SISTEMAS IT .....	5
2.1.2.1 Arquitectura Conceptual.....	6
2.1.2.2 Arquitectura Funcional .....	6
2.1.2.3 Arquitectura Conceptual de Sistemas .....	6
2.1.2.4 Arquitectura Conceptual de Implementación.....	6
2.1.3 Sistemas SCADA Y EMS .....	11
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS SCADA/EMS .....	12
2.2.1 Funcionalidad de los Sistemas SCADA .....	12
2.2.1.1 Supervisión y Adquisición de Datos del Proceso .....	12
2.2.1.2 Sistema de Comunicaciones: UTRs - Estación Central.....	20
2.2.1.3 Control del Proceso.....	23
2.2.1.4 Procesamiento de Eventos y de Información Histórica .....	24
2.3 SISTEMA DE MANEJO DE ENERGÍA (EMS) .....	26

2.3.1	Introducción.....	26
2.3.2	Funcionalidad Scada/Ems.....	27
2.3.3	Módulo de Análisis de Red.....	29
2.3.3.1	Secuencias de Control de las Aplicaciones .....	30
2.3.3.2	Secuencia de Analisis de Red en Tiempo Real .....	30
2.3.3.3	Secuencia del Análisis de Red en Modo de Estudio.....	31
2.4	ARQUITECTURA – SISTEMA SCADA/EMS .....	32
2.4.1	Estructura de los Sistemas SCADA/EMS .....	32
2.4.2	Subsistema de Adquisición de Datos.....	33
2.4.2.1	Unidades Terminales Remotas (UTRs) .....	33
2.4.2.2	Sistema Front End.....	39
2.4.3	Subsistema de Computación Principal .....	40
2.4.3.1	Computadores Principales .....	44
2.4.3.2	Computador de Mantenimiento .....	45
2.4.3.3	Estaciones de Trabajo .....	45
2.4.3.4	Red de Área Local .....	47
2.4.3.5	Equipo de Tiempo Base.....	47

### **CAPÍTULO 3 PROTOCOLOS DE LOS SISTEMAS SCADA NETWORK**

<b>MANAGER .....</b>	<b>49</b>
3.1 SISTEMA SCADA NETWORK MANAGER DE LA CORPORACIÓN CENACE...	49
3.2 PROTOCOLO RP 570 .....	51
3.2.1 Descripción del Protocolo Rp 570 .....	51
3.2.2 Los Niveles más Bajos de los Protocolos .....	52
3.2.3 Mensajes Usados en el Protocolo .....	58
3.2.3.1 Mensajes desde el FE (Front-End) a la Subestación .....	58
3.2.3.2 Mensajes desde la Subestación al FE (Front-End) .....	61
3.2.4 Espacios de Direcciones .....	63
3.2.5 Las Capas más Elevadas del Protocolo .....	64
3.2.5.1 Retransmisión de los Mensajes.....	64
3.2.5.2 Niveles de Prioridad .....	65
3.2.5.3 Principio de la Interrogación .....	67
3.2.5.4 Secuencia RA.....	67
3.2.5.5 Secuencia RB .....	68

3.2.5.6 Mensajes de Comando .....	68
3.3 PROTOCOLO IEC 870-5-101 .....	69
3.3.1 Descripción del Protocolo IEC 870-5-101 .....	69
3.3.2 Capa Física.....	69
3.3.3 Capa de Enlace de Datos .....	70
3.3.3.1 Formato de la Trama.....	70
3.3.3.2 Formato de los Campos .....	72
3.3.4 Capa de Aplicación.....	77
3.3.4.1 Estructura del ASDU (Datos de Aplicación) .....	77
3.3.4.2. Definición General Asdu (Datos de Aplicación) .....	78
3.4 PROTOCOLO DE RED DISTRIBUIDA DNP 3.0 .....	80
3.4.1 Introducción del Protocolo .....	80
3.4.2 Capa Física.....	80
3.4.3 Capa de Enlace de Datos .....	81
3.4.3.1 Funciones del Enlace de Datos .....	81
3.4.3.2 Responsabilidades de la Capa de Enlace .....	82
3.4.4 Seudo Capa de Transporte .....	82
3.4.4.1 Funciones del Transporte.....	82
3.4.4.2 Responsabilidades del Transporte .....	83
3.4.5 Capa de Aplicación.....	83
3.4.5.1 Formato de las Tramas.....	84
<b>CAPÍTULO 4 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PROTOCOLOS .....</b>	<b>95</b>
4.1 Diferencias .....	95
4.1.1 Antecedentes Históricos de Cada Protocolo .....	95
4.1.2 Comparación en Conformidad con el Modelo OSI de 7 Capas.....	96
4.1.3 Comparación Entre las Tramas de los Protocolos .....	97
4.1.4 Direccionamiento de los Dispositivos .....	101
4.1.5 Capa de Aplicación.....	103
4.2 SEMEJANZAS .....	104
4.2.1 SINCRONIZACIÓN DE TIEMPO .....	104
4.2.2 EVENTOS CON ESTAMPA DE TIEMPO.....	104
4.2.3 CONTADORES. ....	104

4.2.4 SELECCIÓN DE EVENTO.....	104
4.2.5 RESPUESTAS NO REQUERIDAS .....	105
4.2.6 AGRUPACIÓN DE SEÑALES .....	105
4.3 PARÁMETROS REQUERIDOS PARA LA COMUNICACIÓN BÁSICA.....	105
4.4 DIFERENCIAS ENTRE PROTOCOLOS .....	106
4.5 SEMEJANZAS ENTRE PROTOCOLOS.....	107
4.6 PARÁMETROS NECESARIOS PARA ESTABLECER LA COMUNICACIÓN .....	107

## **CAPÍTULO 5 SIMULACIÓN DE PROTOCOLOS EN EL ASE2000 Y**

<b>RESULTADOS .....</b>	<b>109</b>
5.1 INTRODUCCIÓN AL SIMULADOR ASE2000 .....	109
5.2 CONFIGURACIÓN DE HARDWARE .....	110
5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROTOCOLO DNP 3.0 .....	112
5.3.1 Señales Digitales Simples .....	113
5.3.2 Señales Digitales Dobles .....	115
5.3.3 Señales Analógicas .....	120
5.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROTOCOLO IEC 870-5-101 .....	121
5.4.1 Señales Digitales Simples .....	122
5.4.2 Señales Digitales Dobles .....	124
5.4.3 Señales Analógicas .....	127
5.5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROTOCOLO RP 570 .....	128
5.5.1 Señales Digitales Simples .....	128
5.5.2 Señales Digitales Dobles .....	130
5.5.3 Señales Analógicas .....	134
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>135</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>138</b>

## **ANEXOS**

<b>ANEXO 1 MANUAL DE GENERACIÓN DE PRUEBAS EN PROTOCOLO RP 570 .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 2 MANUAL DE GENERACIÓN DE PRUEBAS EN PROTOCOLO DNP 3.0 .....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO 3 MANUAL DE GENERACIÓN DE PRUEBAS EN PROTOCOLO IEC 870-5-101.....</b>	<b>184</b>

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

Las crecientes exigencias de la industria en lo que se refiere a la calidad del suministro de electricidad, la expansión de los sistemas eléctricos y la desregulación del sector, han impulsado la ejecución de proyectos de automatización mediante sistemas SCADA (Control y Adquisición de Datos para Supervisión) para el control y monitoreo de procesos distribuidos, basados en las tecnologías de información, comunicaciones, control e instrumentación.

De hecho, la operación de sistemas eléctricos ha evolucionado desde las tradicionales oficinas de despacho de energía, hasta las nuevas generaciones de centros de control integrados con los sistemas de información que soportan las funciones de negocio

La complejidad e importancia de la operación de los sistemas eléctricos de potencia a nivel de transmisión y distribución, determina la necesidad de implantar sistemas de supervisión y control para garantizar una operación centralizada en tiempo real. Los sistemas SCADA/EMS/DMS permiten establecer nuevos estándares operativos integrados con los procesos de planificación, análisis, mantenimiento y desarrollo, que garantizan decisiones adecuadas y oportunas

Los requerimientos técnicos para estos sistemas aumentan constantemente, particularmente en las demandas de facilidades de comunicación entre las subestaciones y los sistemas de control central.

---

Los sistemas SCADA asociados al monitoreo y control de la infraestructura eléctrica están conformados de sensores y transductores que adquieren señales desde el proceso y son ingresadas a Unidades Terminales Remotas (UTRs), y a su vez se comunican con una estación central. Esta comunicación sin importar el proveedor o el modelo de UTR se la realiza mediante protocolos de comunicaciones, por lo que la estandarización es clave para el desarrollo de la conectividad e interoperabilidad entre los sistemas posibilitando soluciones económicamente convenientes y confiables.

A nivel mundial los protocolos de comunicación de estos sistemas de control se ven fundamentalmente influenciados por los desarrollos en Europa y Norte América. Los países europeos han proporcionado una entrada considerable a la estandarización en el IEC (Comisión Electrónica Internacional) con su protocolo IEC 870-5-101. Las actividades americanas se concentran principalmente en la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) y su protocolo DNP 3.0.

La expansión, escalabilidad e innovación de los sistemas SCADA dependen en gran medida del entendimiento técnico de utilización, convertibilidad y desempeño de estos protocolos, mediante la investigación exhaustiva de su semántica y sintaxis, comparación y equivalencias que deben apoyarse en herramientas de emulación especializadas.

El Sistema Nacional Interconectado (SNI) actualmente posee una capacidad total de generación de 3229 MW (hidráulico: 1641 MW, térmico: 1338 MW, interconexión Colombia: 250 MW) y una demanda máxima de potencia y energía en el año 2006 de 2641,6 MW y 45582 Gwh, respectivamente.

La Coordinación de la Operación en Tiempo Real del SNI, se realiza en base a los procesos de despacho de generación, control de reservas, redespacho, control de voltaje y



---

análisis de flujos de potencia. Para este propósito, el Centro Nacional de Control de Energía “CENACE” dispone desde el año 2006, de un centro de control SCADA/EMS denominada Network Manager provisto por la firma ABB Inc. de los Estados Unidos 41 UTR’s instaladas en las subestaciones de transmisión y centrales de generación, se constituyen en la interfaz con el sistema de potencia para la supervisión y coordinación de la operación.

Network Manager utiliza dos protocolos estándares, el IEC 870-5-101 y DNP 3.0 y un protocolo propietario denominado RP-570, con predominio de este último. En la actualidad dentro de la Corporación el conocimiento y aplicabilidad referente a los protocolos estándares es aún limitado, por lo que un entendimiento a detalle permitirá futuras expansiones del sistema SCADA actual, con distintas Unidades Terminales Remotas que manejen estos protocolos estándares, aunque sean de diferentes proveedores.

El CENACE cuenta con la herramienta de simulación ASE2000 con licencias para los protocolos RP 570, IEC 870-5-101, DNP 3.0 que puede servir de base para el estudio de los mismos. Adicionalmente el uso de esta aplicación se necesita desarrollar un instructivo detallado para la generación de pruebas, detección y corrección de errores en las etapas de implantación de nuevas UTR.

## **CAPÍTULO 2**

### **SISTEMAS SCADA**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN A LOS CENTROS DE CONTROL**

##### **2.1.1 Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia**

En analogía con cualquier negocio de producción de bienes y servicios, la operación de un sistema eléctrico de potencia, tiene por objeto final entregar al usuario final un producto: energía eléctrica, en el instante mismo que éste lo demande, guardando características de calidad, seguridad y economía. Los procesos base que ejecutan la operación de un sistema eléctrico de potencia son:

- a) **Planificación Operativa Energética:** es un proceso analítico que tiene como entrada información acerca de las proyecciones de demanda de energía y potencia, la disponibilidad del parque generador, previsiones hidrológicas en diversos escenarios, costos de combustibles y otras restricciones operativas del sistema, que proporcionan un esquema de la operación del sistema eléctrico de potencia, en el corto plazo con un horizonte de 1 semana en períodos diarios, mediano plazo con un horizonte de un mes en períodos semanales y largo plazo con un horizonte de 2 años en períodos mensuales.

Como resultado del planeamiento operativo se determinan, según el horizonte, las reservas de potencia-energía, costos marginales, valoración del agua, costos referenciales de generación, los programas de mantenimiento, etc.

- b) Supervisión y Operación en Tiempo Real del Sistema de Potencia: que toma como “referencia” el esquema de operación prevista en la fase anterior, introduciendo el concepto de despacho económico, que procura establecer una programación horaria de generación energía que cubra la demanda y que minimice los costos de producción. En esta fase se ejecuta en forma centralizada, la operación de centrales de generación, de la red de transporte y la coordinación de entrega de energía a empresas eléctricas.
- c) Análisis Post-Operativo: donde se evalúa la operación del sistema eléctrico de potencia durante sus regímenes de estado normal, de alerta y de emergencia. En este proceso se ejecuta la codificación estadística de los datos reales que a su vez constituyen la realimentación del proceso de planificación.

### 2.1.2 Arquitectura Integrada: Centro de Control – Sistemas IT

El proceso de diseño, especificación e implementación del soporte informático de tiempo real y fuera de línea necesario para la operación de un sistema eléctrico como un todo, requiere varios pasos de definición de arquitectura y funcionalidad, a partir de un modelo general hasta la arquitectura de implementación conceptual que, a su vez, representaría el punto de partida para el diseño de detalle del (de los) sistema(s) de hardware y software requerido(s).

Por consiguiente, y con base en las misiones y funciones de una determinada empresa<sup>1</sup>, se propone una *arquitectura global*, esto es, una arquitectura-meta (*target architecture*), compuesta por los siguientes niveles de arquitecturas:

---

<sup>1</sup> Para efectos de ilustración del análisis de la arquitectura de un centro de control – con otros sistemas IT, se toma como referencia el caso del CENACE.

**2.1.2.1 Arquitectura Conceptual.** Este modelo representa el nivel más alto de abstracción y consiste en un Despachador de Sistema, con jurisdicción sobre los Despachadores de Generación, Transmisión y Análisis de Operaciones, por un lado, y un Despachador del Mercado, con jurisdicción sobre el Planeamiento Operativo y las Transacciones Comerciales, por otro lado. Este modelo es ilustrado en la figura 2.1.

**2.1.2.2 Arquitectura Funcional** La arquitectura funcional se formula sobre la base de los procesos relacionados con la supervisión, control y análisis de la operación. Al respecto de esto, es importante subrayar que la arquitectura funcional no es necesariamente idéntica con la estructura orgánica, u organización administrativa de una determinada empresa.

A efectos de ilustración, se representa en la figura 2.2 de forma esquemática el conjunto de funciones ejecutadas en el CENACE, sin absolutamente ninguna conexión con la implementación administrativa.

**2.1.2.3 Arquitectura Conceptual de Sistemas.** El objetivo de esta arquitectura, conforme lo ilustrado en la figura 2.3, es proveer una macro-visión de los sistemas que deben integrar la solución informática global.

De hecho, la arquitectura conceptual de sistemas representa un paso intermedio entre la arquitectura funcional y la arquitectura conceptual de implementación

**2.1.2.4 Arquitectura Conceptual de Implementación.** Ilustrada en la figura 2.4, esta arquitectura es el último paso antes del comienzo de la definición detallada en el ámbito de sistema, subsistema y procesos de aplicación.

Al respecto de la arquitectura conceptual de sistemas y, de implementación, el módulo denominado HIS (*Historical Information System*) constituye el elemento de integración de un sistema de tiempo real con los otros sistemas IT de una empresa.

Las generaciones anteriores de centros de control, no disponen de este tipo de recurso de integración, almacenamiento y recuperación de información (*information storage and retrieval*), utilizando en cambio para el manejo de datos históricos los denominados *Time Tagged Database TTD*.

## ARQUITECTURA CONCEPTUAL

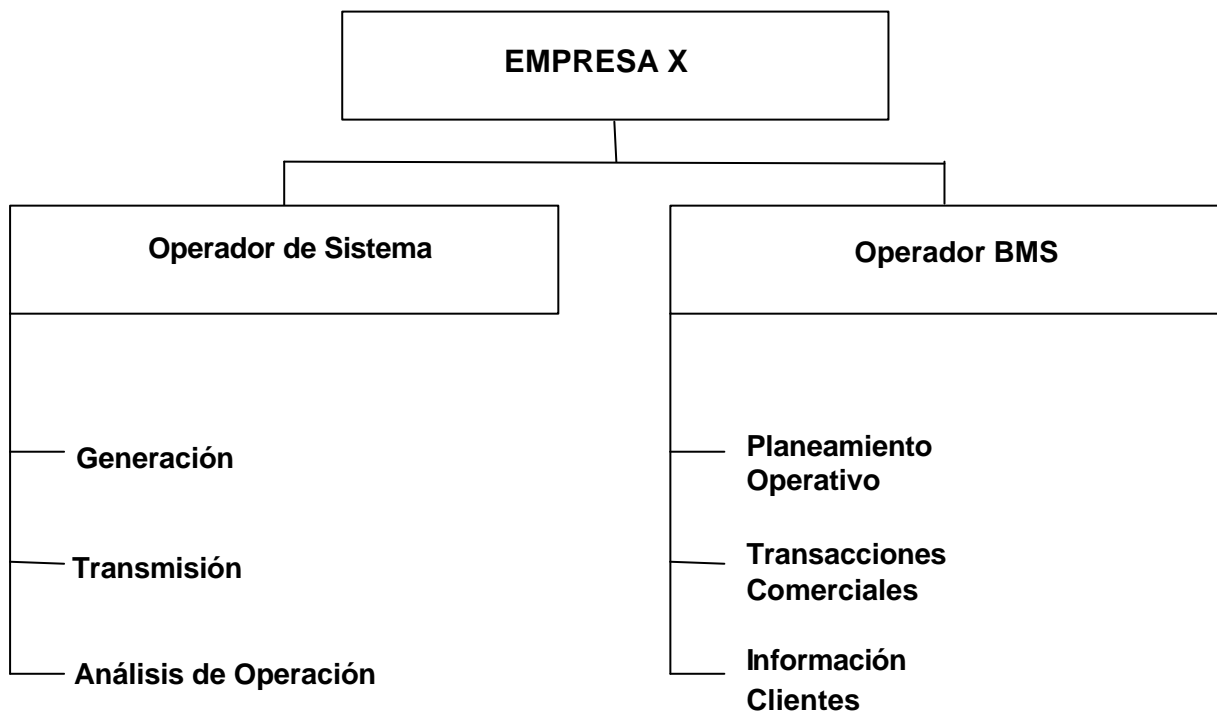


Figura 2.1 Arquitectura Conceptual

# ARQUITECTURA FUNCIONAL

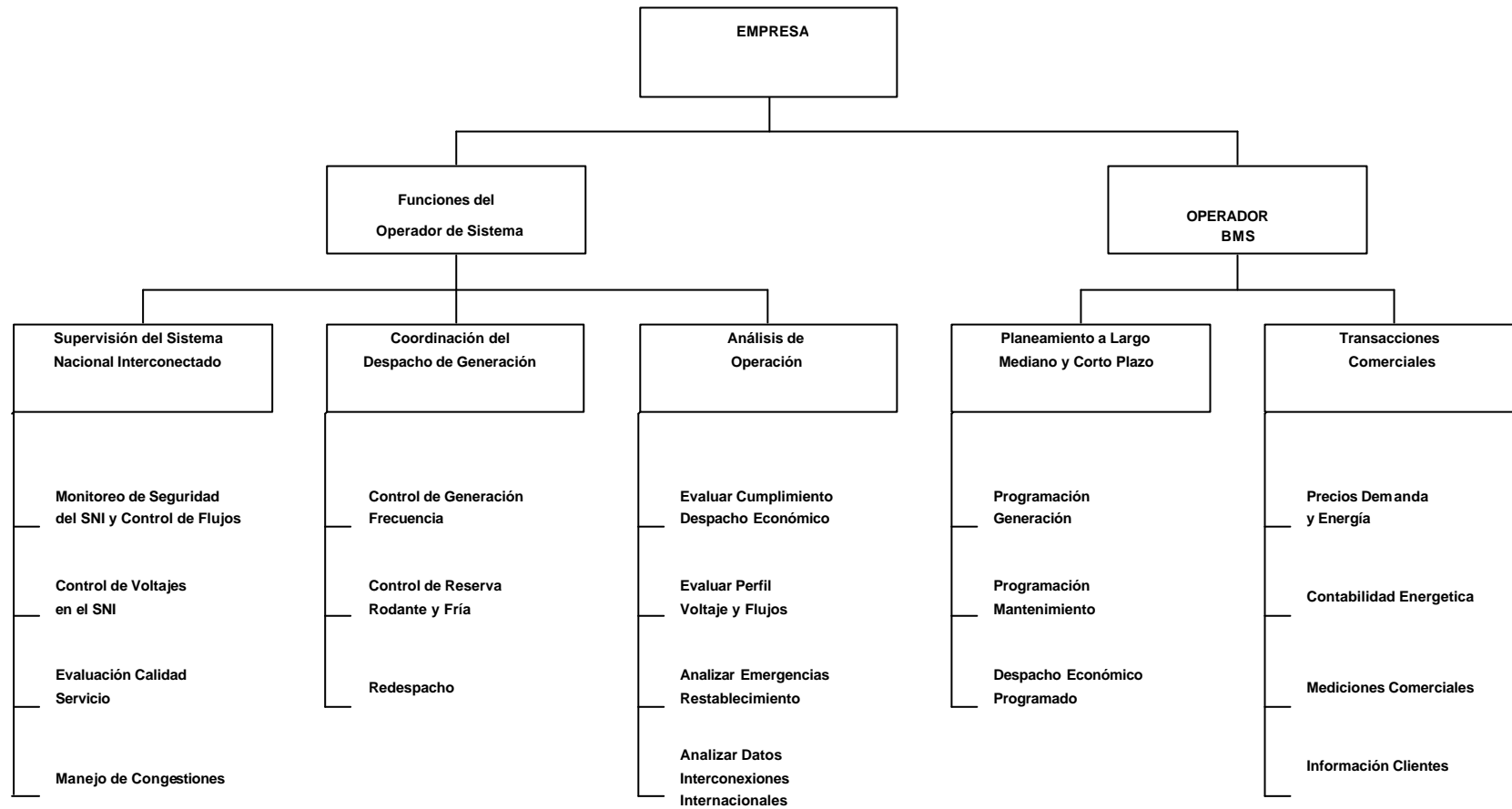


Figura 2.2 Arquitectura Funcional

# ARQUITECTURA CONCEPTUAL DE SISTEMAS

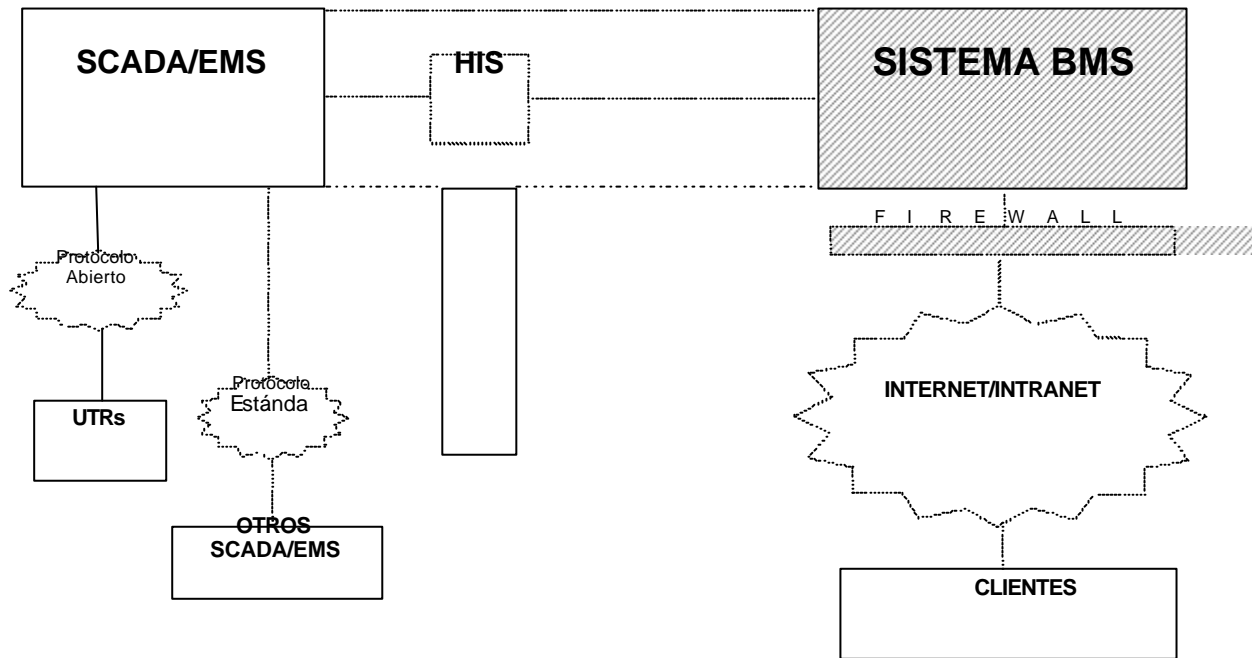


Figura 2.3 Arquitectura Conceptual de Sistemas

# ARQUITECTURA CONCEPTUAL IMPLEMENTACIÓN

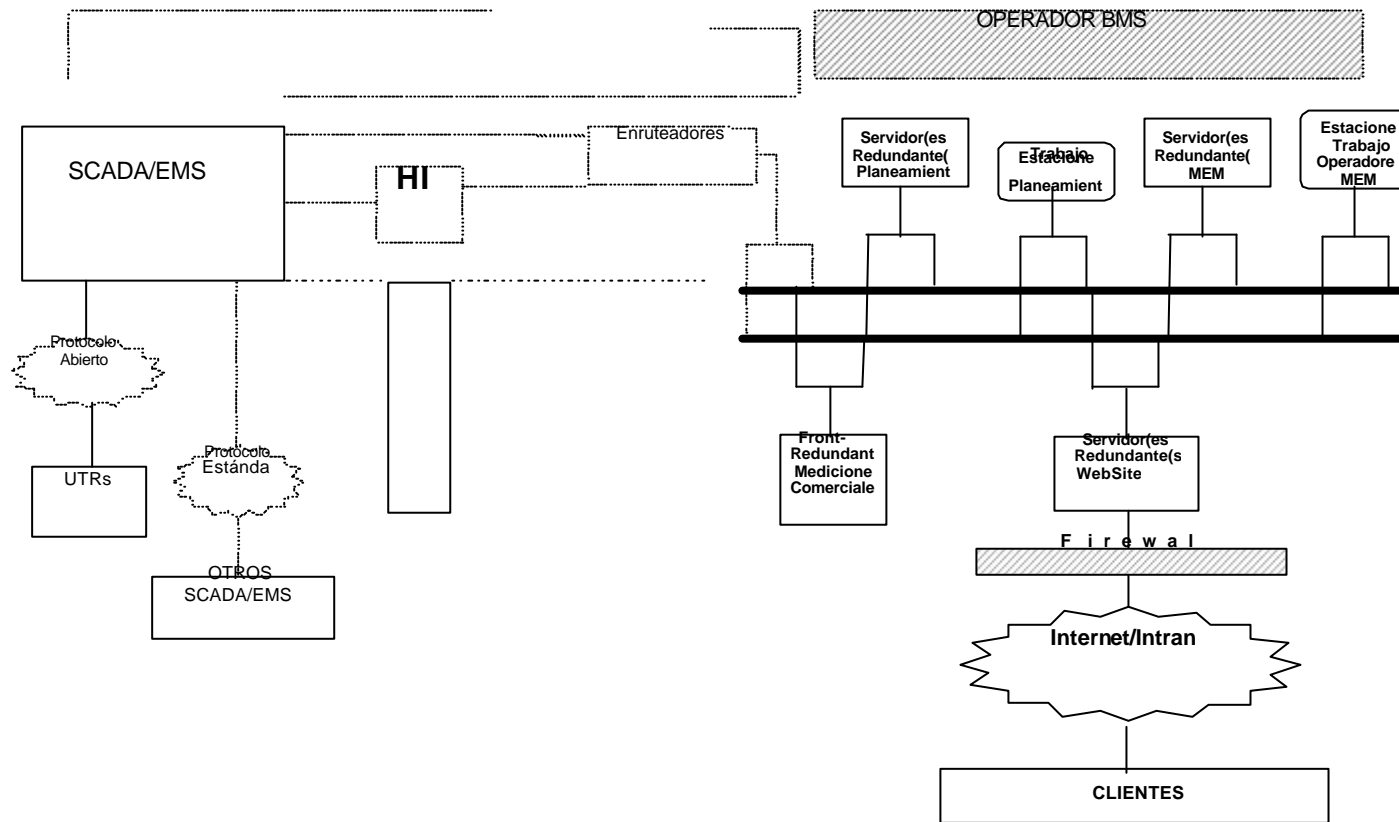


Figura2.4 Arquitectura Conceptual de Implementación



### 2.1.3 Sistemas SCADA y EMS

Un sistema SCADA (acrónimo de **S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**cquisition) es una infraestructura tecnológica que permite a un operador localizado en una estación central, monitorear y controlar varios procesos distribuidos. Gracias a esta funcionalidad, los beneficios de un sistema SCADA son más evidentes cuando el proceso o sistema ocupa una amplia zona geográfica, ya que las tareas de adquisición de datos, mantenimiento (a cierto nivel) y control se encuentran centralizadas.

En forma general, un sistema SCADA consiste de sensores y transductores que adquieren señales desde el proceso y son ingresadas a Unidades Terminales Remotas (UTRs), las mismas que a su vez se comunican con una estación central, donde se procesa esta información y es mostrada en estaciones de trabajo que ejecutan un programa de interfaz con el operador (Man-Machine Interface MMI). Su funcionalidad se complementa con la posibilidad de generar desde la estación central acciones de control en el proceso a través de las UTRs.

Los sistemas SCADA poseen características funcionales que varían ligeramente dependiendo del ámbito de aplicación, considerándose como componentes estándar los siguientes:

- Despliegue de la topología de red
- Control de dispositivos
- Adquisición de datos
- Monitoreo de límites
- Procesamiento de alarmas y eventos
- Secuencia de eventos
- Procesamiento de la topología de redes
- Reportes de control
- Registros de energía

Para ejecutar la Operación de Sistemas de Potencia, un sistema SCADA debe complementarse con una “funcionalidad adicional” que permita operarlos en términos de

seguridad, calidad y economía. En este contexto, los sistemas EMS constituyen una solución más completa que un SCADA, ya que proveen un set completo de funciones de aplicación para alcanzar dichos objetivos y que cubren las siguientes áreas:

- a) Planeamiento Energético.
- b) Control de la Producción.
- c) Monitoreo de red.
- d) Soporte de seguridad.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS SCADA/EMS**

### **2.2.1 Funcionalidad de los Sistemas SCADA**

**2.2.1.1 Supervisión Y Adquisición De Datos Del Proceso.** Esta funcionalidad permite realizar la lectura cíclica de las señales de proceso y actualización de esta información en una base de datos en las UTRs, el reporte de esta información a los computadores de comunicación de la estación central y el procesamiento de los datos adquiridos.

Existen tres tipos de señales que se adquieren del proceso: indicaciones (simples y dobles), mediciones analógicas, mediciones digitales y valores acumulados, a través de sensores/transductores tales como:

- Switches de fin de carrera.
- Relés de cambios de estado y alarmas.
- Sensores de corriente (4-20 mA) o de voltaje (0-5V) normalizados.

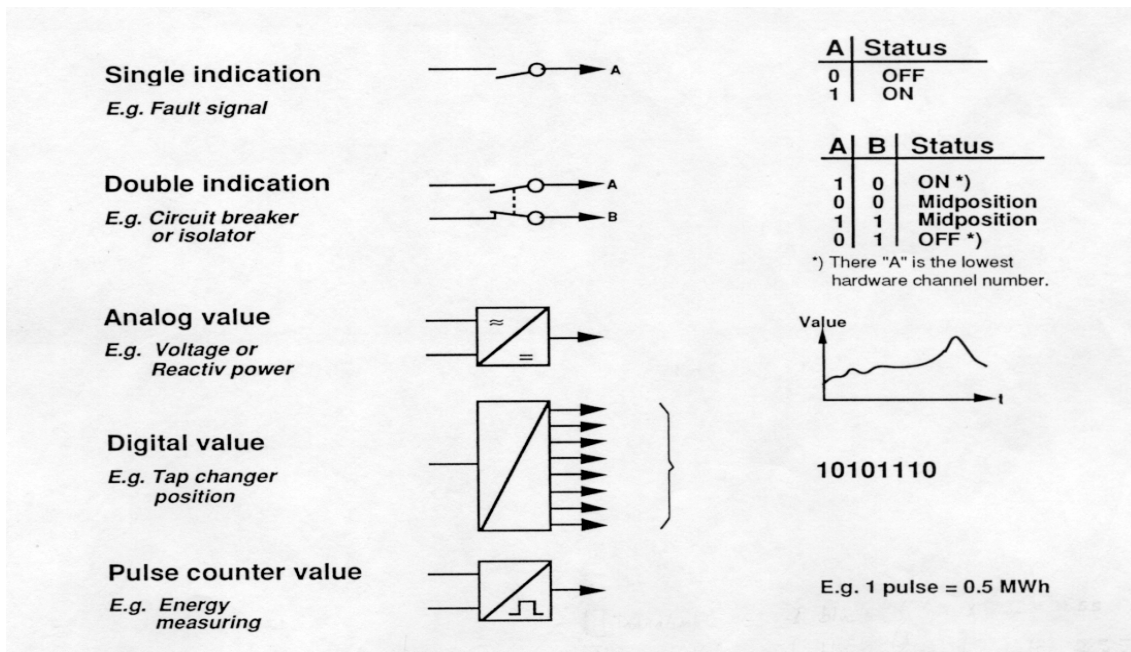


Figura 2.5 Señales del Proceso

**Indicaciones de Estado y Alarma.** Es la información de un objeto que tiene dos estados y pueden ser de dos tipos:

- **Simples:** determinan el estado de señales tales como: alarmas de transformadores, unidades de generación, y la posición de seccionadores.
- **Dobles:** correspondiente a dos señales, el ejemplo más común de este tipo de objetos es el disyuntor que tiene dos contactos auxiliares, uno abierto y otro cerrado; cuando el disyuntor está abierto, y viceversa cuando el disyuntor está cerrado. Bajo ciertas condiciones una posición intermedia del disyuntor puede causar problemas y será detectada por los relés auxiliares.

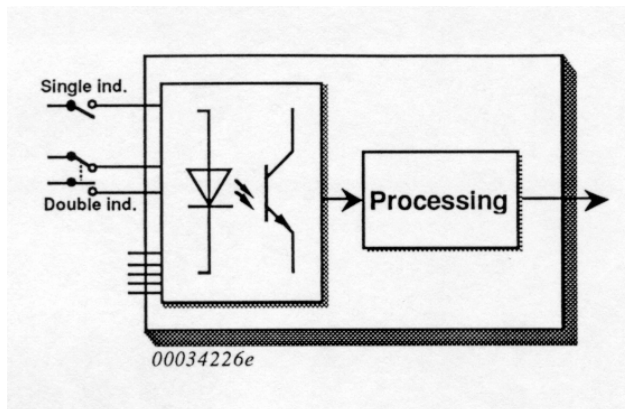


Figura 2.6 Adquisición de Indicaciones

Funciones:

- a) Registro cíclico interno que monitorea el estado de las entradas.
- b) Actualización de la base de datos ante la ocurrencia de un cambio en el proceso, rearranque de la UTR o una petición específica de actualización desde la estación central.
- c) Filtrado digital que valida el cambio de estado en una indicación después que expira un tiempo de filtrado<sup>2</sup>.
- d) Captura secuencial de estados que registra cambios transitorios en los elementos del proceso en la propia base de datos de la UTR<sup>3</sup>.
- e) Supresión de posiciones intermedias para el caso de indicaciones dobles, que inhibe el almacenamiento en la base de datos de la UTR en cambios transitorios.
- f) Protección de sobrecarga del procesador interno del equipo debido a la oscilación en una entrada<sup>4</sup>. (Figura 2.7)
- g) Registro secuencial de eventos (SOE) que permite almacenar cambios en los datos del proceso con resoluciones en el orden de milisegundos. Los eventos registrados pueden ser enviados a la estación central para ser ordenados y presentados en una lista con fines de auditoría operativa. La función del registro secuencial de eventos puede escogerse para indicaciones, valores análogos y digitales medidos. (Figura 2.8)

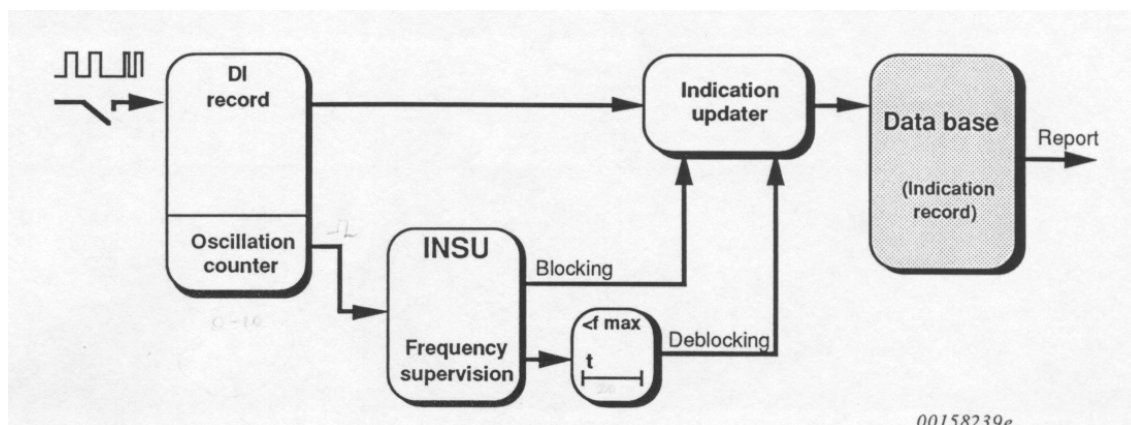


Figura 2.7 Protección de sobrecarga

<sup>2</sup> En el sistema SPIDER este tiempo de filtrado se encuentra en un rango de 1 a 127 ms.

<sup>3</sup> La Unidad Terminal Remota del Sistema SPIDER: (RTU400), puede almacenar hasta 3 cambios por indicación en un buffer tipo FIFO.

<sup>4</sup> En el sistema SPIDER la máxima frecuencia a la que puede oscilar una señal antes de ser bloqueada es de 1 Hz. Cuando la entrada (o entradas) deja de oscilar el sistema activa automáticamente la actualización de la base de datos.

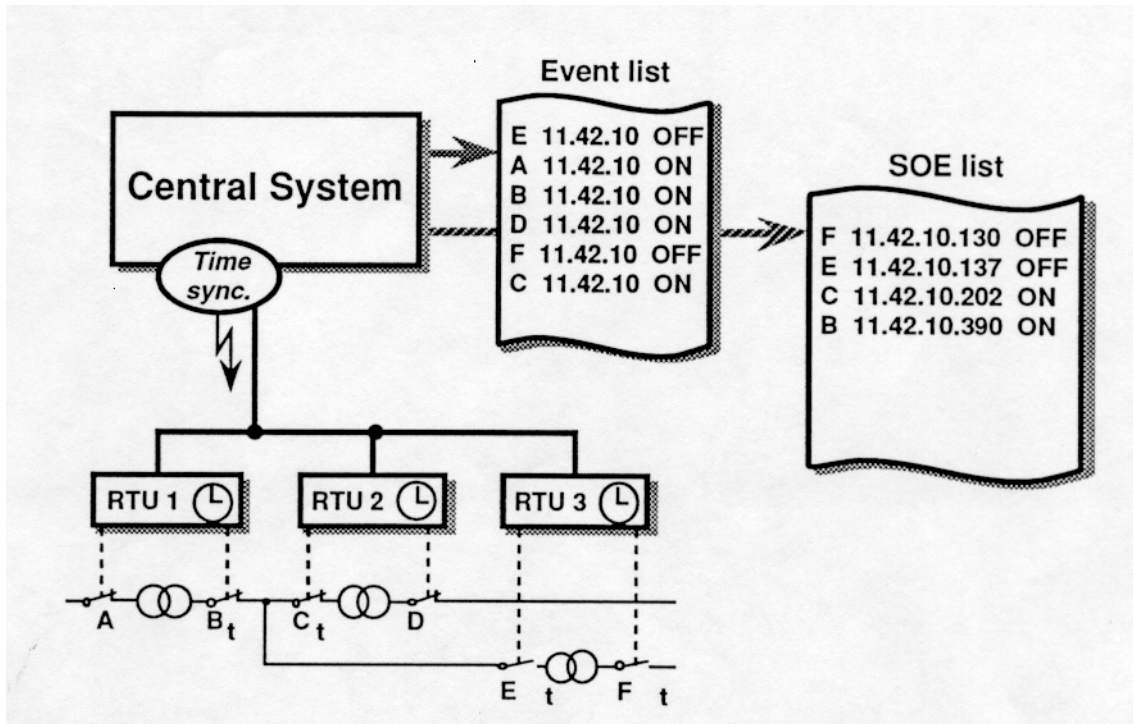


Figura 2.8 Registro secuencial de eventos

**Mediciones.** Caracterizan a señales de tipo analógicas, tales como: voltajes, corriente, nivel de reservorios, temperatura, etc. Las señales que proporcionan los transductores son valores normalizados y pueden ser:

- Voltaje DC (alta impedancia 0 a 20 V).
- Corriente DC (baja impedancia 0 a 20 mA,  $\pm 20$  mA, 4-20 mA).

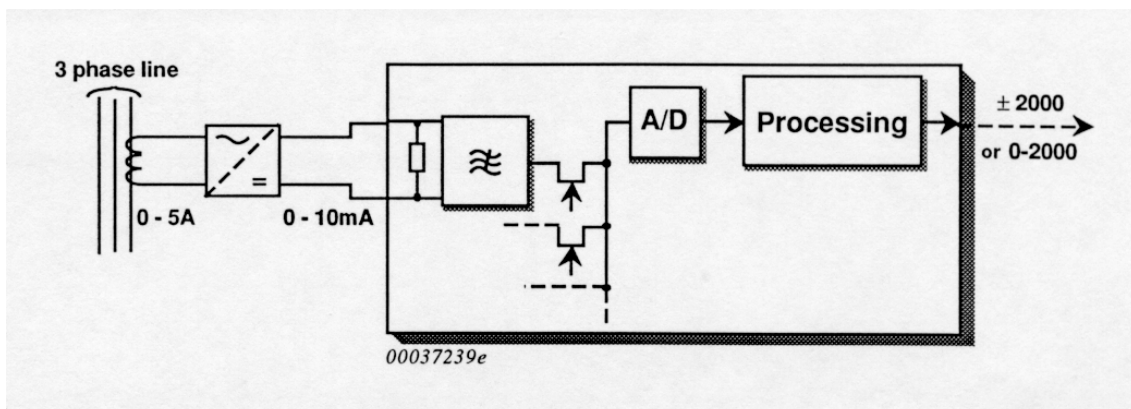


Figura 2.9 Adquisición de mediciones

Funciones:

- a) Conversión A/D.
- b) Selección del tiempo de muestreo (típico: 0,1 a 60 seg) y factor de ganancia.
- c) Filtrado digital para “suavizar” la señal de entrada. (Figura 2.10)
- d) Monitoreo de la banda muerta que permite comparar el valor actual y el anterior. Si la diferencia excede el valor de la banda, el nuevo valor se reporta a la estación central. (Figura 2.11)
- e) Supervisión de 4 límites, que constituye un tratamiento adicional para valores análogos. Si el valor de la entrada sobrepasa uno de los límites, se genera un mensaje a la estación central informando el evento. (Figura 2.12)
- f) Si un valor ha excedido un límite y comienza a regresar a la zona normal, el valor tiene que superar una histéresis predeterminada antes que el cambio sea considerado. La histéresis reduce la carga y el número de eventos que se reportan al computador de comunicaciones en la estación central. Dado que existen 4 límites, existen 4 zonas de histéresis (alto: alarma y alerta, bajo: alarma y alerta).
- g) Registro secuencial de eventos (SOE).
- h) Post Morten Review (PMR) que permite estudiar el comportamiento de un sistema eléctrico de potencia (o en general de una planta) asociado a una contingencia. Esto se consigue almacenando en la UTR la información del proceso, sin importar que los valores sobrepasen sus límites. Cuando se activa el PMR toda la información es transferida al computador de comunicación en la estación central para análisis posteriores. (Figura 2.13)

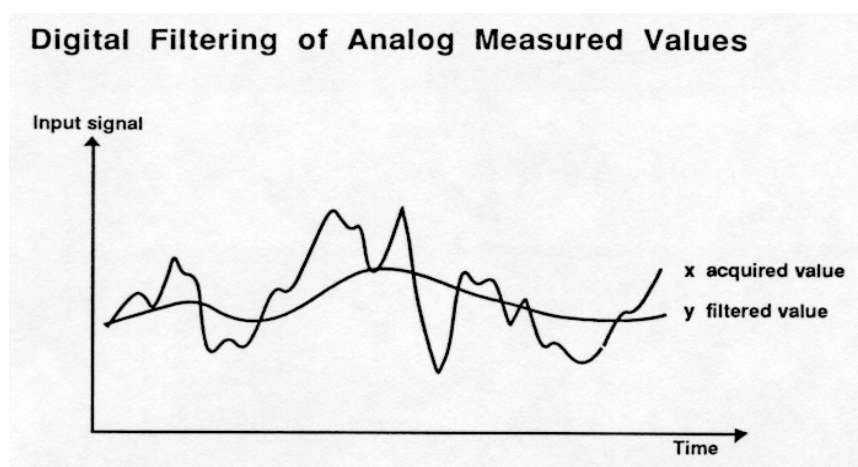


Figura 2.10 Filtrado digital

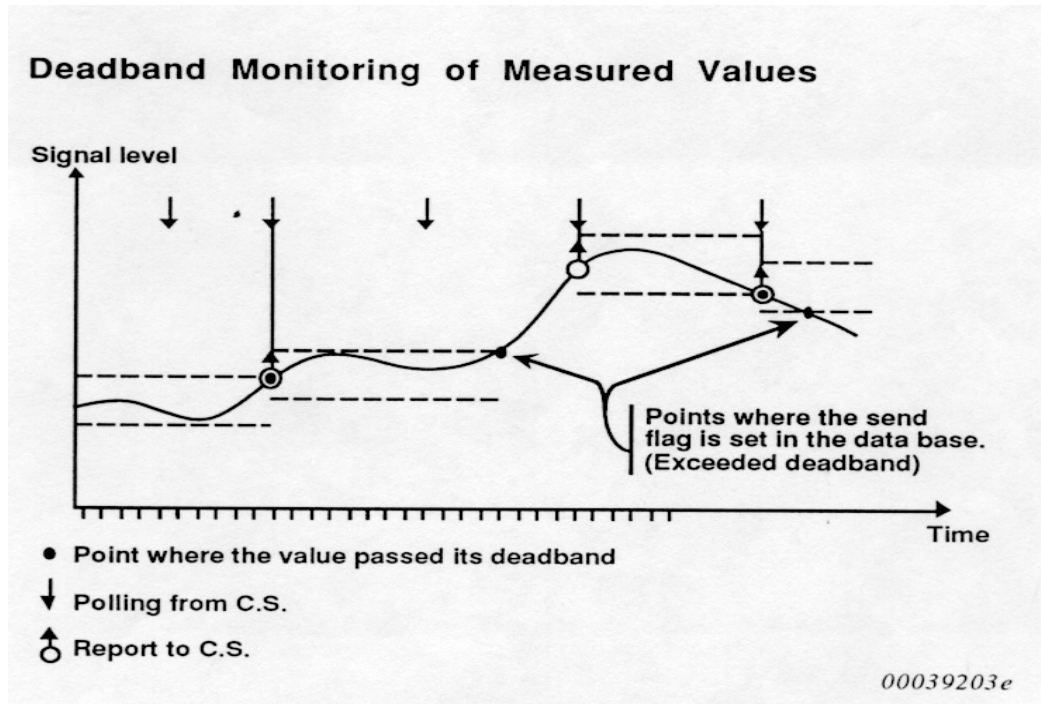


Figura 2.11 Monitoreo de banda muerta

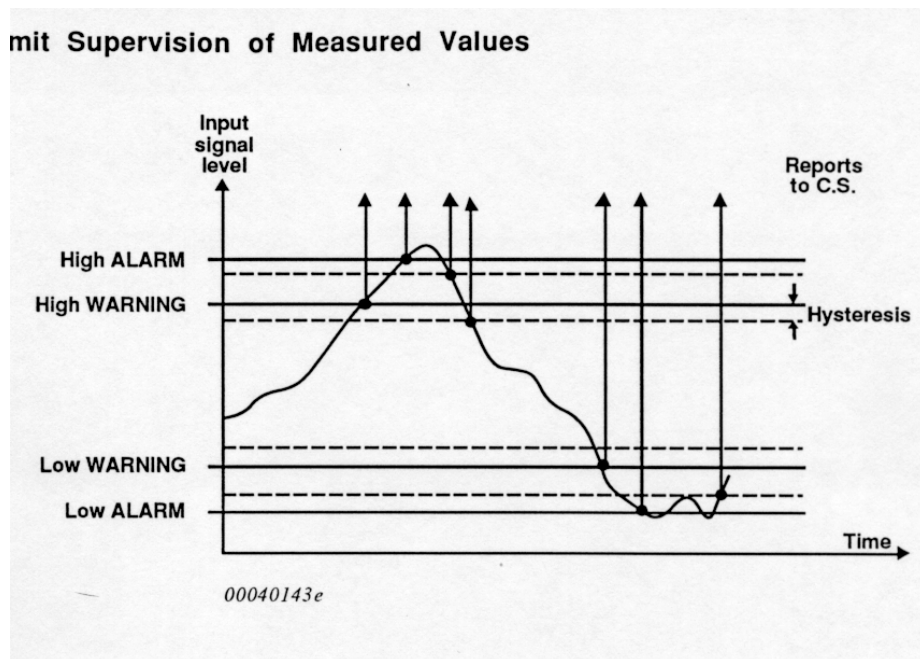


Figura 2.12 Supervisión de 4 límites

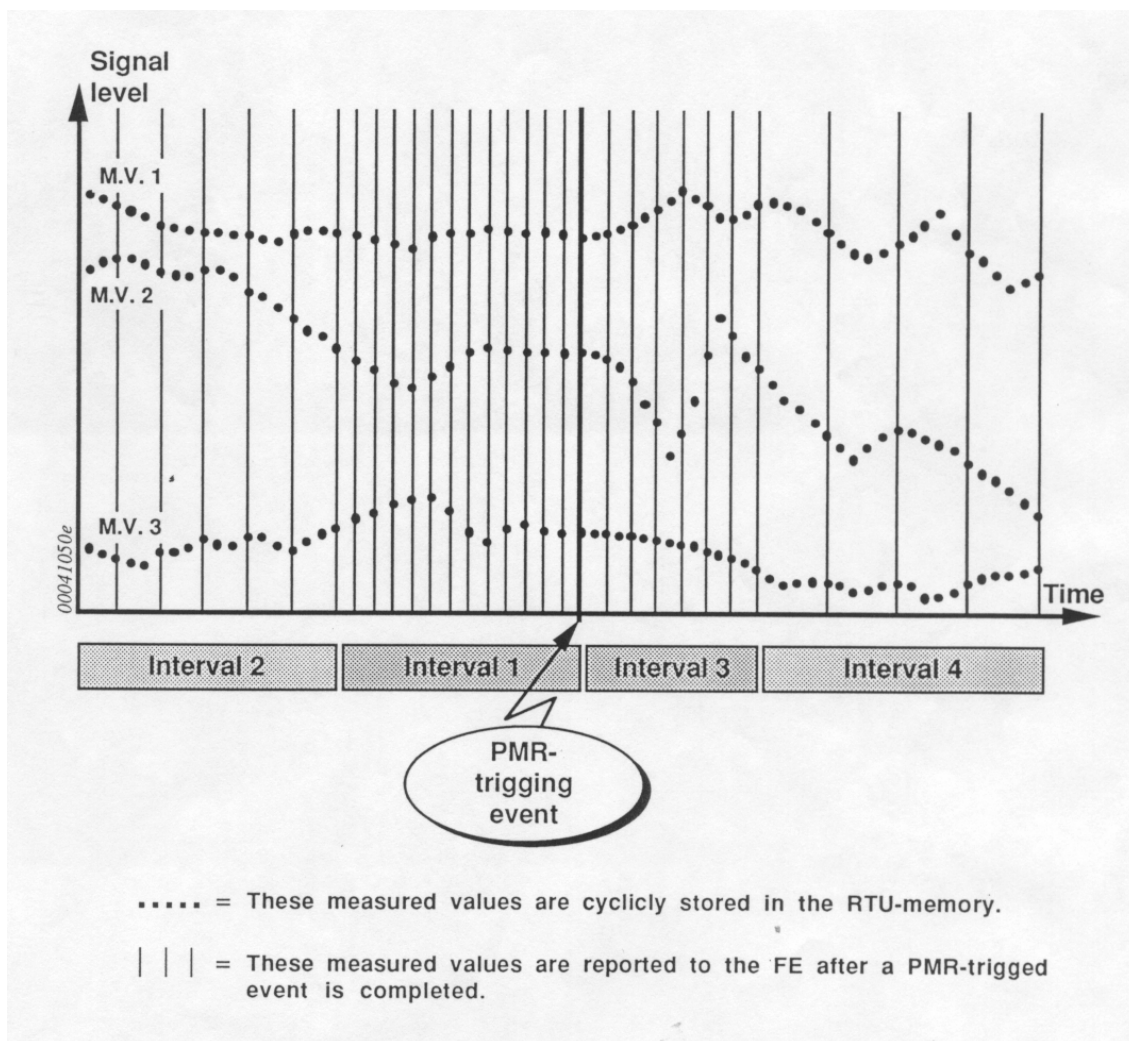


Figura 2.13 Post Morten Review

**Señales Digitales.** Estas señales son ingresadas a la UTR en “paquetes de 1s y 0s” que caracterizan señales tales como: la posición de los taps en transformadores, niveles de embalse en presas hidroeléctricas, etc.

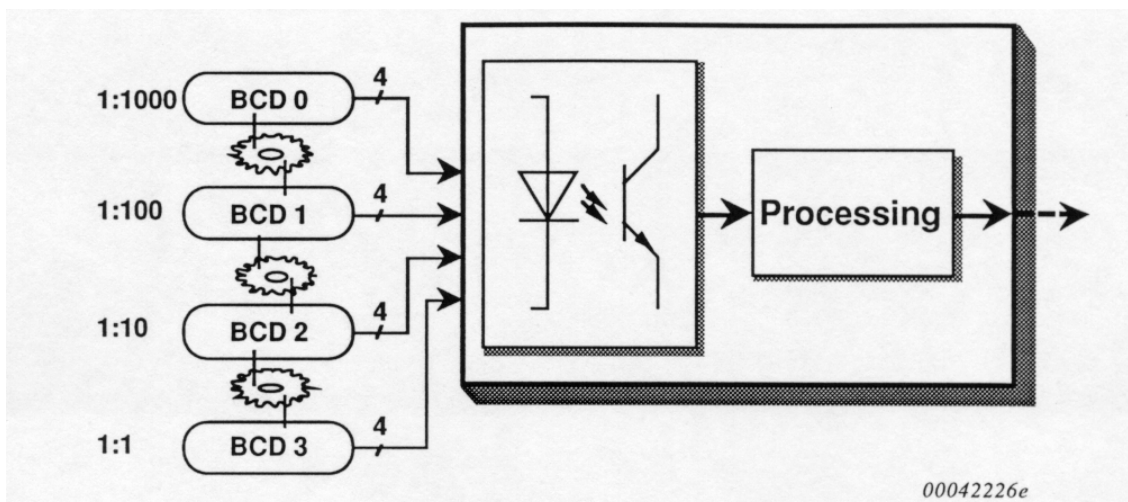
Estas señales ingresan a la UTR y son registradas cíclicamente. Cuando se detecta un cambio, se genera una interrupción interna para enviar un reporte a la estación central.

Funciones:

- Selección del tipo de formato de entrada (BCD o binario) y del intervalo de registro (scanning cycle).
- Monitoreo de banda muerta.



- c) Actualización en la base de datos de la UTR.
- d) Registro secuencial de eventos (SOE).



**Figura 2.14 Adquisición de señales digitales**

**Acumuladores de Energía.** Son señales que ingresan a tarjetas contadoras de pulsos en la UTR y que típicamente permiten cuantificar energía. Cada pulso corresponde a una determinada cantidad de vatios hora (Wh).

La lectura de los pulsos acumulados se realiza cuando termina un período de medición predefinido, instante en el cual se actualiza automáticamente la base de datos local y la información es marcada para transmitirse a la estación central.

Desde la estación central se pueden realizar el requerimiento de “lecturas intermedias” sin que esta acción reinicie el contador. Las UTRs además tienen la posibilidad de realizar el almacenamiento local de pulsos, en caso de falla en la comunicación.

