

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **Monografía**

# **DISEÑO DE SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISIÓN DE CENTRO TRANSMISORES EN RADIOCUBA VILLA CLARA**

**Rubén Cervantes Madan**  
**Roberto Luis Ballesteros Horta**  
**Miguelina María de las Mercedes Hernández Rosales**

Edición: Miriam Artiles Castro

Corrección: Liset Manso Salcerio

Rubén Cervantes Madan, Roberto Luis Ballesteros Horta, Miguelina María de las Mercedes  
Hernández Rosales, 2019

Editorial Feijóo, 2019

ISBN: 978-959-312-361-7

Arbitrada por pares académicos



Editorial Samuel Feijóo, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a  
Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	5
CAPÍTULO 1. Sistemas Supervisorios para Centros Transmisores de Amplitud Modulada .....	8
1.1 Sistemas SCADA .....	8
1.1.1 Sistema supervisor .....	10
1.1.2 Funciones de un SCADA .....	10
1.1.3 Prestaciones de un SCADA.....	12
1.1.4 Módulos de un sistema SCADA.....	13
1.1.5 Componentes hardware de un SCADA .....	14
1.1.6 Algunos tipos de SCADA comerciales .....	15
1.2 Controlador Lógico Programable (PLC) .....	20
1.2.1 Utilización de los autómatas programables .....	20
1.2.2 Partes del PLC.....	21
1.2.3 Tipos de PLC .....	22
1.2.4 Componentes de un PLC.....	23
1.2.5 Interfaces entradas/salidas .....	24
1.3 Transmisores.....	25
1.3.1 Partes principales de un radiotransmisor.....	26
1.3.2 Tipos de transmisores.....	20
1.3.3 Centro Transmisor de Amplitud Modulada:.....	21
1.4 Comunicación TCP/IP .....	31
1.4.1 Protocolo TCP/IP .....	31
1.4.2 Arquitectura del protocolo TCP/IP .....	33
1.5 Conclusiones parciales.....	35
CAPITULO 2. Diseño de sistema SCADA para la supervisión del Centro Transmisor de AM Rebelde 670. ....	30
2.1 Caracterización del CTOM Rebelde 670 .....	30
2.1.1 Reseña histórica .....	30
2.1.2 Estructura del CTOM Rebelde 670 .....	38
2.2 Requisitos iniciales .....	40
2.3 Arquitectura .....	41
2.4 Principales variables del sistema .....	43
2.5 Características del PLC IP2CHOICE.....	40

2.5.1 Panel frontal y trasero IP2CHOICE .....	41
2.5.2 Sistema modular.....	51
2.6 Programación del PLC .....	56
2.7 interfaz humano-máquina.....	64
2.8 Software Master View.....	61
2.9 Conclusiones parciales.....	71
CAPÍTULO 3. Pruebas y resultados .....	72
3.1 Simulación y Pruebas a nivel de laboratorio.....	72
3.2 Pruebas de campo .....	74
3.4 Valoración social, técnico-económica y medioambiental.....	71
Conclusiones .....	72
Bibliografía: .....	74

## INTRODUCCIÓN

En la Primera Conferencia Nacional del Partido Comunista de Cuba y tomando como base el discurso pronunciado por el General de Ejército Raúl Castro Ruz en su clausura, el 29 de enero de 2012, se aprobó la Resolución sobre los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. Específicamente en los lineamientos 129, 142, 223, 226 y 227 se dan las bases para elevar el desarrollo y la independencia tecnológica del país.

### **Lineamientos:**

129. Diseñar una política integral de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente que tome en consideración la aceleración de sus procesos de cambio y creciente interrelación a fin de responder a las necesidades de desarrollo de la economía y la sociedad a corto, mediano y largo plazos, orientada a elevar la eficiencia económica, ampliar las exportaciones de alto valor agregado, sustituir importaciones, satisfacer las necesidades de la población e incentivar su participación en la construcción socialista, protegiendo el entorno, el patrimonio y la cultura nacional.

142. Garantizar la elevación sistemática y sostenida de la calidad de los servicios que se brindan a la población, y el rediseño de las políticas vigentes, según las posibilidades económicas.

223. Elevar la soberanía tecnológica en el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones y fomentar el desarrollo de nuevas plataformas tecnológicas en neurotecnología, nanotecnología, robótica y telemedicina.

226. Ejecutar inversiones en la industria electrónica y de informática y comunicaciones que permitan mantener lo logrado y su desarrollo, según las posibilidades de la economía del país, con vistas a incrementar las exportaciones, la soberanía tecnológica y los servicios, de acuerdo con las prioridades que se establezcan.

El surgimiento de los sistemas de supervisión no es posible solo por la inteligencia del hombre sino también por el gran desarrollo que a partir de la década de los setenta

tuvo la industria electrónica, cuando los fabricantes comenzaron a cambiar los dispositivos electromecánicos por los de estado sólido, basados en microprocesadores, los cuales reciben el nombre de dispositivos electrónicos inteligentes (IEDs), estos presentan interfaces de comunicación, almacenan datos históricos, y constan de unidades terminales remotas integradas para entradas y salidas de datos (I/O).

Todo esto ha dado lugar a que el hombre desarrolle sistemas para la industria del control de proceso que sean capaces de minimizar las tareas del operador y a la vez obtener mejor rendimiento y seguridad en los procesos. Pretloue y Skourup (2007) plantean que todas estas mejoras con vistas a minimizar las tareas rutinarias del operador, permiten al ser humano ocuparse de tareas más complejas, como son: la supervisión, el control de anomalías, las tareas de optimización y los servicios de mantenimientos.

Los sistemas de supervisión se utilizan en el mundo actual con el objetivo de poder mantener en funcionamiento los diferentes sistemas y tener la posibilidad de registrar y controlar con la fiabilidad requerida los principales parámetros y variables de estos, los cuales pueden encontrarse en lugares distantes y bajo condiciones difíciles, pues con ello se garantiza su vitalidad.

En las sociedades contemporáneas es cada vez mayor la importancia de los medios masivos, y en particular de la radio y la televisión, pues estos permiten mantener una comunicación que revele la ocurrencia y desarrollo de los distintos sucesos sociales, políticos y económicos tanto a escala nacional como internacional. Los medios masivos influyen sobre la forma de actuar o de pensar de las personas y logran modificar la forma en que los hombres conocen y comprenden la realidad que los rodea; ya que se aceptan como reales y se consideran importantes solo aquellos acontecimientos que muestran las cámaras de televisión (TV) y los que se escuchamos en la radio.

En Cuba para el desarrollo de los programas de la Revolución y todo lo relacionado con la Batalla de Ideas, la radio y la televisión juega un papel muy importante pues

contribuye a elevar la cultura general de todos los cubanos. La institución encargada de proporcionar los servicios de radiocomunicaciones, radiodifusión y transmisión de señales de televisión en el país es la Empresa de Radiocomunicaciones y Difusión de Cuba (Radiocuba), subordinada al Ministerio de Comunicaciones (MICOM). Durante el desarrollo de las telecomunicaciones en Cuba, los sistemas de radioenlaces cumplían una tarea muy importante en el traslado de información desde y hacia los diversos puntos de interés del país y para lograr estos objetivos, se instalaron torres auto soportadas en los centros telefónicos de las ciudades, los cuales permitieron elevar las antenas de los sistemas telefónicos y de los servicios de radio y televisión.

En Santa Clara existe un Centro de Dirección Provincial (CDP) donde radica un técnico de guardia encargado de velar por el correcto funcionamiento de las transmisiones de radio y televisión de la provincia de Villa Clara, y uno de ellos es el Centro Transmisor de Ondas Medias Rebelde 670 el cual debe ser supervisado las 24 horas del día. En el horario de 8:00 am a 5:00 pm se dispone de personal calificado en dichas instalaciones, pero después de esta hora dichos centros se consideran como **no atendidos**.

De lo antes expuestos se infiere que durante el horario nocturno no se tiene ningún tipo de información de estos centros, tales como:

1. Existe un desconocimiento de la potencia real de los transmisores.
2. El operador desconoce cuándo un transmisor está fuera del aire.
3. No se cuenta con el estado de las alarmas del centro.

### **PROBLEMA CIENTÍFICO:**

A partir de la problemática planteada el **problema científico** sería:

- No se dispone de un sistema de supervisión para el Centro Transmisor de Ondas Medias Rebelde 670 que permita al técnico del Centro de Dirección

obtener en tiempo real los principales parámetros de este y así analizar cualquier incidencia que ocurra y poder tomar decisiones correctas en el menor tiempo posible.

### **OBJETIVO GENERAL:**

Para dar solución al problema científico se tiene como objetivo general: Diseñar un sistema SCADA para la supervisión del Centro Transmisor de Amplitud Modulada Rebelde 670, lo que permitirá al técnico de guardia tomar decisiones rápidas y precisas para mantener la vitalidad del sistema.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Analizar la bibliografía existente relacionada con los sistemas supervisores en Centros Transmisor de Amplitud Modulada.
2. Caracterizar el Centro Transmisores de Amplitud Modulada Rebelde 670.
3. Analizar los requisitos específicos para la realización del trabajo
4. Diseñar arquitectura del sistema supervisorio para el Centro Transmisor de Amplitud Modulada Rebelde 670.
5. Diseñar un sistema SCADA para darle solución al objetivo general.
6. Valorar los resultados y aportes obtenidos en las pruebas realizadas.



## **CAPÍTULO 1. SISTEMAS SUPERVISORIOS PARA CENTROS TRANSMISORES DE AMPLITUD MODULADA**

En el presente capítulo se expone un análisis teórico sobre las principales características de: los sistemas supervisorios SCADA, Controladores Lógicos Programables, y transmisores de amplitud modulada y comunicación TCP/IP.

### **1.1 SISTEMAS SCADA**

Cada sigla de este acrónimo SCADA, tiene su significado y a la vez forman subsistemas. La adquisición de datos puede ser realizada por un analizador de redes, PLC o una tarjeta de adquisición de datos, los cuales mediante la utilización de protocolos de comunicación envían los datos a las estaciones remotas. Las siglas relacionadas con supervisión y control, tienen relación con el software utilizado, con el cual se pueden visualizar en la pantalla de la computadora todas las áreas del proceso, el estado en que se encuentran, la presencia de alarmas en situaciones anómalas y realizar acciones de control.

Una aplicación SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) no se trata de un sistema de control, sino que incluye también el software de monitorización y supervisión, que realiza la tarea de interfaz entre los niveles de control donde se encuentran dispositivos como los PLC y los de gestión a un nivel superior. En general todos los programas necesarios y en su caso el hardware adicional como controladores digitales autónomos, autómatas programables, instrumentación inteligente entre otros, se denomina en general sistema SCADA. Estos sistemas pueden monitorizar y supervisar desde un centro de control, los procesos de estaciones remotas distantes, con el empleo de diversos tipos de enlaces de comunicaciones como sistema satelital, buses de campo, radiocomunicaciones, telefonía celular, entre otros (Penín, 2011).

(Gaushell y Darlington, 2005), y (Dong-Jooet, 2009), se refieren en sus artículos a sistemas SCADA como el acrónimo de control y adquisición de datos, capaces de

realizar la función de adquisición de datos, y el procesamiento de estos para uso del operador en el control del proceso sobre los dispositivos remotos.

Otra definición sobre sistema SCADA la ofrece (Castellanos, 2012), quien define que SCADA es una aplicación diseñada para ser aplicada sobre las computadoras usadas para el control de la producción, que facilita la comunicación con los dispositivos de campos, entre ellos los controladores lógicos programables (PLCs) e IEDs y llevan un control del proceso desde la pantalla de la computadora.

Anteriormente los equipos que se utilizaban en la industria eran electromecánicos, por lo que los sistemas automatizados estaban formados por paneles con este tipo de indicadores, obteniéndose la medición local mediante este tipo de medidores ubicados en los paneles, a donde el operador tenía que dirigirse para obtener la medición de las variables del proceso. Con el surgimiento de los SCADA se puede almacenar gran cantidad de variables, mediante la interfaz de comunicación, que además facilita la comunicación con las computadoras. Esto posibilita la aparición de sistemas de control multitareas, capaces de reaccionar ante los cambios constantes que existen en los procesos, así como intervenir en caso de que suceda alguna avería, por lo que basado en lo anterior es que surgen estos sistemas SCADA.

---

### **1.1.1 SISTEMA SUPERVISOR**

El sistema supervisor al ser parte integrante o subsistema del SCADA, es definido por diversos autores de la forma siguiente:

(Chacon, Dijort y Castirillo, 2002) definen la supervisión como la acción de controlar a distancia los procesos industriales, con la utilización de una máquina o un operador, donde la función principal es la centralización del control del proceso fuera del área de control o a determinada distancia de una máquina a controlar.

(Navarro, 2006) se refiere a los sistemas de supervisión como el sostén a la sistematización en el seguimiento de los procesos, que automatizan las principales tareas de estos, se considera como un sistema completo capaz de tomar decisiones.

De lo planteado anteriormente sobre los sistemas de supervisión se puede resumir que este sistema es aquel formado por el elemento sensor, sistema de cómputos, equipos remotos y el personal supervisor, y que mediante sus aplicaciones y la tarea de la adquisición de datos por los dispositivos electrónicos inteligentes (IEDs) se puede obtener una imagen casi exacta del proceso, mostrada en la pantalla de la computadora, con la finalidad de detectar las desviaciones en el proceso y actuar sobre él para que opere en condiciones óptimas.

---

### 1.1.2 FUNCIONES DE UN SCADA

El autor (Meza, 2007) señala que dentro de las funciones básicas realizadas por un SCADA se pueden mencionar las siguientes:

- **Supervisión remota de instalaciones y equipos:** Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- **Acciones de control:** Se utiliza para modificar la evolución del proceso, para lo cual se actúa sobre los reguladores autónomos básicos, consignas, alarmas, menús o directamente sobre el proceso, mediante las salidas conectadas. Muchas veces el encargado de cerrar el lazo de control después de una correcta supervisión de las variables en particular y del proceso en general es el operario.
- **Representación de señales de alarma:** Una alarma es un punto de estado digital que tiene cada valor y que se activa cuando un umbral es sobrepasado. La alarma se puede crear en cada paso que los requerimientos lo necesiten y los umbrales se fijan según las características del proceso en sí.
- **Representación gráfica:** Se grafican y animan las variables del proceso y a la vez se monitorizan, ya sea por uso de alarmas u otros medios.
- **Generación de reportes:** Su utilización es amplia, sobre todo para el aviso al operario de tareas a cumplimentar o de comportamientos de variables del proceso.

- **Almacenamiento de información histórica:** Se usan generalmente bases de datos para el almacenamiento a largo plazo; la información histórica es muy importante para conocer el comportamiento de las variables ya sea en un momento o en un período determinado.

---

### 1.1.3 PRESTACIONES DE UN SCADA

Cuando se va a implementar un software SCADA (Meza, 2007), para que su instalación sea perfectamente aprovechada se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Funcionalidad completa de manejo y visualización en sistema operativo de alto nivel sobre cualquier computadora estándar.
- Arquitectura abierta que permita combinaciones con aplicaciones estándar y de usuario, que permitan a los integradores crear soluciones de mando y supervisión optimizadas como Active X para ampliación de prestaciones, OPC para comunicaciones con terceros, OLE-DB para comunicación con bases de datos, lenguaje estándar integrado como Visual Basic o C entre otros.
- Sencillez de instalación, sin exigencias de hardware elevadas y fáciles de utilizar.
- Permitir la integración con las herramientas ofimáticas y de producción.
- Fácilmente configurable y escalable, debe ser capaz de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Ser independiente del sector y la tecnología.
- Funciones de mando y supervisión integradas.
- Comunicaciones flexibles para poder comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa ya sea por las redes locales o las de gestión.

Todos los SCADA deben tener las prestaciones anteriormente mencionadas, debido a que da la posibilidad al operador de mostrar en pantallas el estado del proceso, así como su incidencia, para poder actuar sobre el mismo. La posibilidad de programación

es muy importante, ya que le permite al diseñador realizar una serie de cálculos, sobre todo para la configuración de alarmas.

---

#### 1.1.4 MÓDULOS DE UN SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA están formados por diferentes módulos o bloques software, (Chacon, Dijort, y Castirillo, 2002) entre los que se encuentran los siguientes:

- **Módulo de configuración:** Es aquel que permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea realizar.
- **Interfaz gráfica del operador:** Esta interfaz proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta; representa el proceso mediante sinópticos gráficos.
- **Módulo de proceso:** Este módulo ejecuta las acciones de mando anteriormente programadas a partir de los valores actuales de las variables leídas. La programación se realiza por medio de bloques de programas en lenguaje de alto nivel, como C, Basic y otros.
- **Gestión y archivo de datos:** Este módulo se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación pueda tener acceso a ellos.
- **Comunicaciones:** Los módulos de comunicación se encargan de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre esta y el resto de elementos informáticos de gestión.

Uno de los módulos más importantes del SCADA es el módulo de interfaz gráfica del operador, debido a que da la posibilidad de representar por pantallas toda la información contenida en el proceso en cada instante de tiempo. Es necesario diseñar las imprescindibles, para que el operador no sea vea obligado a navegar en muchas pantallas para conocer el estado de este. Hay que hacer énfasis en la realización de una buena imagen del proceso y su estado, lo que da una visión lo más real posible a

los elementos que lo forman; debe ubicar la información numérica sobre el elemento gráfico que la genera, y existir la presencia de intermitencia en elementos gráficos y no en textos; las pantallas utilizadas para la realización de lógicas programables o cálculos no deben ser visibles al operador.

---

### 1.1.5 COMPONENTES HARDWARE DE UN SCADA

Un SCADA está compuesto por elementos de software, mencionados anteriormente y elementos de hardware, que se enumeran a continuación:

- **Unidad Terminal Maestra (MTU):** Cuando se habla de MTU es respecto a los servidores y el software utilizado para la comunicación con los equipos de campo como unidades terminales remotas (RTUs), PLCs. Internamente se ejecuta el software interfaz hombre máquina (HMI) para las estaciones de trabajo en el cuarto de control. El paquete HMI para el sistema SCADA por lo general incluye un programa de dibujo con el cual los diseñadores pueden personalizar la apariencia de la interfaz. Esta interfaz como se ha descrito anteriormente permite, además, una reproducción casi exacta del proceso, la realización de pantallas de alarmas a las cuales el operador tiene que acceder para conocer la evolución y el estado del proceso.
- **Computadoras Remotas o RTUs:** Están compuestas por aquellos dispositivos que envían algún tipo de información a la unidad central, forman parte constituyente del proceso productivo y necesariamente se encuentran ubicados en la planta.
- **La red de comunicación:** Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. La conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.
- **Instrumentación de campo:** Dispositivos mediante los cuales se obtienen los valores de las variables del proceso.

Debe hacerse énfasis en la selección de las componentes de hardware, debido a que la interacción del operador con el proceso se realiza mediante la interfaz gráfica, que se diseña y se muestra en la pantalla de las computadoras, por lo que estos deben cumplir con los requisitos de hardware especificados por el sistema SCADA para un mejor desarrollo del mismo, debido a que mediante la HMI y el desarrollo de un sistema de alarma es que el operador puede tener un seguimiento del estado del proceso.

---

### 1.1.6 ALGUNOS TIPOS DE SCADA COMERCIALES

Debido a las ventajas que se obtienen con estos sistemas, muchos fabricantes de software han permitido que aparezcan en el mercado diferentes tipos de SCADA, como, por ejemplo:

- Movicon.
- WinCC.
- EROS.
- Scripteasy

#### **MOVICON**

**Movicon** representa años de evolución basados en los conceptos de simplicidad, escalabilidad, sistema poderoso y abierto. Movicon puede ser instalado en cualquier panel o HMI basada en Windows de 32/64 bits o Windows CE, con la posibilidad de ser expandida a futuro.

El SCADA Monitoreo, Visión, Control (Movicon), según (Benavides, 2007), ha servido de punto de referencia en tecnología de software para la automatización, presenta arquitectura abierta, permite la adquisición de datos a través de IEDs, red y bus de campo, los cuales se almacenan en una base de datos en tiempo real, se utiliza un solo software de supervisión, presenta una amplia biblioteca de símbolos y objetos.

### **Características de Movicon:**

- Tags Ilimitados: Las licencias solo se miden por los bytes intercambiados con el PLC de manera simultánea.
- Gráficos vectoriales: Imágenes con aspecto visual inigualable.
- Alarmas: Manejo de alarmas para monitorear variables críticas de un proceso.
- Funcionalidad Touch y Multi touch.
- Integración a Servidores: Comunicación con OPC y múltiples bases de datos como Oracle, Access, SQL Server, MySQL.
- Muestreadores, Reportes, Recetas y Tendencias.
- Webservice para Navegadores con Java, Dispositivos Android y Apple.
- Seguridad: Proyectos encriptables y compatibles con la norma FDA 21 CFR Part 1.
- Editor Intuitivo y sin necesidad de conocimientos de programación.
- Soporte de Cámara IP.

### **WinCC**

De SIMATIC, Siemens es el primer sistema software de HMI del mundo, tiene una gama completa de función y control para todos los sectores de la industria, es un SCADA con arquitectura abierta, presenta varias pantallas de alarmas, que se seleccionan por botones en el menú principal, estas son alarmas recientes, alarmas reconocidas por el operador, pero vigentes, alarmas de operación, alarmas generales, registro y configurador de alarma (González, 2007).



## **EROS**

Este es un supervisor cubano, que se usa para la conexión de los elementos de generación distribuida HYUNDAI. El EROS mediante una aplicación cliente servidor tiene comunicación también con el despacho de carga, o sea mediante un servidor Modbus se comparte la información con el ION Enterprise; este servidor modbus es cliente del EROS y le sirve la información al ION Enterprise.

## **SCRITEASY**

ScriptEasy fue creado para cubrir una necesidad en la industria de transmisión. Mientras y más dispositivos fueron instalados en el transmisor y otros sitios, el control de las instalaciones pasó a ser cada vez más sobrecargado y difícil de configurar. Sin embargo, ScriptEasy es una aplicación de software gráfica fuerte que lo hace fácil e instintivo para configurar el control de las instalaciones complicadas. El diseño de flow-through y la interfaz de usuario simple, combinado con herramientas fuertes como el planificador y la interfaz de programación avanzada quieren decir que los dispositivos de control de la instalación que funcionan con ScriptEasy tienen el poder de comunicarse y controlar muchas unidades de control remoto, pero se quedan accesibles y simples de instalar y usar.

Con ScriptEasy se puede crear un sistema de control realmente poderoso e inteligente que pueda conectarse a muchos dispositivos diferentes de diversas maneras, y en distintos sitios, y darle toda la información que necesita para asegurarse de que su red esté 100 % operativa, 24 / 7/365.