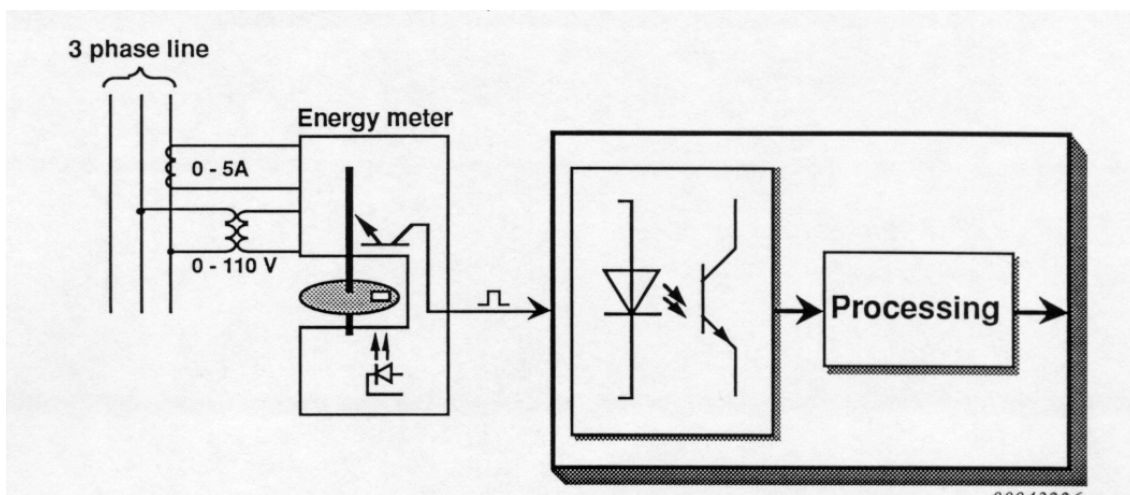


Figura 2.15 Adquisición de acumuladores de energía

Funciones:

- a) Registro cíclico (cyclic scanning).
- b) Acumulación de pulsos y lecturas intermedias y de final de periodo.
- c) Actualización en la base de datos.

**2.2.1.2 Sistema de Comunicaciones: UTRs - Estación Central.** La comunicación entre las UTRs y la estación central, normalmente se realiza a través de un computador de comunicaciones, en configuración redundante, denominado “front end”, que administra los canales de comunicación y hace que la estación central sea más eficiente en la adquisición de datos desde el proceso.

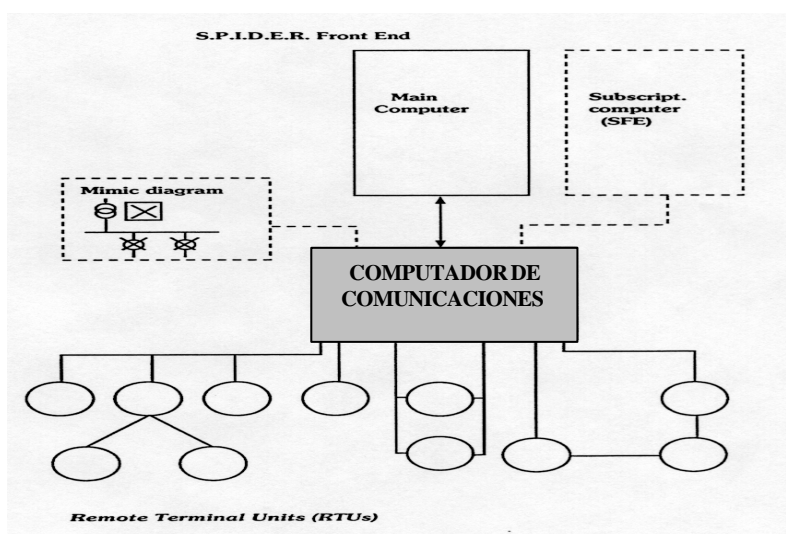


Figura 2.16 Sistema Front-end

**Comunicación Front End –UTRs.** Para la recolección de datos desde las UTRs, el front end ejecuta rutinas de llamado que utilizan varios tipos de requerimientos, que dependen de la prioridad de la información<sup>5</sup>. Los niveles de prioridad en los que se distribuye la información de una UTR, determinan el orden en que ésta será enviada.

El front end también ejecuta diagnósticos de los lazos y chequeo del estado de las líneas de comunicación, así como de los lazos de respaldo y sincronización de UTRs. Este sistema tiene la posibilidad de conmutar automáticamente la configuración de las líneas de comunicación, ante la ocurrencia de una falla en una ellas, a través de caminos alternativos (Figura 2.17).

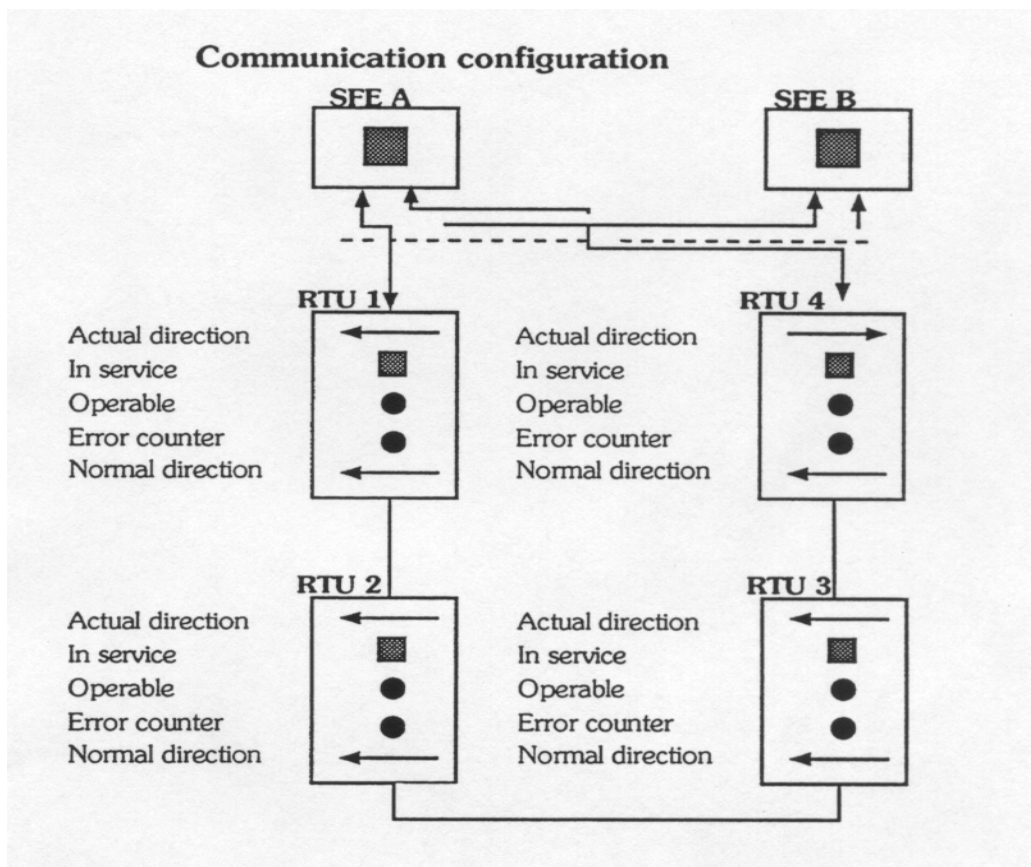


Figura 2.17 Reconfiguración de líneas de comunicación

<sup>5</sup> La ejecución normal de una rutina de llamado, puede ser interrumpida en forma temporal cuando se generan eventos tales como: ejecución de comandos o requerimientos de actualización de información desde la estación central.

El software residente en el front end dispone de una tabla de búsqueda, que contiene para cada línea de comunicación, información acerca de las UTRs conectadas, aquellas que están en servicio y el orden en que van a ser llamadas.

**Comunicación Front End –Computadores Principales.** El sistema Front End dispone de un módulo de actualización de base de datos, que recibe la información proveniente desde las UTRs en bytes. Para la actualización de su base de datos, las mediciones y pulsos son escalados a unidades de ingeniería (voltios, amperios, kilovatios, etc.).

Los datos residentes en la base de datos se envían al sistema de computación principal para su procesamiento, de acuerdo a esquemas de prioridad. Sin embargo, existe cierto tipo de información que proviene desde el proceso y que ingresa directamente al computador principal, tal como: mensajes de estado de UTRs, mensajes de eventos y de diagnósticos.

Por razones de disponibilidad, un sistema SCADA tiene una arquitectura redundante tanto de computadores front end como de computadores principales, la misma que puede establecer reconfiguraciones automáticas ante la indisponibilidad de uno de los equipos. (Figura 2.18)

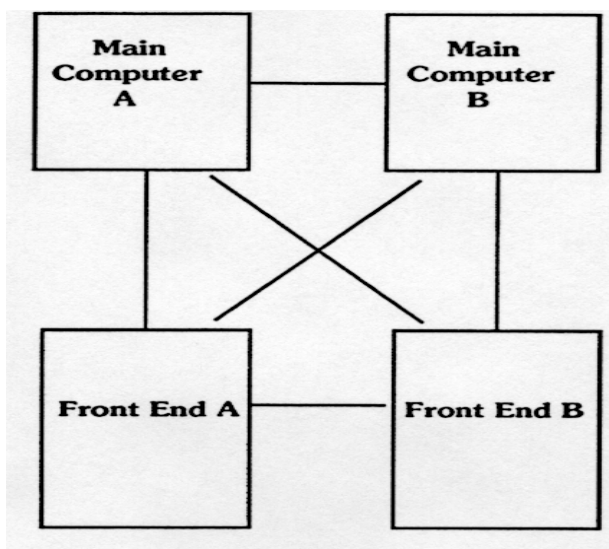


Figura 2.18 Configuración front end – computadores principales

**2.2.1.3 Control del Proceso.** El control del proceso se realiza mediante comandos ejecutados desde el sistema central, a través de las mismas UTRs. Esta acción de control se realiza de acuerdo a las siguientes condiciones:

- La consola y el operador tienen asignada la autoridad necesaria para ejecutar la operación.
- El objeto a controlar no tiene una definición de “*bloqueado*” en la base de datos.
- No se encuentran en progreso otras acciones de control sobre el mismo objeto.
- La UTR y la línea de comunicaciones asociada están operables.
- Un comando de set point es contrastado con los valores límites permisibles.
- Para acciones de raise/lower el objeto tiene definido el modo de “control remoto”

A todas las acciones de control que se ejecutan desde la estación central se asigna una numeración de secuencia y monitorización del tiempo para evitar confusiones de las diferentes respuestas que se generen.

Las funciones de control que se ejecutan a través de las UTRs, pueden ser:

**Comandos.** Existen dos clases de comandos:

- Comandos ON/OFF en objetos de dos estados físicos. Esta función es aplicada a apertura/cierre de disyuntores, arranque/parada de unidades de generación, selección de regulación manual/automática para taps en transformadores.
- Comandos RAISE/LOWER mediante pulsos de regulación. Esta función es aplicada al control de MW/Mvar de unidades de generación y de subida/bajada de cambiadores de taps.

**Valores Consigna (set point's).** Esta función se puede iniciar desde la consola del Operador o desde un programa de Control de Generación. Localmente en la UTR, existe el hardware que ejecuta un lazo de control PID para ejecutar esta funcionalidad. Este tipo de control permite manejar la generación de potencia activa y reactiva en unidades de generación.

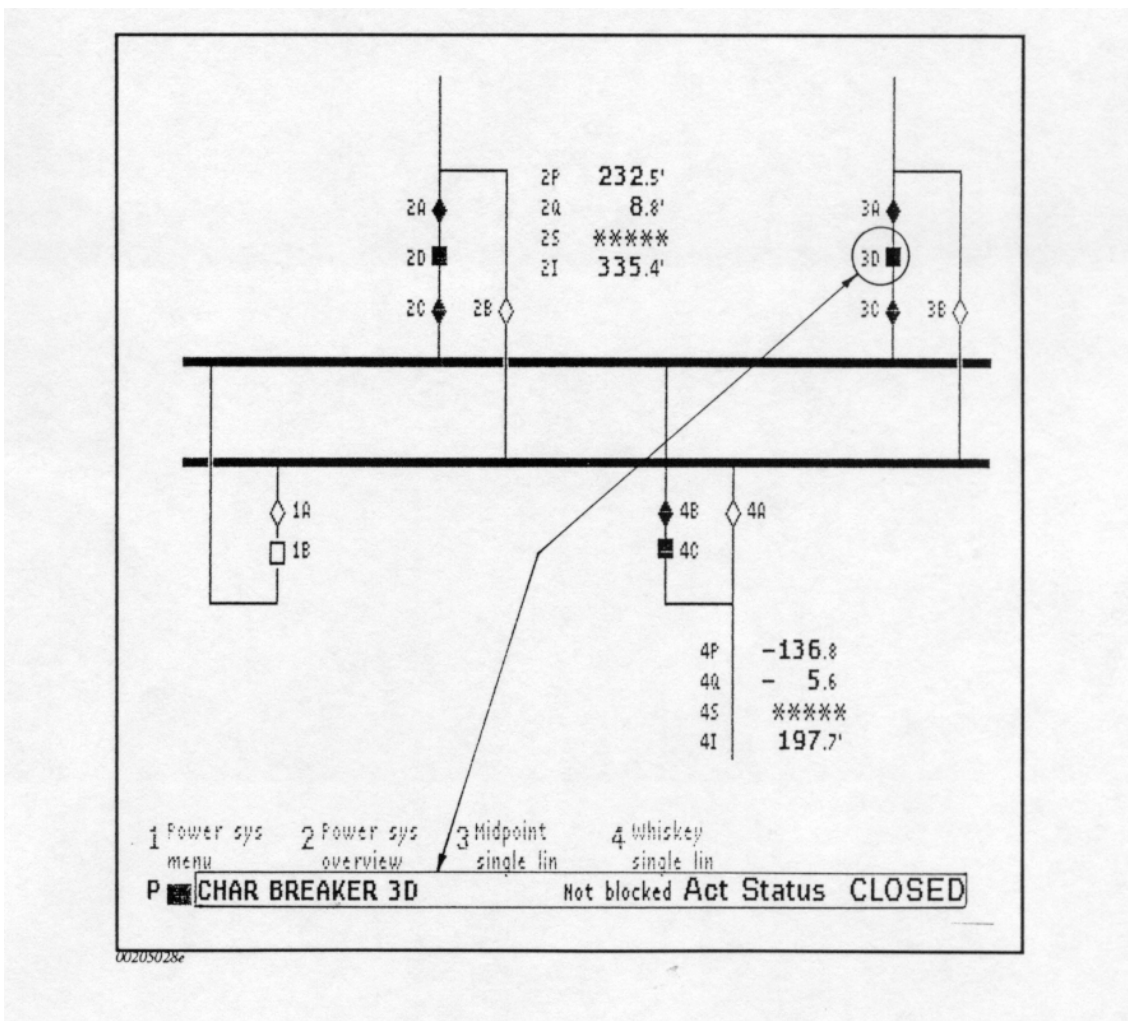


Figura 2.19 Interfaz para acciones de control

### 2.2.1.4 Procesamiento de Eventos y de Información Histórica

**Procesamiento de Eventos.** El sistema SCADA posee funciones de procesamiento para los eventos del sistema de potencia y de su propio sistema de control, que son activadas bajo condiciones tales como:

- a) Intercambio de datos con el proceso, cuando se presenta un evento en el sistema de potencia.
- b) Comunicación hombre- máquina, cuando el operador ejecuta una acción de control sobre el sistema de potencia y/o sistema de control.
- c) Cálculos, cuando el resultado de un cálculo obtenido sobrepasa límites predefinidos.

Los eventos son agrupados y almacenados de acuerdo a su naturaleza en diferentes sublistas de eventos/alarmas (Figura 2.20). El procesamiento de eventos incluye también la posibilidad de ejecutar registros automáticos de impresión y la activación de alarmas audibles.

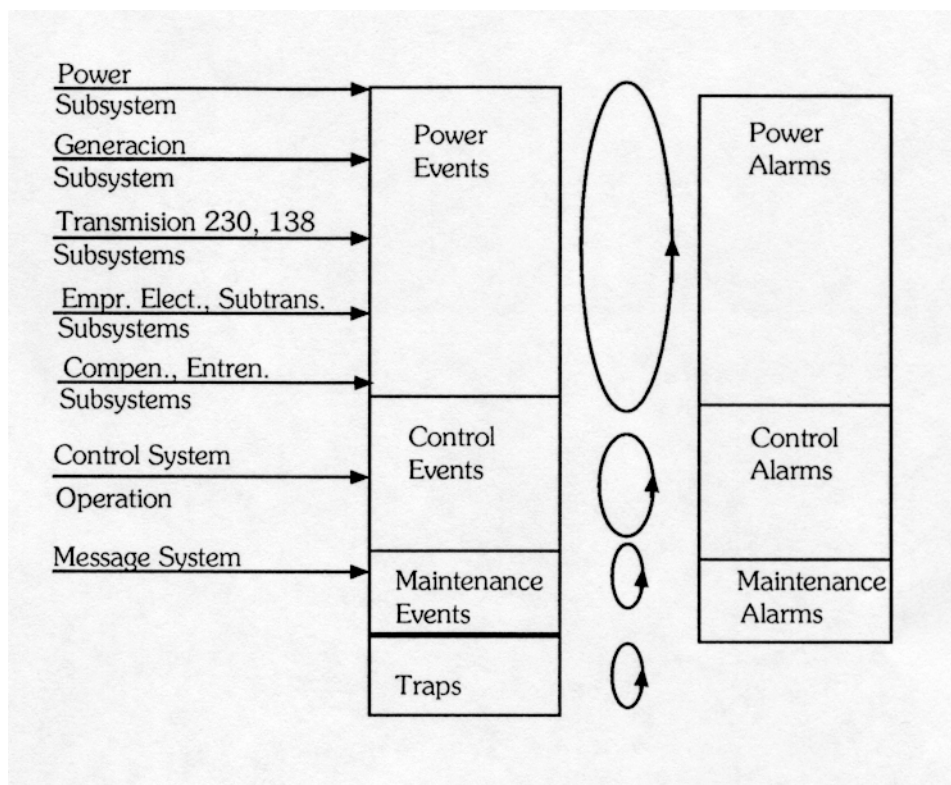


Figura 2.20 Sublistas de eventos/alarmas

**Información Histórica.** Los datos históricos son almacenados en una base de datos específica (time tagged database o HIS), mediante grupos previamente definidos (TTD groups o snapshot). Cada grupo está definido por un set de parámetros tales como: a) Catálogos de tiempo que definen los rangos de tiempo y la resolución, y b) los Catálogos de valores e items. Estos parámetros definen instancias y propiedades específicas de la base de datos de tiempo real.

Los grupos TTD tienen características circulares, de la manera que los valores antiguos sean reemplazados por valores nuevos, optimizando así el esquema de almacenamiento de información.

## 2.3 SISTEMA DE MANEJO DE ENERGÍA (EMS)

### 2.3.1 Introducción

En el sistema central se tiene instalado un conjunto de funciones de software para ejecutar las funciones EMS del centro de control (Figura 2.21). Las nuevas tendencias están basadas en un diseño modular, que combinado con el sistema de arquitectura abierta permite posteriores expansiones y actualizaciones.

Esta sección realiza una descripción de un conjunto de funciones típicas de un sistema EMS, en la que se detalla aspectos funcionales de los programas de aplicación (funciones de aplicación), que en definitiva es la parte del software que permite el procesamiento de los datos que se adquieren desde el sistema de potencia, previa a su presentación en las estaciones de trabajo.

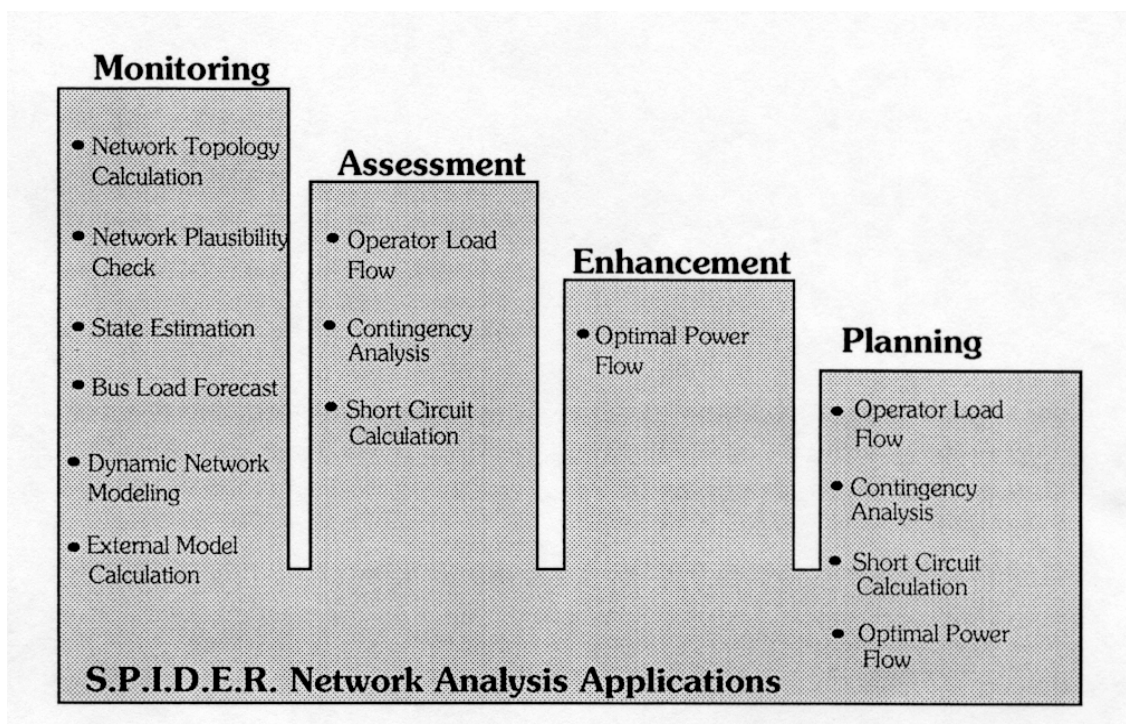


Figura 2.21 Visión general de las funciones de aplicación (SPIDER)



### 2.3.2 Funcionalidad SCADA/EMS

Típicamente el software de un sistema EMS está conformado de los siguientes grupos:

- a) *Sistema operativo.*- Consiste de un programa de administración en tiempo real, el cual asigna los recursos del computador en términos de memoria y tiempo de ejecución; maneja la comunicación con periféricos y soporta el software para mantenimiento y aplicaciones.
- b) *Sistema de base de datos.*- En el sistema de base de datos de tiempo real se definen tanto los datos del sistema de potencia como de control.  
Los datos históricos se almacenan en una “base de datos específica”. Adicionalmente el sistema EMS dispone de una base de datos de estudio con propósitos de ensayos y simulación.
- c) *Software EMS.*- Organizado en un conjunto de funciones de aplicación asociadas al procesamiento de la información que proviene del sistema de potencia. Cada función está implementada en un programa que interactúa con la base de datos.  
En el caso del CENACE, las aplicaciones EMS están diseñadas e implementadas en un **Módulo de Análisis de Red** que incluyen funciones de monitoreo, análisis y seguridad.
- d) *Software SCADA.*- El software SCADA contiene las funciones básicas de supervisión y control, tales como: adquisición de datos, procesamiento de eventos, comunicación hombre-máquina, control del sistema de potencia y supervisión del sistema de control.

Los programas son agrupados en entidades funcionales, donde cada módulo se identifica con una letra, como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 2.1 Módulos de programas SCADA**

<b>Módulo</b>	<b>Descripción</b>
A	Base de datos en tiempo real
B	Intercambio de datos con el proceso
C	Procesamiento de eventos
D	Interfaz hombre máquina
E	Reportes de información
G	Supervisión del sistema de control
H	Generación y mantenimiento de la base de datos
J	Enlace entre computadores
K	Cálculos
T	Procesamiento de datos históricos

- e) *Software con propósitos de diagnóstico.-* consiste de un conjunto de programas diseñados para identificar y aislar fallas de hardware, de programas o de información (sistema operativo y aplicaciones)
- f) *Software de mantenimiento y desarrollo.-* comprende un conjunto de herramientas para el mantenimiento del software existente, tales como: editores, compiladores, ensambladores, etc.
- g) *Software para el mantenimiento y generación de base de datos.-* Los cambios, actualizaciones y trabajos de expansión en el sistema de potencia, tienen asociados procesos de generación y mantenimiento de base de datos que tienen el soporte de un software de ingeniería de datos (Data Engineering software).

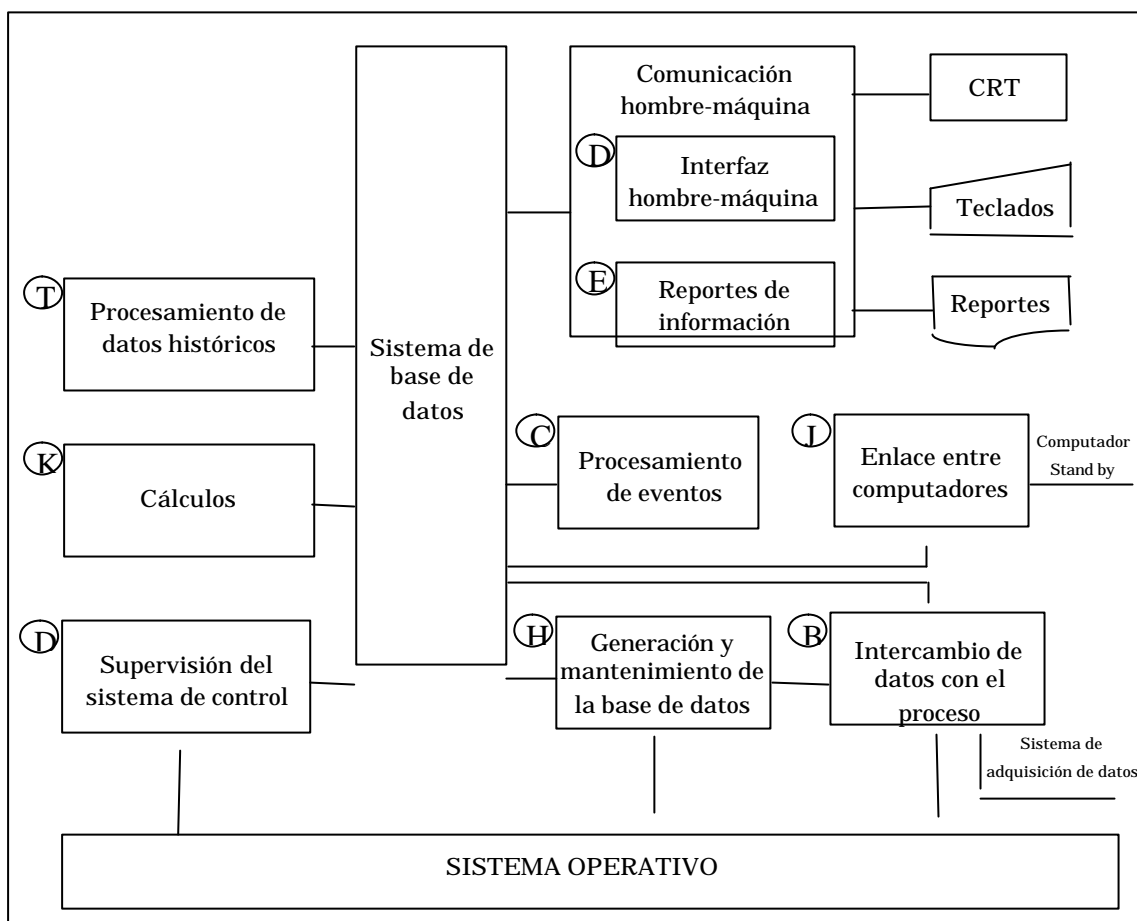


Figura 2.22 Diseño modular del software

### 2.3.3 Módulo de Análisis de Red.

Comprende un conjunto de aplicaciones clasificadas en dos grupos:

- a) Funciones de monitoreo.- con el propósito de generar y actualizar un modelo de red del sistema de potencia consistente y confiable. Las funciones de este grupo son:
  - Cálculo topológico de Red (Network Topology Calculation).
  - Chequeo de Razonabilidad (Network Plausibility Check).
  - Estimador de Estado (State Estimator).
  - Pronóstico de Carga en Barras (Bus Load Forecast).
  - Modelación Dinámica de Red (Dynamic Network Modeling).

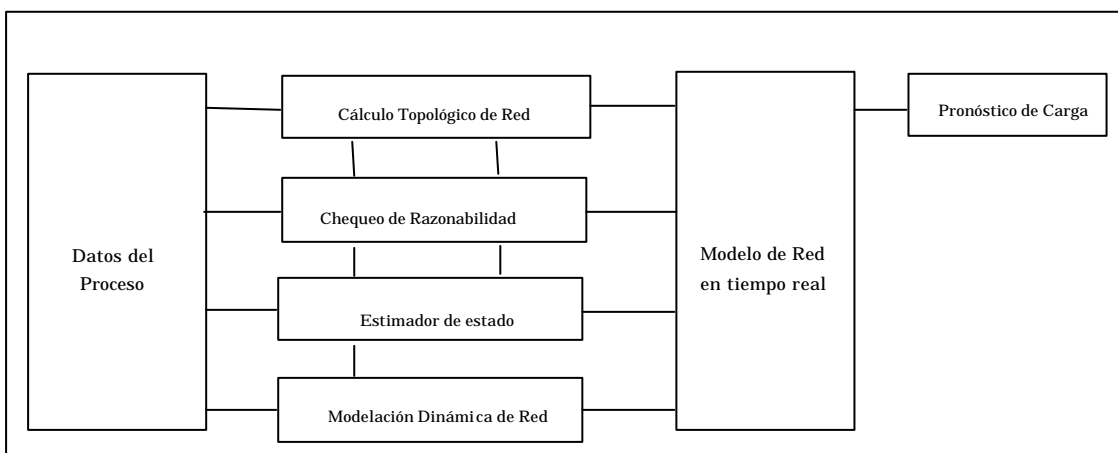
- b) Función para Análisis y Seguridad.- Esta función permite evaluar la seguridad en la operación del sistema de potencia. Esta es el flujo de potencia del operador (Operator Load Flow).

**2.3.3.1 Secuencias de Control de las Aplicaciones.** Las funciones que se ejecutan en tiempo real y aquellas que se ejecutan en modo de estudio, son controladas de tal manera que tengan diferentes tipos de inicialización:

- Ejecución cíclica.
- Ejecución como consecuencia de un evento.
- Ejecución manual.
- Ejecución secuencial.

Es posible que una función se inicialice usando una combinación de estas técnicas. Sin embargo, todas las funciones tienen la opción de inicializarse manualmente mediante un despliegue que se presenta en línea al operador.

**2.3.3.2 Secuencia de Analisis de Red en Tiempo Real.** En la operación del sistema de potencia, las aplicaciones trabajan sobre la base de datos de tiempo real. El orden de ejecución se encuentra ilustrado en la figura 2.23.

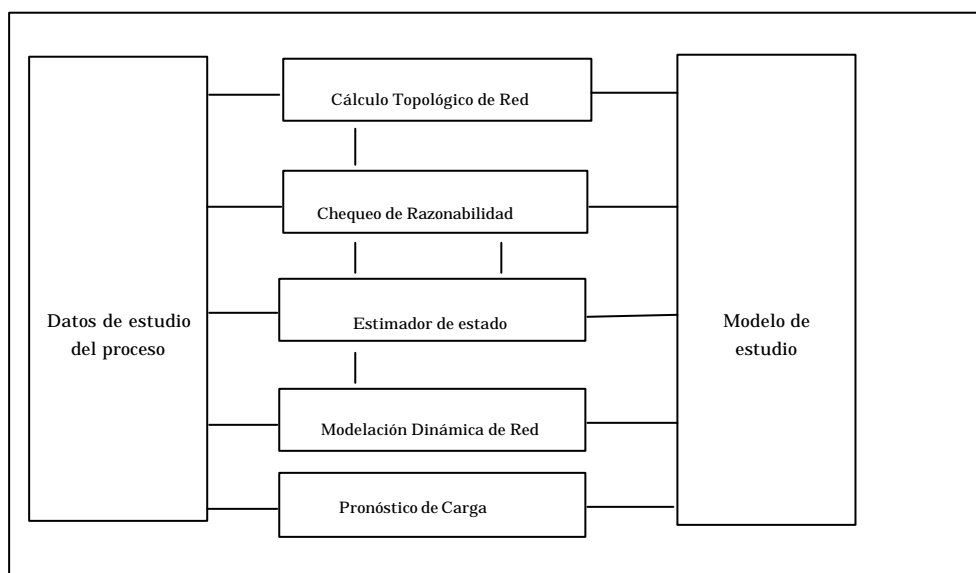


**Figura 2.23** Secuencia del análisis de red en tiempo real

La función del cálculo topológico de red -NTC- (network topology calculation) se ejecuta automáticamente cuando se produce un evento en el sistema de potencia, que cambie su topología (p.e. abrir un disyuntor), mientras que la función de chequeo de razonabilidad NPC (network plausibility check) se ejecuta automáticamente en forma cíclica y en secuencia con la primera función.

El estimador de estado (state estimator), se ejecuta en forma cíclica y recalcula el estado del sistema de potencia, en caso que se haya producido cambios significativos desde la última vez que se ejecutó. El estimador de estado -SE- se ejecuta automáticamente en secuencia con las funciones NTC y NPC, después de un evento en el sistema de potencia. La función de pronóstico de carga -BLF- (bus load forecast) se ejecuta automáticamente en forma cíclica en forma horaria.

**2.3.3.3 Secuencia del Análisis de Red en Modo de Estudio.** Para evaluar determinadas condiciones de operación del sistema de potencia, el operador tiene a su disposición un entorno de estudio, donde se pueden ejecutar acciones sin afectar la operación en tiempo real del sistema. En este entorno, las funciones NTC, NPC, SE y BLF son aplicadas sobre el modelo de estudio definido por el operador.



**Figura 2.24** Secuencia de análisis en modo de estudio

## 2.4 ARQUITECTURA – SISTEMA SCADA/EMS

### 2.4.1 Estructura de los Sistemas SCADA/EMS

Un sistema SCADA/EMS desde un punto de vista genérico está estructurado en tres subsistemas:

1. Subsistema de Adquisición de Datos: conformado por:
  - Una Unidad Terminal Remota en cada subestación que recolecta información y ejecuta en sitio las funciones definidas desde el sistema central.
  - Un sistema de computadores frontales (front end), que recogen la información que envían las UTRs.
  - El sistema de comunicaciones que enlaza el sistema front end y las UTRs.
2. Subsistema de Computación: provisto de computadores de procesamiento o de aplicaciones, computadores para mantenimiento de software, controladores de comunicaciones e interfaces de red.
3. Subsistema Interfaz hombre-máquina: equipado con estaciones de trabajo provistas de unidades de vídeo de alta resolución y periféricos que facilitan la presentación de datos, despliegues e información de los sistemas de potencia y de control.

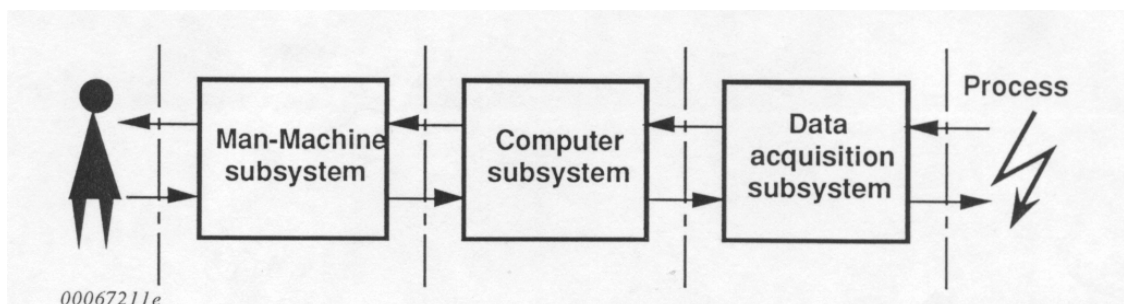


Figura 2.25 Subsistemas SCADA/EMS

## 2.4.2 Subsistema de Adquisición de Datos

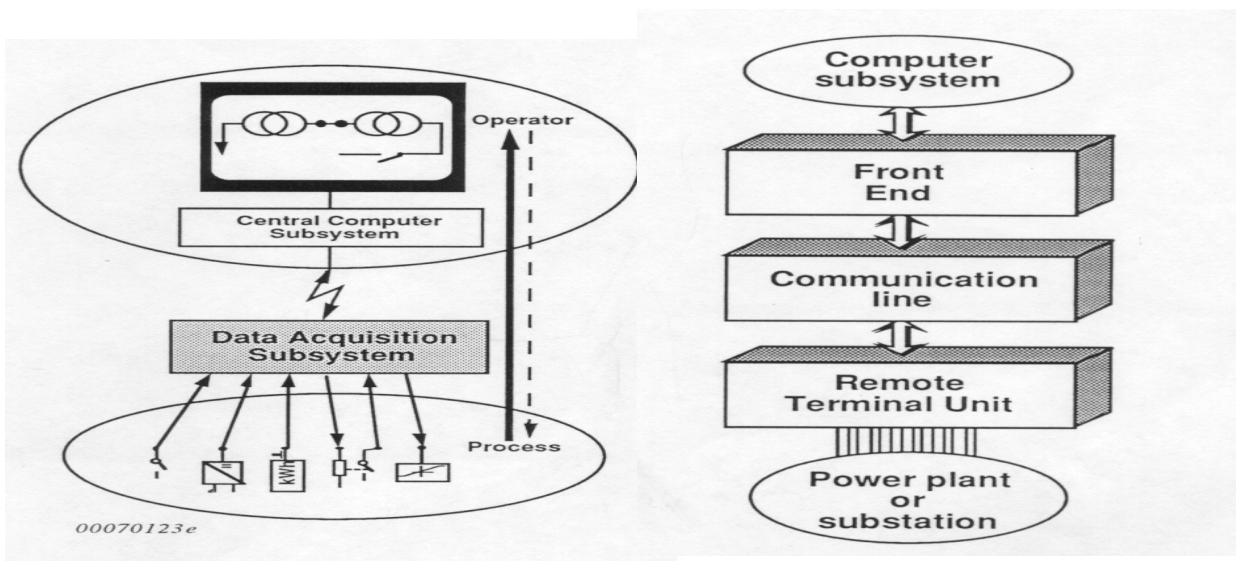


Figura 2.26 Subsistemas de adquisición de datos

**2.4.2.1 Unidades Terminales Remotas (UTRS).** Corresponde al equipamiento instalado en el proceso que ejecuta la adquisición de información, las acciones de control y de comunicación con la estación central. Está diseñado para operar con altos niveles de disponibilidad, bajo condiciones ambientales y eléctricas severas.

Su diseño debe ser modular a fin de brindar flexibilidad y capacidad de expansión; conforme varíen los requerimientos específicos de cada subestación.

El hardware de una UTR consta de:

1. Parte general: contiene la fuente de poder, tarjeta de microprocesador, tarjetas de memoria, tarjetas de expansión de buses de datos.
2. Parte específica: contiene las tarjetas para entradas, tarjetas de contadores y las tarjetas de salida.

La figura 2.27 ilustra la arquitectura de una UTR-400.

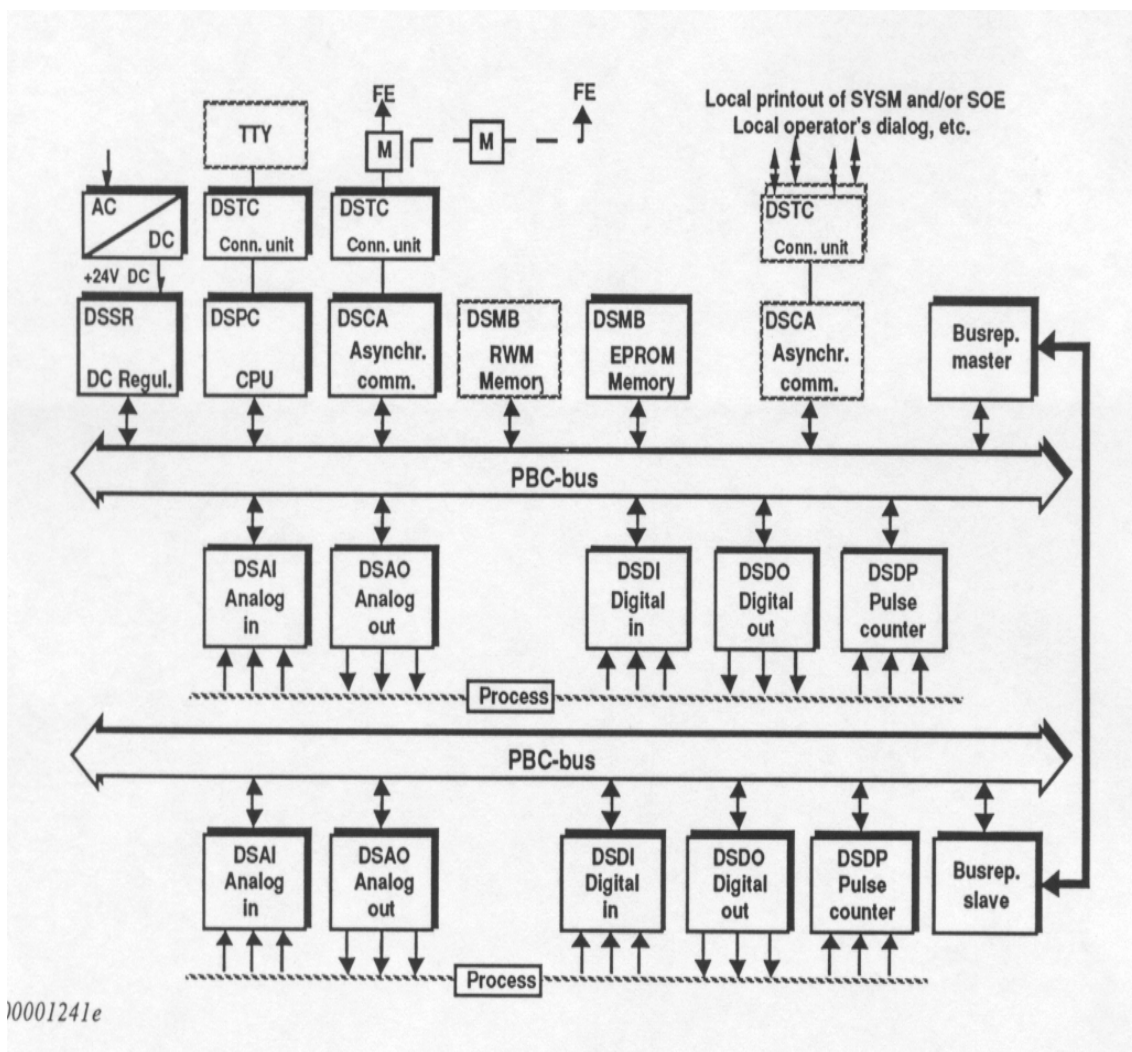


Figura 2.27 Arquitectura de una UTR (sistema RTU 400)

**Red De Comunicaciones.** El sistema de comunicaciones enlaza el proceso con el sistema front end ubicado en la estación central. Las características de la red de comunicaciones dependen de la tecnología empleada, así:

1. Sistema PLC (Power Line Carrier): utiliza el sistema de transmisión de potencia para incorporar equipos de radio frecuencia en la comunicación de datos. Este sistema es utilizado también con otros propósitos: comunicación de voz y manejo de señales de teleprotección.

Este sistema soporta niveles de transmisión de datos alrededor de 19200 bps. La señal modulada en frecuencia (30-500 kHz) se conecta a la línea de potencia a través de capacitores de alto voltaje. Para reducir pérdidas y la interferencia con



otros sistemas PLC, se utilizan bobinas a fin de establecer la direccionalidad de la señal (trampas de onda).

Los niveles de confiabilidad de los enlaces PLC son altos, sin embargo su disponibilidad depende en muchos de los casos de las actividades de mantenimiento sobre las líneas de transmisión.

2. Sistema de cableado, diseñado con características de gran fortaleza mecánica y de apantallamiento de campos electromagnéticos. A través de este medio se puede conseguir transmisión full duplex a velocidades superiores a 19200 bps.

Técnicamente los problemas que enfrenta este sistema son el ruido y la interferencia. Actualmente algunos sistemas han solucionado estos inconvenientes con el uso de fibra óptica<sup>6</sup> sobre los mismos sistemas de transmisión de potencia.

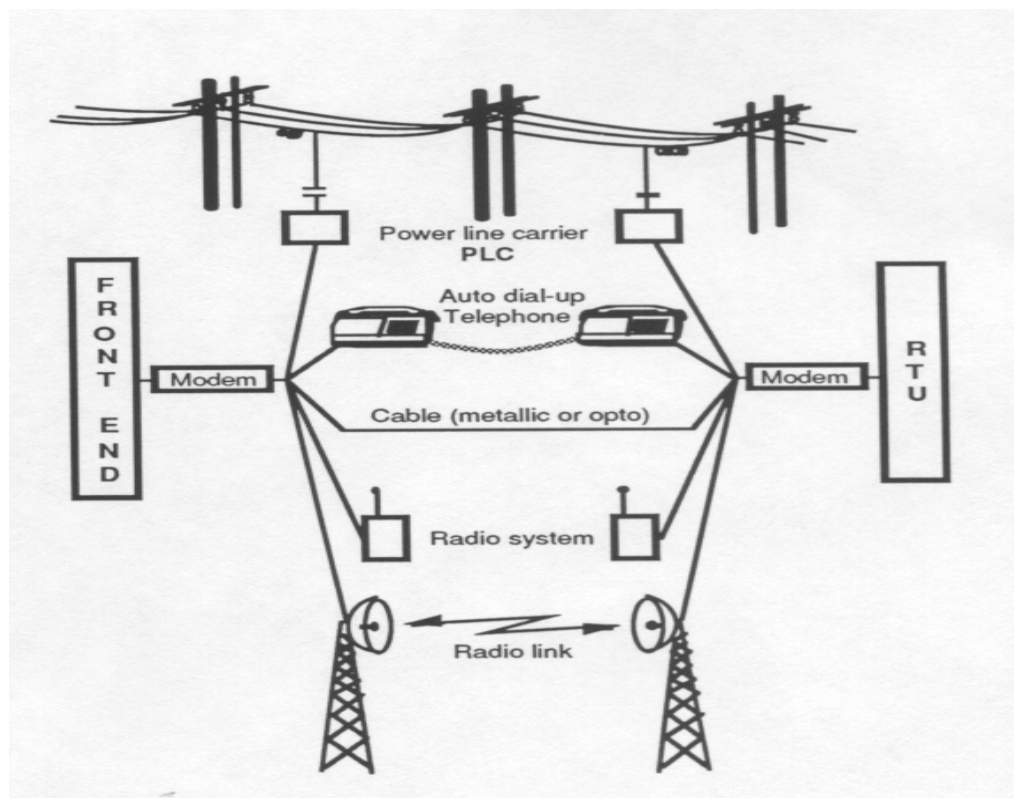


Figura 2.28 Medios de comunicación.

<sup>6</sup> La fibra óptica dispone de un ancho de banda en el orden de 500 MHz.

3. Enlaces de Radio, utilizados para la comunicación en grandes distancias (100-200 Km) y que presenta la ventaja de ser físicamente independiente del sistema de transmisión de potencia. Su costo es menor que el sistema cableado por fibra óptica y funcionalmente es muy flexible para propósitos de expansión.

La implantación de este sistema exige la planificación de un esquema de frecuencias. Físicamente los equipos deben estar dispuestos con “línea de vista”, lo que obliga a ubicarlos en muchos casos en lugares de difícil acceso.

4. Enlace Microondas, utilizado para la comunicación en grandes distancias y que además de la comunicación de datos, soporta voz e imágenes. Este sistema utiliza líneas de vista directas entre antenas. En algunos sistemas las microondas son implantadas en combinación con el sistema PLC (power line carrier), con fines de respaldo.
5. Enlaces satelitales, que tecnológicamente es una variante del sistema de radio, con la ventaja que maneja una mayor capacidad de canales de comunicación y tiene un área de cobertura geográfica considerablemente grande.
6. Enlaces telefónicos, que deben contratarse con la compañía de telecomunicaciones local y que manejan velocidades de comunicación similares al sistema PLC.

**Tipos de Configuración.** Las UTRs pueden incorporarse al sistema de adquisición de datos en diferentes configuraciones:

- Configuración punto – punto: donde una línea de comunicaciones tiene asociada una UTR.
- Configuración serie: a través de una línea de comunicaciones se conectan varias UTRs en cascada.
- Configuración multi-drop: donde se conectan en paralelo varias UTRs a la misma línea.
- Configuración estrella: donde el front end establece una comunicación punto-a punto con cada una de las UTRs. Este modo ofrece un alto nivel de seguridad ante

la ocurrencia de disturbios operacionales, pues si el enlace con una unidad falla, las otras continúan operables.

- Configuración en lazo: las UTRs están conectadas en un “anillo”. Para el caso que de ellas falle, las restantes encuentran un camino alternativo para continuar con la comunicación. En el caso que fallen dos unidades, la red de comunicaciones se separa en dos partes. Para evitar este inconveniente, el software del sistema de control debe tener la capacidad de crear un “bypass” con la unidad inoperable.

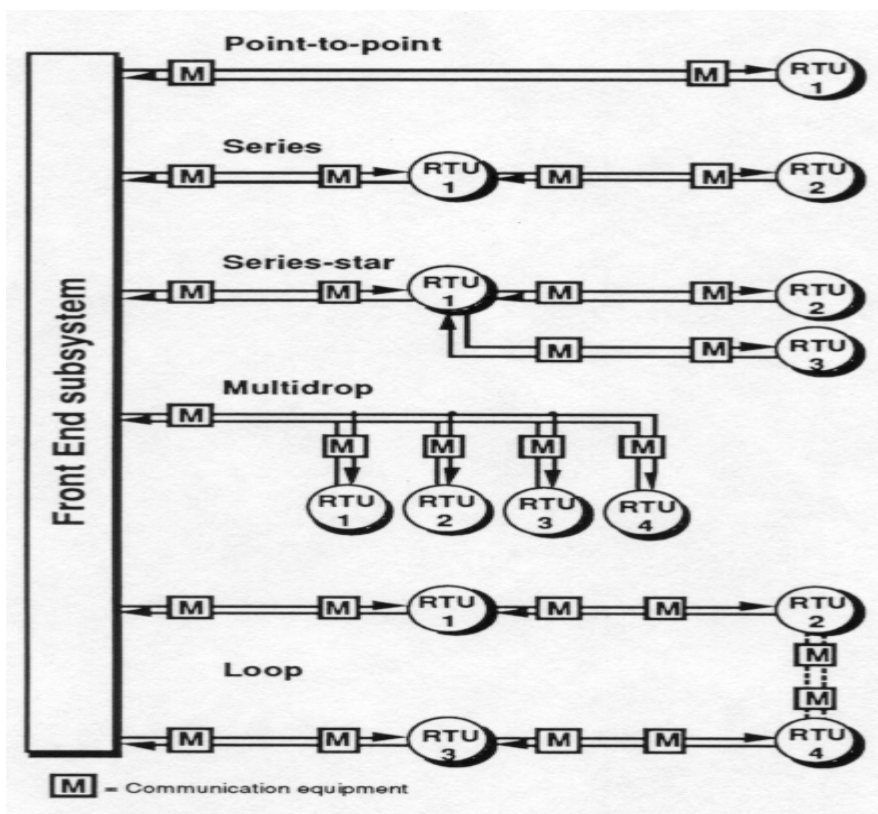


Figura 2.29 Tipos de configuración UTRs – front end

**Modos de Transmisión.** Existen dos tipos de modo de transmisión de datos, los mismos que están en función de la distancia entre los puntos a comunicar: paralela y serial.

En distancias cortas, se emplea la comunicación paralela, esto significa que un byte o una palabra de datos se transmite a un mismo tiempo. En este tipo de transmisión el esquema de control de datos es fácil, ya que se envían palabras completas de información.

La determinación de errores en la transmisión se ejecuta con los denominados chequeos de paridad de datos. El chequeo de paridad calcula en el lado transmisor el número de 1s en el bloque de datos. Si la suma de 1s y la paridad empleada es par, el bit de paridad se define en alto, en el caso de paridad impar, el bit de paridad se define en bajo. El bit de paridad a su vez es incluido en el mensaje de datos que se envía.

En el lado receptor se evalúa nuevamente la suma y se la compara con la información implícita en el bit de paridad, a fin de determinar la existencia de un error. Sin embargo si el número de distorsiones en bits es par, se detecta la existencia de una transmisión de datos correcta, cuando no lo es. Para detectar tales errores, se definen en sistemas más completos sets de bit de paridad que cubren el cheque en bloques enteros.

En distancias grandes, se utiliza la comunicación serial, transmitiendo un solo bit al mismo tiempo. En este tipo de transmisión se incluye información de control que caracteriza parámetros como la velocidad de transmisión, bits de inicio y fin de información, los mismos que deben estar sincronizados en los extremos.

Cuando se transmiten datos en forma serial a lo largo de grandes distancias, se genera distorsión en los mismos. Por esta razón debe existir un chequeo que asegure la fiabilidad de los datos que se envían y reciben, mediante códigos de corrección de errores o solicitudes automáticas de retransmisión.

Adicionalmente, existen otros dos conceptos importantes en lo que se refiere a comunicaciones:

- a) La comunicación asincrónica, la misma que es empleada cuando se ejecuta en tiempos aleatorios, por ejemplo entre el teclado y el computador.
- b) La comunicación sincrónica, que es empleada para transmitir grandes volúmenes de información, por ejemplo entre computadores. Con la finalidad de mantener la sincronización entre los bloques de información, el sistema posee una señal específica para tal efecto (señal de reloj).

**Control de Flujo.** Cuando se transmite un bloque de información, el receptor almacena temporalmente los datos en un buffer para procesarlos en el momento en que el computador esté ocupado ejecutando otras tareas. Si la cantidad de información que se transmite no es significativa, no existe problema; caso contrario, el receptor debe detener temporalmente el flujo de datos hasta que los residentes en el buffer sean procesados. Este es el denominado control de flujo (flow control).

**2.4.2.2 Sistema FRONT END.** Los computadores frontales son equipos dotados por un conjunto de módulos y tarjetas conectadas a un bus de comunicaciones, controlado por un microprocesador.

El equipamiento está dividido en dos partes:

- a. La parte "general" que contiene las siguientes unidades:
  - Fuente de poder.
  - Tarjeta de procesamiento.
  - Tarjeta de comunicaciones sincrónica para la comunicación con el computador principal.
  - Tarjeta de comunicaciones asincrónica para la comunicación con el otro computador frontal.
  - Tarjeta terminal del bus de datos (PBC).
  
- b. La parte "individual" con tarjetas de comunicación para la comunicación con las unidades terminales remotas.

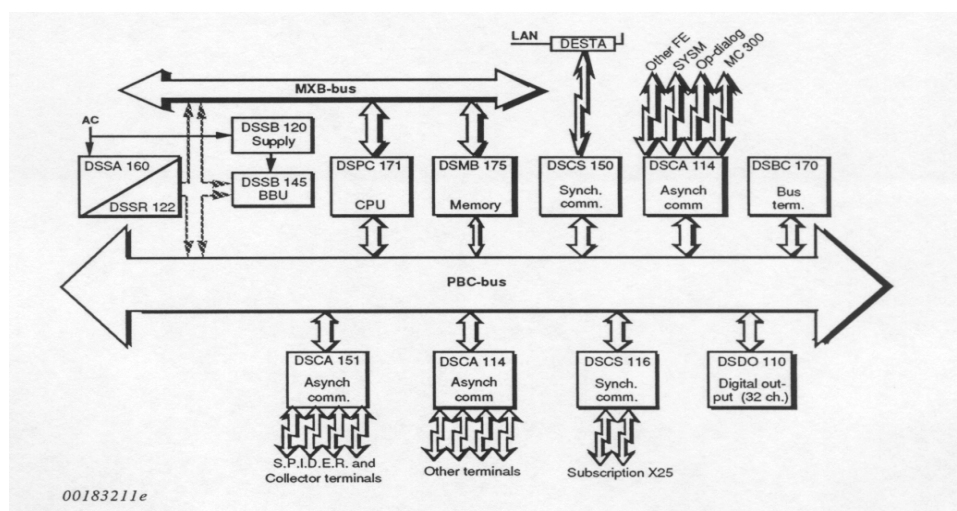


Figura 2.30 Ejemplo de la arquitectura de un front end

### 2.4.3 Subsistema de Computación Principal

El sistema central o estación maestra, es la infraestructura que agrupa a los equipos y programas que ejecutan en forma centralizada las funciones del sistema EMS/SCADA. El sistema central, conceptualmente debe estar integrado de acuerdo a los estándares de los sistemas de arquitectura abierta, ser diseñado para satisfacer los requerimientos funcionales y de desempeño, y al mismo tiempo aprovechar las características de esta arquitectura para implementar programas de expansión y actualización a futuro.

El sistema central integra a través de una red de área local a computadores principales, estaciones de trabajo, computadores frontales, computador de mantenimiento y otros equipos de red.

El diseño en arquitectura abierta, permite que los equipos de diferentes suministradores sean funcionalmente compatibles, e integrables entre sí de tal manera, que las características individuales de los dispositivos sean transparentes al sistema. Para que un sistema sea considerado de arquitectura abierta debe cumplir tres requisitos básicos:

1. Portabilidad: concepto que permite “usar” el sistema en varias plataformas de computación.
2. Interconectividad: concepto que permite el intercambio de información con otros sistemas. Este requisito expande al concepto de portabilidad, ya que el sistema de arquitectura abierta en la práctica se convierte en un macro sistema que integra infraestructura de varios proveedores.
3. Integrable: permite el manejo de interfaces hombre-máquina consistentes a través de estándares como X-Windows/Motif.

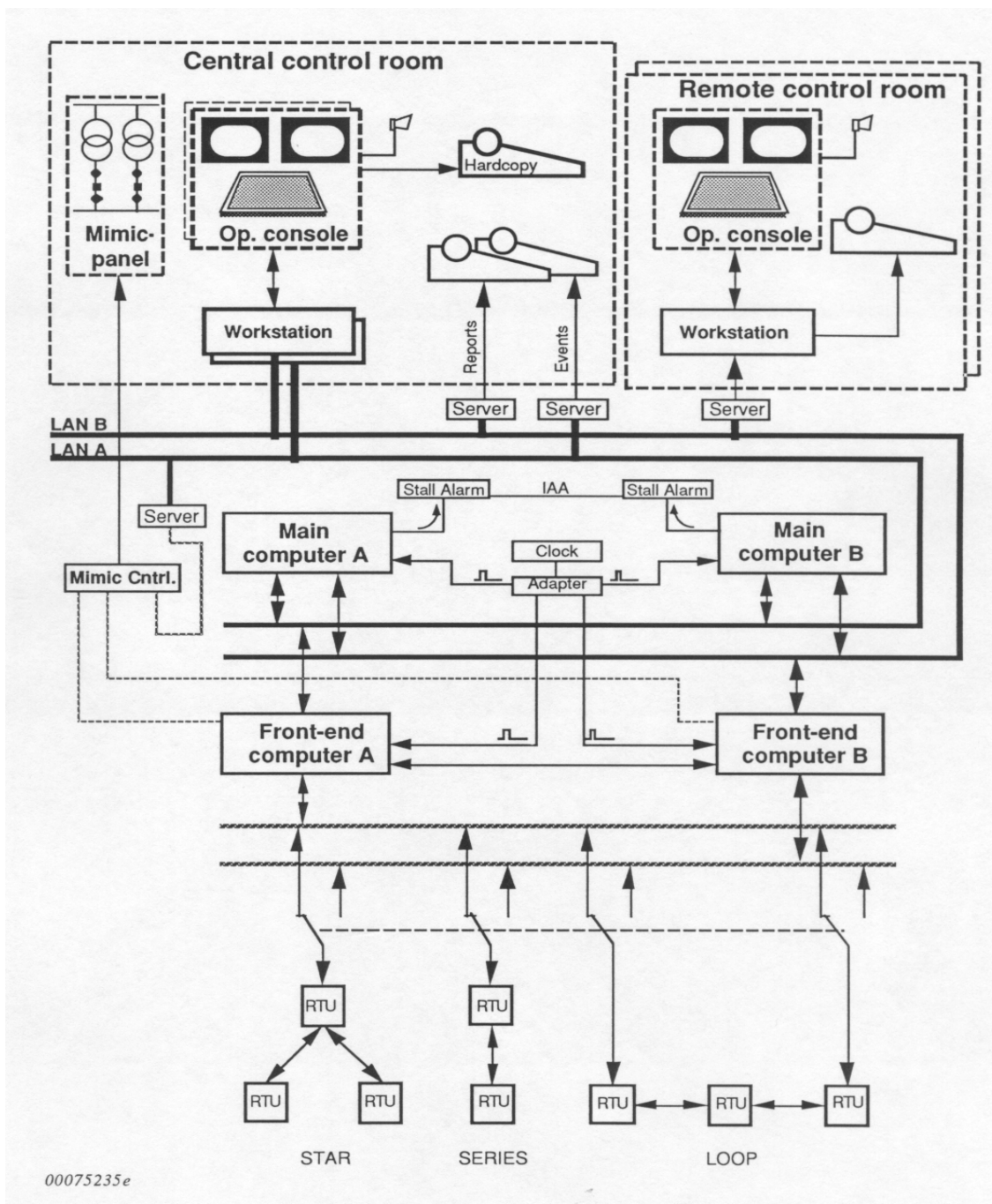


Figura 2.31 Diagrama de bloques de una estación central redundante

Los sistemas SCADA/EMS y los equipos suministrados deben adherirse a estándares formalmente reconocidos en la industria y ampliamente utilizados en el mercado, en especial normas ANSI/IEEE, ISO e IEC según se indican en cada ítem.

El diseño y la implementación del nuevo sistema deberán ser ejecutados respetando normas que garanticen calidad, intercambiabilidad y portabilidad:

### ESTÁNDARES:

- IEC 870-4 (1990), incluyendo los siguientes items referidos al desempeño
  - Confiabilidad
  - Precisión
  - Disponibilidad
  - Capacidad de expansión
  - Seguridad
  - Integridad de los datos
  - Permanencia
  - Parámetros de tiempo
- IEC 255-4 o ANSI/IEEE 37.90 (equivalentes), con respecto al:
  - Comportamiento ante interferencias electromagnéticas.
  - Inmunidad a perturbaciones

### NORMAS DE PORTABILIDAD E INTERCAMBIABILIDAD:

- **Estructura Computacional** -- el diseño deberá tomar en cuenta las normas industriales relacionadas a la arquitectura computacional sustentadas por:
  - IEEE/POSIX (IEEE 1003.1, 1990; Posix Federal Information FIPS - 151-1)
  - X/OPEN (X/OPEN Portability Guide XP6 Issue 3; Transportation Interface Definition SWD Issue 2)
  - OSF -- Fundación de Software Abierto (Open Software Foundation)
- **Especificaciones Relacionadas con Portabilidad** a considerar:
  - IEEE/POSIX: Utilización del sistema operativo UNIX como estándar del sistema portable.
  - X/OPEN: Sistemas basados en UNIX, con adición de facilidades de computación avanzada, tales como: administración de datos, integración de



aplicaciones, comunicaciones de datos, sistemas distribuidos, y lenguajes de alto nivel como por ejemplo X/Windows Motif como interfaz de usuario.

- OSF: estipula implementaciones que cumplen totalmente normas POSIX y X/OPEN, incluyendo la integración DOS/UNIX, seguridad, administración de redes, sistemas distribuidos.
- **Red de Area Local (LAN)** -- el sistema ofrecido deberá cumplir las normas ISO/OSI (*Open System Interconnection*) que define estructuras de niveles, donde cada nivel tiene una norma definida, en especial:
  - IEEE 802.3 para redes LAN, (ó equivalente ISO/IEC 8802-3)/CSMA/CD
- **Comunicación de Datos con RTUs**
  - IEC 870-5-101 para comunicación entre el Centro de Despacho y las RTUs
- **Comunicación de Datos en WAN (*Wide Area Network*)**
  - Normas ISO/OSI, conformidad con ITU
  - TCP/IP para WAN
  - X.25 para comunicación externa Red WAN. - Protocolo ICCP (IEC 870-6-Tase 2)

#### NORMAS DE TIEMPO DE TRANSFERENCIA DE LA INFORMACIÓN

- Norma IEC 371-08-15, definida como "la duración de tiempo durante el cual la información es demorada después del evento actual en la estación emisora y hasta lograr su representación en la estación receptora".
- Normas IEC 371-08-16 a 371-08-22 que definen otros parámetros relevantes, por ejemplo, tiempo de transferencia de señales de telecontrol, tiempo máximo de transferencia de datos, y tiempo de arranque y re arranque.

**2.4.3.1 Computadores Principales.** Los computadores principales operan en un ambiente de sistema operativo multiusuario y multitarea y con capacidad de ejecutar sus programas con tiempos de respuesta elevados, para el procesamiento de la información en tiempo real, los eventos que provienen del proceso y del propio sistema de control, la ejecución de cálculos, programas de supervisión interna de equipos, presentación y actualización de la información en las estaciones de trabajo, etc.

Por razones de confiabilidad, una estación maestra debe disponer de una configuración redundante de computadores principales, diseñada con dos propósitos:

- a). La transferencia en el modo de operación entre los dos computadores principales, para el caso, en que el computador principal en línea tenga un problema de hardware y/o software.
- b). Colocar en línea mediante un switchover manual, programas que han sido modificados por trabajos de mantenimiento o cambios en la base de datos que se encuentran residentes en el computador stand by.

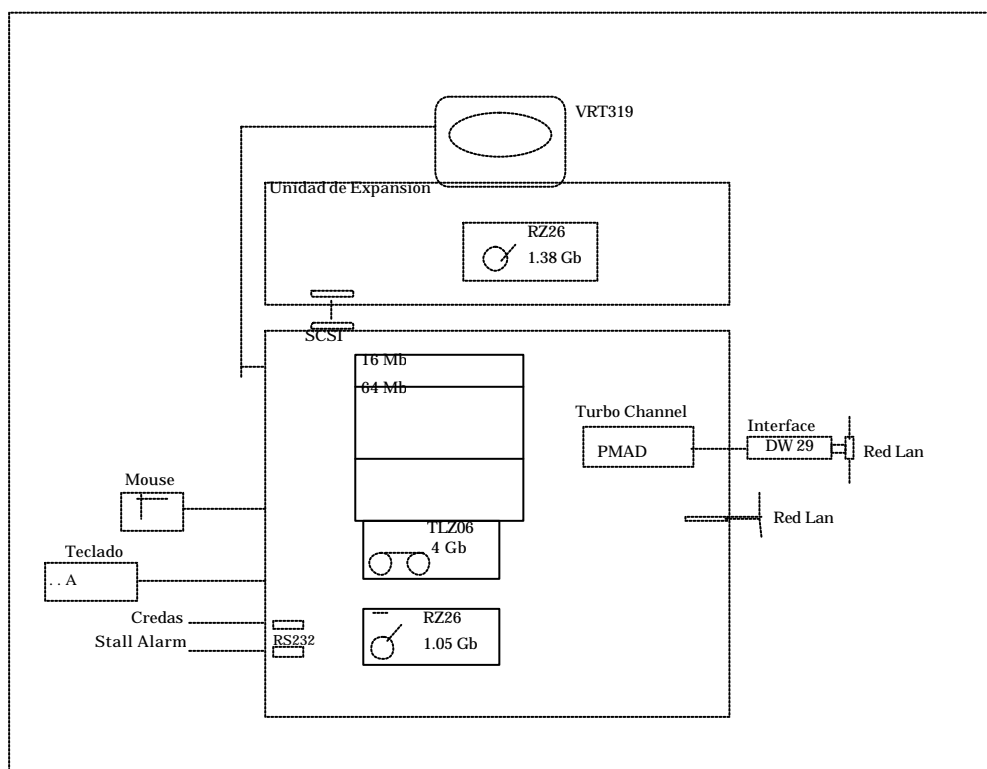


Figura 2.32 Arquitectura de un computador principal (VAXstation 4000 modelo 90)

### 2.4.3.2 Computador de Mantenimiento

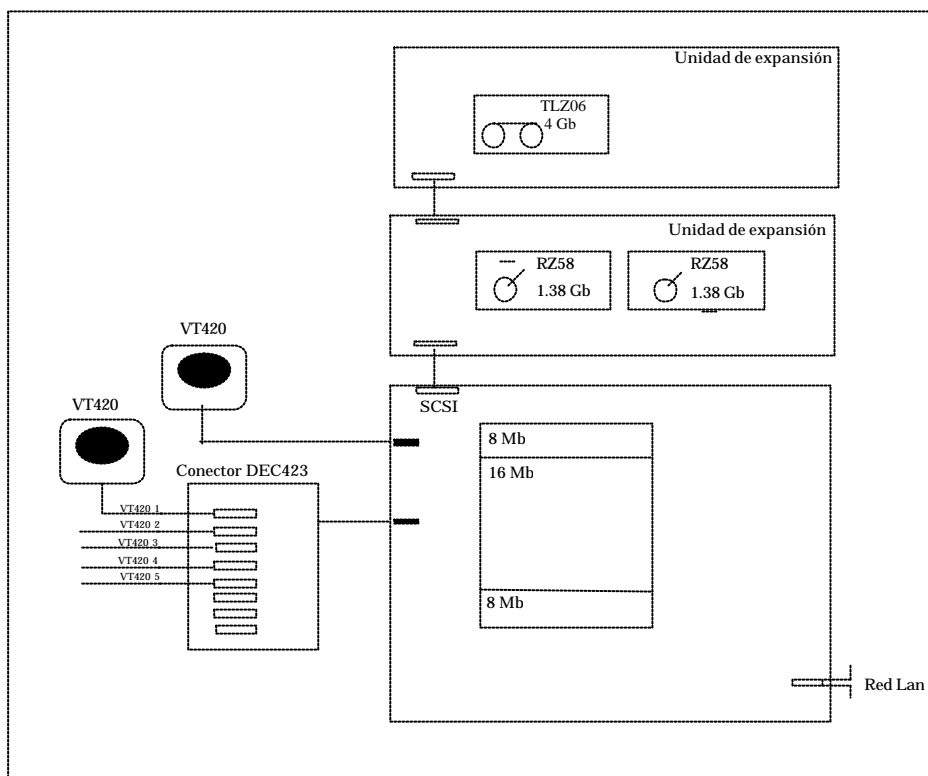


Fig. 2.33 Arquitectura de un computador de mantenimiento (MicroVAXs 3100 modelo 80)

El computador de mantenimiento es un sistema que trabaja bajo el ambiente del sistema operativo multitarea/multiusuario. Este sistema de características tecnológicas similares a los computadores principales, trabaja fuera de línea y provee al usuario de un conjunto de herramientas para el mantenimiento del software del sistema existente, así como para realizar tareas de desarrollo, tales como: compiladores, ensambladores y editores.

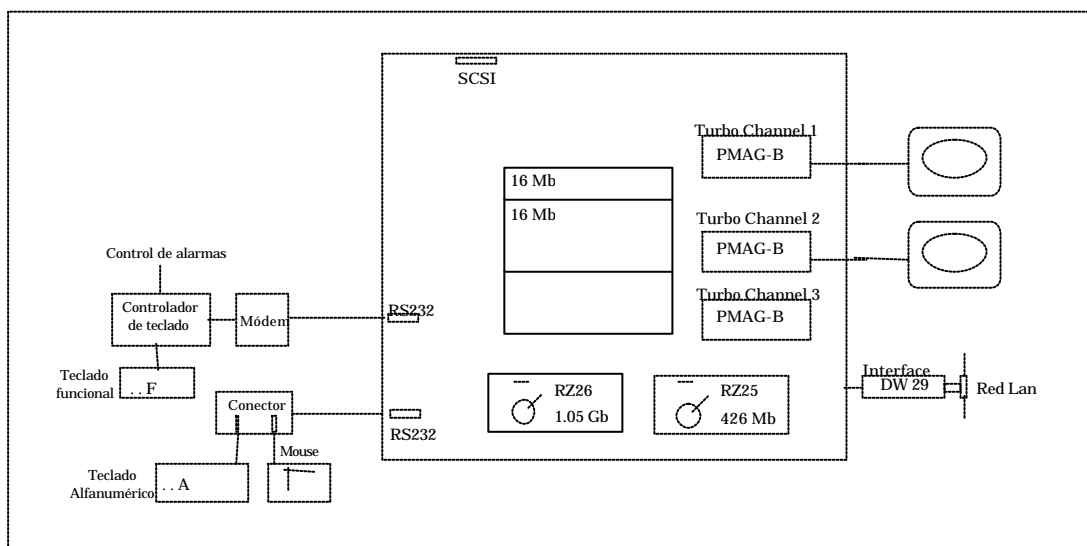
**2.4.3.3 Estaciones de Trabajo.** Las estaciones de trabajo son los equipos de interfaz entre el operador y el sistema de supervisión y control. Las funciones de operación del sistema SCADA se realizan mediante el programa de aplicación específico, que transforma la estación de trabajo que está ejecutando OSF/Motif bajo X-Windows, en una consola integrante del sistema de manejo de energía.

Las estaciones de trabajo pertenecen a una generación de interfaces de usuario full graphics, diseñadas para ejecutar tareas de control supervisorio y adquisición de datos.

Esta tecnología ofrece ventajas desde el punto de vista estético y una amplia capacidad de manejo de despliegues, que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Capacidad para instalar características funcionales específicas en cada estación de trabajo, consistente con la tendencia hacia la arquitectura distribuida de los sistemas de control.
- Definición del nivel de información en capas (declustering). Cada capa está asociada a una escala del despliegue, para mostrar automáticamente la información y otra a la cual debe desaparecer.
- Capacidad para definir la referencia de posicionamiento de un despliegue, así como su tamaño.
- Manejo de menús de diálogo, para proveer al usuario de una interacción paso a paso, en la ejecución de funciones.

Tecnológicamente las estaciones de trabajo, son equipos de tecnología RISC<sup>7</sup> que soportan la plataforma de sistemas operativos multiusuario/multitarea.



**Figura 2.34 Arquitectura de una estación de trabajo (DECstation 5100 modelo 133)**

<sup>7</sup> La tecnología RISC (RISC, Reduced Instruction Set Computer) se basa en el hecho que un 20% de las instrucciones de la computadora, realiza casi el 80% del trabajo del sistema, de tal manera que esta arquitectura reduce el número de instrucciones para dejar sólo aquellas que se usan más, las otras instrucciones se deben implementar en programas externos. Esto se traduce en una mejora en la eficiencia del procesador.

**2.4.3.4 Red de Área Local.** En una estación central de configuración redundante, los computadores principales, el computador de mantenimiento, el sistema de computadores frontales, las estaciones de trabajo y otros dispositivos de red, están interconectados a través de dos redes de área local, las mismas que permiten formar un sistema de informática distribuida, para alcanzar los siguientes objetivos:

- Participación de archivos y programas.
- Participación de recursos de red.
- Generación de grupos de trabajo.
- Facilidad de comunicación mediante correo electrónico.

Las redes de área local para centros de control están basadas en el estándar IEEE 802.3 y el modelo de capas TCP/IP compatible con OSI

El TCP/IP es el nombre de una familia de más de 100 protocolos, que busca la integración de sus redes sobre plataformas abiertas. La estructura de esta familia es similar a la estructura de capas del modelo OSI.

La filosofía de descomposición del problema de la comunicación en capas es similar que en el modelo OSI. El problema de OSI es que en una capa, todos los protocolos deben de tener un funcionamiento similar además de utilizar las funciones definidas en la capa inferior y de suministrar funciones a la capa superior. De esta forma, en OSI, dos sistemas deben tener en la misma capa los mismos protocolos.

TCP/IP en cambio permite que en una misma capa pueda haber protocolos diferentes en funcionamiento siempre que utilicen las funciones suministradas por la capa inferior y provean a la superior de otras funciones.

**2.4.3.5 Equipo de Tiempo Base.** En los computadores principales y frontales de los sistemas SCADA/EMS se ejecutan rutinas asociadas con tiempos, que deben ser sincronizadas desde un reloj externo. El equipo de tiempo base es un sistema que proporciona una señal de sincronización. Generalmente estos sistemas obtienen su información de un sistema de

---

posicionamiento basado en satélites GPS (Global Positioning System), que le permite calcular el tiempo con gran precisión.

Para el caso de sistemas SCADA/EMS que operan sobre sistemas de potencia, el equipo de tiempo base, también proporciona un conjunto de información a los operadores de las consolas:

- Tiempo local (GMT)
- Tiempo del “sistema eléctrico”
- Desviación del tiempo (diferencia entre el tiempo local y del sistema eléctrico)
- Frecuencia del “sistema eléctrico”
- Fecha

## **CAPÍTULO 3**

### **PROTOCOLOS DE LOS SISTEMAS SCADA NETWORK MANAGER**

#### **3.1 SISTEMA SCADA NETWORK MANAGER DE LA CORPORACIÓN CENACE**

La Corporación CENACE para cumplir con su responsabilidad de coordinador de la operación del Sistema Nacional Interconectado (SNI) del Ecuador, adquirió un sistema EMS cuyo nombre comercial es NETWORK MANAGER para reemplazar su anterior sistema denominado SPIDER. El sistema NETWORK MANAGER fue suministrado por la empresa ABB Inc. de Estados Unidos.

El sistema NETWORK MANAGER por su naturaleza es un sistema de misión crítica, es decir, debe funcionar las 24 horas del día, los 365 días del año y mantener una disponibilidad total del sistema de al menos el 99.98%, por esta razón, tanto el hardware cuanto el software deben estar constituidos por equipos robustos con sistemas operativos de alta confiabilidad. En el caso del sistema NETWORK MANAGER para cumplir con los requerimientos antes mencionados se utilizan los servidores del tipo Alpha DS25 y el sistema operativo Unix Tru64 de Compaq.

Uno de los principales pilares en el funcionamiento de este sistema es la capacidad de comunicación. En la actualidad el intercambio de información entre la estación de control y las subestaciones es de vital importancia, por este motivo la necesidad de una comunicación eficiente entre dispositivos y una compatibilidad entre protocolos es necesaria.

Un protocolo es una convención, estándar o acuerdo entre partes que regula la conexión, la comunicación y la transferencia de datos entre dos sistemas. En su forma más simple, un protocolo se puede definir como las reglas que gobiernan la semántica (significado de lo que se comunica), la sintaxis (forma en que se expresa) y la sincronización (quién y cuándo transmite) de la comunicación.

Los protocolos pueden estar implementados bien en hardware (tarjetas de red), software (drivers), o una combinación de ambos.

La mayoría de los protocolos especifican una o más de las siguientes propiedades:

- Detección de la conexión física sobre la que se realiza la conexión (cableada o sin cables)
- Pasos necesarios para comenzar a comunicarse (Handshaking)
- Negociación de las características de la conexión.
- Cómo se inicia y cómo termina un mensaje.
- Formato de los mensajes.
- Qué hacer con los mensajes erróneos o corruptos (corrección de errores)
- Cómo detectar la pérdida inesperada de la conexión, y qué hacer en ese caso.
- Terminación de la sesión de conexión.
- Estrategias para asegurar la seguridad (autenticación, cifrado).

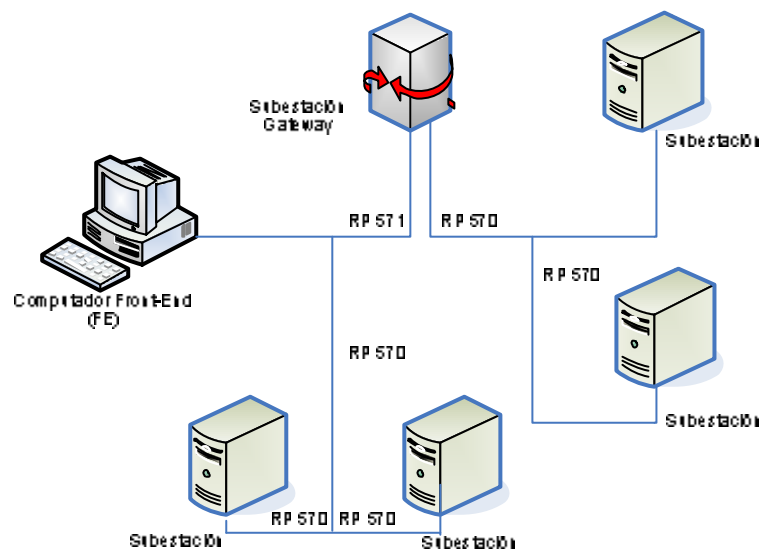
El objetivo de la normalización de la automatización de subestaciones, es desarrollar un estándar de comunicaciones que cumpla con los requerimientos de performance y costos y que soporte los futuros desarrollos tecnológicos. El sistema NETWORK MANAGER utiliza dos protocolos estándares el IEC 870-5-101 y DNP 3.0 y un protocolo propietario denominado RP-570, con predominio de este último.



## 3.2 PROTOCOLO RP 570

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO RP 570

El RP 570 es un protocolo de comunicaciones de alto nivel usado entre la computadora Front-End (FE) y las subestaciones a ser controladas. El protocolo está basado en un protocolo de bajo nivel recomendado por IEC TC57, formato de la clase 1.2. La designación RP 570 es una abreviación de “Protocolo RTU basado en la norma IEC 57 parte 5-1 (actualmente IEC 870) versión 0 o 1”. El RP 571 es una extensión de RP 570 y se usa en dispositivos como los gateways. El protocolo RP 570 es un estándar utilizado generalmente por ABB en redes de un solo nivel.



**Figura 3.1** Jerarquía en una red de acuerdo a las especificaciones del protocolo RP 570 y RP 571.

Comparado con el modelo OSI/ISO el protocolo RP 570 abarca la división de las capas en un modelo reducido de tres capas como se muestra en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Modelo OSI/ISO reducido de tres capas**

<b>RP 570</b>	<b>ISO/OSI</b>
Capa Física	Capa1, Capa Física
Capa de Enlace	Capas 2 - 4, Capa de enlace de datos, red y de transporte
Capa de Paliación	Capas 5 – 7, Capa de sesión, presentación y de aplicación.

### 3.2.2 Los Niveles más Bajos de los Protocolos.

La capa de enlace de datos determina los parámetros a nivel de bit. El protocolo es asíncrono, en el cual el mensaje es enviado un byte a la vez. El byte se especifica a continuación.

- Bit de inicio
- Bit de Datos
- Bit de paridad. Paridad par
- Bit de Parada
- En total 11 bits.

La estructura de la trama definida por la IEC se utiliza por encima del nivel de bit. La trama está formada por un número fijo o variable de bytes. Hay dos caracteres que indican el inicio: 16 en decimal que indica que la longitud de la trama es fija y 104 en decimal que indica que la longitud de la trama es variable (Figuras 3.2 y 3.3).

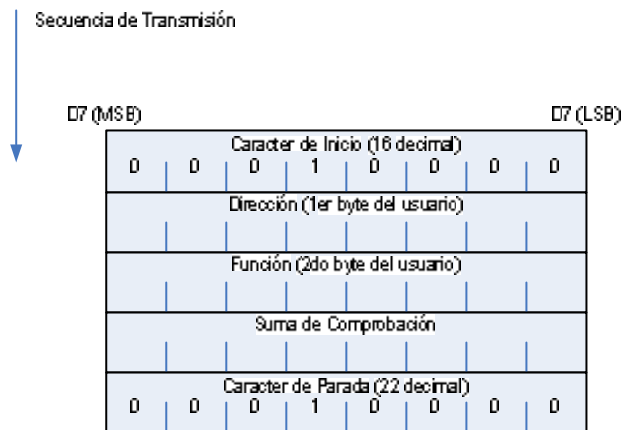


Figura 3.2 Trama de longitud fija

Cuando se usa una trama de longitud fija, tanto el destinatario como el que envía el mensaje conocen su dimensión. La trama contiene dos octetos de datos, el byte de dirección y el de código de función. Los comandos y los reconocimientos simples, que no contienen datos verdaderos, tienen una longitud fija.

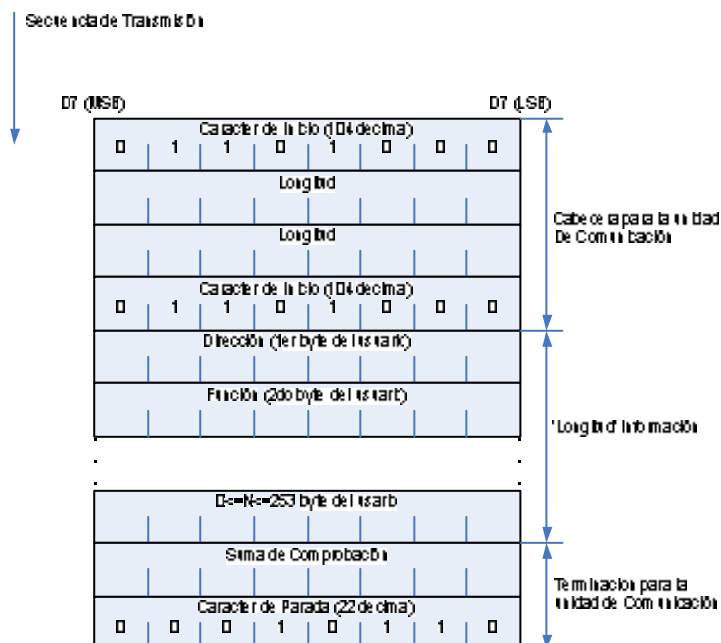


Figura 3.3 Trama de Longitud Variable

Una trama de longitud variable contiene de 2 a 255 octetos. La longitud doble de la cabecera de la trama indica la longitud de la parte de los datos. La dirección y el código de función al inicio de la parte de los datos identifican el mensaje.

El receptor del mensaje se lo identifica mediante la dirección, la cual no debe ser ambigua y debe estar en el rango de 1 a 255. La dirección 0 es un caso especial reconocida por todos los dispositivos en la red. El dispositivo no responde a un mensaje recibido de la dirección cero.

El octeto de la función depende de la dirección del mensaje. La función de los octetos es la de brindar información acerca del tipo de mensaje concerniente (tabla 3.2, 3.3 y 3.4). Adicionalmente, el byte contiene información codificada que define al mensaje.

**Tabla 3.2 Código de Función en un mensaje entre FE (Front-End)-Subestación**

<b>Código de Función</b>	<b>Comando</b>	<b>Explicación del comando</b>
XX100001	RA (Petición A)	Petición nivel de prioridad 1
XXX00011	SPM (Mensaje de Set Point)	Ajuste del valor del proceso
XX100101	FTAB (Tabla de Función)	Parametrización de la subestación.
XXX00111	IHC (Comando Inhibido)	Cancelación del comando preseleccionado
XX101001	RX (Petición X)	Petición de un valor específico del proceso
XX101011	CBXC (Comprobar antes de ejecutar el comando)	Preselección de un comando de 2 pasos.
XXX01101	FCOM (Comando de función)	Control de las funciones internas de la subestación
XXX01111	RSEQ (Reiniciar la secuencia)	Reiniciar el número de la secuencia
XX110001	RB (Petición B)	Petición nivel de prioridad 2
XXX10011	IXC (Ejecución inmediata del comando)	Comando que debe ser ejecutado de inmediato
XXX10111	GOM (Mensaje de Salida General)	Comandos generales para ajustar un valor de un proceso
XXX11001	TSI (Instrucción de sincronización del tiempo)	Sincronización del Tiempo
XX111011	EXC (Comando de Ejecución)	Ejecución de un comando de 2 pasos
XXX11101	TDC (Datos transparentes en la dirección del Comando)	Transmisión de mensajes transparentes
XXX11111	SCI (Instrucción para verificación de estado)	Instrucción para obtener todos los datos de las subestaciones

Tabla 3.3 Código de Función en un mensaje de una Subestación-FE (Front-End)

Código de Función	Mensaje de Respuesta	Explicación del Comando
00000000	CCRI (Respuesta de un Ciclo Completo, nivel de Prioridad 1)	Secuencia de finalización, la prioridad más alta
00000010	CCR2 (Respuesta de un Ciclo Completo, nivel de Prioridad 2)	Secuencia de finalización, la prioridad más baja
00000100	EXRR (Reinicio de la Respuesta de Ejecución)	Primer mensaje después de la reiniciación
00000110	EXR (Respuesta de Ejecución)	Reconocimiento positivo
00001000	NXR (Respuesta de No Ejecución)	Reconocimiento Negativo
00001010	TSTA (Mensaje de Estado de una Terminal)	Estado Interno de un dispositivo
00001110	TEV (Mensaje de Evento en una Terminal)	Cambio de estado interno de un dispositivo
00010100	CBR (Respuesta de Comprobación)	Comando de preselección aceptada
00010110	SYSM (Mensaje del Sistema)	Retorno de los códigos erróneos de una subestación
00011000	PRI (Instrucción de Petición de interrogación)	Petición de inicio de la interrogación usando una línea de marcado manual.
00011100	TDR (Datos transparentes en la dirección de la respuesta)	Transferencia de mensajes transparentes al protocolo.
00101000	AVM 12 Bit P1 (Mensaje con valor analógico)	Valor analógico con prioridad alta.
00101010	AVM12 Bit P2, P3 (Mensaje con valor analógico)	Valor analógico con prioridad más baja datos P2, P3.
00101100	AVS P1 (Valor Analógico con Estado)	Valor analógico con alta prioridad y con información de estado.
00101110	AVS P2, P3 (Valor Analógico con Estado)	Valor analógico con menor prioridad y con información de estado.
00110000	IDM P1 (Mensaje de Indicación)	Datos de Indicación de prioridad alta
00110010	IDM P2, P3 (Mensaje de Indicación)	Datos de Indicación de menor prioridad.
00110100	IDS P1 (Mensaje de Indicación con estado)	Datos de Indicación con prioridad alta y con información de estado.
00110110	IDS P2, P3 (Mensaje de Indicación con estado)	Datos de Indicación con menor prioridad y con información de estado.
00111000	DVM P1 (Mensaje de Valor Digital)	Valor Digital de alta prioridad
00111010	DVM P2, P3 (Mensaje de Valor Digital)	Valor Digital de menor prioridad
00111100	PCM P1 (Mensaje Contador de Pulso)	Valor del contador de pulso de alta prioridad
00111110	PCM P2, P3 (Mensaje Contador de Pulso)	Valor del contador de pulso de menor prioridad

Tabla 3.4 Código de función en un mensaje desde la Subestación-FE (Front-End)

Código de Función	Mensaje de Respuesta	Explicación del Comando
01000000	ERMI (Mensaje para grabación de eventos para Instrucciones)	Datos de estado etiquetados con tiempo de envío.
01000010	ERMA (Mensaje para grabación de eventos para valores analógicos medidos)	Violación del límite del valor análogo, con etiqueta de tiempo.
10000000	AVM, 12-bit, incl. CCR1	Valores analógicos combinados de alta prioridad para la terminación de la secuencia. (Solo si RA)
10000010	AVM, 12-bit, incl. CCR2	Valores analógicos combinados de menor prioridad para la terminación de la secuencia.
10000100	AVS, incl. CCR2	Valores analógicos combinados de alta prioridad con información de estado para la terminación de la secuencia. (Solo si RA).
10000110	AVS, incl. CCR2	Valores analógicos combinados de menor prioridad con información de estado para la terminación de la secuencia.
10001000	IDM, incl. CCR1	Datos de indicación de alta prioridad, combinados para la terminación de la secuencia (solo si RA)
10001010	IDM, incl. CCR2	Datos de indicación de menor prioridad, combinados para la terminación de la secuencia
10001100	IDS, incl. CCR1	Datos de indicación de alta prioridad con información de estado, combinados para la terminación de la secuencia. (solo si RA)
10001110	IDS, incl. CCR2	Datos de indicación de menor prioridad con información de estado, combinados para la terminación de la secuencia.
10010000	DVM, incl. CCR1	Valor digital de alta prioridad combinado para la terminación de la secuencia (solo si RA)
10010010	DVM, incl. CCR1	Valor digital de menor prioridad combinado para la terminación de la secuencia
10010100	PCM, incl. CCR1	Valor del contador de pulso de alta prioridad combinado para la terminación de la secuencia (solo si RA)
10010110	PCM, incl. CCR2	Valor del contador de pulso de menor prioridad combinado para la terminación de la secuencia

En un mensaje desde el FE (Front-End) hasta la subestación el tipo de mensaje es indicado con los bits D1-D4 (F0-F3) como se indica (figura 3.4 y tabla 3.2). El bit D0 siempre es uno. El bit D5 (M/D) permite cambiar entre monólogo y diálogo cuando sea que el dispositivo maestro quiera que su mensaje tenga respuesta o no. En general, el mensaje está en forma de diálogo. Cuando los FE (Front-End) necesitan enviar el mismo

mensaje a todas las subestaciones al mismo tiempo, se usa el modo monólogo. Entonces la dirección de las subestaciones es cero.

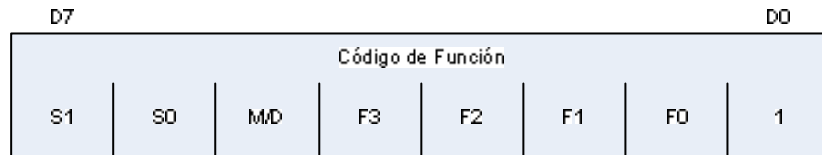


Fig. 3.4 Octeto del Código de Función en un mensaje desde FE (Front-End)-Subestación

Los bits D6 y D7 (S1, S0) indican el número de secuencia. Para mensajes en modo de diálogo la secuencia se ejecuta en orden del número 0, 1, 2, 3, 0, 1, 2,... y la subestación verifica que el siguiente número de la secuencia del mensaje de respuesta esté en orden. Si el número de la secuencia es otro del que se esperaba, la subestación repite el último mensaje que envió con la secuencia respectiva. Para ciertos mensajes la secuencia puede empezar desde el inicio. En el modo de monólogo el número de la secuencia no es importante.

En un mensaje desde las subestación al FE (Front-End) toda la longitud del octeto es usada para identificar el mensaje. (Figura 3.5, tabla 3.3 y 3.4), excepto por el bit D0, el cual es cero. La longitud de la tabla se ve incrementada principalmente por el hecho de que cada mensaje aparece dos veces de acuerdo al nivel de prioridad (prioridad en la tabla: P1, P2 y P3). Segundo, si el dispositivo no tiene otro mensaje para ser enviado después del presente mensaje, este puede adicionar la secuencia de finalización con los caracteres CCR1 o CCR2 en el mensaje. El mensaje de comprobación de suma es calculado como una suma aritmética de los datos particionados. El desbordamiento no ha sido considerado en el cálculo. Independientemente del tipo de mensaje siempre todos los mensajes terminan con el carácter de finalización 22 (decimal).

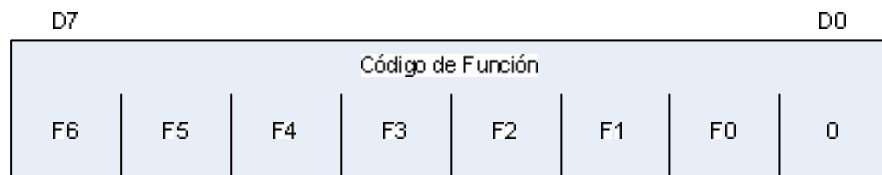


Fig. 3.5 Octeto del Código de Función en un mensaje desde Subestación-FE

### 3.2.3 Mensajes Usados en el Protocolo.

Acercas de los mensajes a ser usados en el protocolo han sido presentados en conexión con la estructura de la trama (tabla 3.2, 3.3 y 3.4). En el protocolo los mensajes desde el FE (Front-End) a la subestación están agrupados como:

- Mensajes de la RTU
- Mensajes de petición de datos
- Comandos del proceso

Los mensajes desde la subestación al FE están divididos en los siguientes grupos:

- Mensajes de datos del proceso
- Mensajes etiquetados con estampa de tiempo
- Mensajes de respuesta
- Mensajes de estado
- Mensajes especiales

**3.2.3.1 Mensajes Desde el FE (Front-End) a la Subestación.** El grupo de mensajes de la RTU incluye un número especial de mensajes para el control mismo de la subestación.

- SCI, Instrucciones de Comprobación de Estado, son enviadas a la subestación cuando:



- El FE (Front-End) quiere empezar a interrogar a la subestación
- La subestación no responde a la petición
- El FE (Front-End) desea toda la información disponible de la subestación

Después de reiniciar, la subestación no aprueba otro mensaje. El SCI asigna el número de la secuencia a cero para que el primer mensaje solicitado tenga el número de secuencia de uno. Si la subestación deja de funcionar y la comunicación con el FE (Front-End) se interrumpe, el FE (Front-End) comienza la interrogación a la subestación correspondiente acerca de su estado con respecto a los mensajes SCI. EL SCI puede ser recibido frecuentemente, si es que existe alguna perturbación en el canal y los mensajes son perdidos.

- RSEQ, Reinicio de Secuencia, es un mensaje que se usa en situaciones de prueba. Este mensaje fuerza a la secuencia a iniciar desde el principio. El mensaje llega con el número de secuencia de cero y el siguiente mensaje con el número de secuencia de uno.
- FCOM, El mensaje de función de comando, es usado para controlar a la estación. La subestación incorpora varias funciones por un instante, reinicia la estación, la cual puede ser controlada por este mensaje.
- FTAB, Tabla de Función, se lo intenta utilizar para dar parámetros de funcionamiento ala subestación. Existe un gran número de tablas en las cuales se incluyen parámetros detallados para el manejo de las variables en el proceso. Todas las tablas son enviadas con el mismo código de función y ellas están identificadas con un sub-código especial.
- TSI, Instrucción de Sincronización de Tiempo, sincroniza el tiempo del calendario de la subestación con el tiempo del FE. El tiempo de manipulación debe ser compensado en la subestación registrando el tiempo local en que se empezó a recibir el mensaje y agregándolo al tiempo del calendario.

Los mensajes requeridos por la estación maestra de la subestación son los nuevos valores de los puntos del proceso que han cambiado.

- RA, Requerimiento A, es el mensaje de petición que tiene la más alta prioridad.
- RB, Requerimiento B, es un mensaje normal de petición para adquirir algunos datos del proceso desde la subestación.
- RX, Requerimiento X, el mensaje es referido a un valor del proceso.

Los comandos del proceso son usados para instruir a las subestaciones a realicen acciones específicas, normalmente se refiere al proceso a ser controlado.

- IXC, Comando de Ejecución Inmediata, es enviado a la subestación, cuando el FEE requiere que el comando sea ejecutado de inmediato.
- CBXC, Comando de Verificación antes de ser Ejecutado, es la preselección de un comando. En un comando de dos pasos el objeto primero es seleccionado (primer paso), y a continuación el comando se ejecuta (paso 2).
- EXC, Comando de Ejecución, ejecuta un comando dado en el objeto preseleccionado. Si el objeto no ha sido preseleccionado, el comando no será ejecutado.
- IHC, Comando Inhibido, permite al comando preseleccionado a ser cancelado.
- SPM, Mensaje del Punto de establecimiento (Set Point), estable el valor requerido para el proceso. El valor asignado puede ser digital o análogo.
- GOM, Mensaje de Salida General, es un comando general usado para establecer un objeto análogo a digital relacionado con el proceso.
- TDC, Datos Transparentes en la Dirección del Comando, transmite un mensaje transparente a la subestación. Este mensaje puede ser un mensaje de otro protocolo, encapsulado en la parte de datos del protocolo RP 570.

**3.2.3.2 Mensajes desde la Subestación Al Fe (Front-End).** Con mensajes de datos del proceso la subestación comunica los nuevos valores que han cambiado en los datos del proceso.

- IDM, Mensajes de Indicación. Uno o dos bits de información de estado pueden ser incluidos en los bloques de 16 bits del mensaje.
- IDS, Mensaje de Indicación con Estado. Uno o dos bits de información de estado pueden ser incluidos en los bloques de 16 bits del mensaje. Adicionalmente el mensaje contiene información de estado acerca de cada bit. Valores de estado de uno indican que el estado de los datos es defectuoso o está fuera de uso.
- AVM, Mensaje de Valor Analógico, incluye uno o más valores analógicos.
- AVS, Mensaje de Valor Analógico con Estado, incluye uno o más valores analógicos. Adicionalmente, el mensaje incluye información de estado para cada elemento de datos, bloque.
- DVM, Mensaje de Valor Digital, incluye un valor digital.
- DVS, Mensaje de Valor Digital con Estado, incluye un valor digital. Adicionalmente el mensaje incluye información de estado del elemento de datos, bloque.
- PCM, Mensaje Contador de Pulso, contiene el valor de un contador de pulsos, y, adicionalmente información de estado y otra información relacionada con el contador.
- TDR, Datos Transparentes en dirección de la Respuesta, se envía al FE (Front-End), cuando la subestación desea enviar información, típicamente un mensaje que se responde a un mensaje TDC (Datos Transparentes en la Dirección del Comando). El contenido del mensaje es transparente al protocolo.

Mensajes de eventos de información etiquetados en el tiempo acerca de cambios ocurridos en los datos del proceso. Los mensajes son respondidos a los datos requeridos RA y RB.

- ERMI, Mensaje de Grabación de Eventos para Indicación, transfiere una etiqueta de tiempo uno o dos bits de datos de estado después del cambio de valor. El mensaje contiene el nuevo valor.
- ERMA, Mensaje de Grabación de Eventos para valores Análogos, contiene información de etiqueta del tiempo acerca de exceder los límites de los datos de los procesos analógicos.
- ERMD, Mensaje de Grabación de Eventos para valores Digitales, contiene información de etiqueta de tiempo acerca de exceder el tiempo límite del proceso digital.

Al responder el mensaje la subestación comunica que ha recibido y aceptado el mensaje enviado.

- CCR1, Respuesta de Ciclo Completo de prioridad 1. EL mensaje es enviado como respuesta al FE (Front-End), cuando la subestación ya no posee ningún mensaje con la prioridad más elevada. La secuencia de interrogación termina con este mensaje.
- CCR2, Respuesta de Ciclo Completo de prioridad 2, es enviado como respuesta al FE (Front-End), cuando la subestación ya no posee valores del proceso que han cambiado de valor en los niveles inferiores a la más alta prioridad. Una secuencia de interrogación termina con este mensaje.
- EXR, Respuesta de Ejecución, se da como indicación de que se ha reconocido positivamente.
- EXRR, Reinicio de Respuesta Ejecutado, es un reconocimiento del primer mensaje SCI (Instrucción para verificación de estado) después del reinicio.
- NXR, Respuesta no Ejecutada, es un reconocimiento negativo.
- CBR, Respuesta de Comprobación, es enviada en respuesta a una aceptación de una preselección hecha por el FE. El mensaje contiene una identificación del comando del objeto.

Los estados más importantes del mensaje son TSTA y TEV.

- TSTA, Estado de la Terminal. Este mensaje es enviado por la subestación en respuesta a una petición RA/RB. El mensaje puede contener información de 16 indicaciones internas de estado.
- TEV, Evento Terminal, también es enviado en respuesta a un a petición RA/RB. Debido a este mensaje la subestación reporta un cambio en su estado de este dispositivo.

El grupo de mensajes especiales incluye un mensaje:

- PRI, Instrucción de Requerimiento de Interrogación. Este mensaje es usado cuando el dispositivo está conectado a un switch público de una red telefónica. La subestación marca manualmente al FE (Front-End), cuando desea comunicarse. Una vez que la línea se encuentra abierta la subestación envía el mensaje PRI sin un RA o RB precedente en el mensaje de petición. El FE (Front-End) identifica la subestación que está llamando mediante este mensaje.

### 3.2.4 Espacios de Direcciones

Los datos que son leídos de los dispositivos se llaman bloques y los datos que van a ser escritos en el dispositivo son llamados objetos. Cada tipo mensaje tiene su propio espacio de dirección, con la excepción del espacio del comando del objeto, puede estar en el rango de 1...255 (Tabla 3.5: Espacio de Dirección). Debe observarse que el espacio de dirección empieza desde la dirección uno y no de la dirección cero como en lenguaje C.

**Tabla 3.5: Espacio de Dirección**

Tipo de Mensaje	Formato	Posible Espacio de Dirección	
IDM	16 bits	1...255	indicación
AVM	12 bits	1...255	valor análogo
DVM	16 bits	1...255	valor digital
PCM	32 bits	1...255	contador de pulso
CBX	1 bit	1...2048	control
SPM	Valor Digital 15 bits Valor Análogo 12 bits	1...255	valor a establecer
GOM	Valor Digital 1,2 o 15 bits Valor Análogo 12 bits	1...255	ajustes generales

### 3.2.5 Las Capas más Elevadas del Protocolo

Algunas normas de operación del protocolo en la capa de aplicación han sido especificadas para las capas más elevadas del protocolo RP570. El procedimiento para retransmitir mensajes, manejo de prioridad manejo y requerimientos han sido especificados por separado.

**3.2.5.1 Retransmisión de los Mensajes.** Un mensaje puede ser destruido en el canal de transmisión sino pasa la comprobación al final del FE (Front-End) o al final de la subestación. Después el FE se enciende y solicita la retransmisión del mensaje hasta que el mensaje llegue correctamente o se alcance el límite máximo de retransmisión. Si todos los mensajes recibidos de la subestación han sido falsos, se asume que la subestación se encuentra fuera de operación. Sin embargo en el modo monólogo el FE no necesariamente se percata que el mensaje no ha sido recibido correctamente por la subestación.

El número de secuencia descrito anteriormente se utiliza para controlar las retransmisiones (Fig. 3.4)

Si el FE (Front-End) no recibe un mensaje que apruebe la comprobación, repite, con el mismo número de secuencia del mensaje enviado anteriormente, hasta que la

repetición limite el trayecto. Después de esto la subestación respectiva se asume que se encuentra fuera de uso y el FE comienza a enviar mensajes SCI a la subestación. Ningún otro mensaje es enviado a la subestación estando fuera de uso.

La subestación almacena el byte de función de las últimas cuatro horas correctamente recibidas, conjuntamente con el número de secuencia y todo el mensaje enviado. La subestación puede recibir un mensaje en el cual el número de secuencia no sigue la secuencia 0, 1, 2, 3, 0, 1, 2... En ese caso la subestación verifica si el mismo byte de función ha sido almacenado con el número de secuencia del mensaje recibido y, si es así, el mensaje almacenado será enviado. La acción requerida en el mensaje no será repetida.

Si la subestación recibe que obliga a la secuencia a cero, ejemplo mensajes SCI o RSEQ estos destruyen todos los datos de mensajes y funciones almacenadas. Sin embargo, esos tipos de mensajes como tipo de eventos los cuales no puede regenerar ejemplo: la base de datos tiene que ser enviada. Típicamente estos mensajes son TEV, SYSM, ERMI y ERMA.

**3.2.5.2 Niveles de Prioridad.** Los mensajes de los datos del proceso desde la subestación al FE (Front-End) están identificados por el tipo y el número de bloque del mensaje. Cada mensaje tiene un nivel de prioridad específico: P1, P2 o P3. P1 es el nivel de prioridad más alto. La prioridad de los mensajes IDM, IDS, AVM, AVS, DVM y PCM se indica mediante el byte de función del mensaje (Fig. 4, Tabla 2 y 3). Un campo de prioridad definido para los mensajes TDR, EERMI, ERMA, TSTA, TEV y SYSM no ha sido especificado por separado.

La prioridad ha sido especificada para cada elemento de datos del proceso. Los mensajes enviados en respuesta a la petición de mensaje ejemplo: IDM, IDS, AVM, AVS, DVM o PCM son generadas de acuerdo a la prioridad. Los mensajes TSTA y TEV son mensajes de alta prioridad y siempre tienen una prioridad de nivel P1. Los

mensajes ERMI, ERMA y TDR contienen datos de menor importancia y tienen una prioridad de nivel P2. Los mensajes SYSM tienen un nivel de prioridad P3. El FE(Front-End) utiliza datos de prioridad y mensajes de respuesta CCR1 y CCR2 para especificar el tipo del siguiente mensaje de petición a ser enviado. Con la base de la misma información también se decide que subestación tiene que ser interrogada a continuación.

Una vez que la subestación recibe un mensaje de petición RA y RB tiene que comprobar los datos de la estación y devolver un mensaje de respuesta. Este mensaje de respuesta incluye el valor del punto del proceso del nivel correcto del proceso, con tal de que el valor haya cambiado. Solo puntos del proceso con nivel de prioridad P1 son usados para responder a un mensaje de petición RA (Fig. 3.6), mientras que mensajes de cualquier prioridad pueden ser enviados en respuesta a un mensaje de petición RB. (Fig. 3.7). Un valor que ya ha sido enviado después que se envió un mensaje CCR1 o CCR2 no debe ser usado en respuesta a un mensaje de petición. De los mensajes que tienen siempre una prioridad definida no pueden ser enviados únicamente uno entre mensajes CCR1 y CCR2.

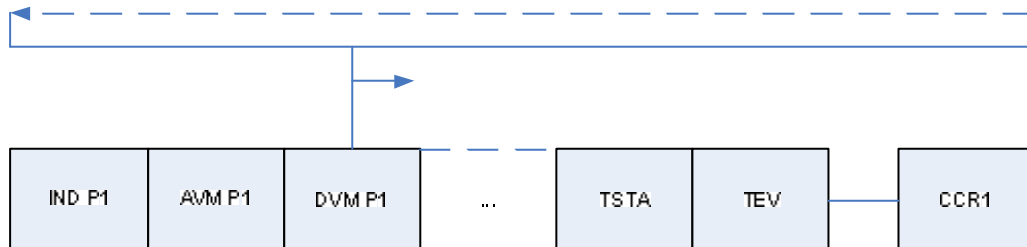
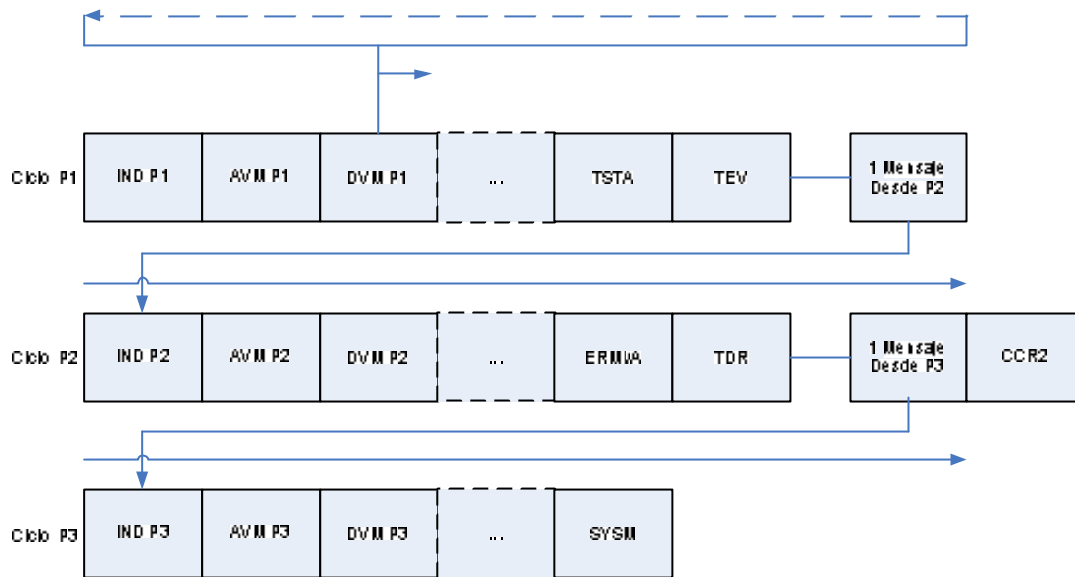


Fig. 3.6: Ejemplo de una secuencia RA





**Fig. 3.7: Ejemplo de una secuencia RB.**

**3.2.5.3 Principio De La Interrogación** El principio principal de la petición de información es que solo los datos que han cambiado desde la última petición son transmitidos desde la subestación. El FE (Front-End) utiliza un método específico al usar mensajes de petición RA y RB y controlar un número de subestaciones. Las subestaciones no conocen nada más que el comportamiento de los niveles de prioridad y como responder a los mensajes de petición RA y RB.

**3.2.5.4 Secuencia RA.** La secuencia RA es un conjunto de mensajes entre los mensajes CCR1. La subestación responde con un mensaje de proceso con nivel de prioridad P1. El punto de proceso no debe ser enviado sino solo una vez durante la secuencia. Únicamente un mensaje TSTA y un mensaje TEV pueden ser enviados durante la secuencia. La secuencia debe ser terminada enviando un mensaje CCR1 o añadiendo datos CCR1 al mensaje de datos del proceso. (Fig. 3.6)

**3.2.5.5 Secuencia RB.** La secuencia RB es un conjunto de mensajes entre los mensajes CCR2. La subestación responde a un mensaje de petición RB con un mensaje de datos del proceso de cualquier nivel de prioridad. El punto del proceso no puede ser enviado en los mensajes de datos del proceso solo una vez durante la secuencia. Todos los mensajes con nivel de prioridad P1 y uno del siguiente nivel son devueltos durante la secuencia. La secuencia es terminada:

- Al enviar un mensaje CCR2
- Al incluir datos CCR2 en el mensaje de datos del proceso.
- Automáticamente cuando un mensaje de prioridad P2 o P3 ha sido enviado.

Durante la siguiente secuencia todos los mensajes con la más alta prioridad tienen que ser entregados, a cambio de algunos de los valores que han cambiado y de un mensaje de los niveles más bajos de prioridad. Solo es permitido el envío de un mensaje ERMI, ERMA, o TDR desde el nivel P2. También es posible el envío de un mensaje del nivel P3, si mensajes de mayor nivel ya han sido enviados. Únicamente un mensaje SYSM está permitido durante la secuencia. Durante una secuencia RB no se pueden enviar mensajes CCR1. (Fig. 3.7)

**3.2.5.6 Mensajes de Comando.** El FE (Front - End) puede enviar mensajes de comandos a la subestación a través de cualquier mensaje de petición. Las acciones relacionadas a este comando tienen que ser desarrolladas independientemente de la secuencia de interrogación.

Para mensajes de petición el FE utiliza un método especial para intentar recopilar lo más pronto posible la información más importante de todas las subestaciones. La subestación tiene que estar preparada para recibir cualquier mensaje de interrogación, sin embargo la secuencia se completa primero.

### 3.3 PROTOCOLO IEC 870-5-101

#### 3.3.1 Descripción del Protocolo IEC 870-5-101

El protocolo IEC 60870-5-101, es el protocolo recomendado por la IEEE para la comunicación entre estación maestra, UTR's (Unidad Terminal Remota) e IEDs (Dispositivos Electrónicos Inteligentes).

Utiliza el formato de trama FT 1.2, definido en el documento IEC 60870-5-1, que especifica una distancia de hamming<sup>8</sup>  $d = 4$ , lo que implica que errores de cuatro bits, no deben causar errores de mensajes no detectables.

#### 3.3.2 Capa Física

La capa física es la encargada de transmitir los bits de información a través del medio utilizado para la transmisión. Se ocupa de las propiedades físicas y características eléctricas de los diversos componentes; de la velocidad de transmisión, si ésta es uni o bidireccional (simplex, duplex o full-duplex). También de aspectos mecánicos de las conexiones y terminales, incluyendo la interpretación de las señales eléctricas/electromagnéticas.