Es una aplicación gráfica muy potente que se puede utilizar para configurar IO, escribir scripts y programar acciones específicas para asegurarse de estar siempre en control.

ScriptEasy (incluido MasterView) suministra en todos los productos Audemat Monitoring & Control, el procesador HQSound y varios códec IP de APT.

### **Principales características del scripteasy:**

- Proporciona monitoreo y control remoto desde prácticamente cualquier lugar.

- Permite conectarse a muchos dispositivos en el sitio a través de IP, SNMP, GPIOs, Serial, Modbus y más.
- Combina varias funciones para permitir la personalización completa.
- Permite activar acciones automáticas en eventos definidos, estados o combinación de estos.
- Creación gráfica y vistas con el simple método de arrastrar y soltar.
- La aplicación MasterView permite crear vistas personalizadas para facilitar la comprensión.
- Funciones avanzadas: Túnel, ping, comandos SNMP (SET, GET, GETBULK), recepción de captura SNMP.
- Vigilancia y acción 24/7 para proteger su inversión.
- No hay necesidad de estar fuera del aire con notificación temprana y corrección remota de fallas.
- Recolección de datos para análisis de tendencia y presupuesto.
- Soporte de WorldCast Systems para scripts e instalación.
- Se pueden combinar puertas lógicas, funciones matemáticas, temporizadores, programadores, pulsos, contadores, ciclos, ping, pulsar y pulsar botones.
- Herramientas de dibujo y comentarios para ayudar a organizar el guion.
- Control remoto o acciones automáticas desencadenadas por información relevante como eventos o una combinación de estados.
- Controladores de diálogos con dispositivos de terceros a través de una conexión serie.

- Las operaciones de secuencias de comandos se pueden simular localmente, modificarse, guardarse y restaurarse o copiarse de una unidad a otra.

La aplicación **MASTER VIEW** nos brinda las siguientes bondades:

- Creación y personalización mediante un navegador web estándar.
- Proporciona monitoreo y control remoto desde prácticamente cualquier lugar.
- Cada vista puede contener tanta información como se desee.
- Se pueden agregar imágenes, texto y otros gráficos a las vistas.
- Herramientas de dibujo para ayudar a crear vistas personalizadas.
- Diferentes vistas posibles para agrupar información o para proporcionar un estado específico.
- Disponible como una aplicación web.

**Otras ventajas del master view:**

- ✓ Acceso protegido HTTP o HTTPS para vistas y comandos.
- ✓ Niveles de usuario que permiten derechos de acceso en modo administrador o invitado.
- ✓ Gestión de la tasa de actualización de la información.
- ✓ Registros: un mes para las mediciones y los últimos 30 000 eventos.
- ✓ Soporte de WorldCast Systems para scripts e instalación.

## 1.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un **Controlador Lógico Programable**, más conocido por sus siglas en inglés **PLC** (*Programmable Logic Controller*), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema y tiempo real «duro», donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Un autómata programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

---

### 1.2.1 UTILIZACIÓN DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Los PLC suelen emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.

- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

---

### 1.2.2 PARTES DEL PLC

Las partes principales de los Autómatas Lógicos Programables son las que a continuación se relacionan (figura 1.1):

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Periféricos.

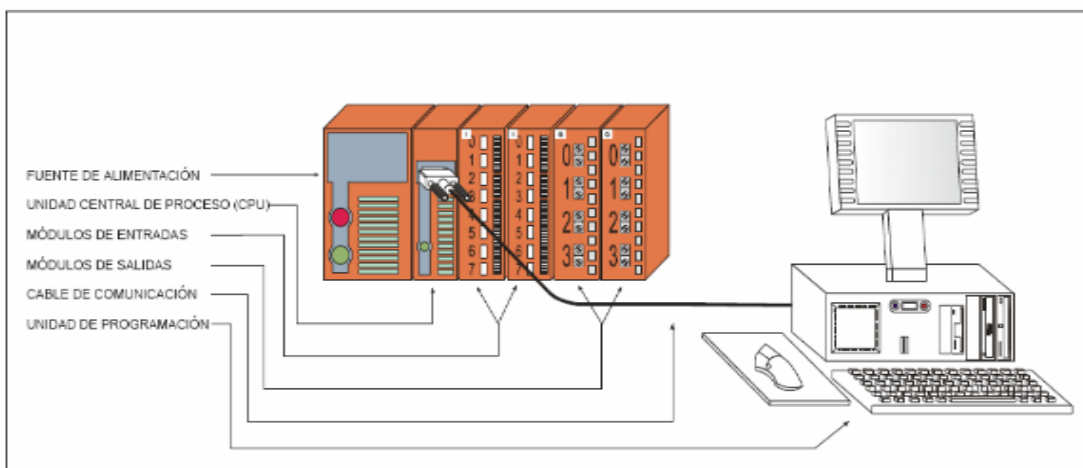


Figura 1.1: Partes del PLC

## Terminales de programación

Los principales terminales de programación (figura 1.2) que se utilizan son:

- Programador Profesional tipo PC.
- Programador de mano.

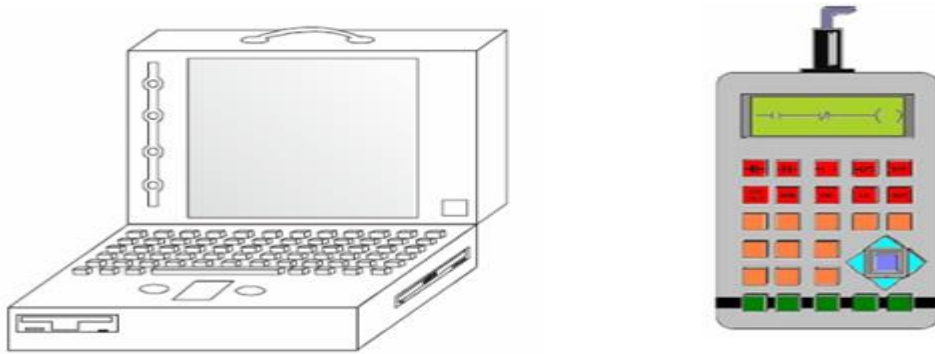


Figura 1.2: Terminales de programación tipo PC y de mano

---

### 1.2.3 TIPOS DE PLC

Los PLC se pueden clasificar tomando en cuenta diferentes criterios:

- a) De acuerdo con la cantidad de entradas y salidas:
  - ❖ De gama baja: con  $E/S < 256$
  - ❖ De gama media: con  $256 \leq E/S \leq 1024$
  - ❖ De gama alta: con  $E/S > 1024$
- b) De acuerdo con su conformación:
  - ❖ Compactos: tiene todos sus componentes electrónicos en un solo compartimiento.

- ❖ Modulares: Las E/S son módulos o tarjetas independientes con varias E/S, que se acoplan al bus con conectores. En la figura 1.3 se exponen algunos ejemplos de PLC modulares.

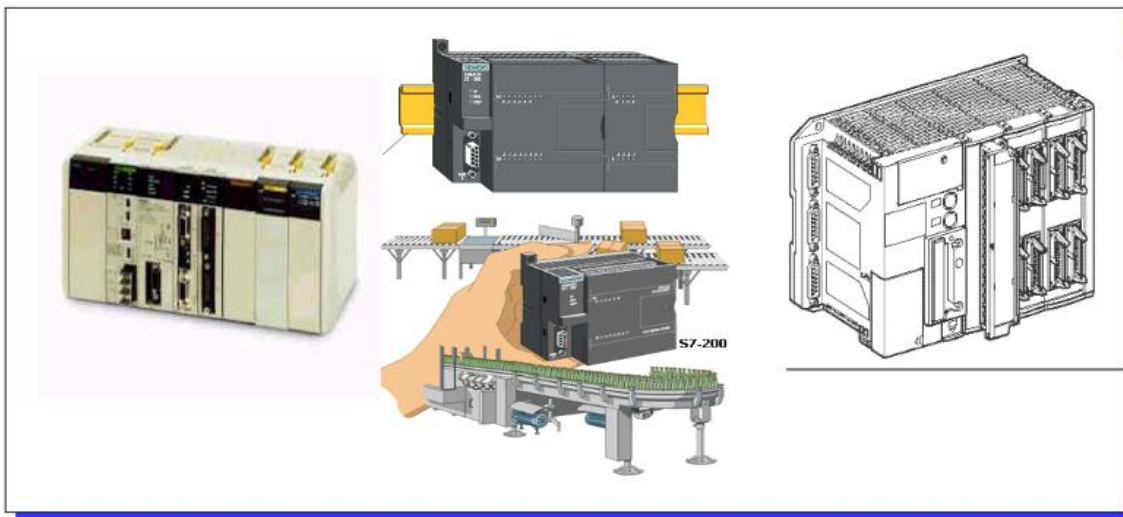


Figura 1.3: Ejemplos de PLCs modulares

#### 1.2.4 COMPONENTES DE UN PLC

En la figura 1.4 se exponen los componentes principales de los Autómatas Lógicos Programable:

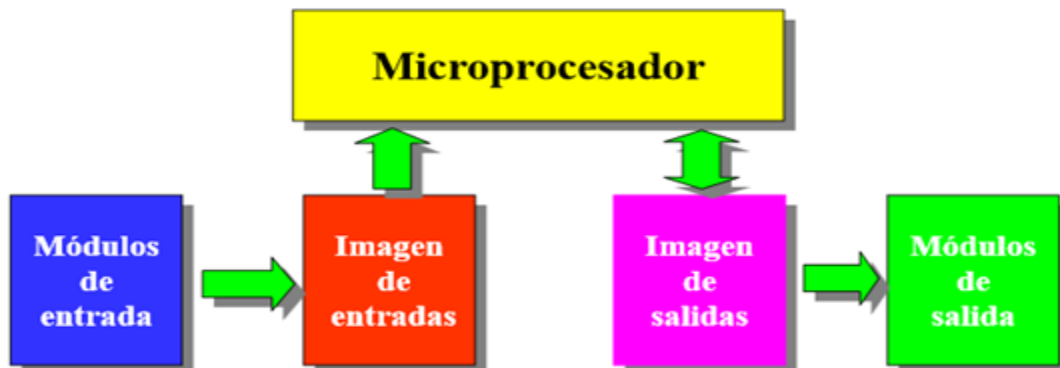


Figura 1.4: Componentes principales de los PLC.

El microprocesador no actúa en forma directa con las entradas y salidas del PLC. Para ello se usa la imagen de entradas y la imagen de salidas.

---

### **1.2.5 INTERFACES ENTRADAS/SALIDAS**

Las interfaces de entrada/salida realizan las siguientes funciones:

- Establecen la comunicación entre la unidad central y el proceso.
- Filtran.
- Adaptan.
- Codifican.

#### **Clasificación de las entradas y salidas:**

a) Por el tipo de señales:

- Digitales de 1 bit.
- Digitales de varios bits.
- Analógicas.

b) Por la tensión de alimentación:

- De corriente continua (estáticas de 24/110 Vcc)
- De CD a colector abierto (pnp o npn)
- De CA (60/110/220 Vca)

c) Por el aislamiento:

- Con separación galvánica (optoacopladores)
- Con acoplamiento directo.



d) Por la forma de comunicación con la Unidad Central:

- Comunicación serie.
- Comunicación paralela.

e) Por la ubicación:

- Locales.
- Remotos.

### 1.3 TRANSMISORES

En un auto cada pieza es fundamental, desde la rueda hasta el volante. Todos los componentes hacen posible que el vehículo se mueva. Pero el motor tiene el papel principal, es el alma que lo impulsa. Con la radio pasa algo similar. Las computadoras y los micrófonos se necesitan, pero el motor de la radio, el que genera las altas frecuencias para que salgan por la antena rumbo a nuestros receptores es el **TRANSMISOR**. Los actuales distan mucho del primer transmisor de ondas inventado por Hertz. Pero el fundamento sigue siendo el mismo (Zherebtsov I.P., 1969).

---

#### 1.3.1 PARTES PRINCIPALES DE UN RADIOTRANSMISOR

Los transmisores están compuestos por las siguientes partes principales:

➤ **Oscilador**

Encargado de generar las frecuencias **(a)**. En general, se tratará de un Oscilador de cristal, para garantizar la exactitud y pureza de la frecuencia generada.

➤ **Preamplificador de audiofrecuencia**

Se trata de un amplificador de audio de baja potencia para elevar la señal de muy bajo nivel **(c)** generada, en el caso de la figura por un micrófono, aunque podría venir de cualquier otra fuente de señal de bajo nivel obtener una señal de nivel superior **(d)** con la que atacar al amplificador modulador.

➤ **Amplificador modulador**

Es el encargado de generar una señal **(e)** que modulará la onda portadora. Esto es, hará variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

➤ **Amplificador de radiofrecuencia**

El amplificador de radiofrecuencia, cumple dos funciones: por una parte eleva el nivel de la portadora **(a)** generada por el oscilador y por otra sirve como, amplificador separador para asegurar que el oscilador no es afectado por variaciones de tensión o impedancia en las etapas de potencia.

➤ **Amplificador de potencia de RF**

En este amplificador se produce la elevación de la potencia de la señal **(b)**, generada en la etapa precedente, hasta los niveles requeridos por el diseño para ser aplicada a la antena. En esta etapa es también donde se aplica la señal moduladora **(e)**, obtenida a la salida del amplificador modulador para finalmente obtener la señal de antena **(f)**.

➤ **Fuente de alimentación**

La fuente de alimentación es el dispositivo encargado de generar, a partir del suministro externo, las diferentes tensiones requeridas por cada una de las etapas precedentes.

---

### 1.3.2 TIPOS DE TRANSMISORES

Hay muchas formas de clasificar los transmisores. Aquí lo haremos atendiendo a su construcción, a la banda en que trabajan, a su potencia y a la marca.

#### **El sonido**

Los hay de FM, de AM, de Onda Corta. Eso si nos centramos en los transmisores de radiodifusión sonora, porque en radiocomunicaciones hay muchas otras formas de agruparlos.

#### **Por su construcción**

**De tubo o válvulas:** Los primeros transmisores fueron fabricados con el AUDION inventado por Lee de Forest. Los tríodos o AUDIONES fueron perfeccionados y aún hoy se encuentran transmisores de este tipo. Las válvulas se “gastan” y al terminar su vida útil hay que intercambiarlas.

**Transistores:** de tipo MOSFET (siglas de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor o Transistores de Efecto de Campo). Uno de estos “pequeños” transistores puede llegar a ofrecer 250W de potencia. Es una tecnología de menor consumo eléctrico que los tubos, más limpio y eficaz.

#### **Por la potencia:**

Los de baja potencia comienzan desde 1 Watt. De ahí en adelante, la potencia que prefieras: 10, 20, 50, 100, 250, 500... Dependiendo de las marcas, puedes encontrar de otras potencias intermedias. Al llegar a 1 kW la cosa se unifica y los siguientes equipos son de 2, 3, 5, 10, 20... En AM, sigue subiendo a 50 kW, 100 kW. Para seguir sumando, lo que hacemos es poner varios transmisores en serie, por ejemplo, dos de 100 para tener uno de 200 Kw, o tres y llegamos a los 300 kW. Pero estas potencias no son muy comunes.

#### **Por la marca:**

No queremos hacer publicidad de alguna marca en especial, pero sí conviene conocer los principales fabricantes. Últimamente han aparecido muchos vendedores, pero es necesario exigir garantías y buscar empresas que ofrezcan un respaldo técnico. Este es un breve listado de las empresas más conocidas:

-OMB:

Empresa española con gran presencia en el mercado latino. Precios asequibles y buena calidad. Fabrica también unidades móviles, consolas con híbridos telefónicos incorporados.

- Continental Lensa

Empresa afincada en Chile fabricante de transmisores de AM, FM, OC y TV.

- Nautel:

Otras de las más clásicas, muy buena calidad, pero costos poco asequibles para la mayoría de los bolsillos “comunitarios”.

- GDT:

Empresa china que en los últimos tiempos ha demostrado su capacidad para la fabricación de transmisores principalmente de Amplitud Modulada.

---

### 1.3.3 CENTRO TRANSMISOR DE AMPLITUD MODULADA:

Son aquellas instalaciones de la radiodifusión donde se encuentran uno o más transmisores (TX) de Amplitud Modulada (AM), y que trabajan en la banda de ondas medias de 535 a 1705 kHz.

**Amplitud Modulada (AM)** o Modulación de Amplitud es un tipo de modulación no lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir. Las emisoras de AM transmiten en frecuencias de portadora entre: 530-1600 KHz.

### Funcionamiento general del Transmisor de AM

El funcionamiento general de un radiotransmisor de amplitud modulada se muestra en la figura 1.5 en forma de diagrama de bloques

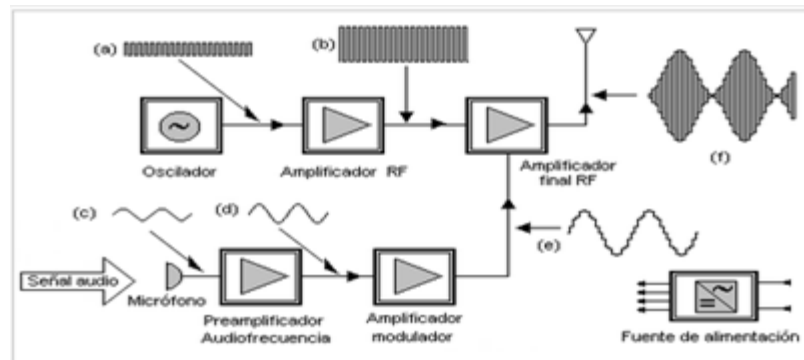


Figura 1.5: Diagrama de bloques de un radiotransmisor de AM

- Generar la señal portadora con la estabilidad adecuada al servicio destinado.
- Modular la portadora con la señal que contiene la información (señal en banda base).
- Amplificar la señal portadora modulada hasta el nivel requerido por el servicio y el alcance deseado del enlace con los receptores (cobertura).
- Efectuar un filtrado sobre la señal modulada antes de ser radiada por la antena, para generar el menor nivel de interferencias posibles con otros servicios de telecomunicación que trabajen en bandas próximas.

### Tipos de Transmisión de AM

Los transmisores se dividen en diferentes tipos atendiendo a diferentes características y los más frecuentes son:

- **Transmisión de doble banda lateral DBL con portadora:**

Se transmiten los dos laterales de la portadora. La potencia de la portadora no se desperdicia, permite el uso de circuitos de demodulación baratos y sencillos en el receptor.

**Transmisión de doble banda lateral DBL con portadora suprimida:**

Se suprime la portadora y se transmiten las 2 bandas, es decir, los dos laterales de la portadora. En este caso la emisión de la señal solo saldrá del transmisor cuando se produzca la modulación; en otras palabras cuando se inyecte la señal de audio al circuito modulador balanceado, que es el dispositivo encargado de la supresión de dicha portadora, el cual al recibir la señal de baja frecuencia dejará pasar la señal de la onda portadora generada por el oscilador del transmisor, produciéndose así la emisión de la señal al aire a través de una onda de radio.

### **Transmisores de bajo nivel:**

Se utilizan de manera predominante para los sistemas de baja capacidad y baja potencia tal como los teléfonos inalámbricos, unidades de control remoto, beepers y radioteléfonos portátiles, de corto alcance. La red de acoplamiento de la antena acopla la impedancia de salida del amplificador de potencia final a la línea de transmisión y antena. Las señales se modulan en un bajo nivel de potencia, la amplificación ocurre al final con un amplificador de radiofrecuencia (RF) lineal.

### **Transmisores homodinos**

La modulación se realiza directamente sobre la frecuencia portadora. Tras la modulación se realiza el proceso de filtrado. Es típico de los transmisores que operan con portadora de baja frecuencia y específicamente para modulación de amplitud (AM). Tiene el inconveniente de que, si la frecuencia portadora es variable, entonces el filtrado paso banda debe tener una frecuencia también variable, haciéndolo más complejo y caro.

- **Transmisores heterodinos**

Los transmisores heterodinos poseen las siguientes características:

- ✓ Genera la señal modulada en baja potencia sobre una frecuencia intermedia.
- ✓ Amplifica de forma lineal.
- ✓ Amplifica de forma lineal y no lineal hasta la potencia de emisión.
- ✓ Traslada la señal a la frecuencia de emisión en un conversor.
- ✓ Filtra armónicos y espurios de modulación y conversión.

## 1.4 COMUNICACIÓN TCP/IP

La comunicación TCP/IP es muy utilizada por las bondades que brinda y a continuación haremos referencia a las principales características de este tipo de protocolo, su arquitectura y las clases de direcciones IP.

---

### 1.4.1 PROTOCOLO TCP/IP

Las siglas TCP/IP se refieren a un conjunto de protocolos para comunicaciones de datos. Este conjunto toma su nombre de dos de sus protocolos más importantes, el protocolo **TCP** (*Transmission Control Protocol*) y el protocolo **IP** (*Internet Protocol*).

La evolución del protocolo TCP/IP siempre ha estado muy ligada a la de Internet. En 1969 la agencia de proyectos de investigación avanzada, **ARPA** (*Advanced Research Projects Agency*) desarrolló un proyecto experimental de red conmutada de paquetes al que denominó **ARPAnet**.

ARPAnet comenzó a ser operativa en 1975, pasando entonces a ser administrada por el ejército de los EE UU. En estas circunstancias se desarrolla el primer conjunto básico de protocolos TCP/IP. Posteriormente, y ya entrados en la década de los

ochenta, todos los equipos militares conectados a la red adoptan el protocolo TCP/IP y se comienza a implementar también en los sistemas Unix. Poco a poco ARPAnet deja de tener un uso exclusivamente militar, y se permite que centros de investigación, universidades y empresas se conecten a esta red. Se habla cada vez con más fuerza de **Internet** y en 1990 ARPAnet deja de existir oficialmente.

En los años sucesivos y hasta nuestros días las redes troncales y los nodos de interconexión han aumentado de forma indetenible. La red Internet parece expandirse sin límite, aunque manteniendo siempre una constante: el protocolo TCP/IP. En efecto, el gran crecimiento de Internet ha logrado que el protocolo TCP/IP sea el estándar en todo tipo de aplicaciones telemáticas, incluidas las redes locales y corporativas. Y es precisamente en este ámbito, conocido como **Intranet**, donde TCP/IP adquiere cada día un mayor protagonismo. La popularidad del protocolo TCP/IP no se debe tanto a Internet como a una serie de características que responden a las necesidades actuales de transmisión de datos en todo el mundo, entre las cuales destacan las siguientes:

- Los estándares del protocolo TCP/IP son abiertos y ampliamente soportados por todo tipo de sistemas, es decir, se puede disponer libremente de ellos y son desarrollados independientemente del hardware de los ordenadores o de los sistemas operativos.
- TCP/IP funciona prácticamente sobre cualquier tipo de medio, no importa si es una red Ethernet, una conexión ADSL o una fibra óptica.
- TCP/IP emplea un esquema de direccionamiento que asigna a cada equipo conectado una dirección única en toda la red, aunque la red sea tan extensa como Internet.

La naturaleza abierta del conjunto de protocolos TCP/IP requiere de estándares de referencia disponibles en documentos de acceso público. Actualmente todos los estándares descritos para los protocolos TCP/IP son publicados como **RFC** (*Requests*



*for Comments*) que detallan lo relacionado con la tecnología de la que se sirve Internet: protocolos, recomendaciones, comunicaciones, etcétera.

---

### 1.4.2 ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO TCP/IP

Existen descripciones del protocolo TCP/IP que definen de tres a cinco niveles. La figura 1.6 representa un modelo de cuatro capas TCP/IP



Figura1.6: Modelo de arquitectura del protocolo TCP-IP.

Los datos que son enviados a la red recorren la pila del protocolo TCP/IP desde la capa más alta de aplicación hasta la más baja de acceso a red. Cuando son recibidos, recorren la pila de protocolo en el sentido contrario. Durante estos recorridos, cada capa añade o sustrae cierta información de control a los datos para garantizar su correcta transmisión.

Los niveles del protocolo TCP/IP tienen las siguientes características:

#### 1. Capa de acceso a red

Dentro de la jerarquía del protocolo TCP/IP la capa de acceso a red se encuentra en el nivel más bajo. Es en esta capa donde se define cómo encapsular un datagrama IP en una trama que pueda ser transmitida por la red, siendo en una inmensa mayoría de redes LAN una trama Ethernet.

## 2. Capa de red: Internet

La capa Internet se encuentra justo encima de la capa de acceso a red. En este nivel el protocolo IP es el gran protagonista. Existen varias versiones del protocolo IP: IPv4 es en la actualidad la más empleada, aunque el crecimiento exponencial en el tamaño de las redes compromete cada vez más su operatividad. El número de equipos que IPv4 puede direccionar comienza a quedarse corto. Para poner remedio a esta situación se ha desarrollado la versión IPv6, con una capacidad de direccionamiento muy superior a IPv4, pero totalmente incompatible.

## 3. Capa de transporte

En esta capa se encuentran definidos el protocolo TCP y el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*). TCP permite enviar los datos de un extremo a otro de la conexión con la posibilidad de detectar errores y corregirlos. UDP, por el contrario, reduce al máximo la cantidad de información incluida en la cabecera de cada datagrama, ganando con ello rapidez a costa de sacrificar la fiabilidad en la transmisión de datos.

## 4. Capa de aplicación

Esta es la capa más alta dentro de la estructura jerárquica del protocolo TCP/IP (véase la Fig. 5.1), e incluye las aplicaciones y procesos con los que intercambia datos la capa de transporte. TCP/IP tiene en esta capa protocolos que soportan servicios de conexión remota, correo electrónico y transferencia de archivos. De todos los protocolos de aplicación los más conocidos son:

- **Telnet** (*Network Terminal Protocol*). Es un protocolo que permite establecer conexiones con terminales remotos, de tal manera que se puedan ejecutar en ellos comandos de configuración y control.
- **FTP** (*File Transfer Protocol*). Protocolo orientado a conexión dedicado a la transferencia de archivos. FTP ofrece una gran fiabilidad con este servicio, en gran parte debido a que se basa en el protocolo TCP dentro de la capa de transporte.
- **TFTP** (*Trivial File Transfer Protocol*) es una versión de FTP que funciona más

rápido, pero es menos fiable porque se sirve de mensajes UDP en la capa de transporte.

- **SMTP** (*Simple Mail Transfer Protocol*). Posibilita el funcionamiento del correo electrónico en las redes de ordenadores. SMTP recurre al protocolo de oficina postal **POP** (*Post Office Protocol*) para almacenar mensajes en los servidores de correo electrónico. Existen dos versiones: **POP2**, que necesita la intervención de SMTP para enviar mensajes; y **POP3**, que funciona de forma independiente.

- **HTTP** (*Hipertext Transfer Protocol*). Es un estándar de Internet que permite la transmisión de gran variedad de archivos de texto, gráficos, sonidos e imágenes. HTTP regula el proceso mediante el cual navegadores como Netscape, Mozilla o Internet Explorer solicitan información a los servidores web.

- **DNS** (*Domain Name Service*). Esta aplicación convierte nombres de dispositivos y de nodos de red en direcciones IP. Por ejemplo, el nombre [www.mcgraw-hill.es](http://www.mcgraw-hill.es), se convierte en la dirección 198.45.24.91.

Los servidores de red proporcionan servicios esenciales para las comunicaciones entre ordenadores. A diferencia de lo que ocurre con muchos programas de aplicación, estos servicios no facilitan el acceso al usuario final. Para más información se aconseja consultar el estándar RFC 1122.

## 1.5 CONCLUSIONES PARCIALES

La utilización de los sistemas supervisorios o sistemas SCADAS, en función de mantener una vigilancia en tiempo real de los diferentes parámetros han ido aumentando en los últimos años. En el mundo actual se utilizan con el objetivo de poder mantener en funcionamiento los diferentes sistemas y tener la posibilidad de registrar y controlar con la fiabilidad requerida los principales parámetros y variables de estos, los cuales pueden encontrarse en lugares distantes y bajo condiciones difíciles, pues con ello se garantiza la vitalidad de los mismos.

Luego del proceso investigativo realizado sobre sistemas SCADAS, PLC, protocolo TCP-IP y transmisores y debido a que los servicios de radiodifusión constituyen un elemento fundamental no solo como medio para mantener informada a la población, sino como elemento insustituible en la actual Batalla de Ideas en la que se encuentra enfrascada la Revolución cubana a lo largo de más de medio siglo, se hace necesario contar con un buen sistema supervisorio de los principales parámetros de los Centros Transmisores para mantener la vitalidad de este servicio tan necesario para la ciudadanía.

## **CAPITULO 2. DISEÑO DE SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISIÓN DEL CENTRO TRANSMISOR DE AM REBELDE 670.**

En el presente capítulo se realizará una caracterización del centro, se muestra como está conformado el Centro Transmisor de Amplitud Modula Rebelde 670, así como los diferentes equipos que se encuentra instalados en el mismo. Se realiza una descripción de las características del autómatas programable IP2CHOICE y los módulos y elementos que lo conforman. Se hace una descripción de las principales características de la programación scripteasy para este tipo de PLC, así como del master view que sirve para diseñar las nuevas pantallas que se utilizan en la implementación del sistema supervisor.

CTOM: Centro Transmisor de Ondas Medias (Amplitud Modulada).

### **2.1 CARACTERIZACIÓN DEL CTOM REBELDE 670**

En la caracterización del Centro Transmisor se hace referencia a la reseña histórica del lugar y la estructura del mismo

---

#### **2.1.1 RESEÑA HISTÓRICA**

En los años de 1946 a 1948 se construye el inmueble en la finca propiedad de José Ramón Fernández quien vendió el terreno al General Mestre propietario del circuito CMQ. La primera técnica instalada consistió en un trasmisor criollo cuyo enfriamiento era por agua tratada.

En 1959 este centro fue tomado por la columna invasora al mando del Comandante Ernesto Che Guevara, quien luego de la toma de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, realizó transmisiones desde este sitio para mantener informada a la población durante la Batalla de Santa Clara. Después del triunfo de la Revolución comenzó a llamarse CMQ Revolucionaria.

En 1965 se sustituye la técnica existente por un nuevo transmisor Marconi de 50 kW de potencia de fabricación inglesa y a partir de este año comienza a llamarse Radio Liberación.

En el año 2005 se realizó una reparación capital al centro y se sustituyó el viejo transmisor Marconi por uno Nautel modelo XL-60 de 50 kW de potencia. En el año 2006 se agrega otro transmisor del tipo GDT de 10 kW de procedencia china. Estos transmisores amplifican la señal de Radio Rebelde y sirven además para contrarrestar a emisoras enemigas de la Revolución Cubana.

En la figura 2.1 se muestra una vista del Centro Rebelde 670 ubicado en el km 4 de la Carretera a Camajuaní, en la ciudad de Santa Clara.



Figura 2.1: Vista del CTOM Rebelde 670

---

### 2.1.2 ESTRUCTURA DEL CTOM REBELDE 670

El Centro Transmisor de Ondas Medias Rebelde 670 está compuesto por los siguientes equipos:

- Un transmisor Nautel modelo XL-60 de 50 kW de potencia.
- Un transmisor chino TSD-10 de 10 kW.
- Un regulador de voltaje para el transmisor Nautel.
- Un regulador de voltaje para el transmisor TSD-10.

- Receptor satelital.
- Cuatro (4) radioenlaces digitales DG Telecom Super Star.
- Tres (3) acondicionadores de aire (dos split LG y uno Green).
- Sistema de alarma contra incendio y contra intruso.
- Equipos auxiliares: multimedia, modulómetro, procesador de audio, limitador compresor de audio, receptor satelital).
- Sensor de humedad.
- Sensor de temperatura.
- Grupo electrógeno de emergencia.
- Deshidratador.
- Tres (3) split: dos LG y uno Green.

En la figura 2.2 se representa la estructura del Centro Transmisor Rebelde 670.

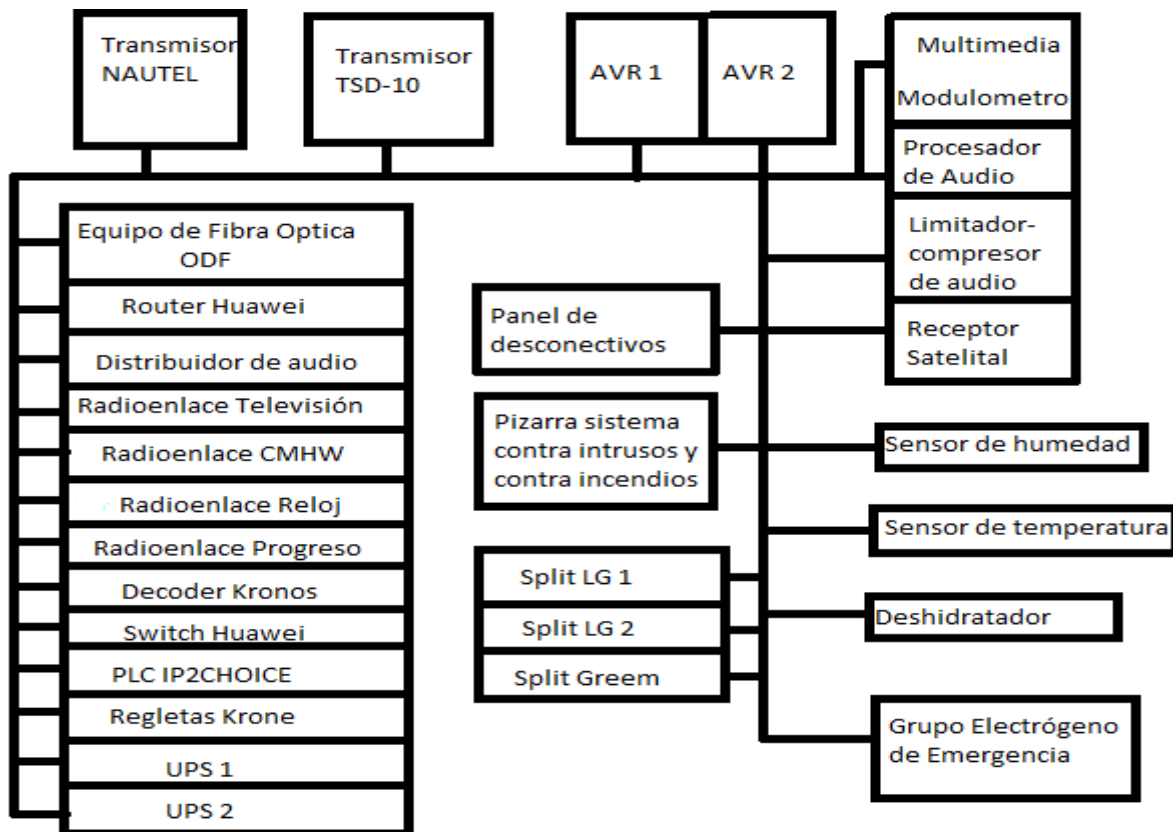


Figura 2.2: Estructura del CTOM Rebelde 670

## 2.2 REQUISITOS INICIALES

Cuando se crea una solución personalizada en cualquier ámbito de la técnica, es indispensable tener en cuenta los requisitos exigidos por el cliente, ya que la entidad o persona que solicita el servicio o el producto es la que hace uso final del mismo.

Los requisitos iniciales se obtuvieron mediante consultas realizadas con la Empresa Radiocuba a nivel nacional.

En el caso del sistema SCADA que se requiere para el CTOM Rebelde 670, los requisitos se detallan a continuación:

1. El equipamiento tecnológico a utilizar es el recomendado por la Empresa Radiocuba, del Ministerio de Comunicaciones, por lo que el tipo de PLC que se utiliza es el IP2CHOICE de la firma Audemat-Aztec.



2. El sistema SCADA tiene que supervisar los valores de la potencia incidente y la potencia reflejada.
3. Las mediciones deben realizarse en tiempo real.
4. El sistema SCADA debe ser escalable para en el futuro adicionar nuevos centros a supervisar.
5. La comunicación debe ser Ethernet y que soporte el protocolo TCP-IP 4.
6. El sistema debe tener comunicación con el nivel superior.

## 2.3 ARQUITECTURA

La arquitectura del centro nos muestra los principales equipos que serán supervisados utilizando el PLC IP2CHOICE y se exponen los diferentes equipos para la comunicación entre el PLC y la computadora del técnico del Centro Provincial de Dirección (CPD) que se realiza vía Ethernet, utilizando fibra óptica (FO) a 2 Mbit. El ODF y el Metro 500 son equipos terminales de FO.

En la figura 2.3 se observan los principales componentes de la arquitectura de la automatización de CTOM “Rebelde 670” como son:

1. Transmisor Nautel, de 50 kW que amplifica la señal de radio Rebelde en la frecuencia de 670 kHz.
2. Transmisor TSD-10, de 10 kW que amplifica la señal de Radio Rebelde en la frecuencia de 1550 kHz.
3. Interfaz entre los transmisores y el PLC.
4. PLC, del tipo IP2CHOICE.
5. Switch y router de la marca Huawei para la comunicación Ethernet.
6. ODF, equipo de fibra óptica para la comunicación.
7. PC del técnico, se utiliza para la supervisión del CTOM “Rebelde 670”

Todos estos componentes se relacionan; los transmisores a través de la interfaz se conectan al IP2CHOICE.

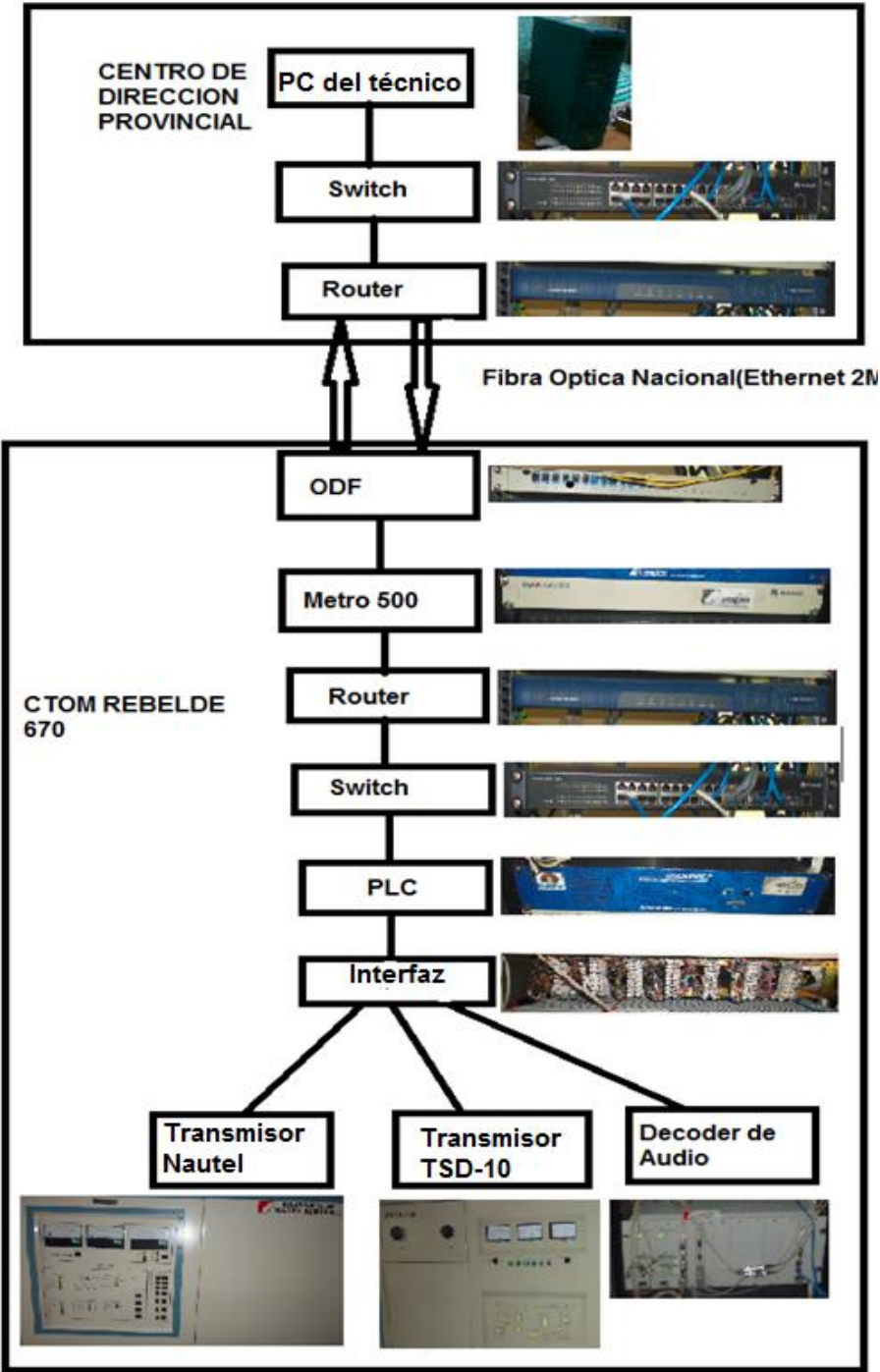


Figura 2.3: Arquitectura CTOM Rebelde 670

## 2.4 PRINCIPALES VARIABLES DEL SISTEMA

Las principales variables de entrada y salida que serán utilizadas durante el proceso de diseño del SCADA del CTOM Rebelde 670 son las que se relacionan en la tabla 2.1 y en total son 63 divididas en entradas digitales, analógicas y salidas a relés. Estas señales corresponden a los dos transmisores. También se muestran las interfaces de conexión entre el PLC y los diferentes equipos (figura 2.4, parte frontal y figura 2.5, parte trasera).

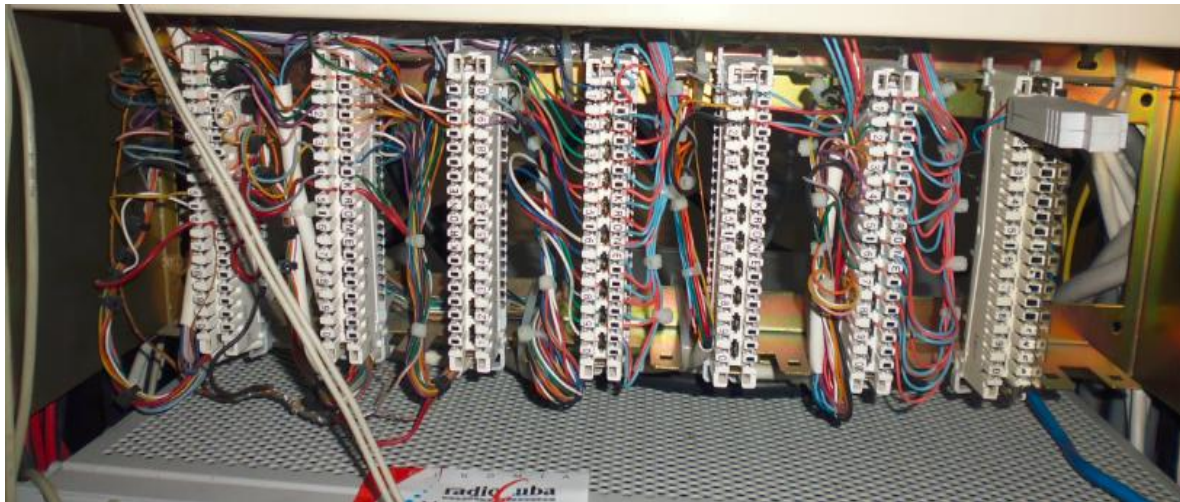


Figura 2.3: Interfaz de conexión (vista delantera)

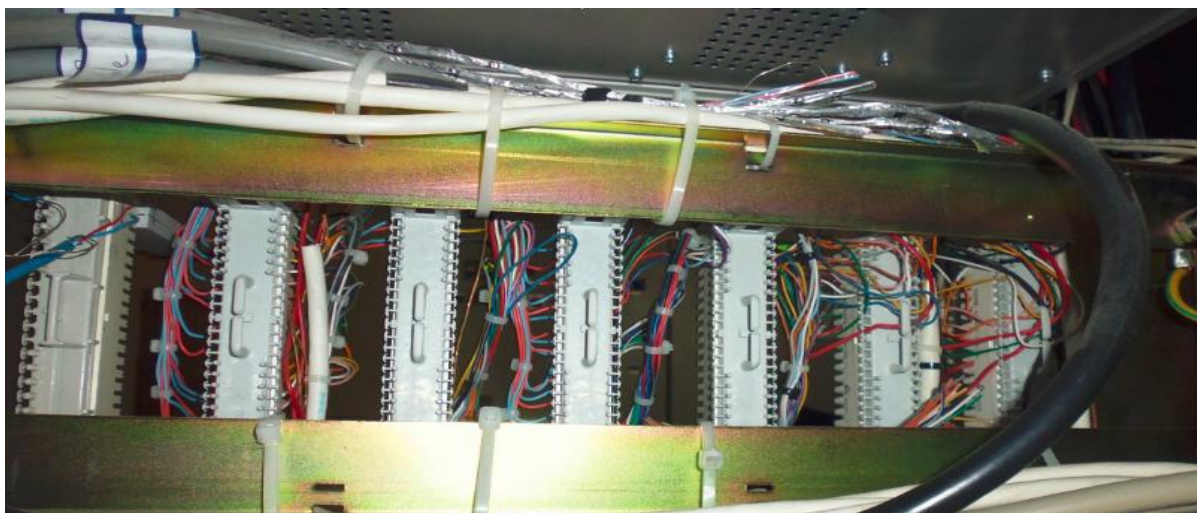


Figura 2.4: Interfaz de conexión (vista trasera).