El tipo de transmisión que utiliza el protocolo IEC 870-5-101 entre ambas estaciones puede ser no balanceada o pseudo balanceada.

El tipo de transmisión no balanceado, es aquel en el cual existe una estación maestra, y la otra estación será esclava.

---

<sup>8</sup> Se define como el número de bits que tienen que cambiarse para transformar una palabra de código válida en otra palabra de código válida

El tipo de transmisión pseudo balanceado, es aquel en el cual existe una estación maestra, y la otra estación será esclava, pero además, la estación esclava tiene un mecanismo de informar a la estación maestra, de que tiene cambios a enviar (Datos en la Cola con una prioridad más elevada, Datos de Clase 1), y que desea ser interrogada por ellos.

### 3.3.3 Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red, de la notificación de errores, de la distribución ordenada y estructuración de las tramas y del control del flujo.

**3.3.3.1 Formato de la Trama.** El formato de la trama, puede ser variable, entre 0 y 255 caracteres (octetos de información de usuario), o fijo. En las figuras 3.8 y 3.9, se muestran formatos de trama con longitud de bloque variable y fija, respectivamente

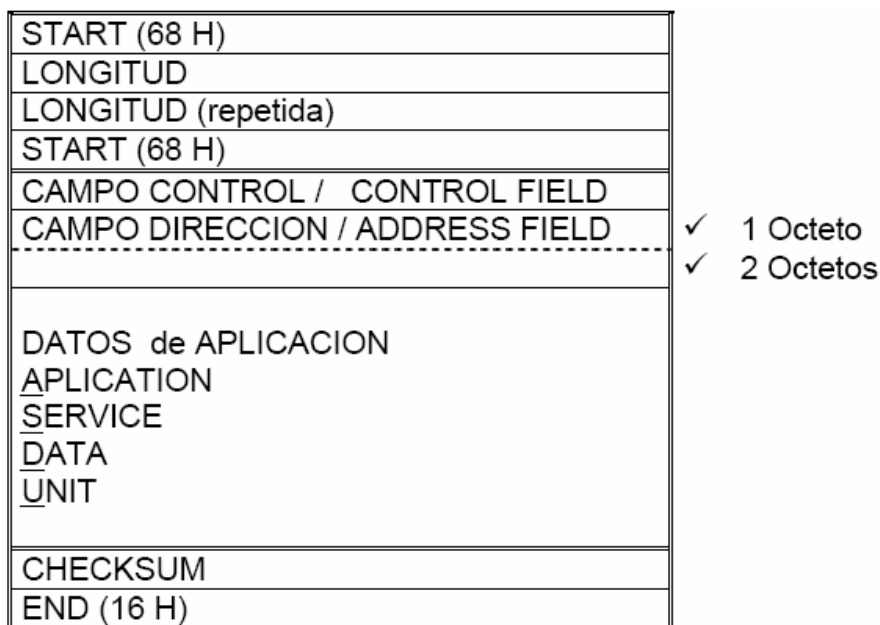
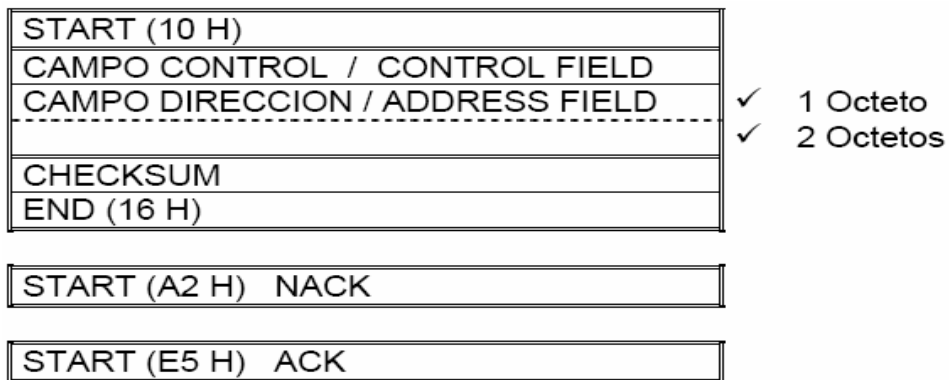


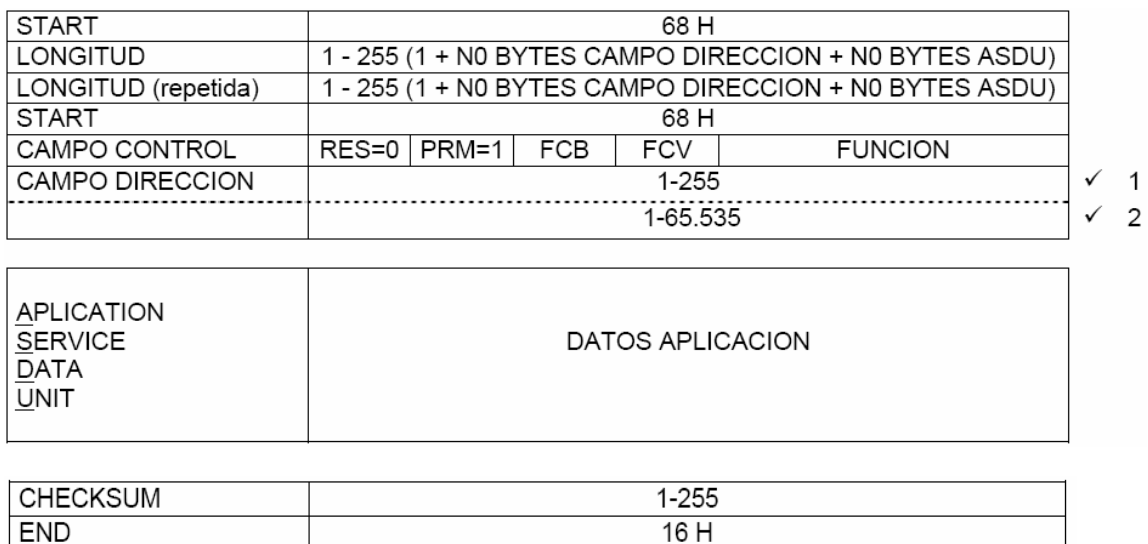
Figura 3.8 Formato de trama con longitud de bloque variable



**Figura 3.9 Formato de trama con longitud de bloque fija**

Cada carácter, está compuesto por: 1 bit “0”de inicio (start), 1 bit “1” de finalización (stop), 8 bit de datos y 1 bit “P” de paridad par. Cada trama tiene un “check sum” (suma de verificación) de 8 bit, módulo 256.

**Dirección De Control.** La dirección de control es la que se utiliza para comunicar físicamente de la Estación Maestra a la Estación Esclava. El formato de la trama se muestra en la figura 3.10.



**Figura 3.10 Dirección de Control**

**Dirección Monitor.** La dirección monitor es la que se utiliza para el envío de mensaje de la Estación Esclava a la Estación Maestra. El formato de la trama se indica en la figura 3.11.

START	68 H				
LONGITUD	1 - 255 (1 + N0 BYTES CAMPO DIRECCION + N0 BYTES ASDU)				
LONGITUD	1 - 255 (1 + N0 BYTES CAMPO DIRECCION + N0 BYTES ASDU)				
START	68 H				
CAMPO CONTROL	RES=0	PRM=0	ACD	DFC	FUNCION
CAMPO DIRECCION	1-255				
	1-65.535				
✓	1				
✓	2				
APLICACION SERVICE DATA UNIT	DATOS APLICACION				
CHECKSUM	1-255				
END	16 H				

**Figura 3.11 Dirección Monitor**

**3.3.3.2 Formato de los Campos.** Cada trama está constituida por diferentes campos, cada uno de estos presenta un formato diferente dependiendo de la función que desempeña.

**Campo de Longitud.** El campo de longitud tiene 8 bits y soporta datos de 1 a 255 estructurado de la siguiente manera:

$$\text{LONGITUD} = 1 (\text{CAMPO CONTROL}) + \text{N0 BYTES CAMPO DIRECCION} + \text{N0 BYTES ASDU}$$

**Campo De Control (Control Field).** El campo de longitud está constituido por 8 bits y dependiendo del tipo de mensaje que se desea enviar tiene dos variantes, puede ser desde un primario a secundario o viceversa, para lo cual se distribuye de la siguiente manera:

**De Primario a Secundario (PRM = 1)**

	8	7	6	5	4	3	2	1
CAMPO CONTROL	RES	PRM 1	FCB	FCV	FUNCION			

**Figura 3.17 Envío de mensajes de Primario a Secundario**

RES Reserva (Siempre igual a 0)

PRM Dirección Control

<1> Primario

<0> Secundario

FCB Cuenta de Trama

<0> No hay cuenta

<1> Cuenta

FCV Validez de la Cuenta de trama

<1> Válido

<0> No Válido

FUNCIÓN Código de la Función (depende del tipo de Transmisión).

Los valores que puede tomar para cada tipo de transmisión son:

Transmisión No Balanceada**Tabla 3.6 Transmisión No Balanceada**

FUNCION	TIPO TRAMA	SERVICIO de la FUNCION	FCV	TIPO PETICION
0	SEND / CONFIRM	Reset del Enlace Remoto Reset of Remote Link	0	
1	SEND / CONFIRM	Reset de Aplicación Reset of User Process	0	
3	SEND / CONFIRM	Datos Usuario User Data	1	Ordenes y Acciones
9	REQUEST / RESPOND	Petición del Estado del Enlace Request Status of Link	0	
10	REQUEST / RESPOND	Petición Datos Usuario Clase 1 Request User Data Class 1	1	Petición Cambios
11	REQUEST / RESPOND	Petición Datos Usuario Clase 2 Request User Data Class 2	1	Petición Datos

Transmisión Pseudo Balanceada**Tabla 3.7 Transmisión Pseudo Balanceada**

FUNCION	TIPO TRAMA	SERVICIO de la FUNCION	FCV	TIPO PETICION
0	SEND / CONFIRM	Reset del Enlace Remoto Reset of Remote Link	0	
1	SEND / CONFIRM	Reset de Aplicación Reset of User Process	0	
3	SEND / CONFIRM	Datos Usuario User Data	1	Ordenes y Acciones
9	REQUEST / RESPOND	Petición del Estado del Enlace Request Status of Link	0	
10	REQUEST / RESPOND	Petición Datos Usuario Clase 1 Request User Data Class 1	1	Petición Cambios
11	REQUEST / RESPOND	Petición Datos Usuario Clase 2 Request User Data Class 2	1	Petición Datos



**De Secundario a Primario (PRM = 0)**

	8	7	6	5	4	3	2	1
CAMPO CONTROL	RES	PRM 0	ACD	DFC	FUNCION			

**Figura 3.12 Envío de mensajes de Secundario a Primario**

RES Reserva (Siempre a 0)

PRM Dirección Control

<1> Primario

<0> Secundario

ACD Demanda de Acceso

<1> Hay datos de Clase 1 pendientes.

<0> No hay datos de Clase 1 pendientes.

DFC Control de flujo de datos

<1> El buffer de recepción está lleno.

<0> El buffer de recepción no está lleno.

Ya que el tipo de transmisión es no balanceado, el bit DFC siempre deberá venir a 0.

FUNCIÓN Código de la Función (depende del tipo de Transmisión).

En el siguiente esquema se observa los valores que puede tomar para cada tipo de transmisión.

Transmisión No Balanceada**Tabla 3.8 Transmisión No Balanceada**

FUNCION	TIPO TRAMA	SERVICIO de la FUNCION	TIPO PETICION
0	CONFIRM	ACK ACK: positive acknowledgement	Mensaje Aceptado
1	CONFIRM	NACK NACK: message not accepted, link busy	Mensaje No Aceptado
8	RESPOND	Datos Usuario User Data	
9	RESPOND	NACK: Datos Usuario no disponibles NACK: requested data not available	
11	RESPOND	Estado del Enlace Status of Link or access demand	

Transmisión Pseudo Balanceada**Tabla 3.9 Transmisión Pseudo Balanceada**

FUNCION	TIPO TRAMA	SERVICIO de la FUNCION	TIPO PETICION
0	CONFIRM	ACK ACK: positive acknowledgement	Mensaje Aceptado
1	CONFIRM	NACK NACK: message not accepted, link busy	Mensaje No Aceptado
6	SEND / NO REPLY	Petición Espontaneo del Enlace	
8	RESPOND	Datos Usuario User Data	
9	RESPOND	NACK: Datos Usuario no disponibles NACK: requested data not available	
11	RESPOND	Estado del Enlace Status of Link or access demand	

**Campo de Dirección (Address Field).** Este campo no es más que la dirección de la estación remota o la estación esclava, el campo de dirección está constituido por ocho bits, y puede tomar valores de 1 a 255 por cada canal de comunicaciones.

### 3.3.4 Capa de Aplicación

Esta capa ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, en este caso el IEC 870-5-101.

**3.3.4.1 Estructura del ASDU (Datos De Aplicación).** La estructura de los datos de aplicación es la siguiente:

**Tabla 3.10 Estructura ASDU**

ASDU APLICATION SERVICE DATA UNIT DATOS de APLICACIÓN			
DATA UNIT IDENTIFIER IDENTIFICACION DATOS UNITARIOS	DATA UNIT TYPE TIPO DATOS UNITARIOS	TYPE IDENTIFICATION IDENTIFICACION TIPO	
		VARIABLE STRUCTURE QUALIFIER CALIFICADOR de la ESTRUCTURA VARIABLE	
		CAUSE OF TRANSMISION CAUSA de la TRANSMISION	✓ 1 Octeto
		-----	✓ 2 Octetos
INFORMATION OBJECT OBJETO de INFORMACION		COMMON ADDRES DIRECCION COMUN	✓ 1 Octeto
		-----	✓ 2 Octetos
		-----	✓ 3 Octetos
		SET OF INFORMATION ELEMENTS SET de INFORMACION de ELEMENTOS	
		TIME TAG OF INFORMATION OBJECT TIEMPO del OBJETO de INFORMACION	

**3.3.4.2. Definición General ASDU (Datos de Aplicación).** El ASDU (Unidad de Datos de los Servicios de Aplicación), o datos de aplicación es un bloque de datos que son enviados desde las UTR's hacia la estación principal, con datos específicos de la aplicación.

**Identificación Tipo / Type Identification.** La siguiente lista especifica los posibles valores:

Información de Proceso Dirección Monitor

- <1> Contacto Simple sin Hora
- <2> Contacto Simple con Hora (CP24Time2a)
- <3> Contacto Doble sin Hora
- <4> Contacto Doble con Hora (CP24Time2a)
- <7> Cadena de 32 bit sin Hora
- <8> Cadena de 32 bit con Hora (CP24Time2a)
- <11> Medida Escalar sin Hora
- <12> Medida Escalar con Hora (CP24Time2a)
- <13> Medida en Coma Flotante sin Hora
- <14> Medida en Coma Flotante con Hora (CP24Time2a)
- <15> Contador sin Hora
- <16> Contador con Hora (CP24Time2a)
- <30> Contacto Simple con Hora (CP56Time2a)
- <31> Contacto Doble con Hora (CP56Time2a)
- <33> Cadena de 32 bit con Hora (CP56Time2a)
- <35> Medida Escalar con Hora (CP56Time2a)
- <36> Medida en Coma Flotante con Hora (CP56Time2a)
- <37> Contador con Hora (CP56Time2a)

---

### Información de Proceso Dirección Control

- <45> Mando Simple
- <46> Mando Doble
- <49> Consigna Escalar
- <50> Consigna en Coma Flotante
- <51> Cadena de 32 bit

### Información de Sistema Dirección Monitor

- <70> Fin Inicialización

### Información de Sistema Dirección Control

- <100> Interrogación General
- <101> Interrogación Contadores
- <102> Lectura
- <103> Sincronización
- <104> Testeo
- <105> Proceso de reinicio

### Información de Parámetros Dirección Control

- <111> Parámetros Medida Escalar
- <112> Parámetros Medida en Coma Flotante

### Transferencia de Ficheros

- <120> Fichero Disponible
- <121> Sección Disponible
- <122> Demanda Directorio, Fichero, Sección y Selección Fichero
- <123> Última Sección, Segmento
- <124> Reconocimiento Fichero, Sección
- <125> Segmento
- <126> Directorio

## **3.4 PROTOCOLO DE RED DISTRIBUIDA DNP 3.0**

### **3.4.1 Introducción del Protocolo**

El protocolo DNP ha sido desarrollado por Harris Controls basado en una versión del IEC 60870-5 que es un protocolo estándar de telecontrol. Ahora las especificaciones del protocolo están controladas por el grupo de usuarios del DNP.

El modelo OSI en el que se basa este protocolo especifica solo tres capas: física, enlace de datos, y capa de aplicación. Este grupo reducido de protocolos se los conoce como arquitectura realzada del funcionamiento EPA (Mejoramiento del rendimiento de la Arquitectura). Sin embargo para soportar el funcionamiento de las UTR's avanzadas y la de mensajes más grandes que la longitud máxima de la trama como ha sido definido en el documento de la IEC 60870-5-1, la versión 3 del protocolo DNP está pensada para ser usada con una pseudo-capa de transportadora. Como mínimo esta capa de transporte implementa servicios de articulación y desmontaje de mensajes.

### **3.4.2 Capa Física**

La capa física que se recomienda para la transmisión de datos que sea asincrónica orientada a una comunicación serial que soporta 8 bits, 1 bit de inicio, 1 bit de parada, sin paridad trabaja con señales de voltaje y de control como las del RS232. El MODEM utilizado para la comunicación usando PSN (Switch de red Pública) o las líneas arrendadas privadas, deben estar formadas (como mínimo) por el estándar DCE de 24 V.

La capa física debe proveer cinco servicios básicos:

- Enviar
- Recibir

- Conectar (Cuando el PSN es usado para comunicación)
- Desconectar ( Cuando el PSN es usado para comunicación)
- Estado (Por ejemplo para indicar la disponibilidad del medio)

### **3.4.3 Capa de Enlace de Datos.**

La capa de enlaces del Protocolo DNP 3.0 está orientada a la conexión y a la no conexión, son capas físicas seriales sincrónicas o asincrónicas (como RS232 o Rs485 y fibra ótica). Procedimiento de transmisión totalmente balanceada han sido adoptados para que soporte transmisiones simultáneas de las estaciones exteriores.

#### **3.4.3.1 Funciones del Enlace de Datos.**

- Realiza mensajes de comprobación
- Sincronizar y manejar el FCB (control de flujo de bits) en el octeto de control.
- Basado en la disponibilidad del buffer se puede encerrar o setear el bit DFC (control de flujo de datos)
- Establecer automáticamente una conexión basado en los parámetros de destino en un ambiente de dial-up (marcado manual) cuando un servicio directo es requerido por el usuario.
- Desconectar en un ambiente de dial-up
- Estructurar los datos en las tramas con sus respectivos formatos y transmitir los datos mediante la capa física.
- Desempacar las tramas que son recibidas desde la capa física y reconocer los datos del usuario
- Controlar todos los aspectos de la capa física
- Desarrollar el procedimiento de detección/evitar colisiones para asegurar una transmisión confiable de los datos a través de la capa física
- Responder a todas las tramas validas (códigos de función) que sean recibidos de la capa física

### 3.4.3.2 Responsabilidades de la Capa de Enlace

- Intercambiar las unidades de datos del servicio (SDU's) entre un par capas de enlace DNP
- Notificar los errores al usuario de la capa de datos
- Secuenciar los SDU's
- Calidad de entrega de las SDU's

La calidad de entrega puede ser envío-sin-respuesta o envío-con-confirmación para indicar si es que un mensaje necesita o no la confirmación de llegada.

### 3.4.4 Seudo Capa de Transporte

Para soportar el funcionamiento de UTR's avanzadas y mensajes que sobrepasen la longitud máxima de la trama, se ha implementado una pseudo capa de transporte la cual implementa (como mínimo) ensamble y desensamble de mensajes.

Esta seudo capa es actualmente un protocolo con una súper-capa de transporte de datos, la cual está normalmente incluido en la capa de enlace del modelo OSI.

#### 3.4.4.1 Funciones del Transporte

- Estructurar los datos del usuario en una o más tramas en el formato DNP definido, y transmitir los datos a la capa de enlace de datos.
- Desempacar las múltiples tramas que son recibidas de la capa de enlace de datos.
- Controlar todo los aspectos de la capa de enlace de datos excluyendo la configuración de los enlaces de datos.



### 3.4.4.2 Responsabilidades Del Transporte

- Intercambio de SDU's entre las dos pseudo capas de transporte del DNP.
- Notificar los errores a los usuarios del transporte
- Ordenar los SDU's

### 3.4.5 Capa De Aplicación

La capa de aplicación es responsable de realizar operaciones en objetos de datos definidos por el dispositivo o en el propio dispositivo. Estas operaciones pueden ser: retornar valores actuales (funciones de lectura), asignar nuevos valores (funciones de escritura) si el objeto representa puntos de control, armando y energizando el punto de salida (seleccionar, operar o funciones de directa operación) si se usan contadores, almacenar los valores actuales (funciones de congelamiento) y encerrar los contadores. También existen varias funciones que controlan el dispositivo o el estado de la aplicación (por ejemplo reiniciar las funciones del dispositivo).

Todos los datos de los objetos están asignados a clases. El protocolo DNP define cuatro clases: clase 0 para datos estáticos, clase 1 para eventos producidos por variación de datos, clase 2 para datos estáticos y clase 3 para eventos producidos por condiciones de congelamiento. Solo los datos estáticos (asignados a la clase 0) siempre están disponibles y pueden ser interrogadas usando las funciones de lectura.

Una estación exterior puede generar espontáneamente lo que se conoce como respuestas sin solicitar para reportar eventos y datos sin que la estación principal lo requiera.

**3.4.5.1 Formato de las Tramas.** EL formato completo de la trama de DNP se muestra en la tabla 3.11.

**Tabla 3.11 Formato completo de la trama de DNP**

	Byte offset	Descripción				
		Requerimiento		Respuesta		
<b>Formato de la trama de la Capa de Enlace</b>	0	Caracter de Inicio		Caracter de Inicio		
	1	Caracter de Inicio		Caracter de Inicio		
	2	Campo de longitud		Campo de longitud		
	3	Byte de control		Byte de control		
	4	Dirección de destino		Dirección de destino		
	5	Dirección de destino		Dirección de destino		
	6	Dirección de origen		Dirección de origen		
	7	Dirección de origen		Dirección de origen		
	8	CRC		CRC		
9	CRC		CRC			
<b>Formato de trama de la capa de transporte</b>	10	Cabecera del campo De Transporte		Cabecera del campo De Transporte		
<b>Formato de La Trama de La Capa de Aplicación</b>	11	Cabecera de la Petición de uso	Campo del control de aplicación.		Cabecera de la Respuesta de uso	Campo del control de aplicación
	12		Código de función de la aplicación			Código de función de la aplicación
	13	Datos del Objeto		Indicaciones internas		
	14	Datos del Objeto		Indicaciones internas		
	15	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	16	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	17	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	18	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	19	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	20	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	21	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	22	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	23	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	24	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	25	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	26	CRC		CRC		
	27	CRC		CRC		
	28	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	29	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	30	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
...	...		...			

**Nota:**

- Las tramas en la capa de enlace de datos sin los datos del usuario solo tienen una longitud de 10 bytes.
- Campos de información del objeto son opcionales y dependen del código de función escogido en la capa de aplicación.
- Para una descripción detallada de cada campo revise la siguiente sección.

**Formato de la Trama de la Capa de Enlace de Datos**

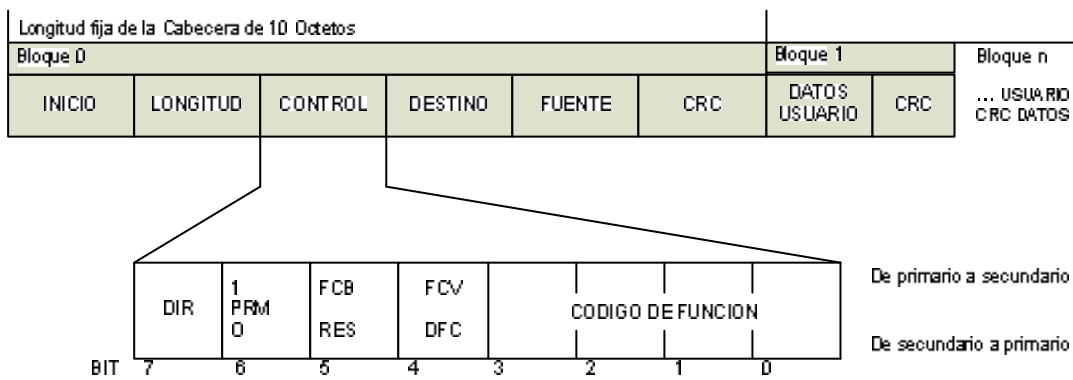


Tabla 3.12 Cabecera de las tramas de enlace de datos

Campo	Sub-Campo	Descripción
INICIO		2 Octetos iniciales de cabecera (0x0564)
LONGITUD		1 Octeto contabiliza los Datos del Usuario en la cabecera y en el cuerpo. Esto incluye el Control del Destino y el Origen en los campos de la cabecera. El campo CRC no está incluido en el conteo. El valor mínimo de longitud es 5, el cual indica que solo la cabecera está presente, y el valor máximo es 255.
CONTROL		El campo de control contiene la dirección de la trama, el tipo de trama y el control de flujo de información.
	DIR	El bit de dirección indica la dirección física de la trama con relación a la estación principal designada. El valor de 1 indica una trama de la estación principal designada; un valor de 0 indica una trama de estación esclava.
	PRM	El bit primario indica la dirección de la trama con relación a la estación inicial. El valor de 1 indica una trama de una estación principal designada; el valor de 0 indica una trama de una estación que está respondiendo.
	FCB	El bit contador de tramas es usado para eliminar las pérdidas y duplicaciones de tramas a las estaciones secundarias. Este bit indica cuando la confirmación de envío ha sido exitosa que se ha iniciado por la misma estación primaria y dirigida a la misma estación secundaria.
	FCV	El bit válido contador de tramas habilita el bit FCB a función. El valor de 1 significa que el FCB es válido y debe ser comparado con el estado del bit FCV de la última trama enviada con la activación del FCV. El valor de 0 indica que el estado del bit FCV debe ser ignorado.
	RES	0 siempre reservado
	DFC	El bit de control de flujo es usado para prevenir los desbordamientos de los buffers en la estación secundaria. La estación secundaria retorna este bit a 1, si el siguiente envío de los datos a la estación secundaria causa un desbordamiento de los datos en el buffer.
	Código De Función	Este código de función indica el tipo de trama
DESTINO		2 Octetos de la dirección de destino. El primer octeto es el LSB y el segundo octeto es el MSB (más significativo)
ORIGEN		2 Octetos de la dirección de origen. El primer octeto es el LSB y el segundo octeto es el MSB (más significativo)
CRC		2 Octetos para verificar la redundancia cíclica
DATOS		Cada bloque que consiguiente a la cabecera tiene 16 octetos para los datos definidos por el usuario a excepción del último bloque, el cual contiene de 1 a 16 Octetos de acuerdo a su necesidad.

### Formato de la Trama de la Capa de Transporte

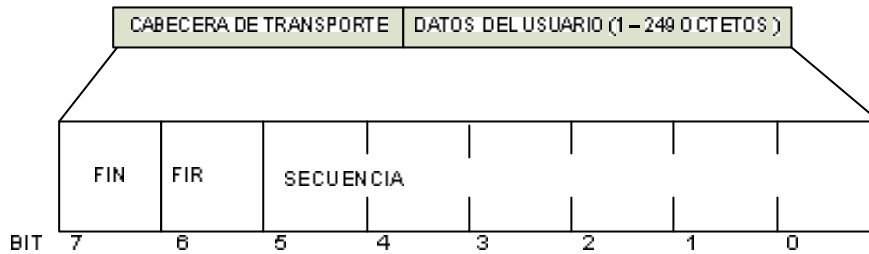


Figura 3.14 Formato de la trama de la capa de transporte

Tabla 3.13 Cabecera de las tramas de transporte

FIN	El último bit seteado con 1 indica que la trama de los datos es la última trama de la secuencia en un mensaje completo del usuario.
FIR	El primer bit seteado a 1 indica que la trama es la primera en una secuencia de tramas que comprenden un mensaje. Cuando una estación secundaria recibe una trama con el bit FIR seteado, cualquier trama recibida y no terminada es descartada. Si una trama se recibe sin el bit FIR seteado y sin una secuencia este en ese momento en progreso entonces la trama es ignorada.
SECUENCIA	El número de secuencia de la trama es usado para verificar que cada trama está siendo recibida y en secuencia. Previene la pérdida o la duplicación de tramas. Todos los mensajes de los usuarios comienzan con una secuencia específica en la primera trama que tiene el bit FIR seteado (cada mensaje puede empezar con cualquier secuencia de números entre 0 y 63). Secuencia 63 estará seguida por 0.

### Formato de Trama de la Capa de Aplicación

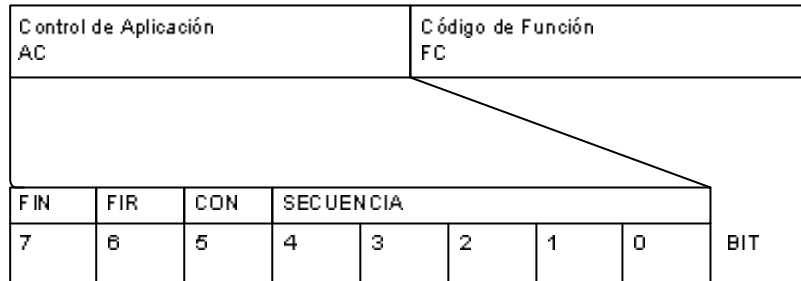
#### Formato de la Petición de Aplicación



Campo	Descripción
Encabezado requerido	La cabecera requerida identifica el propósito del mensaje y consiste de APCI (Protocolo de Control de la aplicación de la información)
Encabezado del Objeto	Esta cabecera identifica los datos del objeto que siguen
Datos	Datos del objeto del tipo especificado en la cabecera del objeto

Tabla 3.14 Formato de la trama de petición de aplicación

Para la petición de aplicación se requiere el encabezado que se indica en la figura 3.15.

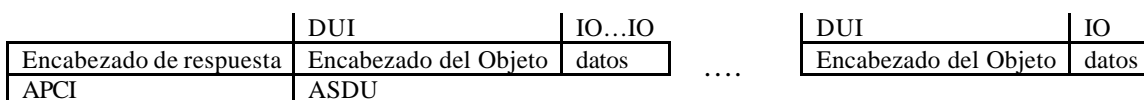


**Figura 3.15 Encabezado Requerido**

FIR	Si está en uno, este bit indica que el fragmento del mensaje es el primero de un completo mensaje de aplicación.
FIN	Si está en uno, este bit indica que el fragmento del mensaje es el fragmento final de un completo mensaje de aplicación.
CON	Si está en uno cuando un mensaje es recibido, indica que una aplicación enviada está esperando una confirmación de entregado el fragmento.
Secuencia	Indica el número de fragmento. Números de fragmento entre 0...15 están reservados para peticiones de las estaciones maestras y todas las respuestas de las estaciones exteriores (NO para solicitudes no requeridas). Números de fragmento 16...31 están reservados para respuestas no solicitadas.

**Tabla 3.15 Cabecera de la petición**

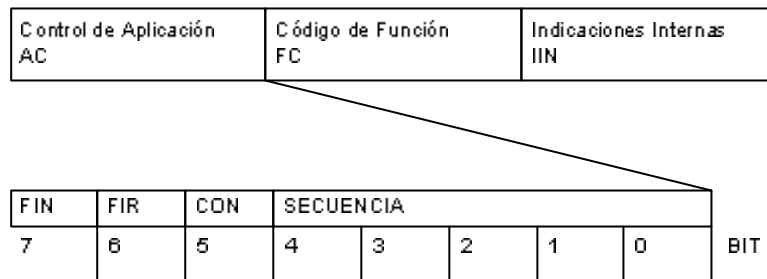
**Formato de la Aplicación De Respuesta**



Campo	Descripción
Encabezado de respuesta	La cabecera de respuesta identifica el propósito del mensaje y consiste de APCI (Protocolo de Control de la aplicación de la información)
Encabezado del Objeto	Esta cabecera identifica los datos del objeto que siguen
Datos	Datos del objeto del tipo especificado en la cabecera del objeto

**Tabla 3.16 Formato de la trama de aplicación de respuesta**

El formato de la trama de aplicación de respuesta requiere la cabecera de respuesta que se indica en la figura 3.16, y la cabecera que se indica en la tabla 3.17.



**Figura 3.16 Encabezado de respuesta**

Campo	Explicación
FIR	Si está en uno, este bit indica que el fragmento del mensaje es el primero de un completo mensaje de aplicación.
FIN	Si está en uno, este bit indica que el fragmento del mensaje es el fragmento final de un completo mensaje de aplicación.
CON	Si está en uno cuando un mensaje es recibido, indica que una aplicación enviada está esperando una confirmación de entregado el fragmento.
Secuencia	Indica el número de fragmento. Números de fragmento entre 0...15 están reservados para peticiones de las estaciones maestras y todas las respuestas de las estaciones exteriores (NO para solicitudes no requeridas). Números de fragmento 16...31 están reservados para respuestas no solicitadas.

**Tabla 3.17 Cabecera de respuesta**

**Indicaciones Internas.** El campo de indicaciones internas (IIN) son dos octetos que siguen al código de función en todas las respuestas. Cuando una respuesta no puede ser respondida debido a los errores de formato, o si los datos requeridos no se encuentran disponibles, el IIN siempre retorna seteado los bits apropiados.

Primer Octeto:

- Bit 0 ——— Todos los mensajes de las estaciones han sido recibidos.
- Bit 1 ——— Datos Clase 1 disponibles.
- Bit 2 ——— Datos Clase 2 disponibles.

- Bit 3 ——— Datos Clase 3 disponibles.
- Bit 4 ——— Sincronización de tiempo requerida por la estación maestro.
- Bit 5 ——— Se pone en uno cuando uno o todos los puntos de salidas digitales de las subestaciones se encuentran en un estado local.
- Bit 6 ——— Problemas con el dispositivo
- Bit 7 ——— Reinicio del dispositivo.

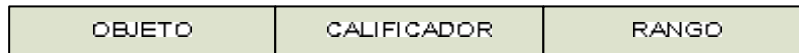
Segundo Octeto:

- Bit 0 ——— Código de función incompleto.
- Bit 1 ——— Objeto(s) requerido desconocido.
- Bit 2 ——— Los parámetros a ser calificados o los campos de datos no son validos o están fuera de rango.
- Bit 3 ——— Desbordamiento de la memoria de eventos (buffer), o de otro memoria usada.
- Bit 4 ——— La petición a sido entendida pero la operación requerida ya está siendo ejecutada.
- Bit 5 ——— La configuración actual de la estación exterior está dañada
- Bit 6 ——— Reservado (0)
- Bit 7 ——— Reservado (0)

El campo de indicaciones internas están totalmente respaldadas por la interfase REC 523 DNP.

**Cabecera del Objeto.** La cabecera del objeto del mensaje especifica los datos de los objetos (o IOs) ellos se encuentran contenidos en el mensaje o se están para ser usados para responder a este mensaje, como se indica en la figura 3.17.





Campo	Explicación
Objeto	Especifica los grupos de objetos y variación de los objetos que se encuentran a continuación de la cabecera. Este es un campo de dos octetos. El campo del objeto únicamente identifica el tipo o clase de objeto
Calificador Rango	Especifica el campo del rango. Este es un campo de un octeto. Indica la cantidad de objetos, índices de inicio y de final o identifica para los objetos en cuestión.

**Figura 3.17 Cabecera del objeto**

**Campo del Objeto.** El campo del objeto especifica un grupo de objetos y la variación de objetos dentro del grupo. El grupo combinado de objetos más la variación única especifica el objeto al cual el mensaje se refiere.

Un objeto puede ser asignado a una de las cuatro clases. Cuando el campo del objeto especifica la clase de datos en vez de un tipo específico de objeto, el campo del objeto se refiere indirectamente a todos los objetos asignados a una clase de datos y no a ningún tipo de objeto específico.

El campo del objeto tiene una longitud de dos octetos. El primer octeto especifica el tipo general de datos (por ejemplo entradas análogas) y el segundo octeto especifica la variación del tipo de datos (por ejemplo una entrada análoga de 16 bits o entradas análogas de 32 bits). EN la dirección requerida, si la variación del objeto está especificada como cero, esto indica la variación por defecto para este grupo. En respuesta, sin embargo la variación 0 no puede ser usada para especificar un objeto. Una variación específica tiene que ser dada. Cuando se requieren datos con variación 0, no es necesario para el maestro conocer que variación soporta la estación exterior. Sin embargo, el maestro debe estar en la capacidad de interpretar la cabecera del objeto y tener algún conocimiento de la estructura de cada variación.

Primer Octeto	Segundo Octeto	
Grupo de Objetos	0 o variación del objeto Variación del Objeto	Cabecera requerida de aplicación Dirección de respuesta de la aplicación

**Tabla 3.18 Campo del objeto**

**Campo Calificador.** El campo calificador especifica el rango del campo (figura 3.18).

7	6	5	4	3	2	1	0	Bit
R	Tamaño del Índice			Código calificador de 4 bits				

**Figura 3.18 Campo calificador**

El campo del rango es usado por el índice o como un identificador. La estructura y uso del campo del rango depende del valor en el tamaño del campo del índice y el campo del código de calificación.

**a) Tamaño del Índice (3 bits)**

- Cuando se requiere una cabecera de un objeto donde el código de cabecera es igual a 11.

El tamaño del índice únicamente es válido cuando el código de calificación es igual a 11. Estos bits indican el tamaño, en octetos, de cada entrada en el campo del rango (figura 3.19).

**Tabla 3.19 Tamaño del índice**

Bit	Tamaño
0	No válido con el código de calificación de 11
1	El tamaño del identificador es de 1 octeto
2	El tamaño del identificador es de 2 octetos
3	El tamaño del identificador es de 4 octetos
4	reservado
5	reservado
6	reservado
7	reservado

- En respuesta o requerimiento de una cabecera del objeto esta es parte de un mensaje conteniendo los datos del objeto.

El campo del tamaño del índice de 3-bit especifica el tamaño del índice o el tamaño del objeto presidiendo cada objeto (figura 3.19).

**Tabla 3.19 Predecisión de los objetos**

Bit	Predecisión del objeto
0	objetos están empacados sin índice que los preceda
1	objetos están precedidos por 1 índice de un octeto
2	objetos están precedidos por 2 índice de un octeto
3	objetos están precedidos por 4 índice de un octeto
4	objetos están precedidos por objeto de tamaño de 1 octeto.
5	objetos están precedidos por objeto de tamaño de 2 octeto
6	objetos están precedidos por objeto de tamaño de 4 octeto.
7	reservado

**b) Código calificador (4 bits)**

El campo del código calificado es usado para especificar el campo del rango (tabla 3.20).

**Tabla 3.20 Código calificador**

<b>Bit</b>	<b>Código calificador</b>
0	8-bit índices de inicio y parada en el campo de rango
1	16-bit índices de inicio y parada en el campo de rango
2	32-bit índices de inicio y parada en el campo de rango
3	8-bit identificadores absolutos de direcciones en el campo de rango
4	16-bit identificadores absolutos de direcciones en el campo de rango
5	32-bit identificadores absolutos de direcciones en el campo de rango
6	Ningún campo de rango (implica todos los objetos especificados)
7	8-bit campo simple de cantidad
8	16-bit campo simple de cantidad
9	32-bit campo simple de cantidad
10	reservado
11	Calificador libre de formato utilizado para especificar objetos cuando otros códigos calificadores son inadecuados o no proveen suficiente información de identificación
12	reservado
13	reservado
14	reservado
15	reservado

## **CAPÍTULO 4**

### **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PROTOCOLOS**

#### **4.1 DIFERENCIAS**

##### **4.1.1 Antecedentes Históricos de Cada Protocolo**

###### ***DNP 3.0***

El protocolo DNP ha sido desarrollado por Harris Controls basado en una versión del IEC 60870-5 que es un protocolo estándar de telecontrol. Ahora las especificaciones del protocolo están controladas por el grupo de usuarios del DNP.

En la actualidad el protocolo DNP 3.0 continúa expandiéndose gracias a la adición de nuevos elementos, bajo la supervisión del comité técnico DNP.

###### ***IEC 870-5-101***

El protocolo IEC 60870-5-101, es el protocolo recomendado por la IEEE para la comunicación entre: estación maestra, UTR's (Unidad Terminal Remota) e IEDs (Dispositivos Electrónicos Inteligentes).

Este protocolo ha sido expandido con nuevos objetos para el transporte con mejores etiquetas de tiempo. Futuras enmiendas en este protocolo serán realizadas por el grupo de trabajo IEC.

### ***RP 570***

Este es protocolo de comunicaciones propio de ABB, utilizado entre la computadora Front-End (FE) y las subestaciones a ser controladas. El protocolo está basado en un protocolo de bajo nivel recomendado por IEC TC57.

#### **4.1.2 Comparación en Conformidad con el Modelo OSI de 7 Capas**

Los tres protocolos utilizan una versión simplificada del modelo OSI de siete capas, denominada EPA (arquitectura de mejoramiento de resultados).

### ***DNP 3.0***

El protocolo DNP 3.0 añade una capa de transporte para permitir mensajes de función simple más grandes que una trama de enlace de datos.

En DNP todas las funciones de nivel de aplicación están implementadas como mensajes de la capa de aplicación encapsulados en la trama del enlace de datos.

### ***IEC 870-5-101***

En el protocolo IEC 870-5-101 cada mensaje de función simple es enviado como una simple trama de enlace de datos.

Este protocolo soporta un mecanismo para especificar un conjunto de funciones de aplicación (por ejemplo, petición de datos) en un mensaje de la capa de enlace de datos que no contiene datos de aplicación. Esto mejora la eficiencia, pero empeora la separación de la aplicación y la funcionalidad de enlace de datos.

## ***RP 570***

La capa de enlace de datos determina los parámetros a nivel de bit. El protocolo es asincrónico, en el cual el mensaje es enviado un byte a la vez. El byte se especifica a continuación.

Este protocolo está basado en el IEC 870-5-101 101, (como se indica en la sección 3.2.1) cada mensaje de función simple es enviado igualmente como una simple trama de enlace de datos.

### **4.1.3 Comparación Entre las Tramas de los Protocolos**

#### ***DNP 3.0***

El formato completo de la trama del protocolo DNP 3.0 se indica en la tabla 4.1, una característica de la trama en la capa de enlace de datos sin los datos del usuario solo tienen una longitud de 10 bytes.

Los campos de información del objeto son opcionales y dependen del código de función escogido en la capa de aplicación.

El campo de inicio en la capa de enlace de datos está formado por dos octetos y cuyo valor es igual a 0x0564 (tabla 3.12), cuando se tenga que enviar una señal, siempre la cabecera de la trama empezará con este valor.

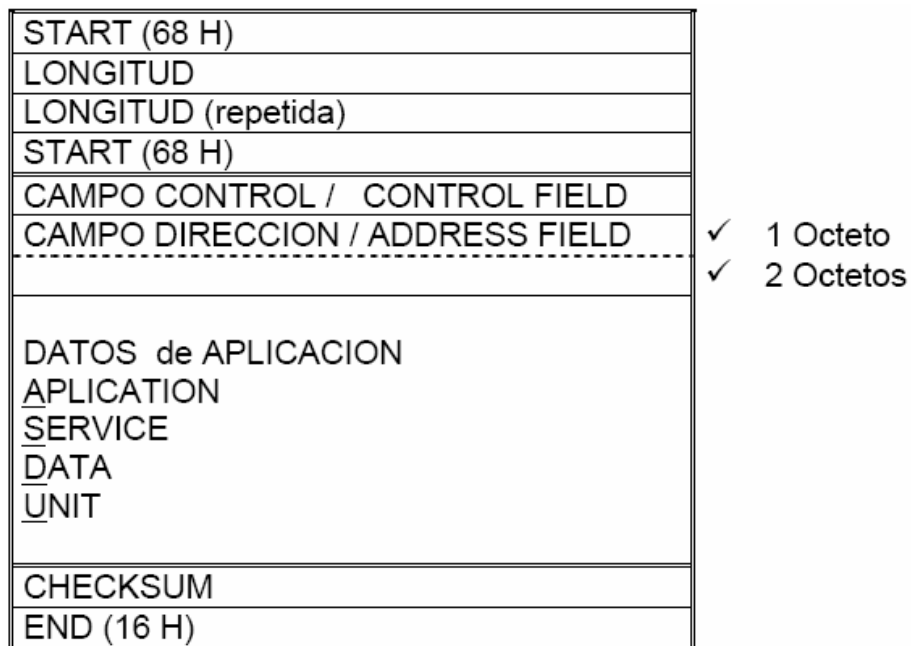
Tabla 4.1 Formato completo de la trama del protocolo DNP 3.0

	Byte offset	Descripción				
		Requerimiento		Respuesta		
<b>Formato de la trama de la Capa de Enlace</b>	0	Caracter de Inicio		Caracter de Inicio		
	1	Caracter de Inicio		Caracter de Inicio		
	2	Campo de longitud		Campo de longitud		
	3	Byte de control		Byte de control		
	4	Dirección de destino		Dirección de destino		
	5	Dirección de destino		Dirección de destino		
	6	Dirección de origen		Dirección de origen		
	7	Dirección de origen		Dirección de origen		
	8	CRC		CRC		
	9	CRC		CRC		
<b>Formato de trama de la capa de transporte</b>	10	Cabecera del campo De Transporte		Cabecera del campo De Transporte		
<b>Formato de La Trama de La Capa de Aplicación</b>	11	Cabecera de la Petición de uso	Campo del control de aplicación.		Cabecera de la Respuesta de uso	Campo del control de aplicación
	12		Código de función de la aplicación			Código de función de la aplicación
	13	Datos del Objeto		Indicaciones internas		
	14	Datos del Objeto		Indicaciones internas		
	15	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	16	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	17	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	18	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	19	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	20	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	21	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	22	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	23	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	24	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	25	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	26	CRC		CRC		
	27	CRC		CRC		
	28	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	29	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
	30	Datos del Objeto		Datos del Objeto		
...	...		...			

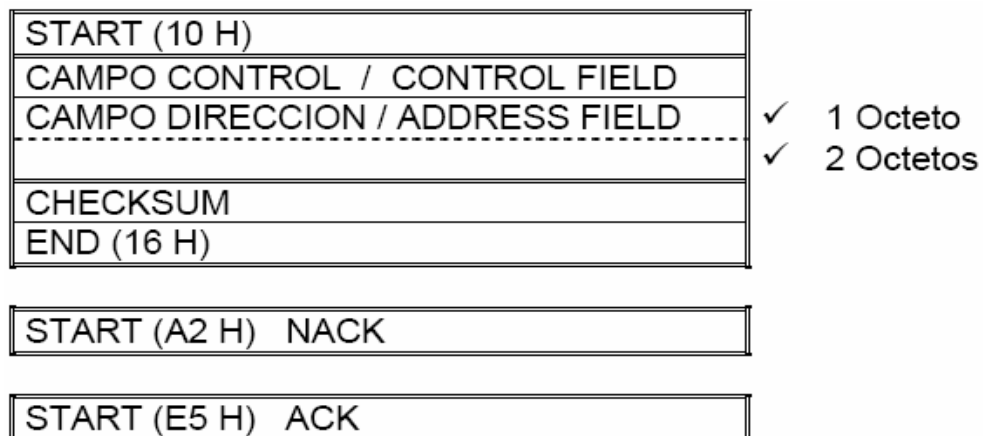
**IEC 870-5-101**

El formato de la trama, puede ser fijo o variable entre 0 y 255 caracteres (octetos de información de usuario). En las figuras 4.1 y 4.2, se muestran formatos de trama con longitud de bloque variable y fija, respectivamente





**Figura 4.1 Formato de trama con longitud de bloque variable**

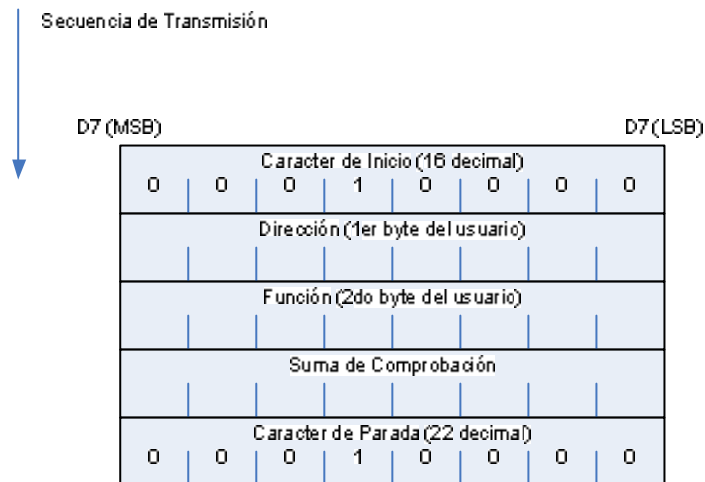


**Figura 4.2 Formato de trama con longitud de bloque fija**

Cada caracter está compuesto por: 1 bit “0” de inicio (start), 1 bit “1” de finalización (stop), 8 bit de datos y 1 bit “P” de paridad par. Cada trama tiene un checksum (suma de verificación) de 8 bits con módulo 256.

**RP 570**

La trama está formada por un número fijo o variable de bytes. Hay dos caracteres que indican el inicio: 16 en decimal que indica que la longitud de la trama es fija y 104 en decimal que indica que la longitud de la trama es variable (Figuras 4.3 y 4.4).



**Figura 4.3 Trama de longitud fija**

Cuando se usa una trama de longitud fija, tanto el destinatario como el que envía el mensaje conocen su dimensión. La trama contiene dos octetos de datos, el byte de dirección y el de código de función. Los comandos y los reconocimientos simples que no contienen datos verdaderos, tienen una longitud fija.

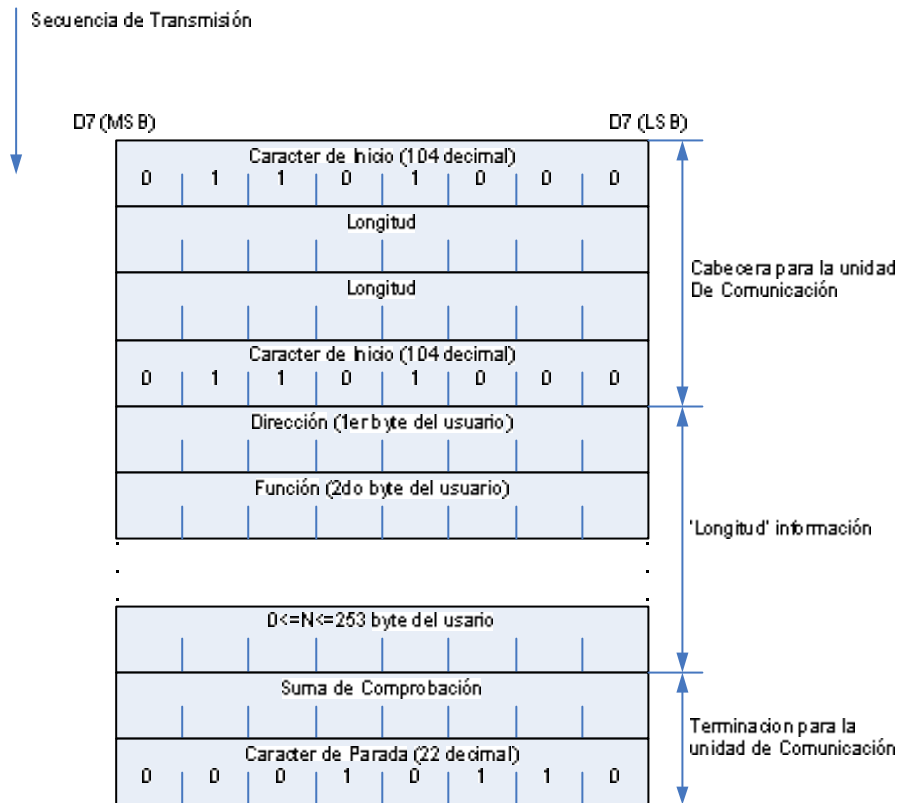


Figura 4.4 Trama de Longitud Variable

Una trama de longitud variable contiene de 2 a 255 octetos. La longitud doble de la cabecera de la trama indica la longitud de la parte de los datos. La dirección y el código de función al inicio de la parte de los datos identifican el mensaje.

#### 4.1.4 Direccionamiento de los Dispositivos

##### DNP 3.0

Los enlaces contienen las dos direcciones tanto la dirección de la fuente como la del destino. Ambas direcciones siempre son de 16 bits y son direcciones lógicas. Un único dispositivo físico se le permite responder a múltiples direcciones (contenidas en múltiples dispositivos lógicos). Cada dispositivo se mostrará a la maestra como un dispositivo completamente separado. Este concepto de operación si se pudiera hacer una analogía sería, como tener una comunicación par a par donde se podrían intercambiar los roles de maestro y esclavo. La capa de aplicación no contiene una dirección.

***IEC 870-5-101***

La dirección de enlace puede constar de 0, 1 o 2 bytes, además este direccionamiento previene que en la red de comunicación par a par existen más de dos dispositivos.

El enlace des-balanceado siempre contiene la dirección del esclavo (destinatario del mensaje primario, fuente de los mensajes secundarios), mientras que el enlace balanceado únicamente es punto a punto, entonces la dirección de enlace es opcional (pero debe ser incluida por seguridad). La dirección de la capa de aplicación identifica los datos.

***RP 570***

Por ser un protocolo basado en la norma IEC 870 la dirección del enlace de datos puede contar con 1 o 2 bytes.

El enlace desbalanceado igualmente contiene la dirección del esclavo, mientras que el enlace balanceado únicamente es punto a punto, entonces la dirección de enlace es opcional (pero debe ser incluida por seguridad).

Los datos que son leídos de los dispositivos se llaman bloques y los datos que van a ser escritos en el dispositivo son llamados objetos. Cada tipo mensaje tiene su propio espacio de dirección, con la excepción del espacio del comando del objeto, puede estar en el rango de 1...255.

### **4.1.5 Capa de Aplicación**

#### ***DNP 3.0***

El protocolo DNP 3.0 permite múltiples tipos de datos en un solo mensaje. Además otra característica de este protocolo es que permite controlar a múltiples puntos mediante un mensaje de transacción secuencial (por ejemplo seleccionar / ejecutar).

El protocolo DNP 3.0 se basa en una capa de aplicación que confirma cuando la estación maestra ha recibido evento para garantizar los datos antes de borrar los eventos de la memoria.

Otra característica de la capa de aplicación es que no necesita bits específicos de indicación.

#### ***IEC 870-5-101***

El protocolo IEC 870-5-101 requiere un tipo de datos por mensajes. Además este protocolo requiere una secuencia de control por separado para cada punto de control. Este protocolo se basa en las características de seguridad de la capa de enlace de datos.

La capa de aplicación de este protocolo se basa en la configuración particular de variables de proceso como indicaciones para proporcionar las funciones necesarias

#### ***RP 570***

El protocolo RP 570 está basado en el protocolo IEC por está razón únicamente requiere un tipo de datos por mensaje y una secuencia de control para cada punto de control por separado.

Además tiene las características de seguridad de la capa de enlace tal como el protocolo IEC 870-5-101. También se basa en la configuración de variables de proceso para proporcionar las funciones necesarias.

## **4.2 SEMEJANZAS**

Los tres protocolos presentan semejanza y proveen las funcionalidades en la comunicación con las UTR's.

### **4.2.1 Sincronización de Tiempo**

Con esta propiedad se puede igualar el reloj del sistema con el de la UTR y saber con exactitud cuando ha sucedido un evento y tener la certeza de que es en tiempo real.

### **4.2.2 Eventos con Estampa de Tiempo**

Cuando se envía una señal se puede saber la hora y la fecha exacta cuando ocurrió, esto es muy útil para realizar reportes históricos y tener registro de cada evento que ha sucedido.

### **4.2.3 Contadores**

Cuando se utiliza señales con contadores se puede congelar la cuenta y encerrar para poder iniciar una nueva secuencia.

### **4.2.4 Selección De Evento**

Se puede seleccionar el tipo de evento antes de ser enviado y antes de mandar cualquier comando de operación.

### **4.2.5 Respuestas No Requeridas**

Se pueden enviar respuestas sin solicitud, esto se utiliza para señales que ocurren cuando pasa algo no programado y se lo envía directamente al sistema sin que este lo haya requerido.

### **4.2.6 Agrupación De Señales**

Clases, grupos de datos. Se puede agrupar eventos o tipos de señales por prioridad de envío.

## **4.3 PARÁMETROS REQUERIDOS PARA LA COMUNICACIÓN BÁSICA**

Para establecer una comunicación básica entre una estación maestra y una esclava se necesita configurar para cada protocolo los siguientes parámetros:

### ***DNP 3.0***

- Taza de transmisión en baudios.
- Dirección del destino.
- Dirección de la fuente.
- Tamaño de la trama. (bit de parada, paridad).

### ***IEC 870-5-101***

- Taza de transmisión en baudios.
- Dirección de enlace de datos.
- Dirección común.
- Balanceado / Desbalanceado.
- Tamaño de la trama.
- Tamaño de la dirección de enlace.

- Tamaño del número de punto.
- Tamaño de la causa de transmisión.