Tabla 2.1 Principales variables de entrada y salida

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INTERFASE DE CONEXIÓN		RANGO	TIPO
		TRANSMISORES	IP2CHOICE		
			<b>SLOT 2</b>		
RF PWR Status 1 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 1(Tx Rebelde 670)	TB2-17	DB25-1	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 2 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 2(Tx Rebelde 670)	TB2-18	DB25-14	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 3 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 3(Tx Rebelde 670)	TB2-19	DB25-2	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 4 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 4(Tx Rebelde 670)	TB2-20	DB25-15	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 5 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 5(Tx Rebelde 670)	TB2-21	DB25-3	0 ó 1	Entrada Digital
RF PWR Status 6 (Tx Rebelde 670)	Indicador Nivel de Potencia 6(Tx Rebelde 670)	TB2-22	DB25-16	0 ó 1	Entrada Digital
Exciter B(Tx Rebelde 670)	Presencia de Excitadora B(Tx Rebelde 670)	TB2-16	DB25-4	0 ó 1	Entrada Digital
RF Over Current(Tx Rebelde 670)	Alarma de Sobrecorriente en la Antena(Tx Rebelde 670)	TB2-24	DB25-17	0 ó 1	Entrada Digital
High VSWR(Tx Rebelde 670)	Alto VSWR(Tx Rebelde 670)	TB2-26	DB25-5	0 ó 1	Entrada Digital
AC Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de AC(Tx Rebelde 670)	TB3-6	DB25-18	0 ó 1	Entrada Digital
B+ P/S Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de la Fuente Principal(Tx Rebelde 670)	TB3-5	DB25-6	0 ó 1	Entrada Digital
			<b>SLOT 3</b>		
Battery Low(Tx Rebelde 670)	Bateria Baja(Tx Rebelde 670)	TB3-9	DB25-1	0 ó 1	Entrada Digital
RF Drive Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de Drive de RF(Tx Rebelde 670)	TB5-4	DB25-3	0 ó 1	Entrada Digital
PDM Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo de Modulo(Tx Rebelde 670)	TB5-3	DB25-15	0 ó 1	Entrada Digital
RF DR B+ Fail(Tx Rebelde 670)	Fallo Drive de la Fuente Principal(Tx Rebelde 670)	TB5-2	DB25-2	0 ó 1	Entrada Digital
LV P/S Fail(Tx Rebelde 670)	Bajo Voltaje en le Fuente Principal(Tx Rebelde 670)	TB5-5	DB25-16	0 ó 1	Entrada Digital
Stanby(Tx Rebelde 670)	Stanby(Tx Rebelde 670)	TB3-2	DB25-14	0 ó 1	Entrada Digital
			<b>SLOT 4</b>		
RESET Sistem(Tx Rebelde 670)	RESET del Sistema(Tx Rebelde 670)	TB2-1	DB25-1	12 V	Salida Relee
RF POWER ON(Tx Rebelde 670)	Encender Transmisor(Tx Rebelde 670)	TB1-1	DB25-15	12 V	Salida Relee
RF POWER OFF(Tx Rebelde 670)	Apagar Transmisor(Tx Rebelde 670)	TB1-3	DB25-4	12 V	Salida Relee
Exciter A(Tx Rebelde 670)	Excitadora A(Tx Rebelde 670)	TB1-5	DB25-18	12 V	Salida Relee
Exciter B(Tx Rebelde 670)	Excitadora B(Tx Rebelde 670)	TB1-7	DB25-7	12 V	Salida Relee
INCR RF PWR(Tx Rebelde 670)	Subir Potencia(Tx Rebelde 670)	TB1-21	DB25-21	12 V	Salida Relee
DECR RF PWR(Tx Rebelde 670)	Bajar Potencia(Tx Rebelde 670)	TB1-23	DB25-10	12 V	Salida Relee
PDM Inhibit(Tx Rebelde 670)	Inhibir Potencia(Tx Rebelde 670)	TB2-5	DB25-24	12 V	Salida Relee
			<b>SLOT 5</b>		
RF PWR 1(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 1(Tx Rebelde 670)	TB1-9	DB25-1	12 V	Salida Relee
RF PWR 2(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 2(Tx Rebelde 670)	TB1-11	DB25-15	12 V	Salida Relee
RF PWR 3(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 3(Tx Rebelde 670)	TB1-13	DB25-4	12 V	Salida Relee
RF PWR 4(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 4(Tx Rebelde 670)	TB1-15	DB25-18	12 V	Salida Relee
RF PWR 5(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 5(Tx Rebelde 670)	TB1-17	DB25-7	12 V	Salida Relee
RF PWR 6(Tx Rebelde 670)	Nivel de Potencia 6(Tx Rebelde 670)	TB1-19	DB25-21	12 V	Salida Relee
			<b>SLOT 0</b>		
FWD PWR(Tx Rebelde 670)	Potencia Incidente(Tx Rebelde 670)	TB4-1	DB25-1	0-60000W	Analógica
REFLD PWR(Tx Rebelde 670)	Potencia Reflejada(Tx Rebelde 670)	TB4-3	DB25-2	0-5 V	Analógica
		<b>CONECTORES DB-25</b>	<b>SLOT 6</b>		
High Indicator(Tx Rebelde 1550)	Indicador de Potencia Alta(Tx Rebelde 1550))	DB25-16(CON 1)	DB25-1	0 ó 1	Entrada Digital
Med Indicator(Tx Rebelde 1550)	Indicador de Potencia Media(Tx Rebelde 1550)	DB25-18(CON 1)	DB25-14	0 ó 1	Entrada Digital
Low Indicator(Tx Rebelde 1550)	Indicador de Potencia Baja(Tx Rebelde 1550)	DB25-15(CON 1)	DB25-2	0 ó 1	Entrada Digital
Oscilator Fail(Tx Rebelde 1550)	Fallo del Oscilador(Tx Rebelde 1550)	DB25-1(CON 3)	DB25-15	0 ó 1	Entrada Digital
Blower Fail(Tx Rebelde 1550)	Fallo del Ventilador(Tx Rebelde 1550)	DB25-8(CON 4)	DB25-3	0 ó 1	Entrada Digital
Supply Voltage Fault(Tx Rebelde 1550)	Sobrevoltaje(Tx Rebelde 1550)	DB25-4(CON 4)	DB25-16	0 ó 1	Entrada Digital
Supply Current Overload Fail (Tx Rebelde 1550)	Sobrecorriente(Tx Rebelde 1550)	DB25-5(CON 4)	DB25-4	0 ó 1	Entrada Digital
High Voltage Supply Fail(Tx Rebelde 1550)	Fallo de la Fuente Principal(Tx Rebelde 1550)	DB25-9(CON 4)	DB25-17	0 ó 1	Entrada Digital
			<b>SLOT 7</b>		
PA Turn OFF(Tx Rebelde 1550)	Apagar Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-1(CON 2)	DB25-2	12 V	Salida Relee
High Control(Tx Rebelde 1550)	Control de Alta Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-2(CON 2)	DB25-16	12 V	Salida Relee
Low Control(Tx Rebelde 1550)	Control de Baja Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-10(CON 2)	DB25-5	12 V	Salida Relee
Med Control(Tx Rebelde 1550)	Control de Media Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-6(CON 2)	DB25-19	12 V	Salida Relee
Rise Control(Tx Rebelde 1550)	Control para Subir Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-9(CON 2)	DB25-8	12 V	Salida Relee
Lower Control(Tx Rebelde 1550)	Control para Bajar Potencia(Tx Rebelde 1550)	DB25-5(CON 2)	DB25-22	12 V	Salida Relee
Overload RESET(Tx Rebelde 1550)	Control de RESET(Tx Rebelde 1550)	DB25-18(CON 2)	DB25-11	12 V	Salida Relee
Tx OFF(Tx Rebelde 1550)	Apagar el Transmisor(Tx Rebelde 1550)	DB25-13(CON 2)	DB25-25	12 V	Salida Relee
			<b>SLOT 1</b>		
Foward Power(Tx Rebelde 1550)	Potencia Incidente(Tx Rebelde 1550)	DB25-3(CON 1)	DB25-1	0-12000W	Analógica
Reflect Power(Tx Rebelde 1550)	Potencia Reflejada(Tx Rebelde 1550)	DB25-4(CON 1)	DB25-2	0-5 V	Analógica
Supply Current (Tx Rebelde 1550)	Corriente del Transmisor(Tx Rebelde 1550)	DB25-5(CON 1)	DB25-3	0-100 A	Analógica
Supply Voltage(Tx Rebelde 1550)	Voltage del Transmisor(Tx Rebelde 1550)	DB25-6(CON 1)	DB25-4	0-300 V	Analógica



Las conexiones de entradas y salidas de las diferentes variables y los controles al PLC se realizan utilizando conectores DB-25, como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5: Conexión al PLC de las variables.

A continuación se muestran los puntos de conexión a los transmisores: de las emisoras Rebelde 670 marca Nautel (figuras 2.6 y 2.7) y Rebelde 1550 marca TSD-10 (figuras 2.8 y 2.9), respectivamente. En el Nautel se utilizan del TB-1 al TB-5 y en el TSD-10 los DB-25 del 1 al 4.



Figura 2.6: Puntos de conexión al transmisor Nautel



Figura 2.7: Puntos de conexión al transmisor Nautel.

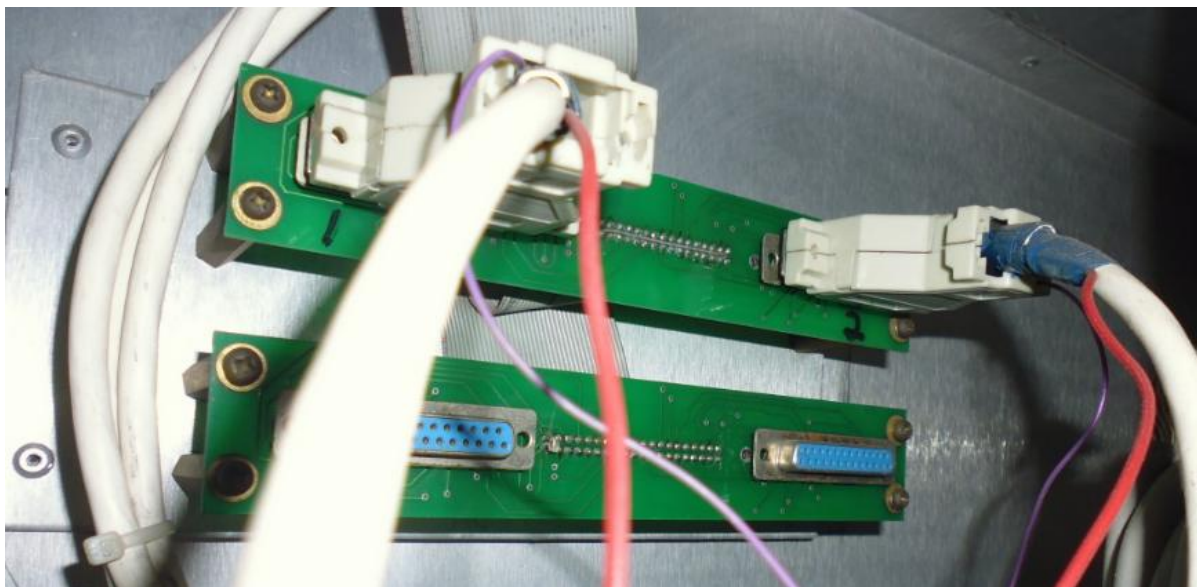


Figura 2.8: Lugares de conexión al transmisor TSD-10



Figura 2.9: Lugares de conexión al transmisor TSD-10

El **Anexo 1** es la conexión pin a pin entre el IP2CHOICE, la interfaz (Krone) y los transmisores Nautel y TSD-10.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DEL PLC IP2CHOICE

Para la selección del tipo de PLC a utilizar se tuvo como premisa cumplir con el objetivo específico número uno: utilizar el equipamiento recomendado por la Empresa Radiocuba del Ministerio de Comunicaciones que es el PLC IP2CHOICE. Además, se analizaron las variables de entrada y salida a supervisar y poder definir la cantidad de módulos a utilizar. En total se utilizarán 8 módulos:

- ❖ 3 módulos de entradas digitales.
- ❖ 2 módulos analógicos.
- ❖ 3 módulos de salidas a relees.



El IP2CHOICE es un tipo de PLC diseñado específicamente para la supervisión y control de señales de radio y televisión, su país de procedencia es Francia y pertenece a la firma Audemat; como características principales se destacan la utilización de 4 tipos de módulos, comunicación utilizando protocolo TCP-IP, historial de evento y otros.

### 2.5.1 PANEL FRONTAL Y TRASERO IP2CHOICE

En las figuras 2.11 y 2.12 se muestran los paneles frontal y trasero del PLC IP2CHOICE.



Figura 2.11: Panel frontal IP2CHOICE.

Significado de los **leds**:

- Led de Alimentación:
  - 1- Verde: IP2CHOICE con alimentación.
  - 2- Apagado: IP2CHOICE sin alimentación.
- Led disco duro activo:
  - 1- Rojo: Actividad del disco duro.
- Led de Alimentación:
  - 1- Verde: Equipo con alimentación



2- Apagado: Equipo sin alimentación.

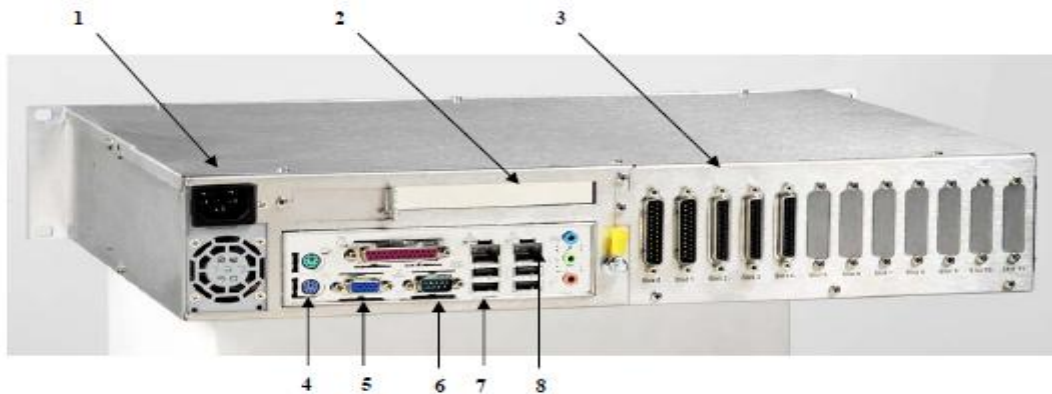


Figura 2.12: Panel trasero IP2CHOICE.

### Principales interfaces:

1. Conector de alimentación para cable de AC.
2. Posición para tarjeta opcional de dos (2) puerto series.
3. Posiciones para las tarjetas de entrada/salida (12 máximo).
4. Conectores para mouse y teclado.
5. Conector para monitor.
6. Puerto RS232.
7. Puertos USB (x4).
8. Puertos RJ45 (x2) /LAN 10/100Mbit).

En la figura 2.13 se muestra la parte interior del IP2CHOICE

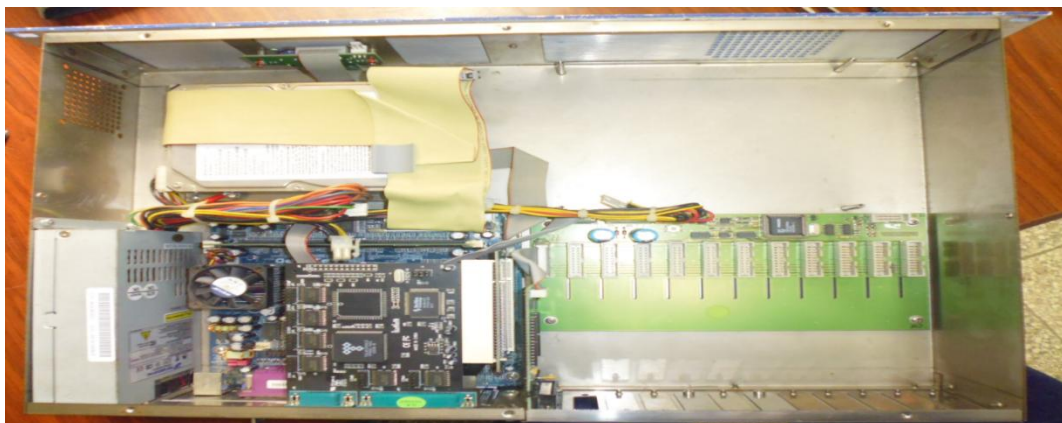


Figura 2.13: Vista interior del IP2CHOICE.

## 2.5.2 SISTEMA MODULAR

El Autómata Programable IP2CHOICE admite hasta 12 posiciones para los diferentes tipos de tarjeta y la tabla 2.2 nos muestra los principales requerimientos que deben cumplirse para la utilización de las tarjetas en este PLC, tales como el máximo número de tarjetas, numero de entradas o salidas por tarjetas y máximo número de entradas o salidas configurables.

Tabla 2.2 Principales requerimientos del IP2CHOICE

Tipo de Interface	Analógica	Digital	Relay	Puertos RS232	Entradas de audio
Número máximo de tarjetas	5	8	8	3	1
Número de entradas/salidas por tarjetas	8	16	8	3	2
Número máximo de entradas/salidas configurables	40	128	64	3+4 USB	2

## Configuración del hardware

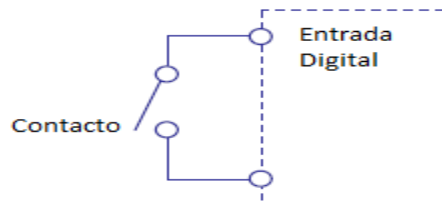
En el autómata programable IP2CHOICE se utilizan principalmente 4 tipos fundamentales de módulos.

---

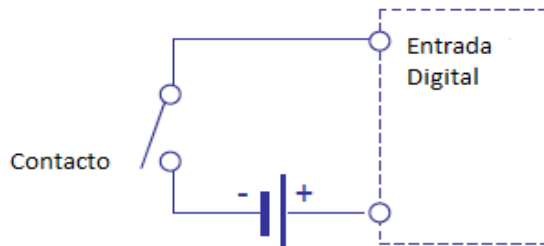
### 2.5.2.1 Módulo de entradas digitales

Este módulo está provisto de 16 entradas digitales, que se comunican con el exterior a través de un conector hembra DB-25, y puede trabajar de dos modos en dependencia de la configuración del jumper:

- **Modo 1. Alimentación interna:** En este modo todos los pines comunes se conectan a tierra. Cuando una señal digital se conecta a una entrada común, dicha entrada se activa (toma el valor "1") y cuando no hay señal conectada es "0". Utiliza la fuente del PLC.



- **Modo 2. Alimentación externa:** En este modo todos los pines comunes se conectan a tierra. Cuando una señal digital se conecta a una entrada común, dicha entrada se activa (toma el valor "1") y cuando no hay señal conectada es "0". Utiliza la fuente externa al PLC.



La fuente externa de alimentación debe ser entre 5 y 25 V que se aplica al común, las entradas digitales son conectadas a tierra, cuando la señal digital se conecta a una entrada común se activa (valor de "1") y cuando no hay señal conectada es "0".

### **Selección de la alimentación externa o interna**

Las tarjetas de entradas digitales cuentan con dos jumpers y de acuerdo con su posición es que se habilita la fuente interna o externa según corresponda:

#### **- Alimentación interna**

Los jumpers se colocan según muestra la figura 2.14.

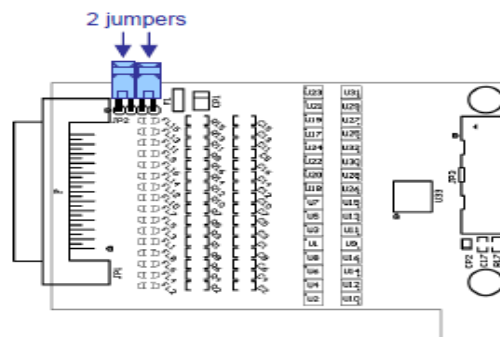


Figura 2.14: Jumperes para alimentación interna

#### **- Alimentación externa**

En este tipo de alimentación se instala un solo jumper en los dos pines centrales según muestra la figura 2.15.

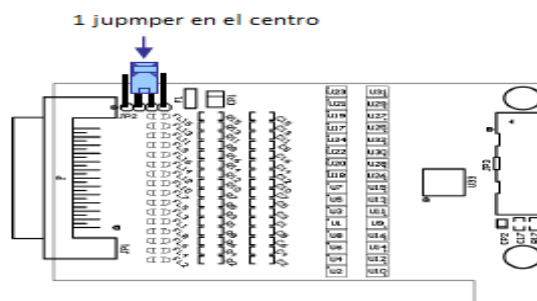


Figura 2.15: Jumper para alimentación externa.

En la figura 2.16 se observa el módulo de entrada digital:

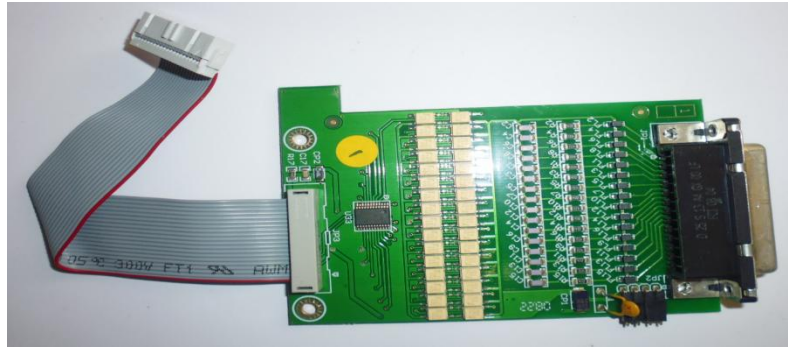


Figura 2.16: Módulo de entrada digital.

El anexo 4 muestra el diagrama de conexión externa del módulo de entrada digital.

---

#### 2.5.2.2 Módulo de salida a relé

Este módulo está provisto de 8 salidas a relés las cuales tienen una entrada común, una salida normalmente abierta y otra normalmente cerrada que se comunican con el exterior, a través de un conector macho DB-25.

Cada uno de los circuitos puede soportar 5 A en 125 V.

En el pin 13 existe un voltaje permanente de +12 V y un máximo de corriente de 250 mA.

En la figura 2.17 se observa el módulo de salida a relés.



Figura 2.17: Módulo de salida a relés

En el anexo 5 se representa la conexión del módulo de salidas a relés.

### 2.5.2.3 Módulo de entradas analógico

En la figura 2.18 se observa el módulo de entrada analógico.

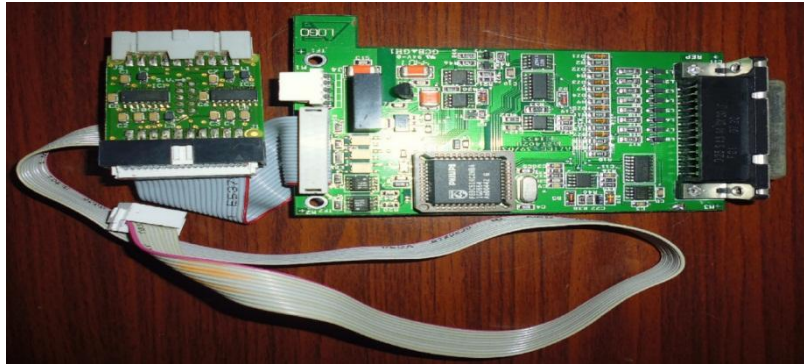


Figura 2.18: Módulo de entrada analógico.

Este módulo está provisto de 8 entradas analógicas, que soportan hasta 50 DCV y permiten seleccionar el rango de las mediciones con más exactitud; se comunican con el exterior a través de un conector hembra DB-25.

Este módulo convierte el voltaje analógico a una señal digital utilizada por la unidad.

El voltaje debe ser aplicado entre una de las entradas analógicas y tierra.

La figura 2.19 describe el diagrama de conexión externa del módulo de entrada analógico.

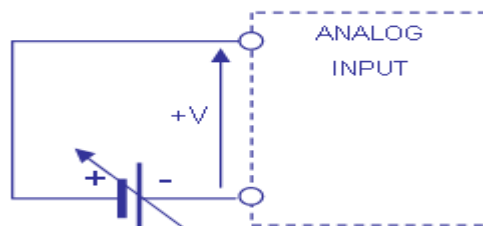


Figura 2.19: Diagrama de conexión externa del módulo de entrada analógico.

- Impedancia de entrada: 100 K $\Omega$ .

- Rango de mediciones: 0-5 V, 0-25 V y 0-50 V.
- Resolución de conversor análogo-digital (ADC): 12 bit para cada medición.

El anexo 6 muestra el diagrama del módulo de entrada analógico.

---

#### 2.5.2.4 Módulo de audio

Este módulo está provisto de dos entradas de audio que pueden ser monitoreadas y se comunican con el exterior a través de un conector hembra DB-25.

Para las entradas de audio solamente están disponibles los pines 1 y 2, y los pines del 14 al 25 son tierra:

Pin 1= Canal 1 (R, L, L+R, L-R)

Pin 2= Canal 2 (R, L, L+R, L-R)

Pin 14-25= Tierra

Los pines del 3 al 13 no se utilizan.

- ✓ Impedancia: 100 K $\Omega$ .
- ✓ Nivel mínimo: -50dBu.
- ✓ Nivel máximo: +10dBu.
- ✓ Ancho de banda: 20Hz-15kHz.

La figura 2.20 representa el módulo de entrada de audio.

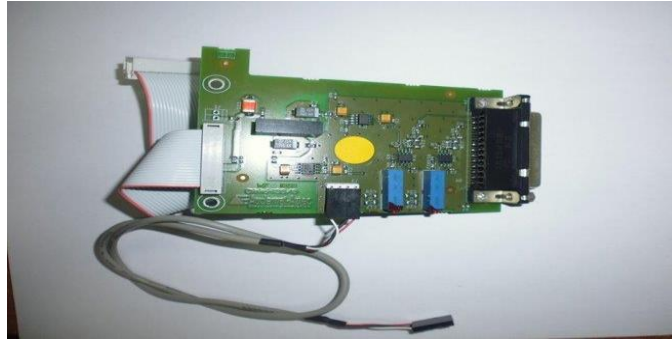


Figura 2.20: Módulo de entrada de audio

En el anexo 7 se puede ver la conexión del módulo de audio.

## 2.6 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Utilizaremos para la programación del IP2CHICE el scripteasy, debido a que este lo tiene internamente el PLC y se puede utilizar con relativa facilidad, por lo que la programación se realiza de forma gráfica.

### **Scripteasy para el CTOM Rebelde 670**

Este software es de gran utilidad para la supervisión y control de los sistemas de radiodifusión de radio, pues permite en tiempo real conocer los principales valores de los diferentes parámetros de los equipos instalados, ya sean los transmisores u otros dispositivos auxiliares, mediante su uso se logra disminuir los tiempos de interrupciones y se optimizan las funciones de todo el CTOM. En la figura 2.21 se puede observar la pantalla de inicio del scripteasy para el CTOM Rebelde 670.



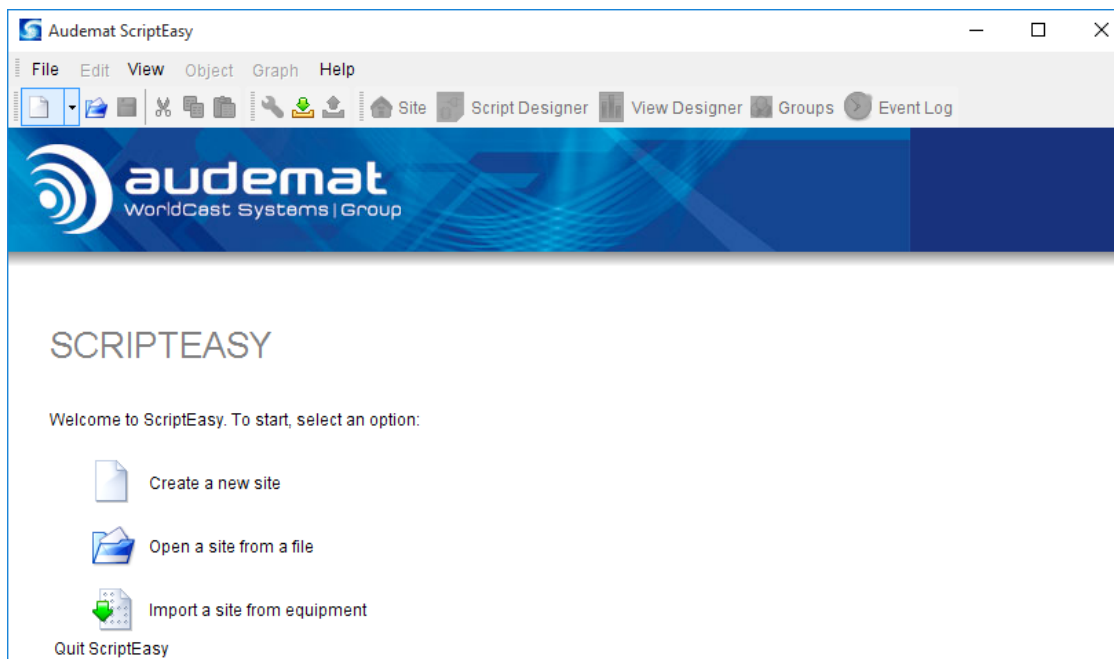


Figura 2.21: Pantalla inicial para el scripteasy

Para crear un nuevo SCADA se utiliza el primer icono, lo cual nos lleva a la siguiente pantalla (figura 2.22), en la cual se coloca un grupo de parámetros como son: nombre del sitio, emisora que se utiliza, tipo de equipo, lugar, IP de equipo y otros, además se definen los diferentes módulos a utilizar y el tipo de equipo.

Figura 2.22: Pantalla de asignación de identificativos al IP2CHOICE

La figura 2.23 es la pantalla con los parámetros iniciales para el CTOM Rebelde 670.

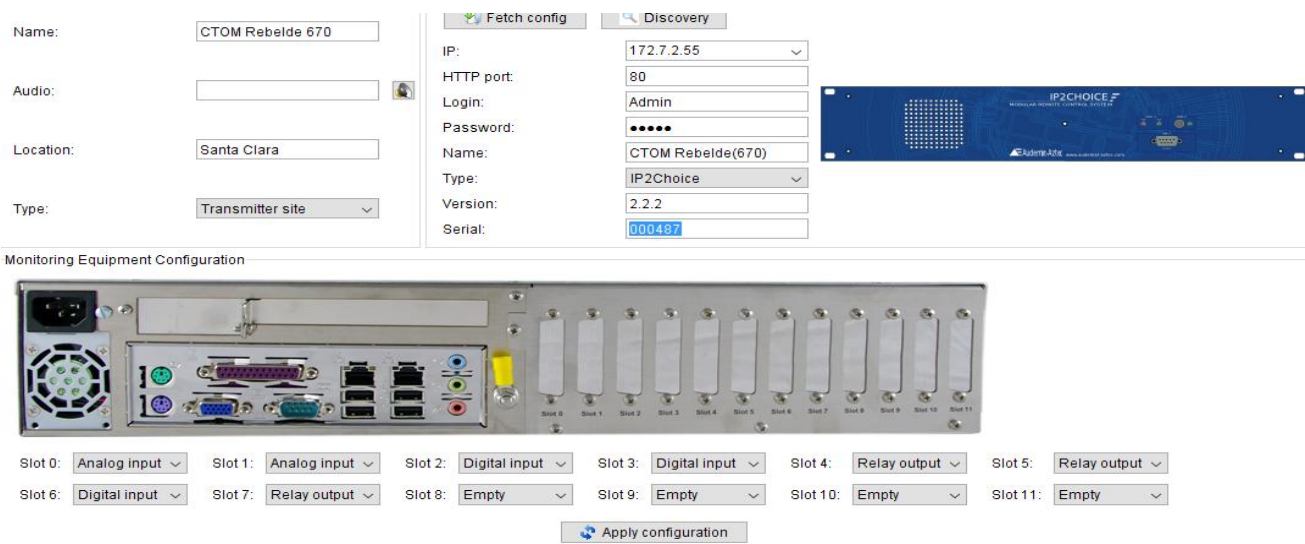


Figura 2.23: Parámetros iniciales del IP2CHOICE.

Luego se introducen los equipos a supervisar con sus correspondientes señales de entradas y de salidas para la cual se utilizan los iconos Site-Monitored Equipment (ver figura 2.24)

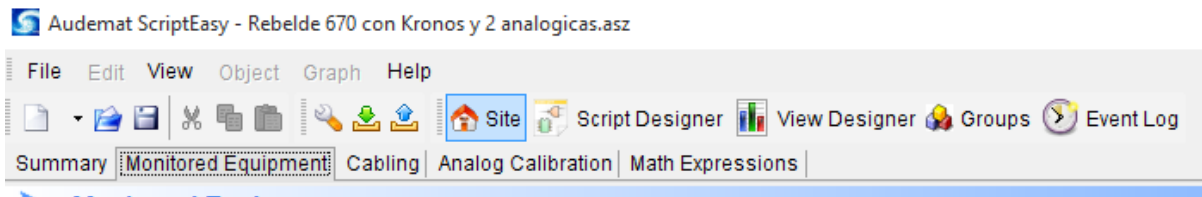


Figura 2.24: Iconos para la introducción de equipos y señales

A continuación se pueden observar las pantallas de entrada de los equipos (figura 2.25) y de las variables analógicas, de indicación y de control (figura 2.26).

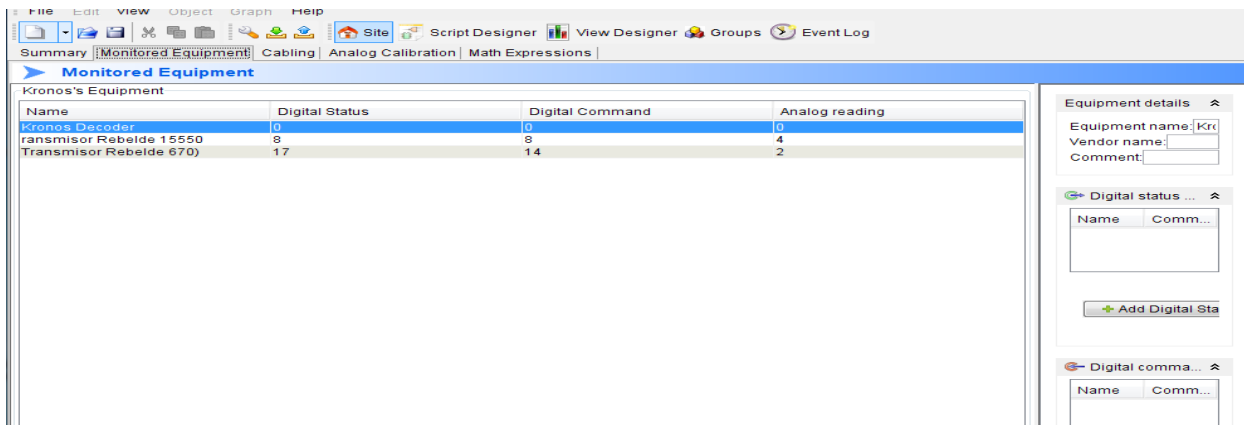


Figura 2.25: Entrada de equipos al IP2choice

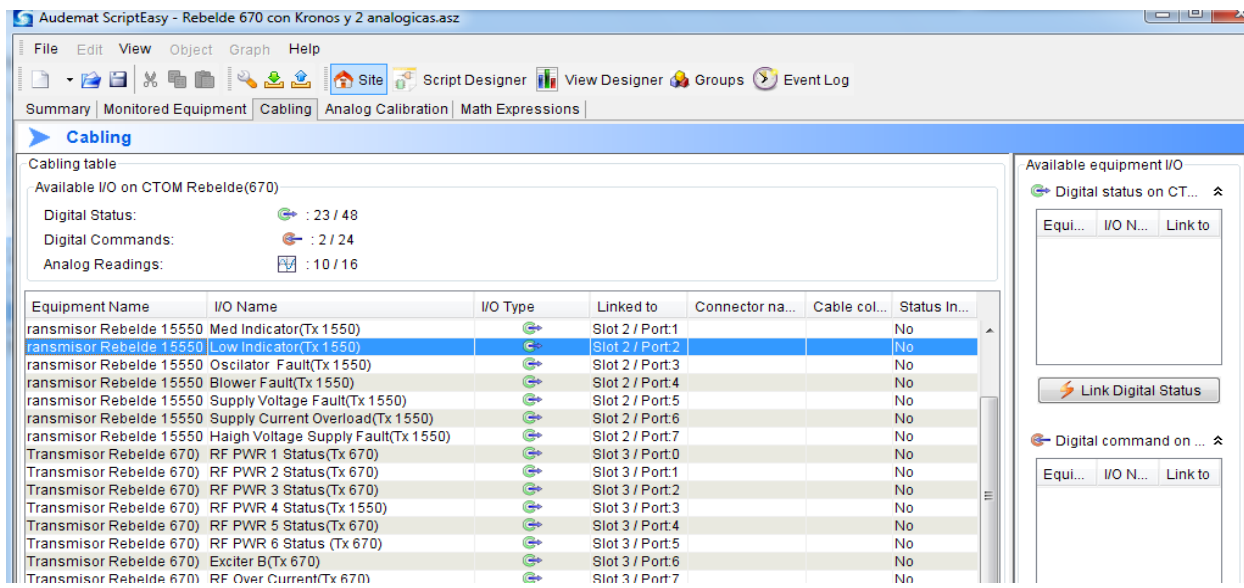


Figura 2.26: Entrada de variables al IP2choice

A las señales analógicas se les configura su rango (figura 2.27).

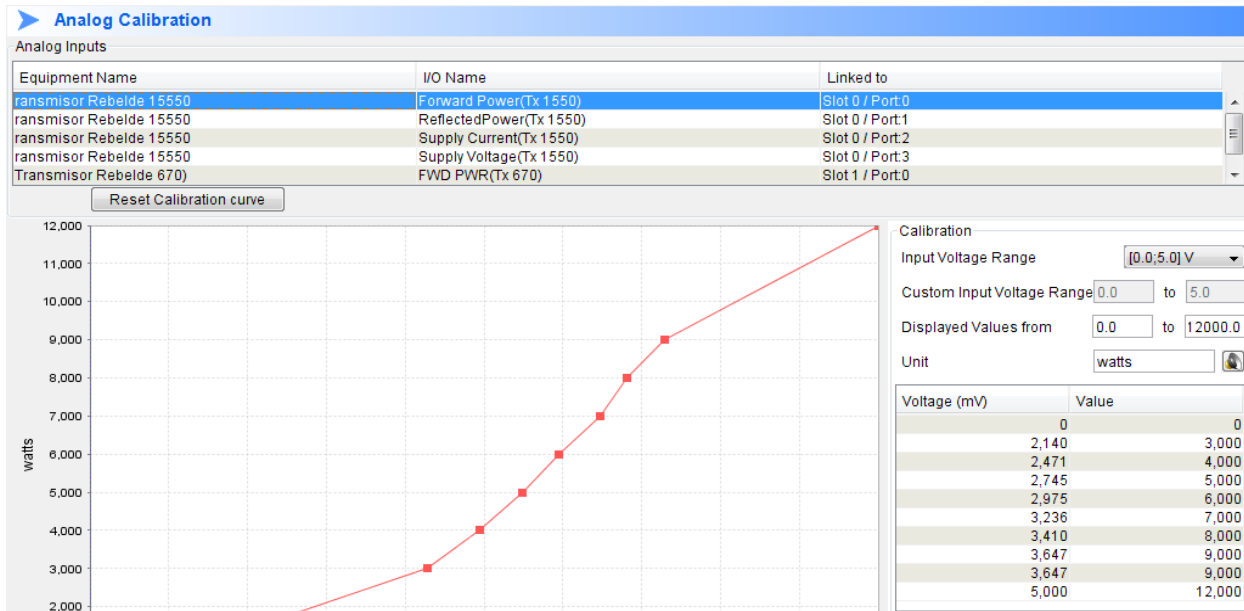


Figura 2.27: Rango de las señales analógicas

Con la utilización de la opción “Script Designer” es que se puede diseñar el script que utilizaremos para el CTOM Rebelde 60 (figura 2.28). Como la programación se realiza de forma gráfica en esta figura se pueden observar las diferentes variables, tanto digitales como analógicas, que son arrastradas y luego vinculadas de diferentes maneras con otros elementos de la programación para lograr obtener el script deseado y que cumpla con la tarea de supervisar el transmisor de la emisora Rebelde 670.

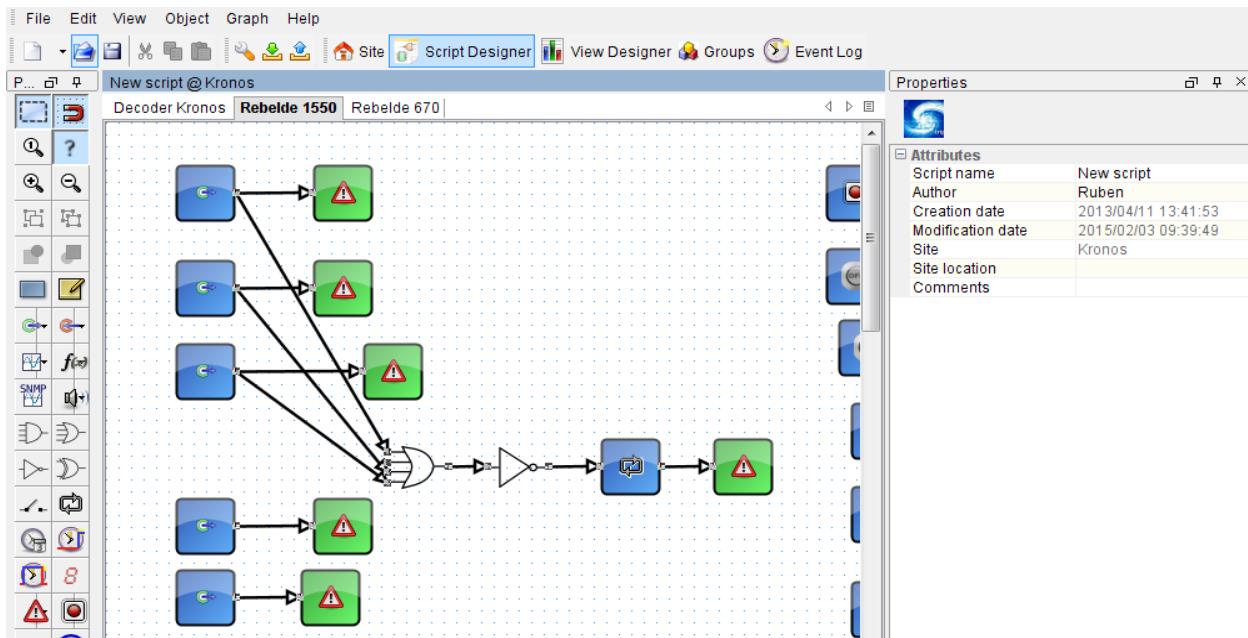


Figura 2.28: Script Designer para Rebelde 670

Desde esta pantalla seleccionamos las diferentes variables (de indicación, de control y analógicas) para confeccionar el script del CTOM Rebelde 670 (figuras 2.29, 2.30 y 2.31 respectivamente).