### **RP 570**

- Taza de transmisión en baudios.
- Dirección de enlace de datos.
- Dirección de destino (RTU).
- Tamaño de la trama.

## **4.4 DIFERENCIAS ENTRE PROTOCOLOS**

Para tener un mayor entendimiento de las diferencias entre los protocolos se ha realizado una tabla con las características más relevantes (Tabla 4.2 y 4.3).

**Tabla 4.2 Cuadro comparativo de las diferencias entre protocolos (primera parte)**

<b>Caracter. Protocolo</b>	<b>DNP 3.0</b>	<b>IEC 870-5-101</b>	<b>RP 570</b>
Antecedente	Creada por Harris Control	Contiene la dirección de la fuente y la de destino.	Múltiples tipos por mensaje
Direccionamiento de Dispositivos	Recomendada por la IEE	Solo la dirección del esclavo.	Un solo tipo de datos por mensaje.
Tipos de datos	Protocolo propio de ABB	Solo la dirección del esclavo.	Un solo tipo de datos por mensaje.

**Tabla 4.3 Cuadro comparativo de las diferencias entre protocolos (segunda parte)**

<b>Caracter. Protocolo</b>	<b>DNP 3.0</b>	<b>IEC 870-5-101</b>	<b>RP 570</b>
Confirmación de recepción de datos	SI	Múltiples puntos	NO
Mediante un solo mensaje se puede controlar	NO	Una secuencia de control para cada punto.	SI
Comunicación Balanceada / desbalanceada	NO	Una secuencia de control para cada punto.	SI



## 4.5 SEMEJANZAS ENTRE PROTOCOLOS

En la tabla 4.4 se indica las semejanzas encontradas entre los tres protocolos que han sido estudiados.

**Tabla 4.4 Cuadro comparativo de las semejanzas entre protocolos**

<b>Protocolo Carácter.</b>	<b>DNP 3.0</b>	<b>IEC 870-5-101</b>	<b>RP 570</b>
Sincronización de tiempo	SI	SI	SI
Estampa de tiempo	SI	SI	SI
Manejo de contadores	SI	SI	SI
Selección de evento antes de operación	SI	SI	SI
Respuesta a mensajes no solicitados	SI	SI	SI
Compatibilidad con el modelo simplificado OSI de 3 capas	SI	SI	SI
Formato de la trama variable	SI	SI	SI

## 4.6 PARÁMETROS NECESARIOS PARA ESTABLECER LA COMUNICACIÓN

Para establecer la comunicación entre una UTR (Unidad Terminal Remota) y el sistema SCADA Network Manger es necesario configurar ciertos parámetros que son características propias de cada protocolo, las cuales se detallan en la tabla 4.5, se debe configurar todos los parámetros, ya que si alguno de ellos no está bien configurado será imposible establecer dicha comunicación.

**Tabla 4.5 Cuadro comparativo de los parámetros necesarios para establecer la comunicación**

<b>Protocolo</b>	<b>DNP 3.0</b>	<b>IEC 870-5-101</b>	<b>RP 570</b>
<b>Parámetro</b>			
Tasa de Transmisión en baudios	SI	SI	SI
Dirección fuente	SI		
Dirección de destino	SI		SI
Dirección de enlace de datos		SI	SI
Dirección común		SI	
Tamaño de la trama	SI	SI	SI
Balanceada/desbalanceada		SI	
Tamaño de la dirección de enlace		SI	
Tamaño de la dirección común		SI	
Tamaño de la dirección de objeto		SI	
Tamaño de la causa de transmisión		SI	

## **CAPÍTULO 5**

### **SIMULACIÓN DE PROTOCOLOS EN EL ASE2000 Y RESULTADOS**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN AL SIMULADOR ASE2000**

El simulador ASE2000 es un paquete que monitorea y hace pruebas de comunicación en un ambiente de adquisición de datos, crea un sistema SCADA para la generación de pruebas.

Este simulador permite el monitoreo de un canal de comunicaciones entre una estación primaria (también llamada estación maestra o de control) y una o más estaciones secundarias (también llamadas estaciones esclavas, secundarias, UTR's o estaciones controladas).

La herramienta ASE 2000, es una herramienta muy completa y de mucha funcionalidad para un usuario avanzado, que provee flexibilidad por presentar los mensajes de comunicación en ambos formatos numéricamente y la interpretación de las tramas. Además, la vista de puntos de entrada (input-point) indica valores tanto en unidades crudas, como en unidades de ingeniería, y adicionalmente es muy fácil interpretar mensajes en la vista de punto de datos (point-data).

## 5.2 CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

El simulador ASE2000 puede trabajar en diferentes configuraciones como por ejemplo: simulación de una estación maestra, simulación de una UTR y simulación en operación de monitoreo, para la cual se requiere configurar el tipo de conexión física que realice la simulación correspondiente. A continuación se describe cada una de las configuraciones:

**1. Simulación de una Estación Maestra.** En este modo el ASE2000 simula la estación primaria permitiendo construir y transmitir peticiones con una o más estaciones secundarias. Para trabajar en este modo el ASE2000 requiere un cable PCMCIA(Y)-RS232 y la configuración de hardware que se muestra en la figura 5.1.

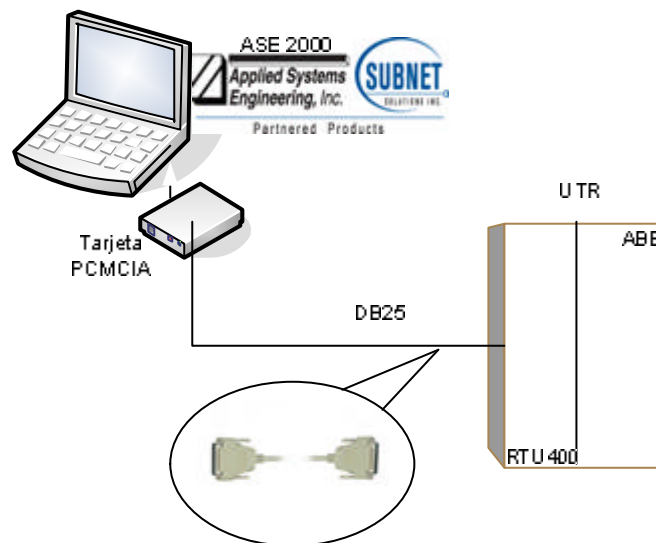
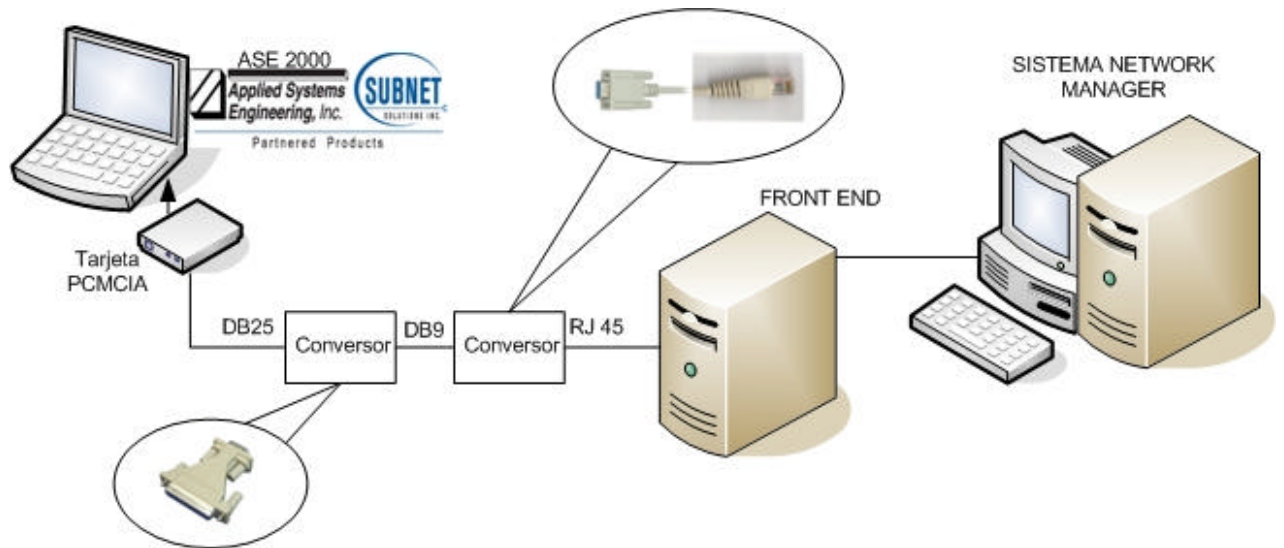


Figura 5.1 Configuración de hardware para la simulación de una estación maestra

**2. Simulación de una UTR.** En este modo el ASE 2000 simula una o más estaciones secundarias, permitiendo construir respuestas o mensajes que no sean solicitados y transmitidos hacia la estación primaria. Para trabajar en este modo el ASE2000 requiere

un cable PCMIA(Y)- RS232 y la configuración de hardware que se muestra en la figura 5.2.



**Figura 5.2 Configuración de hardware para la simulación de una UTR**

**3. Monitoreo del canal de comunicaciones.** En este modo el ASE2000 monitorea la línea de comunicaciones que está comunicando una estación maestra con una o más estaciones secundarias, así como también los mensajes que intercambian entre ellos. Para trabajar en este modo el ASE2000 requiere las dos terminaciones del cable PCMIA(Y)-RS232, una para la línea de comunicación estación secundaria y una para la línea de comunicación de hardware de la estación primaria, como se muestra en la figura 5.3.

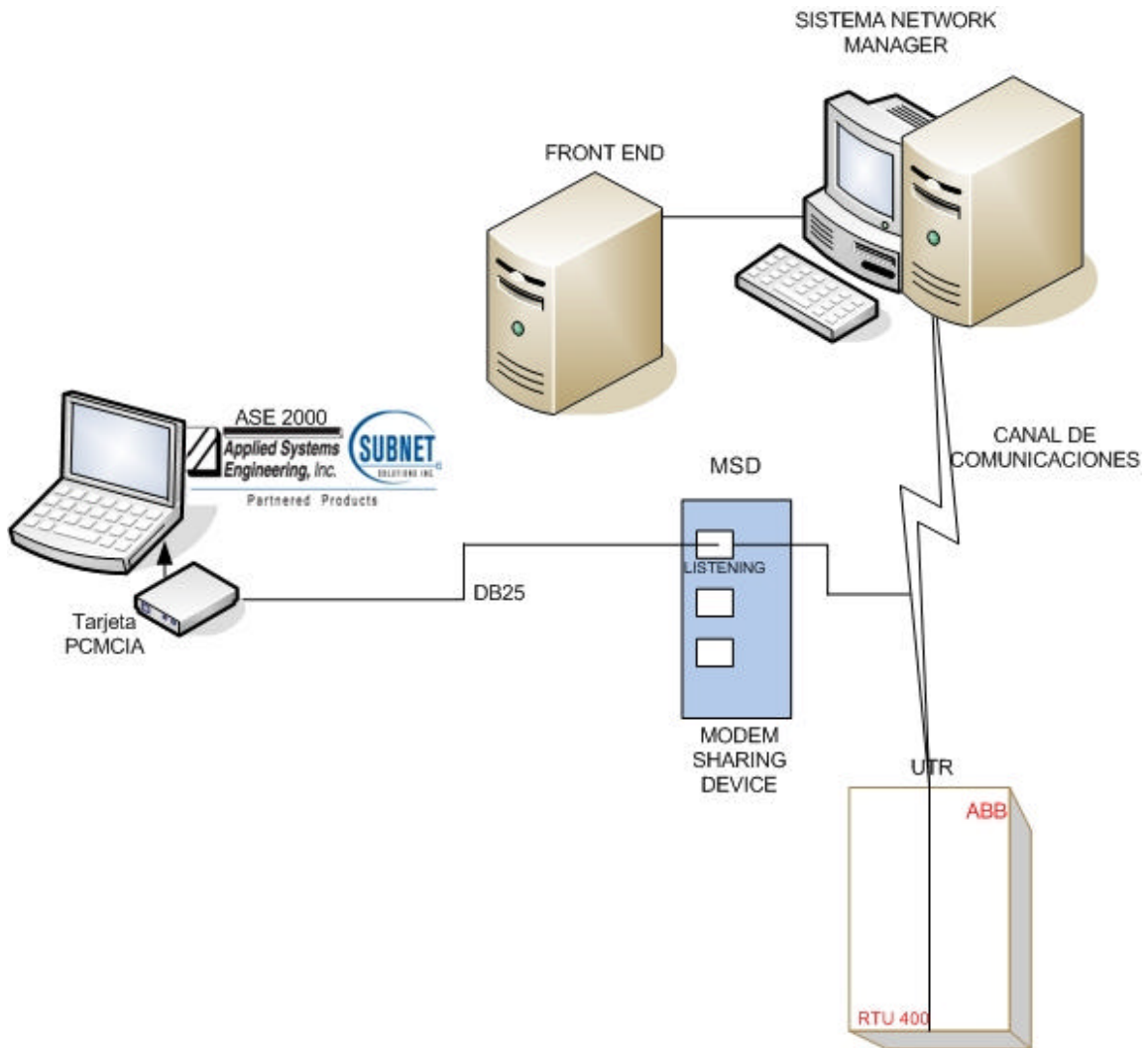


Figura 5.3 Configuración de hardware para el monitoreo del canal de comunicaciones

### 5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROTOCOLO DNP 3.0

El propósito de la realización de las pruebas de comunicación entre el simulador ASE 2000 y el sistema de adquisición de datos Network Manager, es que las señales enviadas desde el simulador lleguen al sistema y puedan ser interpretadas, es decir que exista una comunicación idéntica a la que existe con las RTU's.

Las pruebas que se realizaron en el protocolo DNP 3.0 fueron con señales: digitales simples, digitales dobles y analógicas; éstas son las señales primordiales con las que se trabaja el sistema Network manager.

Con el propósito de generar un escenario de pruebas se utilizó la siguiente información, mostrada en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1 Información requerida para generar un escenario de prueba en DNP 3.0**

Subestación	
Nombre	Ecoelectric
Número de UTR	2 (lógico)
	64 (físico)
Número de Punto Digital	2

La configuración del simulador para que se comunique con el sistema usando el protocolo DNP 3.0 está detallada en el ANEXO 2.

### **5.3.1 Señales Digitales Simples**

Al configurar el simulador ASE 2000 para que se comunique con el sistema usando el protocolo DNP 3.0, se puede observar que el simulador le envió la señal digital, con el número de UTR, el número de punto digital y el estado de esta señal (abierto o cerrado); tal como se indica en la figura 5.4.

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
2	DI 2		0		On-line		
2	DI 3				On-line		
2	DI 4				On-line		
2	A 1		200	290	On-line		
2	A 2		0	60	On-line		

Figura 5.4 Envío de una señal digital del ASE 2000 al sistema Network Manager

El sistema Network Manager que es el encargado de recibir todas las señales de las UTR adquiere estas señales, y si todos los parámetros de configuración concuerdan el sistema estará en capacidad de reconocer y aceptar estas señales, en la figura 5.5, se puede observar como el sistema Network Manager monitorea estas señales.

**Status Information Display**

Substation Name: ECOE	Follower Point: No	Lockout Time: 60	Current State: ABERT
Point Name: 13 BT1 IT.TRAS2-T	Historized: Yes	Manual Entry Only: No	Current State: 2
RTU Number: 64	Implemented: Yes	Mapboard Point: No	Normal State: 1
Point Number: 2	Lockout Equipment:	Pseudo Point: No	

**Quality:**

Alarm Inhibited: No	Manually Entered: No	RDW Source: No
Deactivated: No	Prevent Close Tag: No	Selected: No
In Alarm: Yes	Prevent Control Tag: No	Telemetry Error: No
Information Tag: No	Prevent Open Tag: No	Unacknowledged Alarm: Yes

**Alarm Definition:**

Category: 2	Class: 3	Priority: 1	Text Index: 1016
-------------	----------	-------------	------------------

**Control Information:**

Controllable: Yes	Immediate Operate: No	Relay for Trip: 1
Control in Progress: No	Pulse Width: 500	
Control Timeout: 0	Relay for Close: 1	

Figura 5.5 Adquisición de señales por el Sistema Network Manager



Mirando a detalle esta pantalla se observa que la señal digital llega con los parámetros configurados en el simulador, como se muestra en la figura 5.6, lo que asegura que la comunicación sea exitosa y que las señales que llegan al sistema Network Manager son confiables.



Figura 5.6 Descripción de la adquisición de la señal digital

### 5.3.2 Señales Digitales Dobles

Para el caso de las señales digitales dobles se debe utilizar dos señales digitales simples y se configura para que se utilice el número de punto 2. Por ser una señal digital doble existen cuatro posibles combinaciones de señales, las que se detalla en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Combinación de señales digitales dobles

Combinaciones		Estado	Valor decimal
0	0	Indeterminado	0
0	1	Cerrado	1
1	0	Abierto	2
1	1	Indeterminado	3

El simulador ASE2000 envía las dos señales digitales simples con el número de UTR (lógico), número de punto, estos datos pueden ser observados en la pantalla del simulador como se detalla en la figura 5.7.

Al enviar el simulador ASE2000 dos señales digitales simples con el estado cerrado (0 1) como se muestra en la figura 5.7.

R	U	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
		DI 0		0		On-line		
		DI 1		0		On-line		
2	2	DI 2		0		On-line		
2	2	DI 3		1		On-line		
2		DI 4				On-line		
2		A 1		20	290	On-line		
2		A 2		0	60	On-line		

Figura 5.7 Envío de una señal digital doble (estado cerrado)

El sistema analiza las dos señales digitales simples y para el caso del estado cerrado (0 1) y la interpreta como una señal digital doble, tal como se indica en la figura 5.8.



Figura 5.8 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado cerrado)

Para el caso del estado abierto el simulador ASE2000 envía el caso 1-0 (2 decimal), al igual que todo el resto de información (número de UTR lógico, número de punto digital), tal como se indica en la figura 5.9.

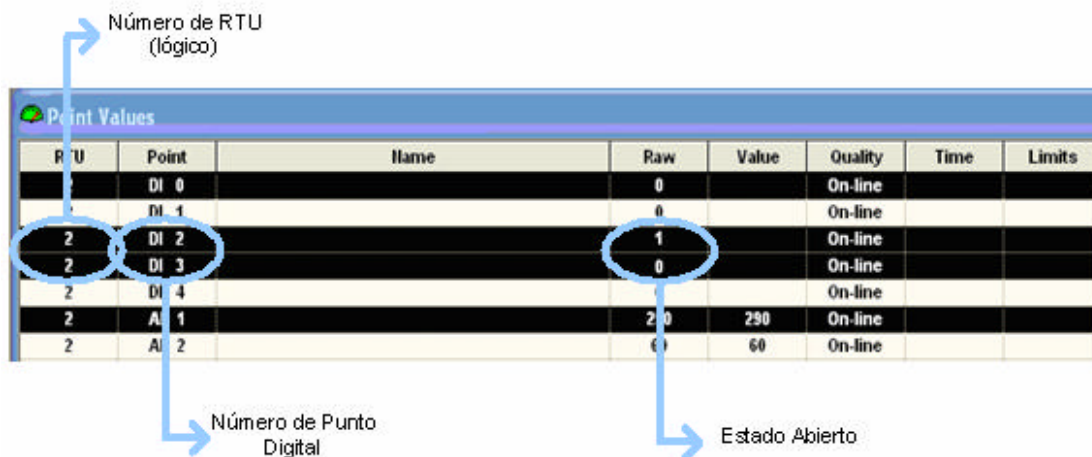


Figura 5.9 Envío de una señal digital doble (estado abierto)

El sistema interpreta los datos obtenidos y despliega los resultados en pantalla, como se indica en la figura 5.10.

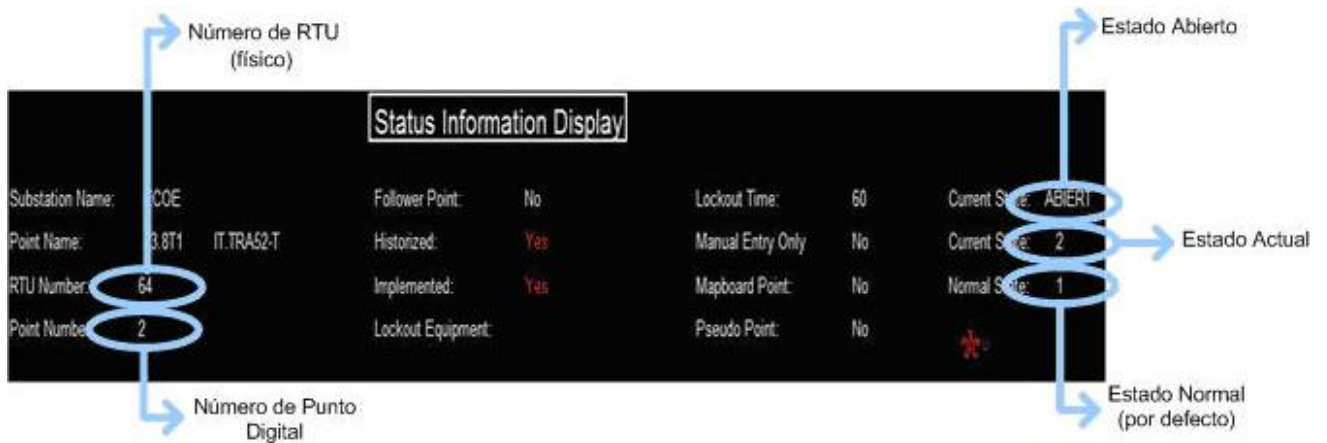


Figura 5.10 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado abierto)

Cuando el ASE2000 envía los casos 0-0 y 1-1 (0 y 3 decimal respectivamente) como se indica en la figuras 5.11 y 5.12.

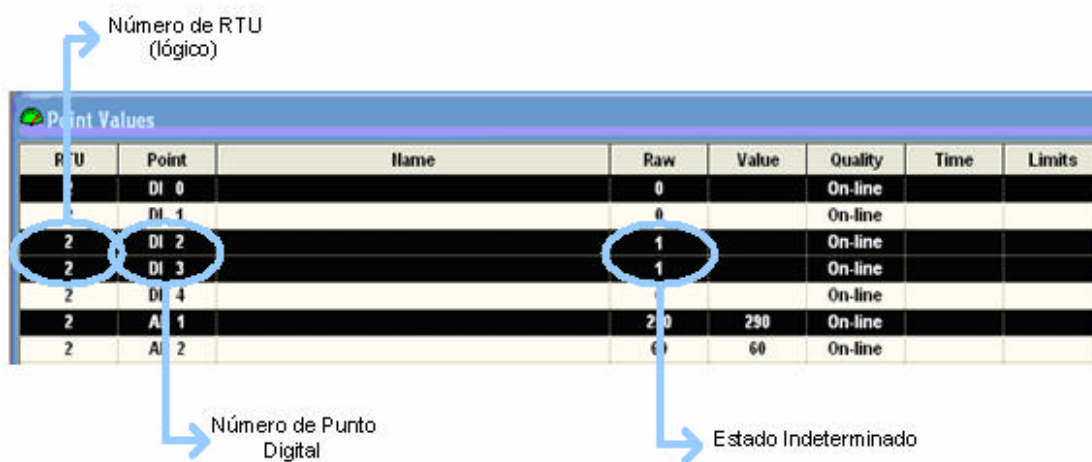


Figura 5.11 Envío de una señal digital doble (estado indeterminado)

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
2	DI 2		0		On-line		
2	DI 3		0		On-line		
2	DI 4				On-line		
2	A 1		200	290	On-line		
2	A 2		60	60	On-line		

Figura 5.12 Envío de una señal digital doble (estado indeterminado)

El sistema Network manager interpreta estos dos casos como estados indeterminados, como se muestra en las figuras 5.13 y 5.14.

Status Information Display

Substation Name: COE	Follower Point: No	Lockout Time: 60	Current State: INDET
Point Name: 3.8T1 IT.TRA52-T	Historized: Yes	Manual Entry Only: No	Current State: 0
RTU Number: 64	Implemented: Yes	Mapboard Point: No	Normal State: 1
Point Number: 2	Lockout Equipment:	Pseudo Point: No	*

Figura 5.13 Descripción de la adquisición de la señales digitales doble (estado indeterminado 0)

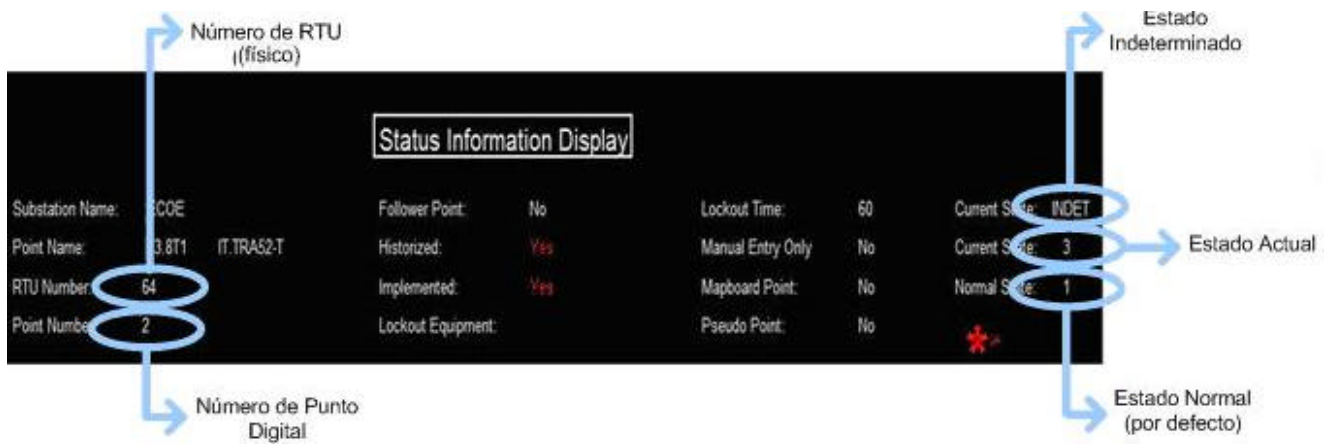


Figura 5.14 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado indeterminado 3)

### 5.3.3 Señales Analógicas

Para el caso de las señales analógicas el simulador ASE 2000 envía un valor análogo con el número de UTR y el número de punto análogo, como se indica en la figura 5.15.

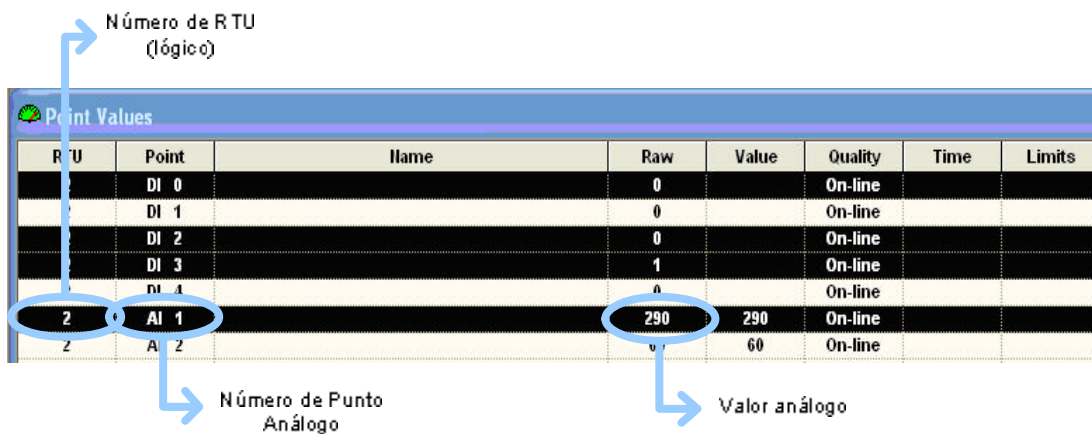


Figura 5.15 Envío de una señal análoga del ASE200 al sistema Network Manager

El sistema Network Manager recibe e interpreta estas señales para que se desplieguen los datos en la pantalla que se detalla en la figura 5.16, también se observa que llega la señal analógica pero con valor de cero, este problema se debe a que existe una incompatibilidad entre el protocolo DNP 3.0 y el sistema Network Manager, que ya está siendo solucionada por el proveedor ABB.<sup>9</sup>

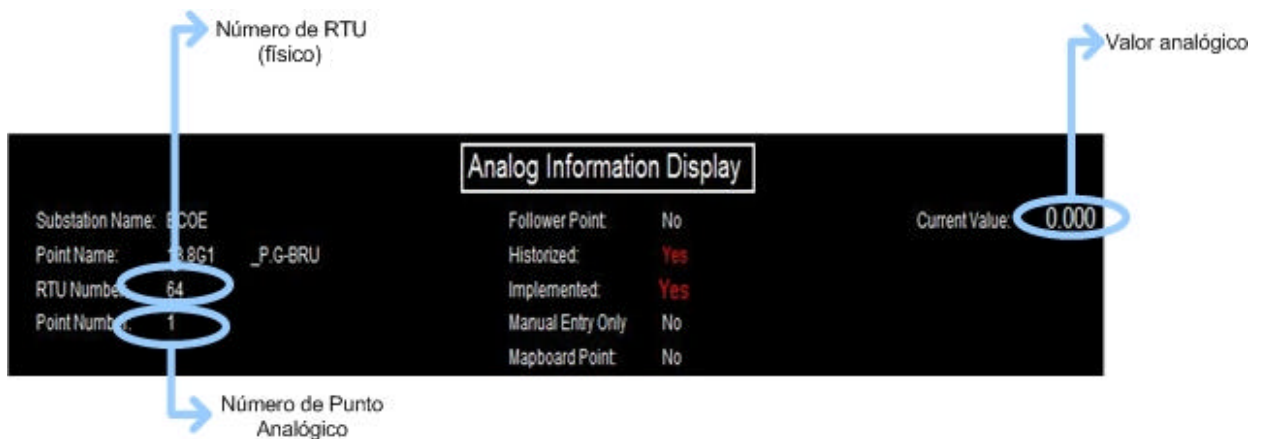


Figura 5.16 Descripción de la adquisición de la señal analógica

#### 5.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROTOCOLO IEC 870-5-101

Las pruebas que se realizan en el protocolo IEC 870-5-101 son señales digitales: simples, digitales dobles y analógicas; están son las señales primordiales con las que se trabaja el sistema Network manager.

Con el propósito de realizar las pruebas se utiliza el mismo escenario que en el protocolo DNP 3.0, que se detalla en la tabla 5.1.

<sup>9</sup> En mayo de 2008, personal del CENACE se movilizó hacia la ciudad de Houston para trabajar en conjunto con el desarrollador del Sistema Network Manager que es ABB para solucionar este problema de incompatibilidad de datos.

La configuración del simulador para que se comunique con el sistema, usando el protocolo IEC 870-5-101, está detallada en el ANEXO 3.

#### 5.4.1 Señales Digitales Simples

Al configurar el simulador ASE 2000 para que se comunique con el sistema, usando el protocolo IEC 870-5-101, se observa que el simulador envía la señal digital, con el número de UTR, el número de punto digital y estado de esta señal (abierto o cerrado), tal como se indica en la figura 5.17.

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
2	DI 2		0		On-line		
2	DI 3				On-line		
2	DI 4				On-line		
2	A 1		20	290	On-line		
2	A 2		0	60	On-line		

Figura 5.17 Envío de una señal digital del ASE 2000 al sistema Network Manager

Al igual que en el protocolo DNP, las señales que envía el simulador son recolectadas por el sistema Network Manager, en la figura 5.18 se puede observar como el sistema monitorea estas señales.





Figura 5.18 Adquisición de señales por el Sistema Network Manager

Mirando a detalle esta pantalla se observa que la señal digital llega con los parámetros configurados en el simulador, como se muestra en la figura 5.19, lo que asegura que la comunicación es exitosa y que las señales que llegan al sistema Network Manager son confiables.

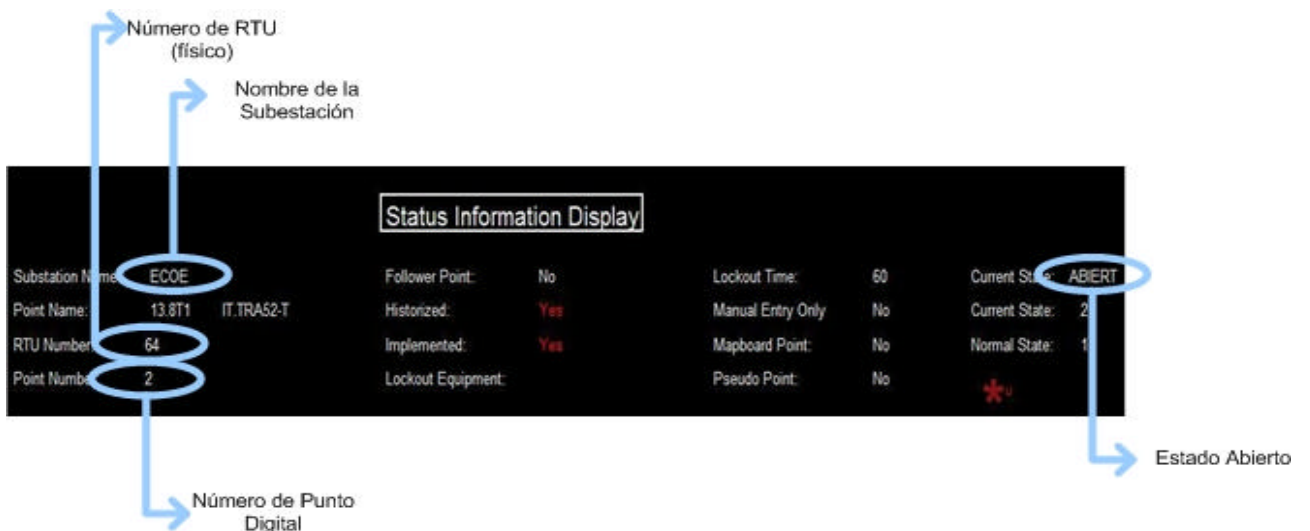


Figura 5.19 Descripción de la adquisición de la señal digital

### 5.4.2 Señales Digitales Dobles

Para el caso de las señales digitales dobles se debe utilizar las señales denominadas “Double Point”, al igual que el protocolo DNP para cada señal digital doble existen cuatro combinaciones que son dos valores indeterminados: abierto y cerrado.

El simulador ASE2000 envía la señal doble con el número de UTR (lógico) y número de punto, estos datos pueden ser observados en la pantalla del simulador como se detalla en la figura 5.20.

RU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
	DI 2		0		On-line		
2	DP 0		2	On	On-line		
2	U 4				On-line		
2	A 1		290	290	On-line		
2	A 2		60	60	On-line		

Figura 5.20 Envío de una señal digital doble (estado abierto)

En esta pantalla se puede observar que el simulador envía la señal digital doble con el estado abierto que equivale al valor decimal de 2, esta señal es interpretada por el sistema como se muestra en la figura 5.21.

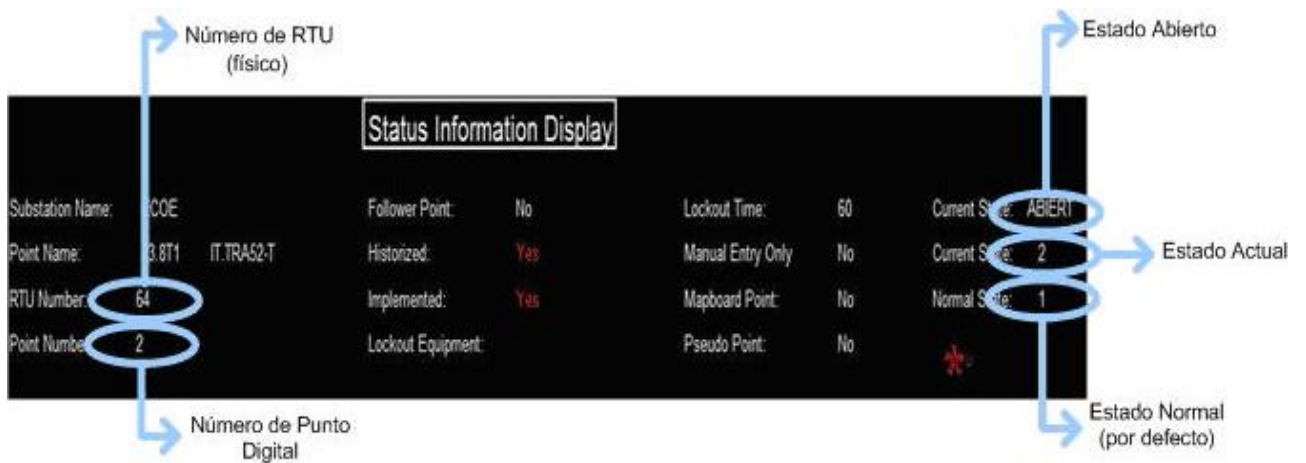


Figura 5.21 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado abierto)

Para el caso del estado cerrado el simulador ASE2000 envía la señal digital doble con la información respectiva (número de UTR lógico, número de punto digital), tal como se indica en la figura 5.22.

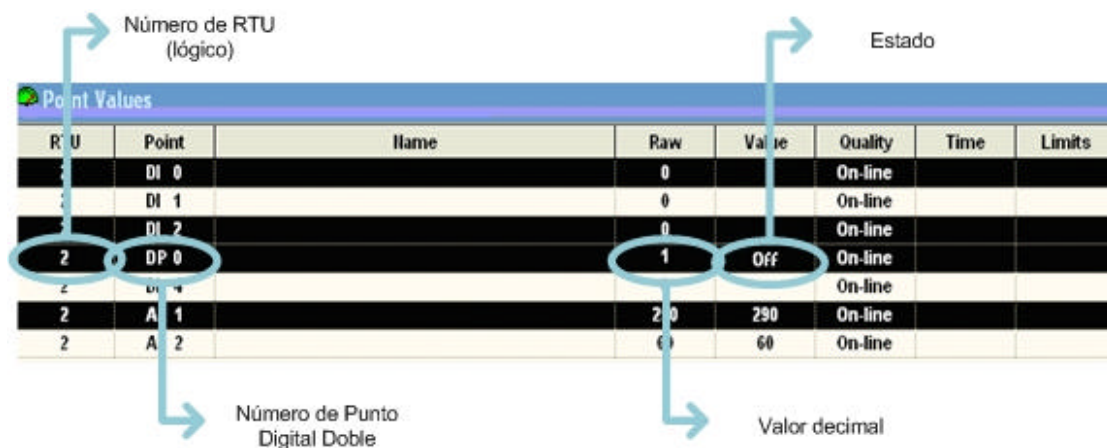


Figura 5.22 Envío de una señal digital doble (estado cerrado)

El sistema interpreta los datos obtenidos y despliega los resultados en pantalla, como se indica en la figura 5.23.



Figura 5.23 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado cerrado)

Dependiendo la señal que se configure en el simulador ya sea 0-0 o 1-1 que corresponden al caso de indeterminación (tabla 5.2), el simulador ASE2000 le envía la señal como se indica en la figura 5.24.

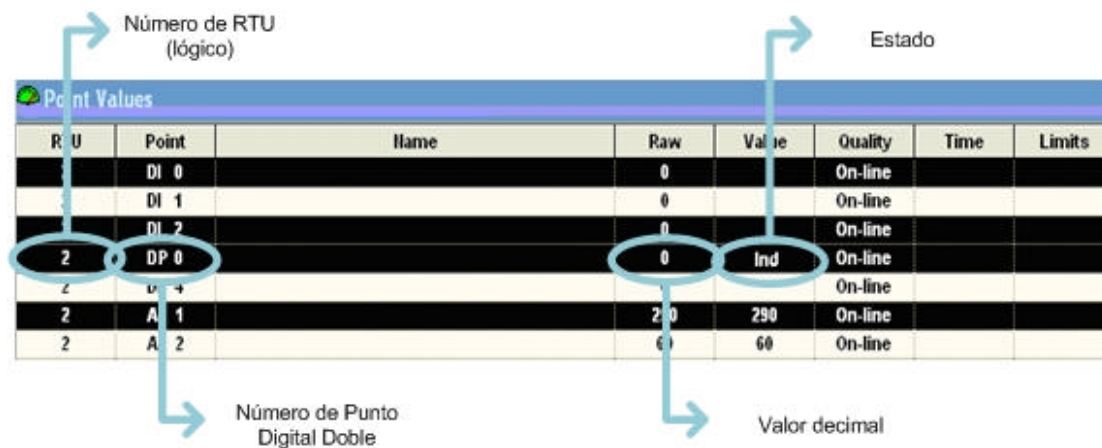


Figura 5.24 Envío de una señal digital doble (estado indeterminado)

El sistema interpreta esta señal y la reconoce como el caso de indeterminación como se indica en la figura 5.25.

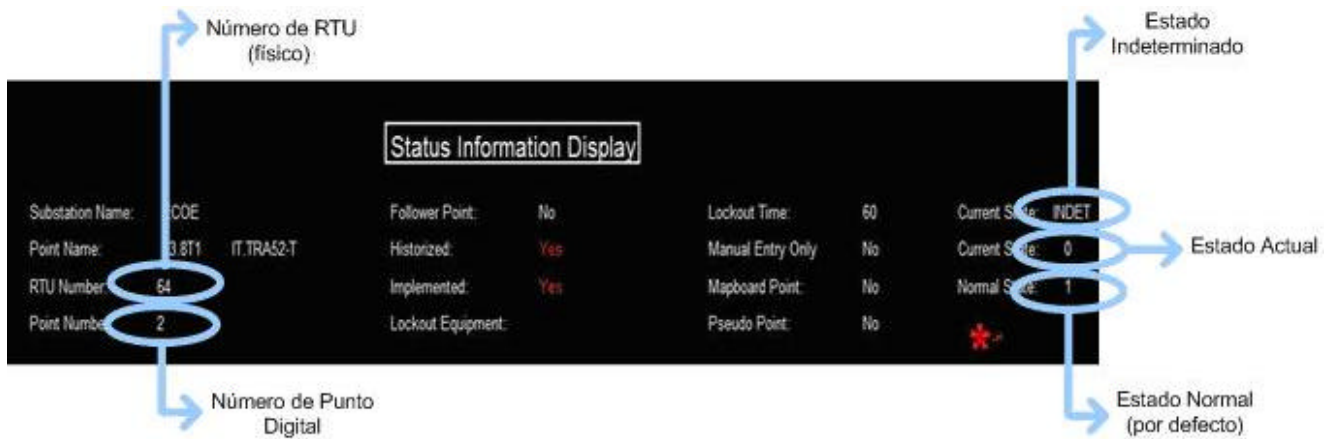


Figura 5.25 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado indeterminado 0)

### 5.4.3 Señales Analógicas

Para el caso de las señales analógicas está el simulador ASE 2000 con toda la información correspondiente, como se indica en la figura 5.26.

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
	DI 2		0		On-line		
	DP 0		1	On	On-line		
	DI 4		0		On-line		
2	AI 1		992	992	On-line		
2	AI 2		60	60	On-line		

Figura 5.26 Envío de una señal analógica del ASE200 al sistema Network Manager

El sistema Network Manager recibe e interpreta estas señales para que se desplieguen los datos en la pantalla que se detalla en la figura 5.27.



Figura 5.27 Descripción de la adquisición de la señal analógica

## 5.5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROTOCOLO RP 570

Las pruebas realizadas en el protocolo RP 570 son con señales: digitales simples, digitales dobles y analógicas; que son las necesarias para configurar el canal de comunicaciones utilizado por el sistema Network Manager.

Con el propósito de realizar las pruebas se ha utilizado el mismo escenario que en el protocolo DNP 3.0 que se detalla en la tabla 5.1.

La configuración del simulador para que se comunique con el sistema, usando el protocolo RP 570 está detallada en el ANEXO 1.

### 5.5.1 Señales Digitales Simples

Al configurar el simulador ASE 2000 para que se comunique con el sistema, usando el protocolo RP 570, se puede observar que el simulador le envía la señal digital, con el número de UTR, el número de punto digital y estado de esta señal (abierto o cerrado), tal como se indica en la figura 5.28.

Número de RTU (lógico)

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
2	DI 0		0		On-line		
2	DI 1		0		On-line		
2	DI 2		0		On-line		
2	DI 3				On-line		
2	DI 4				On-line		
2	A 1		20	290	On-line		
2	A 2		0	60	On-line		

Número de Punto Digital

Estado Abierto

Figura 5.28 Envío de una señal digital del ASE 2000 al sistema Network Manager

En el sistema Network Manager se puede observar que la señal digital llega con los parámetros que se configuró en el simulador, como se muestra en la figura 5.29, lo que asegura que la comunicación es exitosa y que las señales llegan al sistema Network Manager sean confiables.

Número de RTU (físico)

Nombre de la Subestación

Status Information Display			
Substation Name:	ECOE	Follower Point:	No
Point Name:	13.8T1 IT.TRAS2-T	Historized:	Yes
RTU Number:	64	Implemented:	Yes
Point Number:	2	Lockout Equipment:	
		Lockout Time:	60
		Manual Entry Only:	No
		Mapboard Point:	No
		Pseudo Point:	No
		Current State:	ABIERT
		Current State:	2
		Normal State:	1

Número de Punto Digital

Estado Abierto

Figura 5.29 Descripción de la adquisición de la señal digital



### 5.5.2 Señales Digitales Dobles

Para el caso de las señales digitales dobles al igual que el protocolo DNP 3.0 se debe utilizar dos señales digitales simples, para cada señal digital doble existen cuatro combinaciones, que son: dos valores indeterminados, abierto y cerrado (tabla 5.2)

El simulador ASE2000 envía la señal doble con el número de UTR (lógico) y el número de punto, estos datos pueden ser observados en la pantalla del simulador, como se detalla en la figura 5.30.

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
2	DI 2		1		On-line		
2	DI 3		0		On-line		
2	DI 4				On-line		
2	AI 1		290	290	On-line		
2	AI 2		60	60	On-line		

Figura 5.30 Envío de una señal digital doble (estado abierto)

En esta pantalla se puede observar que el simulador envía las dos señales digitales el valor decimal de 2 (1-0), esta señal es interpretada por el sistema como se muestra en la figura 5.31.



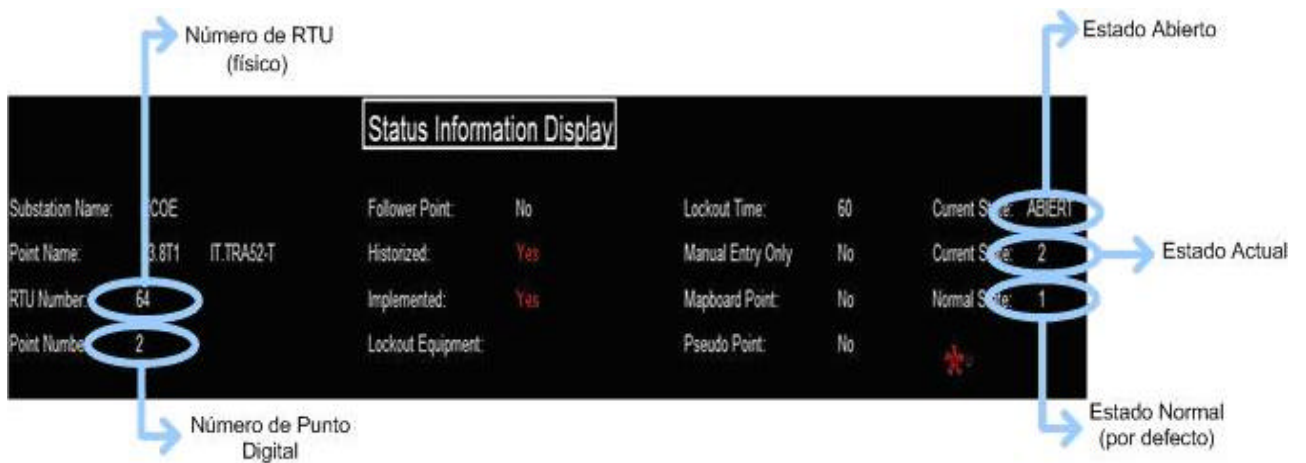


Figura 5.31 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado abierto)

Para el caso del estado cerrado el simulador ASE2000 envía las señales digitales con la información respectiva (número de UTR lógico, número de punto digital), tal como se indica en la figura 5.32.

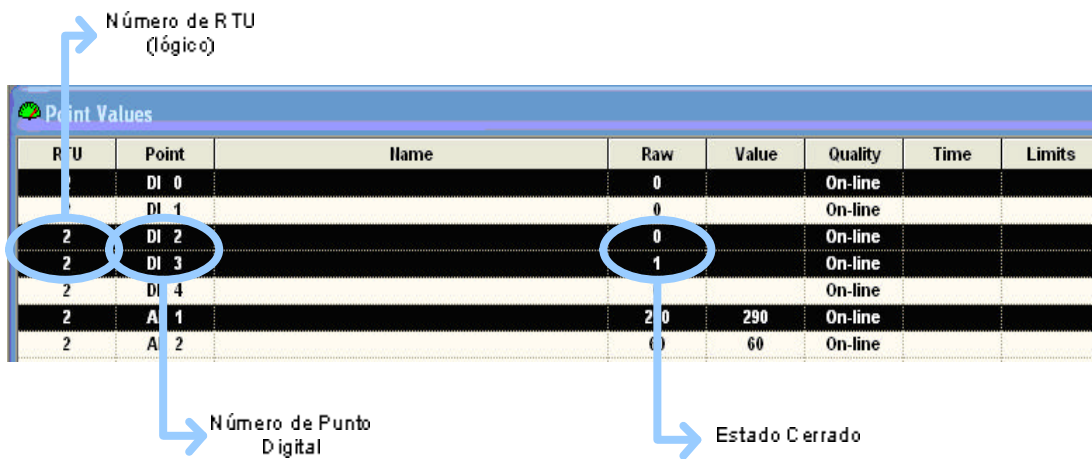


Figura 5.32 Envío de una señal digital doble (estado cerrado)

El sistema interpreta los datos obtenidos y despliega los resultados en pantalla como se muestra en la figura 5.33.



Figura 5.33 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado cerrado)

Dependiendo la señal que se configure en el simulador ya sea 0-0 o 1-1 que corresponden al caso de indeterminación (tabla 5.2), el simulador ASE2000 le envía la señal como se indica en la figura 5.34. y 5.35 para los dos casos de indeterminación.

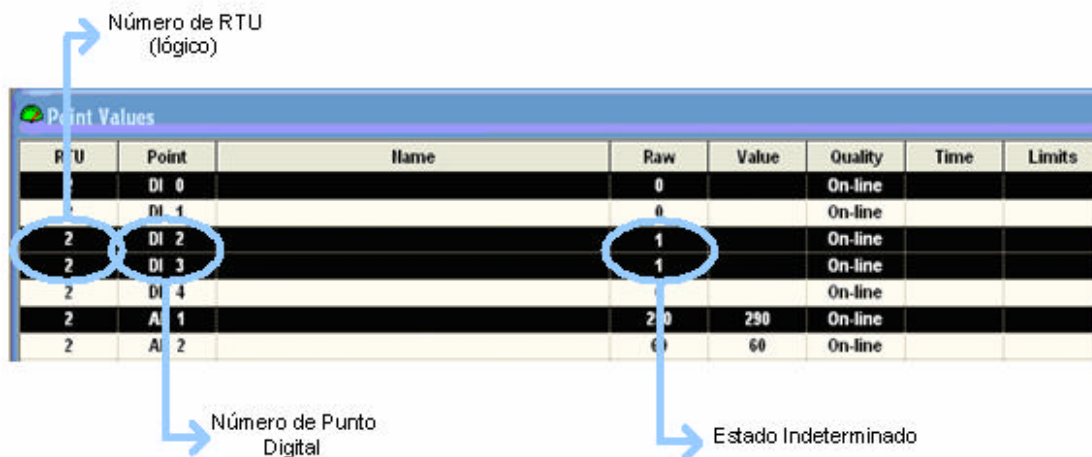


Figura 5.34 Envío de una señal digital doble (estado indeterminado)

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
2	DI 2		0		On-line		
2	DI 3		0		On-line		
2	DI 4				On-line		
2	AI 1		200	290	On-line		
2	AI 2		60	60	On-line		

Figura 5.35 Envío de una señal digital doble (estado indeterminado)

El sistema Network manager interpreta estos dos casos como estados indeterminados como se muestra en las figura 5.36.

**Status Information Display**

Substation Name: COE	Follower Point: No	Lockout Time: 60	Current State: INDET
Point Name: 3.8T1 IT.TRA52-T	Historized: Yes	Manual Entry Only: No	Current State: 0
RTU Number: 64	Implemented: Yes	Mapboard Point: No	Normal State: 1
Point Number: 2	Lockout Equipment:	Pseudo Point: No	

Figura 5.36 Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado indeterminado 0)

### 5.5.3 Señales Analógicas

Para el caso de las señales analógicas el simulador ASE 2000 envía el punto analógico con un valor de 100 y toda la información correspondiente al número de UTR y el número de punto analógico, como se indica en la figura 5.37.

R U	Point	IName	Raw	Value	Quality	Time	Limits
	DI 0		0		On-line		
	DI 1		0		On-line		
	DI 2		0		On-line		
	DP 0		1	On	On-line		
	AI 1		100	100	On-line		
				60	On-line		

Figura 5.37 Envío de una señal análoga del ASE200 al sistema Network Manager

El sistema Network Manager recibe e interpreta estas señales para que se desplieguen los datos en la pantalla que se detalla en la figura 5.38.

Analog Information Display		
Substation Name: EDOE	Follower Point: No	Current Value: 100.000
Point Name: 138C1_P.G-BRU	Historized: Yes	
RTU Number: 64	Implemented: Yes	
Point Number: 1	Manual Entry Only: No	
	Mapboard Point: No	

Figura 5.38 Descripción de la adquisición de la señal analógica

## CONCLUSIONES

1. Utilizando el simulador ASE 2000, el CENACE está en la capacidad de realizar pruebas de comunicaciones en sitio, sin la necesidad de movilizarse a la subestaciones, esto representa un ahorro de tiempo y recursos.
2. Utilizando el protocolo DNP 3.0 ya las pruebas realizadas con el simulador se puede poner en línea a la primera subestación del Sistema Nacional Interconectado, Hidroabánico, demostrando con esto que las pruebas realizadas en el ASE 2000 son totalmente aplicables, de gran utilidad y de mayor eficiencia que hacerlo mediante prueba y error.
3. Una vez que se realizan las pruebas de comunicación con el simulador ASE 2000 y el sistema Network Manager, se garantiza que la comunicación se está realizando correctamente, y el Sistema Network Manager se comunica con UTR's reales del Sistema Nacional Interconectado.
4. Debido a que ABB es el propietario del protocolo RP 570 y es el desarrollador del sistema Network Manager, la configuración de este protocolo sobre dicho sistema resulta ser menos complicada.
5. Para que exista comunicación entre una subestación y el sistema Network Manager, utilizando los protocolos IEC 870-5-101 y RP 570, es únicamente necesario

---

configurar la dirección del esclavo, a diferencia del protocolo DNP 3.0 que necesita tanto la dirección de la fuente y la de destino.

6. El protocolo DNP 3.0 a diferencia de los demás protocolos, tienen características únicas, tales como: la capacidad de enviar múltiples tipos de datos en un solo mensaje, confirmación de datos recibidos por la estación maestra y control mediante un solo mensaje de múltiples puntos.
7. Los protocolos IEC 870-5-101 y RP 570, tienen la característica de comunicarse tanto en forma balanceada como desbalanceada.
8. Los protocolos DNP 3.0, IEC 870-5-101 y RP 570 tienen las siguientes semejanzas: sus mensajes poseen características de sincronización y estampa de tiempo; la capacidad de manejar contadores, seleccionar un evento antes de la operación y responder a mensajes no solicitados; y son compatibles con el modelo simplificado OSI de 3 capas y poseen un formato de trama variable.
9. Para establecer una comunicación entre una estación maestra y una esclava, utilizando el protocolo DNP 3.0, se necesita configurar los siguientes parámetros: la tasa de transmisión, la dirección de la fuente, la dirección de destino y especificar el tamaño de la trama.
10. Para establecer una comunicación entre una estación maestra y una esclava, utilizando el protocolo IEC 870-5-101, se necesita configurar los siguientes parámetros: la tasa de transmisión, la dirección de enlace de datos, la dirección común, especificar si se va a comunicar en forma balanceada o desbalanceada, indicar el tamaño de la trama, definir el tamaño de la dirección de enlace, de la dirección común, de la dirección de objeto y de la causa de transmisión.

- 11.** Para establecer una comunicación entre una estación maestra y una esclava, utilizando el protocolo RP 570, se necesita configurar los siguientes parámetros: la tasa de transmisión, la dirección de destino, la dirección de enlace de datos y especificar el tamaño de la trama.
  
- 12.** Al realizar pruebas en DNP 3.0 con señales analógicas se determina que estas señales al llegar al Front End, el Sistema Network Manager no las interpreta, porque existe una incompatibilidad entre estas señales y el Sistema.