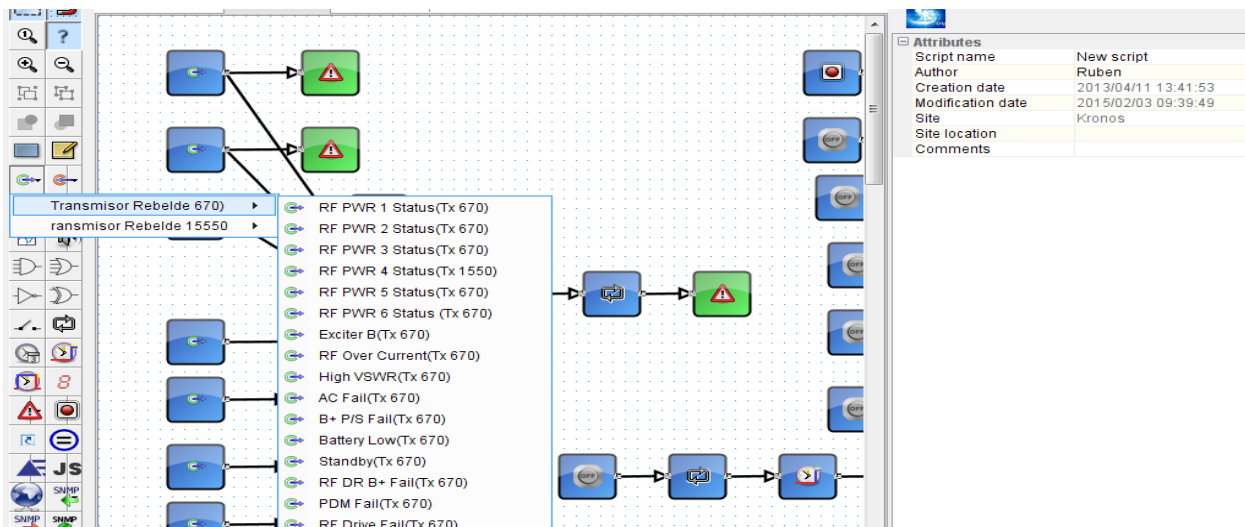


Figura 2.29: Selección de las señales de indicación

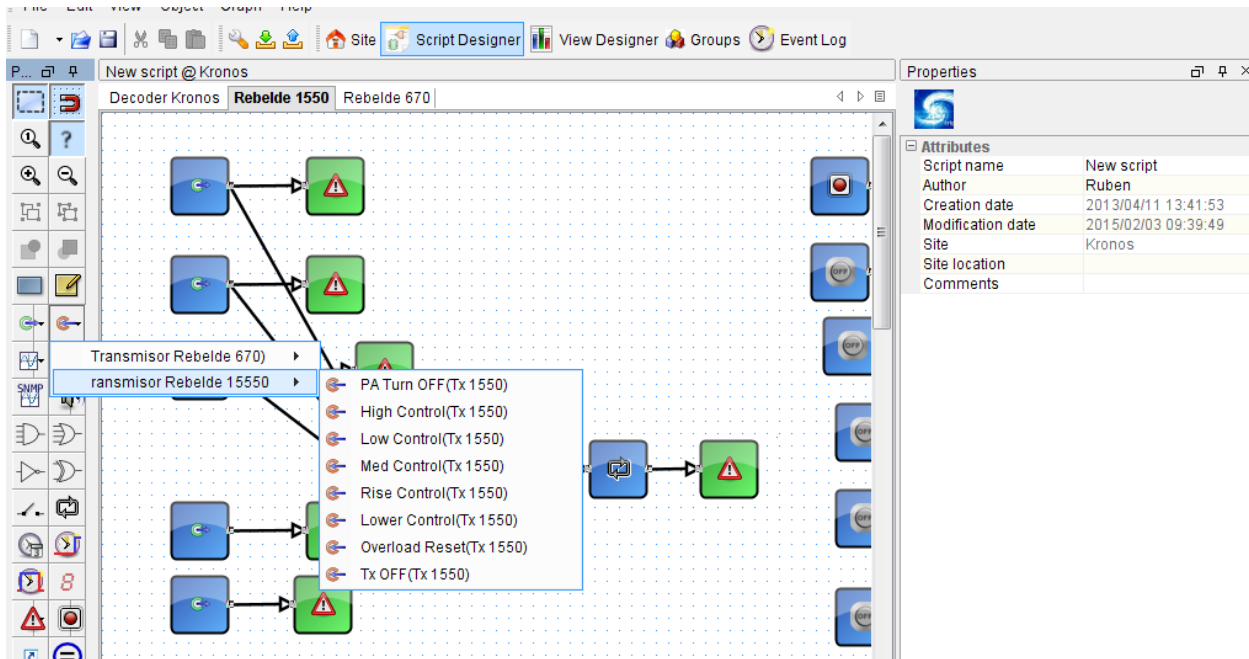


Figura 2.30: Selección de las señales de control

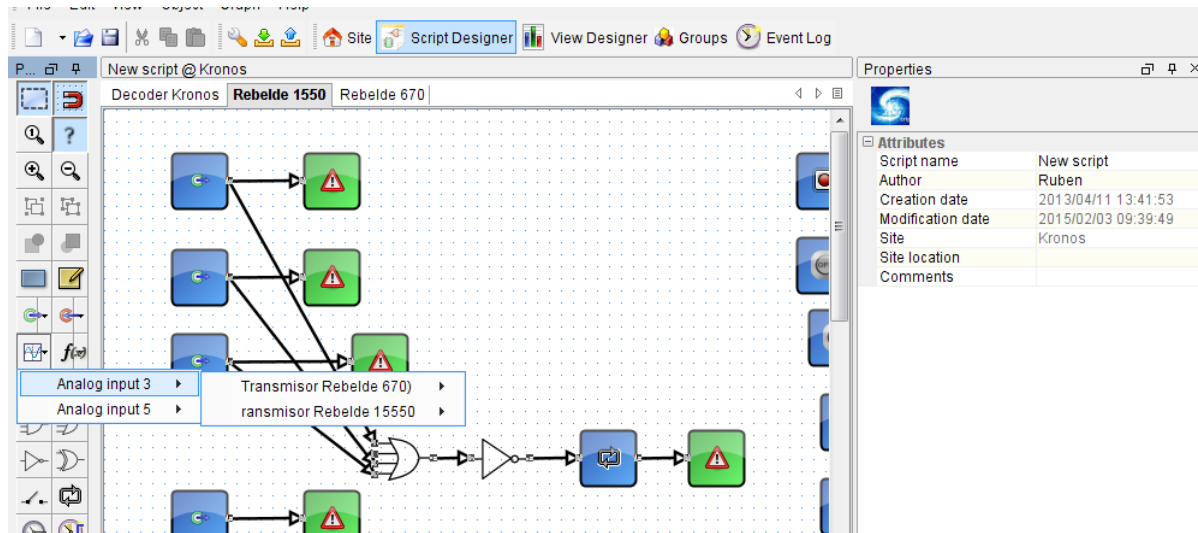


Figura 2.31: Selección de las señales analógicas

En el anexo 8 se pueden ver otras posibilidades que nos brinda la programación en scripteasy.

Como resultado final obtenemos los Scripteasy para los transmisores de Rebelde 1550 y Rebelde 670. Las figuras 2.32 y 2.33 son una representación parcial de los script para los transmisores anteriormente mencionados.

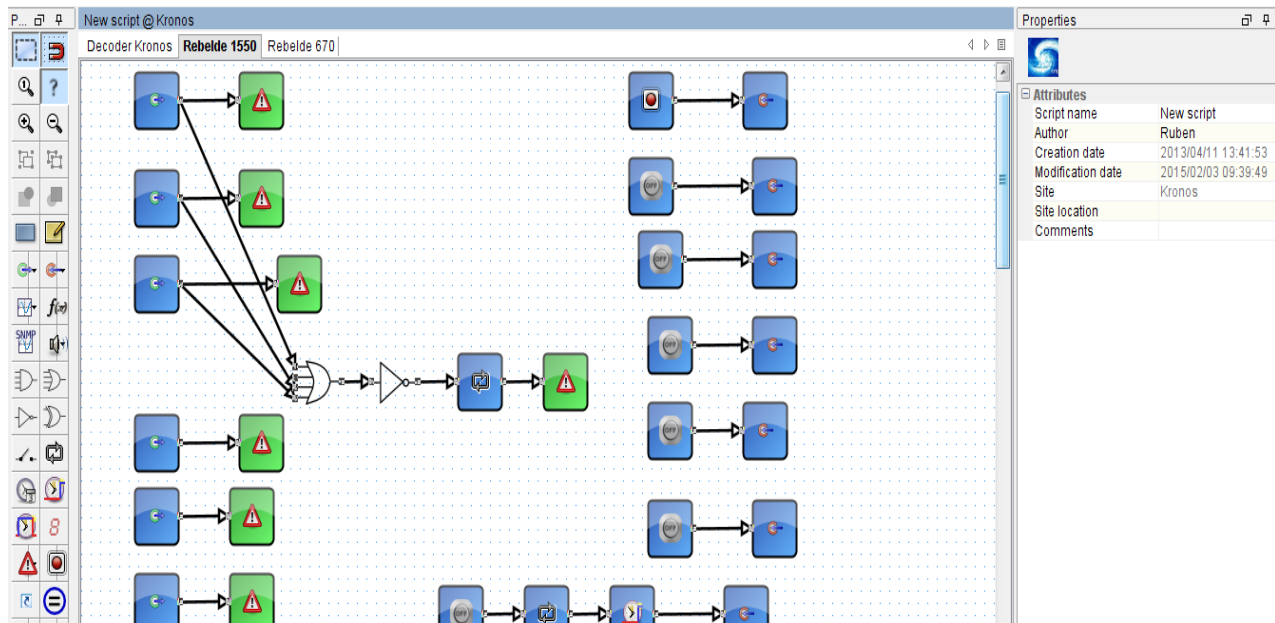


Figura 2.32: Scripteasy transmisor Rebelde 1550

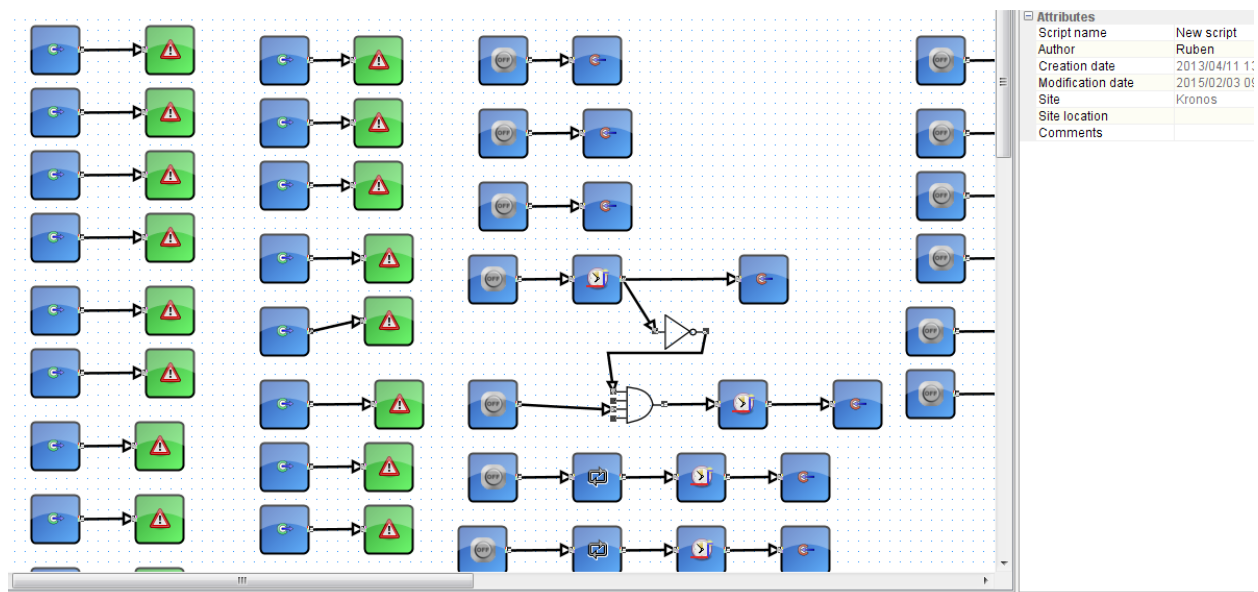
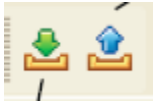


Figura 2.33: Scripteasy transmisor Rebelde 670



El scripteasy posee una barra de herramientas principales (figura 2.34) y dos de sus

principales iconos son  los cuales nos permiten exportar e importar el scripteasy hacia el PLC o desde el mismo hacia la computadora donde se ha creado el script, para realizarle cambios en caso de ser necesarios.

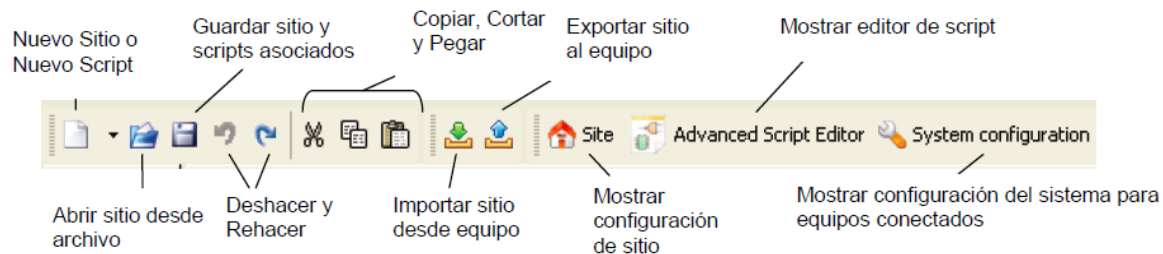


Figura 2.34: Barra principal de herramientas

Una vez programado el autómata se procede a proyectar la interfaz humano-máquina.

## 2.7 INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA

En el scripteasy existe el icono “View Designer” el cual nos permite diseñar la interfaz humano-máquina a utilizar por el técnico del CPD (figura 2.35).

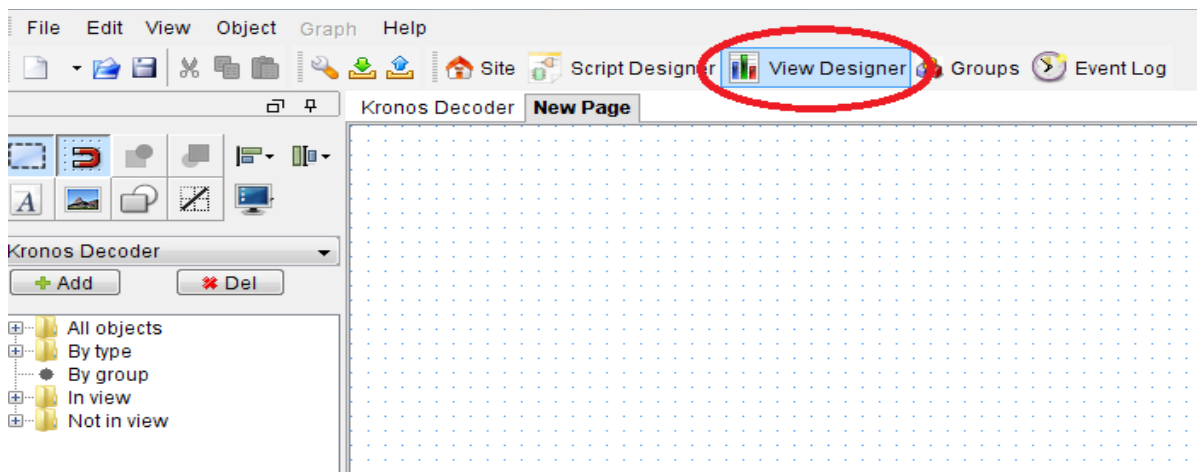


Figura 2.35: Pantalla inicial del master view



A continuación se le coloca el nombre a la página según la pantalla del equipo que corresponda (figura 2.36).

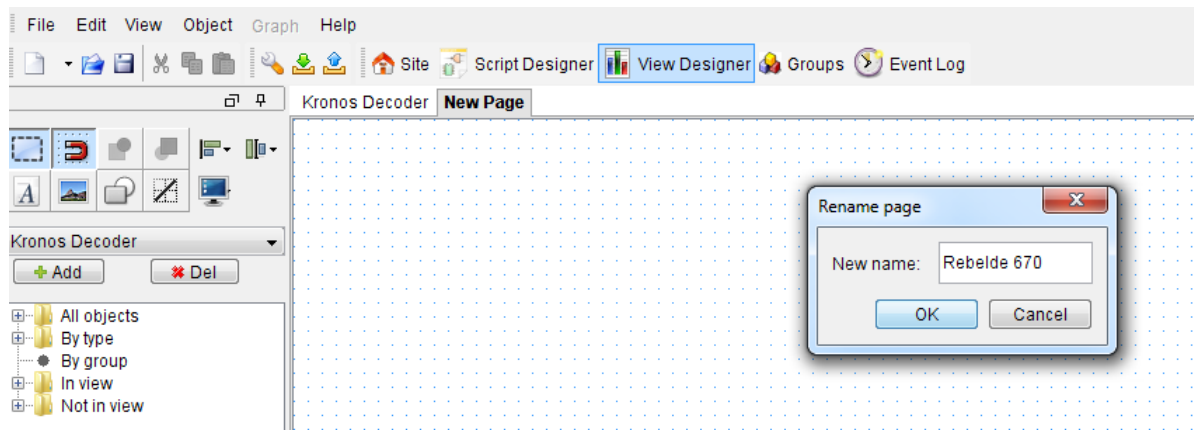


Figura 2.36: Pantalla para nombrar la página

En la parte izquierda aparecen unas carpetas en las cuales se encuentran todas las variables y objetos que se utilizaron durante la confección del scripteasy (figura 2.37) y utilizaremos “All objects”.

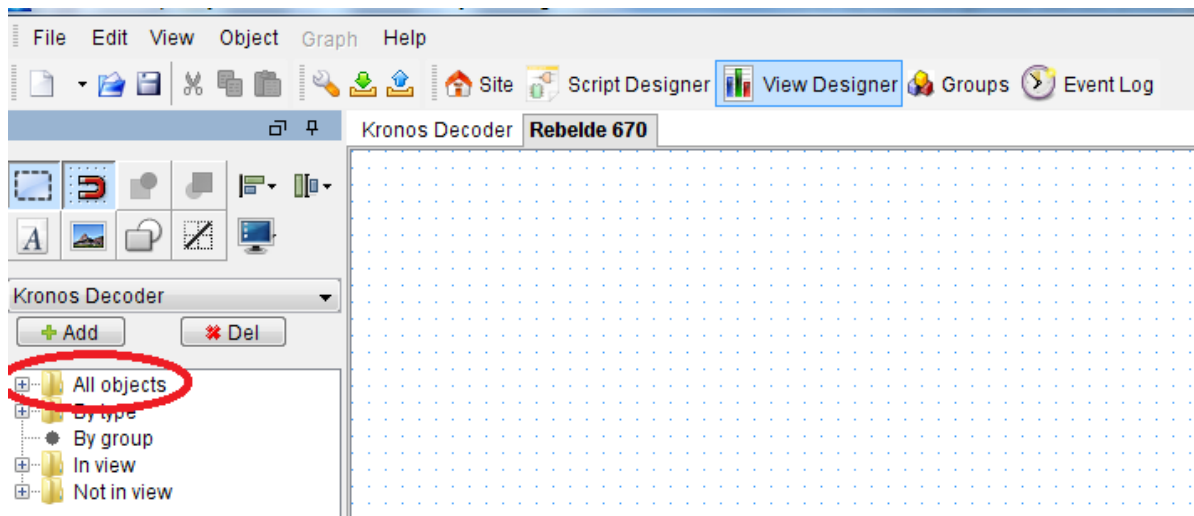


Figura 2.37: Carpeta con todos los objetos y variables.

Al desplegar la carpeta “All objects” obtenemos lo siguiente, (figura 2.38).



Figura 2.38: Objetos de la carpeta “All objects”

Los objetos que representan las variables y las diferentes acciones se arrastran hacia la página de cada equipo según se desee (ver figura 2.39). Aquí se puede configurar un grupo de parámetros como son: color del objeto en on y off, ponerle una leyenda, colocarle un led de diferentes colores y otros.

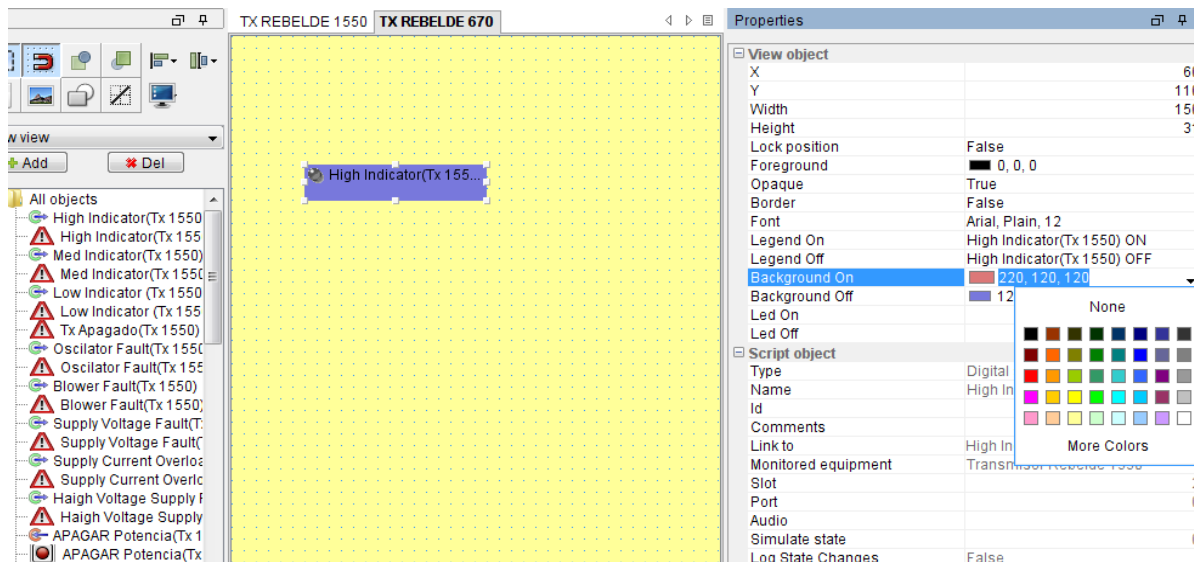


Figura 2.39: Arrastre de los objetos hasta la página del equipo

Como resultado final de la confección del “View Designer” obtenemos las figuras 2.40 y 2.41 las cuales representan los transmisores de las emisoras Rebelde 670 y Rebelde 1550 respectivamente.

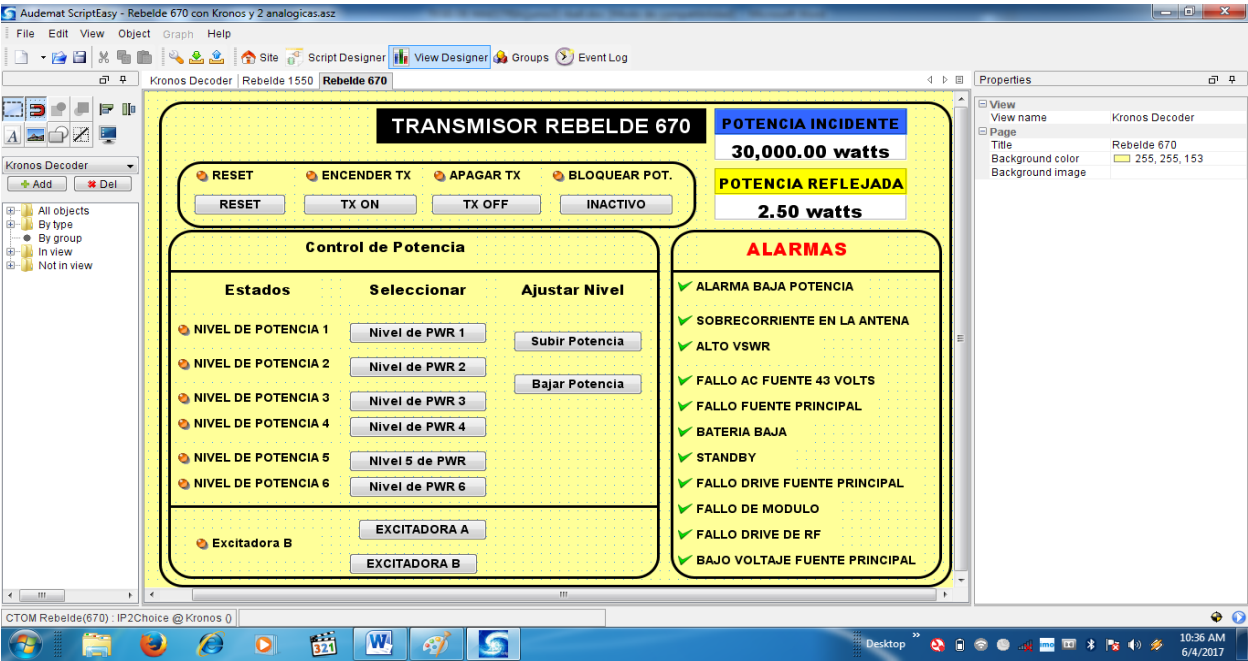


Figura 2.40: “View Designer” emisora Rebelde 670.

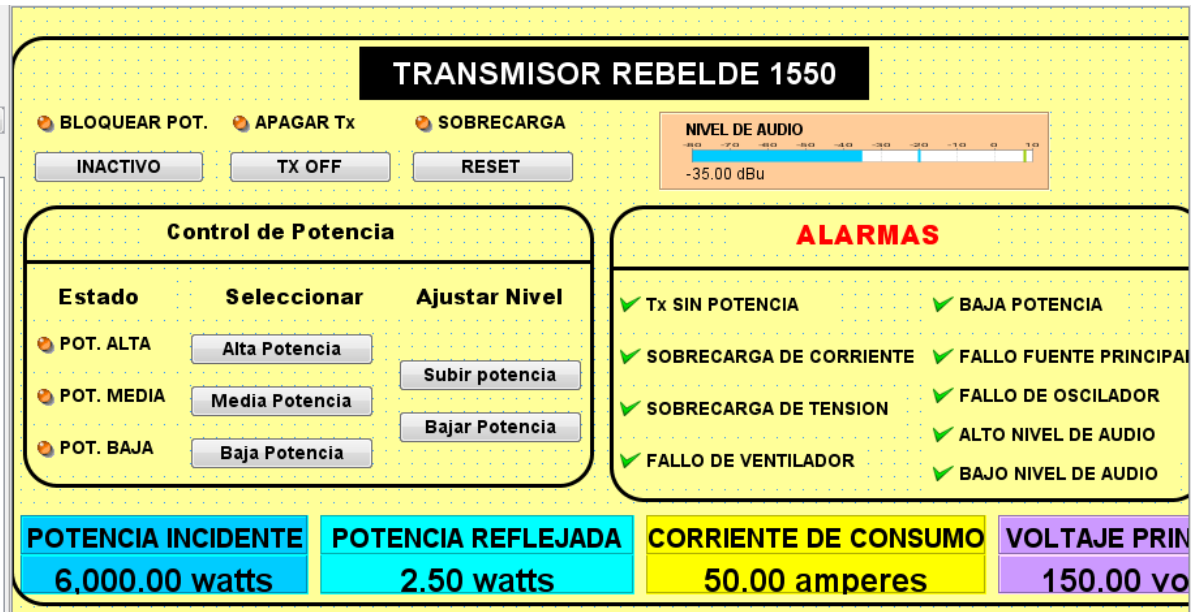


Figura 2.41: “View Designer” emisora Rebelde 1550

## 2.8 SOFTWARE MASTER VIEW

El software Master View que utiliza el PLC, IP2CHOICE, es el que le permite al técnico del CPD establecer la relación con los equipos que se encuentran en el CTOM Rebelde 670, pues es el que establece el vínculo entre el scripteasy y el usuario. Luego de instalado en la PC se procede como se explica a continuación. La pantalla inicial se muestra en la figura 2.42.

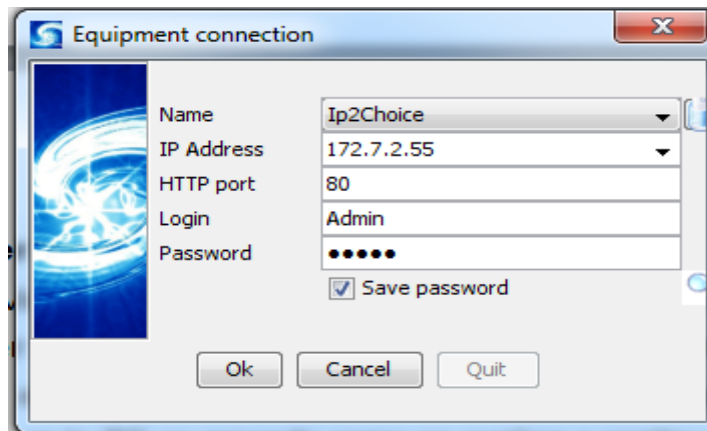


Figura 2.42: Pantalla inicial del Master View.

Como se puede observar es necesario introducir la dirección IP del IP2choice, en nuestro caso es 172.7.2.55 y el correspondiente usuario y contraseña para poder acceder a este. Además, como medida de seguridad en el cortafuego de la red tienen que estar reconocidas las MAC de las computadoras autorizadas a acceder a este tipo de servicios.

Como resultado final obtenemos las figuras 2.43 y 2.44 donde se muestran las pantallas donde se relaciona el usuario (técnicos del CPD) con el CTOM Rebelde 670 y a continuación en las figuras 2.45 y 2.46 se representan las fotos de cada uno de los transmisores de las emisoras Rebelde 670 y Rebelde 1550, respectivamente.

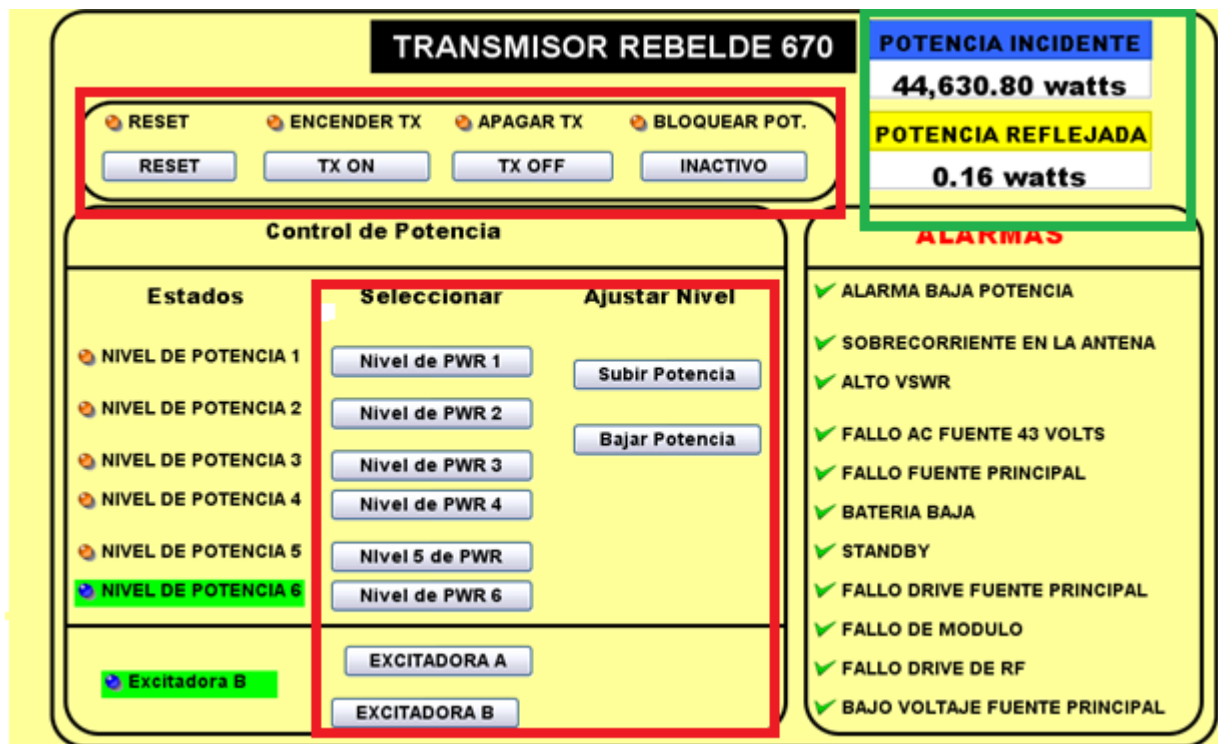


Figura 2.43: Pantalla de transmisor emisora Rebelde 670 (Nautel)

En la figura 2.43 los iconos que se encuentran dentro de los cuadros rojos representan las señales de control, las cuales nos permiten actuar sobre el transmisor. Se puede cambiar a los diferentes niveles de potencia con solamente hacer un clip sobre alguno de los iconos; también se puede cambiar de excitadora, subir y bajar potencia, hacer reset, encender, apagar y desactivar la potencia del transmisor Nautel. Lo del cuadro verde representa las señales analógicas: potencia incidente y potencia reflejada.

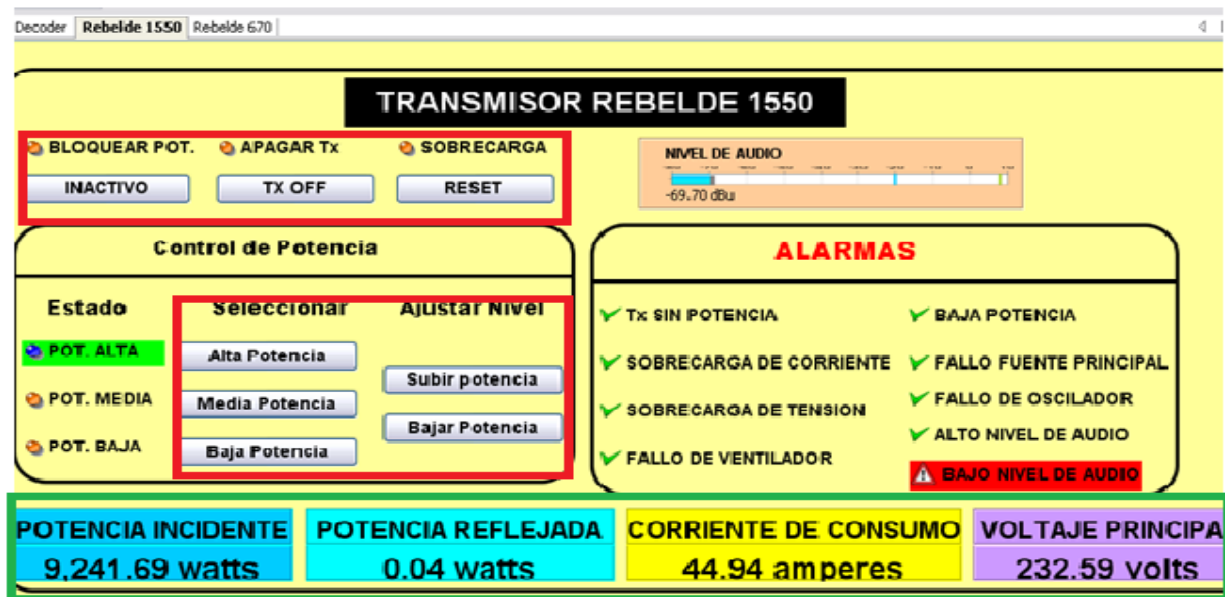


Figura 2.44: Pantalla de transmisor emisora Rebelde 1550 (TSD-10)

La figura 2.44 nos señala en los cuadros rojos las señales de control como son los niveles de potencias bajo, medio y alto, subir y bajar potencia, reset, apagar y poner inactiva la potencia del transmisor TSD-10.



Figura 2.45: Transmisor emisora Rebelde 670 (Nautel)



Figura 2.46: Transmisor emisora Rebelde 1550 (TSD-10)

## 2.9 CONCLUSIONES PARCIALES

Este capítulo se refiere al diseño del sistema SCADA para la supervisión del Centro Transmisor de AM Rebelde 670, ya que da la posibilidad de adquirir los valores de las principales variables en tiempo real. Mediante la interfaz Master View se diseñaron las pantallas de indicación, control y supervisión; también muestra las principales alarmas. Con la pantalla de cada transmisor, el técnico del CPD tiene un conocimiento del estado del mismo y puede estar al tanto de cada una de las alarmas y eventos que ocurren, así como acceder al reconocimiento de las alarmas. En el desarrollo del capítulo con la descripción del scripteasy y del master view como interfaz humano-máquina se puede tener una valoración real del funcionamiento del CTOM y de ser necesario se puede actuar sobre algunas variables ya que se tiene control sobre las mismas.

## CAPÍTULO 3. PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra las pruebas y resultados obtenidos a nivel de laboratorio y de campo. Se realizan las valoraciones de las pruebas técnico-económica y medioambiental.

### 3.1 SIMULACIÓN Y PRUEBAS A NIVEL DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio se realizaron con el objetivo de ir comprobando el funcionamiento de cada una de las variables. El scripteasy posee un simulador (figura 3.1), el cual nos permite realizar las pruebas necesarias antes de introducirse al IP2CHOICE.

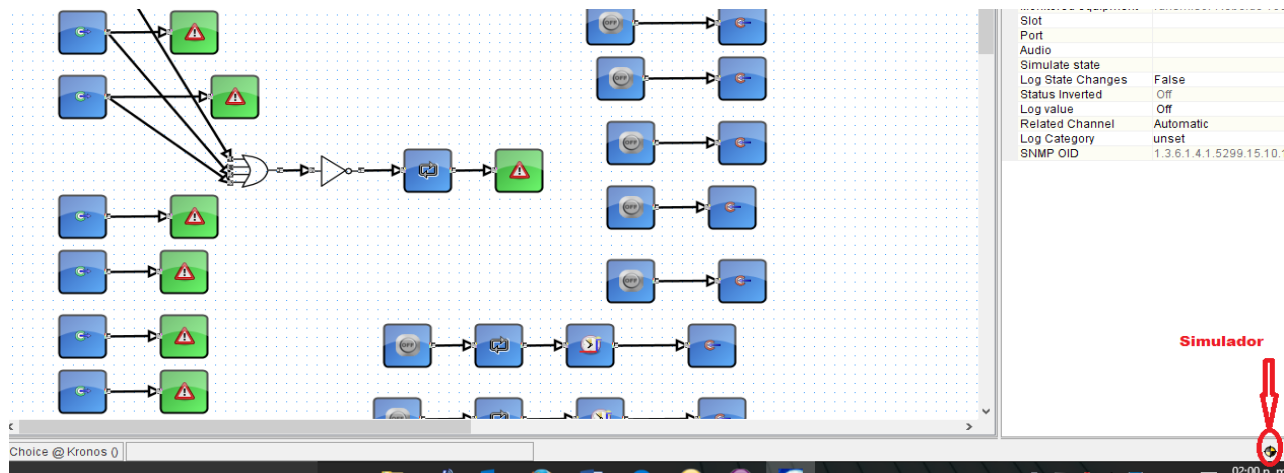


Figura 3.1: Icono para el simulador

En la figura 3.2 se observa la simulación de que el transmisor de la emisora Rebelde 1550 se encuentra apagado y por lo tanto existe una alarma de baja potencia.

La figura 3.3 representa la simulación de la señal de control: bloquear potencia, la cual funcionó correctamente al señalizar la alarma que corresponde a dicho mando desde el PLC.



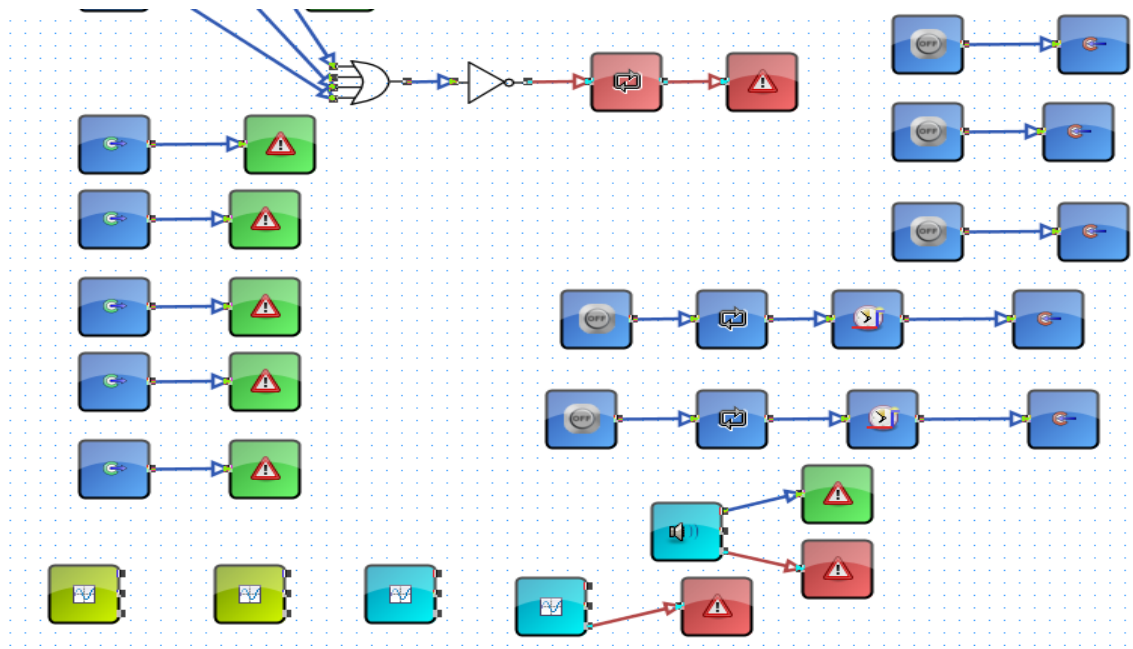


Figura 3.2: Simulación de baja potencia del transmisor TSD-10.

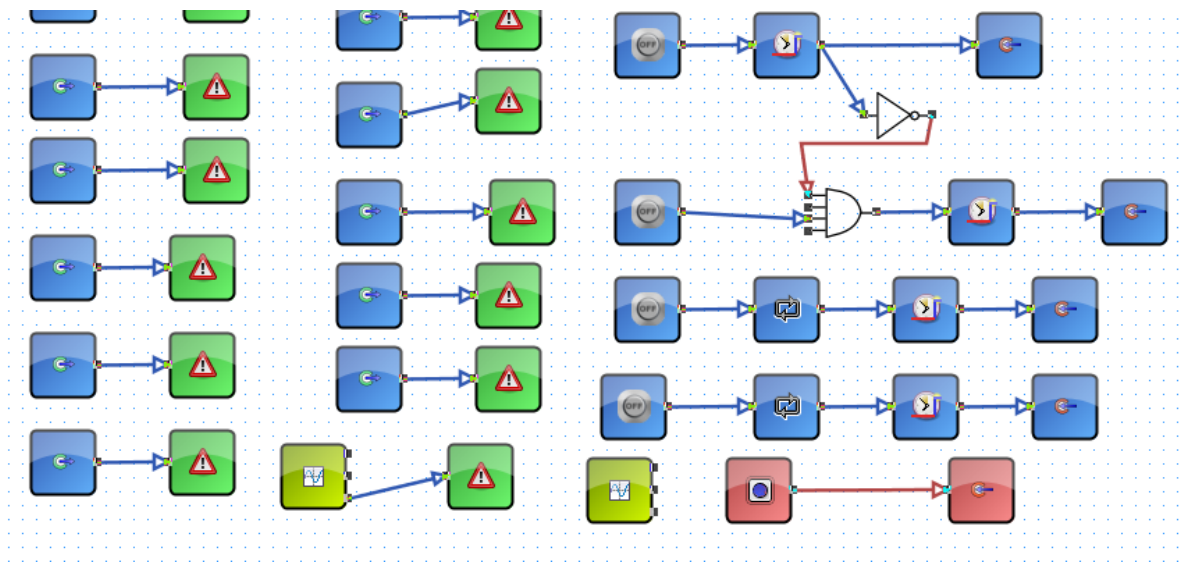


Figura 3.3: Simulación de bloquear potencia del transmisor Nautel.

En el proceso de simulación se comprobó que el scripteasy diseñado funciona correctamente.

Durante la realización del trabajo se realizaron pruebas de laboratorio para comprobar el funcionamiento de cada una de las tarjetas o módulos del PLC (figura 3.4). Para ello

se utilizó una fuente variable de voltaje de 0 a 25 V y se le aplicaron diferentes valores de voltaje a cada uno de los módulos de indicación, de control y analógicos. Se pudo comprobar que todas las entradas y salidas de los mismos funcionaban correctamente.



Figura 3.4: Pruebas de laboratorio de las tarjetas del PLC

### 3.2 PRUEBAS DE CAMPO

A partir del diseño descrito en el capítulo dos del presente trabajo, se llevó a cabo la implementación del sistema SCADA para la supervisión del Centro Transmisor de AM Rebelde 670. En las figuras 3.5 y 3.6 se puede observar, de forma parcial, las pantallas principales del software implementado. La interfaz le permite al técnico de CPD (operador) ver los principales parámetros de los transmisores de dicho centro en tiempo real.

En la figura 3.5 podemos ver que el transmisor Nautel se encuentra en el nivel de potencia 4, la potencia incidente es de 40 180, 60 W, 0.10 W de potencia reflejada y que no presenta ninguna alarma.

El transmisor TSD-110 (figura 3.6) está en potencia media, la potencia incidente es de 1816,82 W, potencia reflejada: 0,04 W, corriente de consumo 6,37 A, voltaje principal: 223.39 V y no tiene alarmas.

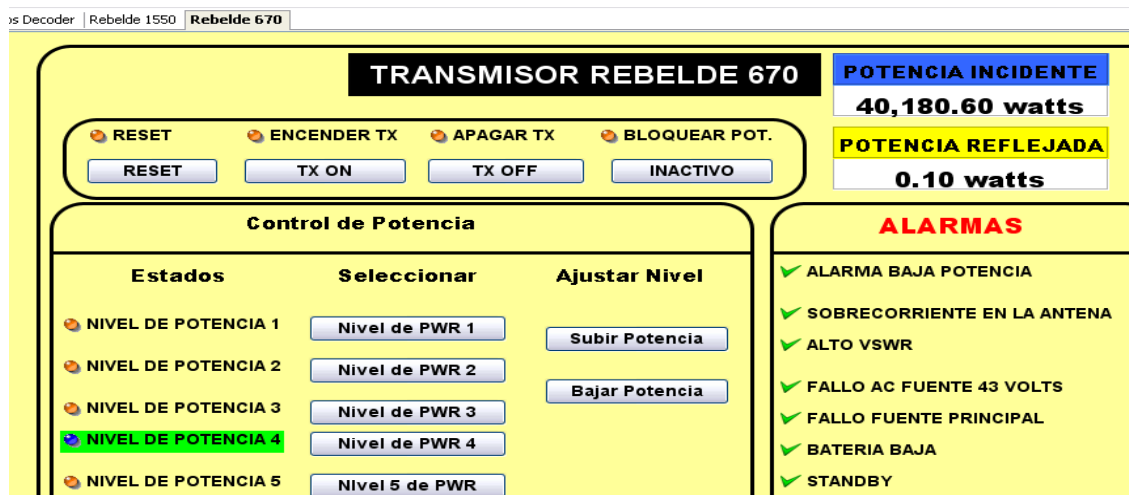


Figura 3.5: Pantalla en tiempo real del transmisor Rebelde 670.