## RECOMENDACIONES

1. Es necesario realizar una verificación de los parámetros con los que se configura el Sistema Network Manager, para que exista una total compatibilidad entre ellos para tener una comunicación confiable.
2. Se recomienda utilizar el protocolo RP 570 para realizar las pruebas de simulación, porque al igual que el sistema Network Manager fueron desarrollados por ABB y garantizan una comunicación confiable en todas las señales, y además su configuración es más simple.
3. Se debe seguir estrictamente el procedimiento para la configuración del simulador, caso contrario nunca se podrá establecer comunicación con el sistema Network Manger <sup>10</sup>
4. No se recomienda utilizar el simulador ASE 2000 como estación maestra para cargar una tabla de función en una RTU 400, debido a que el proceso de simulación debe cargar una por una cada instrucción (tal y como ocurrió en el caso de estudio de la estación Santa Rosa, en el cual, se necesitó configurar 293 instrucciones), y si falla una carga todo el proceso debe ser repetido desde el inicio, lo que demanda mucho tiempo. Esta configuración es aplicable únicamente en caso de emergencia, cuando no exista comunicación entre la UTR y el sistema Network Manager.

---

<sup>10</sup> La configuración del simulador para los tres protocolos se encuentra detallada en los anexos 1, 2, 3



- 
5. Se recomienda utilizar el protocolo DNP 3.0 para la implementación de nuevas subestaciones, debido a que la tendencia tecnológica en lo que corresponde a UTR's y a nuevos dispositivos IED's, están utilizando este protocolo y cada vez existen nuevos avances que apoyan en la adquisición de datos

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1. PANCHO, Germán, Tendencias Tecnológicas en la Operación de Sistemas Eléctricos mediante sistemas SCADA, Ecuador 2006.**
- 2. ABB, REC 501 RP 570 Protocol Description, Versión A, 1997, pp 2-24.**
- 3. NATURGAS ENERGÍA, Definición Protocolo CEI-870-5-101, España 2006, pp 1-100.**
- 4. GE HARRIS ENERGY CONTROL SYSTEMS CANADA INC, IEC 870-5 FT 1.2 Primary Data Link Functional Specification, Segunda Edición, Documento Número: B058-0FS.WES, Canada 1999, pp 2-60.**
- 5. IEC 870-5-103, Telecontrol equipments and systems – Part 5: Transmission protocols, 1997, section 103.**
- 6. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA; Protocolo de Comunicaciones entre los Sistemas de Gestión del Operador del Sistema y Equipos de Control de Consumidores Interrumpibles y Empresas Distribuidoras, Revisión 6.1.2, España 2005, pp 7-11 y 44-62.**
- 7. TRIANGLE MICROWORKS, DNP 3.0 Overview, Revision 1.1, USA 1997.**
- 8. [www.ase-systems.com/ASE2000-test-set/ase2000-knowdbase.as](http://www.ase-systems.com/ASE2000-test-set/ase2000-knowdbase.as), Applied Systems Engineering, ASE 2000 Knowledge Database.**

- 
- 9.** [www.newton-evans.com/tdworld.asp](http://www.newton-evans.com/tdworld.asp), Newton-Evans Research Company, SCADA in the Energy Industry: A Janus View EnergyPulse, Spring 2004.
  - 10.** [www.trianglemicroworks.com/documents/DNPs870.pdf](http://www.trianglemicroworks.com/documents/DNPs870.pdf)
  - 11.** [www.newton-evans.com/news/EnergyPulseArticle.pdf](http://www.newton-evans.com/news/EnergyPulseArticle.pdf)

## **ANEXO 1**

### **MANUAL DE GENERACIÓN DE PRUEBAS EN PROTOCOLO RP 570**

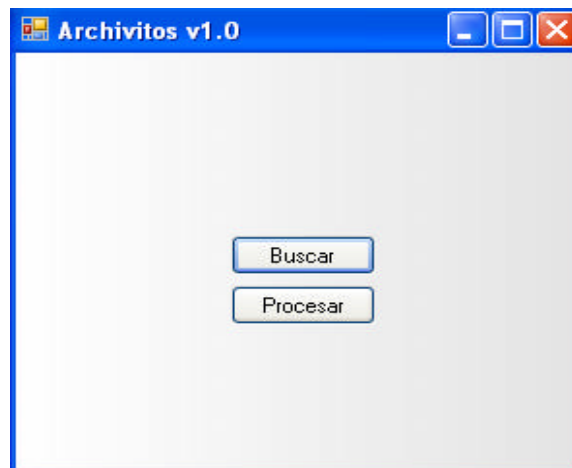
## Generación y descarga de Tabla de función para una UTR 400

1. Para empezar con la generación de la tabla de funciones de la RTU se necesita los siguientes requerimientos:

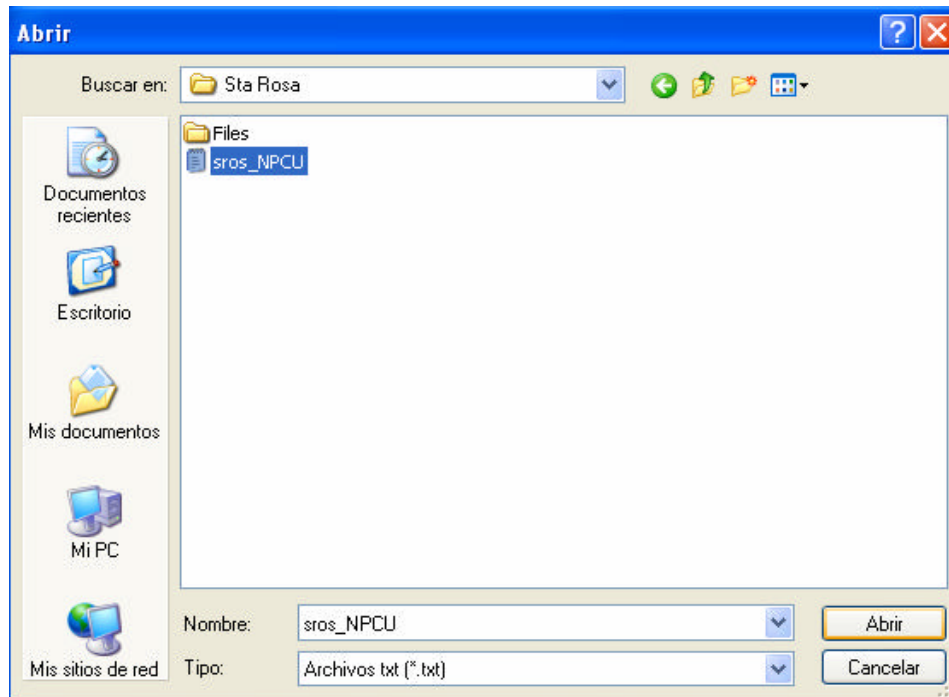
- Instalar la aplicación ASE2000 con la respectiva licencia.
- Instalar el componente de Microsoft .NET Framework 2.0 llamado “dotnetfx”
- Tener el archivo .txt de la tabla de función de la RTU correspondiente a la subestación que sea necesaria.

NOTA: Todas estas aplicaciones se encuentran en el CD adjunto a este documento.

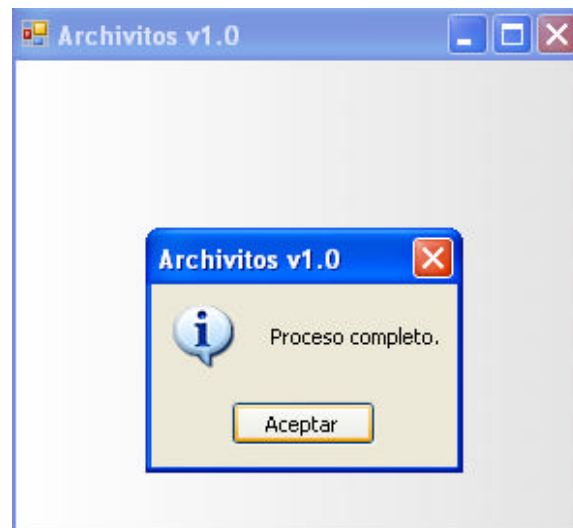
2. En el CD se encuentra la carpeta Sta Rosa, copiar en el disco duro del equipo en el que se está trabajando y abrir la aplicación llamada “Funcion”.



3. En la ventana que se despliega pulsar en “Buscar”, y buscar en el directorio el archivo “sros\_NPCU.txt” correspondiente a la tabla de función de Santa Rosa, y pulsar en Abrir:



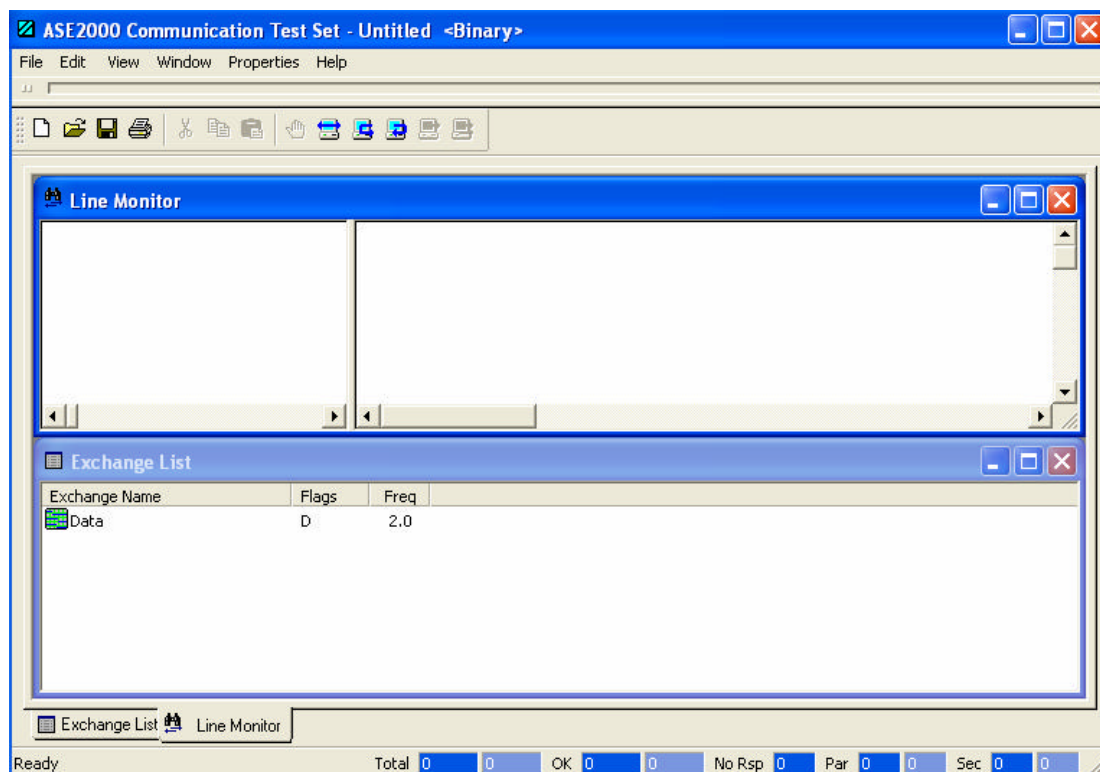
4. A continuación se despliega la ventana anterior y hacer un clic en “Procesar”, y se despliega un mensaje de “Proceso Completo” y se pulsa en “Aceptar”:



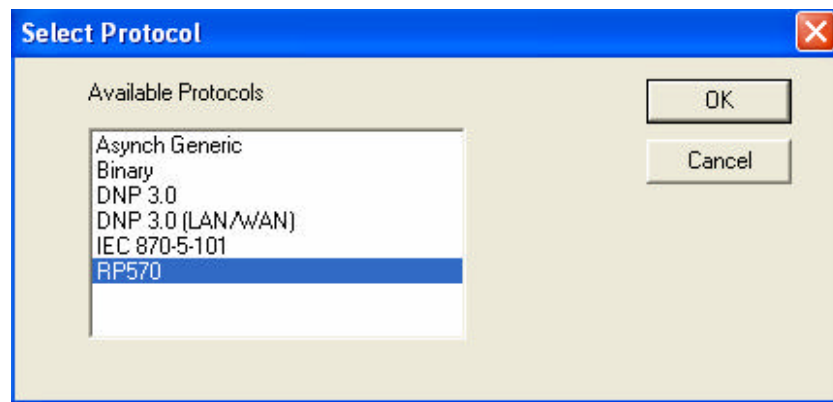
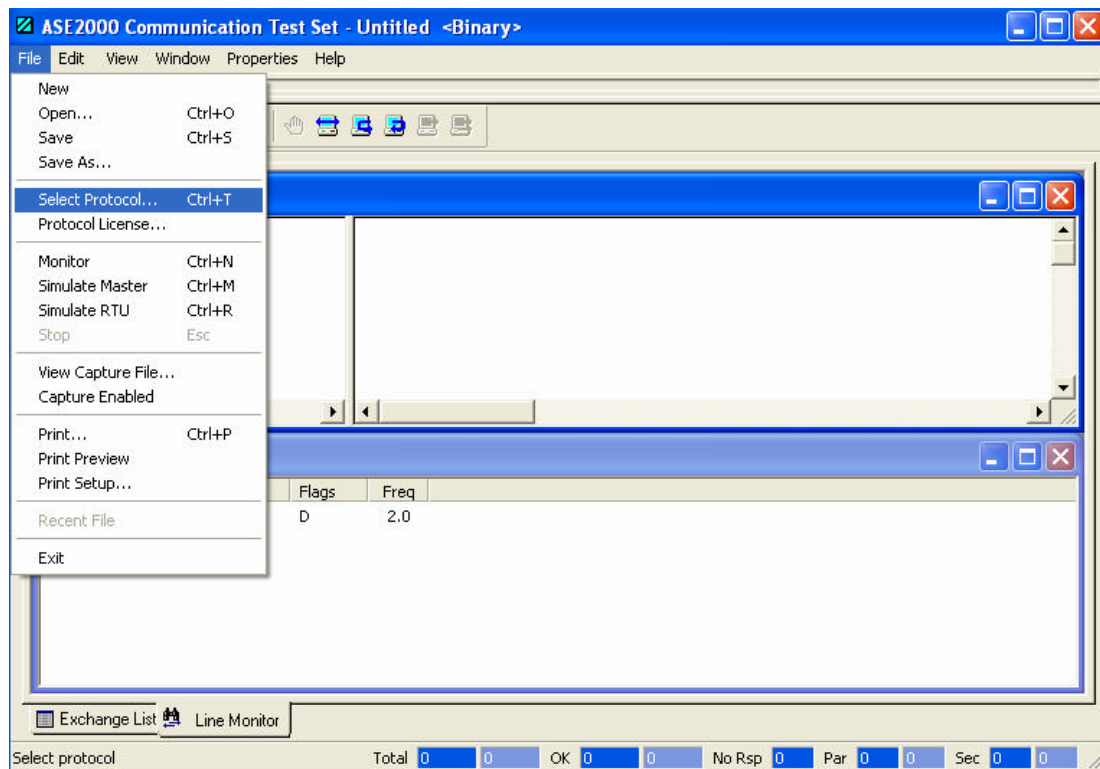
5. Con este procedimiento en el directorio donde fue copiado la carpeta Sta Rosa, existe una carpeta que se llama “Files”, en esta carpeta se han creado los archivos necesarios

para crear la tabla de función, un archivo por cada línea que debe ser enviada a la UTR, cada uno tiene un nombre distinto empezando por doc00 hasta doc292, es decir la tabla de función tiene 293 líneas. Se copia los 293 archivos a la carpeta “C:\Archivos de programa\ASE\ASE2000 Comm Test Set”.

6. Abrir la aplicación ASE2000 que fue instalada previamente:

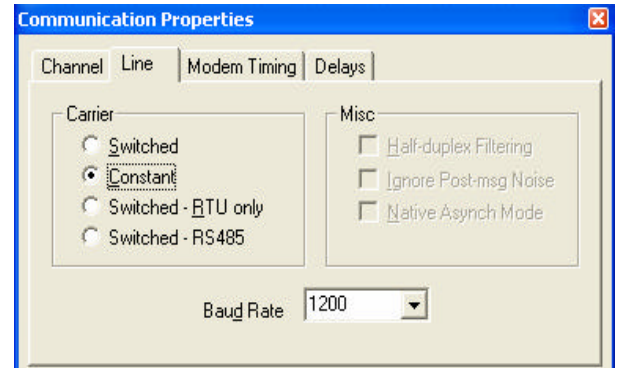
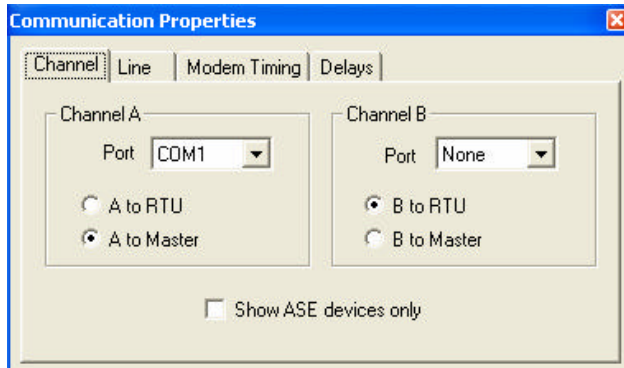
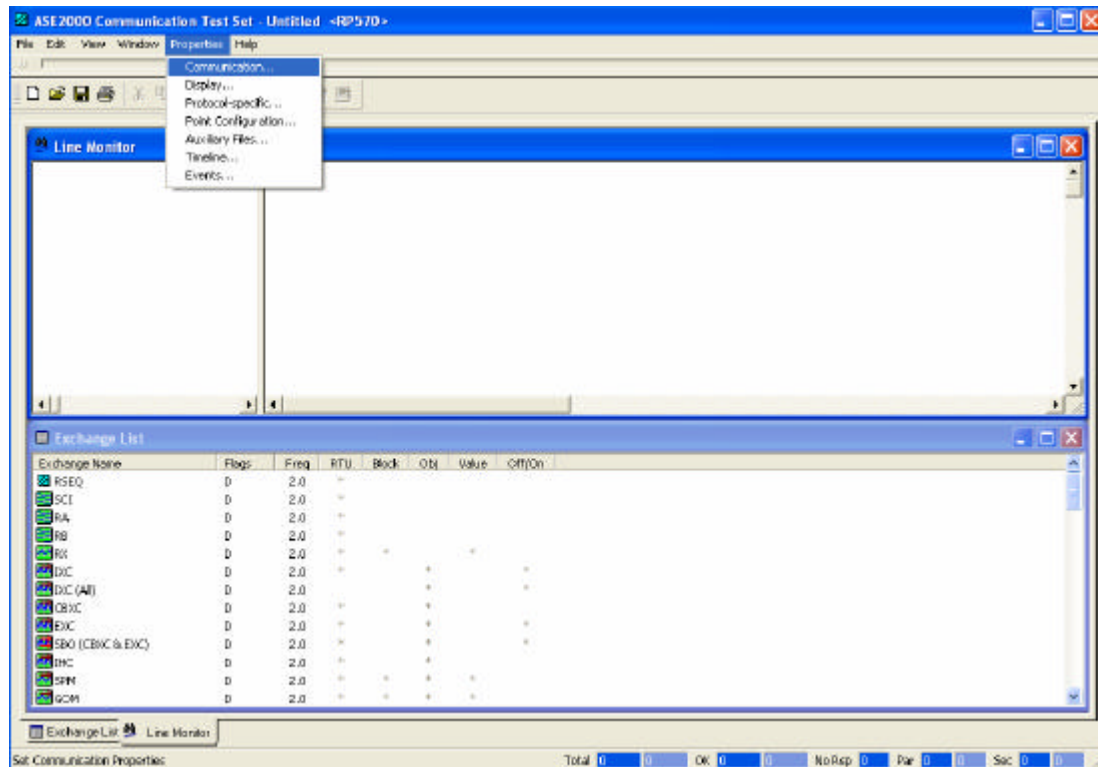


7. Seleccionar el Protocolo que se va a utilizar en este caso RP570:

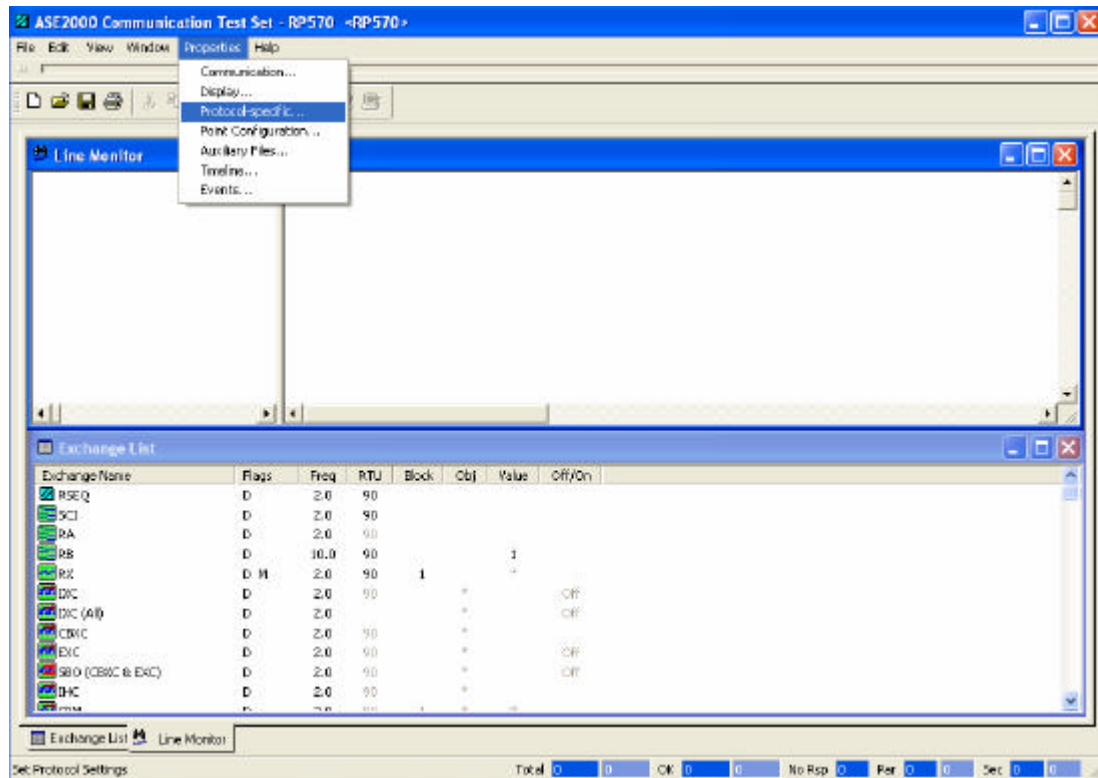


8. Configurar los parámetros necesarios para la correcta comunicación con la UTR y simular una estación maestra:

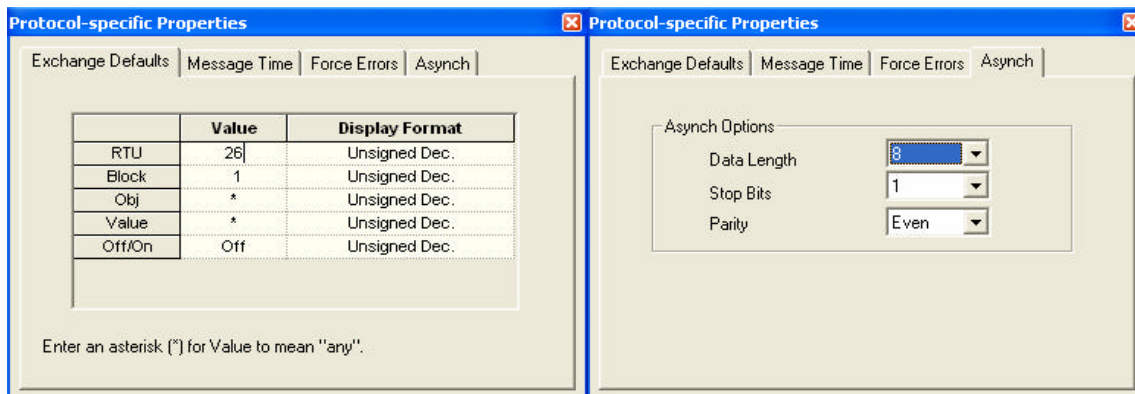




## 9. Configurar los parámetros específicos del Protocolo RP570:



El número de RTU de Sta. Rosa es el 26:

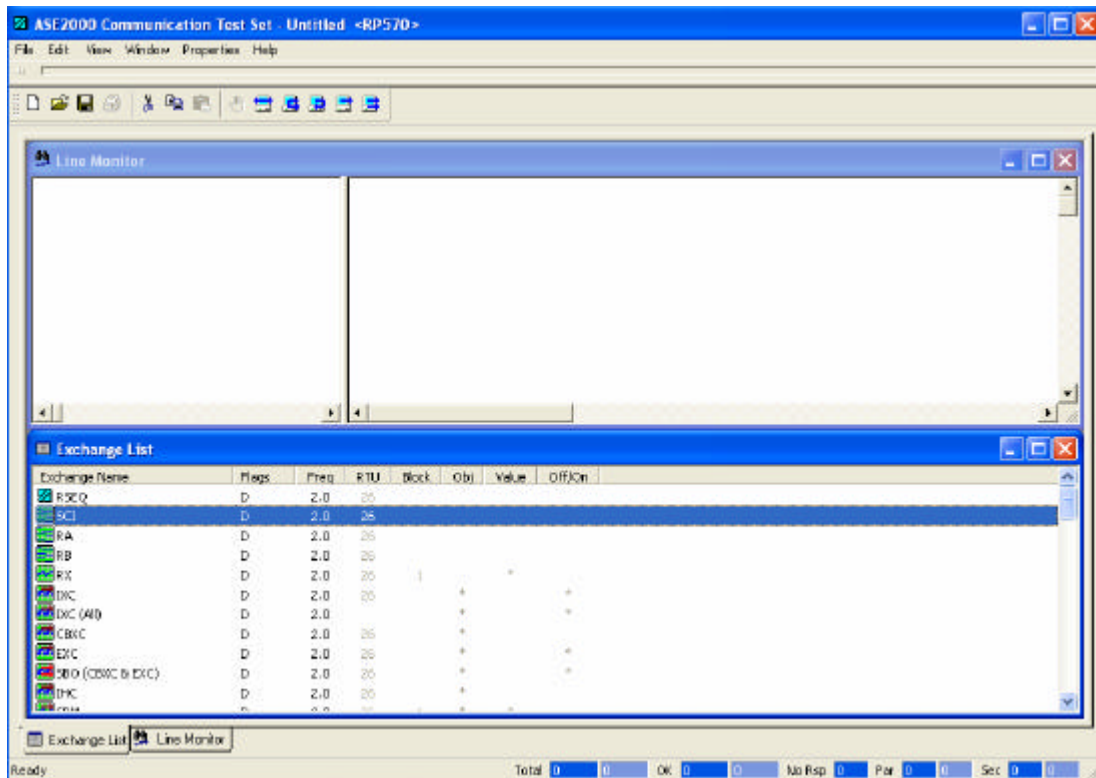


10. Ahora ya configurados todos los parámetros necesarios para la comunicación se puede enviar los comandos para cargar la tabla de función, y para lo cual se debe seguir la siguiente secuencia:

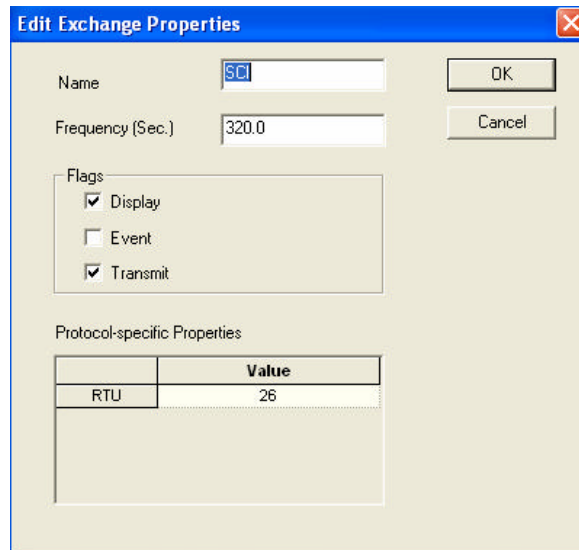
- 
- SCI
  - RSEQ
  - TSI
  - RB
  - RB
  - FTAB (Aquí se envía cada línea de la tabla de función en un comando por separado, es decir para el caso de Sta Rosa se enviará 293 FTAB's)
  - FCOM2
  - FCOM4
  - FCOM23
  - FCOM23
  - FCOM23
  - SCI

Es decir se necesitan 304 instrucciones para cargar la tabla de función.

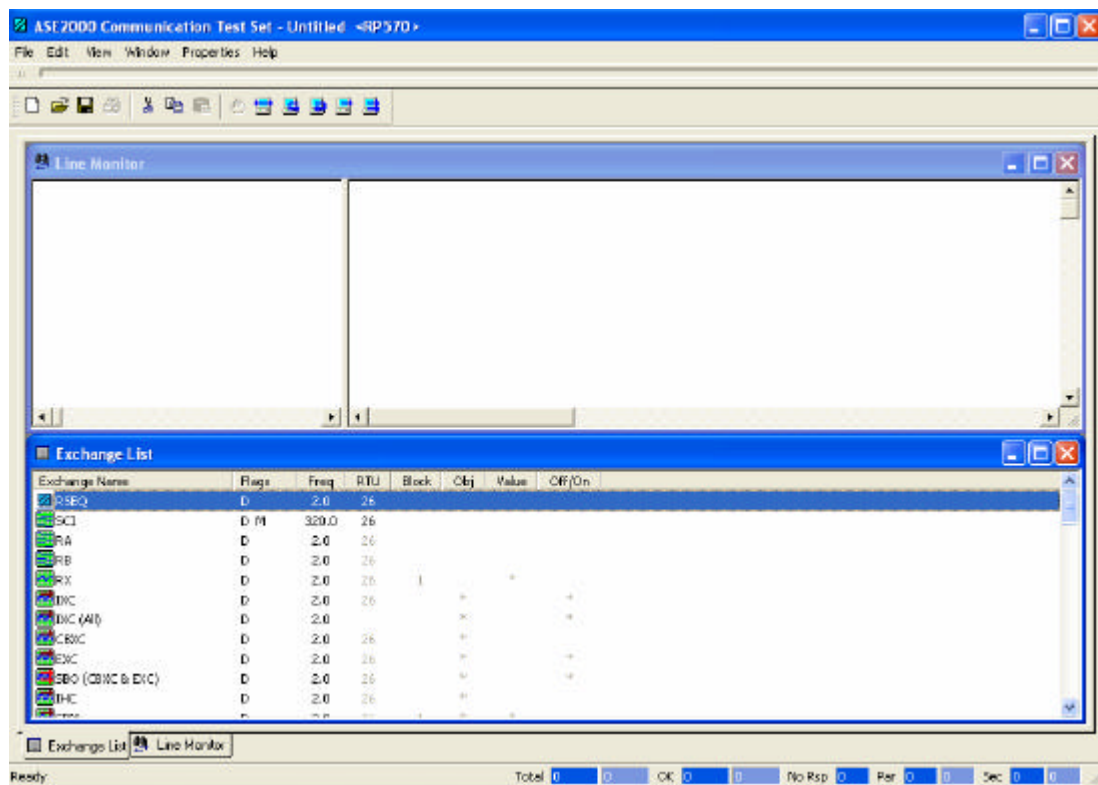
**11.** En la ventana “Exchange List”, hacer doble clic en la etiqueta SCI y se configura esta instrucción así:



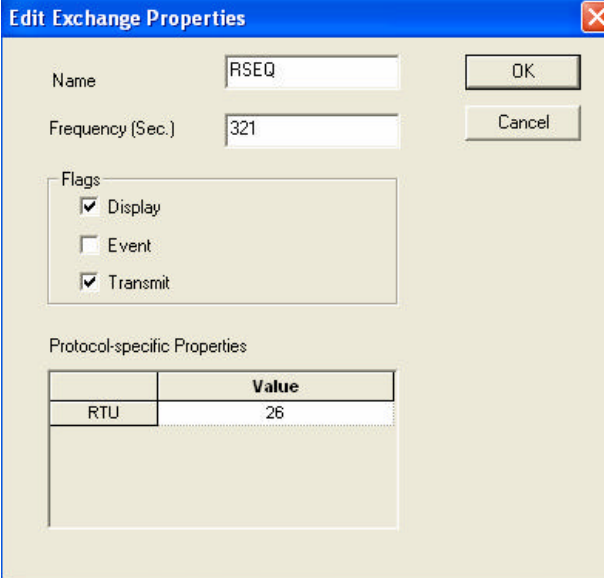
Como se observa en la figura se configura la frecuencia en 320, esto es porque se envía 304 instrucciones y aparte de esto se deja un margen de tiempo para poder detener la simulación cuando se hayan enviado todas las instrucciones, con esto el simulador envía todas las instrucciones de forma automática:



12. Para enviar un RSEQ, en la ventana “Exchange List”, hacer doble clic en la etiqueta:



Y se configura como se indica en la figura:

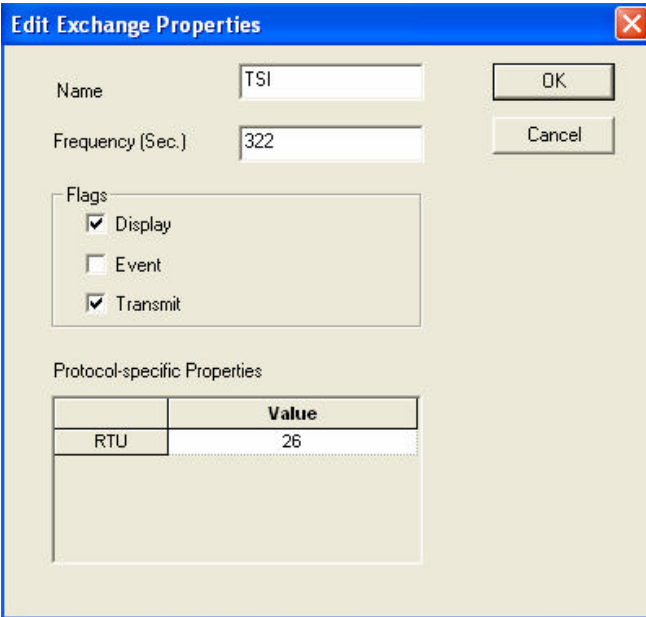


The screenshot shows a dialog box titled "Edit Exchange Properties" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and options:

- Name:** A text box containing "RSEQ".
- Frequency (Sec.):** A text box containing "321".
- Flags:** A group box containing three checkboxes: "Display" (checked), "Event" (unchecked), and "Transmit" (checked).
- Protocol-specific Properties:** A table with two columns: "Property" and "Value". The table contains one row with "RTU" in the first column and "26" in the second column.

Buttons for "OK" and "Cancel" are located on the right side of the dialog.

13. De la misma manera para el TSI:

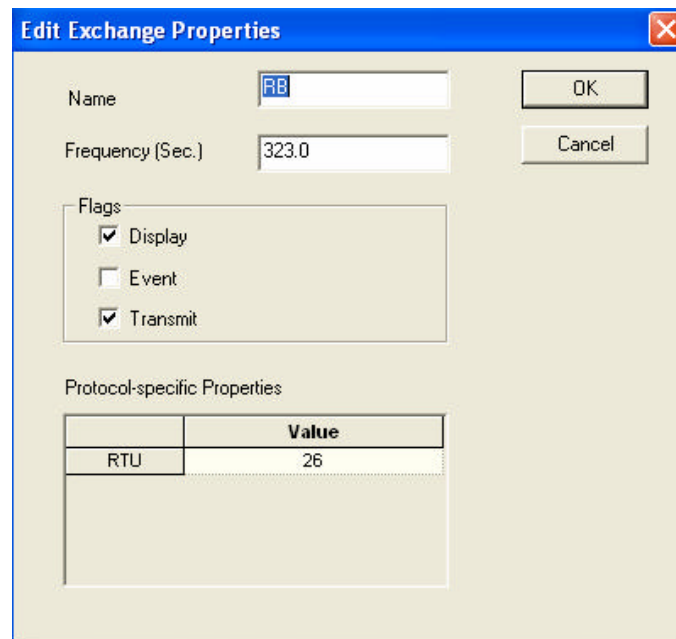


The screenshot shows a dialog box titled "Edit Exchange Properties" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and options:

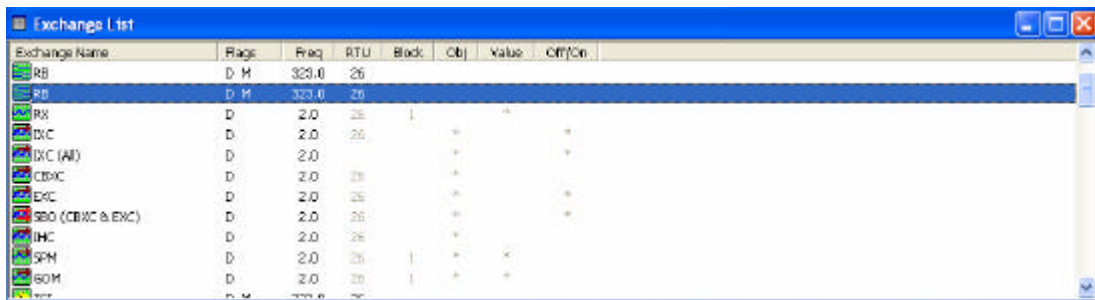
- Name:** A text box containing "TSI".
- Frequency (Sec.):** A text box containing "322".
- Flags:** A group box containing three checkboxes: "Display" (checked), "Event" (unchecked), and "Transmit" (checked).
- Protocol-specific Properties:** A table with two columns: "Property" and "Value". The table contains one row with "RTU" in the first column and "26" in the second column.

Buttons for "OK" and "Cancel" are located on the right side of the dialog.

14. Envío de RB:



15. Como se necesita enviar otro RB, se copia (ctrl.+C) en la ventana “Exchange List” y se pega (ctrl.+V) de esta forma existirán dos instrucciones idénticas, como se muestra a continuación:



En la segunda instrucciones RB se modifica las propiedades haciendo doble clic sobre la instrucción RB:

The screenshot shows a dialog box titled "Edit Exchange Properties" with a blue header and a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** A text box containing "RB".
- Frequency (Sec.):** A text box containing "324.0".
- Flags:** A group box containing three checkboxes: "Display" (checked), "Event" (unchecked), and "Transmit" (checked).
- Protocol-specific Properties:** A table with two columns: "Property" and "Value". The first row has "RTU" in the first column and "26" in the second column.
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons are located on the right side of the dialog.

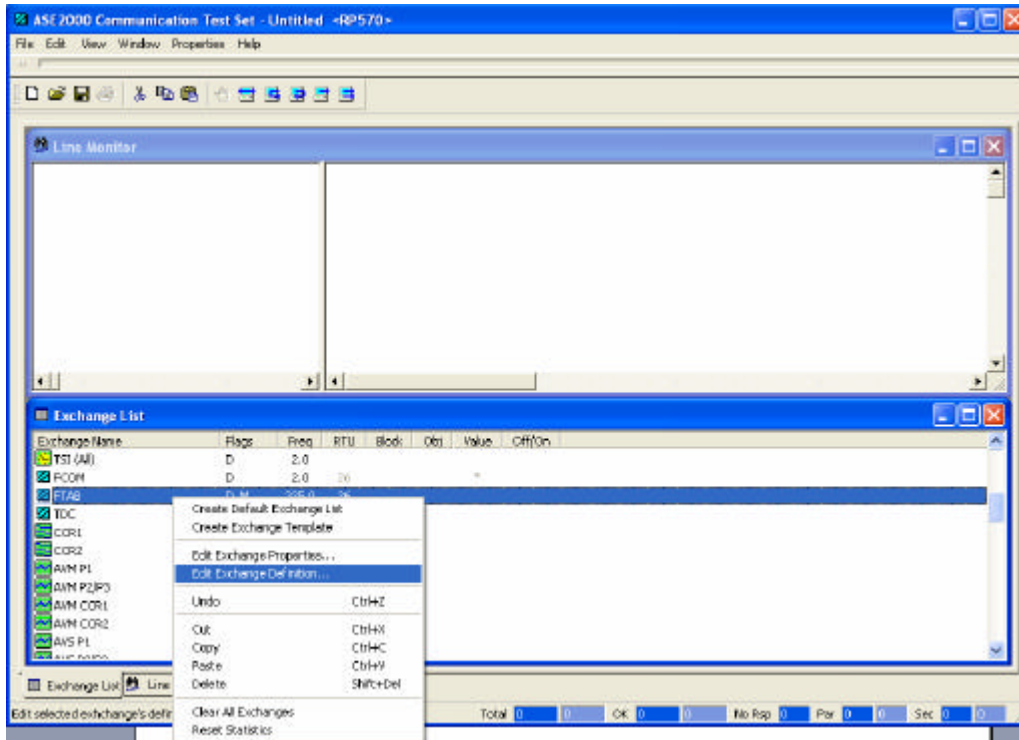
16. Ahora se tiene que enviar cada una de las 293 FTAB, para esto se modifica el FTAB que se encuentra en la ventana "Exchange List", de la misma manera que las anteriores instrucciones, con un doble click sobre el nombre de esta instrucción:

The screenshot shows a dialog box titled "Edit Exchange Properties" with a blue header and a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

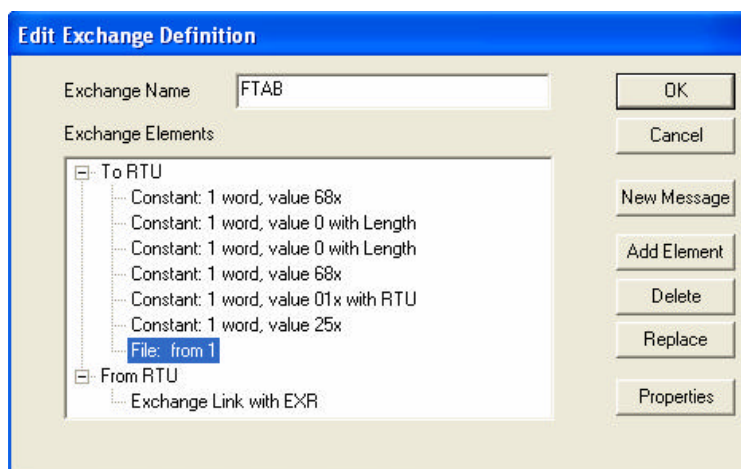
- Name:** A text box containing "FTAB".
- Frequency (Sec.):** A text box containing "325".
- Flags:** A group box containing three checkboxes: "Display" (checked), "Event" (unchecked), and "Transmit" (checked).
- Protocol-specific Properties:** A table with two columns: "Property" and "Value". The first row has "RTU" in the first column and "26" in the second column.
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons are located on the right side of the dialog.



A continuación se modifican las propiedades internas de la instrucción en el “Exchange Definition”, se ingresa al menú que se despliega en la figura que se muestra a continuación realizando un clic derecho sobre la etiqueta FTAB:



En la ventana desplegada seleccionar “File: from 1” y dar un clic en “Properties” :

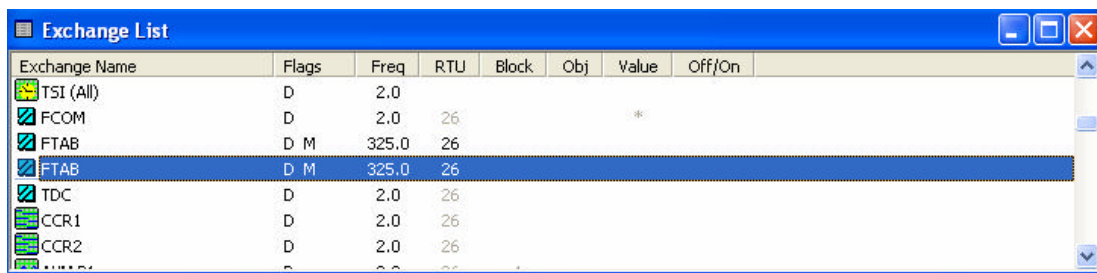


En la siguiente ventana se escribe el nombre del archivo correspondiente a la primera línea de la tabla de función, en este caso es el archivo “doc00.txt”:



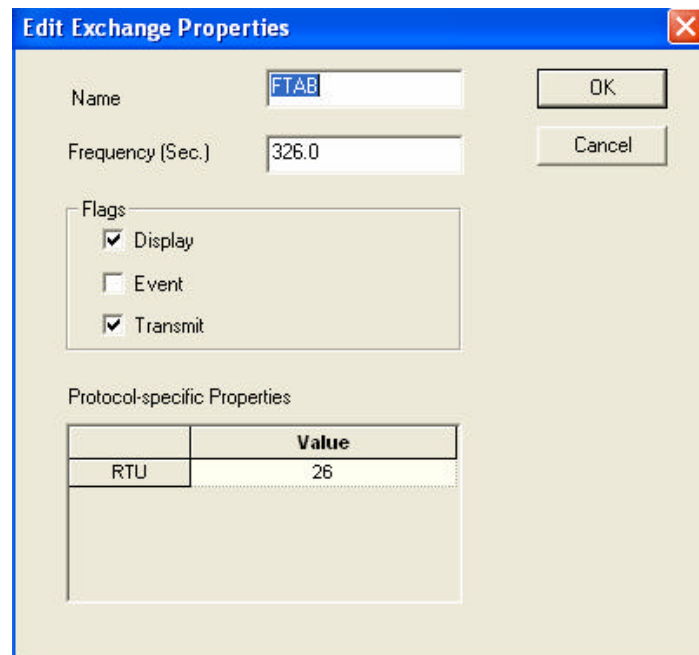
Este procedimiento debe ser repetido para todas las otras líneas restantes para lo cual, se indicará el procedimiento de la segunda línea, y se sobreentiende que se seguirá los mismos pasos para el resto de líneas de la tabla de función.

17. Primero se copia (Ctrl. + C) la etiqueta FTAB y se pega (Ctrl. + V) a continuación, así tendremos os FTAB idénticos:

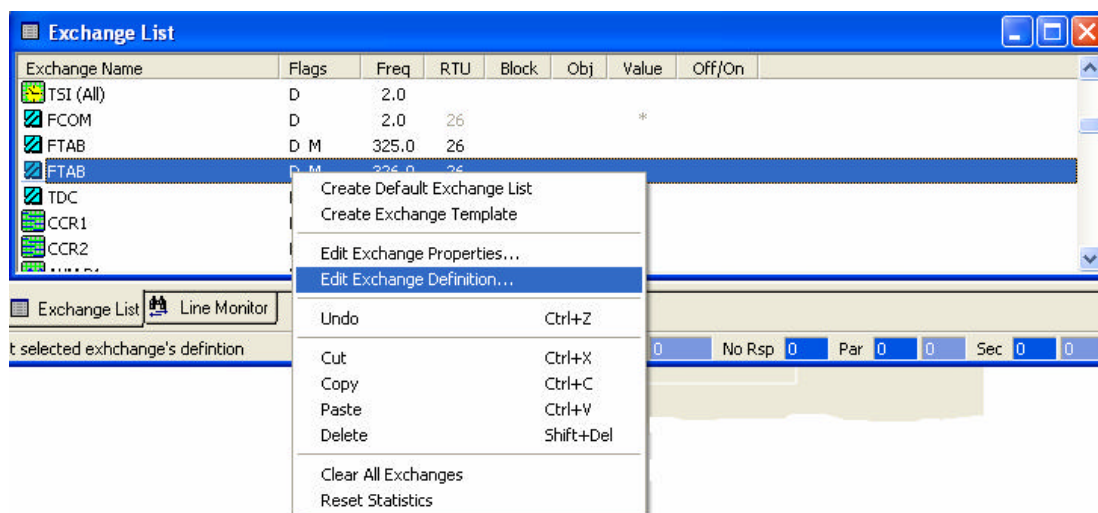


Exchange Name	Flags	Freq	RTU	Block	Obj	Value	Off/On
TSI (All)	D	2.0					
FCOM	D	2.0	26			*	
FTAB	D M	325.0	26				
FTAB	D M	325.0	26				
TDC	D	2.0	26				
CCR1	D	2.0	26				
CCR2	D	2.0	26				

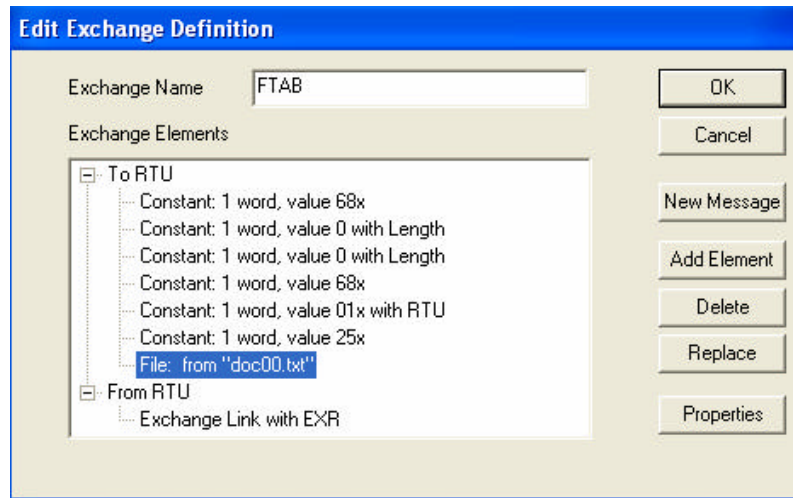
Con un doble clic en el FTAB duplicado se ingresa en las propiedades y se modifica la frecuencia para que envíe esta instrucción a continuación y con un retardo de 1 segundo del FTAB original:



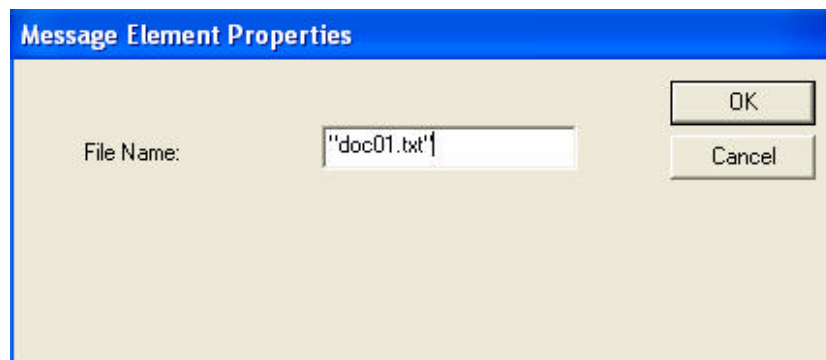
Haciendo un clic derecho sobre el FTAB duplicado y seleccionando “Edit Exchange Definition”:



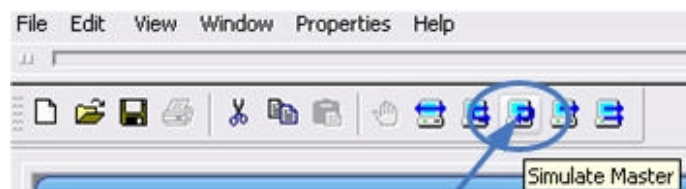
Seleccionar “File: from “doc00.txt” y se da un clic en “Properties”:



A continuación se reemplaza el nombre del archivo por “doc01.txt”, es decir el archivo correspondiente a la segunda línea de la tabla de función:

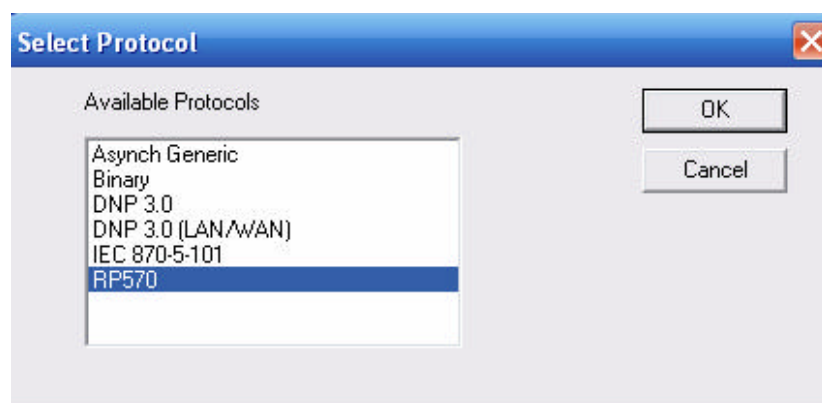
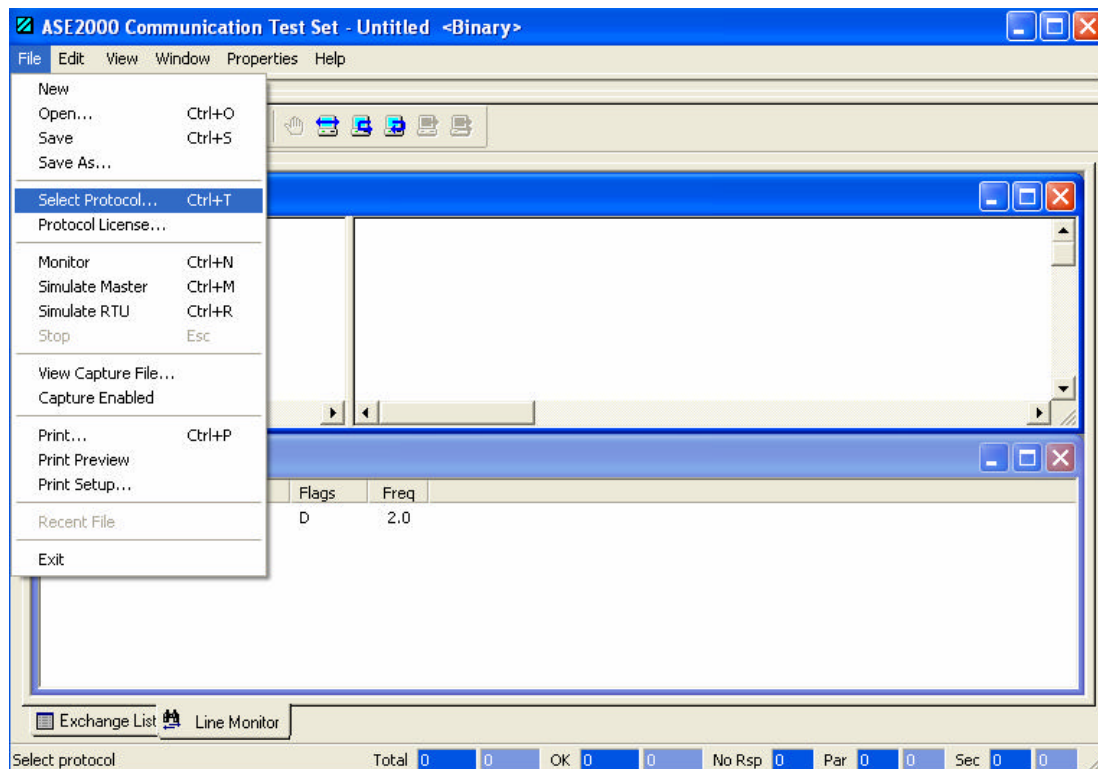


Cuando se haya finalizado de crear los 293 FTAB se da click en simular como estación maestra como se indica en la imagen a continuación:

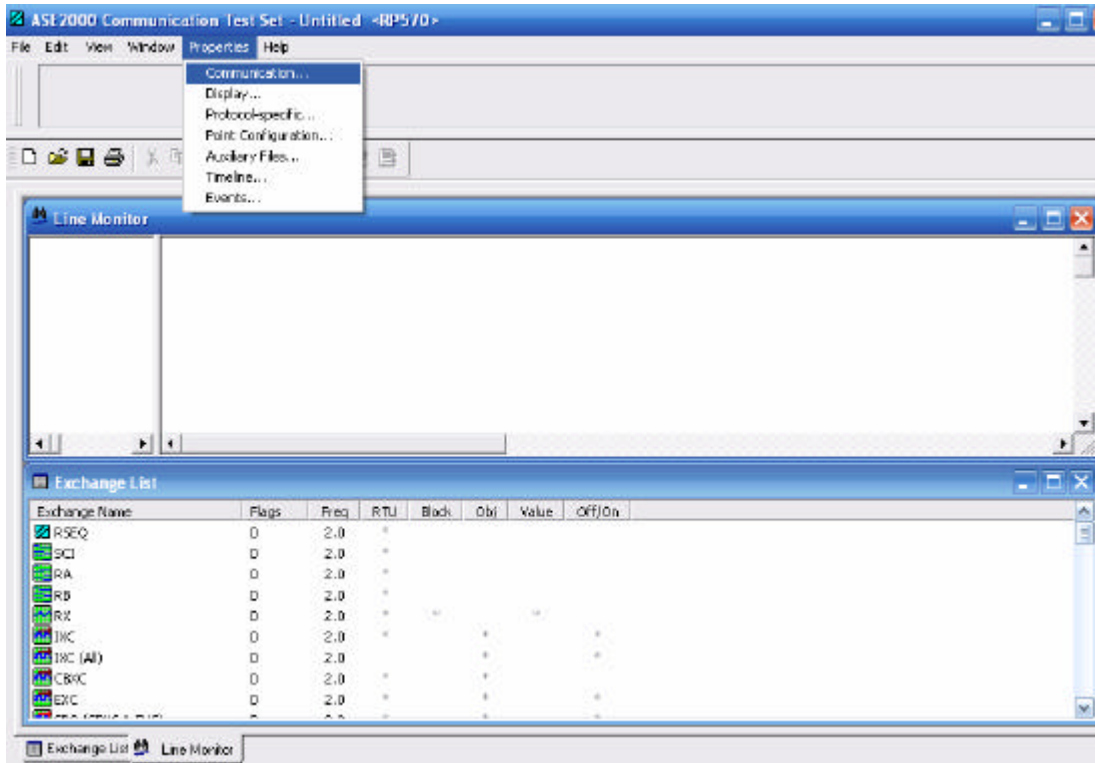


## Simulación como RTU

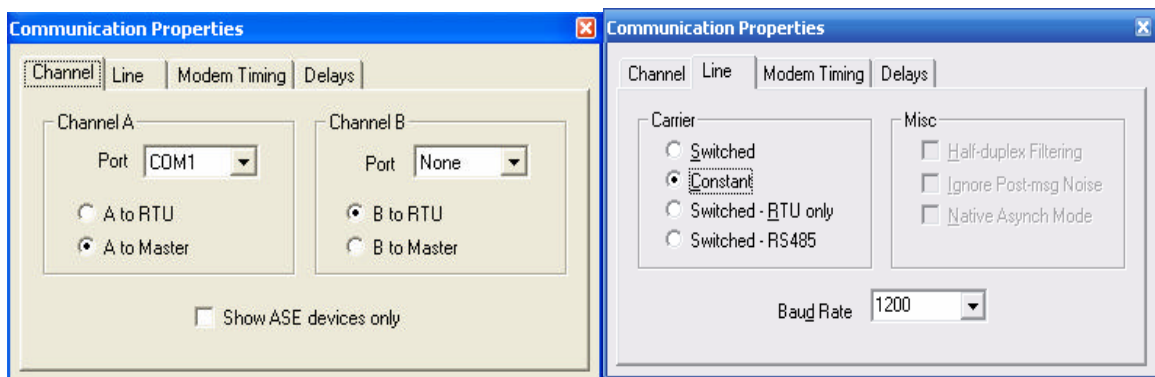
1. Como el programa ya se encuentra instalado en el computador, el primer paso a seguir es seleccionar el protocolo en el que se va a trabajar en este caso es RP 570:



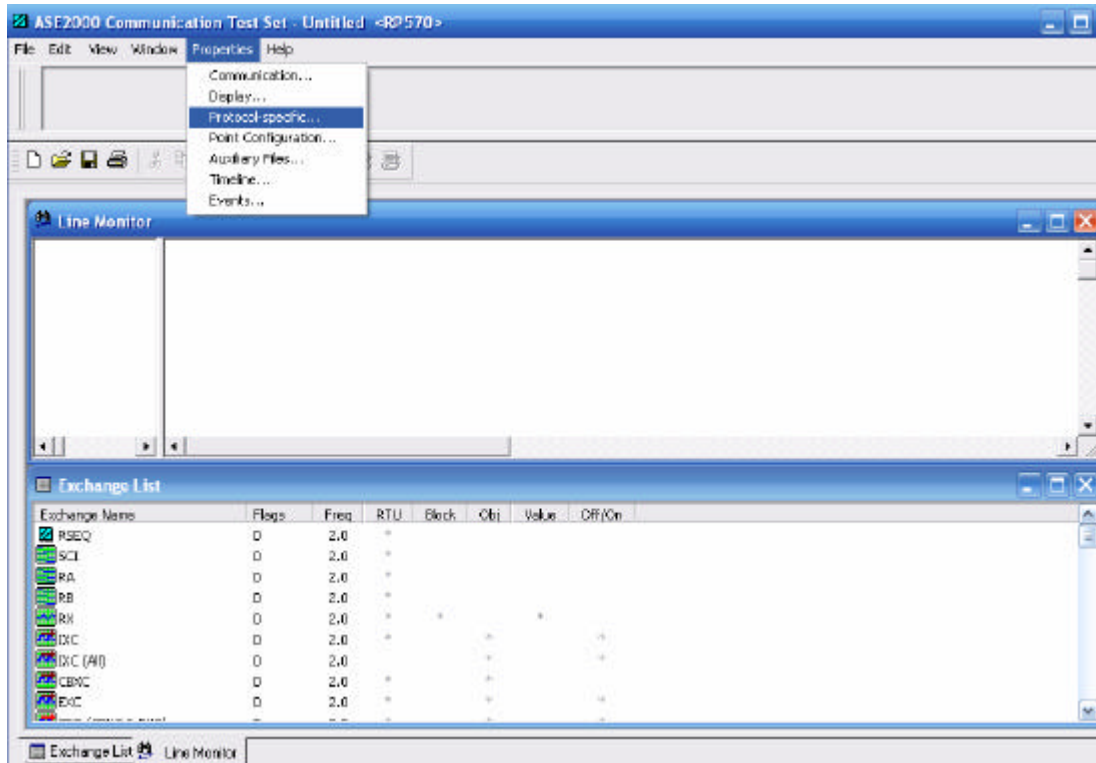
2. Ahora se debe configurar los parámetros de comunicación:



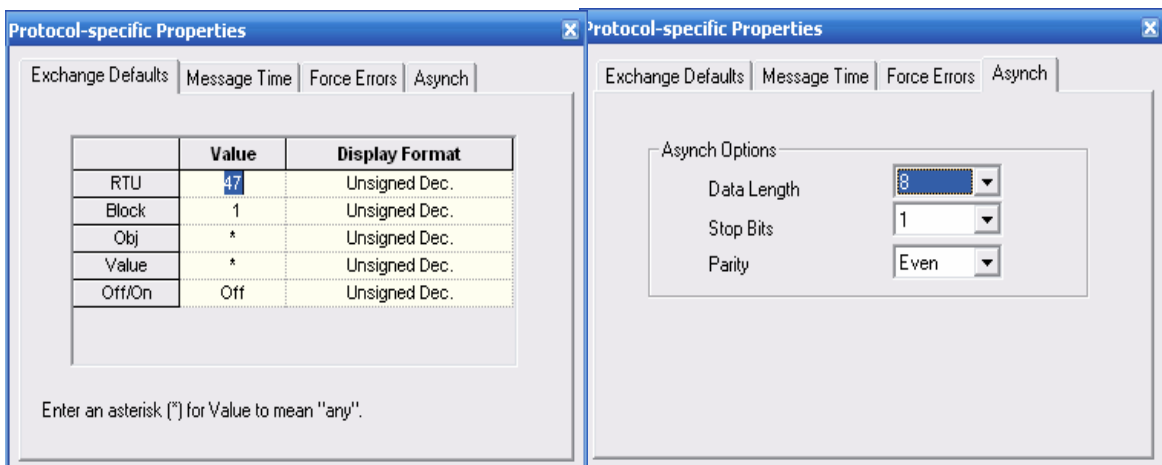
Se debe configurar los parámetros de configuración, como se indica en las figuras siguientes:



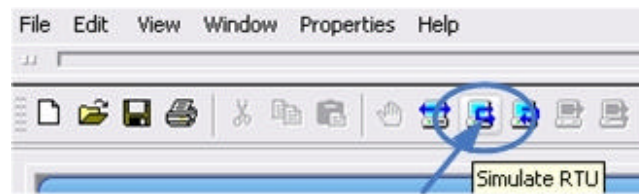
3. Configurar los parámetros específicos del protocolo RP 570 como se indica a continuación:



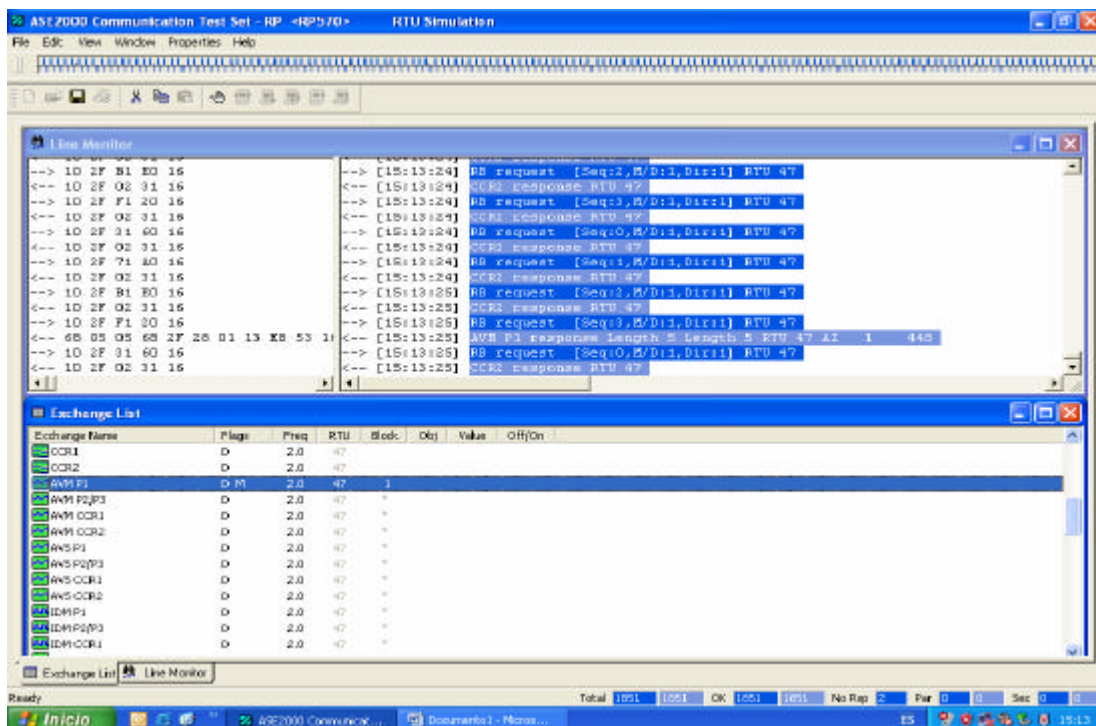
Para simular el protocolo RP 570 debemos configurar los parámetros que se indican en la figura siguiente tanto el número de RTU, (para el caso de prueba es 47 que representa PUCA LAB), el número de bloque, así como también las propiedades de comunicación ubicados en la última pestaña:



Para el caso del protocolo RP 570 se ha utilizado la subestación PUCA que es la dirección 90 y se va a utilizar el bloque 1 (podrá variar dependiendo de cada señal) con el propósito de generar pruebas; el resto de parámetros están con un asterisco que se deja representan los valores por defecto del sistema. Cuando todos estos parámetros se hace un click en la parte superior para empezar a simular como RTU como se indica en la siguiente figura:



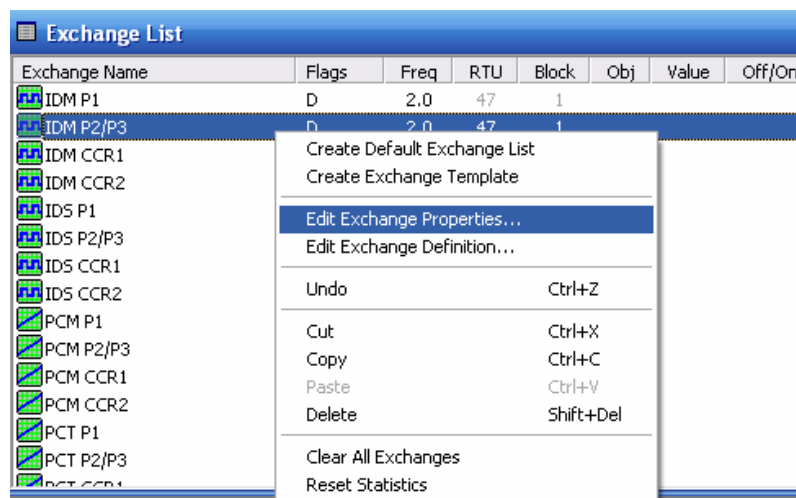
Si todos los parámetros están configurados correctamente se puede observar que la comunicación empieza a realizarse y aparece en la vista “Line Monitor” como se indica en la pantalla siguiente:



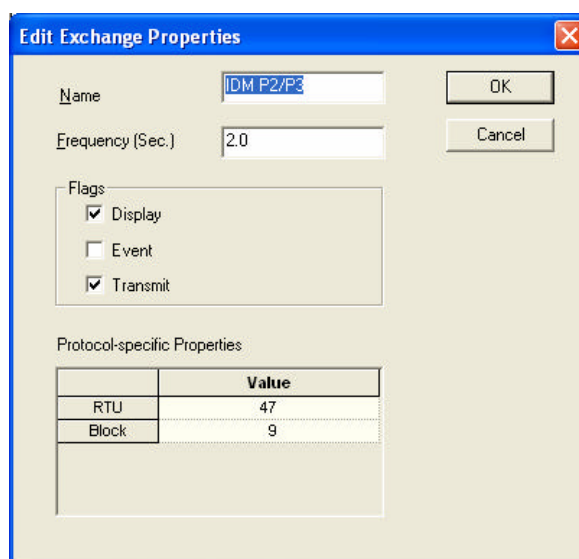


## Configuración de las señales digitales Simples:

Para la configuración de las señales digitales se presiona click derecho sobre las señales marcadas como “IDM P2/P3” y se selecciona “Edit Exchange Properties”, tal como se indica en la figura:

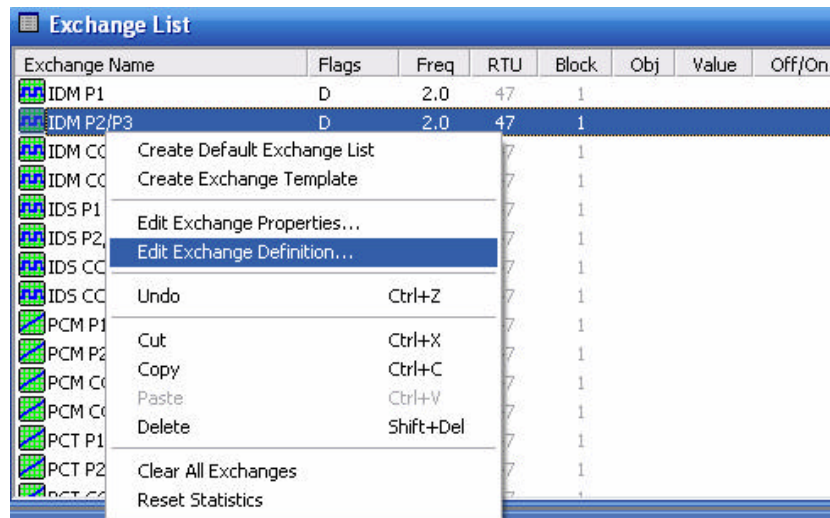


En las propiedades de las señales digitales simples se configura los parámetros del número de RTU y de bloque correspondiente a las señales digitales, como se indica en la figura:

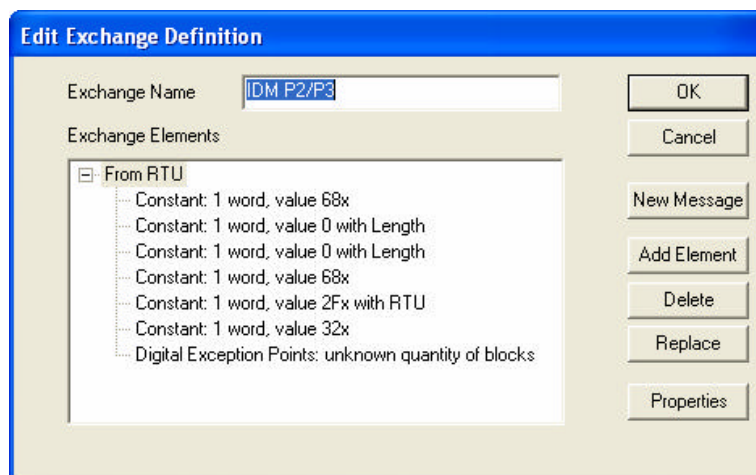


Cuando se pone un visto en “Transmit” el simulador empieza a enviar la señal con la frecuencia que se introduce en la casilla “Frequency (Sec.)”.

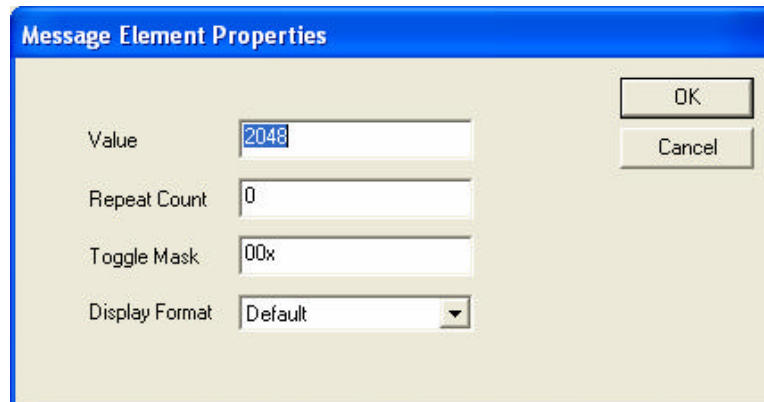
Para enviar la señal analógica se debe modificar ciertos parámetros de la trama para lo cual se click derecho sobre IDM P2/P3 y se selecciona “Edit Exchange Definition”:



En la pantalla que aparece se modifican los valores de las constantes, tal cual esta en la figura:

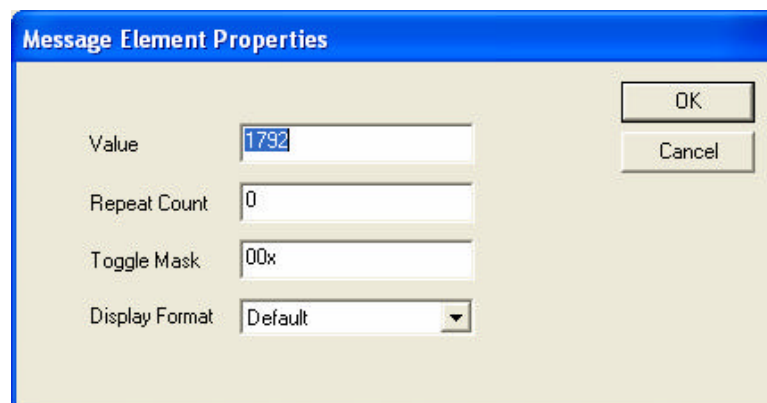


Seleccionar “Digital Exception Points: unknown quantity of blocas” y se selecciona “Properties” para abrir las propiedades de la señal digital, si queremos enviar la señal digital en estado abierto, configuramos de la siguiente manera:



The screenshot shows a dialog box titled "Message Element Properties". It contains four input fields: "Value" with the number 2048, "Repeat Count" with the number 0, "Toggle Mask" with the text 00x, and "Display Format" with a dropdown menu set to "Default". There are "OK" and "Cancel" buttons in the top right corner.

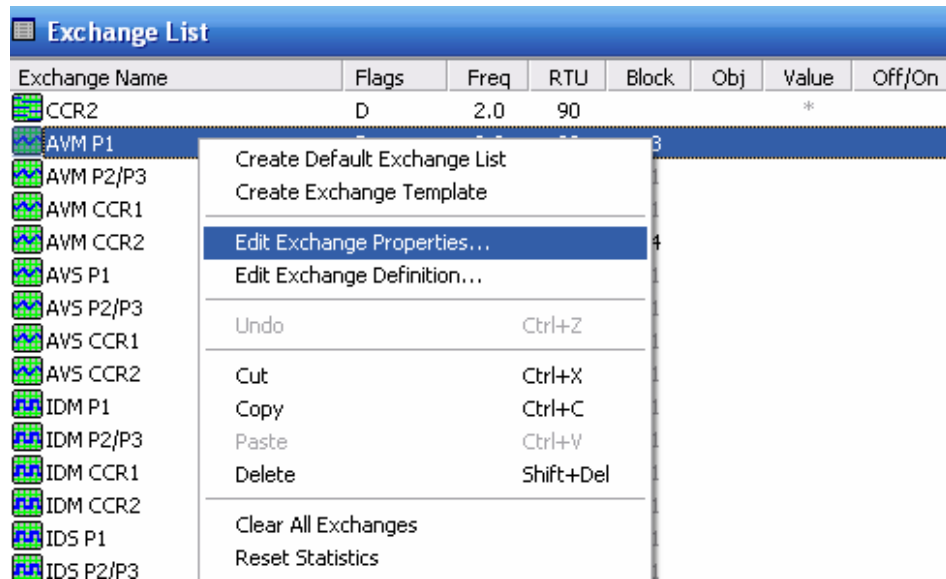
Y se necesita enviar la señal digital simple en estado cerrado, configuramos de la siguiente manera:



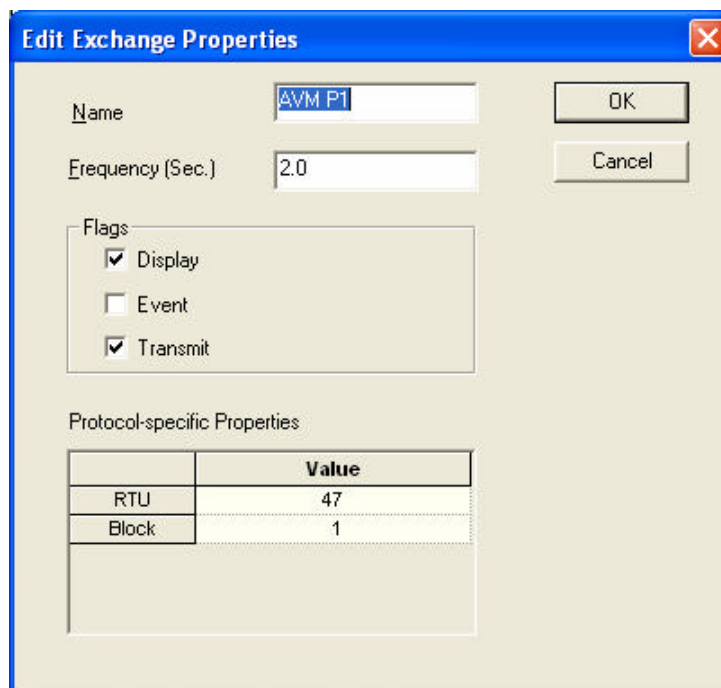
The screenshot shows a dialog box titled "Message Element Properties". It contains four input fields: "Value" with the number 1792, "Repeat Count" with the number 0, "Toggle Mask" with the text 00x, and "Display Format" with a dropdown menu set to "Default". There are "OK" and "Cancel" buttons in the top right corner.

### **Configuración de las señales Analógicas:**

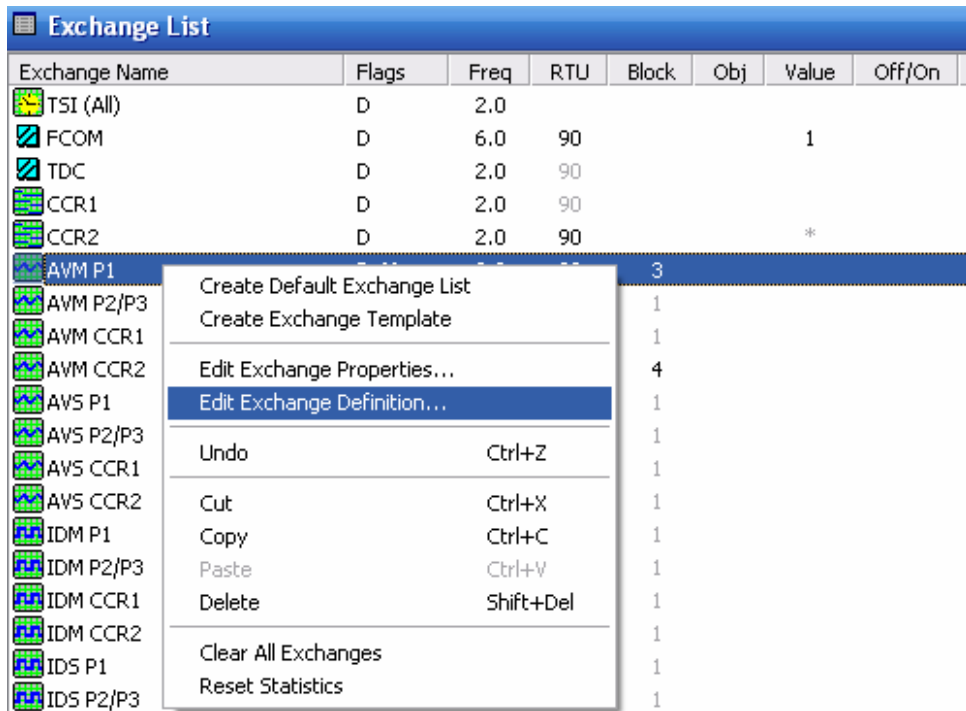
Para la configuración de las señales analógicas se presiona click derecho sobre las señales marcadas como “AVM P1” (Analog Value Message) y se selecciona “Edit Exchange Properties” tal como se indica en la figura:



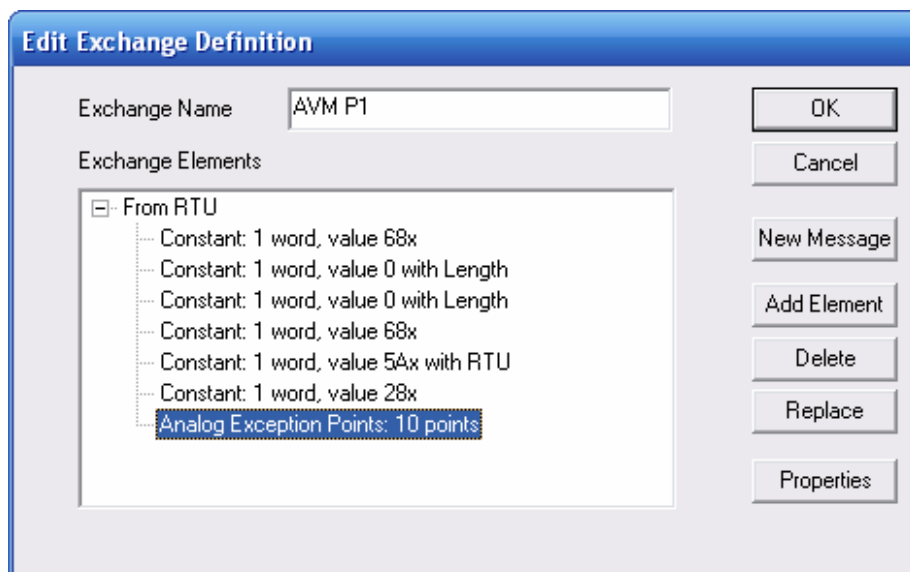
En las propiedades de las señales analógicas se configura los parámetros del número de RTU y de bloque correspondiente a las señales análogas, como se indica en la figura:



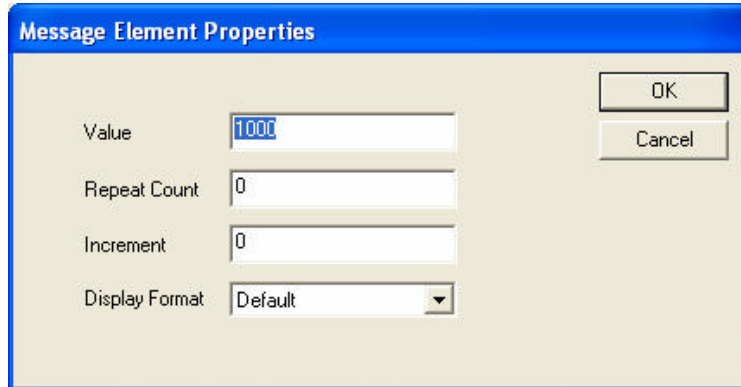
Para variar el valor de la señal analógica se hace click derecho sobre AVM P1 y se selecciona “Edit Exchange Definition”:



En la pantalla que aparece se selecciona “Analog Exception Points: 10 points”:



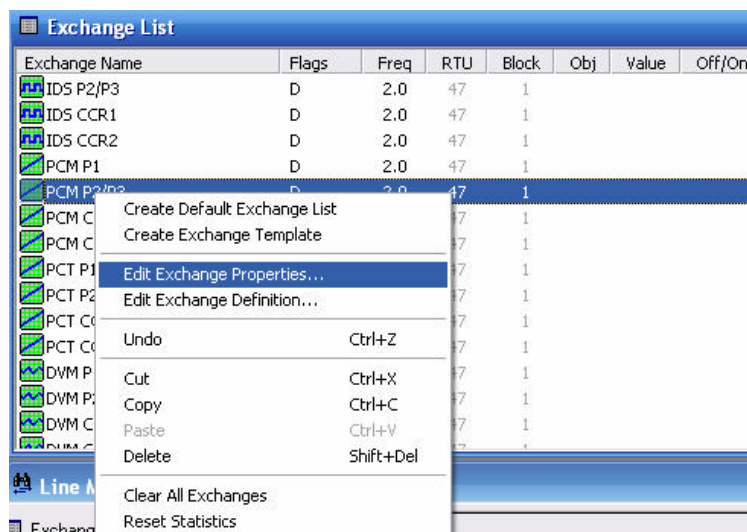
Y se selecciona “Properties” para abrir las propiedades de la señal análoga:



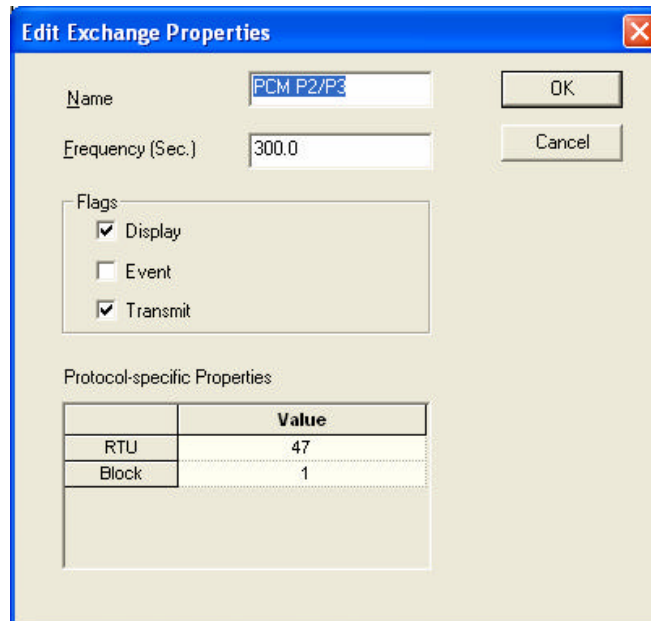
Aquí se selecciona el valor con el que empieza esta señal (50), cuantas veces se necesite enviar esta señal (10) y el incremento en el valor de la señal análoga (0) cada vez que se envía.

### Configuración de las señales con acumuladores

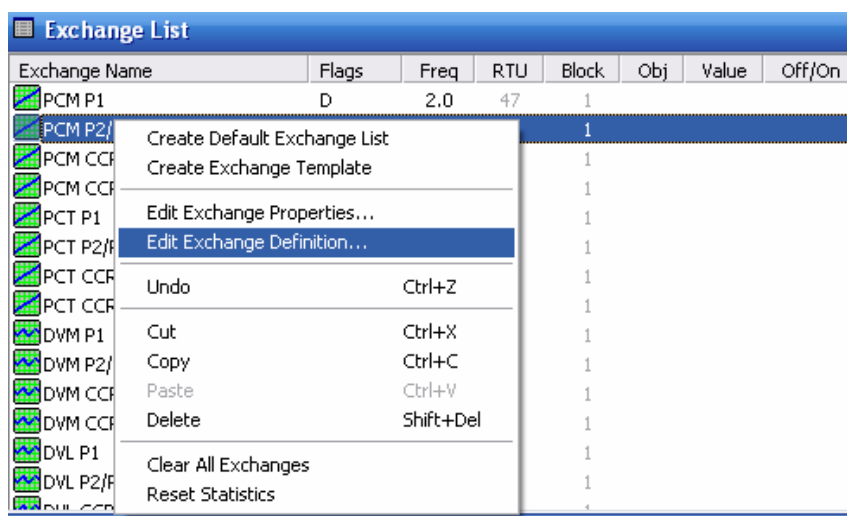
Para la configuración de las señales analógicas se presiona click derecho sobre las señales marcadas como “PCM P1” (Pulse Counter Message) y se selecciona “Edit Exchange Properties”, tal como se indica en la figura:



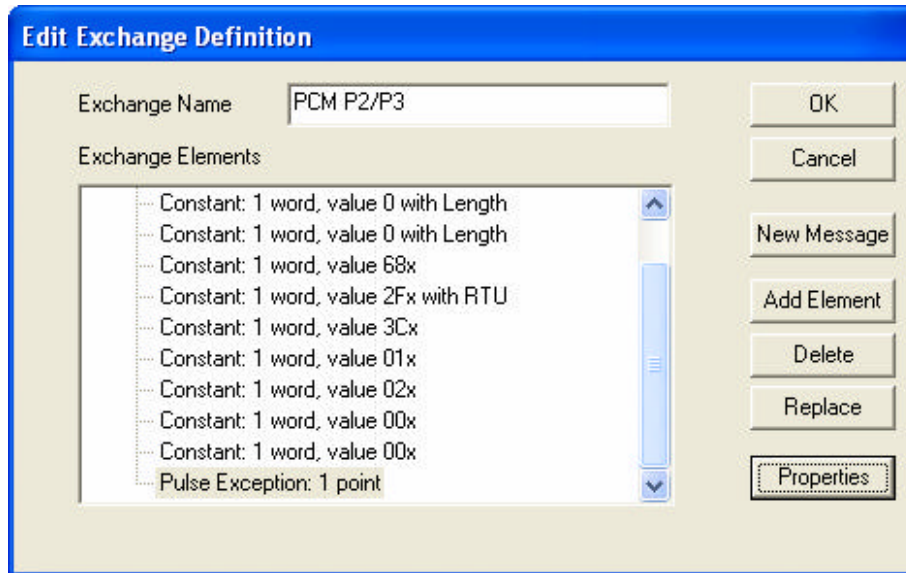
En las propiedades de las señales con contadores se configura los parámetros del número de RTU y de bloque correspondiente a las señales análogas, como se indica en la figura:



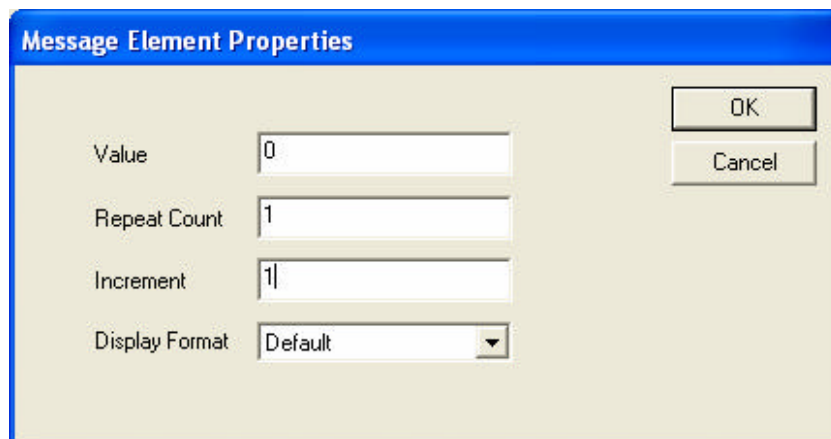
Para variar el valor de la señal análoga se hace click derecho sobre PCM P2/P3 y se selecciona “Edit Exchange Definition”:



En la pantalla que aparece se configura el valor de las constantes como se indica en la figura, para que el contador se inicialice en cero:



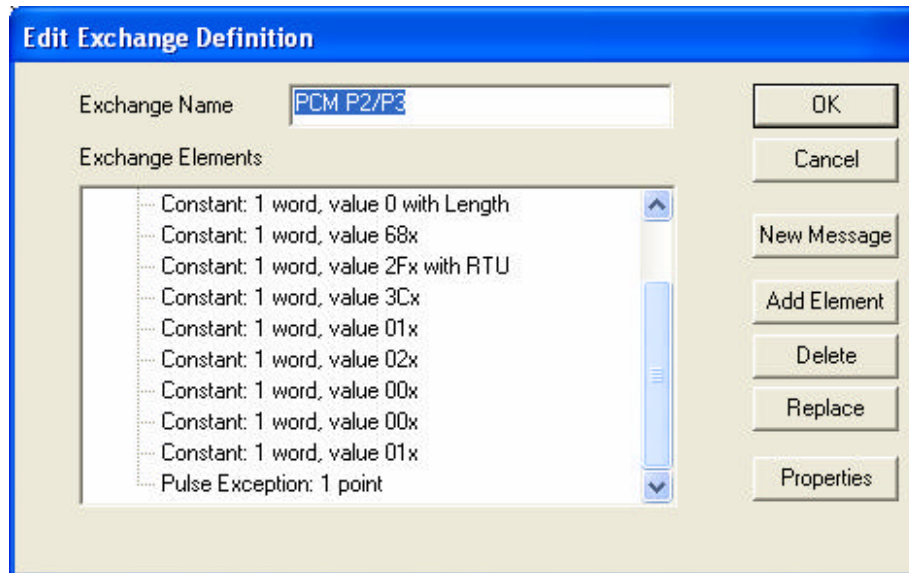
Se selecciona “Pulse Exception” y se da un clic en “Properties” para abrir las propiedades de la señal con contador:



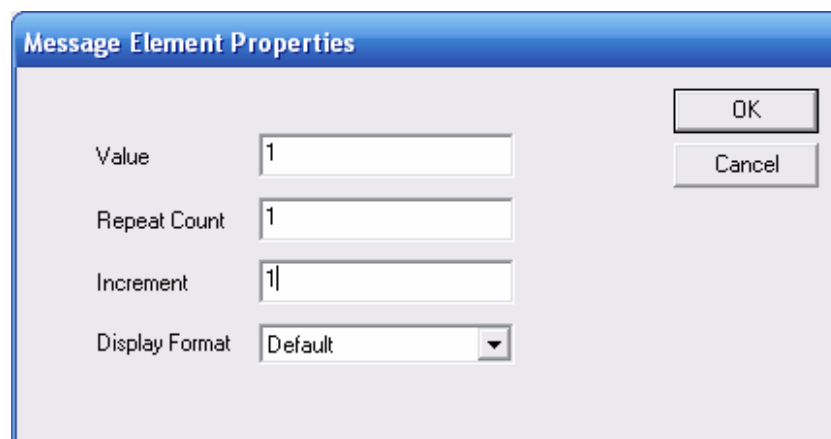
Aquí se selecciona el vabr con el que empieza esta señal (0), y con que valor se quiere que se vaya incrementando su valor en cada envío (1).



Para configurar el acumulador que envíe un valor en su cuenta configuramos la trama de la siguiente manera:



Y se configura las propiedades del “Pulse Exception”, como se detalla en la siguiente figura:

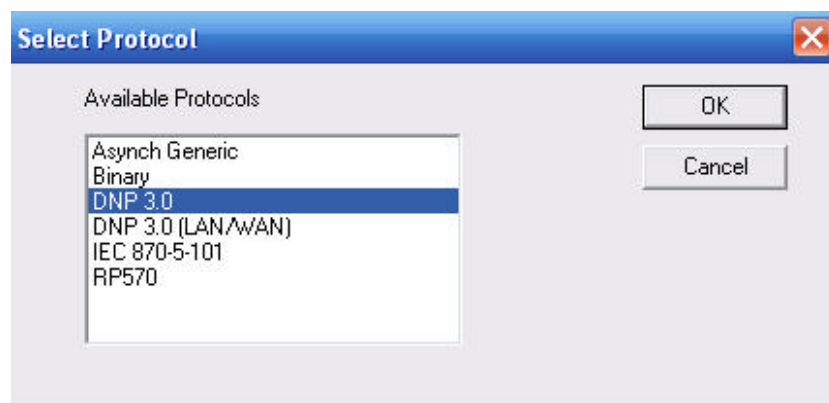
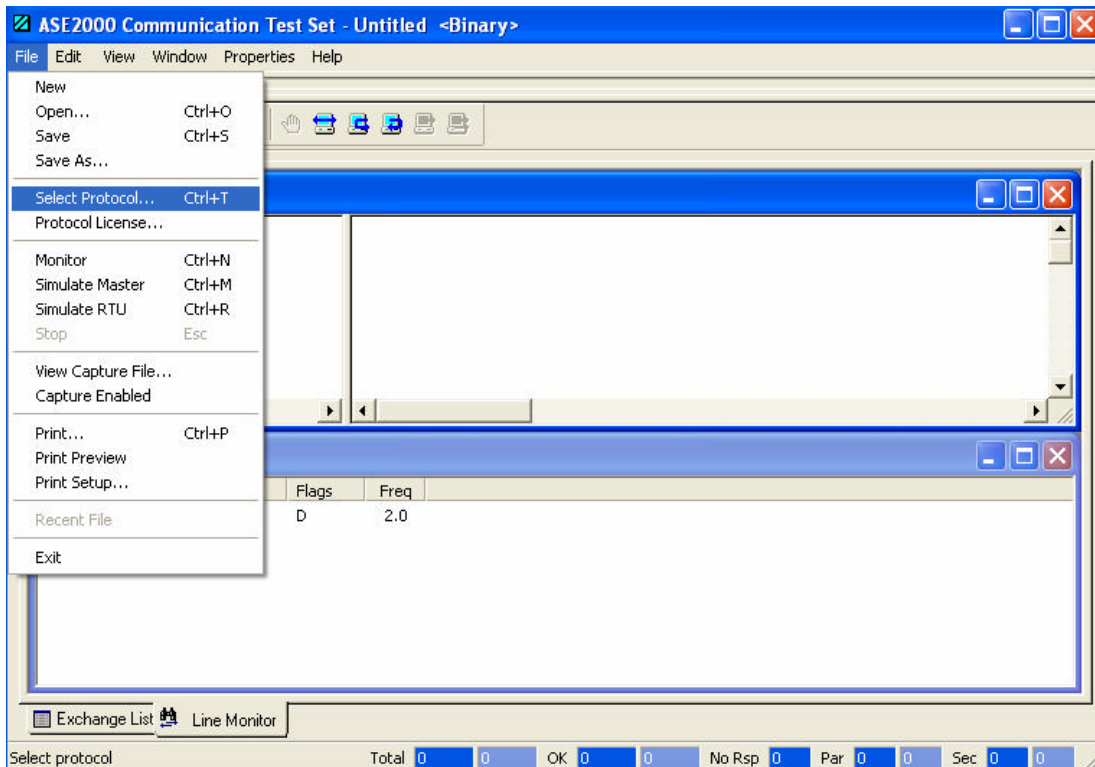


## **ANEXO 2**

### **MANUAL DE GENERACIÓN DE PRUEBAS EN PROTOCOLO DNP 3.0**

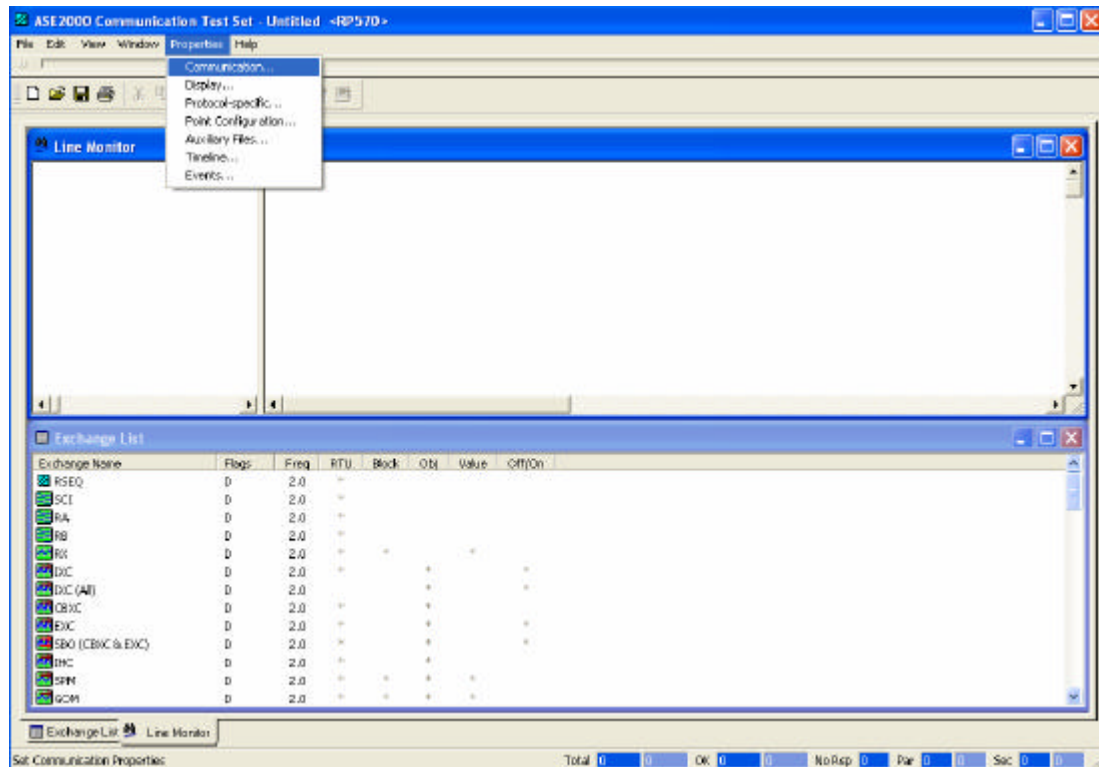
## Simulación como RTU

1. Como el programa ya se encuentra instalado en el computador, el primer paso a seguir es seleccionar el protocolo en el que se va a trabajar en este caso es DNP 3.0:

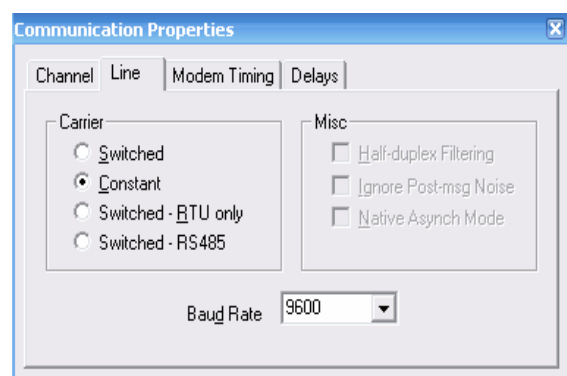
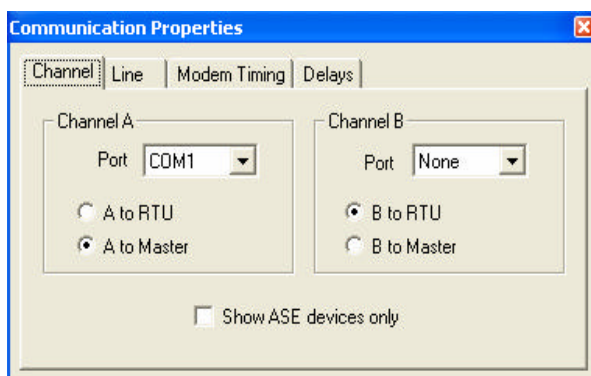


Nota: Las licencias deben haber sido adquiridas previamente.

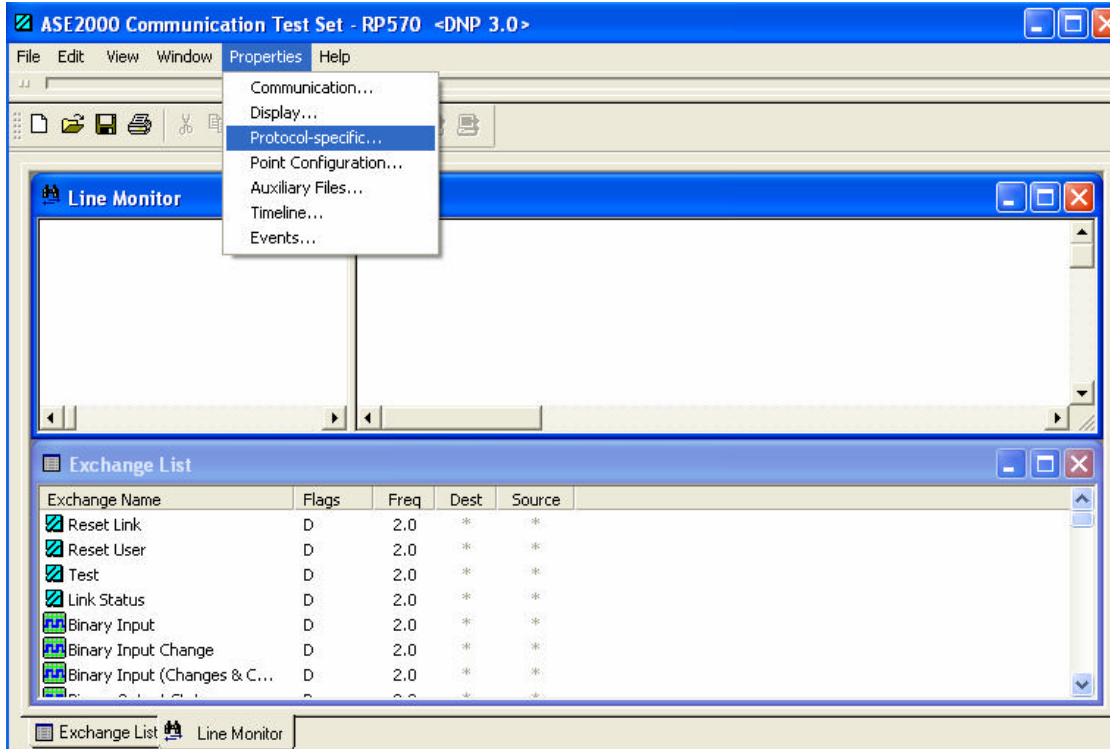
2. Ahora se debe configurar los parámetros de comunicación:



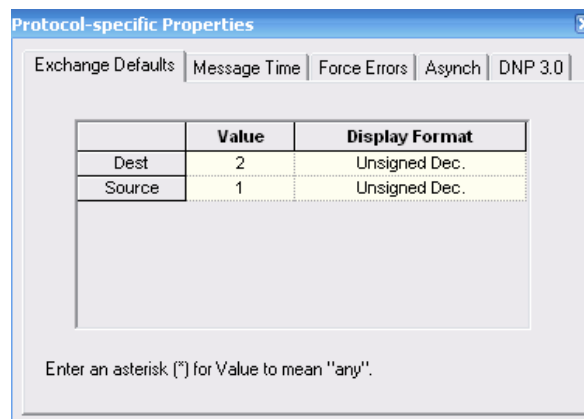
Como se indica en las siguientes figuras:



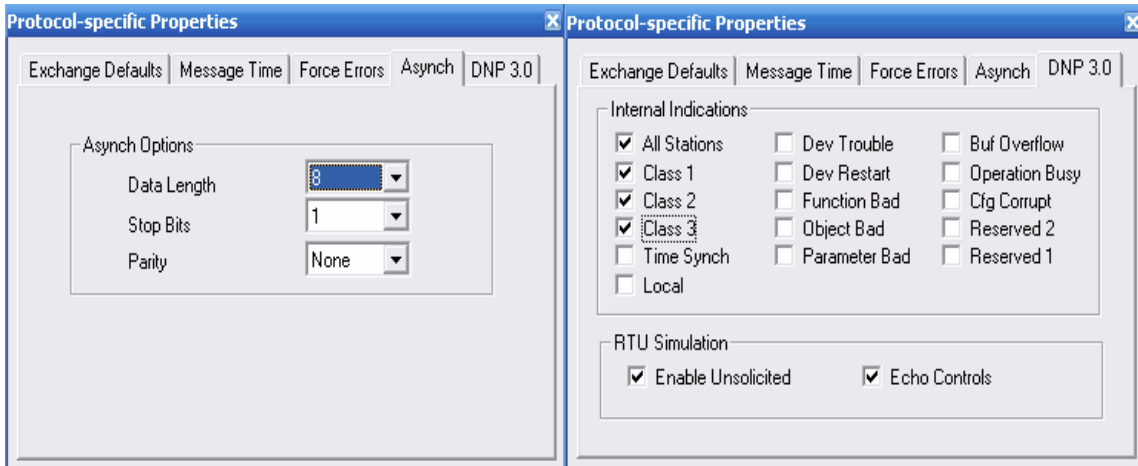
### 3. Configurar los parámetros específicos del protocolo DNP 3.0:



Para simular DNP 3.0 en el ASE 2000 se debe configurar tanto la dirección de destino como la dirección de la fuente como se va a comunicar con el sistema es decir la estación maestra es la dirección 1, y la dirección de la estación esclava en este caso la RTU que se está simulando es de la subestación de Ecoelectric que es la dirección 2:

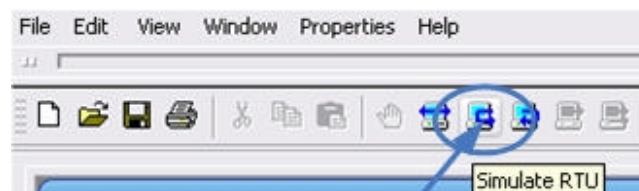


Otros parámetros que se debe configurar para garantizar la comunicación entre la estación maestra y la esclava son los siguientes:

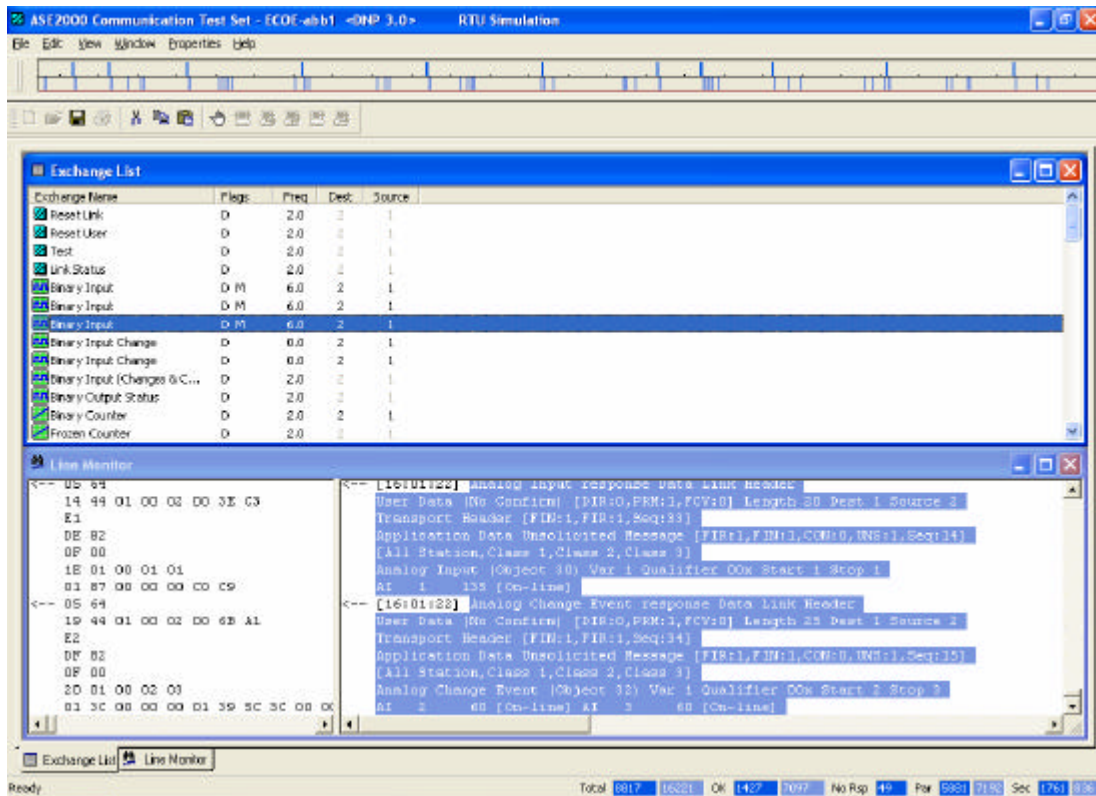


En las propiedades específicas del protocolo se selecciona las tres clases para que acepte el intercambio de datos clase 1, clase 2 y clase 3, además se selecciona la opción de habilitar los mensajes no solicitados, con esto se puede manipular la frecuencia de transmisión de cada dato de manera independiente mediante la opción de la manipulación de la “Exchange list” como se explicará a continuación.