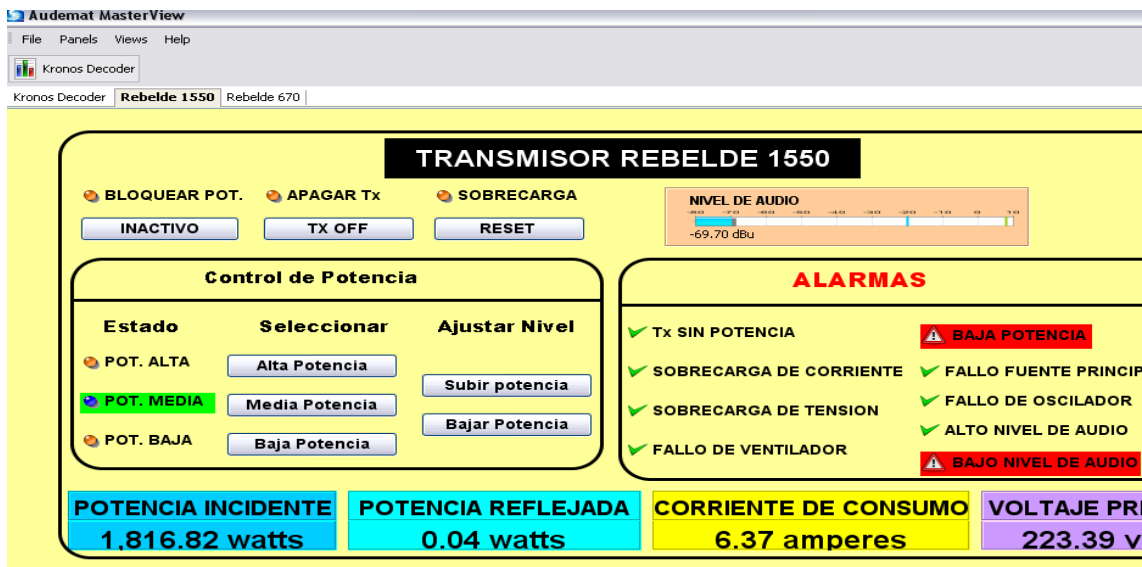


Figura 3.6: Pantalla en tiempo real del transmisor Rebelde 1550.

El scripteasy nos brinda la posibilidad de ver los eventos ocurridos (Event Log, figura 3.7) ya sea en tiempo real (figura 3.8), los históricos con la opción de calendario incluida (figura 3.9) y los de las variables de entrada y salida (figura 3.10)

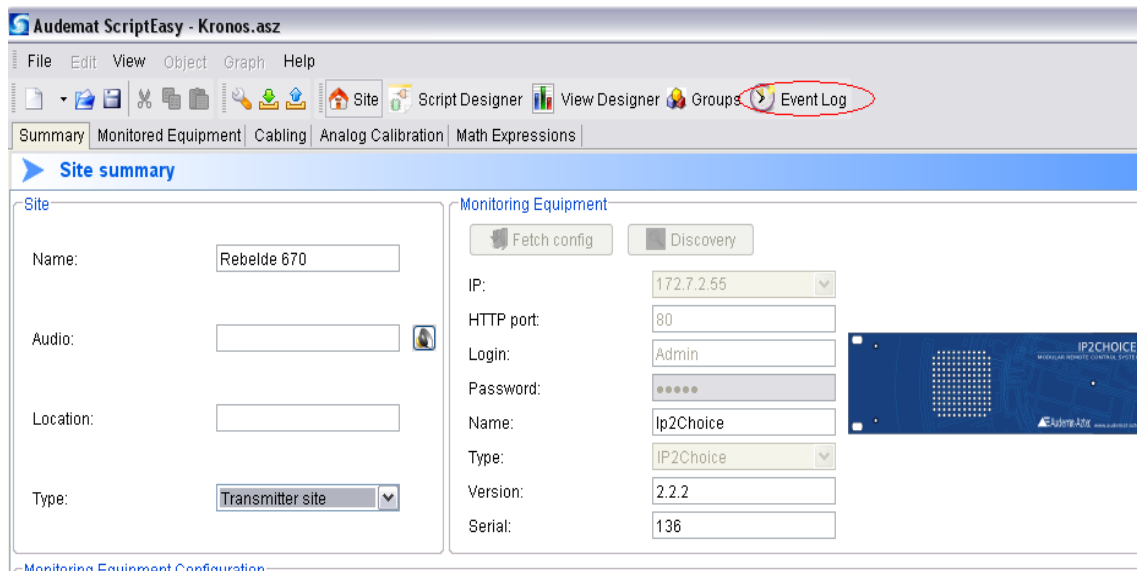


Figura 3.7: Pantalla para la selección de eventos.

Realtime Log						
System	Start	End	Severity	Source	Event	Description
ScriptEasy	06/07/17 03:22:32 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Disconnection	Admin disconnected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/07/17 03:18:23 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Connection	Admin connected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/06/17 15:12:08 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Disconnection	Admin disconnected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/06/17 14:52:19 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Connection	Admin connected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/06/17 11:41:30 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Disconnection	Admin disconnected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/06/17 11:41:15 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Connection	Admin connected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/05/17 06:20:25 UTC	06/05/17 06:22:12 UTC	Notice	Slot_2_Bajo Nivel Audio...	Alarm Off	Slot_2_Bajo Nivel Audio [172.7.2.55]
ScriptEasy	06/05/17 06:20:25 UTC	N/A	Notice	Slot_2_Bajo Nivel Audio...	Alarm On	Slot_2_Bajo Nivel Audio [172.7.2.55]
ScriptEasy	06/04/17 14:25:38 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Disconnection	Admin disconnected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/04/17 14:25:27 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Connection	Admin connected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/04/17 14:24:44 UTC	06/04/17 14:24:45 UTC	Notice	Alarma de Baja Potenci...	Alarm Off	Alarma de Baja Potencia [172.7.2.55]
ScriptEasy	06/04/17 14:24:44 UTC	06/04/17 14:24:44 UTC	Notice	Fallo Fuente Principal(T...	Alarm Off	Fallo Fuente Principal(Tx 670): Off
ScriptEasy	06/04/17 14:24:44 UTC	N/A	Warning	B+ P/S Fail(Tx 670)	Digital Status Off	B+ P/S Fail(Tx 670): Off
ScriptEasy	06/04/17 14:24:44 UTC	N/A	Notice	Alarma de Baja Potenci...	Alarm On	Alarma de Baja Potencia [172.7.2.55]
ScriptEasy	06/04/17 14:24:44 UTC	N/A	Notice	Fallo Fuente Principal(T...	Alarm On	Fallo Fuente Principal(Tx 670): On
ScriptEasy	06/04/17 14:24:44 UTC	N/A	Warning	B+ P/S Fail(Tx 670)	Digital Status On	B+ P/S Fail(Tx 670): On
ScriptEasy	06/04/17 14:11:13 UTC	06/04/17 14:11:13 UTC	Notice	Alarma de Baja Potenci...	Alarm Off	Alarma de Baja Potencia [172.7.2.55]
ScriptEasy	06/04/17 14:11:13 UTC	N/A	Notice	Alarma de Baja Potenci...	Alarm On	Alarma de Baja Potencia [172.7.2.55]
ScriptEasy	06/04/17 14:11:13 UTC	06/04/17 14:11:13 UTC	Notice	Fallo Fuente Principal(T...	Alarm Off	Fallo Fuente Principal(Tx 670): Off
ScriptEasy	06/04/17 14:11:13 UTC	N/A	Warning	B+ P/S Fail(Tx 670)	Digital Status Off	B+ P/S Fail(Tx 670): Off
ScriptEasy	06/04/17 14:11:13 UTC	N/A	Notice	Fallo Fuente Principal(T...	Alarm On	Fallo Fuente Principal(Tx 670): On
ScriptEasy	06/04/17 14:11:13 UTC	N/A	Warning	B+ P/S Fail(Tx 670)	Digital Status On	B+ P/S Fail(Tx 670): On
ScriptEasy	06/04/17 08:14:13 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Disconnection	Admin disconnected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/04/17 08:14:04 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Connection	Admin connected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/04/17 08:10:22 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Disconnection	Admin disconnected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/04/17 08:10:09 UTC	N/A	Info	ScriptEasy	User Connection	Admin connected (172.7.2.55)
ScriptEasy	06/03/17 06:05:12 UTC	06/03/17 06:30:00 UTC	Notice	Alarma de Baja Potenci...	Alarm Off	Alarma de Baja Potencia [172.7.2.55]
ScriptEasy	06/03/17 06:29:56 UTC	N/A	Notice	Ind. de Pot. Alta(Tx 1550)	Alarm On	Ind. de Pot. Alta(Tx 1550): On

Figura 3.8: Pantalla de eventos en tiempo real

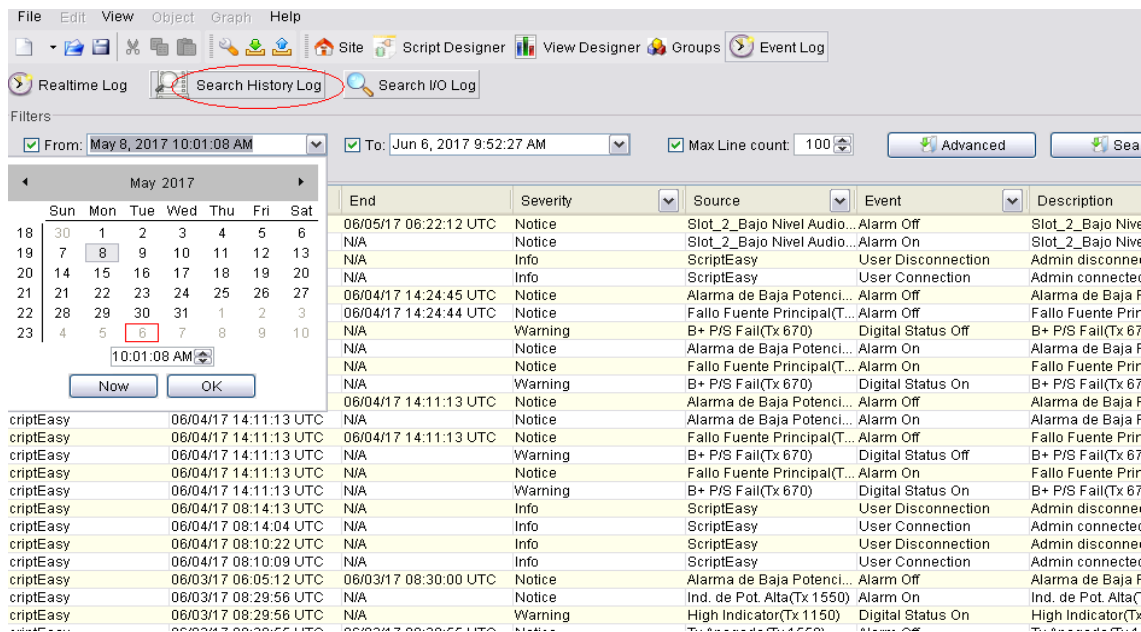


Figura 3.9: Pantalla de historico de eventos.

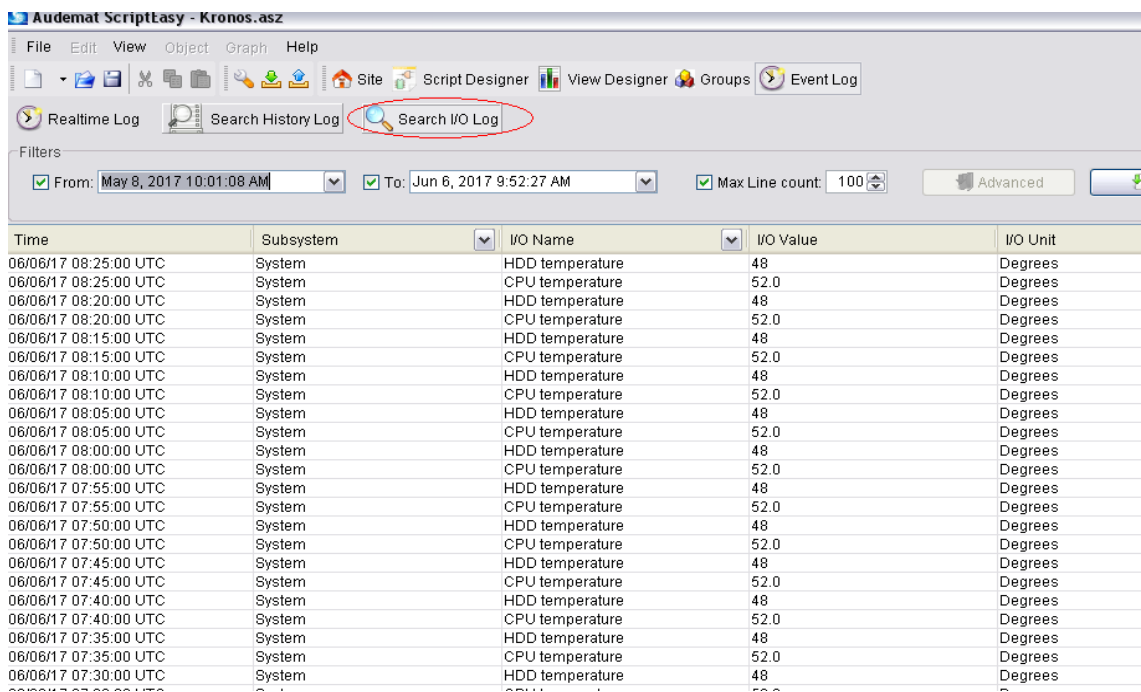


Figura 3.10: Pantalla de historico de las variables de entrada y salida

Las pruebas de campo se realizaron el día 6 de junio de 2017 y como se puede observar se obtuvieron resultados que satisfacen nuestras expectativas y cumplen con los objetivos propuestos (figuras de la 3.5 a la 3.10).

### 3.4 VALORACIÓN SOCIAL, TÉCNICO-ECONÓMICA Y MEDIOAMBIENTAL

El principal beneficiado con este trabajo es la población, ya que se evita que la principal emisora de nuestro país (Radio Rebelde) deje de transmitir la información necesaria por algún imprevisto o interrupción que se presente en el CTOM “Rebelde 670”, lo que contribuye a mantener la vitalidad de la Batalla de Ideas en la que estamos inmersos.

Otro aspecto a señalar son las enormes ventajas desde el punto de vista económico, ya que un PLC del tipo IP2CHOICE cuesta 2 216.81 € y fueron adquiridos por la Empresa Radiocuba para la automatización de diferentes sistemas de radiodifusión. La contratación del diseño de un sistema SCADA para la supervisión de Centros Transmisores de Amplitud Modulada es de 4 238.45 CUC según oferta de Copextel y de 4 821. 00 CUC si lo realizaba CEDAI. A esto había que agregarle los gastos de transporte, pues los mismos los tenía que asumir el cliente. El proyecto fue realizado por dos ingenieros de la División Radiocuba Villa lo cual garantiza la independencia en cuanto al mantenimiento y posibles cambios que se deseen realizar al SCADA, pues admite la incorporación de nuevos sistemas a supervisar.

Por otra parte, el ahorro de combustible es significativo. Esto se demuestra al no tener que hacer viajes innecesarios de los técnicos al CTOM, ya que se tiene una visión bastante exacta de los transmisores sin tener que estar en el lugar.

## CONCLUSIONES

En el trabajo se cumplieron los objetivos trazados y por ello este sistema constituye una gran experiencia y un modelo a seguir para su expansión al resto de los CTOM del país.

De esta manera se llega a los siguientes resultados generales:

1. El sistema SCADA diseñado para el Centro Transmisor de Amplitud Modulada “Rebelde 670” es viable y necesario, puesto que hoy día es preciso crear nuevas soluciones tecnológicas que permitan un mejor servicio de radiodifusión a la población como parte de la Batalla de Ideas en la que se encuentra nuestro país.
2. Las pruebas hechas al sistema SCADA, tanto en el laboratorio como *in situ*, garantizan la validez y funcionalidad de los diseños creados. Asimismo, constituye una fortaleza de dicho sistema el estar concebido de manera escalable y flexible para asimilar futuras ampliaciones.
3. Las posibilidades de ahorro detectadas en todos los sentidos con este sistema SCADA, así como otras ventajas, confirman la viabilidad de incorporarlo a sistemas similares del país.
4. Las ventajas económicas y el valor agregado de utilidad y beneficio socioeconómico refuerzan la fiabilidad y la certeza del producto desarrollado.
5. Los clientes muestran un índice de satisfacción muy alto por los servicios prestados.
6. Conocer en tiempo real los principales parámetros que nos muestra cada transmisor.
7. Se pueden ejecutar las mismas acciones que muestra cada transmisor tanto de forma local como remota.

8. Los técnicos pueden realizar una valoración de alguna falla que se presente antes de tener que trasladarse al lugar.



## BIBLIOGRAFÍA:

AHMED, M.M. (2008). Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA) based customized Remote Terminal Unit (RTU) for distribution automation system. Power and Energy Conferenc. PECon 2008. IEEE 2nd International. Malaysia Univ. Teknikal.

AUDEMAT (2008). Manual de Usuario SCRIPTEASY V2. Audemat Broadcasting Innovation.

AUDEMAT (2010). User Manual IP2CHOICE (Software version 2.1.x). Audemat worldCast Systems Group.

Available:

[https://books.google.com.cu/books?hl=es&lr=&id=cNQfjbBcUq8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Sistemas+SCADA+Aquilino+Rodr%C3%ADguez+Pen%C3%ADn&ots=4FPUrEOUYv&sig=9eZqG8vRL6OLeXPuN5muA6uflHk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Sistemas%20SCADA%20Aquilino%20Rodr%C3%ADguez%20Pen%C3%ADn&f=false](https://books.google.com.cu/books?hl=es&lr=&id=cNQfjbBcUq8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Sistemas+SCADA+Aquilino+Rodr%C3%ADguez+Pen%C3%ADn&ots=4FPUrEOUYv&sig=9eZqG8vRL6OLeXPuN5muA6uflHk&redir_esc=y#v=onepage&q=Sistemas%20SCADA%20Aquilino%20Rodr%C3%ADguez%20Pen%C3%ADn&f=false) [Accessed 16 mayo 2016].

BENAVIDES L. (2007). Propuesta de Automatización de una fábrica de licores en Ecuador. Tesis presentada en opción al Título de Máster en Automática y Sistemas informáticos. UCLV, Villa Clara. Cuba.

BOYER, S. A. (2009). "Scada: Supervisory Control And Data Acquisition", USA, International Society of Automation.

CASTELLANOS, E. I. (2012). Sistemas de Automatización. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Editorial Samuel Feijóo, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

CHAVARRÍA, M. L. E. (2007). "SCADA System's & Telemetry" *In*: AIU (ed.). Mexico City, Atlantic International University. México.

DÍAZ, R. Á. (2014). Manual del Sistema Integrado de Gestión.

DIJORT, O., CHACÓN, D.O., CASTIRILLO, J. (2002). Supervisión y Control de Procesos. Laboratorio de Sistema de Control. EUPVG-UPC. Recuperado 15 de enero 2011, de <http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15012628/40194-3452.pdf>.

DONG-JOO K., JONG-JOO L., SEOG-JOO K.; JONG-HYUK P. (2009). *Analysis on cyber threats to SCADA systems. Transmission & Distribution. Conference & Exposition: Asia and Pacific*, Seoul.

ENDRESS+HAUSER (2011). Proline Promag 10P. Technical Information.

EXATA\_SISTEMAS\_DE\_AUTOMAÇÃO\_LTDA.(2011). Movicon™ SCADA.

GAUSHELL, D.J., DARLINGTON, H.T. (2005, junio); Supervisory control and data acquisition. Proceedings of the IEEE. Volume: 75 Issue: 12.

GONZÁLEZ, A. I. (2007). Curso de Sistemas SCADA. Maestría de Automática y Sistemas Informáticos. Universidad Central de Las Villas. Santa Clara. Villa Clara. Cuba.

LINEAMIENTOS DEL VI CONGRESO DEL PCC.

MEZA, L. E. C. (2007). SCADA Systems & Telemetry. Available: <http://www.aiu.edu/publications/student/spanish/SCADA%20System%27s%20%20Telemetry.html> [Accessed 7 mayo 2016].

MEZA, L. E. C. (2007). SCADA Systems & Telemetry. Available: <http://www.aiu.edu/publications/student/spanish/SCADA%20System%27s%20%20Telemetry.html> [Accessed 15 junio 2016].

NAUTEL. (1999). "Manual XL60. 50 kW AM Broadcast Transmitter". Prepared by Nautel LIMITED.

- NAVARRO, I.I. (2006). Sistema Supervisor Cliente "SupClien1.0. Tesis presentada en opción al Título de Máster en Automática y Sistemas Informáticos. Villa Clara. Cuba: UCLV.
- PENÍN, A. R. (2011). *Sistemas SCADA* [Online]. Ciudad México, México.
- PÉREZ, F. (2009). OPC: Conceptos Fundamentales [Online]. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao. España.
- PROGEA. (2012). Movicon 11. La tecnología más innovadora, flexible y escalable para software SCADA/HMI.
- TSD. (2003). Manual TSD-10 10 kW All Solid State Digitally Modulated Medium Wave Transmitter. The figures of electrical principle. Shanghai Mingzhu Broadcasting TV Science and Technology Co.
- ULLOA, M. Á. I. (2015). Principales vulnerabilidades de los sistemas de automatización industrial y posibles acciones para evitar ciberataques. XXXVI Jornadas de Automática: Comité Español de Automática de la IFAC (CEA-IFAC).
- VAREC. 2008a. 8303 Tank Gate Interface. Installation and Operations Manual. Available: [www.varec.com](http://www.varec.com). [Accessed 7 mayo 2016].
- ZHEREBTSOV, I.P. (1969). "Fundamentals of Radio". Moscow.