Cuando todos estos parámetros se hace un click en la parte superior para empezar a simular como RTU, como se indica en la siguiente figura:

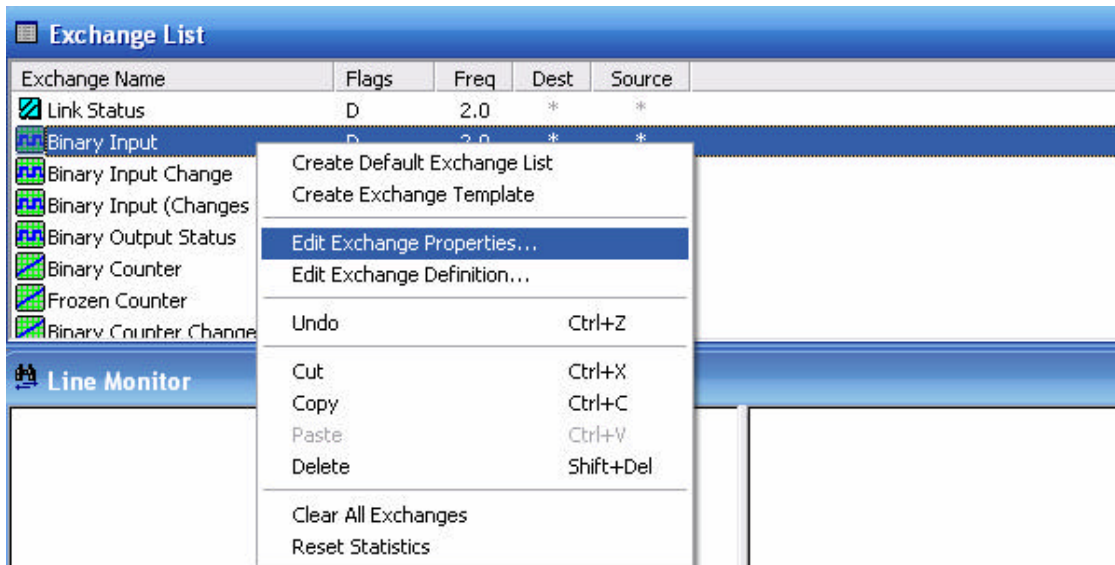


Si todos los parámetros están configurados correctamente se puede observar que la comunicación empieza a realizarse, como se indica en la siguiente pantalla:

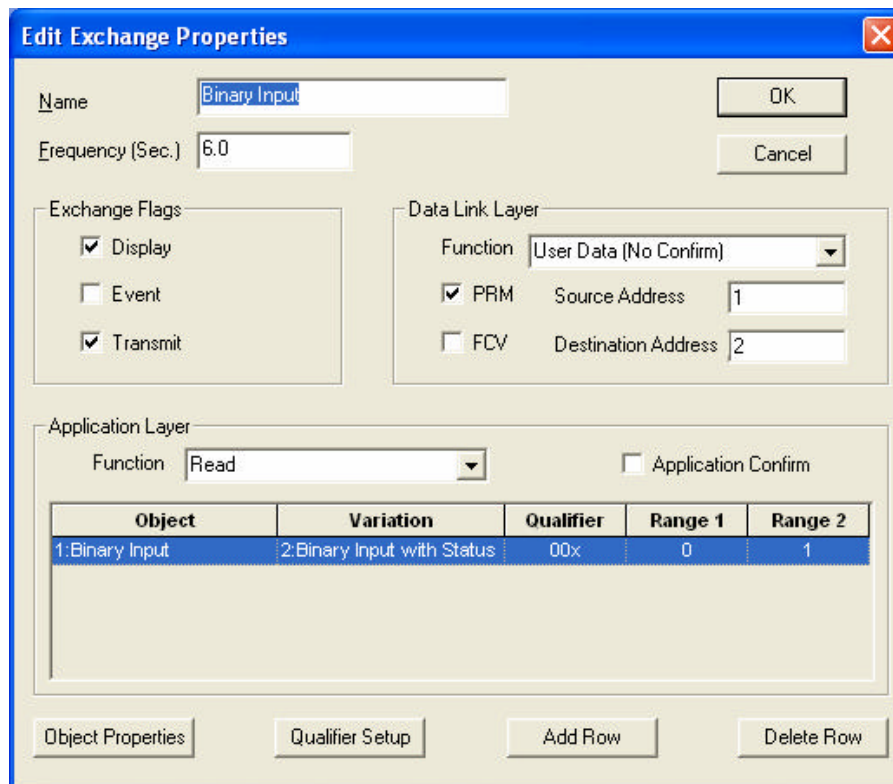


### Configuración de las señales digitales Simples:

Para la configuración de las señales digitales se presiona click derecho sobre las señales marcadas como “Binary Input” y seleccionamos “Edit Exchange Properties”, tal como se indica en la figura:

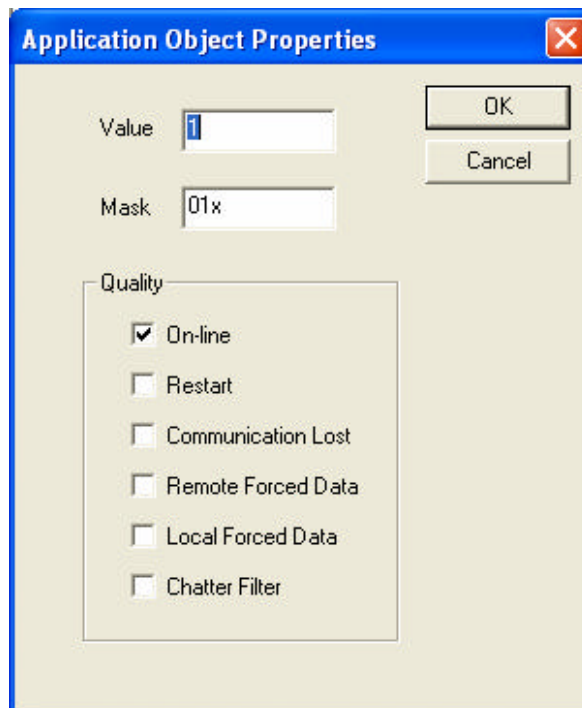


En las propiedades de las señales digitales simples se configura los parámetros de objeto, variación y el rango 0 y rango 1, como se indica en la figura:





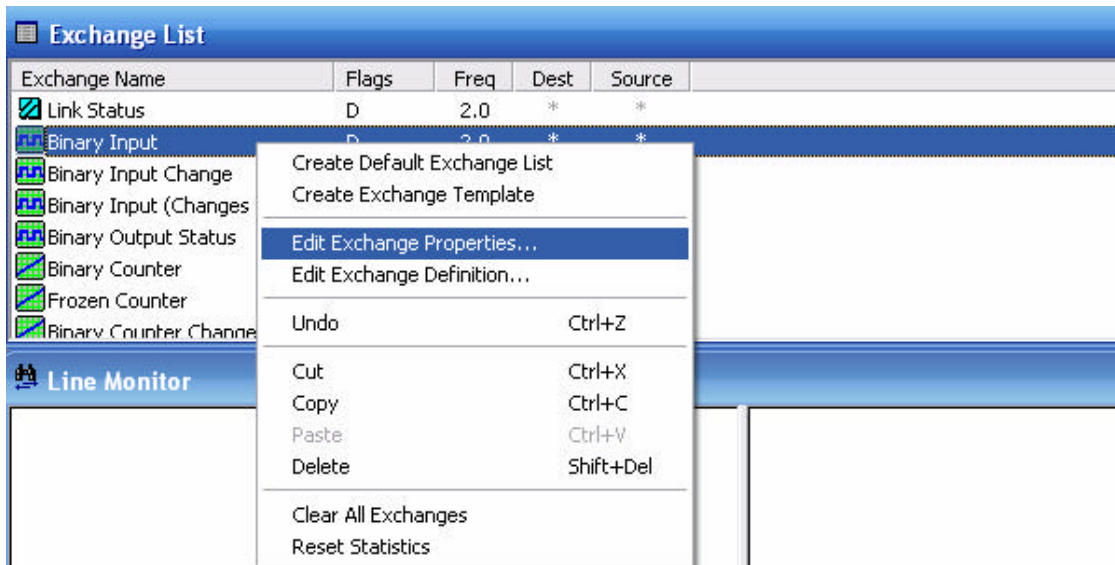
También se tiene que configurar las propiedades del objeto simplemente se da un clic en el botón “Object properties”:



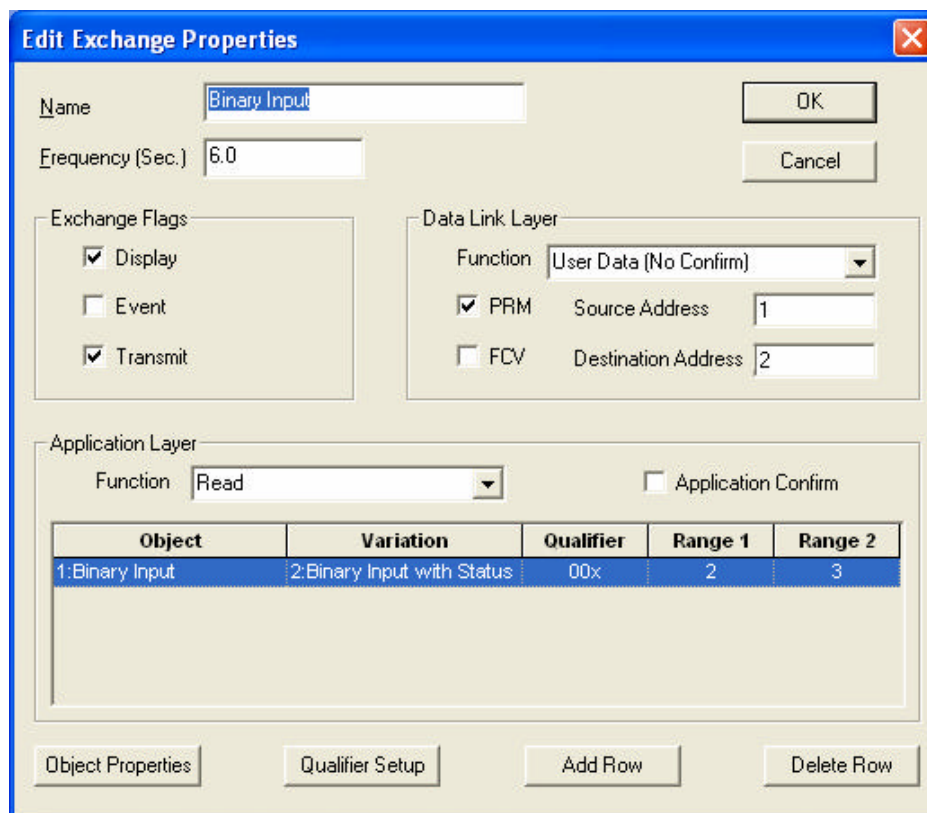
El valor de “1” indica la inicialización de la señal digital y la máscara con el valor de 01x indica que la señal digital va a fluctuar entre el valor de 0 y el valor de 1.

### **Configuración de las señales digitales Dobles:**

Para la configuración de las señales digitales dobles se utiliza dos señales digitales simples “Binary Input” para que el sistema interprete como dos señales digitales simples se debe configurar en “Edit Exchange Properties” para la primera señal digital simple, como se indica en la figura:



En la primera señal digital simple ponemos el rango 1 2 y el rango 2 en 3, como se indica:



Para la segunda señal digital simple se establece en el rango 1 el valor de 3 y en el rango 2 en 4 de esta manera el sistema entiende que es una señal digital doble:

**Edit Exchange Properties**

Name:  OK Cancel

Frequency (Sec.):  OK Cancel

Exchange Flags:

- Display
- Event
- Transmit

Data Link Layer:

Function:

PRM Source Address:

FCV Destination Address:

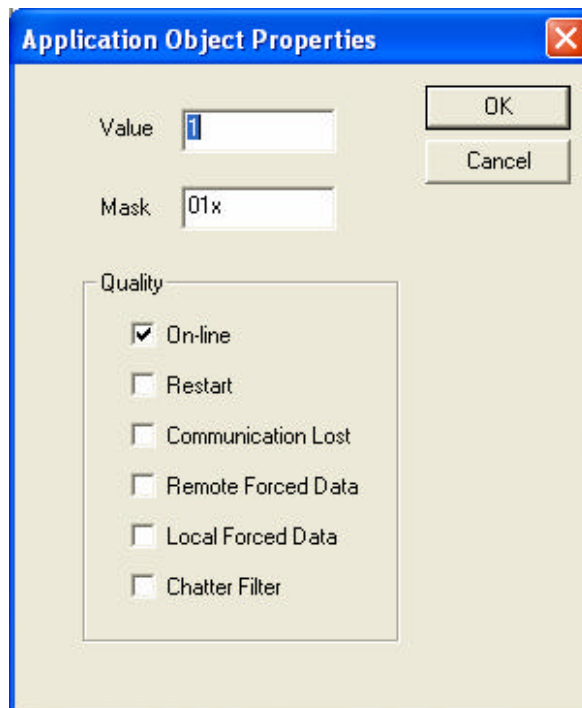
Application Layer:

Function:   Application Confirm

Object	Variation	Qualifier	Range 1	Range 2
1: Binary Input	2: Binary Input with Status	00x	3	4

Object Properties Qualifier Setup Add Row Delete Row

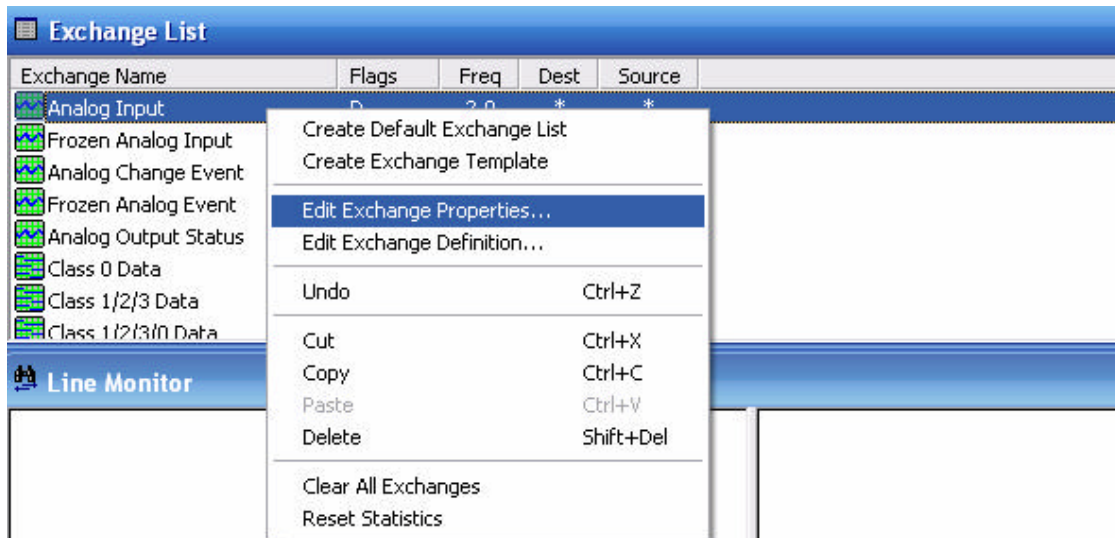
Para variar los valores de la señal digital doble se selecciona “Object Properties” para cada señal digital simple:



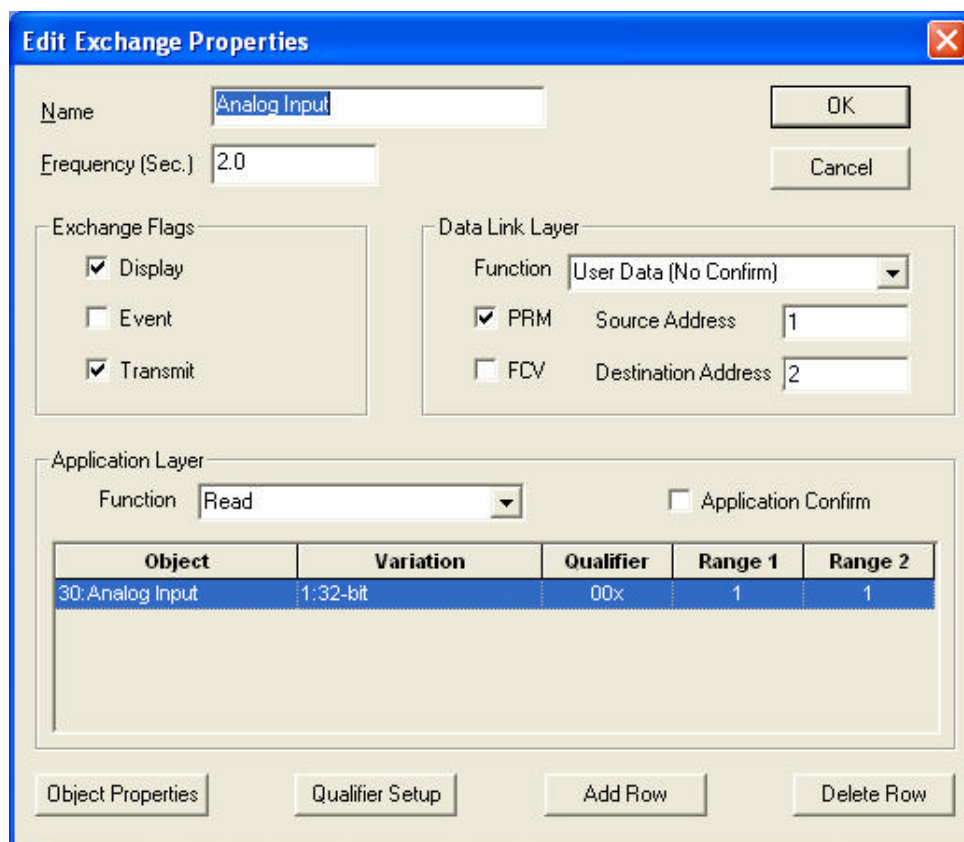
En la casilla de valor se coloca el valor con que se inicializa la señal y la máscara permite intercalar el valor entre 0 y 1 con esto se puede obtener las cuatro posibles combinaciones.

### **Configuración de las señales Analógicas:**

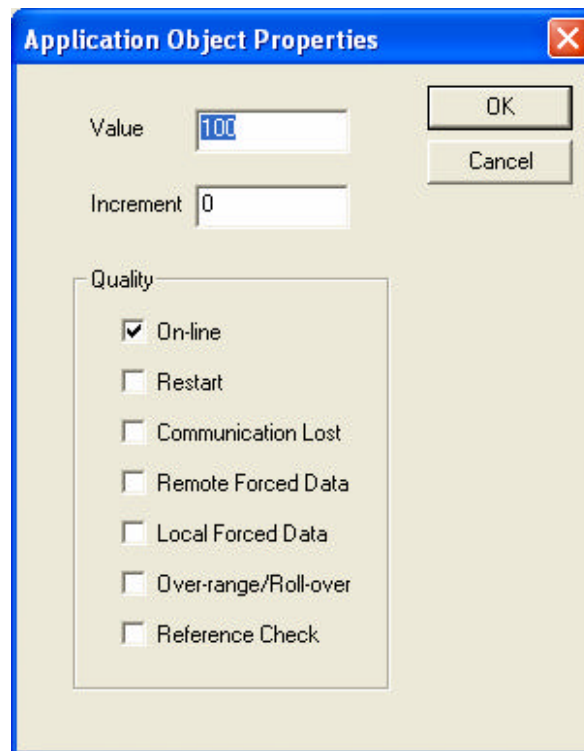
Para la configuración de las señales analógicas se presiona click derecho sobre las señales marcadas como “Analog Input” y se selecciona “Edit Exchange Properties”, tal como se indica en la figura:



En las propiedades de las señales analógicas se configura los parámetros de objeto, variación y el rango 1 y rango 2, como se indica en la figura:

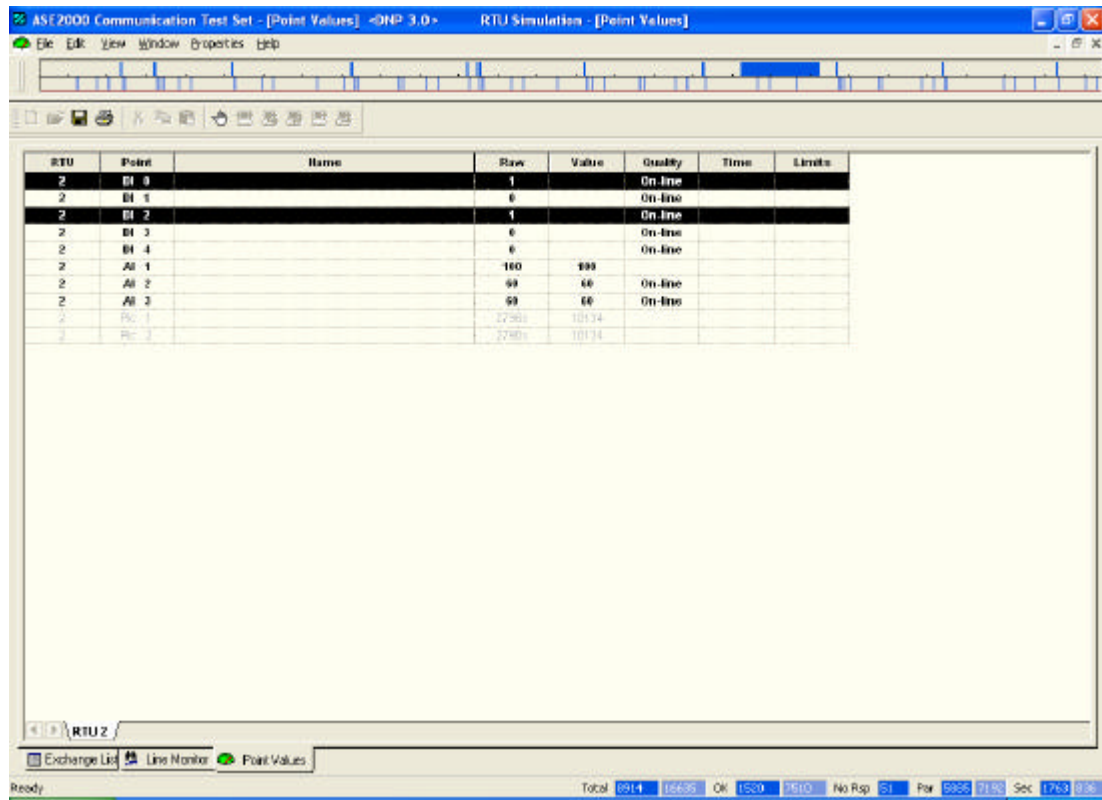


También se tiene que configurar las propiedades del objeto, simplemente se da un clic en el botón “Object properties”:



El número 100 indica el valor que la señal analógica va a enviar al sistema Network Manager y puede irse incrementando si se coloca un valor en la casilla siguiente así esta señal podrá irse sumando dicho valor al número original.

Las señales que envía el simulador pueden ser interpretadas de mejor manera en la vista la ventana llamada “Point Values”, las señales digitales son representadas por los puntos DI, y los puntos analógicos son representados por los AL, de igual manera en esta ventana se puede observar los valores actuales de estas señales en la columna denominada RAW, como se indica en la figura a continuación:



## **ANEXO 3**

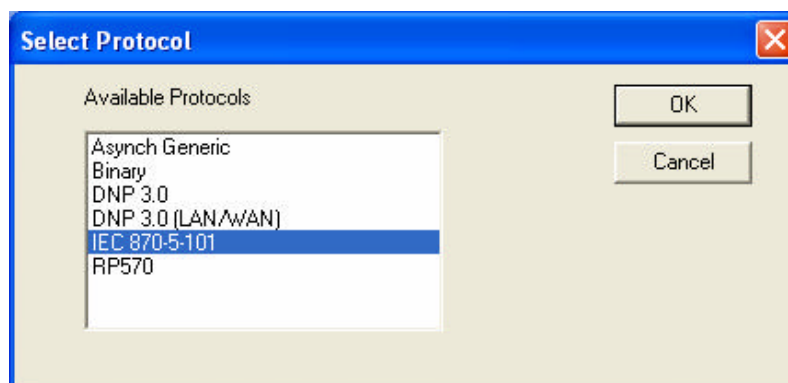
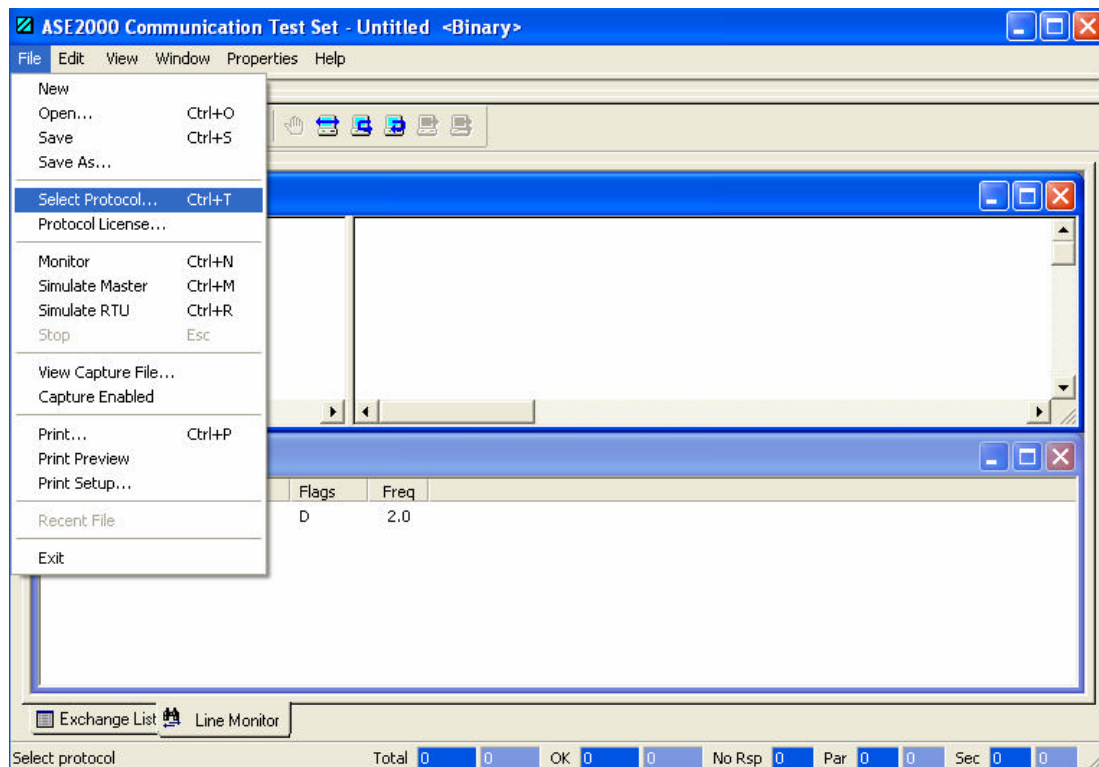
# **MANUAL DE GENERACIÓN DE PRUEBAS EN PROTOCOLO IEC 870-5-101**

.



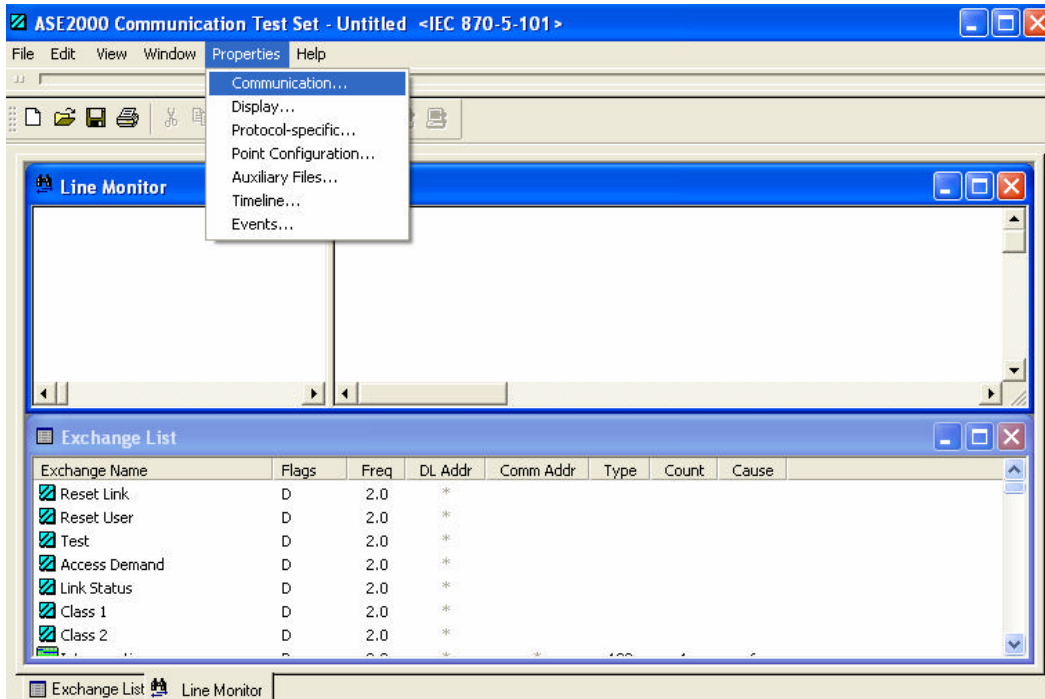
## Simulación como RTU

1. Como el programa ya se encuentra instalado en el computador, el primer paso a seguir es seleccionar el protocolo en el que se va a trabajar en este caso es IEC 870-5-101:

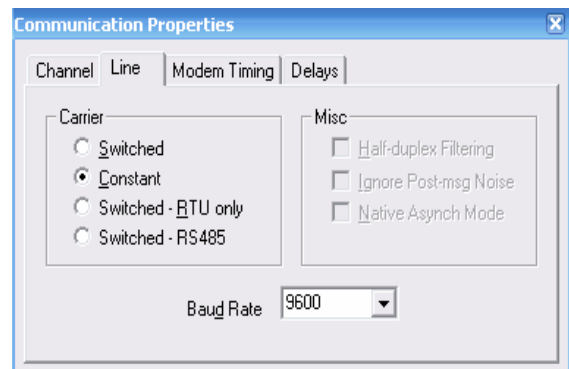
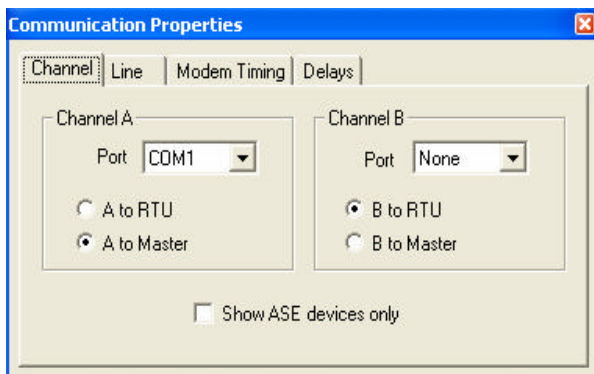


Nota: Las licencias deben haber sido adquiridas previamente.

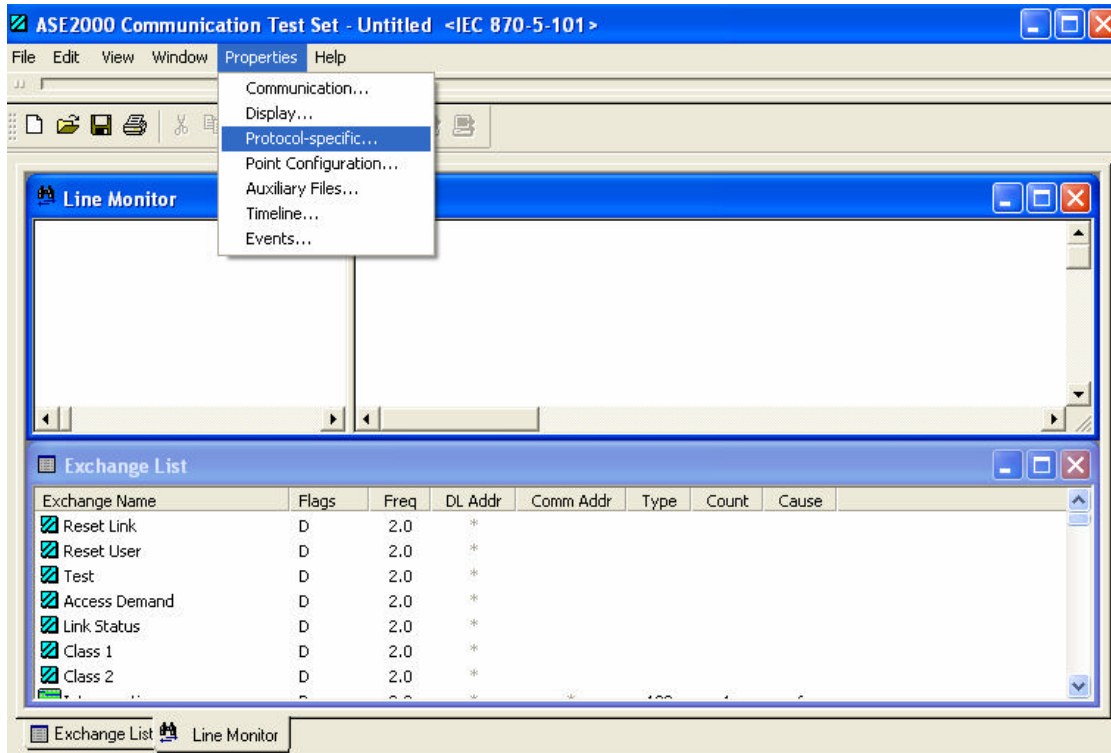
2. Ahora se debe configurar los parámetros de comunicación:



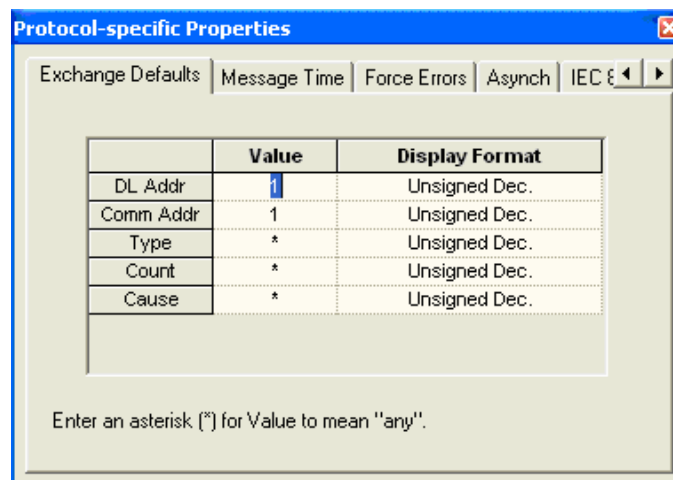
Se debe configurar los parámetros de comunicación, como se indica en la figura:



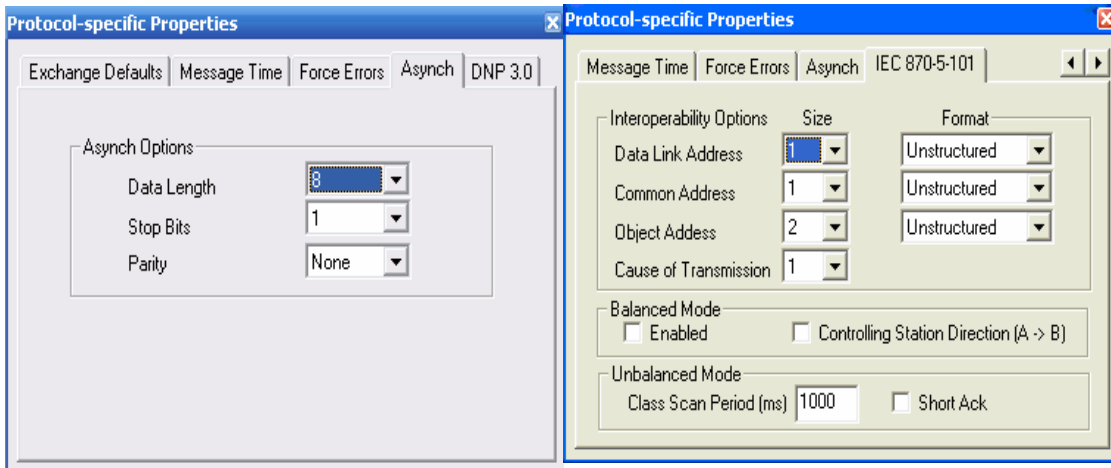
3. Configurar los parámetros específicos del protocolo IEC 870-5-101 como se indica a continuación:



Para simular el protocolo IEC 870-5-101 en el ASE 2000 se debe configurar tanto la dirección de enlace de datos (DL Addr) como la dirección común (Comm Addr) la estación maestra es la dirección 1, y la dirección de la estación esclava en este caso la RTU que se está simulando es de la subestación de Uliseas que es la dirección 1. El resto de parámetros que están con un asterisco representan los valores por defecto del sistema:

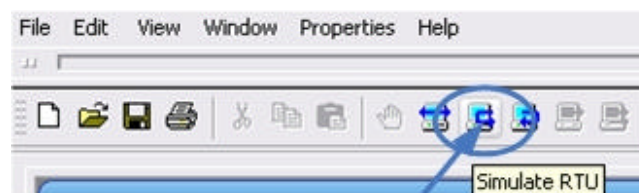


Otros parámetros que se debe configurar para garantizar la comunicación entre la estación maestra y la esclava son los siguientes:

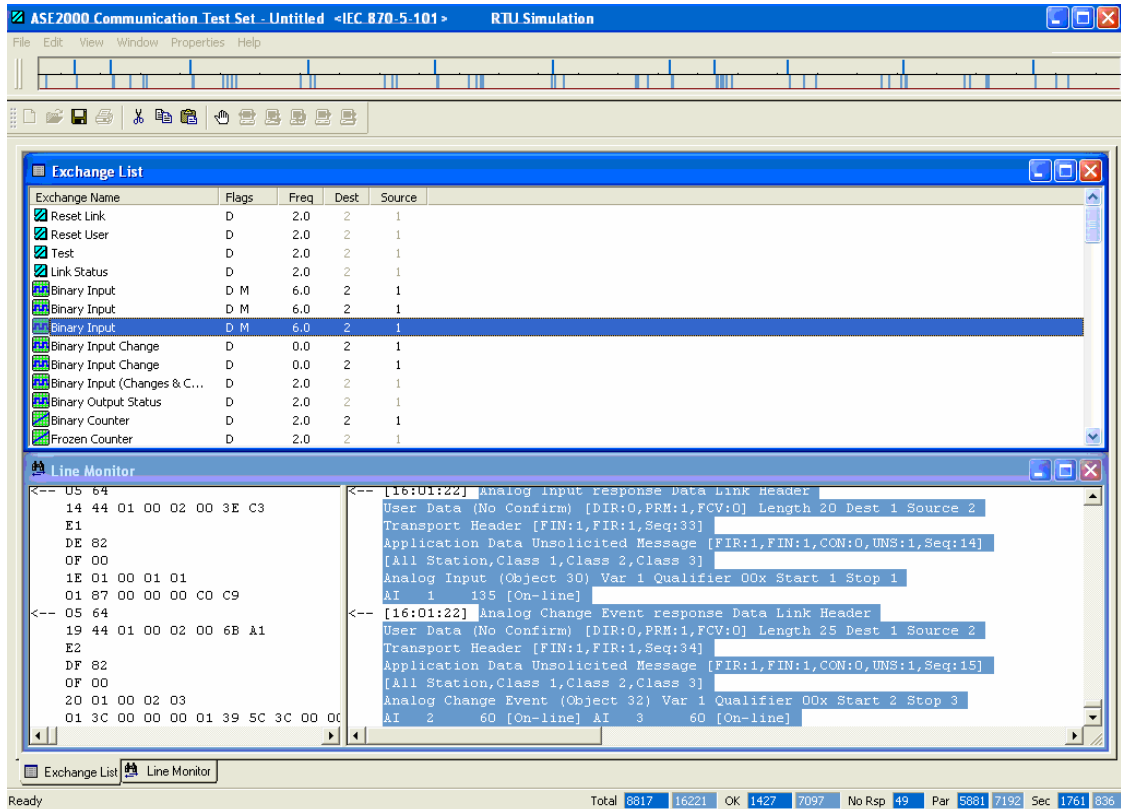


En las propiedades específicas del protocolo se selecciona el tamaño la trama del enlace de datos, de la dirección común, la dirección del objeto y la causa de transmisión. Se utiliza el modo de transmisión desbalanceado y el resto de parámetros se configura de acuerdo a la figura.

Cuando todos estos parámetros se hace un click en la parte superior para empezar a simular como RTU, como se indica en la siguiente figura:



Si todos los parámetros están configurados correctamente se puede observar que la comunicación empieza a realizarse y aparece en la vista “Line Monitor”, como se indica en la pantalla siguiente:



### Configuración de las señales digitales Simple:

Para la configuración de las señales digitales se presiona click derecho sobre las señales marcadas como “Single Point” y se selecciona “Edit Exchange Properties”, tal como se indica en la figura:

Exchange Name	Flags	Freq	DL Addr	Comm Addr	Type	Count	Cause
Parameter of Measured Float	D	2.0	*	*	112	1	6
Parameter Activation	D	2.0	*	*	113	1	6
End of Initialization	D	2.0	*	*	70	1	4
Single Point	D	2.0	*	*	1	1	2
Single Point with Time					2	1	3
Single Point with Date					30	1	3
Double Point					3	1	2
Double Point with Time					4	1	3
Double Point with Date					31	1	3
Step Position					5	1	2
Step Position with Time					6	1	3
Step Position with Date					32	1	3
Bitstring					7	1	2

En las propiedades de las señales digitales simples se configura los parámetros de la dirección del objeto que para las señales digitales es 5, objeto, variación y el rango 1 y rango 2, como se indica en la figura:

**Edit Exchange Properties**

Name: Single Point

Frequency: 2.0

Exchange Flags:  Display,  Transmit,  Event,  Interrogation

Data Link Layer:  PRM,  FCV, Address: 1

Application Service Data Unit (ASDU):  
 Type Id: Single-point  
 Cause of Transmission: Background scan  
 Originator Address: 0  
 Common Address: 1

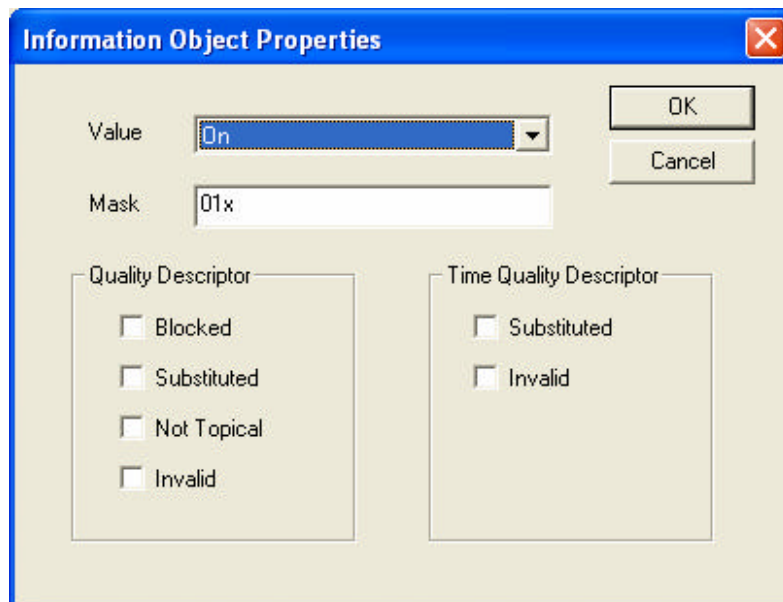
Object Class:  Class 1,  Class 2

Variable Structure Qual:  SQ, Count: 1

Information Object		
Address	Value	Qualifier
5	0	00x

Buttons: Object Properties, Add Row, Delete Row

También se tiene que configurar las propiedades del objeto simplemente se da un clic en el botón “Object properties”:



El valor de “1” indica la inicialización de la señal digital y la máscara con el valor de 01x indica que la señal digital va a fluctuar entre el valor de 0 y el valor de 1.

### **Configuración de las señales Analógicas:**

Para la configuración de las señales analógicas se presiona click derecho sobre las señales marcadas como “Measured Normalized” y se selecciona “Edit Exchange Properties”, tal como se indica en la figura:

Exchange Name	Flags	Freq	DL Addr	Comm Addr	Type	Count	Cause
Measured Normalized					9	1	2
Measured Normalized with Time					10	1	3
Measured Normalized with Date/Time					34	1	3
Measured Scaled					11	1	2
Measured Scaled with Time					12	1	3
Measured Scaled with Date/Time					35	1	3
Measured Float					13	1	2
Measured Float with Time					14	1	3
Measured Float with Date/Time					36	1	3
Integrated Totals					15	1	2
Integrated Totals with Time					16	1	3
Integrated Totals with Date/Time					37	1	3
Event of Protection with Time					17	1	3

Context menu for 'Measured Normalized':

- Create Default Exchange List
- Create Exchange Template
- Edit Exchange Properties...**
- Edit Exchange Definition...
- Undo (Ctrl+Z)
- Cut (Ctrl+X)
- Copy (Ctrl+C)
- Paste (Ctrl+V)
- Delete (Shift+Del)
- Clear All Exchanges
- Reset Statistics

En las propiedades de las señales analógicas se configura la dirección del objeto, así como también los parámetros que se indican en la figura:

**Edit Exchange Properties**

Name: Measured Normalized [OK] [Cancel]

Frequency: 2.0

Exchange Flags:
 

- Display
- Transmit
- Event
- Interrogation

Data Link Layer:
 

- Function: User Data (No Confirm)
- PRM
- FCV
- Address: 1

Application Service Data Unit (ASDU):
 

- Type Id: Measured value - normalized
- Cause of Transmission: Background scan
- Originator Address: 0 [Test] [P/N]
- Common Address: 1
- Object Class:
  - Class 1
  - Class 2
- Variable Structure Qual:
  - Count: 1
  - SQ

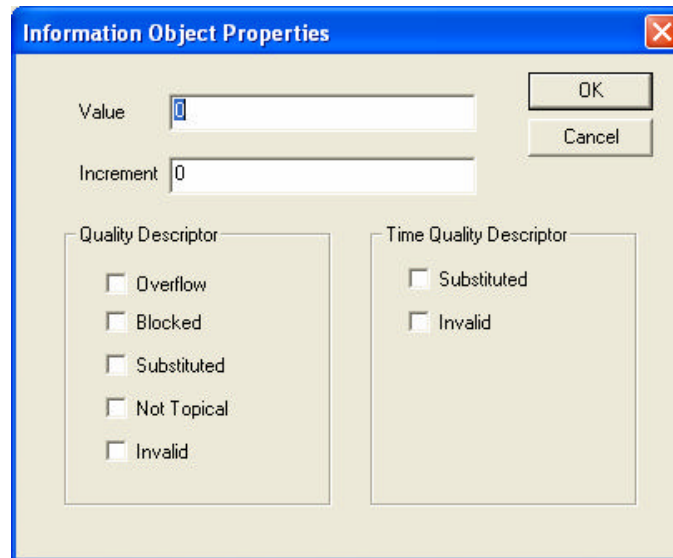
Information Object Table:

Address	Value	Qualifier
2	0	00x

[Object Properties] [Add Row] [Delete Row]

También se tiene que configurar las propiedades del objeto simplemente se da un clic en el botón “Object properties”:





El campo de “value” indica el valor que la señal analógica va a enviar al sistema Network Manager y puede irse incrementando si se coloca un valor en la casilla siguiente, así esta señal podrá ir sumando dicho valor al número original.

Las señales que envía el simulador pueden ser interpretadas de mejor manera en la vista la ventana llamada “Point Values”, las señales digitales son representadas por los puntos DI, y los puntos analógicos son representados por los AL, de igual manera en esta ventana se puede observar los valores actuales de estas señales en la columna denominada RAW, como se indica en la figura a continuación:

RTU	Point	Name	Raw	Value	Quality	Time	Limits
2	DI 0		1		On-line		
2	DI 1		0		On-line		
2	DI 2		1		On-line		
2	DI 3		0		On-line		
2	DP 1		0		On-line		
2	AI 1		100	100			
2	AI 2		60	60	On-line		
2	AI 3		60	60	On-line		
2	Plc 1		2796x	10134			
2	Plc 2		2796x	10134			

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2. SISTEMAS SCADA

<b>Figura 2.1.</b> Arquitectura Conceptual.....	7
<b>Figura 2.2.</b> Arquitectura Funcional.....	8
<b>Figura 2.3.</b> Arquitectura Conceptual de Sistemas.....	9
<b>Figura 2.4.</b> Arquitectura Conceptual de Implementación.....	10
<b>Figura 2.5.</b> Señales del Proceso .....	13
<b>Figura 2.6.</b> Adquisición de Indicaciones .....	13
<b>Figura 2.7.</b> Protección de sobrecarga .....	14
<b>Figura 2.8.</b> Registro secuencial de eventos.....	15
<b>Figura 2.9.</b> Adquisición de mediciones.....	15
<b>Figura 2.10.</b> Filtrado digital.....	16
<b>Figura 2.11.</b> Monitoreo de banda muerta.....	17
<b>Figura 2.12.</b> Supervisión de 4 límites.....	17
<b>Figura 2.13.</b> Post Morten Review.....	18
<b>Figura 2.14.</b> Adquisición de señales digitales.....	19
<b>Figura 2.11.</b> Monitoreo de banda muerta.....	17
<b>Figura 2.12.</b> Supervisión de 4 límites.....	17
<b>Figura 2.13.</b> Post Morten Review.....	18
<b>Figura 2.14.</b> Adquisición de señales digitales.....	19
<b>Figura 2.15.</b> Adquisición de acumuladores de energía.....	20
<b>Figura 2.16.</b> Sistema front-end.....	20
<b>Figura 2.17.</b> Reconfiguración de líneas de comunicación.....	21
<b>Figura 2.18.</b> Configuración front end – computadores principales.....	22
<b>Figura 2.19.</b> Interfaz para acciones de control.....	22
<b>Figura 2.20.</b> Sublistas de eventos/alarmas.....	25
<b>Figura 2.21.</b> Visión general de las funciones de aplicación (SPIDER).....	26

<b>Figura 2.22.</b> Diseño modular del software.....	29
<b>Figura 2.23.</b> Secuencia del análisis de red en tiempo real.....	30
<b>Figura 2.24.</b> Secuencia de análisis en modo de estudio.....	31
<b>Figura 2.25.</b> Subsistemas SCADA/EMS.....	32
<b>Figura 2.26.</b> Subsistemas de adquisición de datos.....	33
<b>Figura 2.27.</b> Subsistemas de adquisición de datos.....	34
<b>Figura 2.28.</b> Medios de comunicación.....	35
<b>Figura 2.29.</b> Tipos de configuración UTRs – front end.....	37
<b>Figura 2.30.</b> Ejemplo de la arquitectura de un front end.....	39
<b>Figura 2.31.</b> Diagrama de bloques de una estación central redundante.....	41
<b>Figura 2.32.</b> Arquitectura de un computador principal (VAXstation 4000 modelo 90).....	44
<b>Figura 2.33.</b> Arquitectura de un computador de mantenimiento (MicroVAXs 3100 modelo 80).....	45
<b>Figura 2.34.</b> Arquitectura de una estación de trabajo (DECstation 5100 modelo 133).....	46

### **CAPÍTULO 3. PROTOCOLOS DE LOS SISTEMAS SCADA NETWORK MANAGER**

<b>Figura 3.1.</b> Jerarquía en una red de acuerdo a las especificaciones del protocolo RP 570 y RP 571.....	51
<b>Figura 3.2.</b> Trama de longitud fija.....	53
<b>Figura 3.3.</b> Trama de Longitud Variable.....	53
<b>Figura 3.4.</b> Octeto del Código de Función en un mensaje desde FE (Front-End) -Subestación.....	57
<b>Figura 3.5.</b> Octeto del Código de Función en un mensaje desde Subestación-FE.....	58
<b>Figura 3.6.</b> Ejemplo de una secuencia RA.....	66
<b>Figura 3.7.</b> Ejemplo de una secuencia RB.....	67
<b>Figura 3.8.</b> Formato de trama con longitud de bloque variable.....	70
<b>Figura 3.9.</b> Formato de trama con longitud de bloque fija.....	71
<b>Figura 3.10.</b> Dirección de Control.....	71
<b>Figura 3.11.</b> Dirección Monitor.....	72

<b>Figura 3.12.</b> Envío de mensajes de Secundario a Primario.....	75
<b>Figura 3.13</b> Formato de la trama de la capa de enlace de datos.....	85
<b>Figura 3.14.</b> Formato de la trama de la capa de transporte.....	87
<b>Figura 3.15.</b> Encabezado Requerido.....	88
<b>Figura 3.16</b> Encabezado de respuesta.....	89
<b>Figura 3.17.</b> Cabecera del objeto.....	91
<b>Figura 3.18.</b> Campo calificador.....	92

## **CAPÍTULO 4. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PROTOCOLOS**

<b>Figura 4.1.</b> Formato de trama con longitud de bloque variable.....	99
<b>Figura 4.2.</b> Formato de trama con longitud de bloque fija.....	99
<b>Figura 4.3.</b> Trama de longitud fija.....	100
<b>Figura 4.4.</b> Trama de Longitud Variable.....	101

## **CAPÍTULO 5. EL CONTROLADOR PROGRAMABLE**

<b>Figura 5.1.</b> Configuración de hardware para la simulación de una estación maestra.....	109
<b>Figura 5.2.</b> Configuración de hardware para la simulación de una UTR.....	110
<b>Figura 5.3.</b> Configuración de hardware para el monitoreo del canal de comunicaciones.....	111
<b>Figura 5.4.</b> Envío de una señal digital del ASE 2000 al sistema Network Manager.....	113
<b>Figura 5.5.</b> Adquisición de señales por el Sistema Network Manager.....	113
<b>Figura 5.6.</b> Descripción de la adquisición de la señal digital.....	114
<b>Figura 5.7.</b> Envío de una señal digital doble (estado cerrado).....	115
<b>Figura 5.8.</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado cerrado).....	116
<b>Figura 5.9.</b> Envío de una señal digital doble (estado abierto).....	116
<b>Figura 5.10.</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado abierto).....	117
<b>Figura 5.11.</b> Envío de una señal digital doble (estado indeterminado).....	117
<b>Figura 5.12.</b> Envío de una señal digital doble (estado indeterminado).....	117
<b>Figura 5.13.</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado indeterminado 0).....	118

<b>Figura 5.14.</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado indeterminado 3).....	118
<b>Figura 5.15.</b> Envío de una señal análoga del ASE200 al sistema Network Manager.....	119
<b>Figura 5.16.</b> Sección 6. Conexiones con Intouch: Salidas.....	120
<b>Figura 5.17</b> Envío de una señal digital del ASE 2000 al sistema Network Manager.....	122
<b>Figura 5.18</b> Adquisición de señales por el Sistema Network Manager.....	123
<b>Figura 5.19</b> Descripción de la adquisición de la señal digital.....	123
<b>Figura 5.20</b> Envío de una señal digital doble (estado abierto).....	124
<b>Figura 5.21</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado abierto).....	125
<b>Figura 5.22</b> Envío de una señal digital doble (estado cerrado).....	125
<b>Figura 5.23</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado cerrado).....	126
<b>Figura 5.24</b> Envío de una señal digital doble (estado indeterminado).....	126
<b>Figura 5.25</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado indeterminado 0).....	127
<b>Figura 5.26</b> Envío de una señal análoga del ASE200 al sistema Network Manager...	127
<b>Figura 5.27</b> Descripción de la adquisición de la señal analógica.....	128
<b>Figura 5.28</b> Envío de una señal digital del ASE 2000 al sistema Network Manager...	129
<b>Figura 5.29</b> Descripción de la adquisición de la señal digital.....	129
<b>Figura 5.30</b> Envío de una señal digital doble (estado abierto).....	130
<b>Figura 5.31</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado abierto).....	131
<b>Figura 5.32</b> Envío de una señal digital doble (estado cerrado).....	131
<b>Figura 5.33</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado cerrado).....	132
<b>Figura 5.34</b> Envío de una señal digital doble (estado indeterminado).....	132
<b>Figura 5.35</b> Envío de una señal digital doble (estado indeterminado).....	133
<b>Figura 5.36</b> Descripción de la adquisición de la señal digitales doble (estado indeterminado 0).....	133
<b>Figura 5.37</b> Envío de una señal análoga del ASE200 al sistema Network Manager...	134
<b>Figura 5.38</b> Descripción de la adquisición de la señal analógica.....	134

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 2. SISTEMAS SCADA

<b>Tabla 2.1.</b> Módulos de programas SCADA.....	28
---	----

### CAPÍTULO 3. PROTOCOLOS DE LOS SISTEMAS SCADA NETWORK MANAGER

<b>Tabla 3.1</b> Modelo OSI/ISO reducido de tres capas.....	52
<b>Tabla 3.2</b> Código de Función en un mensaje entre FE (Front-End)-Subestación.....	54
<b>Tabla 3.3</b> Código de Función en un mensaje de una Subestación-FE (Front-End).....	55
<b>Tabla 3.4</b> Código de función en un mensaje desde la Subestación-FE (Front-End).....	56
<b>Tabla 3.5</b> Espacio de Dirección.....	64
<b>Tabla 3.6</b> Transmisión No Balanceada.....	74
<b>Tabla 3.7</b> Transmisión Pseudo Balanceada.....	74
<b>Tabla 3.8</b> Transmisión No balanceada.....	76
<b>Tabla 3.9</b> Transmisión Pseudo Balanceada.....	76
<b>Tabla 3.10</b> Estructura ASDU.....	77
<b>Tabla 3.11</b> Formato completo de la trama de DNP.....	84
<b>Tabla 3.12</b> Cabecera de las tramas de enlace de datos.....	86
<b>Tabla 3.13</b> Cabecera de las tramas de transporte.....	87
<b>Tabla 3.14</b> Formato de la trama de petición de aplicación.....	87
<b>Tabla 3.15</b> Cabecera de la petición .....	88
<b>Tabla 3.16</b> Formato de la trama de aplicación de respuesta.....	88
<b>Tabla 3.17</b> Cabecera de respuesta.....	89
<b>Tabla 3.18</b> Campo del objeto.....	92
<b>Tabla 3.19</b> Predecisión de los objetos.....	93
<b>Tabla 3.20</b> Código calificador.....	94

### CAPÍTULO 3. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PROTOCOLOS

<b>Tabla 4.1</b> Formato de la trama del protocolo DNP 3.0.....	98
---	----

<b>Tabla 4.2</b> Cuadro comparativo de las diferencias entre protocolos (primera parte).....	106
<b>Tabla 4.3</b> Cuadro comparativo de las diferencias entre protocolos (segunda parte).....	106
<b>Tabla 4.4</b> Cuadro comparativo de las semejanzas entre protocolos.....	107

**CAPÍTULO 5. SIMULACION DE PROTOCOLOS EN EL ASE 2000 Y RESULTADOS**

<b>Tabla 5.1.</b> Control Información requerida para generar un escenario de prueba en DNP 3.0 .....	113
<b>Tabla 5.2.</b> Combinación de señales digitales dobles.....	114

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente Proyecto de Grado fue entregado al Coordinador de Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército, en la fecha escrita en esta certificación.

Sangolquí, 15 de julio de 2008.

---

Ing. Víctor Proaño  
COORDINADOR DE CARRERA

---

Jorge Eduardo Jácome López  
AUTOR